

Atestasi: Jurnal Ilmiah Akuntansi

<https://jurnal.feb-umi.id/index.php/ATESTASI>

This Work is Licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Analisis Cacat Kemasan pada Proses Distribusi Beras Menggunakan Metode DMAIC: Studi Kasus pada PT. XYZ



Septian Ade Isnanto ^(1*) Yayat ⁽²⁾ Wiku Larutama ⁽³⁾

⁽¹⁾ Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

^(2,3) Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

Corresponding author. Septian Ade Isnanto
septianade.isnanto@upi.edu

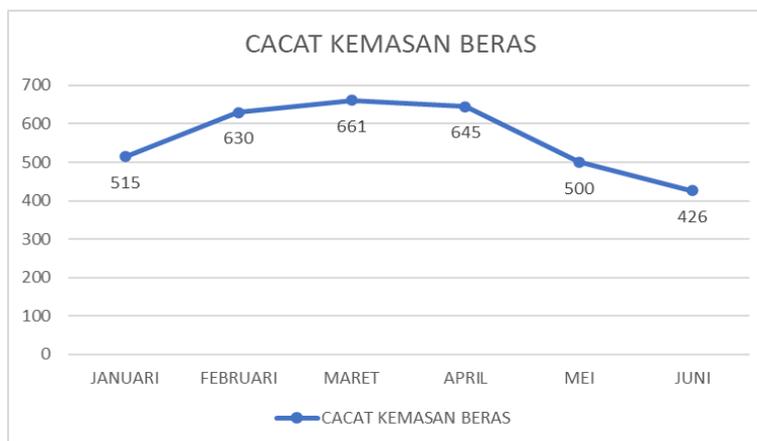
	Abstrak
<p>Kata Kunci: dmaic; six sigma; cacat kemasan; logistik distribusi; fmea; simulasi monte carlo</p> <p>Pernyataan Penulis: Penulis menyatakan bahwa penelitian ini dilakukan tanpa adanya hubungan komersial atau keuangan yang dapat dianggap sebagai potensi konflik kepentingan</p> <p>Copyright © 2025 Atestasi. All rights reserved.</p>	<p>Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab dominan dari cacat kemasan beras selama proses distribusi, serta merancang dan memvalidasi usulan perbaikan yang efektif menggunakan kerangka kerja Six Sigma DMAIC.</p> <p>Desain Penelitian dan Metodologi: Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain studi kasus pada proses distribusi beras PT. XYZ (Januari-Juni 2024). Analisis data dilakukan melalui siklus DMAIC, memanfaatkan alat seperti Diagram Pareto, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), dan Simulasi Monte Carlo untuk validasi solusi.</p> <p>Hasil dan Pembahasan: Kinerja proses awal berada pada level 4.0 Sigma (DPMO 6.125) dengan kondisi tidak stabil. Cacat dominan adalah "Jahitan Penutup Lepas" (94,85%). Analisis FMEA mengungkap tiga akar penyebab kritis dengan RPN tertinggi (560): ketiadaan Standar Operasional Prosedur (SOP), pelatihan formal, dan alat bantu penanganan material.</p> <p>Implikasi: Implementasi usulan perbaikan terpilih (pembuatan SOP, demonstrasi oleh pengawas, dan pengadaan alat bantu) diproyeksikan mampu meningkatkan kapabilitas proses hingga level 4.5 Sigma (DPMO 1.224). Hasil ini memberikan kerangka kerja praktis bagi perusahaan logistik untuk mengurangi kerugian dan menegaskan relevansi DMAIC untuk mengatasi masalah kualitas yang bersumber dari faktor manusia dan metode dalam lingkungan operasional yang dinamis.</p>

Pendahuluan

Beras merupakan komoditas pangan strategis yang menopang ketahanan pangan nasional di Indonesia, di mana efisiensi dan keandalan rantai pasoknya menjadi fondasi utama dalam menjamin stabilitas pasokan bagi lebih dari 90% penduduk (Pujiati S. dkk., 2020; Dewi E., 2019). Dalam ekosistem ini, PT. XYZ, sebagai mitra logistik Badan Urusan Logistik (BULOG), memegang peran vital dalam mendistribusikan beras program bantuan pangan kepada sekitar 22 juta Keluarga Penerima Manfaat (KPM) di seluruh negeri (Wisubroto K, 2024). Namun, proses distribusi yang melibatkan penanganan material (material handling) secara intensif seperti pemuatan, transportasi, dan pembongkaran yang menghadirkan tantangan signifikan terhadap integritas fisik kemasan. Kegagalan dalam menjaga kualitas kemasan tidak hanya menimbulkan inefisiensi operasional bagi perusahaan, tetapi juga berisiko menurunkan kualitas dan kuantitas beras yang diterima oleh KPM.

Kondisi di lapangan memperjelas tantangan ini. Berdasarkan observasi awal, proses penanganan material di sepanjang alur distribusi—khususnya pada tahap pemuatan dan pembongkaran sepenuhnya bergantung pada tenaga kerja manual. Ditemukan adanya praktik-praktik seperti mengangkat, melempar, dan bahkan menjatuhkan karung dari ketinggian. Praktik-praktik ini tidak hanya meningkatkan risiko kerusakan fisik pada kemasan, tetapi juga mengindikasikan ketiadaan prosedur operasi standar (SOP) yang terformalisasi dan ditaati secara konsisten.

Masalah ini terwujud dalam bentuk insiden cacat kemasan yang konsisten. Berdasarkan data historis perusahaan selama periode Januari hingga Juni 2024, ditemukan total 3.377 unit kemasan cacat dari 551.343 unit yang didistribusikan. Fluktuasi tingkat kecacatan bulanan divisualisasikan pada Gambar 1, mengindikasikan adanya variasi proses yang tidak terkendali.



Gambar 1. Grafik Tren Cacat Kemasan Bulanan (Jan-Jun 2024)

Kerusakan ini secara langsung berdampak pada kerugian finansial yang signifikan. Tabel 1 merinci estimasi kerugian yang timbul selama periode enam bulan, yang mencakup biaya material reparasi, kehilangan produk, dan biaya tenaga kerja tambahan.

Table 1. Estimasi Kerugian Akibat Cacat Kemasan (Jan-Jun 2024)

Komponen Biaya	Asumsi Perhitungan	Estimasi Kerugian
Biaya Material	3377 karung x Rp.1000/karung	Rp 3.377.000
Biaya Produk yang Hilang	3377 karung x 0.2kg/beras yg rusak x Rp.12.000/kg	Rp 8.104.800
Biaya Tenaga kerja (reparasi)	Rp.1.000.000/bulan	Rp 6.000.000
Total Estimasi Kerugian		Rp.17.481.800

Sumber: Hasil pengolahan data Penulis

Berdasarkan data tersebut, total kerugian diperkirakan mencapai Rp 17,4 juta. Kombinasi antara variabilitas proses yang tinggi dan dampak finansial yang nyata ini menjadi justifikasi utama mengapa diperlukan sebuah investigasi sistematis untuk merumuskan solusi perbaikan yang efektif dan terukur. Untuk mengatasi masalah yang berakar pada variasi proses dan eliminasi cacat, pendekatan Six Sigma dengan metodologi DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) dipilih karena kerangka kerjanya yang terstruktur dan berbasis data (M. Bhargava, S. Gaur., 2021). Efektivitas DMAIC telah terbukti dalam berbagai konteks industri, termasuk dalam mengurangi cacat pada lini produksi makanan (H. H. Azwir, 2022), meningkatkan kualitas produk beras (Hamdani, 2024), dan mengoptimalkan proses pengemasan (Ismail & Marwan, 2024; Wijaya, 2024).

Praktik penanganan material tidak terstandar yang menjadi sumber masalah di lapangan ini justru merupakan area yang minim dieksplorasi dalam literatur manajemen kualitas, yang lebih sering berfokus pada proses produksi yang terkendali. Studi yang secara spesifik menerapkan DMAIC untuk menganalisis variabel kualitatif seperti metode kerja manual di titik distribusi akhir masih sangat terbatas, sehingga menciptakan kesenjangan penelitian yang jelas. Oleh karena itu, Penelitian ini

bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan menerapkan metodologi DMAIC secara sistematis untuk mengidentifikasi akar penyebab, merancang, dan memvalidasi solusi untuk masalah cacat kemasan pada proses distribusi beras di PT. XYZ. Kebaharuan penelitian ini terletak pada aplikasi kerangka kerja DMAIC untuk menganalisis dan memberikan solusi terukur pada masalah kualitas dalam lingkungan logistik distribusi yang dinamis. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi industri logistik serta kontribusi akademis dalam bidang manajemen kualitas rantai pasok.

Ulasan Literatur

Kualitas dalam Proses Logistik Distribusi

Logistik merupakan proses integral dalam manajemen rantai pasok yang berfokus pada perencanaan dan pengendalian aliran barang dari titik asal ke titik konsumsi secara efektif dan efisien (Ennagad, 2023; Yunani & Widijawan, 2020). Dalam kerangka ini, distribusi fisik memegang peranan sebagai aktivitas kritis yang memastikan produk sampai ke tangan konsumen dengan jumlah, mutu, dan waktu yang tepat (Dirgantara & Widiyanti, 2021). Kualitas dalam konteks logistik tidak hanya terbatas pada atribut intrinsik produk, tetapi juga mencakup kualitas proses pengiriman itu sendiri. Menurut Garvin, salah satu dimensi kualitas adalah daya tahan (*durability*), yang dalam penelitian ini diterjemahkan sebagai kemampuan kemasan untuk menahan tekanan fisik selama proses distribusi (Ardiansyah, 2024). Setiap produk yang tidak memenuhi spesifikasi kualitas, seperti kemasan yang rusak, dapat diklasifikasikan sebagai produk cacat atau ketidaksesuaian. Dalam manajemen kualitas, dampak finansial dari ketidaksesuaian ini diukur menggunakan kerangka Biaya Kualitas Buruk (*Cost of Poor Quality - COPQ*) (Srivastava et al., 2021). Biaya ini secara umum terbagi menjadi biaya kegagalan internal, yang terjadi sebelum produk sampai ke pelanggan (misalnya biaya material reparasi dan kehilangan produk), serta biaya kegagalan eksternal, yang timbul setelah produk diterima (misalnya penanganan keluhan dan potensi hilangnya kepercayaan pelanggan) (Bahri et al., 2020). Oleh karena itu, pengendalian kualitas proses menjadi aktivitas krusial untuk menekan biaya-biaya tersebut dan meningkatkan efisiensi.

Penanganan Material dan Integritas Kemasan

Titik kritis di mana kualitas proses sering kali terancam adalah selama aktivitas penanganan material (*material handling*). Aktivitas ini mencakup keseluruhan proses pergerakan, perlindungan, dan penyimpanan material di sepanjang siklus distribusi (Chukwu et al., 2024; Omoush, 2022). Hubungan antara metode penanganan material dan integritas kemasan bersifat langsung dan kausal. Fungsi fundamental kemasan adalah memberikan perlindungan (*protection*) terhadap isi produk dari benturan, gesekan, dan kontaminasi eksternal (Singh et al., 2023; Wongphan et al., 2024). Ketika metode penanganan material secara manual maupun mekanis memberikan tekanan fisik yang melampaui daya tahan kemasan, maka terjadilah cacat seperti sobek atau jahitan lepas, sebagaimana diidentifikasi oleh Aldo et al. (2022) dalam studi kasus serupa. Dengan demikian, cacat kemasan bukanlah cerminan dari material yang buruk semata, melainkan bukti kegagalan fungsi proteksi akibat proses penanganan yang tidak terstandar.

Kerangka Kerja Six Sigma untuk Perbaikan Proses

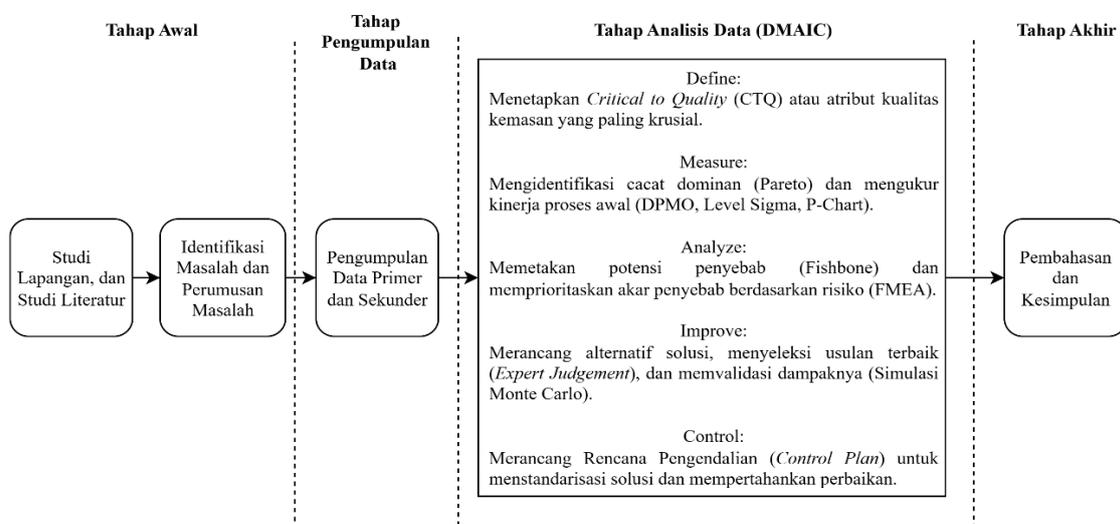
Untuk mengatasi masalah kualitas yang kompleks dan bersumber dari variasi proses, Six Sigma menawarkan sebuah metodologi yang komprehensif. Six Sigma dapat dipandang dari dua perspektif: sebagai filosofi manajemen yang mendorong budaya perbaikan berkelanjutan, dan sebagai metrik statistik yang menargetkan tingkat kinerja proses mendekati kesempurnaan, yaitu 3,4 cacat per satu juta kesempatan (*Defects Per Million Opportunities - DPMO*) (Pyzdek & Keller, 2010; Singh et al., 2017). Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada pendeteksian cacat di akhir proses, tetapi secara proaktif mencari dan mengeliminasi akar penyebab variasi yang menghasilkan cacat tersebut. Inti dari implementasi Six Sigma adalah penggunaan kerangka kerja DMAIC (*Define, Measure, Analyze,*

Improve, Control). DMAIC menyediakan sebuah peta jalan yang terstruktur dan berbasis data untuk menyelesaikan masalah secara sistematis (Bhargava & Gaur, 2021). Berbeda dengan siklus perbaikan lain seperti PDCA (Plan-Do-Check-Act) yang lebih bersifat umum, kekuatan utama DMAIC terletak pada fase Measure dan Analyze yang menuntut validasi masalah dan identifikasi akar penyebab secara kuantitatif dan statistik (Dewi, S., Widodo, R., & Lukman, M., 2022). Untuk mendukung fase-fase tersebut, implementasi DMAIC yang efektif didukung oleh penggunaan berbagai alat analisis kualitas. Diagram Pareto, yang didasarkan pada Prinsip 80/20, digunakan untuk mengidentifikasi kategori masalah dengan frekuensi kejadian tertinggi, sehingga memungkinkan pemfokusan upaya perbaikan pada masalah yang paling signifikan (Saidatuningtyas & Rizal, 2023). Untuk mengurai masalah vital tersebut, Diagram Sebab-Akibat menyediakan kerangka kerja visual untuk memetakan dan mengkategorikan semua potensi akar penyebab secara sistematis (Sakdiyah et al., 2022). Selanjutnya, untuk memprioritaskan akar penyebab berdasarkan tingkat risikonya, metodologi Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) dapat diterapkan, yang secara kuantitatif menilai setiap mode kegagalan untuk menentukan prioritas tindakan perbaikan (Novianti & Rochmoeljati, 2023).

Desain Penelitian dan Metodologi

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan desain studi kasus. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada pengumpulan dan analisis data numerik untuk mengukur kinerja proses, mengidentifikasi penyebab masalah secara statistik, dan memvalidasi efektivitas solusi perbaikan secara objektif (Creswell, 2013). Desain studi kasus digunakan karena memungkinkan dilakukannya investigasi yang mendalam dan kontekstual pada fenomena spesifik, yaitu proses distribusi di PT. XYZ, untuk memberikan deskripsi dan penjelasan yang kaya (Rustendi T., 2022). Kombinasi desain ini dinilai sesuai untuk menjawab rumusan masalah dengan menyediakan analisis data dalam konteks operasional yang nyata. Objek penelitian adalah proses penanganan material pada aktivitas distribusi beras, dengan fokus pada dua titik kritis: proses pemuatan (loading) di gudang Perum BULOG dan proses pembongkaran (unloading) di lokasi tujuan akhir. Unit analisis adalah integritas kemasan karung beras, dan data yang digunakan mencakup periode enam bulan dari Januari hingga Juni 2024.

Alur penelitian secara sistematis, yang mencakup tahapan pengumpulan data hingga analisis, diuraikan secara rinci pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Prosedur Analisis

Berdasarkan Gambar 2, prosedur penelitian dimulai dengan pengumpulan data yang menggabungkan sumber primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi untuk mengetahui aktivitas penanganan material bongkarmuat dan wawancara semi-terstruktur dengan menggunakan instrumen panduan wawancara. Narasumber wawancara dipilih menggunakan teknik

purposive sampling berdasarkan relevansi jabatan dan penguasaan informasi, yang mencakup empat pemangku kepentingan dari level manajerial dan pengawasan di PT. XYZ dan BULOG untuk mendapatkan perspektif yang komprehensif. Data sekunder berupa catatan historis volume distribusi dan jumlah cacat kemasan bersumber dari dokumen internal perusahaan. Untuk meningkatkan kredibilitas temuan, penelitian ini menerapkan prinsip triangulasi sumber data, yaitu dengan membandingkan dan memverifikasi informasi yang diperoleh dari berbagai narasumber dan dokumen untuk memastikan konsistensi (Sugiyono, 2018). Seluruh data yang terkumpul kemudian dianalisis menggunakan kerangka kerja DMAIC, di mana setiap tahapannya memanfaatkan alat analisis spesifik untuk mencapai tujuan penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Bagian ini menyajikan hasil dari proses analisis data secara objektif dan berurutan sesuai dengan kerangka kerja DMAIC.

Tahap Define: Identifikasi Masalah dan Kualitas Kritis

Berdasarkan analisis data kualitatif dari wawancara dengan para pemangku kepentingan, masalah utama yang didefinisikan adalah tingginya insiden cacat kemasan. Seluruh narasumber secara konsisten menyebutkan dua mode kegagalan (failure mode) utama yang sering terjadi, yaitu "Jahitan Penutup Lepas" dan "Sobek Kemasan". Berdasarkan temuan awal ini, ditetapkan dua atribut Kualitas Kritis (Critical to Quality - CTQ) yang menjadi fokus penelitian, seperti yang dirinci pada Tabel 2.

Table 2. Atribut Kualitas Kritis (CTQ) Kemasan Beras

No	Critical to Quality (CTQ)	Keterangan
1	Kemasan Bebas dari Cacat Jahitan Lepas	Jahitan pada bagian atas dan bawah karung harus utuh dan kuat untuk menjaga integritas kemasan. Permukaan karung tidak boleh memiliki robekan atau lubang yang dapat menyebabkan produk terbuang.
2	Kemasan Bebas dari Cacat Sobek	

Sumber: Hasil pengolahan data Penulis

Penetapan CTQ pada tabel 2 menjadi landasan untuk pengukuran kinerja proses dan identifikasi cacat dominan pada tahap selanjutnya.

Tahap Measure: Identifikasi Defek Dominan dan Pengukuran Kinerja Proses

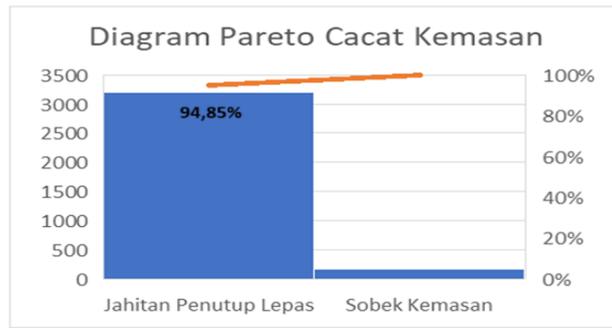
Tahap pengukuran dimulai dengan mengidentifikasi jenis cacat yang paling signifikan untuk memfokuskan analisis. Berdasarkan data historis, cacat diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama, dengan rincian frekuensinya disajikan pada Tabel 3.

Table 3. Data Rincian Cacat Kemasan (Januari - Juni 2024)

Bulan	Total Barang	Jahitan Penutup Lepas	Sobek Kemasan	Total Cacat	Proporsi Cacat (p)
Januari	91947	489	26	515	0,00560
Februari	91947	598	32	630	0,00685
Maret	91947	627	34	661	0,00718
April	91947	612	33	645	0,00701
Mei	91947	474	26	500	0,00543
Juni	91947	403	23	426	0,00463
Total	551.343	3.203	174	3.377	0,00612

Sumber: Hasil pengolahan data Penulis

Untuk memvisualisasikan kontribusi dari setiap jenis cacat, data total dari tabel tersebut diolah menjadi Diagram Pareto yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Pareto Cacat Kemasan

Berdasarkan diagram Gambar 3, diketahui bahwa "Jahitan Penutup Lepas" merupakan jenis cacat yang sangat dominan, berkontribusi sebesar 94,85% dari total insiden. Temuan ini menetapkan bahwa analisis selanjutnya akan terfokus pada mode kegagalan spesifik ini. Setelah masalah utama terukur, kinerja proses secara keseluruhan berdasarkan nilai DPMO yang dihitung dengan mengalikan probabilitas kejadian (Total cacat/Total barang) dengan 1 juta kesempatan dan Level Sigma di konversi menggunakan formula NORMSINV pada perangkat lunak microsoft excel sebagai berikut.

$$DPMO = \left(\frac{3.377}{551.343} \right) \times 1.000.000 = 6.125 \quad (1)$$

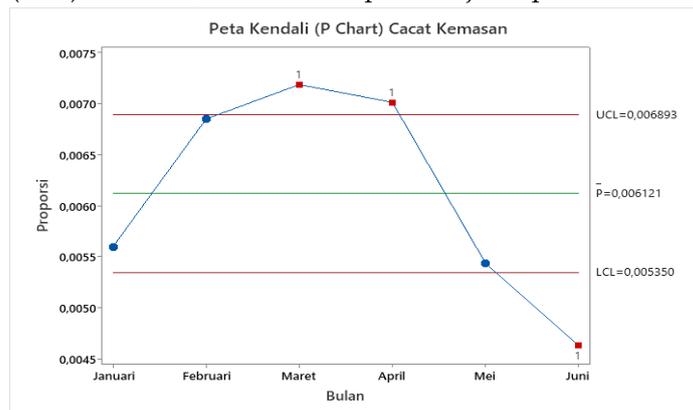
$$Level\ Sigma = NORMSINV \left(1 - \frac{6.125}{1.000.000} \right) + 1.5 = 4.0 \quad (2)$$

Hasil perhitungan kapabilitas proses saat ini berada pada level 4.0 Sigma dengan nilai Defects Per Million Opportunities (DPMO) sebesar 6.125. Selanjutnya, untuk menganalisis stabilitas proses, data proporsi cacat bulanan diplot ke dalam Peta Kendali p (P-Chart). Batas-batas kendali untuk P-Chart ini dihitung berdasarkan total data dari Tabel 2, di mana Garis Tengah (CL) ditetapkan berdasarkan nilai rata-rata proporsi cacat (\bar{p}), yaitu sebesar 0,006121. Dengan ukuran subgrup (n) konstan sebesar 91947, nilai UCL dan LCL dihitung berdasarkan rumus P-Chart berikut.

$$UCL = 0.00612 + 3 \sqrt{\frac{0.00612(1 - 0.00612)}{91.947}} = 0,006893 \quad (3)$$

$$LCL = 0.0061 - 3 \sqrt{\frac{0.00612(1 - 0.00612)}{91.947}} = 0,005350 \quad (4)$$

Sehingga berdasarkan perhitungan diperoleh Batas Kendali Atas (UCL) sebesar 0,006893 dan Batas Kendali Bawah (LCL) sebesar 0,005350. Hasil plot disajikan pada Gambar 4.

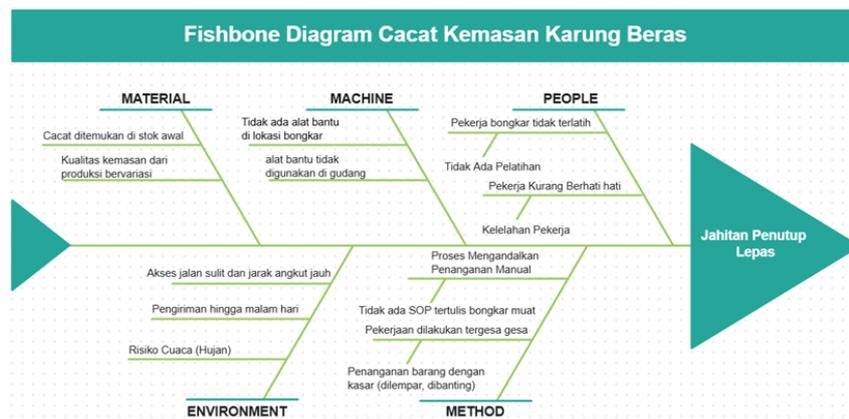


Gambar 4. Peta Kendali (P-Chart) Proporsi Cacat Kemasan

Analisis P-Chart pada Gambar 4 memvisualisasikan variasi proporsi cacat dari waktu ke waktu terhadap batas kendali statistik yang dihitung. Diketahui tiga dari enam titik data berada di luar batas kendali yaitu data untuk bulan Maret dan April melampaui Batas Kendali Atas (UCL), yang menunjukkan adanya variasi penyebab khusus (special cause variation) yaitu variasi yang timbul dari faktor-faktor tak terduga yang mengakibatkan peningkatan proporsi cacat secara signifikan pada periode tersebut. Sebaliknya, data untuk bulan Juni berada di bawah Batas Kendali Bawah (LCL). Meskipun penurunan ini tampak positif, keberadaannya di luar batas kendali tetap mengindikasikan adanya penyebab khusus yang membuat proses tidak stabil dan tidak dapat diprediksi.

Tahap Analyze: Identifikasi Akar Penyebab

Dengan fokus pada cacat "Jahitan Penutup Lepas", semua potensi akar penyebab diidentifikasi dan dipetakan menggunakan Diagram Sebab-Akibat (Fishbone Diagram), seperti yang disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Sebab-Akibat untuk Cacat Jahitan Penutup Lepas

Diagram tersebut mengkategorikan potensi penyebab ke dalam lima faktor (Manusia, Metode, Mesin, Material, Lingkungan) dan menjadi dasar untuk analisis risiko. Selanjutnya, untuk mengkuantifikasi dan memprioritaskan setiap potensi akar penyebab yang telah dipetakan, dilakukan analisis risiko menggunakan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Tabel 4 menyajikan ringkasan hasil FMEA yang menyoroti tiga akar penyebab dengan nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi.

Table 4. Ringkasan Hasil FMEA untuk Cacat Jahitan Penutup Lepas

Akar Penyebab	Potensi Penyebab Kegagalan	S	O	D	RPN
Jahitan Penutup Lepas	Alat bantu tidak digunakan di gudang	7	8	6	336
	Cacat ditemukan di stok awal	7	5	4	140
	Kualitas kemasan dari produksi bervariasi	7	5	8	280
	Tidak ada pelatihan	7	10	8	560
	Kelelahan Pekerja	7	8	8	448
	Tidak ada SOP tertulis bongkar barang	7	10	8	560
	Pekerjaan dilakukan tergesa gesa	7	8	7	392
	Tidak ada alat bantu di lokasi bongkar	7	10	8	560
	Akses jalan sulit dan jarak angkut jauh	7	6	8	336
	Pengiriman hingga malam hari	7	7	7	343
	Risiko cuaca (hujan)	7	4	5	140

Sumber: Hasil pengolahan data Penulis

Berdasarkan Tabel 4, diketahui tiga akar penyebab kritis dengan nilai RPN tertinggi sebesar 560, yaitu ketiadaan pelatihan, ketiadaan SOP, dan ketiadaan alat bantu.

Tahap Improve: Perancangan dan Validasi Solusi

Berdasarkan tiga akar penyebab kritis yang teridentifikasi, beberapa alternatif usulan perbaikan dirumuskan dan divalidasi melalui expert judgement. Proses ini melibatkan penilaian

efektivitas dari tiga orang ahli dengan skala 1-10, lalu nilai skor tersebut dikonversi secara persentase efektivitasnya. Tabel 5 merangkum alternatif-alternatif tersebut beserta hasil penilaian dan keputusan seleksinya.

Table 5. Penilaian Usulan Perbaikan oleh Ahli

Akar Masalah	Alternatif Usulan Perbaikan	Penilaian Efektivitas Perbaikan	Persentase Efektivitas (%)	Keputusan
Tidak ada pelatihan (A)	Mengembangkan Modul Pelatihan Visual	6	60%	Ditolak
	Demonstrasi oleh Pengawas	7	70%	Terpilih
Tidak ada SOP (B)	Implementasi Checklist Pra-Bongkar	4.6	46%	Ditolak
	Pembuatan SOP Bongkar Barang	8	80%	Terpilih
Tidak ada alat bantu (C)	Pengadaan Alat Bantu	8	80%	Terpilih
	Penggunaan Matras Karet Peredam	6	60%	Ditolak

Sumber: Hasil pengolahan data Penulis

Berdasarkan penilaian pada tabel tersebut, tiga usulan dengan skor tertinggi dipilih untuk divalidasi lebih lanjut yaitu Demonstrasi oleh Pengawas (Nurlaela & Fauzi, 2025), Pembuatan SOP Bongkar Barang Visual (Wijaya & Nugraha, 2024), dan Pengadaan Alat Bantu (Kochoy & Argilovski, 2020). Untuk memproyeksikan dampak kuantitatif dari implementasi setiap solusi secara individual, dilakukan Simulasi Monte Carlo. Simulasi ini dijalankan menggunakan perangkat lunak Minitab dengan dasar Distribusi Probabilitas Binomial, yang sesuai untuk memodelkan hasil biner (cacat atau tidak cacat). Parameter input utama yang digunakan adalah jumlah percobaan (number of trials, $n = 551.343$) dan probabilitas kejadian (event probability, p). Setiap skenario perbaikan, dihitung terlebih dahulu nilai probabilitas cacat baru (P_{baru}) dengan rumus:

$$P_{baru} = P_{awal} \times (1 - \text{Efektivitas Usulan})$$

P_{awal} adalah probabilitas cacat historis (Total Cacat / Total Barang = $3.377 / 551.343 = 0,006125$) dan 'Efektivitas Usulan' adalah persentase efektivitas dari penilaian ahli pada Tabel 5. Hal ini menghasilkan nilai P_{baru} sebesar 0,00183 untuk skenario Demonstrasi oleh pengawas, serta 0,001225 untuk skenario SOP Visual dan Alat Bantu. Nilai P_{baru} ini kemudian menjadi input probabilitas untuk fungsi generator data acak Distribusi Binomial. Untuk setiap skenario, fungsi ini dijalankan sebanyak 50.000 iterasi. Dalam setiap iterasi, simulasi menghasilkan satu kemungkinan jumlah total cacat dari 551.343 percobaan (nilai n). Proses ini menghasilkan tiga kolom distribusi data, masing-masing berisi 50.000 kemungkinan hasil. Nilai rata-rata (mean) dari setiap distribusi dipilih sebagai estimasi jumlah cacat yang paling mungkin terjadi. Hasil perbandingan simulasi disajikan pada Tabel 6.

Table 6. Proyeksi Peningkatan Kinerja Berdasarkan Skenario Perbaikan

Skenario	Cacat Kemasan	DPMO	Level Sigma	Peningkatan Sigma
Kinerja Awal	3377	6125	4.0	-
Demonstrasi oleh Pengawas	1008	1828	4.4	0.4
Pembuatan SOP Bongkar Barang	675	1224	4.5	0.5
Pengadaan Alat Bantu	675	1224	4.5	0.5

Sumber: Hasil pengolahan data Penulis

Hasil simulasi pada tabel tersebut menunjukkan bahwa setiap usulan perbaikan mampu meningkatkan kapabilitas proses, dengan implementasi SOP dan pengadaan alat bantu menunjukkan potensi peningkatan tertinggi hingga mencapai Level Sigma 4.5.

Tahap Control: Rencana Pengendalian

Sebagai tahap akhir dari siklus DMAIC, dirancang sebuah Rencana Pengendalian (Control Plan) untuk memastikan perbaikan yang telah dicapai dapat dipertahankan secara konsisten dalam jangka panjang. Rencana ini berfungsi sebagai panduan bagi manajemen untuk menstandarisasi solusi dan memantau kinerja proses secara proaktif. Tabel 7 menyajikan ringkasan dari Rencana Pengendalian yang diusulkan.

Table 7. Ringkasan Rencana Pengendalian (Control Plan)

Proses	Metrik Kunci	Target Kinerja	Metode Pengukuran	Frekuensi	PIC	Tindakan Korektif
Kinerja Kualitas	Tingkat cacat bulanan	< 1500 DPMO (sigma 4.5)	Rekapitulasi data cacat	Bulanan	Kepala Logistik	Investigasi akar penyebab (FMEA)
Implementasi SOP	Kepatuhan SOP	100%	Audit acak oleh Supervisor Laporan	Triwulan	Pengawas Lapangan	Pelatihan dan sosialisasi SOP
Implementasi Alat	Tingkat Penggunaan Alat	>90%	Penggunaan Alat	Mingguan	Pengawas Lapangan	Identifikasi Alasan ketidakpatuhan

Sumber: Hasil pengolahan data Penulis

Tabel 7 mendefinisikan metrik-metrik yang harus dipantau, target kinerja yang terukur, frekuensi pengukuran, penanggung jawab (PIC), serta tindakan korektif yang harus diambil jika terjadi penyimpangan dari standar yang baru.

Pembahasan

Pada tahap Define dan Measure, penelitian ini berhasil mengkuantifikasi masalah yang sebelumnya hanya bersifat kualitatif. Identifikasi "Jahitan Penutup Lepas" sebagai cacat dominan (94,85%) melalui Diagram Pareto pada Gambar 3 memberikan fokus untuk analisis selanjutnya. Selain itu, pengukuran kinerja awal pada level 4.0 Sigma dengan DPMO 6.125 memberikan baseline yang objektif, sementara P-Chart pada Gambar 4 secara visual membuktikan bahwa proses berada dalam kondisi tidak stabil. Ketidakstabilan ini, yang ditandai dengan adanya titik di luar batas kendali, mengindikasikan bahwa variasi dalam proses bukan hanya disebabkan oleh faktor acak (common cause), tetapi juga oleh faktor-faktor spesifik (special cause) yang dapat diidentifikasi dan dihilangkan.

Tahap Analyze memperdalam pemahaman ini dengan mengidentifikasi akar penyebab sistemik. Analisis FMEA pada Tabel 4 secara kuantitatif menegaskan bahwa tiga penyebab paling kritis yaitu ketiadaan SOP, pelatihan, dan alat bantu yang memiliki RPN tertinggi (560) yang identik. Tingginya skor RPN ini merupakan hasil perkalian dari tiga faktor: skor Severity (S) yang tinggi (7 dari 10), yang mengindikasikan bahwa dampak dari cacat ini signifikan; skor Occurrence (O) yang maksimal (10 dari 10), yang mengonfirmasi bahwa penyebab ini terjadi secara konsisten; dan skor Detection (D) yang juga tinggi (8 dari 10), yang menunjukkan bahwa tidak ada mekanisme kontrol saat ini untuk mencegah penyebab tersebut. Kombinasi ini menunjukkan bahwa masalah yang ada bersifat kritis, berdampak serius, dan sulit dideteksi.

Analisis Diagram Sebab-Akibat pada Gambar 5 memberikan pemetaan visual yang detail mengenai sumber-sumber masalah, dengan penekanan pada faktor Manusia dan Metode. Diagram tersebut tidak hanya mengidentifikasi penyebab individual, tetapi juga menunjukkan bagaimana kelemahan pada satu faktor dapat mempengaruhi faktor lainnya. Sebagai contoh, kondisi pada faktor Lingkungan, seperti "akses jalan sulit" dan "pengiriman hingga malam hari", secara langsung berkontribusi pada "kelelahan pekerja" (RPN 448) pada faktor Manusia. Akibatnya, kondisi kelelahan tersebut memicu perilaku berisiko seperti "pekerjaan dilakukan tergesa-gesa", yang secara langsung menyebabkan cacat. Interpretasi ini menegaskan bahwa cacat kemasan adalah konsekuensi logis dari sebuah sistem kerja yang tidak didukung oleh prosedur, pelatihan, dan fasilitas yang memadai.

Pada tahap Improve, proses seleksi solusi melalui expert judgement pada Tabel 5 menunjukkan preferensi terhadap perbaikan yang bersifat fundamental dan preventif. Dipilihnya

"Pembuatan SOP Visual" dan "Pengadaan Alat Bantu" menandakan kesadaran manajerial akan perlunya perbaikan sistem, sejalan dengan filosofi Six Sigma. Validasi melalui Simulasi Monte Carlo pada Tabel 6 memberikan justifikasi kuantitatif yang kuat, di mana peningkatan kapabilitas proses dari 4.0 menjadi 4.5 Sigma merepresentasikan lompatan kinerja yang substansial. Secara finansial, penurunan DPMO dari 6.125 menjadi 1.224 berimplikasi pada potensi penghematan Biaya Kualitas Buruk (COPQ) sekitar Rp 9,1 juta per enam bulan. Analisis ini memberikan justifikasi bisnis yang kuat agar perusahaan berinvestasi dalam implementasi usulan perbaikan yang direkomendasikan.

Temuan ini juga memberikan kontribusi penting bagi literatur manajemen kualitas. Sementara banyak studi (Ismail & Marwan, 2024; Wijaya, 2024) telah membuktikan efektivitas DMAIC di lingkungan manufaktur yang terkendali, penelitian ini menunjukkan penerapannya yang berhasil dalam konteks distribusi tahap akhir (last-mile distribution) yang kondisinya selalu berubah dan tidak terstandar. Secara spesifik, penelitian ini membuktikan bahwa DMAIC, ketika diperkuat dengan integrasi data kualitatif untuk menginformasikan alat analisis seperti FMEA dan validasi kuantitatif melalui simulasi, dapat menjadi kerangka kerja yang efektif untuk mengatasi masalah kualitas yang bersumber dari faktor manusia dan metode. Hal ini menegaskan bahwa prinsip-prinsip Six Sigma tidak terbatas pada proses yang dikendalikan oleh mesin, tetapi juga sangat relevan untuk meningkatkan keandalan proses yang didominasi oleh interaksi manusia dalam lingkungan kerja yang kondisinya beragam.

Kesimpulan

Beberapa kesimpulan dari penelitian ini dapat ditarik secara sistematis. Masalah utama yang didefinisikan adalah tingginya insiden cacat kemasan, dengan "Jahitan Penutup Lepas" teridentifikasi sebagai atribut Critical to Quality (CTQ) yang paling dominan. Kinerja proses awal terukur pada level 4.0 Sigma dengan DPMO 6.125 dan dibuktikan dalam kondisi tidak stabil secara statistik. Analisis lebih lanjut mengungkap bahwa kegagalan kualitas ini bersumber dari tiga akar penyebab sistemik dengan prioritas risiko tertinggi (RPN 560), yaitu ketiadaan SOP, pelatihan formal, dan alat bantu penanganan material. Sebagai solusinya, penelitian ini merumuskan dan memvalidasi tiga usulan perbaikan dengan pembuatan SOP visual, demonstrasi oleh pengawas, dan pengadaan alat bantu yang diproyeksikan mampu meningkatkan kapabilitas proses hingga level 4.5 Sigma. Terakhir, untuk menjaga keberlanjutan perbaikan, sebuah Rencana Pengendalian (Control Plan) telah dirancang.

Penelitian ini menyediakan sebuah model perbaikan bagi perusahaan untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi kerugian finansial. Nilai akademis studi ini terletak pada demonstrasi aplikasi DMAIC yang berhasil dalam konteks distribusi tahap akhir (last-mile distribution), sebuah area yang berbeda dari lingkungan manufaktur yang umum dikaji. Hal ini menunjukkan bahwa DMAIC efektif untuk mengatasi masalah kualitas yang bersumber dari faktor manusia dan metode dalam lingkungan operasional yang dinamis.

Keterbatasan utama penelitian ini adalah validasi solusi yang masih bersifat proyeksi melalui simulasi. Oleh karena itu, agenda penelitian di masa depan disarankan untuk berfokus pada implementasi fisik dari solusi yang diusulkan untuk mengukur dampak aktualnya di lapangan. Analisis biaya-manfaat (cost-benefit analysis) yang lebih komprehensif juga dapat dilakukan untuk memberikan justifikasi investasi yang lebih mendalam bagi para praktisi di industri logistik.

Referensi

- Ahmad, I., Muttaqin, B. I. A., & Chandra, H. (2024). Implementasi Metode Six Sigma dengan Pendekatan DMAIC untuk Meminimalisasi Kecacatan Produk Pancong Pocong UMKM Ketintang. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 7(2), 790-800. <https://doi.org/10.31004/jutin.v7i2.26813>
- Aldo, W., L Parulian, & D Yusi. (2022). Analisis cacat pada produk kemasan (karung) kedelai dengan menggunakan metode six-sigma dan fishbone diagram pada PT. FKS Multiagro tbk Surabaya.

- JENIUS: Jurnal Terapan Teknik Industri, 3(2), 149-158.
<https://doi.org/10.37373/jenius.v3i2.272>
- Andi Ardiansyah. (2024). Pengaruh Harga dan Kualitas Produk terhadap Keputusan Pembelian Konsumen di Supermarket XY. *Assets Journal: Management, Administration, Economics, and Accounting*, 2(1), 15-20. <https://doi.org/10.59923/assets.v2i1.192>
- Azwir, H. H. (2022). Improving the Finishing Process of Food Packaging Products Using DMAIC Method. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 11(2), 129-144. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v11i2.5318.129-144>
- Bahri, S., Hasanuddin University, & Darmawan, A. (2020). Analysis on Product Quality of Semi Refined Carrageenan using Six Sigma and Cost of Poor Quality. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 9(3), 195-202. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2020.009.03.4>
- Bhargava, M., & Gaur, S. (2021). Process Improvement Using Six-Sigma (DMAIC Process) in Bearing Manufacturing Industry: A Case Study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1017(1), 012034. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1017/1/012034>
- Chukwu, U. H., Ihezue, U. R., & Umeh, C. A. (2024). Effect of logistics on the performance of transportation Firms in Enugu State Nigeria. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 22(1), 1784-1796. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.22.1.1278>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (3rd ed). SAGE Publications.
- Dewi, E. (2019). Analisis Kebijakan Swasembada Beras Dalam Upaya Peningkatan Ketahanan Pangan. *Jurnal Agribis*, 5(2), 29-42.
- Dewi, S. K., Widodo, R. D. S. A., & Lukman, M. (2022). Reducing defective products using six sigma for production process improvement. *AIP Conference Proceedings*, 2453(1), 020045. <https://doi.org/10.1063/5.0094477>
- Dirgantara, A., & Widiarti, U. D. (2021). Sistem Informasi Manajemen Distribusi Pada Cv. Lasusua Foundation. *Jurnal Penelitian Mahasiswa Teknik dan Ilmu Komputer (JUPITER)*, 1(1), 11-19. <https://doi.org/10.34010/jupiter.v1i1.5404>
- Faiz, M. A., Winarno, W., & Suseno, A. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Celana pada UMKM KMStoreid Menggunakan Metode Statistical Process Control. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(4). <https://doi.org/10.32672/jse.v7i4.4915>
- Hafizh Hakim, H., & Ade Momon, S. (2022). Hidajat. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6648878>
- Hamdani, D. (2024). Analisis Pengendalian Produk Beras Bulog dengan Menggunakan Metode Six Sigma. *Co-Value Jurnal Ekonomi Koperasi dan kewirausahaan*, 15(4). <https://doi.org/10.59188/covalue.v15i4.4733>
- Holifahtus Sakdiyah, S., Eltivia, N., & Afandi, A. (2022). Root Cause Analysis Using Fishbone Diagram: Company Management Decision Making. *Journal of Applied Business, Taxation and Economics Research*, 1(6), 566-576. <https://doi.org/10.54408/jabter.v1i6.103>
- Ismail, I., & Marwan, M. (2024). Quality control of plastic sack products using the DMAIC method at PT. XYZ. *International Journal of Mechanical Computational and Manufacturing Research*, 13(4), 110-118. <https://doi.org/10.35335/computational.v13i4.136>
- Kochov, A., & Argilovski, A. (2020). Case Study: Six Sigma Project for Reducing Manual Handling of Materials in Real Manufacturing Company. *Tehnički Glasnik*, 14(4), 499-506. <https://doi.org/10.31803/tg-20201002115534>
- Novianti, F., & Rochmoeljati, Rr. (2023). Quality Control of Edamame Products Using Statistical Quality Control (SQC) and Failure Mode Effect Analysis (FMEA) Methods in PT. XYZ. *IJIEM - Indonesian Journal of Industrial Engineering and Management*, 4(2), 221. <https://doi.org/10.22441/ijiem.v4i2.20550>
- Nurlaela, A., & Fauzi, M. (2025). Integrating DMAIC Six Sigma for Systematic Defect Analysis and Quality Improvement in Manufacturing. *Jurnal Teknik Industri*, 11(1).

- Pujiati, S., Pertiwi, A., Silfia, C. C., Ibrahim, D. M., & Nur Hafida, S. H. (2020). Analisis Ketersediaan, Keterjangkauan Dan Pemanfaatan Pangan Dalam Mendukung Tercapainya Ketahanan Pangan Masyarakat Di Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 16(2), 123. <https://doi.org/10.20956/jsep.v16i2.10493>
- Pyzdek, T. (2010). *The six sigma handbook: A complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels*. McGraw Hill Professional.
- Rustendi, T. (2023). Pendekatan Kuantitatif Dalam Studi Kasus Pada Penelitian Bidang Akuntansi. *JURNAL AKUNTANSI*, 17(1), 24–37. <https://doi.org/10.37058/jak.v17i1.6736>
- Saidatuningtyas, I., & Rizal, M. A. (2023). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Konstruksi Baja untuk Jembatan Menggunakan Metode Six Sigma DMAIC di Pabrik Fabrikasi Baja. *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, 21(2), 75–84. <https://doi.org/10.52330/jtm.v21i2.110>
- Singh, J., Singh, H., Singh, D., & Singh, V. (2017). Six Sigma methodology for reducing defects in manufacturing industry – A case study. *International Journal of Indian Culture and Business Management*, 15(4), 397. <https://doi.org/10.1504/IJICBM.2017.087628>
- Singh, R., Chaudhary, M., & Chauhan, E. S. (2023). A Review on Nano-Food Packaging: An Untapped Revolution in Food Packaging. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 35(10), 5–28. <https://doi.org/10.9734/jpri/2023/v35i107350>
- Srivastava, P., Alrasheedi, M., Kaushik, P., & Sharma, S. (2021). Reducing the cost of poor quality and improving process output by adopting a Six Sigma DMAIC tool: A case study. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 13(1/2/3), 195. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2021.120222>
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suseno & Taufik Alfin Ashari. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Base Plate Dengan Menggunakan Metode Lean Six Sigma (dmaic) Pada Pt Xyz. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(6), 1321–1332. <https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v1i6.1498>
- Wijaya, M. A., & Nugraha, A. E. (2024a). Analisis Pengendalian Kualitas dengan Metode Six Sigma Pada Produksi Packaging PT. ABCY. 8(2).
- Wijaya, M. A., & Nugraha, A. E. (2024b). Analisis Pengendalian Kualitas dengan Metode Six Sigma Pada Produksi Packaging PT. ABCY. 8(2).
- Wisnubroto, K. (2023). Transparansi dan akuntabilitas penyaluran bansos. *Portal Informasi Indonesia*. <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/7952/transparansi-dan-akuntabilitas-penyaluran-bansos?lang=1>
- Wongphan, P., Promhuad, K., Srisa, A., Laurenza, Y., Oushapjalaunchai, C., & Harnkarnsujarit, N. (2024). Unveiling the Future of Meat Packaging: Functional Biodegradable Packaging Preserving Meat Quality and Safety. *Polymers*, 16(9), 1232. <https://doi.org/10.3390/polym16091232>
- Yunani, A., & Widijawan, D. (2020). *Logistik Dalam Beragam Perspektif; Evolusi Konsep, Praktik, dan Isu Kebijakan di Indonesia*. 10.