

Analisis Six Sigma untuk Mengurangi Cacat Karton pada Mesin Wraparound

Six Sigma Analysis to Reduce Carton Defects in Wraparound Machines

Syafrian Eko¹, Andriyas Sugiarto², Mochamad Refly Robiansyah³, Alvi Octavianto⁴, Hibarkah Kurnia⁵

^{1,2,3,4,5}Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

Jl. Inspeksi Kalimalang No.9, Cibatu, Cikarang Sel., Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17530

*Korespondensi Penulis, E-mail : syafrianeko.nugroho@gmail.com

Diterima 19 November, 2025; Disetujui 02 Desember, 2025; Dipublikasikan 31 Maret, 2026

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menerapkan metode *Six Sigma* pada proses produksi kemasan karton mesin Wraparound di PT. XYZ guna meningkatkan kapabilitas proses dan menurunkan tingkat defect. Metode penelitian menggunakan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) sebagai kerangka analisis. Pada tahap *Measure* dilakukan pengukuran awal menggunakan indikator DPU, DPO, DPMO, dan *level sigma*, sementara tahap *Control* digunakan sebagai pengukuran setelah perbaikan. Analisis *Pareto* dan *fishbone diagram* digunakan untuk mengidentifikasi jenis *defect* dominan serta akar penyebabnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis *defect* dominan yaitu lipatan karton terbuka dan lipatan karton miring dengan nilai *sigma* awal sebesar 3,97 dengan DPMO 6.784, menandakan proses belum stabil dan masih menghasilkan variasi signifikan. Setelah implementasi perbaikan berupa standardisasi *setup* mesin, penerapan *preventive maintenance*, peningkatan mutu material, serta pelatihan operator, nilai *sigma* meningkat menjadi 4,13 atau naik sebesar 3,92% diikuti penurunan DPMO menjadi 4.281 serta dengan keberhasilan penurunan persentase rata rata *defect* dari 4,07% menjadi 2,57%. Dengan demikian, penerapan metode *Six Sigma* terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas, menurunkan persentase *defect*, serta mengoptimalkan produktivitas mesin *Wraparound* di PT. XYZ.

Kata kunci: *Defect* karton, DMAIC, DPMO, *Level Sigma*, *Six Sigma*

Abstract

This study aims to implement the *Six Sigma* method in the carton packaging production process using the *Wraparound* machine at PT. XYZ to enhance process capability and reduce defect levels. The research adopts the DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) approach. Initial measurements in the *Measure* stage were conducted using DPU, DPO, DPMO, and *sigma level* indicators, while the *Control* stage was used to evaluate the performance after improvements. *Pareto* analysis and *fishbone* diagrams were applied to identify dominant defects and their root causes. The findings show that open carton folds and misaligned carton folds were the dominant defects, with an initial *sigma* level of 3.97 and a DPMO of 6,784. After improvement actions such as machine *setup* standardization, *preventive maintenance* implementation, material quality enhancement, and operator training, the *sigma* level increased to 4.13 and the DPMO decreased to 4,281. The average defect rate also improved from 4.07% to 2.57%. These results indicate that the *Six Sigma* method is effective in improving quality, reducing defect rates, and optimizing the performance of the *Wraparound* machine at PT. XYZ.

Keywords: *Carton Defects*, DMAIC, DPMO, *Sigma Level*, *Six Sigma*

1. Pendahuluan

Industri minuman dalam kemasan menunjukkan pertumbuhan yang sangat signifikan seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap produk yang praktis, higienis, dan mudah diakses. Perusahaan dituntut tidak hanya mampu memproduksi dalam jumlah besar, tetapi juga menjaga konsistensi kualitas agar tetap kompetitif dalam persaingan pasar (Putra, 2023). Kualitas kemasan dan stabilitas proses menjadi elemen strategis dalam mempertahankan keunggulan produk.

PT. XYZ mengoperasikan mesin *Wraparound* sebagai salah satu mesin utama dalam lini produksi. Mesin ini berfungsi menyusun, melipat, merekatkan, dan membentuk karton berisi produk minuman hingga siap untuk distribusi. Peran mesin ini sangat vital karena kualitas karton yang dihasilkan menentukan kelayakan produk pada tahap pengiriman dan penyimpanan.

Kinerja mesin *Wraparound* masih menghadapi berbagai kendala operasional. Beragam bentuk *defect* ditemukan pada karton hasil produksi, seperti robekan, lipatan tidak presisi, perekat yang tidak menempel sempurna, serta bentuk akhir karton yang tidak memenuhi standar mutu. Kondisi tersebut berdampak pada meningkatnya jumlah produk reject dan kenaikan biaya produksi. Tingginya *defect* juga memicu terjadinya *unplanned downtime* akibat penghentian mesin untuk penyesuaian maupun perbaikan (Muhazir et al., 2023). Dampaknya mencakup berkurangnya waktu produksi efektif, meningkatnya pemborosan material, serta bertambahnya biaya operasional.

Pengendalian kualitas yang mampu menganalisis sumber defect secara komprehensif menjadi kebutuhan mendesak bagi perusahaan (Nabila & Rochmoeljati, 2020). *Six Sigma* merupakan salah satu metode yang terbukti efektif di industri manufaktur karena menitikberatkan pada pengurangan variasi proses, pengambilan keputusan berbasis data, dan perbaikan berkelanjutan (Hanifah & Iftadi, 2022). Penerapan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) memungkinkan evaluasi menyeluruh terhadap kualitas proses sekaligus memberikan arah perbaikan yang terukur untuk meningkatkan kapabilitas mesin (Rinjani et al., 2021).

Penelitian ini memfokuskan perhatian pada tingginya tingkat *defect* karton pada mesin *Wraparound* di PT. XYZ, faktor-faktor penyebab dominannya, serta efektivitas penerapan *Six Sigma* dalam menurunkan *defect* sekaligus mengurangi *unplanned downtime* (Tuasamu et al., 2023).

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada integrasi penerapan *Six Sigma* dengan evaluasi performa mesin *Wraparound* secara simultan dalam upaya menurunkan *defect* karton dan menekan *unplanned downtime*. Kontribusi ini memberikan perspektif baru karena studi serupa jarang dilakukan secara spesifik pada mesin pengemasan jenis *Wraparound* di industri minuman.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja kualitas mesin *Wraparound* melalui perhitungan *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) dan *level sigma*, mengidentifikasi penyebab utama *defect* dengan bantuan *Pareto Chart* dan *Fishbone Diagram*, serta merumuskan rekomendasi perbaikan yang dapat diimplementasikan untuk meningkatkan kualitas karton dan efisiensi proses produksi.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan menerapkan metode *Six Sigma* melalui tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Pendekatan ini mampu memberikan analisis yang sistematis yang berbasis data untuk mengidentifikasi serta memperbaiki penyebab *defect* karton pada mesin *wraparound* di PT. XYZ.

1. Tahap Pendahuluan

Penelitian diawali dengan observasi lapangan lini produksi mesin *wraparound* di PT. XYZ dan studi literatur jurnal penelitian sebelumnya dan buku yang berkaitan dengan konsep *Six Sigma*, *DMAIC*, dan aplikasi pengendalian kualitas di industri manufaktur. Dari proses ini, dilakukan identifikasi masalah secara spesifik, yaitu tingginya *defect* karton. Masalah ini kemudian diformalkan menjadi tujuan penelitian yang jelas.

Selanjutnya dilakukan pengumpulan data, yang dibagi menjadi :

1. Data Primer yang meliputi jumlah produksi dan jumlah *defect* produk berdasarkan jenis *defect* yang terjadi.
2. Data Sekunder yang meliputi alur proses produksi mesin *wraparound* dan hasil standar kualitas produk.

Kombinasi kedua jenis data ini memungkinkan peneliti memperoleh gambaran yang lebih komprehensif tentang kondisi proses produksi (Riyanto & Fitria, 2023).

2. Tahap *Define* (Mendefinisikan)

Tahap ini bertujuan untuk membatasi ruang lingkup dan tujuan proyek. *Tools* yang digunakan meliputi :

1. Diagram SIPOC (*Suppliers, Input, Process, Output, Customer*) digunakan untuk memetakan proses menyeluruh. Pemetaan ini membantu mengidentifikasi batas – batas proses mesin *wraparound* dan variabel – variabel kunci yang terlibat.
2. Identifikasi *Critical to Quality* (CTQ). Penentuan karakteristik kualitas produk yang krusial dan memiliki dampak langsung terhadap kepuasan pelanggan, yaitu kriteria kualitas karton kemasan yang bebas *defect* dan sesuai standar (Goklas et al., 2025). CTQ ini menjadi fokus utama pengukuran di tahap selanjutnya.

3. Tahap *Measure* (Mengukur)

Tahap ini berfokus pada pengumpulan data dan penetapan kinerja kualitas proses saat ini (*baseline performance*). Langkah-langkah yang dilakukan adalah:

1. Pembuatan Peta Kendali (*Control Chart*). Data jumlah *defect* diplot menggunakan peta kendali C (*c-chart*) untuk mengevaluasi stabilitas proses. Penilaian stabilitas ini krusial untuk menentukan apakah variasi proses disebabkan oleh penyebab umum (sistem) atau penyebab khusus (anomali) (Dahari et al., 2025).
2. Menghitung DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) dan *Level Sigma*. Kinerja proses diukur secara kuantitatif melalui perhitungan DPMO dan penentuan level sigma saat ini. Perhitungan ini penting karena nilai *sigma* mencerminkan seberapa baik proses dapat memenuhi kebutuhan pelanggan (Smętkowska & Mrugalska, 2018).

4. Tahap *Analyze* (Menganalisis)

Tahap ini bertujuan mengidentifikasi dan memverifikasi akar penyebab masalah utama (*defect*).

1. Membuat Diagram *Pareto*. Berdasarkan data *defect* yang telah dikumpulkan, Diagram *Pareto* dibuat untuk memprioritaskan jenis - jenis *defect* yang paling dominan, sesuai prinsip 80/20. Jenis *defect* yang paling banyak menyumbang masalah akan menjadi fokus utama analisis akar masalah.
2. Membuat Diagram Sebab Akibat (*Fishbone Diagram*). Diagram ini digunakan untuk mengidentifikasi dan mengkategorikan semua potensi akar penyebab dari *defect* dominan yang telah diprioritaskan berdasarkan lima kategori *Man, Machine, Method, Material*, dan *Environment* (Sugiarto et al., 2024).

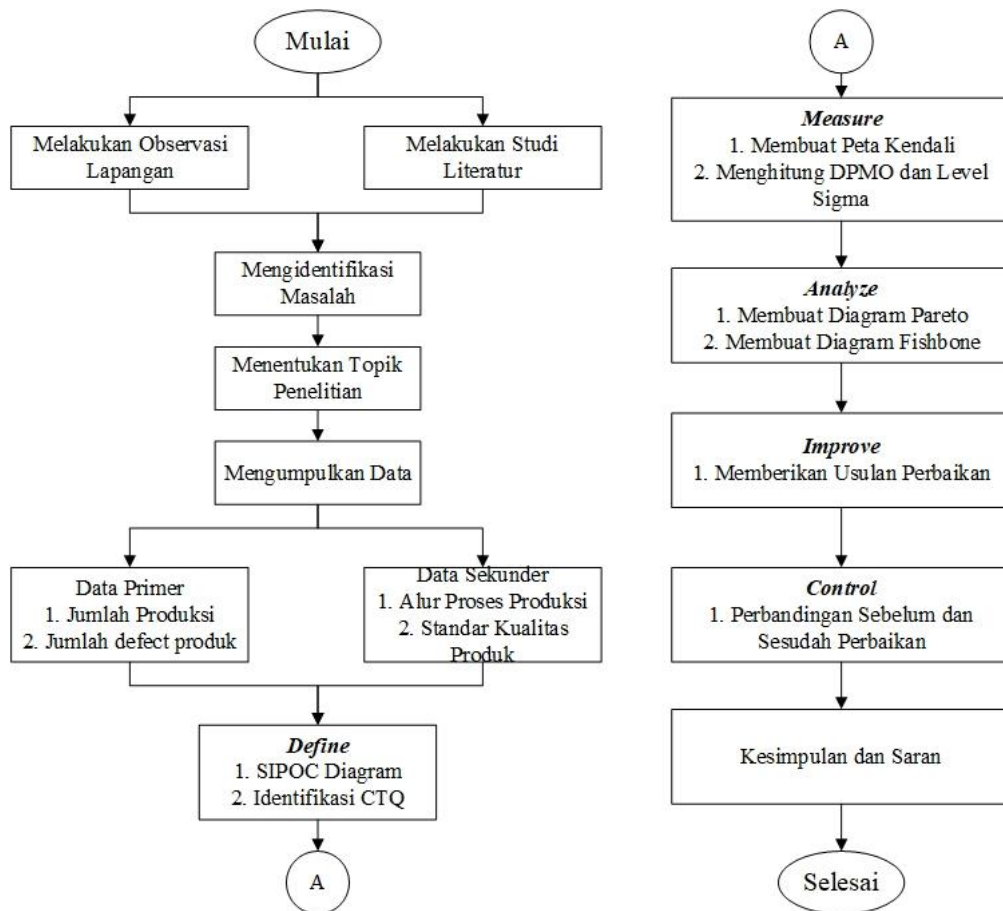
5. Tahap *Improve* (Memperbaiki)

Berdasarkan hasil analisis akar masalah, tahap ini berfokus pada pengembangan dan implementasi solusi dengan memberikan usulan perbaikan yang spesifik dan terukur. Upaya perbaikan ini berupa modifikasi *parameter* mesin, penyempurnaan prosedur kerja, pelatihan operator, perbaikan kualitas material, serta penerapan *preventive maintenance* secara rutin. Tahapan perbaikan yang terukur dapat meningkatkan kemampuan proses sekaligus mengurangi pemborosan akibat *downtime* dan produk *reject* (Rinawati & Sriyanto, 2024).

6. Tahap *Control* (Mengendalikan)

Tahap akhir ini bertujuan memastikan perbaikan yang telah diterapkan dapat dipertahankan. Pengendalian dilakukan dengan membandingkan hasil produksi sebelum dan sesudah perbaikan, membuat lembar pemantauan (*check sheet*) harian, serta menetapkan

jadwal perawatan mesin secara berkala. Evaluasi berkelanjutan dilakukan untuk memastikan proses tetap stabil dan sesuai dengan target kualitas yang ditetapkan. Metodologi Penelitian di PT. XYZ dapat dilihat diagram dibawah ini.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Pengamatan proses produksi pada mesin *wraparound* dilakukan untuk mengetahui jenis – jenis *defect* yang ditemukan. Dari pengamatan tersebut ditemukan 6 jenis *defect* yang terjadi yaitu 1. Hasil lipatan karton yang terbuka, 2. Hasil lipatan karton miring, 3. Hasil lipatan karton sobek, 4. Hasil Lipatan Karton patah 5. Cetakan tidak sesuai 6. Lem tidak merata. Pada tabel dibawah ini hasil pengamatan dilapangan menunjukkan jumlah produk cacat pada setiap kategori.

Tabel 1. Jumlah produksi dan jenis *defect* karton periode Januari – Mei 2025

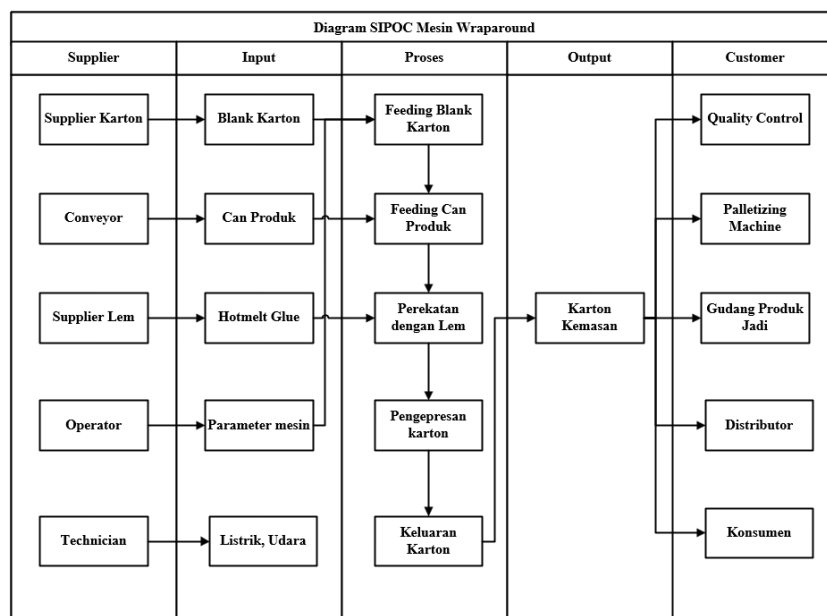
Bulan	Jumlah Produksi (Pcs)	Jenis Defect (Karton)						Total Defect (D)
		Lipatan Karton Terbuka	Lipatan Karton Miring	Lipatan Karton Sobek	Lipatan Karton Patah	Cetakan Tidak Sesuai	Lem Tidak Merata	
Januari	1.300.500	18.515	11.032	5.511	6.505	5.008	5.212	51.783
Februari	1.259.000	17.740	10.725	5.318	6.222	4.835	5.015	49.855

Maret	1.325.800	19.508	12.316	6.124	7.110	5.628	5.925	56.611
April	1.288.600	18.322	11.541	5.705	6.421	4.911	5.117	52.017
Mei	1.311.200	18.836	11.818	5.912	6.620	5.122	5.410	53.718
Total	6.485.100	92.921	57.342	28.570	32.878	25.504	26.679	263.984

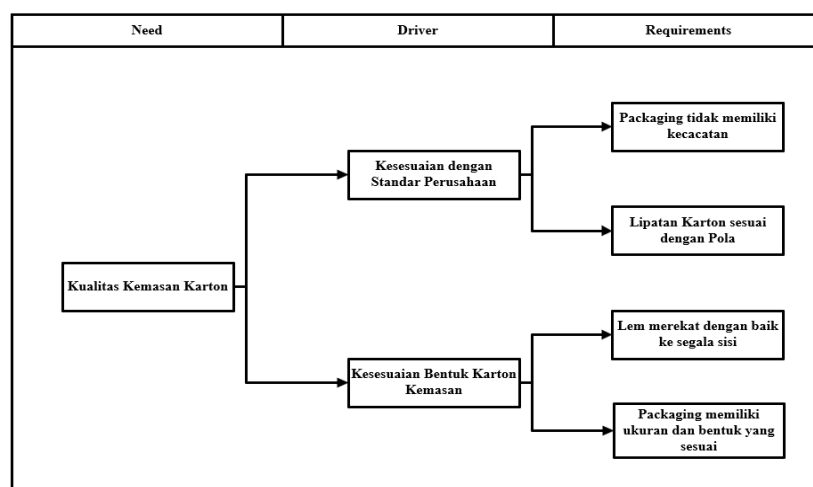
Berdasarkan data tabel diatas menunjukkan bahwa jumlah *defect* karton bulan Januari sampai dengan Mei 2025 sebanyak 263.984 pcs karton dari total produksi yang dihasilkan selama bulan Januari sampai dengan Mei 2025 adalah sebesar 6.485.100 pcs karton. Pada bulan Maret, total *defect* yang dihasilkan lebih banyak daripada bulan lain dengan total *defect* adalah 56.611 pcs karton.

3.1. Define

Tahapan pertama digunakan untuk memetakan proses secara menyeluruh dan menentukan kriteria kualitas *packaging* yang sesuai dengan standar perusahaan dan telah diverifikasi oleh *Quality Control* untuk selanjutnya didistribusikan ke mesin *Palletizing*. Tahapan *define* menggunakan pendekatan diagram SIPOC (*Suppliers, Input, Process, Output, Customer*) dan CTQ (*Critical To Quality*).



Gambar 2. SIPOC Diagram Mesin *Wraparound*



Gambar 3. *Critical To Quality*

3.2. Measure

Analisa yang pada tahap *measure* menggunakan dua pendekatan yaitu Analisa peta kendali dan pengukuran DMPO Tingkat *sigma*.

1. Analisa Peta Kendali

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan dan hasil pengamatan langsung di PT. XYZ, dilakukan proses analisis menggunakan peta kendali *Laney P*. Jenis peta kendali ini digunakan karena sesuai untuk menganalisis proporsi produk cacat dengan jumlah sampel yang bervariasi, serta mampu menyesuaikan adanya overdispersi dalam data sehingga hasil pemantauan kualitas menjadi lebih akurat.

Penyelesaian data *sampling* dengan perhitungan Peta Kendali P sebagai berikut :

a. Proporsi cacat produk

$$P = \frac{\text{total defect}}{\text{total produksi}} \quad P = \frac{263,984}{6,485,100} = 0,040706 \quad (1)$$

b. Standar Deviasi (Sp)

$$Sp = \frac{\sqrt{P(1-P)}}{n} \quad (\text{Yuswandi et al., 2021}) \quad (2)$$

$$= \frac{\sqrt{0,04070(1-0,04070)}}{1.300.500} = 0,000171$$

c. Perhitungan batas kendali bawah (*Lower Control Line*)

$$LCL = P - 3\left(\frac{\sqrt{P(1-P)}}{n}\right) \quad (\text{Ulfah et al., 2023}) \quad (3)$$

$$= 0,04070 - 3\left(\frac{\sqrt{0,04070(1-0,04070)}}{1.300.500}\right) = 0,040186$$

d. Perhitungan batas kendali atas (*Upper Control Line*)

$$UCL = P + 3\left(\frac{\sqrt{P(1-P)}}{n}\right) \quad (\text{Kunia et al., 2021}) \quad (4)$$

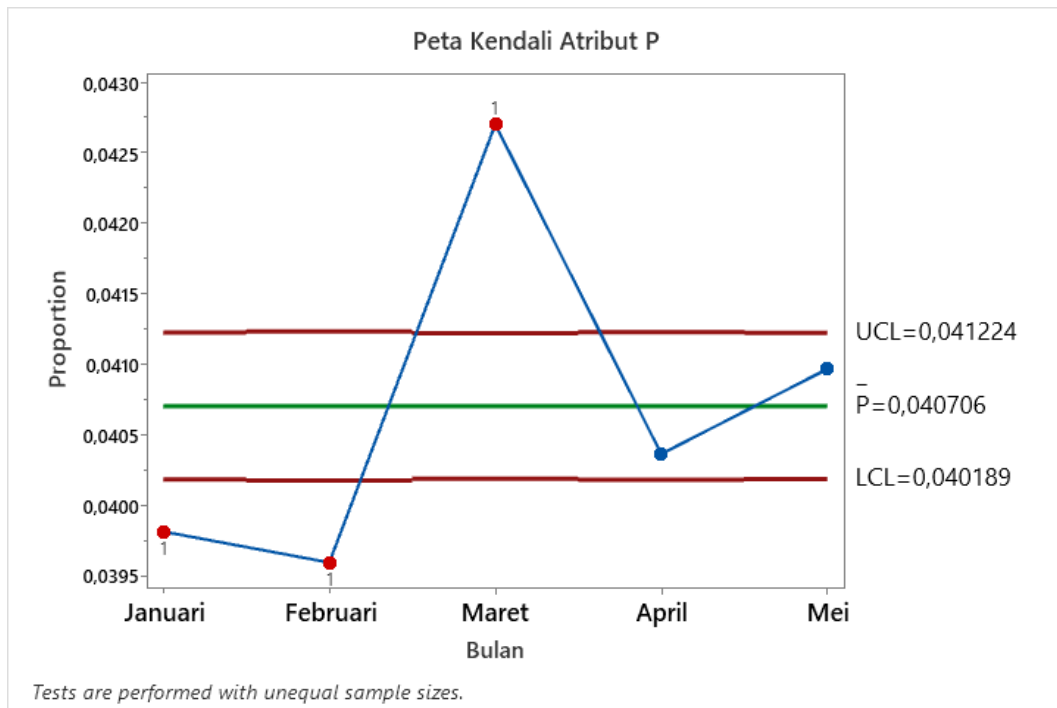
$$= 0,04070 + 3\left(\frac{\sqrt{0,04070(1-0,04070)}}{1.300.500}\right) = 0,041226$$

Tabel 2. Perhitungan Peta Kendali Mesin *Wraparound*

Bulan	Produksi (n)	Batas Kendali Atas (UCL)	Batas Kendali Bawah (LCL)	Proporsi Cacat (P)	Status
Januari	1,300,500	0,041226	0,040186	0,040706	<i>Out of Control</i>
Februari	1,259,000	0,041235	0,040178	0,040706	<i>Out of Control</i>
Maret	1,325,800	0,041221	0,040191	0,040706	<i>Out of Control</i>
April	1,288,600	0,041228	0,040184	0,040706	Terkendali
Mei	1,311,200	0,041224	0,040189	0,040706	Terkendali

Hasil perhitungan Peta Kendali p (Tabel 2) menunjukkan bahwa proses produksi kemasan karton mesin *wraparound* berada dalam kondisi tidak terkendali secara statistik. Titik Pusat Kendali (*Central Line/CL*) menunjukkan rata-rata proporsi cacat adalah 0,040706. Observasi menunjukkan bahwa 1 dari 5 titik data (Maret) berada di atas Batas Kendali Atas (*Upper Control Line*) dan 2 dari 5 titik data (Januari dan Februari) berada dibawah Batas Kendali Bawah (*Lower Control Line*). Kondisi ini mengindikasikan adanya variasi sebab khusus (*special cause variation*) yang memengaruhi proses produksi pada bulan-bulan tersebut. Lonjakan proporsi cacat ini tidak disebabkan oleh fluktuasi acak yang wajar (*common cause variation*), melainkan oleh faktor-faktor spesifik seperti kerusakan mesin yang tidak terduga, perubahan material, atau *setting* operasional yang tidak tepat.

Ketidakstabilan proses ini menegaskan perlunya tindakan perbaikan segera untuk mengidentifikasi dan menghilangkan akar penyebab (*root cause*) dari variasi sebab khusus tersebut (Karuna et al., 2023). Stabilitas proses (terkendali secara statistik) adalah syarat utama sebelum upaya peningkatan kapabilitas proses (*process capability*), seperti program *Six Sigma*, dapat dilaksanakan secara efektif.



Gambar 4. Grafik Peta Kendali Laney mesin *Wraparound*

Berdasarkan grafik pada Gambar 4, menunjukkan peta kendali proporsi cacat dari Januari hingga Mei. Garis hijau merupakan *Central Line* (0,040706), sedangkan garis merah menunjukkan batas kendali atas dan bawah. Terlihat beberapa bulan berada di luar batas kendali, yaitu Januari, Februari berada dibawah batas kendali bawah, serta Maret di atas batas kendali atas. Hal ini menunjukkan proses produksi belum stabil dan masih dipengaruhi variasi khusus yang perlu dianalisis lebih lanjut.

2. Pengukuran Tingkat Sigma

Perhitungan tingkat sigma terdiri dari dua bagian, yaitu *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) dan *Level Sigma* (Saragih et al., 2023). DPMO digunakan untuk mengukur jumlah potensi cacat dalam satu juta peluang, sedangkan *Level Sigma* menunjukkan tingkat kualitas atau performa proses produksi Perusahaan. Dalam tahap pengukuran di PT. XYZ, dilakukan perhitungan DPU, DPO, DPMO, dan *Level Sigma* melalui langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Perhitungan *Defect Per Unit* (DPU)

$$DPU = \frac{\text{total produk cacat}}{\text{total produksi}} = \frac{263.984}{6.485.100} = 0,040706 \quad (1)$$

- b. Perhitungan *Defect Per Opportunity*

$$DPO = \frac{0,040706}{6} \times 1.000.000 = 0,00678 \quad (2)$$

- c. Perhitungan *Defect Per Million Opportunity*

$$DPMO = 0,00678 \times 1.000.000 = 6.784 \quad (3)$$

- d. Perhitungan *Sigma Level*

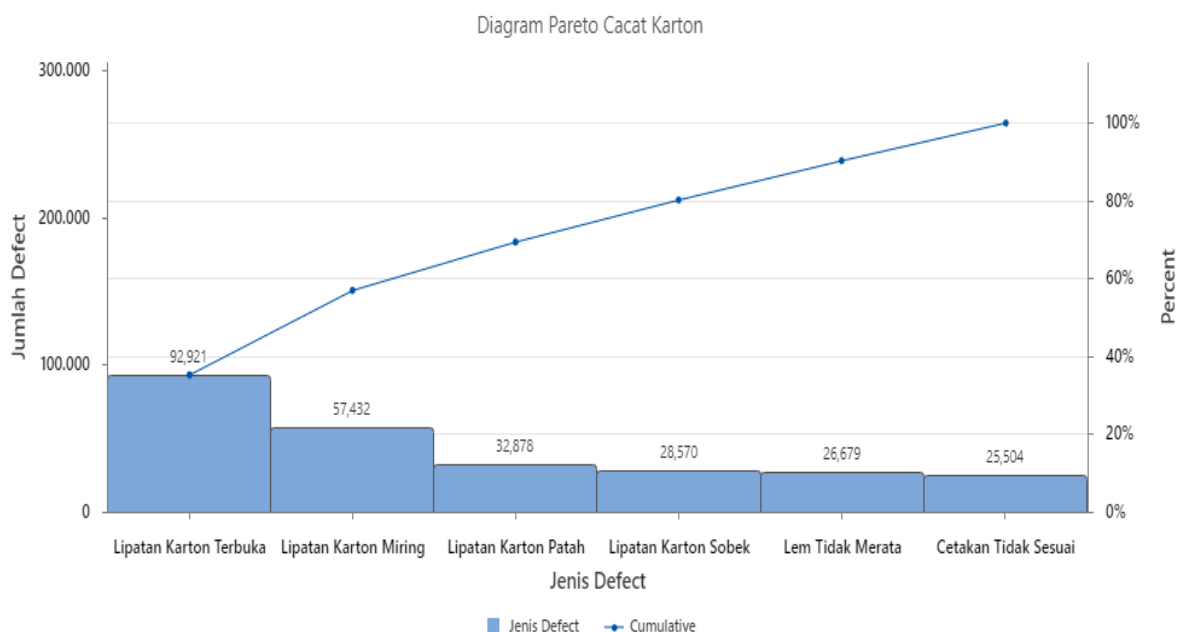
$$\text{Level Sigma} = \text{normsinv} \left(\frac{1.000.000 - \text{DPMO}}{1.000.000} \right) + 1.5 \quad (\text{Saputra \& Prabowo, 2025}) \quad (4)$$

$$\text{Level Sigma} = \text{normsinv} \left(\frac{1.000.000 - 6.784}{1.000.000} \right) + 1.5 = 3,9685$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) sebesar 6.784 dengan *Level Sigma* sebesar 3,9685. Nilai tersebut menunjukkan bahwa proses produksi mesin *wraparound* berada pada tingkat kapabilitas proses menengah, di mana masih terdapat peluang terjadinya produk cacat meskipun secara umum proses sudah berjalan cukup baik. Untuk meningkatkan kapabilitas proses, diperlukan penerapan perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) agar nilai *sigma* dapat meningkat dan jumlah cacat semakin berkurang (Mittal et al., 2023).

3.3. Analyze

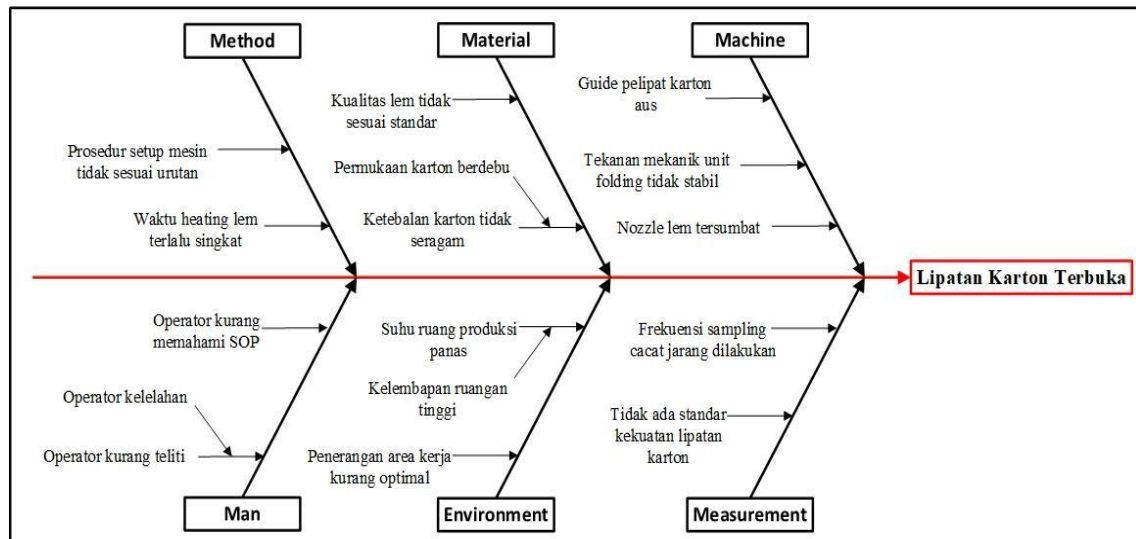
Tahap *analyze* merupakan langkah lanjutan dalam penelitian ini. Evaluasi terhadap nilai DPMO yang diperoleh dari tahap *measure* untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya cacat produk (Nabila & Rochmoeljati, 2020). Analisis dilakukan menggunakan dua metode, yaitu diagram *Pareto* dan *fishbone* diagram. Diagram *Pareto* digunakan untuk menampilkan tingkat kecacatan pada kemasan karton, sedangkan *fishbone* diagram membantu menganalisis faktor-faktor penyebab utama yang memengaruhi *defect* di PT. XYZ. Diagram *Pareto* akan ditunjukkan pada gambar 5.



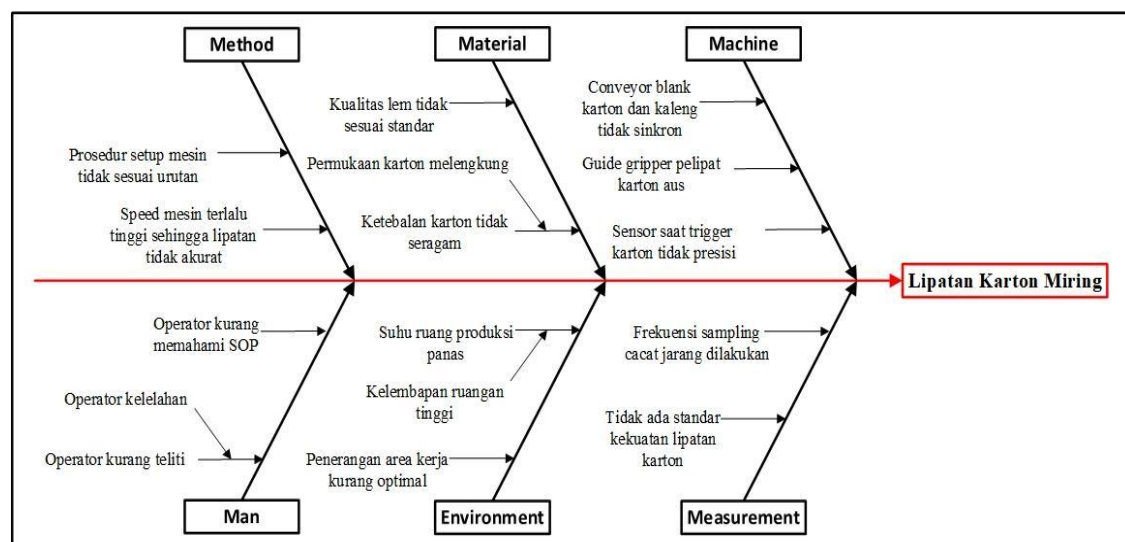
Gambar 5. Diagram Pareto Cacat Karton

Gambar 5 menunjukkan diagram *Pareto* cacat karton pada proses wrapping mesin *wraparound* di PT. XYZ. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa lipatan karton terbuka memiliki jumlah *defect* tertinggi sebesar 92.921 pcs, diikuti oleh lipatan karton miring sebanyak 57.432 pcs. Kedua jenis cacat ini memberikan kontribusi terbesar terhadap total *defect* periode Januari sampai dengan Mei 2025. Sementara itu, jenis cacat seperti lipatan karton sobek, lipatan karton patah, lem tidak merata, dan cetakan tidak sesuai memiliki jumlah yang relatif lebih kecil. Dengan demikian, fokus perbaikan sebaiknya diarahkan pada dua jenis cacat utama, yaitu lipatan karton terbuka dan lipatan karton miring, karena keduanya memiliki pengaruh paling signifikan terhadap total cacat produk. Oleh karena itu, tahap selanjutnya dilakukan analisis menggunakan *fishbone* diagram yang difokuskan pada dua jenis cacat

utama tersebut, yaitu lipatan karton terbuka dan lipatan karton miring, untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah secara lebih mendalam.



Gambar 6. Fishbone Diagram Lipatan Karton Terbuka



Gambar 7. Fishbone Diagram Lipatan Karton Miring

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *fishbone diagram* terhadap dua jenis cacat tertinggi, yaitu lipatan karton terbuka dan lipatan karton miring, diperoleh bahwa permasalahan yang terjadi bersumber dari enam faktor utama, yaitu *Method* (Metode), *Machine* (Mesin), *Material* (Bahan), *Man* (Manusia), *Environment* (Lingkungan), dan *Measurement* (Pengukuran).

1. Faktor Metode (*Method*)

Faktor metode menjadi penyebab dominan karena proses *setup* mesin belum mengikuti urutan standar operasi yang telah ditetapkan. Selain itu, pengaturan kecepatan mesin yang terlalu tinggi dan waktu *heating* lem yang terlalu singkat menyebabkan hasil lipatan tidak presisi dan daya rekat lem tidak maksimal. Ketidaksesuaian prosedur ini menimbulkan ketidakstabilan pada hasil akhir produk kemasan karton.

2. Faktor Mesin (*Machine*)

Aspek kinerja mesin menunjukkan adanya penurunan performa beberapa komponen penting seperti *guide pelipat karton* yang aus, *nozzle* lem yang tersumbat, serta sensor pemicu karton yang tidak bekerja secara presisi. Kondisi tersebut menyebabkan posisi lipatan tidak sejajar dan perekat tidak menempel sempurna. Selain itu, ketidaksinkronan antara *conveyor blank* karton dan kaleng juga menambah kemungkinan terjadinya cacat bentuk lipatan.

3. Faktor Bahan (*Material*)

Bahan baku karton yang digunakan memiliki variasi ketebalan dan kualitas yang tidak seragam, serta sering ditemukan permukaan karton yang melengkung atau berdebu. Ditambah dengan kualitas lem yang tidak memenuhi standar viskositas dan daya rekat yang ditentukan, hal ini memengaruhi konsistensi hasil lipatan dan kekuatan rekat antar sisi karton.

4. Faktor Manusia (*Man*)

Aspek operator juga menjadi penyumbang utama terjadinya *defect*. Kurangnya pemahaman terhadap SOP pengaturan mesin, kelelahan akibat beban kerja tinggi, serta kurangnya ketelitian saat pengawasan proses menyebabkan peningkatan frekuensi cacat. Faktor manusia ini menunjukkan perlunya peningkatan pelatihan dan pengawasan kerja yang lebih ketat.

5. Faktor Lingkungan (*Environment*)

Kondisi lingkungan kerja turut berpengaruh terhadap kualitas produk. Suhu ruang produksi yang panas dan tingkat kelembapan tinggi menyebabkan perubahan sifat fisik karton, seperti kelengkungan atau kehilangan kekakuan. Selain itu, pencahayaan area kerja yang kurang optimal menghambat inspeksi visual terhadap hasil lipatan yang tidak sempurna.

6. Faktor Pengukuran (*Measurement*)

Frekuensi pemeriksaan (*sampling*) terhadap hasil lipatan masih jarang dilakukan, serta belum adanya standar kekuatan lipatan yang dijadikan acuan evaluasi menyebabkan kesalahan tidak segera terdeteksi. Kurangnya konsistensi dalam pengukuran mutu produk berdampak pada meningkatnya jumlah produk cacat yang lolos ke tahap akhir produksi.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa kecacatan pada kemasan karton lebih banyak disebabkan oleh kombinasi antara kesalahan prosedur pengaturan mesin, kondisi peralatan yang tidak optimal, dan kualitas bahan yang tidak stabil. Oleh karena itu, perbaikan yang direkomendasikan difokuskan pada peningkatan kepatuhan terhadap SOP produksi, perawatan rutin pada mesin pelipat, serta pengendalian mutu bahan baku dan lingkungan kerja untuk meminimalkan terjadinya *defect* serupa pada proses produksi berikutnya.

3.4. Improve

Hasil analisis menggunakan *fishbone* diagram, dapat disimpulkan bahwa faktor penyebab utama terjadinya cacat pada kemasan karton terutama jenis lipatan karton terbuka dan lipatan karton miring berasal dari aspek metode kerja, kondisi mesin, serta kualitas material yang belum konsisten. Selain itu, faktor manusia, lingkungan, dan pengukuran turut memperburuk kondisi dengan memberikan pengaruh tidak langsung terhadap peningkatan jumlah *defect*.

Hasil temuan ini menunjukkan bahwa upaya perbaikan perlu difokuskan pada beberapa hal utama, yaitu:

1. Perbaikan Prosedur Operasional

Peninjauan ulang dan standarisasi *setup* mesin harus dilakukan agar urutan kerja sesuai dengan prosedur yang ditetapkan. Pengaturan kecepatan mesin, parameter mesin serta waktu *heating* lem juga perlu disesuaikan dengan karakteristik material untuk memperoleh hasil lipatan yang stabil dan presisi.

2. Perawatan dan Kalibrasi Mesin

Komponen seperti *guide pelipat*, *nozzle* lem, rantai dan *motor servo* harus dijadwalkan untuk dilakukan perawatan (*preventive maintenance*) secara rutin. Selain itu komponen elektrik harus dilakukan pengecekan fungsi dan sensitivitasnya agar tidak mengganggu proses produksi. Hal ini bertujuan untuk menjaga keandalan mesin dan menghindari variasi hasil lipatan akibat kerusakan mekanis.

3. Pengendalian Mutu Material

Kualitas lem dan karton perlu dipastikan memenuhi standar ketebalan, daya rekat, dan kebersihan permukaan. Kolaborasi antara bagian PPIC, Produksi dan *Quality Control* menjadi faktor penting dalam mengantisipasi dan memastikan bahan yang digunakan dalam keadaan baik dan sesuai dengan standar. Penerapan inspeksi material masuk (*incoming material inspection*) dapat mengurangi potensi cacat sejak awal proses produksi.

4. Pengendalian Kompetensi Operator

Pelatihan rutin mengenai pengoperasian mesin, pemahaman SOP, dan inspeksi hasil kerja perlu ditingkatkan agar operator mampu mendeteksi potensi cacat sejak dini. Pengaturan waktu kerja dan istirahat juga penting untuk mengurangi tingkat kelelahan.

5. Perbaikan Lingkungan Kerja

Pengendalian suhu dan kelembapan ruang produksi serta peningkatan pencahayaan di area kerja akan membantu menjaga kualitas lipatan karton dan memudahkan inspeksi visual terhadap hasil produk.

6. Standarisasi dan Frekuensi Pengukuran

Diperlukan pembakuan standar pengujian kekuatan lipatan dan peningkatan frekuensi sampling agar hasil produksi dapat dipantau secara lebih konsisten dan akurat.

Penerapan rekomendasi perbaikan pada tahap *Improve* akan difokuskan pada penyusunan rencana tindakan perbaikan terukur dan berkelanjutan melalui penerapan sistem *preventive maintenance*, peningkatan pengawasan mutu, serta optimalisasi *parameter* proses agar dapat menurunkan tingkat *defect* secara signifikan pada lini produksi mesin *wrapping* karton di PT. XYZ.

3.5. Control

Tahap *Control* merupakan fase akhir dalam metodologi *Six Sigma* yang bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh tindakan perbaikan yang telah diterapkan pada tahap *Improve* dapat dipertahankan secara berkelanjutan. Untuk memastikan efektivitas tindakan perbaikan yang telah diterapkan, dilakukan perbandingan nilai *Defects Per Unit* (DPU), *Defects Per Opportunity* (DPO), *Defects Per Million Opportunities* (DPMO), *level sigma*, serta *persentase defect* sebelum dan sesudah perbaikan. Tabel 3. akan menyajikan hasil perhitungan tersebut secara lengkap sehingga dapat terlihat perbedaan kinerja proses sebelum dan setelah implementasi *improvement*.

Tabel 3. Perbandingan Nilai *Six Sigma*

	Bulan	DPU	DPO	DPMO	Sigma Level	%Defect
Sebelum Perbaikan	Januari	0,0398	0,006636	6.636,294	3,9764	3,98
	Februari	0,0396	0,006600	6.599,815	3,9783	3,96
	Maret	0,0427	0,007117	7.116,584	3,9513	4,27
	April	0,0404	0,006728	6.727,844	3,9715	4,04
	Mei	0,0410	0,006828	6.828,096	3,9662	4,10
	Rata Rata	0,0407	0,006784	6.784,372	3,9685	4,07
Setelah Perbaikan	Juni	0,0248	0,004137	4.137,255	4,1407	2,48
	Juli	0,0261	0,004349	4.349,351	4,1237	2,61
	Agustus	0,0261	0,004351	4.350,958	4,1235	2,61
	September	0,0260	0,004335	4.335,066	4,1248	2,60
	Oktober	0,0254	0,004235	4.235,052	4,1327	2,54
	Rata Rata	0,0257	0,004281	4.281,198	4,1290	2,57

Berdasarkan data pada tabel, menunjukkan bahwa seluruh indikator kualitas mengalami penurunan nilai *defect* dan peningkatan level *sigma* setelah dilakukan perbaikan. Hal ini menunjukkan bahwa tindakan *improvement* yang diterapkan berhasil mengurangi jumlah kerusakan yang terjadi pada mesin *wrapping* karton. Proses produksi menjadi lebih stabil, konsisten, dan sesuai dengan standar kualitas yang diharapkan.

Sebagai upaya menjaga keberlanjutan hasil perbaikan, perusahaan menerapkan formulir pemeriksaan *preventive maintenance*, penggunaan peta kendali untuk memantau proporsi *defect*, serta evaluasi rutin terhadap nilai DPMO dan *level sigma*. SOP yang telah diperbarui disosialisasikan kepada

operator agar proses berjalan konsisten di setiap *shift*. Selain itu, dilakukan *audit* berkala serta sistem umpan balik antara operator, teknik, dan QC untuk memastikan setiap potensi kerusakan dapat terdeteksi dan ditangani lebih cepat.

Tahap *Control* memastikan bahwa peningkatan kualitas dan penurunan *defect* yang diperoleh dari penerapan *preventive maintenance* dapat dipertahankan secara konsisten. Melalui pemantauan terjadwal, standar kerja yang diperbarui, serta evaluasi dan komunikasi rutin antar departemen, proses produksi menjadi lebih stabil dan keandalan mesin *wrapping* karton meningkat. Seluruh rangkaian perbaikan yang telah diterapkan menunjukkan efektivitas yang memadai dan analisis dapat dilanjutkan ke bagian kesimpulan penelitian..

4. Kesimpulan

Permasalahan utama dalam penelitian ini berkaitan dengan tingginya tingkat *defect* pada proses *wrapping* karton yang mengganggu stabilitas kualitas serta keandalan lini produksi. Tujuan penelitian adalah menilai kapabilitas proses, mengidentifikasi sumber utama *defect*, dan mengevaluasi efektivitas tindakan perbaikan yang diterapkan dengan menggunakan metode *Six Sigma* melalui pendekatan DMAIC sebagai kerangka analisis berbasis data.

Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kapabilitas proses yang signifikan, tercermin dari kenaikan level sigma dari 3,97 menjadi 4,13. Jenis *defect* dominan, yaitu lipatan karton terbuka dan lipatan karton miring, terbukti dipengaruhi oleh kondisi mesin, metode kerja, variasi material, kompetensi operator, dan faktor lingkungan. Implementasi tindakan perbaikan berupa standardisasi *setup* mesin, *preventive maintenance*, peningkatan mutu material, perbaikan lingkungan kerja, serta pelatihan operator menghasilkan penurunan *defect* sebesar 36,8% per bulan. Temuan ini menegaskan bahwa *Six Sigma* merupakan pendekatan yang efektif untuk meningkatkan konsistensi kualitas dan stabilitas proses pada mesin *wrapping* karton.

Implikasi penelitian menunjukkan bahwa pengendalian kualitas berbasis data yang terintegrasi dengan pemeliharaan mesin secara proaktif dapat memberikan peningkatan berkelanjutan terhadap performa produksi. Penerapan prinsip tersebut berpotensi menghasilkan manfaat jangka panjang berupa pengurangan variabilitas proses dan peningkatan keandalan mesin. Kesimpulan ini tetap perlu dipertimbangkan secara hati-hati mengingat penelitian hanya mencakup satu jenis mesin dan satu lini produksi.

Arah penelitian selanjutnya berpeluang mengombinasikan *Six Sigma* dengan pendekatan *Lean Manufacturing* untuk memperluas peningkatan efisiensi serta mengurangi pemborosan pada sistem produksi. Analisis yang mencakup lebih banyak variabel proses, tipe mesin, dan kondisi operasional akan memperkuat generalisasi temuan penelitian ini.

REFERENSI

- Dahari, S., Talib, M. A., & Ghapor, A. A. (2025). Robust control chart application in semiconductor manufacturing process. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 43(2), 203–219. <https://doi.org/10.37934/araset.43.2.203219>
- Goklas, B. J. A., Adianto, & Saryatmo, M. A. (2025). Analisa tingkat kerusakan produksi kemasan karton menggunakan metode Six Sigma di PT XYZ. *Jurnal Mitra Teknik Industri*, 4(2), 184–194. <https://doi.org/10.24912/jmti.v4i2.34969>
- Hanifah, P. S. K., & Iftadi, I. (2022). Penerapan metode Six Sigma dan Failure Mode Effect Analysis untuk perbaikan pengendalian kualitas produksi gula. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 8(2), 90–98. <https://doi.org/10.30656/intech.v8i2.4655>
- Karuna, R., Kristina, H. J., & Sukania, I. W. (2023). Peningkatan kualitas dan minimasi *waste* pada produksi kawat tembaga dengan metode Lean Six Sigma. *Jurnal Mitra Teknik Industri*, 2(3), 241–253. <https://doi.org/10.24912/jmti.v2i3.28418>
- Kunia, H., Jaqin, C., Purba, H. H., & Setiawan, I. (2021). Implementation of Six Sigma in the DMAIC approach for quality improvement. *Journal of Textiles and Engineer*, December, 269–278.

- Mittal, A., Gupta, P., Kumar, V., Al Owad, A., Mahlawat, S., & Singh, S. (2023). Performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*, 9(3), e14625. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14625>
- Muhazir, A., Widyantoro, M., & Siswahyu, A. (2023). Penurunan downtime mesin packing dengan pendekatan Six Big Losses menggunakan Seven Tools. *IJCCS*, X(1), 1–8. (Catatan: Volume/issue disesuaikan karena tidak tercantum)
- Nabila, K., & Rochmoeljati, R. (2020). Analisis pengendalian kualitas menggunakan metode Six Sigma dan perbaikan dengan Kaizen. *JUMINTEN*, 1(1), 116–127. <https://doi.org/10.33005/juminten.v1i1.27>
- Putra, I. G. N. A. D. (2023). Analisis pengaruh pengendalian kualitas produk dan pengendalian proses produksi terhadap peningkatan produktivitas produk. *Ekonomi, Keuangan, Investasi dan Syariah (EKUITAS)*, 4(4), 1335–1341. <https://doi.org/10.47065/ekuitas.v4i4.3381>
- Rinawati, D. I., & Sriyanto, S. (2024). Quality improvement in cylinder block production: A Six Sigma approach at PT XYZ. *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 19(3), 108–114. <https://doi.org/10.14710/jati.19.3.108-114>
- Rinjani, I., Wahyudin, W., & Nugraha, B. (2021). Analisis pengendalian kualitas produk cacat pada lensa tipe X menggunakan Lean Six Sigma dengan konsep DMAIC. *Unistek*, 8(1), 18–29. <https://doi.org/10.33592/unistek.v8i1.878>
- Saputra, A. A., & Prabowo, R. (2025). Peningkatan kualitas dengan pendekatan Six Sigma dan perspektif MBNQA sebagai kriteria prasyarat baku mutu pada PT Tamanaco. *Jurnal Teknik Industri*, 20(2), 42–68. <https://doi.org/10.14710/jati.20.2.42-68>
- Saragih, A., Harahap, W. B. S., & Gultom, D. F. (2023). Analisis peningkatan kualitas untuk mengurangi cacat produk kabel NYA di PT XYZ menggunakan metode Six Sigma. *Jurnal TALENTA Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, 23(20), 1–6. <https://doi.org/10.32734/ee.v6i1.1775>
- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process: A case study. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 238, 590–596. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.039>
- Sugiarto, A., Octavianto, A., Nugroho, S. E., & Prastyo, Y. (2024). Machine modification and material replacement to reduce production cost using PDCA method with fishbone diagram and why-why analysis. *Journal of Engineering in Industrial Research*, 5(3), 136–141. <https://doi.org/10.48309/jeires.2024.211563>
- Tuasamu, S., Sahupala, J., & Kaisupy, T. D. (2023). Penerapan metode Six Sigma dengan konsep DMAIC sebagai alat pengendalian kualitas produk. *Indo-Fintech Intellectuals: Journal of Economics and Business*, 3(1), 36–48. <https://doi.org/10.54373/ifijeb.v3i1.83>
- Ulfah, M., Trenggonowati, D. L., Ekawati, R., Arina, F., Sonda, A., & Wulandari, A. (2023). Penerapan metode Six Sigma dalam pengendalian kualitas produk kabel low voltage konduktor tembaga pada PT JCC Tbk. *Journal of Systems Engineering and Management*, 2(1), 82–93. <https://doi.org/10.36055/joseam.v2i1.19398>
- Yuswandi, D., Anindya, D., & Dwicahyani, R. (2021). Pengendalian kualitas produk cacat hollow aluminium menggunakan metode Six Sigma dengan tahapan DMAIC: Studi kasus di PT XYZ Surabaya. *Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan I (SENASTITAN I)*, 421–429.