

## **Analisis Pengendalian Kualitas Pada *Packaging* Produk Botol Kaca Menggunakan Metode Dmaic di PT KKCCII**

### ***Analysis of Quality Control in Glass Bottle Product Packaging Using the Dmaic Method at PT KKCCII***

**Difa Ayu Safitri<sup>1</sup>, Yayan Saputra<sup>2\*</sup>, Haris Hamdani<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Jakarta, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: yayan.saputra@dsn.ubharajaya.ac.id

#### **Abstrak**

*PT Kkccii merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi berbagai macam botol kaca/Glass yang dipasarkan baik di dalam negeri maupun luar negeri yang harus memastikan bahwa kualitas packaging produk baik. Packaging produk botol kaca memiliki jenis kerusakan terbesar yaitu pada jenis cover sobek. Oleh karena itu untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dilakukan penelitian untuk meminimalisir jumlah defect pada packaging botol kaca dengan menggunakan metode DMAIC untuk meningkatkan proses bisnis yang telah ada agar mencapai hasil perbaikan yang efektif, metodologi DMAIC dipilih karena memungkinkan perbaikan dilakukan secara berkelanjutan dan terkendali, setelah menghitung dan membandingkan data kegagalan periode Januari 2023 sampai dengan Desember 2023 dengan data perbandingan asumsi perbaikan seluruh periode Januari 2024 sampai dengan Desember 2024 Nilai DPMO sebelum perbaikan adalah 547,30 nilai sigma sebelum perbaikan sebesar 4,07, dan tingkat kecacatan sebesar 20%, serta nilai DPMO setelah perbaikan sebesar 227.43 dan nilai sigma sebesar 5.04. Berdasarkan penelitian, penyebab dominan defect packaging botol kaca meliputi faktor mesin, metode, dan lingkungan. Faktor mesin mencakup temperature yang tidak stabil dan mesin palletizer yang kurang optimal. Faktor metode melibatkan alat handling yang kurang baik dan penempatan yang tidak sesuai saat pengangkutan. Faktor lingkungan disebabkan area gudang yang sempit. Usulan perbaikan termasuk SOP temperature, bumper alat handling, dan standar penumpukan.*

*Kata kunci: Defect, DMAIC, DPMO, Nilai Sigma, Packaging.*

#### **Abstract**

*PT Kkccii is a manufacturing company that produces various kinds of glass bottles which are marketed both domestically and abroad, which must ensure that the quality of the product packaging is good. Glass bottle product packaging has the largest type of damage, namely the torn cover type. Therefore, to overcome this problem, research was carried out to minimize the number of defects in glass bottle packaging by using the DMAIC method to improve existing business processes in order to achieve effective improvement result. The DMAIC methodology was chosen because it allows improvements to be carried out continuously and sustainably, after calculating and compare failure data for the period January 2023 to December 2023 with comparative data on repair assumptions for the entire period January 2024 to December 2024. The DPMO value before repair is 547.30, the sigma value before repair is 4.07, and the defect rate is 20%, as well as the DPMO value after improvement it was 227.43 and the sigma value was 5.04. Based on research, the dominant causes of defects in glass bottle packaging include machine, method and environmental factors. Machine factors include unstable temperatures and less than optimal palletizer machines. Method factors involve poor tool handling and inappropriate placement during transportation. Environmental factors cause narrow warehouse areas. Proposed improvements include temperature SOPs, bumper handling tools, and parking standards.*

*Keywords: Defect, DMAIC, DPMO, Packaging, Sigma Value.*

## **1. Pendahuluan**

Dengan kualitas produk yang unggul, dapat menghasilkan proses yang sesuai standar kualitas yang telah ditetapkan oleh perusahaan berdasarkan kebutuhan pasar. Semua industri baik skala kecil ataupun skala besar mempunyai daya saing tinggi yang akan bertahan dan mengedepankan kualitas, produktivitas, efektifitas dan efisiensi, dan karyawan dapat menanggapi secara langsung setiap

permasalahan yang muncul di dalam perusahaan. Namun kualitas adalah kekuatan terpenting dalam suatu perusahaan (Kiki et al., 2019).

PT. *Kkccii* merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi berbagai macam botol kaca/*Glass* yang dipasarkan baik di dalam negeri seperti: Kratingdaeng, C1000, Multi Bintang (botol bir), Sosro, farmasi (botol obat), Kosmetik (nivea) maupun luar negeri seperti: vietnam (Botol Bir), Newzealand (Jar untuk selai), Papua Nugini (“Taby Bir” Botol Bir), United Kingdom (“Johny Wolker” Botol Bir), Singapore (“Glasspack Gelby” Botol Bir) yang harus memastikan bahwa produknya berkualitas tinggi dan melakukan tindakan pencegahan terhadap kemungkinan cacat akibat mesin, proses produksi, material, atau kesalahan manusia. Tujuan pengendalian kualitas adalah untuk memastikan kualitas *packaging* produk dalam mencegah dan meminimalkan kegagalan produk. *Packaging* produk botol kaca memiliki jenis kerusakan terbesar yaitu pada jenis *cover* sobek. Oleh karena itu untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dilakukan penelitian untuk meminimalisir jumlah *defect* pada *packaging* botol kaca dengan menggunakan metode DMAIC dengan menerapkan lima tahap DMAIC, diharapkan menemukan perbaikan untuk membantu mengurangi cacat sesuai dengan tujuan Perusahaan. Pada periode Januari sampai Desember data *defect packaging* produk botol kaca adalah dengan total produksi(in pallet) 141.242, total *defect packaging* 2258 dengan total presentase *defect* 19% dan standar Perusahaan 0%. dapat dilihat bahwa *defect packaging* melebihi standar perusahaan yang berarti terdapat banyak *defect* pada *packaging* yang tidak dapat dikirim *kecostumer*. Kualitas pelayanan dipandang sebagai salah satu komponen yang perlu diwujudkan oleh perusahaan karena memiliki pengaruh untuk mendatangkan konsumen baru dan dapat mengurangi kemungkinan pelanggan lama untuk berpindah keperusahaan lain (Saputra & Rosihan, 2023). oleh karena itu dalam keberhasilan memasarkan produk kualitas *packaging* harus dijaga. *Defect* yang ditemukan dapat mencakup jamur (*palet*), *borer/rayap* (*Palet*), patah (*Palet*), *glass fragment*, karton sobek, *cover* sobek, *cover* kendor, *tuck under*, *offset tray*, botol miring, botol berantakan. Namun tindakan pengendalian kualitas yang dilakukan perusahaan ternyata tidak memadai yang dapat menghambat pengiriman dan distribusi dengan baik sehingga menimbulkan kerugian bagi perusahaan.

Dari data periode Januari sampai Desember 2023 terlihat pada bulan Januari terdapat total kerusakan tertinggi yang berjumlah 346 *defect* pada *packaging* produk botol kaca dan total kerusakan terbesar yaitu pada jenis *cover* sobek yang berjumlah 358 pcs, *glass fragment* 340 pcs dan *defect* terendah pada jenis *cover* kendor 234 pcs. Oleh karena itu untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dilakukan penelitian untuk meminimalisir jumlah *defect* pada *packaging* botol kaca dengan menggunakan metode DMAIC karena memungkinkan perbaikan dilakukan secara berkelanjutan dan terkendali.

## 2. Metode

DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*) merupakan alat yang dapat mengendalikan *defect* produk

### 2.1 Define

Untuk mengidentifikasi masalah dan menentukan prioritas dalam melakukan perbaikan (Sirine et al., 2017). Untuk mengidentifikasi masalah menggunakan CTQ (*Critical To Quality*)

Metode pengukuran kinerja suatu produk atau proses menurut kriteria atau batasan tertentu yang harus disesuaikan dengan kepuasan *costumer*. CTQ membantu mengkomunikasikan peningkatan dalam persyaratan kepuasan *costumer*; CTQ ditentukan berdasarkan kebutuhan *costumer*.

### 2.2 Measure

Untuk memverifikasi suatu masalah dan mengukur atau menganalisis masalah tersebut berdasarkan data yang tersedia (Firmansyah & Yuliarty, 2020).

Tahap pengukuran dilakukan dengan dua tahap yaitu:

Peta kendali (p *chart*)

Tujuan pengukuran stabilitas proses adalah untuk mengukur tingkat kinerja suatu perusahaan untuk melihat apakah proses-proses tersebut masih dalam batas kendali. Alat yang digunakan untuk mengukur kestabilan suatu proses adalah grafik p. Hal ini dikarenakan data yang digunakan adalah produk cacat sebanyak produk dan jumlah sampel bervariasi sebanyak observasi (Sanjaya et al., 2021).

Bagan Kendali P dari perspektif analisis data, menggunakan bagan kendali P sebagai alat untuk pengendalian proses statistik. Penggunaan peta kendali P ini didasarkan pada kenyataan bahwa pengendalian kualitas yang dilakukan bersifat atributif, bahwa data yang diperoleh yang dijadikan

sampel observasi tidak tetap, dan produk yang terjadi ketidaksesuaian akan dilakukan proses lebih lanjut (Saputra & Renilaili, 2019).

Berikut adalah rumus untuk menghitung peta kendali atau *control chart*:

$$CL = \bar{p} = \frac{\sum \text{defect seluruh periode}}{\sum \text{produk yang diperiksa pada seluruh periode}} \dots\dots\dots (1)$$

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (2)$$

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

- Penjelasan
- UCL : Upper Control Limit
  - LCL : Lower Control Limit
  - P : Rata-rata Proporsi Kecacatan
  - N : Jumlah sampel

**Defect per Million Opportunities (DPMO)**

Ukuran cacat dalam Six Sigma *Improvement* program yang menampilkan cacat per juta peluang. Sasaran Kontrol Kualitas Six Sigma Motorola 3.4 DPMO tidak boleh ditafsirkan sebagai 3,4 unit cacat dari *output* per juta produksi; Ini harus ditafsirkan bahwa kemungkinan kegagalan rata-rata adalah 3,4. Fitur CTQ hanya memiliki 3,4 kegagalan per juta peluang (Hidajat & Subagyo, 2022). Berikut adalah rumus untuk menghitung DPMO dan menentukan nilai Six Sigma

$$DPO = \frac{\text{banyaknya defect yang ditemukan}}{\text{banyaknya unit yang diperiksa X jumlah CTQ}} \dots\dots\dots (4)$$

Besarnya DPO ini apabila dikalikan dengan konstanta 1.000.000 akan menjadi formula:  $DPMO = DPO \times 1.000.000$   
 Nilai sigma =  $NORMSINV(1 - DPMO : 1000000) + 1,5 \dots\dots\dots (5)$

**2.3 Analyze**

Untuk mencari dan mengidentifikasi akar penyebab cacat produk (Sya'roni & Suliantoro, 2017). Mengidentifikasi masalah kualitas menggunakan:

Diagram pareto

Digunakan karena membantu mengidentifikasi masalah utama dan mengetahui jenis kesalahan mana yang paling menonjol atau paling sering terjadi.

Kapabilitas proses

Metode memprediksi kinerja jangka panjang dalam pengendalian proses statistic (Montgomery 2009). Perhitungan *Process Capability Index* (Cp) dilakukan untuk menentukan apakah suatu proses saat ini dianggap mampu. Rumus untuk menghitung indeks kemampuan pengolahan data atribut adalah sebagai berikut (Shakila, 2018).

**level Sigma**

$$P = \frac{\dots\dots\dots}{3}$$

Menurut Gasperz (2002), kriteria penilaian kapabilitas adalah sebagai berikut:

1. Apabila  $Cp \geq 2$  maka proses dianggap sangat mampu dan mampu mencapai tujuan yang telah ditetapkan.
2. Jika  $1,00 \leq Cp \leq 1,99$ , kapabilitas proses dianggap cukup baik, namun diperlukan perbaikan proses secara terus-menerus untuk mencapai tujuan tingkat kegagalan nol.
3. Jika  $Cp \leq 1,00$ , kemampuan proses rendah dan hampir tidak mungkin mencapai sasaran kualitas dengan tingkat kegagalan nol.

**2.4 Diagram sebab akibat**

Penyebab kesalahan dapat dianalisis menggunakan diagram *fishbone* atau sebab akibat. Diagram ini dapat digunakan untuk mengetahui dampak atau penyebab suatu masalah berdasarkan faktor tertentu (Kiki et al., 2019).

**2.5 Improve**

Perbaikan faktor-faktor yang terdapat pada tahap analisis dengan memberikan saran perbaikan akan mengendalikan proses dan menghindari kesalahan dalam proses (Sya'roni & Suliantoro, 2017). Dalam mengambil tindakan perbaikan dengan pendekatan 5W+1H, yaitu enam pertanyaan dasar yang digunakan untuk mengumpulkan informasi. Cara ini sering digunakan oleh para jurnalis untuk mendapatkan informasi detail yang mereka butuhkan (Reza Nugraha et al., 2023).

### 2.6 Control

Untuk memantau kinerja setelah perbaikan diterapkan dan memenuhi batas spesifikasi yang dibutuhkan pelanggan (Sirine et al., 2017).

Dengan menerapkan lima tahap DMAIC, diharapkan menemukan perbaikan untuk membantu mengurangi cacat sesuai dengan tujuan perusahaan.







## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Tahap Define

Penyebab masalah produk dalam penelitian ini adalah terjadinya *temperature* yang terlalu panas hingga menyebabkan *defect cover* sobek, kemudian jika *temperature* terlalu rendah menyebabkan *defect cover* kendor dan pada saat proses pengepakan botol mesin pencapit sering tidak menempel pada botol maka terjadi *defect glass fragment* (botol pecah). **3.1.1 Identifikasi (CTQ) Critical to Quality**

Alat kualitas kritis adalah elemen penting dari aktivitas yang secara langsung mengarah pada pencapaian kualitas yang dibutuhkan dengan mengidentifikasi kebutuhan konsumen. Selama proses *packaging* produk botol kaca, ditemukan 3 jenis cacat: *cover* sobek, *glass fragment*, *cover* kendor. Cacat ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 1. CTQ *packaging* produk botol kaca

Jenis Defect	Produk Defect	Produk Ok	Keterangan
Cover Sobek			Cover sobek adalah kondisi tidak standar <i>packaging finishgood</i> atau robek pada area <i>cover</i> karena terjadi kelebihan <i>temparture</i> dan terjadi penumpukan di area <i>conveyor finishgood</i> dan <i>handling</i> pada saat perpindahan.
Glass Fragment			<i>Glass Fragment</i> adalah terjadinya pecahan botol dalam 1 <i>pallet</i> dikarenakan tidak standarnya mesin <i>conveyor palletizer</i> dan <i>msk</i> .
Jenis Defect	Produk Defect	Produk Ok	Keterangan
Cover Kendor			Cover kendor adalah kondisi dimana <i>cover</i> plastik kurang kencang untuk <i>packaging finishgood</i> dikarenakan kurangnya <i>temperature</i> pada saat mesin <i>msk</i> .

### 3.1.2 Check Sheet

Langkah pertama dalam analisis statistik pengendalian kualitas adalah membuat bagan kendali jumlah produk yang memenuhi standar kualitas dan jumlah produk *defect*. Membuat tabel *checklist* dapat membantu menyederhanakan proses pengumpulan data.

Tabel 2. *Check Sheet Packaging* produk botol kaca tahun 2023

Bulan	Total Produksi (In Pallet)	Cover sobek (Pcs)	Glass Fragment (Pcs)	Cover kendor (Pcs)	Total Defect Packaging	Persentase (%)
Januari	10606	33	49	90	346	3%
Februari	9430	25	41	12	261	3%
Maret	10791	33	23	14	243	2%
April	11838	28	11	5	121	1%
Mei	13240	46	30	52	239	2%
Juni	11162	20	28	11	142	1%
Juli	12502	33	47	5	191	2%
Agustus	11489	27	27	14	149	1%
September	13386	23	26	14	144	1%
Oktober	12347	34	20	13	148	1%
November	12556	40	18	3	183	1%
Desember	11895	16	20	1	91	1%
Total	141.242	358	340	234	2258	19%
Rata-rata	11.770	29	28	20	188	2%
	Presentase Defect	0.25	0.24	0.16		

Dari tabel 3.2 di atas dapat disimpulkan bahwa *defect* terbesar sebanyak 346 pcs pada bulan Januari. Jenis *defect packaging* terbesar adalah *cover sobek* sebanyak 358 unit dan jenis *defect packaging* terkecil adalah *cover kendor* sebanyak 234 unit. Proporsi *defect* terbesar terjadi pada jenis *defect cover sobek* yaitu sekitar 0,25%, sedangkan proporsi *defect* terkecil terjadi pada jenis *defect cover kendor* yaitu sekitar 0,16%.

### 3.2 Tahap Measure

Prosedur tersebut merupakan langkah kedua dari DMAIC, dimana besarnya penyimpangan dari target ditentukan dan target perbaikan yang ingin dicapai ditetapkan.

#### 3.2.1 Analisis *diagram control* (*control chart*)

Menurut PT *Kkccii*, pengendalian kualitas diukur dari kuantitas produk jadi. Dimensi yang ditampilkan berlaku untuk produk mulai Januari 2023/Desember 2023. Proporsi (*p*), proporsi standar (*sp*), Batas kendali atas (*UCL*), dan batas kendali bawah (*LCL*). Batas kendali dihitung setiap bulan berdasarkan fluktuasi produksi.

#### Total Defect

$$p = \frac{\text{Total Defect}}{\text{Total Produksi}}$$

#### Total Produksi

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

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

#### Total Defect Keseluruhan

$$CL = \frac{\text{Total Defect Keseluruhan}}{\text{Total Produksi Keseluruhan}}$$

#### Total Produksi Keseluruhan

UCL = Upper Control Limit

LCL = Low Control Limit

P = Rata-Rata Proporsi Kecacatan

N = Jumlah Sampel

Bulan Januari

346

$$P = \frac{346}{10.606} = 0.03262$$

10.606

Perhitungan serupa dilakukan untuk perhitungan *p* Januari 2023-Desember 2023 di atas dan hasilnya ditunjukkan pada tabel 4.3. Setelah menghitung *p*, selanjutnya menghitung rata-rata *CL*, *UCL*, dan *LCL* menggunakan persamaan berikut:

$$CL = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{2258}{141242} = 0,015986$$

$$UCL = 0,015986 + 3\sqrt{\frac{0,015986(1-0,015986)}{10,606}} = 0,01964039$$

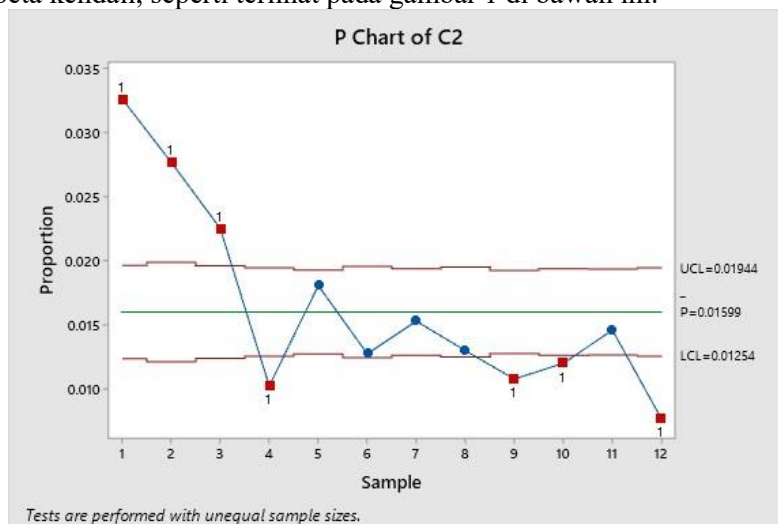
$$LCL = 0,015986 - 3\sqrt{\frac{0,015986(1-0,015986)}{10,606}} = 0,0123331$$

Perhitungan serupa dilakukan untuk perhitungan dari Januari 2023 sampai dengan Desember 2023 dan hasilnya ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan P, CL, UCL, LCL

Bulan	Total Produksi (In Pallet)	Total Defect Packaging	P	CL	UCL	LCL
Januari	10606	346	0.03262304	0.01598675	0.01964039	0.0123331
Februari	9430	261	0.02767762	0.01598675	0.01986152	0.01211198
Maret	10791	243	0.02251877	0.01598675	0.01960893	0.01236456
April	11838	121	0.01022132	0.01598675	0.01944505	0.01252845
Mei	13240	239	0.01805136	0.01598675	0.01925682	0.01271667
Juni	11162	142	0.01272173	0.01598675	0.01954823	0.01242526
Juli	12502	191	0.01527756	0.01598675	0.01935195	0.01262154
Agustus	11489	149	0.01296893	0.01598675	0.01949718	0.01247631
September	13386	144	0.01075751	0.01598675	0.01923894	0.01273455
Oktober	12347	148	0.01198672	0.01598675	0.01937301	0.01260048
November	12556	183	0.01457471	0.01598675	0.01934471	0.01262878
Desember	11895	91	0.00765027	0.01598675	0.01943675	0.0123331
Total	141.242	2258	0.19702954	0.19184095	0.01964039	253674
						250654
						07843
Rata-rata	11.770	188	0.01641913	0.01598675	0.01986152	

Setelah menghitung P, CL, UCL, dan LCL, langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai-nilai dari tabel di atas ke dalam peta kendali, seperti terlihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Peta kendali

Berdasarkan gambar 3.1 grafik diatas terdapat dua titik yang mempunyai nilai proporsi tinggi yaitu bulan Januari (0.03262304) dan nilai proporsi titik terendah bulan Desember (0.00765027). Peta kendali di atas menunjukkan proses yang cukup beragam, dengan proporsi tingkat kesalahan yang mendekati rata-rata.

### 3.2.2 Pengukuran Nilai Sigma

Dalam pengukuran sigma terlebih dahulu menentukan DPO dan DPMO, kemudian mengubah DPMO menjadi nilai sigma. Berikut langkah-langkah mengukur nilai sigma: Menghitung DPO( *Defect per opportunities*), dengan rumus:

$$DPO = \frac{\text{Total Defect}}{\text{Total Produksi} \times CTQ}$$

Bulan Januari

346

$$DPO = \frac{10.606 \times 3}{346}$$

$$DPO = \frac{31.818}{1.000.000} = 0,0108$$

$$DPO = \frac{\text{Total Defect}}{\text{Total Produksi} \times CTQ}$$

Menghitung DPMO( *Defect per million opportunities*)

Bulan Januari

346

$$DPMO = \frac{346}{10.606 \times 3} \times 1.000.000$$

$$DPMO = \frac{346}{31.818} \times 1.000.000 = 10.874$$

Konversi DPMO ke nilai sigma dengan rumus sebagai berikut dan menggunakan interpolasi dengan nilai 1,5

$$\text{Nilai Sigma} = \text{normsinv} \left( \frac{1 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5$$

$$\text{Nilai Sigma} = \text{normsinv} \left( \frac{1 - 10.874}{1.000.000} \right) + 1,5 = 3,794$$

Perhitungan serupa dilakukan dari bulan Januari hingga bulan Desember dengan rumus yang sama. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Nilai Sigma

Bulan	DPO	DPMO	Nilai Sigma
Januari	0.010874348	10874.34785	3.794728373
Februari	0.009225875	9225.874867	3.856425877
Maret	0.007506255	7506.255213	3.932077121
April	0.003407107	3407.107056	4.205789907
Mei	0.00601712	6017.119839	4.01113872
Juni	0.004240578	4240.578152	4.13228949
Juli	0.005092519	5092.51853	4.069483062
Agustus	0.004322976	4322.9756	4.125745198
September	0.003585836	3585.835948	4.188765782
Oktober	0.003995572	3995.572474	4.152443717
November	0.004858235	4858.235107	4.085759496
Desember	0.002550091	2550.091075	4.300637203
Total	0.065676512	65676.51171	48.85528395
Rata-rata	0.005473043	5473.042643	4.071273662

Berdasarkan pengukuran, nilai sigma pada tabel di atas adalah 4.07 dan nilai *actual* sigma tingkat perusahaan sebenarnya adalah 4.30.

### 3.3 Tahap Analyze

Analisis adalah tahap ketiga dari konsep DMAIC. Untuk menyederhanakan prosesnya, fase ini menggunakan diagram Pareto dan diagram *fishbone* (sebab-akibat) untuk menjalankan prosesnya. Tujuan utama dari tahap analisis adalah untuk mengetahui proses perbaikan berbagai jenis *defect packaging* produk botol kaca yang terjadi selama proses produksi PT. *Kkccii* dan menemukan penyebab masalahnya.

#### 3.3.1 Diagram Pareto

Berikut data *defect packaging* produk botol kaca proses produksi Januari 2023 sampai Desember 2023. Perhitungan persentase *defect packaging* produk botol kaca adalah sebagai berikut:

1. Persentase jenis *defect cover sobek*

$$= \times \frac{\text{Jumlah Defect}}{\text{Jumlah Defect Keseluruhan}} \times 100\%$$

$$= \frac{358}{2.258} \times 100\% = 0,158\%$$

1. Persentase jenis *defect glass fragment*

$$= \times \frac{\text{Jumlah Defect}}{\text{Jumlah Defect Keseluruhan}} \times 100\%$$

$$= \frac{340}{2.258} \times 100\% = 0,150\%$$

2. Persentase jenis *defect cover kendor*

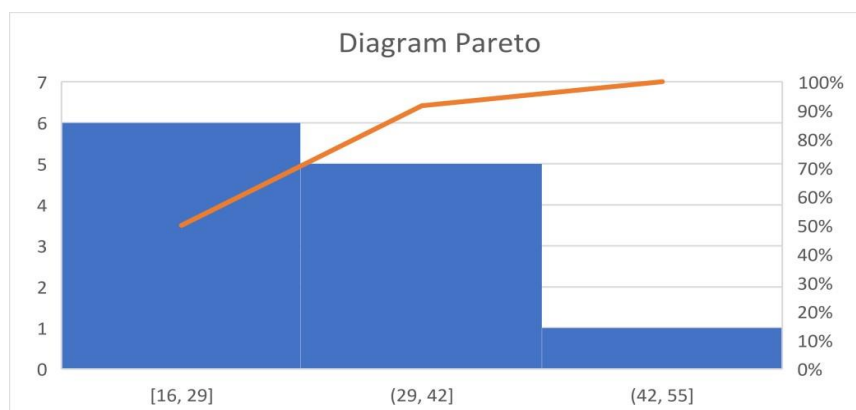
$$= \times \frac{\text{Jumlah Defect}}{\text{Jumlah Defect Keseluruhan}} \times 100\%$$

$$= \frac{234}{2.258} \times 100\% = 0,103\%$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Kumulatif *Persentase Jenis Defect*

Jenis Defect	Total Defect	Ratio %	Kumulatif
Cover Sobek	358	3841%	38.41201717
Glass Fragment	340	3648%	36.4806867
Cover kendor	234	2511%	25.10729614
Total	932	10000%	100

Setelah menghitung *persentase* kumulatif jenis *defect* pada tabel 5 di atas, langkah selanjutnya adalah membuat diagram pareto untuk menggambarkan hasil perhitungan diatas.



Gambar 2. Diagram Pareto *Persentase Jenis Defect*



Pada gambar 3.2 diatas dapat disimpulkan bahwa pada grafik Pareto terlihat bahwa *persentase defect* tertinggi pada *packaging* produk botol kaca adalah *cover sobek* dengan persentase 38.41% dari seluruh *defect* produk. Berikutnya adalah tingkat kecacatan *glass fragment* dengan *persentase* 36.48% dan tingkat kecacatan terendah adalah *cover kendor* dengan persentase 25.11%

Oleh karena itu, fokus perbaikan pada penelitian ini adalah pada tiga jenis *defect packaging* produk botol kaca yaitu: *cover sobek*, *glass fragment*, dan *cover kendor*.

### 3.3.2 Pengukuran Kapabilitas Proses

Setelah menghitung nilai DPMO dan level sigma, langkah selanjutnya adalah menghitung kapabilitas proses. Perhitungan kapabilitas proses dilakukan untuk mengukur dan mengetahui kemampuan proses yang sedang berjalan dalam menghasilkan produk sesuai spesifikasi yang ditetapkan. Berikut contoh penghitungan nilai kapasitas data atribut pada *defect cover sobek*.

$$CP = \frac{\text{level Sigma}}{3} = \frac{3.281177711}{3} = 1.273725904$$

Tabel 6. Kapabilitas Proses dari masing-masing jenis *defect*

Jenis <i>defect</i>	Jumlah produksi(in pallet)	Jumlah produk <i>defect</i>	DPO	Millon	DPMO	Level sigma	Kapabilitas proses
Cover sobek	11770.16667	358	0.10138627	1.000.000	10138.62732	3,821177711	1,273725904
Glass fragment	11770.16667	340	0.009628864	1.000.000	9628.863933	3,840504083	1,280168028
Cover kendor	11770.16667	234	0.006626924	1.000.000	6626.924001	3,976874545	1,325624848

Rata - rata 11770.16667 310.6666667 0.08798138 1.000.000 8798.138417 3,87951878 1,293172927

Dari tabel 6 kapabilitas proses *packaging* produk botol kaca terlihat skor kapabilitas proses perusahaan berkisar antara 1,00 hingga 1,99, dengan rata-rata nilai Cp sebesar 1,293 artinya prosesnya dianggap kompeten (*capable*). Sekalipun kemampuan proses menunjukkan hasil yang sangat berguna, proses tersebut harus ditingkatkan untuk memenuhi tujuan perusahaan yaitu 0% . Berdasarkan data pada tabel 1 terlihat bahwa persentase *defect* melebihi target 0% dan pada peta kendali p juga menunjukkan masih adanya data yang berada diatas batas kendali karena proses yang belum stabil atau optimal. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan proses untuk mengurangi jumlah produk *defect* dan meningkatkan kualitas produk.

### 3.3.3 Brainstroming

Sebelum membuat diagram sebab-akibat, perlu mengetahui terlebih dahulu penyebab masalah yang ditimbulkan oleh setiap *defect* yang ada. Untuk mengetahui penyebab masalah yang dialami, perlu melakukan *brainstroming*.

Tabel 7. *brainstroming defect cover sobek*

Jenis <i>defect</i>	Faktor	Hasil <i>brainstroming</i>
Cover sobek	Manusia	Mengapa faktor manusia menyebabkan <i>defect cover sobek</i> ? <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tidak mengontrol <i>temperature</i> mesin setiap waktu.</li> <li>○ Kurang pengetahuan mengenai SOP (dalam melakukan pemindahan produk dengan <i>forklif</i> sering tertusuk garpu <i>forklift</i>).</li> </ul>
	Mesin	Mengapa faktor mesin menyebabkan <i>defect cover sobek</i> ? <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Temperature vacum</i> yang terlalu panas.</li> <li>○ <i>Conveyor overload</i> sehingga produk saling berdempetan.</li> </ul>

Metode	Mengapa faktor metode dapat menyebabkan <i>defect cover</i> sobek? <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Waktu angkut dengan alat <i>handling</i> tidak sesuai <i>speed conveyor</i>.</li> <li>○ Kurangnya pengawasan dari foremen.</li> </ul>
Lingkungan	Mengapa faktor lingkungan dapat menyebabkan <i>defect cover</i> sobek? <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Area gudang <i>finishgood</i> terbatas.</li> </ul>

Tabel 8. *brainstroming defect glass fragment*

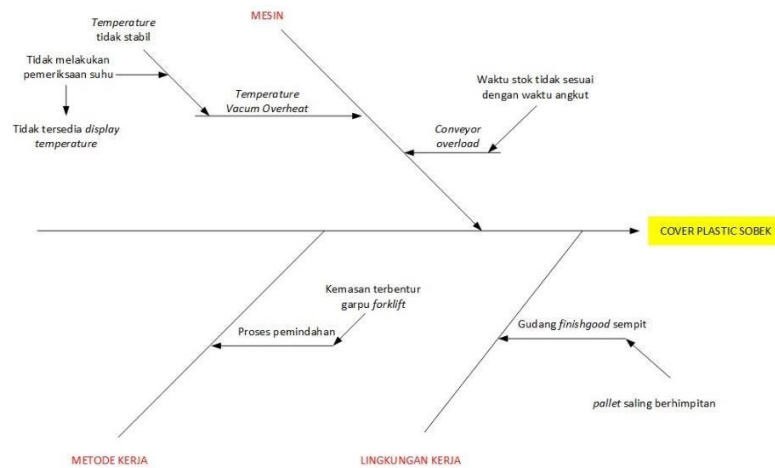
Jenis <i>defect</i>	Faktor	Hasil <i>brainstorming</i>
<i>Glass fragment</i>	Mesin	Mengapa faktor mesin menyebabkan <i>defect glass fragment</i> ? <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Jadwal <i>maintenance</i> tidak teratur (dikarenakan penjepit botol tidak menempel saat dipindahkan ke <i>pallet</i>).</li> <li>○ <i>Conveyor overload</i>.</li> </ul>
	Metode	Mengapa faktor metode menyebabkan <i>defect glass fragment</i> ? <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Alat <i>handling</i> tidak diberikan <i>bumper</i>.</li> </ul>
	Manusia	Mengapa faktor manusia menyebabkan <i>defect glass fragment</i> ? <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Kurangnya pengetahuan SOP alat angkut.</li> </ul>

Tabel 9. *brainstorming defect cover kendor*

Jenis <i>defect</i>	Faktor	Hasil <i>brainstorming</i>
<i>Cover kendor</i>	Metode	Mengapa faktor metode menyebabkan <i>defect cover kendor</i> ? <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Waktu penyimpanan terlalu lama.</li> <li>○ Kurangnya pengawasan.</li> </ul>
	Mesin	Mengapa faktor mesin menyebabkan <i>defect cover kendor</i> ? <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Temperature vacum</i> yang terlalu rendah.</li> <li>○ Perawatan mesin tidak berkala.</li> </ul>
	Manusia	Mengapa faktor manusia menyebabkan <i>defect cover kendor</i> ? <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tidak teliti saat membuat <i>setting temperature</i>.</li> <li>○ Kurangnya pengawasan pada mesin.</li> </ul>

### 3.3.4 Diagram Sebab-Akibat (*Fishbone Diagram*)

Setelah mengidentifikasi jenis *defect* yang akan menjadi fokus perbaikan dalam penelitian ini, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi akar penyebab *defect* produk tersebut. Dengan diagram sebabakibat digunakan sebagai alat untuk lebih mudah menemukan penyebab suatu masalah.



Gambar 3. Diagram *fishbone defect cover sobek*

Dari diagram sebab-akibat pada *defect cover sobek* diatas terdapat 4 faktor penyebabnya, yaitu mesin, metode, lingkungan kerja dan manusia. Berikut ini adalah penjelasan dari diagram sebab-akibat diatas:

1. Faktor mesin

*Defect cover sobek* terjadi karena *temperature vacum* yang berlebih atau terlalu panas. Kondisi tersebut diakibatkan karena kurangnya pengawasan pada pemeriksaan *temperature* atau terjadi *abnormality* pada mesin yang tidak diketahui operator.

2. Faktor metode

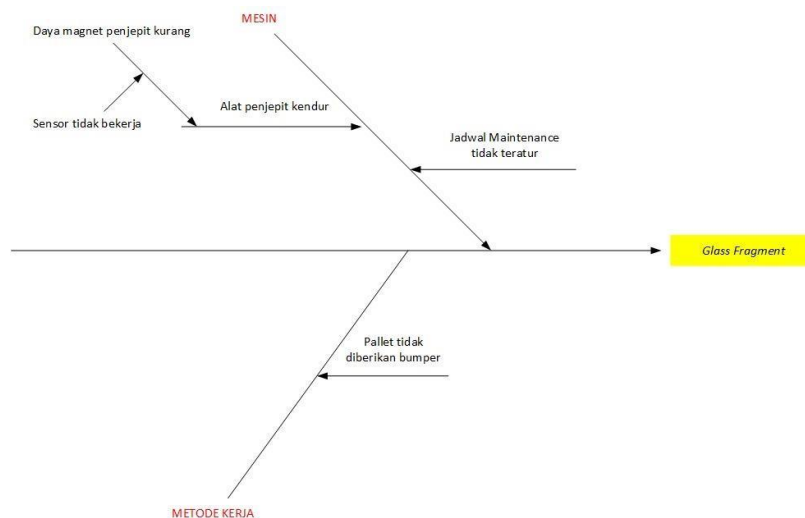
*Defect cover sobek* terjadi karena terjadinya penumpukan pada *conveyor* dan produk tertusuk garpu *pallet*. Kondisi tersebut dikarenakan *conveyor overload* sebab waktu stok tidak sesuai dengan waktu angkut.

3. Faktor lingkungan

*Defect cover sobek* terjadi karena area pemindahan atau area gudang *finishgood* terbatas yang menyebabkan penempatan *pallet* tidak diberi jarak atau bergesekan.

4. Faktor manusia

*Defect cover sobek* foreman tidak mengontrol mesin setiap waktu sehingga *temperature* mesin tidak stabil. Pekerja lalai dan tidak mengikuti SOP yang berlaku (dalam melakukan pemindahan produk dengan forklif sering tertusuk garpu forklift).



Gambar 4. Diagram *fishbone defect glass fragment*

Dari diagram sebab-akibat pada *defect glass fragment* diatas terdapat 3 faktor penyebabnya, yaitu mesin, metode dan manusia. Berikut ini adalah penjelasan dari diagram sebab-akibat diatas:

1. Faktor mesin

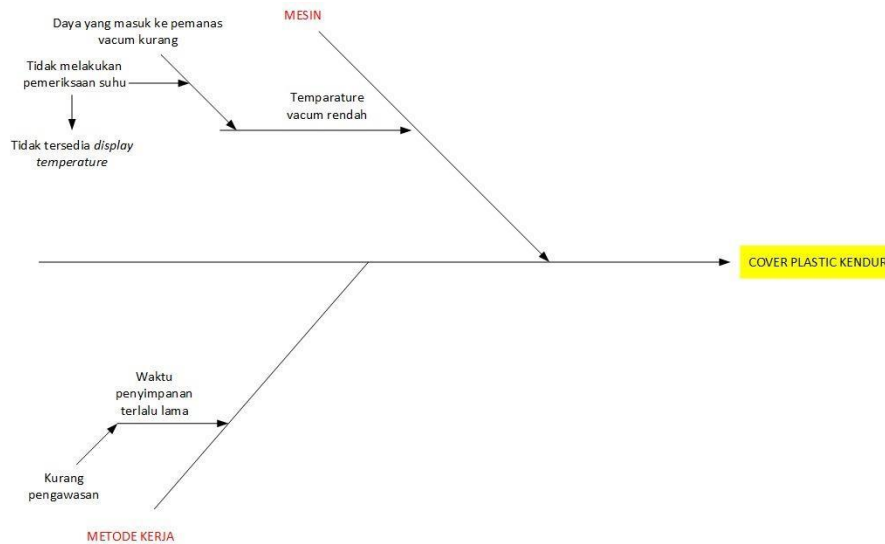
*Defect glass fragment* terjadi karena jadwal *maintenance* tidak teratur sehingga penjepit botol tidak menempel saat dipindahkan ke *pallet* dan saat *conveyor overload pallet* saling bertabrakan.

2. Faktor metode

*Defect glass fragment* terjadi karena alat *handling* tidak diberikan *bumper* sehingga produk terbentur saat dipindahkan dari *conveyor* menuju gudang *finishgood*.

Faktor manusia

3. *Defect glass fragment* terjadi karena kurangnya pengetahuan SOP alat angkut sehingga pekerja sering melakukan kesalahan dalam mengangkut *pallet*.



Gambar 5. Diagram *fishbone defect cover kendor*

Dari diagram sebab-akibat pada *defect cover kendor* diatas terdapat 3 faktor penyebabnya, yaitu mesin, metode dan manusia. Berikut ini adalah penjelasan dari diagram sebab-akibat diatas:

1. Faktor mesin

*Defect cover kendor* terjadi karena *temperature vacuum* yang telalu rendah. Kondisi tersebut diakibatkan karena kurangnya pengawasan pada pemeriksaan *temperature*.

2. Faktor metode

*Defect cover kendor* terjadi karena kurangnya pengawasan pada mesin dan penyimpanan produk terlalu lama di *gudang finishgood*.

3. Faktor manusia

*Defect cover kendor* terjadi karena tidak teliti pada saat *setting temperature* dan kurang pengawasan pada mesin.

Tabel 10. Tabel Responden *Brainstorming*

No.	Responden	Posisi/jabatan	Area
1.	Aisyah	Manager Quality	Quality
2.	Prima	Quality Improvement	Quality
3.	Yono	Quality dan laboratory	Quality
4.	Supriyadi	Supervisor Quality Service	Quality
5.	Azmi	Supervisor warehouse	Warehouse

### 3.4 Tahap Improve

Tahap keempat dari konsep DMAIC adalah tahap perbaikan. Tujuan dari fase ini adalah untuk memberikan solusi perbaikan tergantung pada akar permasalahan yang ditemukan pada tahap analisis. Pada tahap perbaikan ini, kegiatan perbaikan dievaluasi dengan tujuan mengurangi *defect* pada packaging produk botol kaca dengan pendekatan 5W+1H.

### 1. Perbaikan *defect cover sobek*

Tabel 11. 5W+1H *defect cover sobek*

Jenis	5W+1H	Deksripsi Tindakan
Tujuan utama	What (apa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Temperature mesin terlalu panas sehingga <i>cover</i> plastik terlalu rekat atau kencang yang menyebabkan <i>cover</i> sobek.</li> <li>○ Dalam melakukan pemindahan produk dengan <i>forklif</i> sering tertusuk garpu (<i>forklift</i>).</li> </ul>
Alasan	Why (mengapa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tidak mengontrol <i>temperature</i> mesin setiap waktu.</li> <li>○ Kurang pengetahuan mengenai SOP.</li> </ul>
Orang	Who (siapa)	Operator bagian pengemasan dan bagian <i>maintenance</i> .
Tempat	Where (Dimana)	Mesin msk.
Waktu	When (kapan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pada saat proses <i>cover</i> otomatis di mesin msk pada <i>pallet</i>.</li> <li>○ Saat proses pemindahan dengan <i>forklift</i>.</li> </ul>
Metode	How (bagaimana)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mengadakan pengecekan <i>temperature</i> dan perbaikan mesin.</li> <li>○ Melakukan pengawasan dan bimbingan dalam penerapan SOP.</li> </ul>

### 2. Perbaikan *defect glass fragment*

Tabel 12. 5W+1H *defect glass fragment*

Jenis	5W+1H	Deksripsi Tindakan
Tujuan utama	What (apa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Penjepit botol tidak menempel saat dipindahkan ke <i>pallet</i>.</li> <li>○ <i>Conveyor overload</i> sehingga produk saling bertabrakan.</li> </ul>
Alasan	Why (mengapa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kurangnya perbaikan secara rutin yang seharusnya dilakukan setiap 1 bulan sekali.</li> <li>○ Alat <i>handling</i> tidak diberikan <i>bumper</i>.</li> </ul>
Orang	Who (siapa)	Operator bagian pengemasan dan bagian <i>maintenance</i> .
Tempat	Where (Dimana)	Mesin <i>palletizer</i>
Waktu	When (kapan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Saat pengepakan di mesin <i>palletizer</i>.</li> <li>○ Saat proses pemindahan dengan <i>forklift</i>.</li> </ul>
Metode	How (bagaimana)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mengadakan pengecekan dan perbaikan mesin.</li> <li>○ Melakukan pengawasan dan bimbingan dalam penerapan SOP.</li> </ul>

### 3. Perbaikan *defect cover kendor*

Tabel 13.

5W+1H *defect cover kendor*

Jenis	5W+1H	Deksripsi Tindakan
Tujuan utama	What (apa)	Temperature mesin terlalu rendah sehingga <i>cover</i> plastik kurang rekat atau kurang kencang yang menyebabkan <i>cover</i> kendur.
Alasan	Why (mengapa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tidak mengontrol <i>temperature</i> mesin setiap waktu.</li> <li>○ Terlalu lama tersimpan digudang <i>finishgood</i>.</li> </ul>
Orang	Who (siapa)	Operator bagian pengemasan dan bagian <i>maintenance</i> .
Tempat	Where (Dimana)	Mesin msk.
Waktu	When (kapan)	Saat proses <i>vacum cover</i> pada <i>pallet</i> .
Metode	How (bagaimana)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mengadakan pengecekan dan perbaikan mesin.</li> <li>○ Membuat standar penyimpanan tumpukan <i>finishgood</i> atau standar penyimpanan <i>finishgood</i> (aging).</li> </ul>

### 3.5 Tahap Control

Tahap pengendalian merupakan tahap akhir dari analisis metode DMAIC dan tujuannya adalah untuk melakukan saran perbaikan yang ditetapkan pada tahap perbaikan dan memberikan SOP berupa PPIC untuk memastikan produksi sesuai dengan regulasi untuk mencegah kesalahan lama terulang kembali. Langkah terakhir dari konsep DMAIC harus menekankan pada dokumentasi dan tindakan yang diambil termasuk dokumentasi dan langkah tindakan berikut:

Tabel 14. tahap *control defect cover sobek*

Jenis defect	What	Pic	When	Where	Document
Cover sobek	○ Mengadakan pengecekan <i>temperature</i> dan perbaikan 10 menit mesin msk	Operator dan maintenance pengawasan	sebelum bekerja dan 1 bulan	Mesin msk	<i>Check sheet improvement dan maintenance list</i>
	○ Melakukan sekali untuk dan <i>maintenance</i> bimbingan dalam penerapan SOP.				

Tabel 15. tahap *control defect glass fragment*

Jenis defect	What	Pic	When	Where	Document
Glass fragment	Mengadakan pengecekan mesin	Operator dan <i>palletizer maintenance</i> dan berkala <i>conveyor</i>	Dilakukan 1 bulan sekali perbaikan	Mesin <i>palletizer</i>	<i>Check sheet improvement dan maintenance list</i>
	<i>palletizer</i>				

Tabel 16. tahap *control defect cover kendur*

Jenis defect	What	Pic	When	Where	Document
--------------	------	-----	------	-------	----------

- Mengadakan pengecekan *temperature* dan perbaikan 10 menit mesin msk sebelum bekerja Operator dan bulan Mesin msk
  - Melakukan *maintenance* pengawasan *Check sheet improvement dan maintenance list* sekali untuk dan *maintenance* bimbingan dalam penerapan SOP.
- Cover kendor

Setelah dilakukan *improve* dan *control* didapatkan hasil perhitungan setelah perbaikan *defect* adalah sebagai berikut. *Defect cover* sobek, *glass fragment* dan *cover kendor* dengan cara yang sama. Berikut tabel 18 dibawah ini menunjukkan data *defect* setelah perbaikan.

Tabel 17. data *defect packaging* produk botol kaca setelah perbaikan

Bulan	<i>Defect cover</i> sobek	<i>Defect glass fragment</i>	<i>Defect cover</i> kendor
Januari	11	7	20
Feburari	7	11	6
Maret	5	8	7
April	8	5	3
May	15	10	12
Juni	4	3	5
Juli	12	12	4
Agustus	6	15	7
September	9	4	7
Oktober	14	10	8
November	10	9	2
Desember	3	6	2
Total	104	100	83
Rata-rata	8.666666667	8.333333333	6.916666667

Berdasarkan Tabel 17 d atas, berdasarkan hasil data satu tahun pada bulan Januari hingga Desember 2023 *cover sobek* berjumlah 104, *glass fragment* berjumlah 100 dan *defect cover kendor* berjumlah 83. Untuk lebih detailnya dilakukan perbandingan sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 18 yang ada dibawah ini:

Tabel 18. data perbandingan *defect* sebelum dan sesudah perbaikan

Jenis defect	Sebelum perbaikan	Setelah perbaikan	Standar Perusahaan %
Cover sobek	348	104	2%
Glass fragment	340	100	2%
Cover kendor	234	83	2%
Total produksi	141242	141242	
Total <i>defect</i>	22582	992	
Presentase%	20%	1%	
DPMO	547.30	239.81	
Nilai sigma	4.07	5.04	4.30
Kapabilitas proses	1,2	1,4	

Berdasarkan Tabel 18 di atas, setelah menghitung dan membandingkan data kegagalan periode Januari 2023 sampai dengan Desember 2023 dengan data perbandingan asumsi perbaikan seluruh periode Januari 2024 sampai dengan Desember 2024 nilai DPMO sebelum perbaikan adalah 547,30 nilai sigma sebelum perbaikan sebesar 4,07 dan tingkat defect sebesar 20%, serta nilai DPMO setelah perbaikan sebesar 227,43, dan nilai sigma setelah perbaikan sebesar 5.04

Dapat disimpulkan bahwa penurunan jumlah defect menunjukkan adanya p perbaikan kualitas tingkat defect setelah perbaikan sebesar 1%, berada di bawah batas biasanya perusahaan sebesar 2%. Peningkatan nilai sigma sebesar 5.04 melebihi batas nilai sigma sebesar 4.30.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan penelitian, penyebab dominan *defect packaging* botol kaca meliputi faktor mesin, metode, dan lingkungan. Faktor mesin mencakup *temperature* yang tidak stabil dan mesin *palletizer* yang kurang optimal. Faktor metode melibatkan alat *handling* yang kurang baik dan penempatan yang tidak sesuai saat pengangkutan. Faktor lingkungan disebabkan area gudang yang sempit. Usulan perbaikan termasuk SOP *temperature*, *bumper* alat *handling*, dan standar penumpukan.

#### Daftar Pustaka

- Ahmad.(2019). Six sigma dmaic sebagai metode pengendalian kualitas produk kursi pada ukm. *Jisium*, 6(1), 11-17. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jisi/article/view/4061>
- Alkatiri, Adianto & Novirani. (2015). Implementasi pengendalian kualitas untuk mengurangi jumlah produk cacat tekstil kain katun menggunakan metode six sigma pada PT. SSP. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, Vol 03(03), 148–159. <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekaintegra/article/view/880>
- Firmansyah & Yuliarty. (2020). Implementasi metode dmaic pada pengendalian kualitas sole plate di PT Kencana Gemilang. *Jurnal PASTI*, 14(2), 167-168 <https://doi.org/10.22441/pasti.2020.v14i2.007>
- Hidajat, & Subagyo. (2022). Analisis pengendalian kualitas produk x dengan metode six sigma (DMAIC) pada PT. XYZ. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(9), 234–242. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6648878>
- Ibrahim, Arifin & Khairunnisa. (2020). Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma Dengan Tahapan DMAIC Untuk Mengurangi Jumlah Cacat Pada Produk Vibrating Roller Compactor Di PT. Sakai Indonesia. *Jurnal KaLIBRASI - Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri.*, 3(1), 18–36.
- Kiki, Lie, Efendi & Sisca. (2019). Analisis pengendalian kualitas (*Qualitycontrol*) untuk meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan pada CV Bina Teknik Pematangsiantar. *SULTANIST: Jurnal Manajemen Dan Keuangan*, 7(1), 24–33. <https://doi.org/10.37403/sultanist.v7i1.134>
- Kurnianto & Setyanto. (2021). Usulan perbaikan kualitas produk menggunakan metode six sigma di PT. ZYX. *Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC*, 2579–6429. <https://idec.ft.uns.ac.id/wpcontent/uploads/IDEC2021/PROSIDING/LSK/ID059.pdf>
- Lestari & Purwatmini. (2021). Pengendalian Kualitas Produk Tekstil Menggunakan Metoda DMAIC. *Jurnal Ecodemica: Jurnal Ekonomi, Manajemen, Dan Bisnis*, 5(1), 79–85. <https://doi.org/10.31294/jeco.v5i1.9233>
- Mufti, Supratman, Khulda. (2018). Usulan perbaikan untuk mengurangi cacat produksi tutup botol showa CV AT dengan metode six sigma. *Seminar Dan Konferensi 7–8*. <https://idec.ft.uns.ac.id/wp-content/uploads/2018/05/ID072.pdf>
- Nugraha, Dzikron, & Bachtiar. (2023). Usulan perbaikan kualitas pelayanan jasa menggunakan metode *service quality* (Servqual) dan model *importance performance analysis* (IPA). *Jurnal Riset Teknik Industri*, 9–16. <https://doi.org/10.29313/jrti.v3i1.1830>
- Pesoth. (2015). Pengaruh kualitas produk, packaging, dan brand image terhadap kepuasan pelanggan pada perusahaan rokok dunhill di Kota Manado. *Jurnal EMBA*, 3(3), 1101–1112. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/emba/article/view/10115>
- Sanjaya. (2021). Supply Chain Risk Management (Scrm) *Analysis on the supply chain of halal food products using Ssor, horr and pareto diagram method* (Case Study on Ibu Mimin’S Chicken Slaughter House). *Islamic Economic, Accounting and Management Journal (TSARWATICA)*, 03, 48–77. <https://ojs.stiesia.ac.id/index.php/tsarwatica>
- Saputra & Renilaili. (2019). Pengendalian mutu produk semen melalui pendekatan *statistical quality control* (SQC) (Studi Kasus Di PT. Semen Baturaja). *Integrasi : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 4(1), 24-25. <https://doi.org/10.32502/js.v4i1.2095>
- Saputra, Y., & Rosihan, R. I. (2023). Analisis Kualitas Pelayanan Dengan Metode SERVQUAL dan IPA: Studi Kasus Di Bengkel CV Nusantara Motor. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, 21(2), 103–112. <https://doi.org/10.52330/jtm.v21i2.113>



- Sirine & Kurniawati. (2017). Pengendalian kualitas menggunakan metode six sigma (Studi Kasus PT. Duras Concept Sukoharjo). *AJIE-Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship* 02(03), 2477-3824. <https://journal.uii.ac.id/ajie/article/view/8969>
- Shakila. (2018). Penerapan metode six sigma dalam upaya pengurangan defect karung plastik di PT. Yanaprima Hastapersada. 201510150511008. <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/12179/>
- Sugiantini, Khamaludin & Rahayu. (2022). Analisis pengendalian kualitas produk carton box menggunakan metode six sigma di PT. Cipta Multi Buana. *Juitech* 6(2), 93–101. <http://portaluniversitasquality.ac.id:5388/ojssystem/index.php/JUITECH/article/view/827>
- Syaroni, Suliantoro & Hery. (2017). Analisis pengurangan *defect* produksi dengan menggunakan metode six sigma pada unit painting, smartphone merk polytron. *Jurnal Teknik Industri* 1-9 <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/23043>
- Utomo & Rahmatulloh. (2021). Six sigma untuk peningkatan kualitas *packing* pada minyak goreng pouch PT. XYZ Di Kabupaten Gresik. *Prosiding seminar nasional teknik industri penerapan (1)* 24-25. <https://ocs.machung.ac.id/index.php/seminarnasionalindustrimesin/article/view/100>
- Widyarto, Firdaus & Kusumawati. (2019). Analisis Pengendalian Kualitas Air Minum dalam Kemasan Menggunakan Metode Six Sigma. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 5(1), 17. <https://doi.org/10.30656/intech.v5i1.1460>
- Zulkarnain, Wicaksono & Silvia. (2021). Metode six sigma dalam perbaikan cacat botol pada produk personal care six sigma *method in repairing bottle defects in personal care products*. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 7(1), 19–26. <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/jti/article/view/10243>