

Quality Control Analysis of 600ml PET Soy Sauce Product Packaging Using Six Sigma and SQC Methods

[Analisis Pengendalian Kualitas Kemasan Produk Kecap PET 600ml Menggunakan Metode Six Sigma dan SQC]

Rio Septyawan¹⁾, 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

Abstract. The packaging of 600ml PET soy sauce products is a challenge for PT XYZ due to the high number of defects, namely damaged capseal, damaged bottle hinge, no label, damaged bottle body and damaged label, which reached 2% of the company's target of 0%. This problem has an impact on efficiency, customer satisfaction, and the company's zero waste program. This study aims to identify the types and causes of defects, and provide solutions in the form of improvement proposals through the Six Sigma approach, Statistical Quality Control (SQC), and the 5W+1H concept. Data were obtained from the Assembly line production for six months (September 2024-February 2025). Analysis using Pareto and Fishbone diagrams showed four main causes: machines, methods, people, and materials. Results showed an average sigma level of 4.24, which reflects a process that is under control but still needs improvement. Proposed improvements include preventive measures, technical training, and regular material monitoring to improve product quality and process efficiency towards the zero defect target.

Keywords - Soy Sauce Packaging; Quality Control; Six Sigma; Statistical Quality Control.

Abstract. Kemasan produk kecap PET 600ml menjadi tantangan bagi PT XYZ karena tingginya angka cacat yaitu capseal rusak, engsel botol rusak, tidak ada label, body botol rusak dan label rusak, yang mencapai 2% dari target perusahaan 0 %. Masalah ini berdampak pada efisiensi, kepuasan pelanggan, serta program zero waste perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis dan penyebab cacat, serta memberikan solusi berupa usulan perbaikan melalui pendekatan Six Sigma, Statistical Quality Control (SQC), dan konsep 5W+1H. Data diperoleh dari produksi lini Assembly selama enam bulan (September 2024-Februari 2025). Analisis menggunakan diagram Pareto dan Fishbone menunjukkan empat penyebab utama: mesin, metode, manusia, dan material. Hasil menunjukkan rata-rata tingkat sigma sebesar 4,24, yang mencerminkan proses yang terkendali namun masih perlu perbaikan. Usulan perbaikan mencakup tindakan preventif, pelatihan teknis, dan pengawasan material secara berkala untuk meningkatkan kualitas produk dan efisiensi proses menuju target zero defect.

Kata Kunci – Kemasan Kecap; Quality Control; Six Sigma; Statistical Quality Control.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kemasan produk kecap dalam botol PET 600ml merupakan salah satu bentuk kemasan yang sangat populer di industri makanan dan minuman. Kemasan PET (*Polyethylene Terephthalate*) dipilih karena memiliki sejumlah keunggulan seperti kekuatan, kejelasan, dan ketahanan terhadap kerusakan. Jenis plastik ini memang banyak digunakan untuk botol minuman seperti botol air mineral atau botol jus[1]. Dalam konteks ini, pengendalian kualitas kemasan kecap menjadi sangat penting untuk memastikan produk yang sampai ke tangan konsumen tetap dalam kondisi baik dan memenuhi standar kualitas yang diharapkan.

Saat ini, PT. XYZ menghadapi masalah nyata terkait cacat pada kemasan botol kecap PET 600ml, yang menyebabkan keluhan dari konsumen mengenai kualitas produk. Selain itu, sebagai bagian dari komitmennya terhadap program *zero waste*, perusahaan bertekad untuk mengurangi limbah yang timbul akibat cacat pada kemasan tersebut. Masalah cacat kemasan dalam produksi kecap PET 600ml merupakan isu penting yang berdampak pada kualitas produk, kondisi lingkungan kerja, dan kepuasan pelanggan. Beberapa contoh cacat yang terjadi meliputi kerusakan *capseal*, patahnya engsel botol, tidak adanya label, botol yang penyok, dan label yang rusak. Dalam enam bulan terakhir, produksi mencapai 1,664,197 botol PET, dengan rata-rata bulanan sebesar 277,366 botol PET berukuran 600ml. Dari jumlah produksi tersebut, rata-rata terdapat 4,318 botol cacat per bulan, yang jika persentasekan sebesar 2% dari target perusahaan 0%. Isu-isu ini tidak hanya merugikan perusahaan dari segi finansial akibat produk cacat, tetapi juga berpotensi merusak reputasi merek jika barang cacat tersebut sampai ke tangan konsumen. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian kualitas yang efektif untuk menangani dan mencegah masalah-masalah ini.

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

Penelitian terdahulu yang dapat dijadikan rujukan dan pendukung adalah penelitian Gunawan di industri minyak goreng yang menerapkan *Six Sigma* sebagai metode *improvement*. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *Six Sigma* pada studi kasus project penurunan *reject* kemasan pada proses pengemasan minyak goreng berhasil menurunkan *reject* kemasan dari rerata 8,38% menjadi rerata 2,38%. Hal ini juga meningkatkan nilai *Sigma* dari kondisi awal 2,9 menjadi 3,5. Penelitian tersebut membuktikan bahwa metode *Six Sigma* efektif dalam meningkatkan kualitas proses pengemasan minyak goreng[2]. Penelitian dari Supriyadi yang membahas metode *Six Sigma* untuk meningkatkan produktivitas produksi *flexible packaging* dan menekan angka *defect* produk[3]. Kemudian Penelitian dari Widyawati membahas penggunaan metode *Six Sigma* untuk meningkatkan kualitas mutu dalam proses packaging[4]. Penelitian oleh Nurhidayah menunjukkan peningkatan signifikan dalam kualitas produk Teh Kawa setelah menerapkan *Statistical Quality Control* (SQC). Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan yang konsisten dalam keunggulan produk, memperkuat hubungan antara penerapan SQC dan peningkatan kualitas teh tersebut [5]. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa *Six Sigma* dan *Statistical Quality Control* tidak hanya berhasil dalam memantau kualitas, tetapi juga dalam meningkatkan efisiensi operasional secara total dan memberikan dukungan pada program-program lingkungan seperti *zero waste* dan *zero defect*.

Terdapat perbedaan antara penelitian sebelumnya dan penelitian ini. Penelitian terdahulu fokus pada pengendalian kualitas kemasan makanan secara umum, sedangkan penelitian ini memfokuskan pada produk kecap dengan kemasan PET 600ml. Selain itu, penelitian sebelumnya cenderung menggunakan baik *Six Sigma* maupun *Statistical Quality Control* secara terpisah, sementara penelitian ini akan mengintegrasikan kedua metode tersebut. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih komprehensif dalam pengendalian kualitas kemasan, sehingga dapat membantu perusahaan untuk mengurangi kecacatan produk.

Dengan merujuk pada masalah kualitas dalam kemasan botol PET 600ml dan kesuksesan penerapan *Six Sigma*, *Statistical Quality Control* dan 5W+1H dalam beragam sektor industri, Penelitian ini memiliki tujuan (1) Mengidentifikasi jenis kecacatan yang terjadi pada produk kemasan kecap PET 600ml, (2) Mengetahui penyebab kecacatan yang terjadi pada produk kemasan kecap PET 600ml, (3) Memberikan usulan perbaikan melalui kombinasi metode *Six Sigma*, *Statistical Quality Control* dan konsep 5W+1H untuk mencapai *zero waste* melalui pengurangan *waste defect* di lini produksi kemasan kecap PET 600ml.

II. METODE

Penelitian ini dilakukan di PT. XYZ yang berlokasi di Pasuruan, Jawa Timur, Indonesia. Untuk memperoleh data yang tepat dan akurat, penelitian difokuskan pada departemen produksi *Assembly*. Lokasi ini dipilih karena mengalami penurunan kualitas produk, sehingga penelitian diperlukan untuk meningkatkan kualitas kemasan kecap PET 600ml. Penelitian ini berlangsung selama 6 bulan, dari September 2024 hingga Februari 2025.

Dalam penelitian ini, semua informasi yang digunakan berasal dari perusahaan, terutama dari divisi produksi *line Assembly*. Terdapat dua kategori data yang dipakai dalam penelitian ini, data primer yang diperoleh melalui wawancara dengan Supervisor, *Continuous Improvement*, dan admin produksi, yang melibatkan informasi mengenai produksi, jenis cacat, serta penyebabnya selama proses produksi produk kecap kemasan PET 600ml. Sementara itu, data sekunder yang dipergunakan adalah data produksi, cacat yang terjadi, dan jenis cacat selama periode April hingga September 2024 dalam proses produksi.

Dalam penelitian ini, metode yang akan digunakan adalah kombinasi antara *Six Sigma*, *Statistical Quality Control* (SQC) dan bantuan konsep 5W+1H. Dua metode tersebut dengan penambahan konsep 5W+1H dipilih karena relevansi dan efektivitasnya dalam mengelola kualitas produk, terutama dalam konteks kemasan kecap PET 600 ml.

A. Six Sigma

Six Sigma adalah suatu konsep untuk meningkatkan kualitas menuju tingkat kegagalan yang rendah, mencapai target 3.4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) dalam setiap transaksi produk (barang dan layanan). Tujuan utama pengukuran kualitas dengan metode *Six Sigma* adalah untuk mengetahui level kecacatan suatu produk berdasarkan 6 (enam sigma)[6]. Hal ini menggambarkan tekad untuk mencapai keunggulan dengan mencapai nol kegagalan atau cacat[7]. Metode ini unggul dalam mengidentifikasi akar permasalahan dan menerapkan solusi dengan langkah-langkah yang dapat diukur. Pendekatan *Six Sigma* menekankan pada ketepatan fokus, menerapkan prinsip-prinsip yang ketat, dan menggunakan teknik kualitas yang terbukti efektif[8]. Kemasan yang berkualitas baik merupakan kemasan yang sesuai, mampu berperan sebagai wadah penyimpanan yang efektif, melindungi produk secara menyeluruh, serta bebas dari cacat yang dapat merugikan nilai maupun fungsionalitasnya[9].

B. Statistical Quality Control

Statistical Quality Control adalah pendekatan yang memanfaatkan instrumen statistik guna mengawasi serta mengatur jalannya produksi, dengan *Statistical Quality Control* perusahaan dapat menemukan variasi dalam proses produksi yang mungkin berdampak pada kegagalan kualitas. Secara sederhana *Statistical Quality Control* adalah alat bantu manajemen untuk menjamin kualitas[10]. Keunggulan dari *Statistical Quality Control* adalah kemampuannya dalam menyelesaikan masalah secara terstruktur dan sistematis dengan memanfaatkan berbagai alat statistik seperti

check sheet, histogram, diagram sebar, diagram pareto, *control chart*, dan diagram sebab-akibat[11]. Sehingga dapat meminimasi produk cacat dan mengoptimalkan sebuah produk, dan bisa menentukan perencanaan pengendalian proses produksi dalam jangka panjang[12]

C. 5W+1H

Pada tahap *Improve*, digunakan konsep 5W+1H untuk menyusun dan memberi usulan perbaikan kepada pihak perusahaan. Sehingga usulan perbaikan dapat difokuskan pada sebab kecacatan tersebut muncul[13].

Gabungan *Six Sigma*, *Statistical Quality Control* dan tambahan konsep 5W+1H berpotensi memberikan pendekatan yang holistik untuk langkah-langkah perbaikan. Kemampuan *Six Sigma* dalam menekan variasi dan cacat dipadukan dengan kekuatan *Statistical Quality Control* dalam menggunakan data statistik untuk mengawasi, analisis dan mengontrol proses. Adapun tahapan penelitian ini mengikuti tahapan DMAIC (*Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, *Control*) sebagai berikut:

A. Define

Define, merupakan proses memilih *Critical to Quality* (CTQ), langkah define digunakan untuk mengidentifikasi target yang ingin dicapai [14].

B. Measure

Measure, yaitu untuk menilai tingkat *Sigma* suatu metode penelitian menggunakan informasi dari laporan produksi dan cacat sebagai data yang diambil[15]. Dalam fase *Measure*, perhitungan produk cacat dilakukan dengan menggunakan *p*-chart, diagram pareto dan DMPO (*defect* per juta kesempatan).

1. P-Chart

P-Chart digunakan pada tahap *measure* untuk memberikan gambaran visual yang jelas tentang fluktuasi proporsi cacat dalam suatu proses. Dengan menggunakan *P-Chart*, bisa mengetahui jika ada faktor atau penyebab tertentu yang mengarah pada meningkatnya cacat, sehingga memungkinkan tindakan perbaikan dan pengendalian kualitas yang lebih baik. Adapun langkah-langkah dalam membuat *P-Chart* sebagai berikut:

a. Menghitung *Defect per unit* (DPU)

$$DPU = \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Jumlah Produksi}} \quad (1)$$

Sumber:[16]

b. Menghitung garis tengah (*Center Line* / CL)

$$CL = \bar{P} = \frac{\sum np}{\sum n} \quad (2)$$

Sumber:[16]

Keterangan:

$\sum np$: Jumlah total yang rusak

$\sum n$: Jumlah total yang diperiksa

\bar{P} : Rata-rata kerusakan produk

c. Menghitung Batas Kendali Atas (*Upper Control Limit* / UCL)

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

Sumber:[16]

Keterangan:

\bar{P} : Rata-rata kerusakan produk

n : Jumlah Produksi

d. Menghitung Batas Kendali Bawah (*Lower Control Limit* / LCL)

$$LCL = \bar{P} - 3 \frac{\sqrt{\bar{P}(1-\bar{P})}}{n} \quad (4)$$

Sumber:[16]

Keterangan:

\bar{P} : Rata-rata kerusakan produk

n : Jumlah Produksi

e. Menghitung *Defect Per Million Opportunities* (DPMO)

$$DPMO = \frac{\text{Banyak produk cacat}}{\text{Banyak produk yang diteliti} \times \text{CTQ}} \times 1.000.000 \quad (5)$$

Sumber: [17]

Keterangan:

CTQ : *Critical to Quality*

f. Menghitung tingkat *Sigma* menggunakan bantuan *Microsoft Excel*

$$\text{Nilai } \sigma = \text{NORMSINV} ((1.000.000-DPMO)/1.000.000)+1.5 \quad (6)$$

Sumber: [18]

g. Klasifikasi bedasarkan nilai *Sigma***Tabel 1. Klasifikasi Nilai *Sigma* [19]**

Tingkat <i>Sigma</i>	DPMO (<i>Defect per Millions Opportunity</i>)	COPQ (<i>Cost Poor Quality</i>)
1-Sigma	691,462 (Sangat tidak kompetitif)	Tidak dapat dihitung
2-Sigma	308,538 (Rata-rata industri Indonesia)	Tidak dapat dihitung
3-Sigma	66,807	25-40% dari penjualan
4-Sigma	6,210 (Rata-rata industri USA)	15-25% dari penjualan
5-Sigma	233	5-15%
6-Sigma	3,4 (Industri kelas dunia)	<1% dari penjualan

Setiap peningkatan atau pergeseran 1-*Sigma* akan memberikan peningkatan keuntungan sekitar 10% dari penjualan

2. Diagram Pareto

Diagram Pareto digunakan pada tahap *measure* untuk memprioritaskan cacat paling signifikan dalam proses produksi, sehingga upaya perbaikan fokus pada masalah dengan dampak terbesar. Diagram ini memvisualisasikan data secara objektif untuk mendukung pengambilan keputusan. Klasifikasi data diurutkan dari kiri ke kanan dari peringkat tertinggi ke peringkat terendah. Peringkat tertinggi merupakan prioritas atau masalah terpenting yang perlu segera ditangani, sedangkan peringkat terendah adalah masalah yang tidak perlu segera ditangani[20]

C. *Analyze*

Statistical Quality Control digunakan pada tahapan analisis untuk menilai cacat dalam data kemasan. Tujuan utama metode *Statistical Quality Control* adalah untuk meningkatkan kinerja dan menurunkan variabilitas dalam atribut kualitas produk[5]. Diagram *Fishbone* digunakan pada tahap *analyze* untuk mengidentifikasi penyebab cacat dalam proses. Ishikawa Diagram (sering juga disebut dengan diagram tulang ikan, atau *cause-andeffect Diagram*) merupakan diagram yang menunjukkan penyebab dari sebuah masalah yang spesifik[21]. Diagram ini memberikan gambaran visual yang jelas tentang berbagai faktor yang mempengaruhi cacat kemasan.

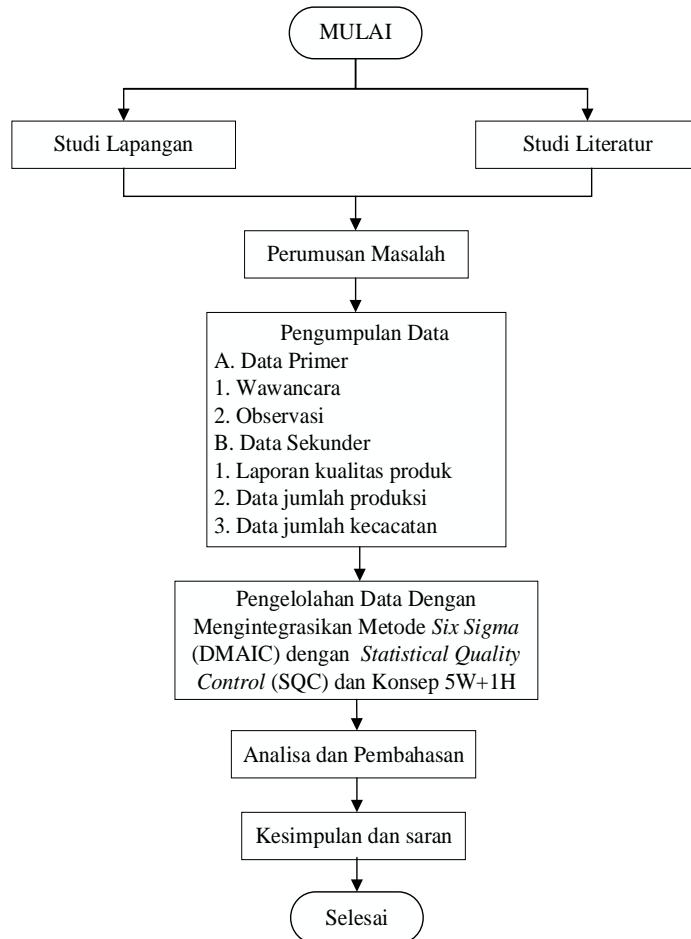
D. *Improve*

Pada tahap *improve* akan diuraikan solusi berupa usulan perbaikan terhadap hasil analisa dari metode *Statistical Quality Control* (SQC) menggunakan bantuan konsep 5W+1H (*When, What, Why, Who, How*). Setelah masalah dianalisis, perbaikan yang akan dilakukan dengan metode 5W+1H (*When, What, Why, Who, How*) ini akan mengarah pada faktor penyebab permasalahan yang paling banyak menyebabkan cacat[22]

E. *Control*

Tahap kontrol bertujuan memastikan perbaikan yang dapat diterapkan menghasilkan peningkatan kualitas yang berkelanjutan. Tahap Control ini merupakan tahap terakhir yang dilakukan pada DMAIC. Tahap ini bertujuan untuk mengendalikan proses sehingga berjalan sesuai dengan tujuan yang ditekankan pada kegiatan pendokumentasian dan penyebarluasan dari tindakan perbaikan yang telah diusulkan sebelumnya [23].

Diagram alir penelitian yang menunjukkan tahapan-tahapan dalam penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 menunjukkan bahwa penelitian ini dilakukan langsung di perusahaan untuk mengidentifikasi masalah utama dan mengumpulkan data relevan sebagai dasar penelitian. Data yang terkumpul diolah menggunakan metode *Six Sigma* yang dikombinasikan dengan *Statistical Quality Control* (SQC) dan 5W+1H dalam tahapan DMAIC. Proses dimulai dari tahap *define* untuk mengidentifikasi *Critical to Quality* (CTQ). Pada tahap *measure*, dihitung nilai *center line* (CL), *upper control limit* (UCL), *lower control limit* (LCL), DPMO, tingkat *Sigma* menggunakan *Microsoft Excel* serta analisis menggunakan diagram paretto untuk memprioritaskan masalah utama. Selanjutnya, tahap *analyze* dilakukan dengan mengidentifikasi penyebab kecacatan menggunakan diagram *fishbone*. Pada tahap *improve*, solusi untuk mengatasi penyebab kecacatan dirancang menggunakan konsep 5W+1H sebagai panduan usulan perbaikan, diikuti oleh tahap *control* yang bertujuan memastikan perbaikan yang dapat diterapkan menghasilkan peningkatan kualitas yang berkelanjutan. Penelitian ini ditutup dengan penyusunan kesimpulan dan saran sesuai dengan tujuan penelitian.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Define*

1. Kategori *Reject*

Kategori reject mencakup penjelasan mengenai produk kemasan stripping yang memiliki kategori cacat berdasarkan *Critical to Quality* (CTQ) di PT. XYZ. Data ini diperoleh dari data primer berupa jenis cacat produk yang didapat dari wawancara dengan *supervisor* dan *continuous improvement*, dan data sekunder yang dihimpun melalui dokumen perusahaan, sebagaimana disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Kategori Reject

No.	CTQ	Penjelasan
1	<i>Capseal</i> rusak	Kerusakan pada <i>capseal</i> , yaitu segel pelindung tutup botol, dapat mengakibatkan produk kehilangan keamanan dan sterilisasi, sehingga konsumen meragukan keaslian atau kualitas produk.

2	Engsel botol rusak	Engsel botol yang rusak akan memengaruhi fungsionalitas tutup botol, sehingga tutup botol sulit dibuka atau ditutup dengan baik, yang berpotensi menyebabkan kebocoran atau kontaminasi.
3	Tidak ada label	Produk tanpa label tidak memiliki identitas dan informasi penting seperti merek, komposisi, atau petunjuk penggunaan, sehingga tidak memenuhi standar penjualan dan regulasi.
4	Body botol rusak	Kerusakan pada badan botol, yaitu botol penyok memengaruhi estetika dan integritas fisik produk, serta berisiko menyebabkan kebocoran.
5	Label rusak	Label yang rusak, yaitu sobek dan miring, yang dapat mengurangi daya tarik produk sekaligus menghambat konsumen dalam memahami informasi penting.

2. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data yang diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan serta laporan perusahaan yang mencakup informasi mengenai data produksi, jumlah cacat, dan jenis cacat. Tabel 3 menyajikan rangkuman data tersebut selama periode April 2024 hingga September 2024 untuk proses *packaging* produk kecap PET 600ml.

Tabel 3. Data Jumlah Produksi dan Produk Defect/Reject

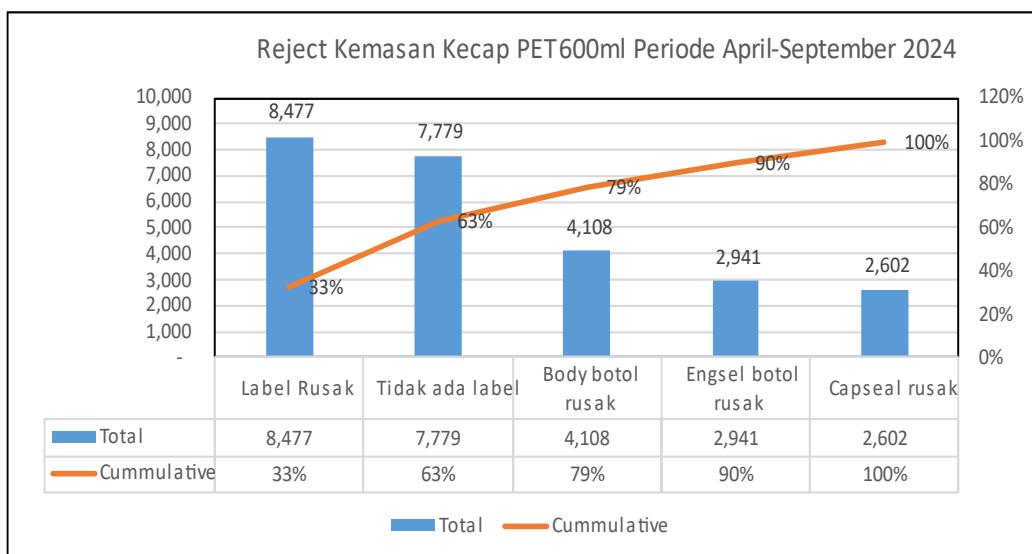
No.	Periode (Bulan)	Jumlah Produksi/botol	Jenis Reject				
			Capseal rusak	Engsel botol rusak	Tidak ada label	Body botol rusak	Label rusak
1	April	230,170	633	500	850	552	977
2	Mei	290,897	510	703	1160	882	1351
3	Juni	258,030	409	602	1059	781	1151
4	Juli	281,000	355	378	1392	720	1467
5	Agustus	339,000	382	403	1951	515	2071
6	September	265,100	313	355	1367	658	1460
TOTAL		1,664,197	2602	2941	7779	4108	8477

B. Measure

Tahap *measure* bertujuan untuk menghitung tingkat *Sigma* dengan mengumpulkan data dan menentukan nilai DPMO (*Defects Per Million Opportunities*). Data yang digunakan berasal dari catatan historis perusahaan, mencakup jumlah kecacatan produk berdasarkan jenis CTQ yang telah diidentifikasi pada tahap *define*. Pada tahap ini, analisis data kuantitatif dilakukan untuk mengevaluasi kualitas produk di perusahaan. Selain itu, Diagram Pareto digunakan untuk memprioritaskan jenis cacat yang paling signifikan, sehingga fokus perbaikan dapat diarahkan pada masalah yang memberikan dampak terbesar terhadap kualitas.

1. Diagram Pareto

Diagram Pareto digunakan pada tahap *Measure* untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan cacat yang paling signifikan dalam proses produksi. Ini memungkinkan upaya perbaikan difokuskan pada masalah yang memberikan dampak terbesar terhadap kualitas produk kecap PET 600ml.



Gambar 2. Diagram Pareto Tingkat Kecacatan Produk

Pada Gambar 2, permasalahan dapat diatasi dengan melakukan perbaikan pada kategori jenis cacat produk yang persentasenya mendekati 80% [20]. Berdasarkan diagram Pareto pada Gambar 2, dari 5 kategori jenis cacat produk, terdapat tiga kategori utama yang mendominasi, yaitu label rusak, tidak ada label, dan *body* botol rusak. Oleh karena itu, ketiga kategori tersebut menjadi prioritas dalam perencanaan perbaikan.

2. Peta Kendali (*P*-Chart)

Pengukuran dilakukan menggunakan data kecacatan dari proses packaging selama 6 bulan, dengan total produksi mencapai 1,664,197 botol dan jumlah produk cacat sebanyak 25,907 botol. Selanjutnya, dilakukan perhitungan untuk mengevaluasi apakah terdapat produk yang melebihi batas kendali menggunakan data yang diolah berdasarkan rumus berikut.

a. *Defect per unit* (DPU)

Berikut adalah contoh perhitungan *Defect per unit* (DPU) produk cacat untuk bulan April.

$$DPU = \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Jumlah Produksi}}$$

$$DPU = \frac{3,512}{230,170}$$

$$DPU = 0.0153$$

b. Garis tengah (*Center Line/CL*)

Berikut adalah contoh perhitungan nilai garis tengah untuk bulan April.

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

$$CL = \bar{P} = \frac{25,907}{1,664,197}$$

$$CL = 0.0156$$

c. Batas kendali atas (*Upper control limit/UCL*)

Berikut adalah contoh perhitungan nilai batas kendali atas (UCL) untuk bulan April.

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

$$UCL = \bar{P} + 3 \frac{\sqrt{0.0153(1-0.0153)}}{230,170}$$

$$UCL = 0.0163$$

d. Batas kendali bawah (*Lower control limit/LCL*)

Berikut adalah contoh perhitungan nilai batas kendali bawah (LCL) untuk bulan April.

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

$$LCL = \bar{P} - 3 \frac{\sqrt{0.0153(1-0.0153)}}{230,170}$$

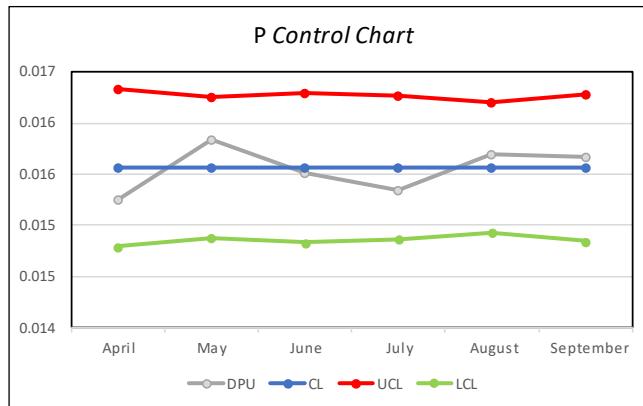
$$LCL = 0.0148$$

Hasil perhitungan nilai DPU, CL, UCL, dan LCL untuk periode April 2024 hingga September 2024 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai DPU, CL, UCL, dan LCL

Periode	Jumlah Produksi/Botol	Jumlah produk Defect/ Reject	DPU	UCL	CL	LCL
April	230,170	3,512	0.0153	0.0163	0.0156	0.0148
Mei	290,897	4,606	0.0158	0.0163	0.0156	0.0149
Juni	258,030	4,002	0.0155	0.0163	0.0156	0.0148
July	281,000	4,312	0.0153	0.0163	0.0156	0.0149
Agustus	339,000	5,322	0.0157	0.0162	0.0156	0.0149
September	265,100	4,153	0.0157	0.0163	0.0156	0.0148
TOTAL	1,664,197	25,907				

Setelah dilakukan analisis pada tabel 4, diperoleh hasil bahwa rata-rata nilai DPU adalah 0,0156, rata-rata nilai CL adalah 0,0156, rata-rata nilai UCL adalah 0,0163, dan rata-rata nilai LCL adalah 0,0149. Berdasarkan hasil pengolahan data ini, dibuatlah peta kendali yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Peta Kendali P (P-Chart)

Hasil analisis *p*-chart pada Gambar 2 menunjukkan bahwa tidak ada data yang melebihi batas atas kendali (UCL), yang mengindikasikan bahwa proses berada dalam kendali secara statistik. Namun, meskipun proses terkendali, tingkat defect yang ada masih dapat diturunkan agar perusahaan dapat mencapai target 0% *defect* dengan meningkatkan kualitas produk dan efisiensi proses. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya perbaikan, dengan menganalisa lebih lanjut untuk mengidentifikasi penyebab permasalahan sehingga perusahaan dapat mengurangi variabilitas produk dan meningkatkan optimalisasi produksi, dengan peningkatan tersebut diharapkan produktivitas perusahaan dapat meningkat dan angka *defect* menurun.

3. Perhitungan DPMO dan Level *Sigma*

Perhitungan nilai DPMO digunakan untuk menentukan level *Sigma* di perusahaan. Analisis ini dilakukan berdasarkan data *defect* pada proses *packaging* selama 6 bulan. Dalam periode tersebut, jumlah produksi mencapai 1.664.197 botol, dengan total *defect* yang tercatat sebanyak 25.907 botol. Proses perhitungan mengikuti rumus yang telah ditentukan.

a. Perhitungan nilai DPMO.

Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai DPMO pada bulan April.

$$\begin{aligned} \text{DPMO} &= \frac{\text{Banyak produk cacat}}{\text{Banyak produk yang diteliti} \times \text{CTQ}} \times 1.000.000 \\ \text{DPMO} &= \frac{25.907}{1.664.197 \times 5} \times 1.000.000 \\ \text{DPMO} &= 3051.66 \end{aligned}$$

b. Perhitungan nilai *Sigma*

Berikut ini merupakan perhitungan nilai *Sigma* bulan April dilakukan dengan bantuan *Microsoft Excel*.

$$\text{Nilai } \sigma = \text{NORMSINV}((1.000.000 - \text{DPMO}) / 1.000.000) + 1.5$$

$$\text{Nilai } \sigma = \text{NORMSINV}((1.000.000 - 3051.66) / 1.000.000) + 1.5$$

$$\text{Nilai } \sigma = 4.24$$

Hasil perhitungan nilai DPMO dan level *Sigma* dari bulan April hingga September dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Nilai DPMO dan Level *Sigma*

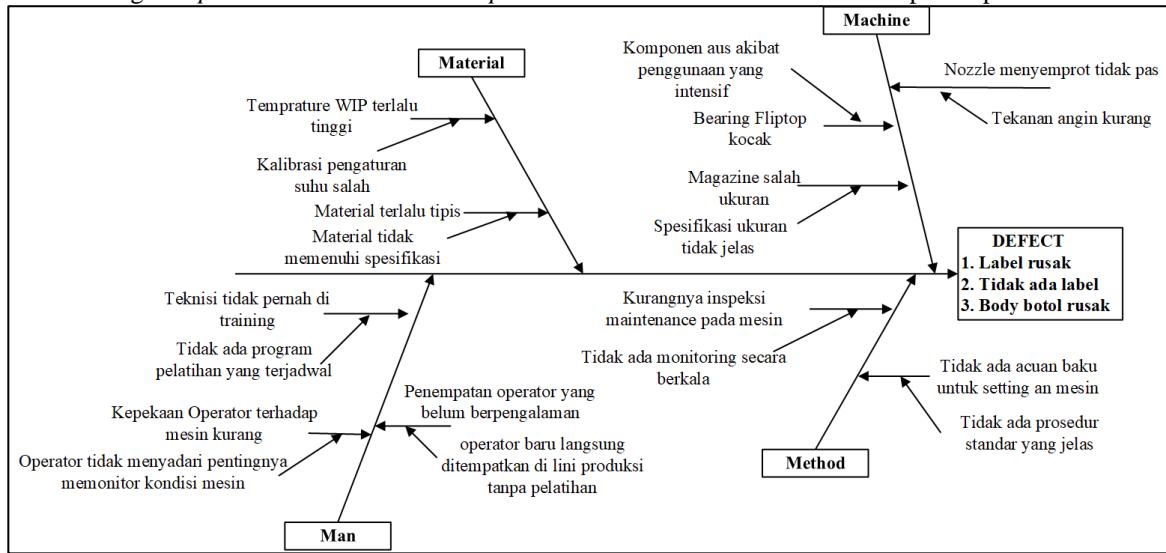
Periode	Unit Produksi	Jumlah produk <i>reject</i>	Opportunities	DPMO	Level <i>Sigma</i>
April	230.170	3.512	5	3051.66	4,24
May	290.897	4.606	5	3166.76	4,23
June	258.030	4.002	5	3101.96	4,24
July	281.000	4.312	5	3069.04	4,24
August	339.000	5.322	5	3139.82	4,23
September	265.100	4.153	5	3133.16	4,23
Rata-rata				3110.40	4,24

Pada Tabel 5, ditunjukkan jumlah hasil produksi dan produk cacat pada proses *packaging* selama 6 periode. Berdasarkan perhitungan DPMO, rata-rata nilai DPMO yang diperoleh adalah 3110.40 yang berarti terdapat sekitar 3110.40 produk cacat per satu juta unit produksi. Dengan rata-rata tingkat *Sigma* sebesar 4.24, kualitas pengendalian masih tergolong cukup optimal, namun masih diperlukan langkah-langkah perbaikan untuk menurunkan jumlah produk cacat agar mampu mencapai target serta tujuan perusahaan yaitu *zero defect* dan *zero waste* dan juga bersaing di tingkat global.

C. Analyze

Pada tahap ini, dilakukan analisis lanjutan terhadap data yang dikumpulkan pada tahap *measure*. Salah satu alat yang dapat dimanfaatkan dalam analisis ini adalah diagram *fishbone* (tulang ikan). Diagram tersebut digunakan untuk

mengidentifikasi berbagai faktor yang memengaruhi hasil pengamatan, yang selanjutnya divalidasi melalui wawancara dengan *supervisor* dan *continuous improvement*. Hasil dari analisis ini ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Fishbone produk defect

Berdasarkan analisis diagram tulang ikan pada Gambar 5, dapat disimpulkan bahwa penyebab utama kecacatan produk dipengaruhi oleh empat faktor, yaitu mesin, metode, manusia, dan material. Pada faktor mesin, kecacatan terjadi akibat *bearing flitop* kocak, *magazine* salah ukuran, dan *nozzle* menyemprot tidak pas. Pada faktor metode, penyebabnya meliputi tidak ada acuan baku untuk *setting* an mesin, kurangnya *inspeksi maintenance* pada mesin, tidak ada monitoring secara berkala. Pada faktor manusia, kecacatan terjadi akibat teknisi tidak pernah di *training*, penempatan opertaor yang belum berpengalaman, dan kepekaan operator terhadap mesin kurang. Sementara itu, pada faktor material, kecacatan disebabkan oleh *temperature WIP* terlalu tinggi dan material yang digunakan terlalu tipis.

D. Improve

Untuk mengusulkan perbaikan, dapat digunakan konsep 5W+1H yang berguna untuk memperoleh usulan perbaikan. Berikut ini adalah usulan perbaikan berdasarkan diagram *fishbone* yang telah dibuat pada proses *Analyze*.

Tabel 6. Perencanaan perbaikan dengan konsep 5W+1H

Faktor	What	Why	Where	When	Who	How
Machine	<i>Bearing Flitop</i> kocak	Komponen aus akibat penggunaan yang intensif	Area Produksi (Assembly)	Selama proses produksi	Operator	Tindakan <i>Preventif maintenance</i> pada komponen <i>bearing</i> [24]
	<i>Magazine</i> salah ukuran	Spesifikasi ukuran tidak jelas	Area Produksi (Assembly)	Selama proses produksi	Operator	Perancangan ulang diintegrasikan dengan teknologi CAM[25]
	<i>Nozzle</i> menyemprot tidak pas	Tekanan angin kurang	Area Produksi (Assembly)	Selama proses produksi	Operator	Mengganti ketebalan <i>shim</i> untuk mendapatkan tekanan penyemperatan yang maksimal[26]
Method	Kurangnya inspeksi maintenance pada mesin	Tidak ada monitoring secara berkala	Area Produksi (Assembly)	Selama proses produksi	Teknisi dan Operator	Monitoring performa mesin produksi berbasis Internet of Things (IoT)[27]
	Tidak ada acuan baku untuk setting an mesin	Tidak ada prosedur standar yang jelas	Area Produksi (Assembly)	Selama proses produksi	Operator	Pembuatan standar tertulis mengenai setting mesin[28]
Man	Teknisi tidak pernah di training	Tidak ada program	Area Produksi (Assembly)	Selama proses produksi	Teknisi	Membuat pelatihan tingkat mikro dan

Material	Penempatan operator yang belum berpengalaman	pelatihan yang terjadwal Operator baru langsung ditempatkan di lini produksi tanpa pelatihan	Area Produksi (Assembly)	Selama proses produksi	Operator	pelatihan tingkat makro[29].
	Kepkaean Operator terhadap mesin kurang	Operator tidak menyadari pentingnya memonitor kondisi mesin	Area Produksi (Assembly)	Selama proses produksi	Operator	Membuat pelatihan tingkat mikro dan pelatihan tingkat makro[29]
	Temprature WIP terlalu tinggi	Kalibrasi pengaturan temprature salah	Area Produksi (Assembly)	Selama proses produksi	Operator	Membuat pelatihan tingkat mikro dan pelatihan tingkat makro[29]
	Material terlalu tipis	Material tidak memenuhi spesifikasi	Area Produksi (Assembly)	Selama proses produksi	Material	Memastikan suhu pemasakan sama pada setiap <i>batch</i> produksi dengan timer[30]

E. Control

Tahap control merupakan tahapan akhir dari proses *six sigma*. Dalam tahapan ini diharapkan perusahaan dapat mengimplentasikan usulan-usulan yang sudah diberikan, dengan tujuan dapat meningkatkan efiseinsi perusahaan dalam pengendalian kualitas. Pada tahap ini dilakukan pengontrolan terhadap apa sudah dianalisa pada tahap *Analyze* serta setelah diterapkannya usulan perbaikan pada tahap *Improve*. Yang perlu dilakukan dalam tahap ini yakni:

1. Perusahaan dapat meningkatkan efektivitas dan perbaikan SOP (*Standard Operating Procedure*) dengan menghitung ulang nilai DPMO (Defect Per Million Opportunities) pada *waste defect* yang telah diperbaiki. Jika hasil perhitungan menunjukkan peningkatan level sigma, maka proses harus terus dipantau
2. Setelah dilakukan didapatkan hasil, apabila sudah terjadi peningkatan level *sigma* maka perlu dipantau terus, tetapi apabila masih belum ada perubahan perlu dilakukan tahap *Analyze* dan menentukan *Improve* ulang. Begitu juga seterusnya dilakukan secara berulang-ulang.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian mengenai kualitas kemasan produk kecap PET 600ml yang menggunakan metode *Six Sigma* yang diintegrasikan dengan *Statistical Quality Control* (SQC) serta konsep 5W+1H, yang dilakukan di PT. XYZ dari September 2024 hingga Februari 2025, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengolahan data pengendalian kualitas menggunakan metode *Six Sigma*, ditemukan empat jenis cacat produk yang terjadi dalam proses produksi kemasan kecap PET 600ml. Jenis cacat tersebut meliputi label rusak, tidak ada label, body botol rusak, engsel botol rusak, *capseal* rusak. Nilai rata-rata sigma yang diperoleh adalah 4,24 di mana angka 4 merupakan rata-rata industri di Amerika Serikat (USA).
2. Analisis menggunakan metode *Statistical Quality control* (SQC) mengidentifikasi faktor penyebab cacat produk berasal dari empat kategori: mesin, metode, manusia, dan material. Pada faktor mesin, cacat terjadi karena *Bearing Flitop* kocak yang disebabkan oleh komponen aus akibat penggunaan yang intensif, *magazine* salah ukuran yang disebabkan karena spesifikasi ukuran tidak jelas, *nozzle* menyemprot tidak pas, yang disebabkan tekanan angin kurang. Pada faktor metode, cacat terjadi karena kurangnya inspeksi maintenance yang disebabkan oleh tidak ada nya monitoring secara berkala, kemudian tidak ada acuan baku untuk setting an mesin yang disebabkan karena tidak ada prosedur standar yang jelas. Faktor manusia memunculkan cacat akibat teknisi tidak pernah di *training* yang disebabkan karena tidak ada program pelatihan yang terjadwal, Penempatan operator yang belum berpengalaman yang disebabkan karena operator baru langsung ditempatkan di lini produksi tanpa pelatihan, Kepkaean Operator terhadap mesin kurang yang disebabkan karena operator tidak menyadari pentingnya memonitor kondisi mesin. Sementara itu, pada faktor material, cacat terjadi akibat Temprature WIP terlalu tinggi yang disebabkan karena kalibrasi pengaturan temprature salah, kemudian material terlalu tipis yang disebabkan karena material tidak memenuhi spesifikasi.
3. Setelah dilakukan analisa menggunakan metode *Statistical Quality Control* (SQC) didapatkan usulan perbaikan menggunakan metode 5W+1H dari permasalahan tersebut yaitu pada faktor mesin didapatkan usulan perbaikan dengan membuat tindakan *Preventif maintenance* pada komponen *bearing*, perancangan ulang diintegrasikan dengan teknologi CAM, dan mengganti ketebalan *shim* untuk mendapatkan tekanan penyemperotan yang

maksimal. Pada faktor metode didapatkan usulan perbaikan dengan melakukan monitoring performa mesin produksi berbasis *Internet of Things*, dan pembuatan standar tertulis mengenai *setting* mesin. Pada faktor manusia didapatkan usulan perbaikan dengan membuat pelatihan tingkat mikro dan pelatihan tingkat makro. Dan pada faktor material didapatkan usulan perbaikan dengan memastikan suhu pemasakan sama pada setiap *batch* produksi dengan timer dan melakukan kontrol supplier secara berkala.

Penelitian ini tidak membahas tentang biaya yang ditimbulkan akibat produk *defect*, maka dapat di lanjutkan pada penelitian berikutnya terkait aspek biaya untuk mengetahui kerugian secara finansial dalam perusahaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA) dan PT. XYZ yang telah mendukung penelitian ini.

REFERENSI

- [1] F. Dionisius and dan Rubaetul Maula, “RANCANG BANGUN MESIN INJEKSI PLASTIK SEDERHANA TIPE VERTIKAL DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH PLASTIK PET”.
- [2] F. Gunawan, N. T. Putri, and A. Hasan, “Implementasi Six Sigma dalam Menurunkan Cacat Kemasan pada Industri Minyak Goreng,” *R2J*, vol. 6, no. 6, 2024, doi: 10.38035/rj.v6i6.
- [3] E. Supriyadi, “Pengendalian Kualitas Produk Kemasan Dengan Metode Six Sigma di PT. XYZ”, doi: 10.28926/briliant.
- [4] T. Widyawati, “Analisis Pengendalian Kualitas Packaging Produk Kacang Garing Dengan Metode Six Sigma pada PT Dua Kelinci,” *Jurnal Ilmiah Manajemen Ekonomi Dan Akuntansi*, vol. 1, no. 2, pp. 56–65, 2024.
- [5] “N. Nurhidayah, N. Yuliana, dkk. “Pengendalian Mutu Produk Teh Kawa Dengan Menggunakan Metode Statistik Quality Control Pada Bonang Bersaudara Padang” *JRTI (Jurnal Riset Tindakan Indonesia)*, Vol. 08, No. 02, 2023.
- [6] O. Hana Catur Wahyuni and M. Wiwik Sulistiyowati, *BUKU AJAR PENGENDALIAN KUALITAS INDUSTRI MANUFAKTUR DAN JASA*.
- [7] A. Pramono, I. Pratiwi, and W. Andalia, “JAMBURA INDUSTRIAL REVIEW Ari Pramono dkk,” *Jambura Industrial Review*, vol. 1, no. 2, 2021, doi: 10.37905/jirev.1.2.58-65.
- [8] B. S. Wijaya, D. Andesta, and E. D. Priyana, “Minimasi Kecacatan pada Produk Kemasan Kedelai Menggunakan Six Sigma, FMEA dan Seven Tools di PT. SATP,” *Jurnal Media Teknik dan Sistem Industri*, vol. 5, no. 2, p. 83, Sep. 2021, doi: 10.35194/jmtsi.v5i2.1435.
- [9] S. Joes, L. Salomon, and F. J. Daywin, “Penerapan Lean Six Sigma untuk Meningkatkan Efisiensi dan Kualitas Produk Kemasan Food Pail pada Perusahaan Percetakan.”
- [10] L. M. Ramdani, A. Zaqi, and A. Farity, “Analisis Pengendalian Kualitas Pada Produksi Base Plate R-54 Menggunakan Metode Statistical Quality Control Dan 5S,” *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, vol. 1, pp. 85–97, 2022.
- [11] R. Adawiyah and D. S. Donoriyanto, “Analisis Kecacatan Produk Beras Kemasan 25 Kg Menggunakan Statistical Quality Control dan Failure Mode and Effect Analysis,” *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, vol. 8, no. 2, pp. 109–118, Oct. 2022, doi: 10.30656/intech.v8i2.4804.
- [12] K. Rujianto and H. C. Wahyuni, “Pengendalian Kualitas Produk Dengan Menggunakan Metode SQC dan HRA Guna Meningkatkan Hasil Produksi Tahu di IKM H. Musauwimin,” *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, Jun. 2018, doi: 10.21070/prozima.v2i1.1065.
- [13] I. Rinjani, W. Wahyudin, and B. Nugraha, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Cacat pada Lensa Tipe X Menggunakan Lean Six Sigma dengan Konsep DMAIC,” 2021.
- [14] N. Yunita and P. Adi, “Identifikasi Proses Produksi Komponen Guide dengan Metode DMAIC pada Supplier PT. X,” 2019.
- [15] H. Kurnia and M. Hamsal, “Implementation of statistical process control for quality control cycle in the various industry in Indonesia: Literature review (Implementasi peta kendali statistik untuk gugus kendali mutu pada kasus industri di Indonesia: Kajian literatur).” [Online]. Available: <https://www.winspc.com/>
- [16] N. Izzah and M. F. Rozi, “ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS DENGAN METODE SIX SIGMA-DMAIC DALAM UPAYA MENGURANGI KECACATAN PRODUK REBANA PADA UKM ALFIYA REBANA GRESIK,” *Jurnal Ilmiah Soulmath : Jurnal Edukasi Pendidikan Matematika*, vol. 7, no. 1, pp. 13–26, May 2019, doi: 10.25139/smj.v7i1.1234.

- [17] Suhadak and T. Sukmono, "Improving Product Quality With Production Quality Control," *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, vol. 4, no. 2, pp. 41–50, Mar. 2021, doi: 10.21070/prozima.v4i2.1306.
- [18] T. Wicakseno, D. Silvia Program Studi Teknologi Industri Cetak Kemasan, P. G. Negeri Jakarta Jl A Siwabessy, and K. Baru, "Metode Six Sigma Dalam Perbaikan Cacat Botol pada Produk Personal Care Six Sigma Method in Repairing Bottle Defects in Personal Care Products."
- [19] J. Hasil, P. Dan, K. Ilmiah, N. Nurhayani, S. R. Putri, and A. Darmawan, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Outsole Sepatu Casual menggunakan Metode Six Sigma DMAIC dan Kaizen 6S."
- [20] R. Irfanto, "THE ANALYSIS CAUSE OF CASTING REPAIR WORK WITH PARETO CHART IN PROJECT X," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 18, no. 1, pp. 106–117, Apr. 2022, doi: 10.28932/jts.v18i1.4485.
- [21] I. Putu Widnyana, W. Ardiana, E. Wolok, and T. Lasalewo, "Penerapan Diagram Fishbone dan Metode Kaizen untuk Menganalisa Gangguan pada Pelanggan PT. PLN (Persero) UP3 Gorontalo," *Jambura Industrial Review*, vol. 2, no. 1, p. 2022, doi: 10.37905/jirev.2.1.11-19.
- [22] Mella Wulandari and Widya Setiafindari, "Upaya Pengendalian Mutu Produk Menggunakan Metode Statistical Process Control Dan 5W+1H Di PT. Mitra Rekatama Mandiri," *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik*, vol. 2, no. 3, pp. 245–256, Aug. 2023, doi: 10.55606/juprit.v2i3.2341.
- [23] H. Hakim Hidajat and A. Momon Subagyo, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk X Dengan Metode Six Sigma (DMAIC) Pada PT. XYZ," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 8, no. 9, pp. 234–242, 2022, doi: 10.5281/zenodo.6648878.
- [24] S. Lasau, I. Halid Lahay, M. P. Wahyudin Sunarto, R. T. Rahmat Yasin, and G. B. Jl Habibie Desa Moutong Kecamatan Tilongkabila Kab Bone Bolango, "PENENTUAN INTERVAL PERBAIKAN KOMPONEN BEARING PADA MOTOR LISTRIK TECO-3 PHASE INDUCTION 45 Kw TIPE AESV15020060FM DI PT. XYZ," *Jurnal REKAVASI*, vol. 12, no. 1, pp. 52–60, 2024.
- [25] Z. 1a, H. Widiantoro, D. Mulyana, B. Triyono, M. R. Ardiansyah, and A. A. Rachmat, "REKAYASA ULANG MESIN MILLING CNC EMCO TU-3A UNTUK MENDUKUNG TEKNOLOGI CAM," *Jurnal CRANKSHAFT*, vol. 7, no. 1, 2024.
- [26] V. Uji *et al.*, "Prosiding Seminar Nasional Penerapan IPTEKS II p-ISSN 2714-9773 Politeknik Negeri Lampung," 2020. [Online]. Available: <https://jurnal.polinela.ac.id/index.php/SEMTEKS>
- [27] M. Zikri, S. Akbar, and S. R. Riady, "Sistem Akuisisi Dan Monitoring Performa Mesin Produksi Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Metode Logging Data," *Agustus*, vol. 7, no. 1, pp. 55–64.
- [28] *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Informatika, 2017: Kudus, 25 Juli 2017*. Badan Penerbit Universitas Muria Kudus, 2017.
- [29] S. Nur Rosidah, N. Reva Hayati, Mn. Alifi, F. Maulana Mahardika, and F. Ekonomi Dan Bisnis Islam, "Volume 2 ; Nomor 10," *Oktober*, pp. 135–140, 2024, doi: 10.59435/gjmi.v2i10.970.
- [30] L. Raizel Alinka, "ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUKSI KECAP MANIS DENGAN METODE STATISTICAL PROCESS CONTROL (STUDI KASUS: PT XYZ)."

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.