

Analisis Pengendalian Kualitas pada Produk *Automotive Battery Premium* Menggunakan Metode *Six Sigma*

Afiqoh Akmalia Fahmi^{1*}, Aisyah Nurul Fadhila², Eko Setiawan³, Mila Faila Sufa⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta

Article Info

Article history:

Received January 25, 2025

Accepted January 28, 2025

Published January 30, 2025

Keywords:

Pengendalian kualitas

Produk cacat

Six Sigma

DMAIC

Automotive Battery Premium

ABSTRACT

Perusahaan Battery di Karawang merupakan sebuah perusahaan manufaktur yang memproduksi aki timbal asam. Berdasarkan data historis, produk AMB *Premium* memiliki jumlah produksi dan jumlah *defect* yang terbanyak. Banyaknya *defect* menjadi permasalahan bagi perusahaan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis level tingkat *Six Sigma* di perusahaan ini dan memberikan usulan perbaikan untuk meminimalkan kecacatan pada produk AMB *Premium*. Berdasarkan hasil perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma rata-rata nilai DPMO diperoleh nilai sebesar 13882,648, dan level Sigma di perusahaan ini sebesar 3,704 yang merupakan rata-rata industri Indonesia. Perbaikan yang diusulkan diantaranya perlunya evaluasi menyeluruh terhadap beban kerja yang diberikan kepada karyawan, membuat jadwal pemeriksaan berkala yang jelas untuk semua mesin dan peralatan, melakukan dan meningkatkan pengawasan secara rutin, dan merancang program pelatihan yang sesuai dengan kebutuhan dan tugas karyawan.



Corresponding Author:

Afiqoh Akmalia Fahmi,

Program Studi Teknik Industri,

Universitas Muhammadiyah Surakarta,

Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kartasura, Sukoharjo, Jawa Tengah

Email: *aaf550@ums.ac.id

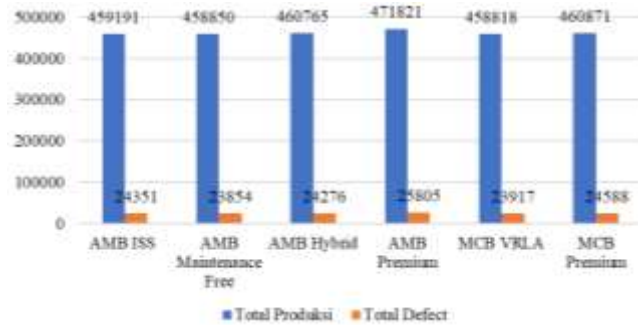
1. PENDAHULUAN

Dalam era Industri 4.0, persaingan bisnis semakin ketat, dan keputusan pembelian tidak hanya dipengaruhi oleh biaya, tetapi juga fokus pada peningkatan kualitas produk [1]. Pengendalian kualitas diharapkan dapat memperbaiki dan menjaga kualitas produk dengan tujuan mengurangi tingkat cacat hingga mencapai standar nol cacat [2]. Pengendalian kualitas memiliki tujuan utama, antara lain mengurangi kesalahan, menjaga standar kualitas mengurangi keluhan pelanggan, mengevaluasi hasil produksi, serta menjaga atau meningkatkan reputasi perusahaan [3].

Perusahaan Battery di Karawang merupakan produsen aki timbal asam di Indonesia dengan lisensi dari Japan Storage Battery Co. Ltd. Perusahaan ini dikenal memiliki kualitas produk yang terjamin. Perusahaan ini telah meraih sertifikat ISO 9001 dan IATF dari SGS Indonesia sebagai pengakuan terhadap standar kualitasnya. Untuk mempertahankan standar kualitas, fokus utama dari Perusahaan yaitu peningkatan mutu produk dan pengurangan cacat, dengan perhatian utama pada standar kualitas setiap produk dalam produksi [4]. Salah satu upaya mempertahankan kualitas dan pengurangan cacat dengan cara pengendalian kualitas. Pengendalian kualitas produk *battery* sangat penting dalam proses manufaktur atau produksi *battery* karena kualitas produk *battery* dapat mempengaruhi kualitas produk akhir *battery*.

Perusahaan menetapkan standar kualitas produk dengan batas maksimal Tingkat kecacatan sebesar 3%, namun rata-rata kecacatan melampaui batas tersebut. Standar kualitas *battery* yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu tidak adanya cacat fisik, SpGr (*Specific Gravity*) elektrolit sesuai standar dan pemasangan setiap komponen *battery* harus tepat. Berdasarkan dari standar kualitas *battery* yang telah ditetapkan oleh perusahaan terdapat *defect* pada cacat fisik seperti tergores, berlubang (kebocoran), terbakar, dan *crack*. Untuk standar kualitas dari SpGr (*Specific Gravity*) elektrolit sesuai standar dan pemasangan setiap komponen *battery* harus tepat tidak terjadi *defect*. Kecacatan pada produk baterai dapat merugikan dan berdampak besar pada kinerja, keamanan, serta masa pakai perangkat atau kendaraan. Kualitas baterai sangat krusial untuk pasokan listrik, dan setiap kekurangan dapat menimbulkan risiko seperti konsleting atau kegagalan baterai berbahaya.

Oleh karena itu, perusahaan perlu mengambil langkah perbaikan terstruktur untuk menghindari produksi berkelanjutan produk cacat yang merugikan [5]. Data jumlah *defect battery* berdasarkan jenis *battery* terhadap total produksi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Data *Defect Battery*

Berdasarkan data pada Gambar 1, terdapat jumlah produksi dan jumlah *defect* yang terbanyak dari produk *battery* yaitu AMB (*Automotive Battery*) *Premium*. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada produk AMB (*Automotive Battery*) *Premium* untuk menganalisis pengendalian kualitas agar dapat meminimalkan kecacatan pada produk. Penelitian ini menggunakan metode *Six Sigma*, pendekatan manajemen kualitas yang umumnya digunakan dalam industri untuk tingkatan kualitas produk dan proses bisnis. Pendekatan ini berfokus pada analisis data, statistik, dan pengendalian kualitas untuk mengurangi variasi dalam proses produksi, memastikan konsistensi produk, dan memenuhi standar kualitas yang lebih tinggi [6]. Dalam menerapkan *Six Sigma*, digunakan pendekatan DMAIC yang terdiri dari lima tahap, yaitu *Define* (pendefinisian masalah), *Measure* (pengukuran tingkat kualitas), *Analyze* (analisis kemampuan produksi), *Improve* (perbaikan berdasarkan analisis), dan *Control* (pengendalian hasil perbaikan) [7]. Metode *Six Sigma* diperlukan untuk mengetahui level sigma suatu proses, sehingga dapat mengidentifikasi peluang perbaikan dan digunakan sebagai alat yang efektif dalam pengendalian kualitas untuk mencapai tingkat kesempurnaan yang lebih tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis cacat, menghitung dan menganalisis level six sigma kemudian faktor penyebab terjadinya kecacatan dianalisis untuk memberikan usulan perbaikan pada produk AMB *Premium*.

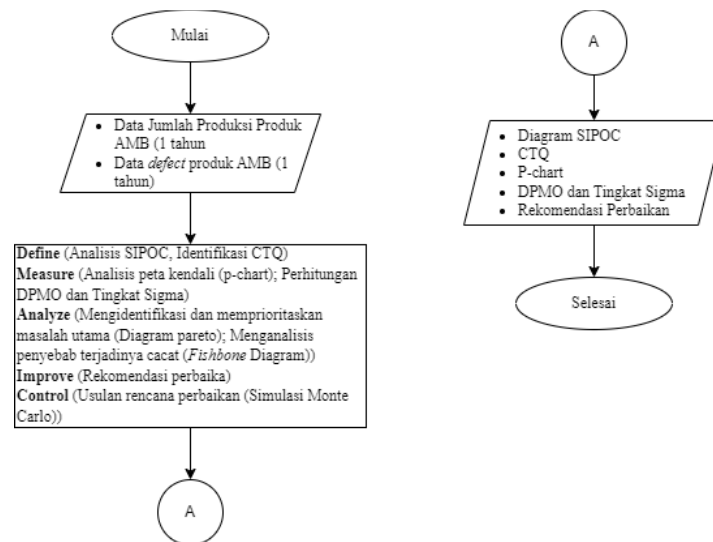
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Perusahaan Battery di Karawang dengan fokus utama penelitian adalah Pengendalian kualitas AMB *Premium* dengan *Six Sigma*. Data yang digunakan yaitu data primer (observasi, wawancara QA/operator) dan data sekunder (data *defect* produk, data jumlah produksi) dengan batasan data historis selama satu tahun. Metode pengumpulan data meliputi observasi, wawancara, diskusi, dan dokumentasi.

Data yang sudah terkumpul kemudian diolah menggunakan metode *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Metode *Six Sigma* dipilih untuk pengendalian kualitas produk baterai karena mampu mengurangi variasi melalui pendekatan berbasis data yang terstruktur dan berkelanjutan, sehingga memastikan konsistensi dan keandalan produk. Ada beberapa tahapan pengolahan data menggunakan *Six Sigma*-DMAIC. Adapun tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Pertama, tahap *define* menggambarkan proses produksi, memberikan gambaran mengenai faktor-faktor yang menjadi penyebab potensial terjadinya kecacatan pada produk AMB (*Automotive Battery*) *Premium*. Proses pendefinisian ini melibatkan pembuatan diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*) yang berisi tahap produksi [8] dan mengidentifikasi *Critical to Quality* (CTQ) untuk mengungkap permasalahan penyebab terjadinya produk cacat pada produk AMB (*Automotive Battery*) *Premium*.

Kedua, tahap *measure* menilai sejauh mana kemampuan proses produksi memenuhi kebutuhan konsumen terhadap produk akhir dengan melakukan pengukuran stabilitas dan kapabilitas proses [9]. Pengukuran stabilitas proses bertujuan untuk menilai apakah suatu proses terkendali atau tidak, sering kali menggunakan *p-chart* dalam analisisnya [10]. Pengukuran ini dengan menghitung persentase kerusakan atau proporsi (1), menghitung *central line* (2), menghitung *Upper Control Limit* (3), dan menghitung *Lower Control Limit* (4). Untuk mengukur kapabilitas proses dengan menghitung *Defect Per Unit* (5), menghitung *Defect per Opportunity* (6), menghitung nilai *Defect per Million Opportunity* (7), Mengkonversi hasil perhitungan DPMO untuk mendapatkan nilai *sigma* (8).



Gambar 2. Tahapan Penelitian

$$p = \frac{np}{n} \quad (1)$$

Keterangan:

p = Proporsi

np = Jumlah produk cacat

n = Jumlah sampel

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

Keterangan:

$\bar{p}$ = Rata-rata proporsi kecacatan

np = Jumlah total produk cacat

n = Jumlah total sampel

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

Keterangan:

UCL = *Upper Control Limit*

$\bar{p}$ = Rata-rata proporsi kecacatan

n = Jumlah sampel

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

Keterangan:

LCL = *Upper Control Limit*

$\bar{p}$ = Rata-rata proporsi kecacatan

n = Jumlah sampel

$$DPU = \frac{D}{U} \quad (5)$$

Keterangan:

DPU = *Defect Per Unit*

D = Jumlah cacat

U = Jumlah produksi

$$DPO = \frac{DPU}{OP} \quad (6)$$

Keterangan:

DPO = *Defects per Opportunity*

DPU = *Defect Per Unit*

OP (*Opportunity*)/CTQ = karakteristik yang berpotensi menjadi cacat

$$\text{DPMO} = \text{DPO} \times 1.000.000 \quad (7)$$

Keterangan:

DPMO = *Defect per Million Opportunity*

DPO = *Defects per Opportunity*

Untuk mendapatkan nilai *sigma* dari hasil perhitungan DPMO, dapat melakukan konversi melalui *Excel* dengan menggunakan formula:

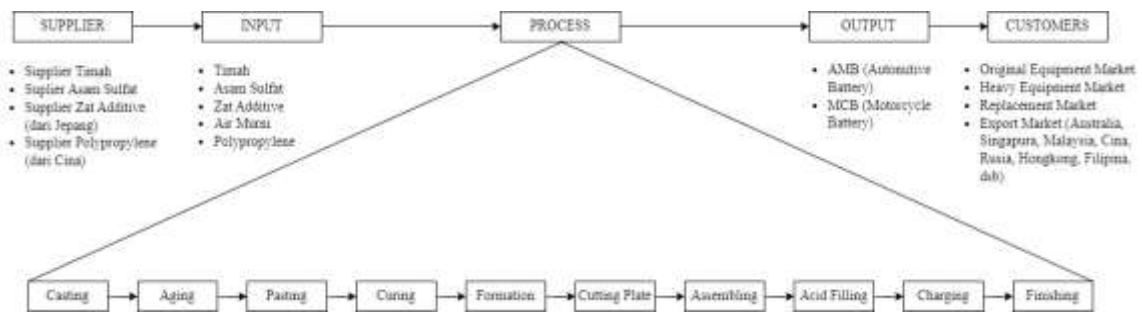
$$= \text{NORMSINV}((1.000.000 - \text{DPMO}) / 1.000.000) + 1,5 \quad (8)$$

Ketiga, tahap *analyze* berfokus pada identifikasi akar penyebab masalah menggunakan diagram Pareto dan *fishbone* diagram. Keempat, tahap *improve* menangani akar penyebab kerusakan dengan menyusun saran-saran perbaikan dan strategi kontrol setelah menganalisis hasil. Salah satu metode yang digunakan adalah tabel 5W+1H, yang berisi pertanyaan mengenai *What* (Apa), *Why* (Mengapa), *When* (Kapan), *Who* (Siapa), *Where* (Dimana), dan *How* (Bagaimana), untuk mengidentifikasi dan menyelesaikan setiap masalah [11]. Kelima, tahap *control*, dalam penelitian ini usulan dari *improve* tidak diimplementasikan secara langsung, sehingga ada tahap *control* ini menggunakan simulasi Monte Carlo untuk menghasilkan perkiraan mengenai keberhasilan usulan perbaikan yang diajukan. Simulasi ini memberikan asumsi mengenai potensi kesuksesan dari upaya perbaikan yang telah diusulkan.

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Define

Proses pendefinisian ini melibatkan pembuatan diagram SIPOC dan mengidentifikasi *Critical to Quality* (CTQ). Diagram SIPOC dari Perusahaan Battery di Karawang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram SIPOC

Diagram SIPOC Perusahaan Battery di Karawang menunjukkan keterlibatan 4 *supplier* utama: *supplier* timah, asam sulfat, zat aditif dari Jepang, dan polypropylene dari China. *Input* produksi meliputi timah, asam sulfat, zat aditif, air murni, dan polypropylene. Proses produksi mencakup 10 tahapan utama, yaitu *casting*, *aging*, *pasting*, *curing*, *formation* (*charging* dan *drying*), *cutting plate*, *assembling*, *acid filling*, *charging*, dan *finishing*. *Output* berupa dua jenis produk, yaitu AMB (*Automotive Battery*) dan MCB (*Motorcycle Battery*). *Customers* mencakup 4 segmen pasar utama.

Tahap *Define* melibatkan pengidentifikasian CTQ untuk mengungkap masalah yang ada. CTQ merujuk pada karakteristik utama yang dapat diukur dari produk atau proses, yang harus memenuhi standar tertentu untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Dengan kata lain, CTQ adalah standar kualitas yang harus dipenuhi oleh perusahaan untuk memenuhi harapan pelanggan [11]. Identifikasi CTQ (*Critical to Quality*) pada produk AMB (*Automotive Battery*) *Premium* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Critical to Quality*

Jenis Cacat	Keterangan
Kebocoran	Produk mengalami kerusakan seperti berlubang, retak yang mengakibatkan terjadinya kebocoran pada proses <i>acid filling</i> .
Terbakar	Produk mengalami kerusakan terbakar yang diakibatkan karenakonslet pada proses <i>charging</i> .
Tergores	Produk mengalami kerusakan seperti gores, sompal, dll yang diakibatkan karena produk terbentur atau terkena alat berat padaproses <i>finishing</i> .
Crack	Produk mengalami kerusakan seperti patah (<i>crack</i>), retak yang diakibatkan karena produk terjatuh pada proses <i>assembling</i> .

3.2. Measure

Measure melibatkan langkah-langkah pengukuran stabilitas dan kapabilitas proses [9]. Data *defect* produk AMB (*Automotive Battery*) *Premium* selama 1 tahun dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data *Defect* Produk AMB (*Automotive Battery*) Premium

Bulan ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Jumlah Produksi	28009	41338	39795	44760	35556	40070	39317	37391	41887	38516	45150	40032	471821
Jumlah Defect	2392	2099	2021	2214	1882	2170	2181	1959	2260	2011	2290	2326	25805

Pengukuran Stabilitas Proses menggunakan pendekatan peta kendali p atau *p-chart*, dengan menghitung menghitung persentase kerusakan atau proporsi, menghitung *central line*, menghitung *Upper Control Limit*, dan menghitung *Lower Control Limit* [12].

- a) Menghitung Persentase Kerusakan (Proporsi) menggunakan persamaan (1)

$$\text{Bulan ke-1: } p = \frac{2392}{28009} = 0,0854$$

- b) Menghitung Garis Pusat/*Central Line* (CL) menggunakan persamaan (2)

$$CL = \bar{p} = \frac{25805}{471821} = 0,05469$$

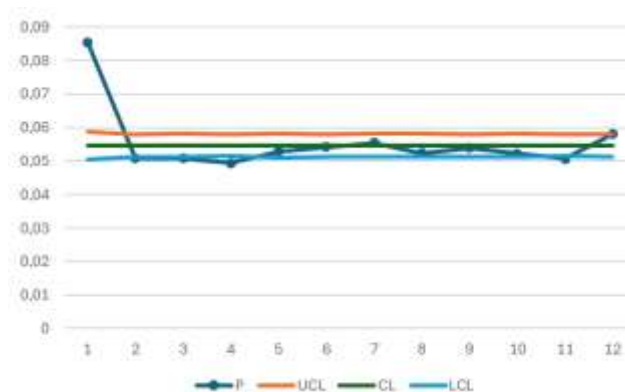
- c) Menghitung Batas Kendali Atas atau *Upper Control Limit* (UCL) menggunakan persamaan (3)

$$\text{Bulan ke-1 : } UCL = 0,05469 + 3 \sqrt{\frac{0,05469 (1-0,05469)}{28009}} = 0,05877$$

- d) Menghitung Batas Kendali Bawah atau *Lower Control Limit* (LCL) menggunakan persamaan (4)

$$\text{Bulan ke-1 : } LCL = 0,05469 - 3 \sqrt{\frac{0,05469 (1-0,05469)}{28009}} = 0,05062$$

Proses perhitungan di atas berlaku sama untuk semua periode (setiap bulannya). Hasil perhitungan tersebut kemudian disajikan dalam Peta kendali p atau *p-chart* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Control P-Chart

Hasil peta kendali p menunjukkan bahwa masih terdapat data *outlier* yang berada di luar batas kendali atas (UCL) atau batas kendali bawah (LCL). Hal ini mengindikasikan adanya variasi proses yang tidak terkendali atau disebabkan oleh faktor khusus (*special cause variation*). Keberadaan data *outlier* tersebut mencerminkan bahwa proses belum sepenuhnya stabil atau konsisten dalam menghasilkan output yang sesuai dengan standar. Hal ini menandakan perlunya perbaikan dalam pengendalian kualitas di Perusahaan Battery, Karawang untuk mengurangi tingkat kecacatan. Jika nilai proporsi melebihi batas kendali, maka langkah perbaikan diperlukan untuk mengurangi tingkat kecacatan hingga mencapai 0% [13].

Selanjutnya, pengukuran Kapabilitas Proses bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana produk dapat memenuhi standar yang telah ditentukan oleh pelanggan sebelum diserahkan. Dalam pengukuran kinerja dasar, Defects per Million Opportunities (DPMO) digunakan sebagai satuan pengukuran untuk menentukan tingkat Sigma [14]. Perhitungan kapabilitas proses dilakukan dengan menghitung *Defect Per Unit*, *Defect per Opportunity*, *Defect per Million Opportunity*, dan Mengkonversi hasil perhitungan DPMO untuk mendapatkan nilai *sigma*.

- a) Menghitung *Defect Per Unit* (DPU) menggunakan persamaan (5)

$$DPU = \frac{2392}{28009} = 0,0854$$

- b) Menghitung *Defect per Opportunity* (DPO) menggunakan persamaan (6)

$$\text{Bulan ke-1: } DPO = \frac{0,0854}{4} = 0,0214$$

c) Menghitung Nilai *Defect per Million Opportunity* (DPMO) menggunakan persamaan (7)

$$\text{Bulan ke-1: } DPMO = 0,0214 \times 1.000.000$$

$$DPMO = 21350,280$$

d) Mengkonversi hasil perhitungan DPMO untuk mendapatkan nilai *sigma* menggunakan persamaan (8)

Untuk mendapatkan nilai *sigma* dari hasil perhitungan DPMO, dapat melakukankonversi melalui *Excel* dengan menggunakan formula:

$$= \text{NORMSINV}((1.000.000 - DPMO) / 1.000.000) + 1,5 \quad (8)$$

Berikut ini merupakan pengukuran kapabilitas proses dengan perhitungan DPU, DPO, DPMO dan Tingkat Sigma dapat dilihat pada Tabel 3.

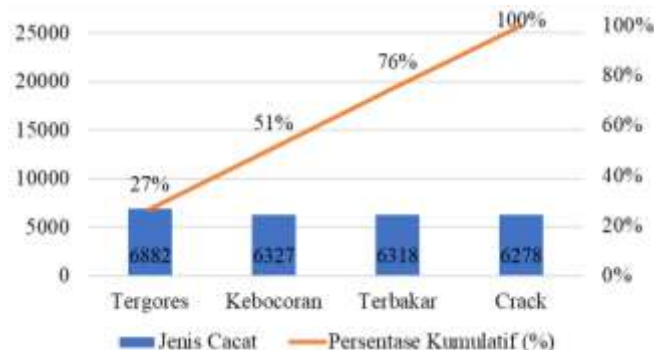
Tabel 3. Pengukuran Kapabilitas Proses (DPMO dan Tingkat *Sigma*)

Bulan ke-	Jumlah Produksi	Jumlah Defect	DPO	DPU	DPMO	Tingkat Sigma
1	28009	2392	0,0214	0,0854	21350,280	3,527
2	41338	2099	0,0127	0,0508	12694,131	3,735
3	39795	2021	0,0127	0,0508	12696,319	3,735
4	44760	2214	0,0124	0,0495	12365,952	3,746
5	35556	1882	0,0132	0,0529	13232,647	3,719
6	40070	2170	0,0135	0,0542	13538,807	3,710
7	39317	2181	0,0139	0,0555	13868,047	3,701
8	37391	1959	0,0131	0,0524	13098,072	3,723
9	41887	2260	0,0135	0,0540	13488,672	3,712
10	38516	2011	0,0131	0,0522	13053,017	3,725
11	45150	2290	0,0127	0,0507	12679,956	3,736
12	40032	2326	0,0145	0,0581	14525,879	3,683
Rata-Rata					13882,648	3,704

Hasil perhitungan Defects Per Million Opportunities (DPMO) sebesar 13.882,648, yang setara dengan tingkat sigma 3,704, menunjukkan bahwa kinerja kualitas proses tersebut berada pada rata-rata industri di Indonesia. Meskipun hasil ini menunjukkan tingkat kualitas yang cukup kompetitif secara nasional, angka ini masih jauh dari standar zero defect atau tingkat sigma 6, yang merepresentasikan tingkat kualitas terbaik dalam konsep Six Sigma. Oleh karena itu, peningkatan kualitas menjadi sangat penting untuk mendekati atau mencapai standar tersebut.

3.3. Analyze

Sebelum upaya peningkatan dilakukan, langkah awal yang krusial adalah melakukan analisis mendalam terhadap penyebab utama cacat. Identifikasi faktor penyebab cacat, baik dari sisi manusia, mesin, material, metode, maupun lingkungan kerja, akan membantu dalam merancang strategi perbaikan yang lebih efektif dan berkelanjutan untuk mengurangi cacat, menurunkan nilai DPMO, serta meningkatkan tingkat sigma proses. Pendekatan yang umum digunakan dalam tahap *analyze* meliputi penggunaan diagram Pareto dan pembuatan diagram *fishbone* [4]. Dalam upaya memahami dan menyelesaikan permasalahan utama yang terjadi, maka penyelesaian tersebut menggunakan diagram Pareto dapat menentukan persentase produk cacat berdasarkan jenis kerusakannya sebagaimana terdapat pada Gambar 5.

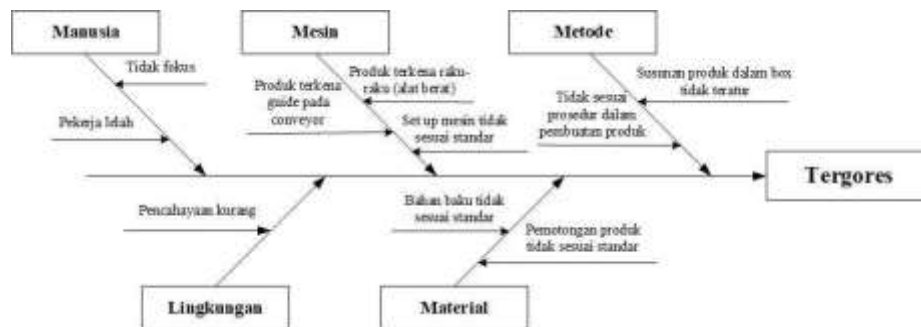


Gambar 5. Diagram Pareto

Prinsip Pareto menunjukkan bahwa sekitar 80% masalah kualitas pada produk berasal dari sekitar 20% penyebab kegagalan produksi [14]. Diagram Pareto untuk produk *AMB Premium* menunjukkan tiga penyebab

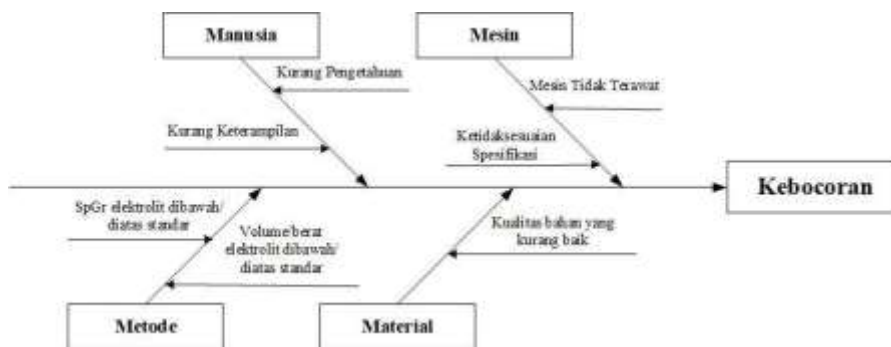
utama, yaitu tergores sebesar 27%, kebocoran sebesar 51%, dan terbakar sebesar 76%. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan harus difokuskan pada penyebab-penyebab tersebut.

Selanjutnya, dilakukan analisis mendalam menggunakan diagram *fishbone* untuk mengetahui penyebab terjadinya produk cacat berdasarkan jenis cacatnya. Diagram *fishbone* dari jenis cacat tergores, kebocoran, dan terbakar dapat dilihat pada Gambar 6, 7, dan 8.



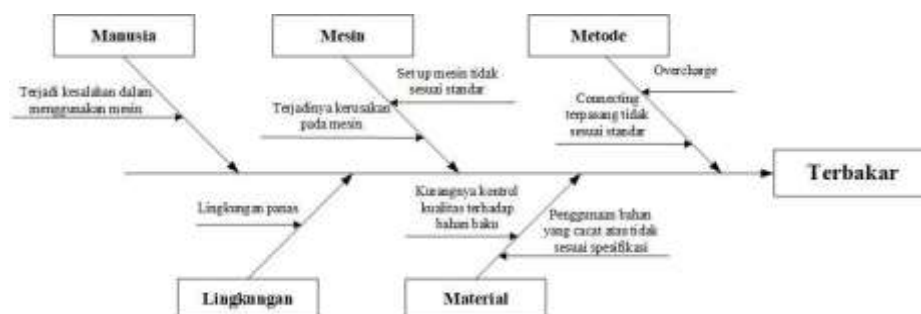
Gambar 6. Diagram *Fishbone* Tergores

Cacat tergores pada produk AMB *Premium* disebabkan oleh faktor manusia (tidak fokus dan bekerja dalam keadaan lelah), mesin (raku-raku alat berat, *guide conveyor*, dan *set up* mesin tidak sesuai standar), metode (susunan produk dalam *box* tidak teratur dan tidak sesuai prosedur), material (bahan baku tidak sesuai standar, pemotongan produk tidak sesuai standar), serta lingkungan (kurangnya pencahayaan saat bekerja).



Gambar 7. Diagram *Fishbone* Kebocoran

Cacat kebocoran pada produk AMB *Premium* disebabkan oleh faktor manusia (karyawan kurang pengetahuan dan keterampilan), mesin (mesin tidak terawat dan tidak sesuai spesifikasi), metode (SpGr elektrolit di bawah/di atas standar, *volume*/berat elektrolit di bawah/diatas standar), dan material (kualitas bahan yang kurang baik).



Gambar 8. Diagram *Fishbone* Terbakar

Cacat terbakar pada produk AMB *Premium* disebabkan oleh faktor manusia (kesalahan dalam menggunakan mesin), mesin (*set up* mesin tidak sesuai standar dan terjadinya kerusakan pada mesin), metode (*overcharge* dan pemasangan *connecting* tidak sesuai standar), material (kurangnya kontrol kualitas terhadap bahan baku dan penggunaan bahan yang cacat atau tidak sesuai spesifikasi), serta lingkungan (bekerja dalam lingkungan yang panas).

Berdasarkan analisis akar masalah penyebab terjadinya cacat, maka diperlukan perbaikan yang dapat mengurangi tingkat kecacatan produk.

3.4. Improve

Pada tahap ini menggunakan metode tabel 5W+1H untuk mengidentifikasi dan menyelesaikan setiap masalah [11]. Berikut ini merupakan usulan perbaikan dengan metode 5W+1H dapat dilihat pada Tabel 4, 5, dan 6.

Tabel 4. Usulan Perbaikan Tergores dengan Metode 5W+1H

Faktor	What	Why	When	Who	Where	How
Manusia	Tidak fokus	Karyawan kurang istirahat	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Membuat pengaturan jam kerja yang seimbang
	Pekerja lelah	Perusahaan memberikan tekanan berlebihan pada karyawan	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Melakukan evaluasi menyeluruh terhadap beban kerja yang diberikan kepada karyawan
Mesin	Produk terkena raku-raku (alat berat)	Tidak terdapat pelindung mesin	Pada proses mengangkat produk	Operator maintenance	Area produksi	Memasang pelindung mesin yang sesuai dan aman
	Produk terkena guide pada conveyor	Keterlambatan melakukan pemeriksaan mesin	Pada proses pemindahan produk	Operator maintenance	Area produksi	Membuat jadwal pemeriksaan berkala yang jelas dan ketat untuk semua mesin dan peralatan
	Set up mesin tidak sesuai standar	Tidak ada pengawasan dalam melakukan pelaksanaan SOP	Pada proses produksi	Operator maintenance	Area produksi	Melakukan dan meningkatkan pengawasan secara rutin
Metode	Susunan produk dalam box tidak teratur	Karyawan kurang teliti dalam penyusunan produk	Pada proses penyimpanan produk	Operator produksi	Area warehouse	Menyediakan pedoman atau checklist yang jelas untuk membimbing karyawan dalam setiap langkah penyusunan produk
	Tidak sesuai prosedur dalam pembuatan produk	Karyawan tidak disiplin	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Membuat kebijakan disiplin yang jelas dan dipahami oleh semua karyawan
Material	Bahan baku tidak sesuai standar	Pemisahan bahan baku kurang efisien	Pada proses pemilihan material	Operator produksi	Area pemilihan material	Memastikan pengecekan bahan baku dilakukan sebelum dan setelah proses pemisahan bahan baku
	Pemotongan produk tidak sesuai standar	Karyawan kurang pelatihan terhadap mesin yang digunakan	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Memberi pelatihan dalam menggunakan mesin secara rutin kepada pekerja

Faktor	What	Why	When	Who	Where	How
Lingkungan	Pencahayaan kurang	Kekurangan cahaya mengakibatkan penurunan kualitas penglihatan	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Diperlukan peningkatan pencahayaan dengan menambahkan lampu yang lebih terang agar pekerja tidak terhambat dalam melakukan kegiatan mereka

Tabel 5. Usulan Perbaikan Kebocoran dengan Metode 5W+1H

Faktor	What	Why	When	Who	Where	How
Manusia	Kurang Pengetahuan	Karyawan kurang pelatihan dalam bekerja	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Merancang program pelatihan yang sesuai dengan kebutuhan karyawan dan tugas pekerjaan mereka
	Kurang Keterampilan	Karyawan kurang teliti dalam bekerja	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Membuat program pelatihan ekstra untuk menunjang karyawan dalam meningkatkan keterampilan terkait manajemen waktu, pengelolaan tugas, dan teknik spesifik yang diperlukan dalam pekerjaan mereka.
Mesin	Mesin Tidak Terawat	Kurangnya pemeliharaan secara rutin	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Membuat penjadwalan rutin untuk pemeliharaan mesin secara berkala
	Ketidaksesuaian Spesifikasi	Penggunaan mesin secara berlebihan	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Memastikan pengaturan mesin secara optimal sesuai dengan kebutuhan produksi
Metode	SpGr elektrolit dibawah/diatas standar	Proses adjustment tidak sempurna	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Melakukan pengecekan SpGr sebelum ditambahkan Na2SO4 setiap mixing
	Volume/berat elektrolit dibawah/diatas standar	Setting acid pump tidak sesuai	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Melakukan pengecekan volume/berat di awal proses
Material	Kualitas bahan yang kurang baik	Pemilihan bahan yang tidak tepat	Pada proses pemilihan bahan baku	Operator produksi	Area penyimpanan bahan baku	Melakukan evaluasi terhadap kualitas bahan secara menyeluruh untuk memastikan cocok dengan kebutuhan dan standar produksi

Tabel 6. Usulan Perbaikan Terbakar dengan Metode 5W+1H

Faktor	What	Why	When	Who	Where	How
Manusia	Terjadi kesalahan dalam menggunakan mesin	Karyawan kurang pelatihan dalam pengaturan mesin	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Membuat program pelatihan karyawan dalam pengaturan mesin
Mesin	Terjadinya kerusakan pada mesin	Pemakaian atau penggunaan mesin secara berlebihan	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Implementasikan sistem pemantauan kondisi mesin untuk secara aktif mengukur dan melacak kesehatan mesin
	Set up mesin tidak sesuai standar	Ketidaksesuaian dalam pengaturan perangkat lunak	Pada proses produksi	Operator maintenance	Area produksi	Melakukan uji pengetahuan reguler untuk memastikan bahwa pengguna memiliki pemahaman yang memadai tentang pengaturan perangkat lunak
Metode	Overcharge	Kuat arus dari rectifier lebih tinggi dari standar	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Memeriksa pengukuran kuat arus
	Connecting terpasang tidak sesuai standar	Jepitan kabel ke terminal lepas atau terbalik	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Memasang connecting sensor & check tegangan 100%
Material	Penggunaan bahan yang cacat atau tidak sesuai spesifikasi	Kesalahan dalam pemeriksaan kualitas atau pengawasan dalam pemilihan bahan	Pada proses pemilihan bahan baku	Operator produksi	Area penyimpanan bahan baku	Memastikan bahwa prosedur dan pedoman pemeriksaan kualitas dan pengawasan bahan diperbarui secara berkala
	Kurangnya kontrol kualitas terhadap bahan baku	Tidak ada pengawasan dalam melakukan pemilihan bahan	Pada proses pemilihan bahan baku	Operator produksi	Area penyimpanan bahan baku	Melakukan dan meningkatkan pengawasan dalam pemilihan bahan secara rutin
Lingkungan	Lingkungan panas	Suhu ruangan terlalu panas	Pada proses produksi	Operator produksi	Area produksi	Melakukan pengecekan suhu ruangan agar selalu stabil

Berdasarkan analisis 5W+1H, maka beberapa usulan pengendalian kualitas yang dapat dilakukan perusahaan untuk mengurangi kecacatan produk AMB (*Automotive Battery Premium*), yaitu sebagai berikut:

- Melakukan evaluasi menyeluruh terhadap beban kerja yang diberikan kepada karyawan.
- Membuat jadwal pemeriksaan berkala yang jelas dan ketat untuk semua mesin dan peralatan.
- Melakukan dan meningkatkan pengawasan secara rutin.
- Membuat kebijakan disiplin yang jelas dan dipahami oleh semua karyawan.
- Memastikan pengecekan bahan baku dilakukan sebelum dan setelah proses pemisahan bahan baku.
- Merancang program pelatihan yang sesuai dengan kebutuhan karyawan dan tugas pekerjaan mereka.
- Diperlukan peningkatan pencahayaan dengan menambahkan lampu yang lebih terang agar pekerja tidak terhambat dalam melakukan kegiatan mereka.

3.5. Control

Pada tahap ini menggunakan simulasi Monte Carlo untuk menghasilkan perkiraan mengenai keberhasilan usulan perbaikan yang diajukan [15]. Pada penelitian ini, disimulasikan 3 skenario perbaikan. Skenario 1, diasumsikan bahwa upaya perbaikan yang telah diterapkan pada tahap sebelumnya memiliki tingkat keberhasilan sebesar 50%. Dalam skenario pertama, jumlah kerusakan (tergores) diantisipasi akan mengalami penurunan sebanyak 50% dari tingkat performa saat ini. Sementara itu, untuk jenis kegagalan lainnya, tidak terjadi perubahan. Hal ini disebabkan karena pada diagram pareto yang menunjukkan bahwa jenis kegagalan tergores memiliki persentase kegagalan paling tinggi. Skenario 2, diasumsikan bahwa tindakan perbaikan yang telah diimplementasikan pada tahap sebelumnya memiliki tingkat keberhasilan sebesar 75%. Pada skenario 2, diperkirakan jumlah tergores akan mengalami penurunan sebanyak 50%, sementara jumlah kegagalan lainnya akan mengalami penurunan sebesar 25% dari performa saat ini. Asumsi ini didasarkan pada diagram pareto dengan prinsip 80/20, yang menunjukkan bahwa jenis kegagalan tergores memiliki dominasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kegagalan lainnya. Skenario 3, diasumsikan bahwa tindakan perbaikan yang telah diimplementasikan pada tahap sebelumnya memiliki tingkat keberhasilan sebesar 100%. Pada skenario 3, diperkirakan jumlah tergores akan mengalami penurunan sebanyak 75%, sementara jumlah kegagalan lainnya akan mengalami penurunan sebesar 25% dari performa saat ini. Berikut ini merupakan perbandingan hasil simulasi *existing* dengan skenario 1, 2 dan 3 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Hasil Simulasi *Existing* dengan Skenario 1, 2 dan 3

Simulasi	Jumlah Defect/bulan	Rata-Rata Defect/bulan	Pengurangan defect	%Perbaikan
Hasil Existing	215266	2152,66		
Hasil Skenario 1	107998	1079,98	107268	50%
Hasil Skenario 2	54364	543,64	160902	75%
Hasil Skenario 3	18169	181,69	197097	92%

Hasil perbandingan skenario menunjukkan bahwa setiap asumsi keberhasilan memberikan dampak positif terhadap kinerja perusahaan [16]. Skenario 3 menonjol sebagai yang terbaik, dengan mengurangi tergores sebesar 75% dan kegagalan lainnya sebesar 25%, memberikan perbaikan hingga 92%. Hasil ini menunjukkan bahwa implementasi solusi memiliki potensi besar untuk mengurangi biaya produksi, meningkatkan produktivitas, mengurangi kesalahan produksi, dan meningkatkan laba perusahaan [17].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data cacat produk AMB *Premium* selama satu tahun, terdapat kecacatan seperti tergores, kebocoran, terbakar, dan *crack*. Faktor manusia (ketidakkonsentrasi dan kelelahan) dan faktor mesin (kerusakan dan kesalahan *set up* mesin) berkontribusi pada tergores. Kebocoran disebabkan oleh karyawan kurang berpengetahuan, pemeliharaan mesin yang buruk, dan elektrolit di luar standar. Terbakar terkait dengan kesalahan penggunaan mesin, *set up* yang tidak sesuai, dan *overcharge*, sementara *crack* terjadi akibat kurangnya kontrol kualitas bahan baku. Faktor lingkungan termasuk kurangnya pencahayaan dan kondisi kerja yang panas. Perbaikan diperlukan dalam kontrol kualitas dan penanganan faktor-faktor ini untuk meningkatkan hasil produksi. Berdasarkan hasil perhitungan DPMO dan Tingkat *Sigma*, rata-rata nilai DPMO adalah 13,882,648, dengan tingkat *Sigma* 3,704, sesuai rata-rata industri Indonesia. Usulan perbaikan melibatkan melakukan evaluasi menyeluruh terhadap beban kerja yang diberikan kepada karyawan, membuat jadwal pemeriksaan berkala yang jelas dan ketat untuk semua mesin dan peralatan, melakukan dan meningkatkan pengawasan secara rutin, membuat kebijakan disiplin yang jelas dan dipahami oleh semua karyawan dan merancang program pelatihan yang sesuai dengan kebutuhan karyawan dan tugas pekerjaan mereka. Penelitian selanjutnya dapat melakukan analisis yang lebih mendalam terkait CTQ selain jenis cacat seperti tergores, kebocoran, terbakar dan *crack*, serta faktor-faktor yang menjadi penyebabnya. Evaluasi sebelum dan setelah penerapan Six Sigma di perusahaan juga perlu dilakukan untuk memahami dampaknya secara menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Pamungkas and Ari Zaqi Al Faritsy, "Pengendalian Kualitas Talenan Kayu dengan Metode Six Sigma di PT Habe," *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, vol. 2, no. 12, pp. 4623–4634, 2023, doi: [10.53625/jcjournalcakrawalailmiah.v2i12.6283](https://doi.org/10.53625/jcjournalcakrawalailmiah.v2i12.6283).
- [2] F. Maulana Zaki, E. Ismiyah, and A. Wasiur Rizqi, "Analisis Kualitas Produksi Leaf Spring Type Volvo dengan Metode Six Sigma pada PT. XYZ," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 8, no. 4, pp. 6938–6948, 2023, doi: [10.32672/jse.v8i4.5948](https://doi.org/10.32672/jse.v8i4.5948).

- [3] Ari Zaqi Al-Faritsy and Chelsi Apriliani, "Analisis Pengendalian Kualitas Untuk Mengurangi Cacat Produk Tas dengan Metode Six Sigma dan Kaizen," *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, vol. 1, no. 11, pp. 2723–2732, 2022, doi: [10.53625/jcijurnalcakrawailmiah.v1i11.2855](https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawailmiah.v1i11.2855).
- [4] I. Daniyan, A. Adeodu, K. Mpofu, R. Maladzhi, and M. G. Kana-Kana Katumba, "Application of lean Six Sigma methodology using DMAIC Approach for The Improvement of Bogie Assembly Process in The Railcar Industry," *Heliyon*, vol. 8, no. 3, p. e09043, 2022, doi: [10.1016/j.heliyon.2022.e09043](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09043).
- [5] I. U. Rohman, H. Sumarsono, M. Si, and D. Warni, "Upaya Pengendalian Kualitas dengan Metode Six Sigma-DMAIC pada UD.D'rent Bakery Ponorogo," *Seminar Nasional Potensi dan Kemandirian Daerah: Optimalisasi Potensi Sumber Daya Ekonomi Menuju Kesejahteraan Daerah*, pp. 1–10, 2022.
- [6] G. C. P. Condé, P. C. Oprime, M. L. Pimenta, J. E. Sordan, and C. R. Bueno, "Defect Reduction Using DMAIC and Lean Six Sigma: A Case Study in a Manufacturing Car Parts Supplier," *International Journal of Quality and Reliability Management*, vol. 40, no. 9, pp. 2184–2204, 2023, doi: [10.1108/IJQRM-05-2022-0157](https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2022-0157).
- [7] A. Darmawan, S. Bahri, and A. T. B. Putra, "Six Sigma Implementation in Quality Evaluation of Raw Material: A Case Study," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 875, no. 1, 2020, doi: [10.1088/1757-899X/875/1/012065](https://doi.org/10.1088/1757-899X/875/1/012065).
- [8] A. Bahaiddin and V. Arya, "Pengendalian Kualitas Produk Tepung Kemasan 20 Kg Menggunakan Metode Six Sigma (Studi Kasus pada PT. XYZ)," *Journal Industrial Servicess*, vol. 6, no. 1, p. 66, 2020, doi: [10.36055/jiss.v6i1.9480](https://doi.org/10.36055/jiss.v6i1.9480).
- [9] R. Oktaviani, H. Rachman, M. R. Zulfikar, and M. Fauzi, "Pengendalian Kualitas Produk Sachet Minuman Serbuk Menggunakan Metode Six Sigma DMAIC," *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, vol. 2, no. 1, pp. 122–130, 2022, doi: [10.46306/tgc.v2i1.31](https://doi.org/10.46306/tgc.v2i1.31).
- [10] B. E. I. Prabaswara, I. G. E., Juliana, M., & Sitanggang, "Analisis Pengendalian Kualitas Paving Menggunakan Metode Six Sigma pada CV MTU," *Jurnal Riset Dan Aplikasi Teknik Industri*, vol. 1, pp. 16–21, 2023.
- [11] D. E. H. Girsang and A. Arvianto, "Pengendalian Kualitas Produk Crude Palm Oil (CPO) dengan Metode Six Sigma Melalui Pendekatan DMAIC (Studi Kasus PTPN II PKS Sawit Seberang)," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, pp. 1–9, 2022.
- [12] I. Saidatuningtyas and M. A. Rizal, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Konstruksi Baja untuk Jembatan Menggunakan Metode Six Sigma DMAIC di Pabrik Fabrikasi Baja," *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, vol. 21, no. 2, pp. 75–84, 2023, doi: [10.52330/jtm.v21i2.110](https://doi.org/10.52330/jtm.v21i2.110).
- [13] T. Widyawati and Sumartik, "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.
- [14] I. Mashabai, "Penerapan Pengendalian Kualitas Produk Jendela Aluminium dengan Metode Six Sigma di PT YKK AP Indonesia," *Jurnal Industri Dan Teknologi Samawa*, vol. 4, no. 2, pp. 61–70, 2023.
- [15] C. R. Agrina, "Penerapan Metode Six Sigma pada Pabrik Teh Ciater PTPN VIII Bandung," *Bussman Journal: Indonesian Journal of Business and Management*, vol. 3, no. 2, pp. 882–904, 2023.
- [16] F. Y. Panjaitan, W. Winarno, and F. N. Azizah, "Usulan Peningkatan Kualitas Imprabox Menggunakan Pendekatan Lean Six Sigma dengan Simulasi Monte Carlo (Studi Kasus: Perusahaan Packaging)," *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem dan Industri*, vol. 3, no. 02, pp. 136–150, 2022, doi: [10.35261/gijtsi.v3i02.7565](https://doi.org/10.35261/gijtsi.v3i02.7565).
- [17] A. E. Syaputra, "Akumulasi Metode Monte Carlo dalam Memperkirakan Tingkat Penjualan Keripik Sanjai," *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, vol. 5, no. 1 SE-Articles, Mar. 2023, doi: [10.37034/infec.v5i1.222](https://doi.org/10.37034/infec.v5i1.222).