



Tersedia secara online di <https://journal.iteba.ac.id/index.php/jmrib>

JMRIB

Jurnal Manajemen Rekayasa dan Inovasi Bisnis



PENURUNAN DEFECT LEAKAGE SIKAT GIGI ELEKTRIK DENGAN SIX SIGMA DMAIC (STUDI KASUS PT PIB)

Meika Clara^{*1}, Hery Irwan², Edi Sumarya³

^{1,2,3} meikaclara@gmail.com, hery04@gmail.com, edisumarya38@gmail.com
^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Received : 16 – Februari – 2025

Revised : 18 – Februari – 2025

Accepted : 26 – Februari – 2025

Kata kunci :

Six Sigma; Defect; Pareto; Fishbone, DMAIC.

Abstract

This paper condenses a Six Sigma DMAIC project implemented in an electric toothbrush assembly line at PT PIB, Batam. Baseline January–September 2025 records 967,700 units with 36,281 defects; leakage contributes $\approx 60\%$ (21,774 units) and becomes the CTQ. Using Pareto, SIPOC, P-Chart, and fishbone, root causes were traced to unstable air pressure at the leakage tester, rubber-seal mismatch, missing controlled oiling at top-seal assembly, and operator variation. Post-implementation (Oct–Dec 2025) DPMO fell from $\approx 5,356$ ppm ($\approx 4\sigma$) to ≈ 200 ppm ($\approx 5\sigma$), P-Chart points stayed in-control. These results demonstrate DMAIC effectiveness to reduce leakage defects and stabilize process capability.

Abstrak

Artikel ini merangkum proyek Six Sigma DMAIC pada lini perakitan sikat gigi elektrik di PT PIB, Batam. Kondisi awal (Januari–September 2025) menghasilkan 967.700 unit dengan 36.281 cacat; kategori leakage menyumbang $\approx 60\%$ (21.774 unit) sehingga ditetapkan sebagai CTQ. Melalui Pareto, SIPOC, P-Chart, dan fishbone, akar penyebab teridentifikasi pada ketidakstabilan tekanan udara di leakage tester, ketidaksesuaian ukuran rubber seal, ketiadaan proses pelumasan terkontrol pada top-seal assembly, serta variasi operator. Setelah implementasi (Oktober–Desember 2025) DPMO turun dari ≈ 5.356 ppm ($\approx 4\sigma$) menjadi ≈ 200 ppm ($\approx 5\sigma$), seluruh titik pada P-Chart berada dalam kendali. Hasil membuktikan efektivitas DMAIC dalam menurunkan defect leakage dan menstabilkan kapabilitas proses.

1. Pendahuluan

Persaingan industri elektronik menuntut perusahaan menjaga kualitas sekaligus efisiensi. Pada produk yang berinteraksi dengan air seperti sikat gigi elektrik, cacat

kebocoran (*leakage defect*) berdampak langsung pada keselamatan, pengalaman pengguna, biaya garansi, dan reputasi merek. Data internal PT PIB periode Januari–September 2025 menunjukkan tingkat cacat masih tinggi sehingga diperlukan pendekatan berbasis data untuk pengendalian dan perbaikan kualitas [1].

Six Sigma—melalui siklus DMAIC (*Define–Measure–Analyze–Improve–Control*)—dirancang untuk menekan variasi proses dan menurunkan cacat secara sistematis. Studi ini berkontribusi dengan menyajikan penerapan komprehensif DMAIC pada CTQ *leakage* di lini perakitan model Sydney di PT PIB, menggabungkan intervensi teknis (stabilisasi tekanan, pengendalian material) dan manajerial (standard work, pelatihan operator) untuk menstabilkan pengujian kebocoran otomatis [2].

Kebaruan terletak pada integrasi solusi teknik proses dan tata kelola di area pengujian *leakage* yang sensitif terhadap variasi media uji (udara terkompresi). Sasaran penelitian: (1) memetakan kondisi awal dan menentukan prioritas masalah; (2) mengidentifikasi akar penyebab; (3) merancang dan menguji perbaikan; (4) menilai dampak terhadap kapabilitas proses, stabilitas statistik, dan biaya [3].

Sikat gigi elektrik merupakan perangkat pembersih gigi yang bekerja menggunakan motor penggerak internal untuk menghasilkan getaran atau rotasi yang membantu membersihkan plak secara lebih merata dan konsisten dibandingkan sikat gigi manual. Produk ini banyak direkomendasikan karena dapat mengurangi ketergantungan pada teknik menyikat pengguna, sehingga lebih efektif untuk kelompok pengguna dengan kemampuan motorik berbeda-beda [4].

Objek penelitian ini adalah sikat gigi elektrik model Sydney yang diproduksi PT PIB. Produk ini terdiri dari komponen modular seperti *housing body*, *rubber seal*, *top seal*, *end plug*, motor, serta *Printed Circuit Board Assembly (PCBA)*. Setiap komponen dirakit secara berurutan pada lini produksi dan diuji pada beberapa titik kontrol, termasuk pemeriksaan kebocoran sebagai fitur mutu paling kritis karena produk selalu terpapar air selama penggunaan [5].

2. Tinjauan Pustaka

Secara umum, *defect* dapat didefinisikan sebagai suatu ketidaksesuaian (*non-conformity*) antara kondisi aktual suatu produk, proses, atau *system* dengan standar, spesifikasi, atau persyaratan yang telah ditetapkan. *Defect* menunjukkan adanya penyimpangan dari karakteristik kualitas yang diharapkan, baik yang bersifat fungsional, struktural, maupun estetika. Dalam konteks manajemen kualitas, *defect* merupakan indikator

bahwa suatu proses belum berjalan secara optimal dan menghasilkan *output* yang tidak memenuhi kriteria mutu. Ketidaksesuaian ini dapat berdampak pada penurunan kinerja produk, berkurangnya kepuasan pelanggan, hingga peningkatan biaya akibat *rework*, *scrap*, atau klaim [6].

Kualitas dipandang sebagai kemampuan memenuhi kebutuhan/ekspektasi pelanggan dan mencakup dimensi produk, proses, manusia, dan lingkungan. Dalam manufaktur, pengendalian kualitas tidak hanya pada *output* akhir namun juga pada proses berjalan (*work-in-process*) agar penyimpangan dapat dideteksi dini [7].

Konsep Six Sigma menargetkan kinerja setara 3,4 DPMO ($\approx 6\sigma$) melalui pengurangan variasi dan perbaikan berkelanjutan. Implementasinya memerlukan penetapan CTQ, spesifikasi batas kendali, serta desain proses yang kapabel. Tahap DMAIC dimulai dari pendefinisian proyek dan VOC, pengukuran *baseline*, analisis akar penyebab (*fishbone*), perbaikan berbasis prioritas, hingga pengendalian (*control*) untuk menjaga sustain [8].

Alat utama yang digunakan meliputi: (1) SIPOC untuk memetakan pemasok–*input*–proses–*output*–pelanggan; (2) Pareto untuk memfokuskan pada sedikit penyebab yang vital; (3) P-Chart untuk memantau proporsi cacat dengan ukuran sampel bervariasi; (4) Diagram sebab-akibat (*fishbone*) untuk menstrukturkan akar masalah. Penelitian terdahulu di berbagai sektor melaporkan penurunan DPMO dan kenaikan level *sigma* setelah DMAIC diterapkan [9].

3. Metode Penelitian

Rancangan penelitian adalah studi terapan dengan metodologi *Six Sigma* DMAIC. Pada tahap *Define*, tim memetakan proses menggunakan SIPOC dan menyusun daftar CTQ. Pada tahap *Measure*, dikumpulkan data produksi dan cacat per bulan serta dihitung indikator *baseline* (*defect rate*, DPU, DPMO, *level sigma*). Tahap *Analyze* menggunakan *Pareto* dan *fishbone* untuk menentukan akar penyebab. Tahap *Improve* merancang eksperimen/aksi perbaikan teknis dan manajerial [10]. Tahap *Control* menetapkan rencana pengendalian berbasis *P-Chart* dan audit proses. Rumus yang digunakan pada metode ini adalah sebagai berikut:

- a. *Defect per unit* (DPU), merupakan probabilitas ukuran kecacatan atau tingkat kecacatan per unit, dihitung dengan persamaan:

$$DPU = \frac{D}{u} \quad (2.1)$$

Dimana: D = jumlah *defect*
U = jumlah unit

b. *Total Opportunities* (TOP), adalah jumlah total potensi titik dimana cacat dapat terjadi dalam suatu proses atau produk, dihitung dengan mengalikan jumlah unit dengan jumlah peluang cacat per unit.

$$TOP = D \times OP \quad (2.2)$$

Dimana: D = jumlah *defect*
OP = jumlah peluang cacat

c. *Defect per opportunity* (DPO), adalah ukuran kecacatan pada program peningkatan kualitas *Six Sigma* yang menunjukkan cacat per peluang. DPO merupakan kombinasi dari variabel peluang (probabilitas) dan konsep DPU. Dihitung dengan persamaan:

$$DPO = \frac{DPU}{\text{opportunity}} \quad (2.3)$$

d. *Defect per million opportunity* (DPMO) mewakili satu peluang yang terlewatkan dalam program peningkatan kualitas *six sigma*, atau satu peluang yang terlewatkan untuk setiap satu juta peluang. DPMO dapat dihitung dengan rumus:

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (2.4)$$

Peta kendali proporsi cacat (*P-Chart*) digunakan karena ukuran sampel bisa berubah-ubah setiap periode pengamatan. Batas kendali dihitung dari rata-rata proporsi cacat $\bar{p}$ dan ukuran sampel n_i dengan rumus sebagai berikut:

a. Menghitung nilai tengah

$$CL = \frac{\text{Total defect}}{\text{Total inspeksi}} \quad (2.5)$$

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

b. Menghitung UCL (*Upper Control Limit*)

$$UCL1 = CL + 3 \sqrt{\frac{CL(1-CL)}{n1}} \quad (2.6)$$

c. Menghitung LCL (*Lower Control Limit*)

$$LCL1 = CL - 3 \sqrt{\frac{CL(1-CL)}{n1}} \quad (2.7)$$

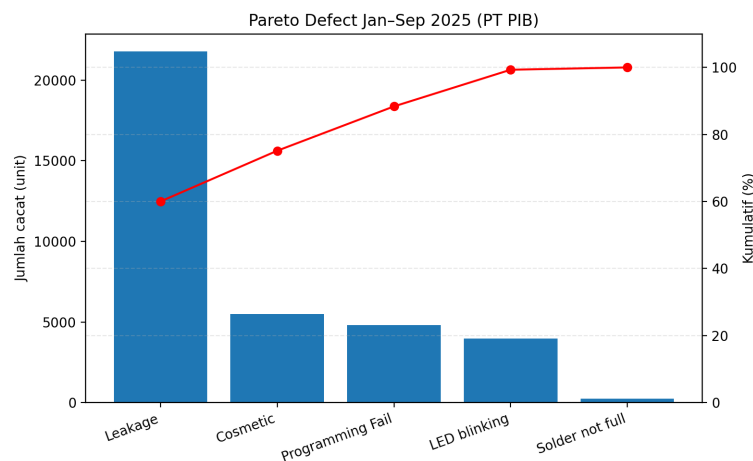
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Tahap Define

Total produksi 967.700 unit, total *defect* 36.281 (defect rate $\approx 3,75\%$). Kategori *leakage* menyumbang 21.774 ($\approx 60\%$) sehingga ditetapkan sebagai CTQ. DPMO awal ≈ 5.356 ppm ($\approx 4\sigma$).

Tabel 1 Total Produksi Januari-September 2025

Bulan	Total Produksi (pcs)	Defect (pcs)
Jan	104.060	1.665
Feb	78.168	3.383
Mar	106.130	4.115
Apr	122.067	5.344
May	76.438	4.673
Jun	123.774	4.413
Jul	143.137	7.319
Aug	117.094	3.353
Sep	82.325	2.016



Gambar 1. Pareto Defect Jan-Sep 2025 (*Leakage* sebagai CTQ dominan)

Diagram *pareto* di atas menunjukkan bahwa masalah *leakage* (kebocoran) sebesar 21.774 unit atau 60% dari total masalah produksi sikat gigi elektronik. Masalah *leakage* ini merupakan masalah CTQ (*critical to quality*) karena penggunaan sikat gigi elektronik bersentuhan langsung dengan air. Masalah *leakage* ini harus dilakukan *improvement* agar produk cacat (*defect*) pada sikat gigi elektronik dapat turun sesuai target perusahaan. Peneliti dan manajemen perusahaan memutuskan untuk menggunakan satu CTQ agar tidak mengganggu produktivitas di perusahaan karena waktu dan banyaknya percobaan yang diperlukan.

4.2 Tahap Measure

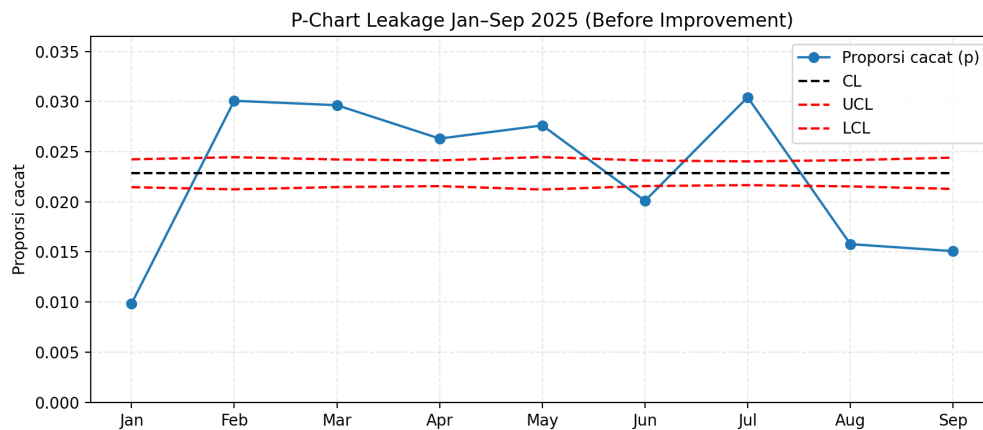
Tahap ini merupakan tahap pengumpulan data yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja proses. Dari informasi yang dihimpun, jumlah barang yang *defect* dari Januari hingga September 2025 sebanyak 36.281. Hasil perhitungan peta proporsi p untuk produk sikat gigi

elektrik yang cacat di PT PIB ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2 Peta Kendali Januari-September 2025

Observasi	Good	Leakage Defect	Total Inspection	P	%P	CL	UCL	LCL
Januari	103035	1025	104060	0,00985	0,985	0,02284	0,02423	0,02145
Februari	75817	2351	78168	0,03008	3,008	0,02284	0,02445	0,02124
Maret	102985	3145	106130	0,02963	2,963	0,02284	0,02422	0,02147
April	118856	3211	122067	0,02631	2,631	0,02284	0,02413	0,02156
Mei	74327	2111	76438	0,02762	2,762	0,02284	0,02446	0,02122
Juni	121287	2487	123774	0,02009	2,009	0,02284	0,02412	0,02157
Juli	138781	4356	143137	0,03043	3,043	0,02284	0,02403	0,02166
Agustus	115247	1847	117094	0,01577	1,577	0,02284	0,02415	0,02153
September	81084	1241	82325	0,01507	1,507	0,02284	0,02441	0,02128

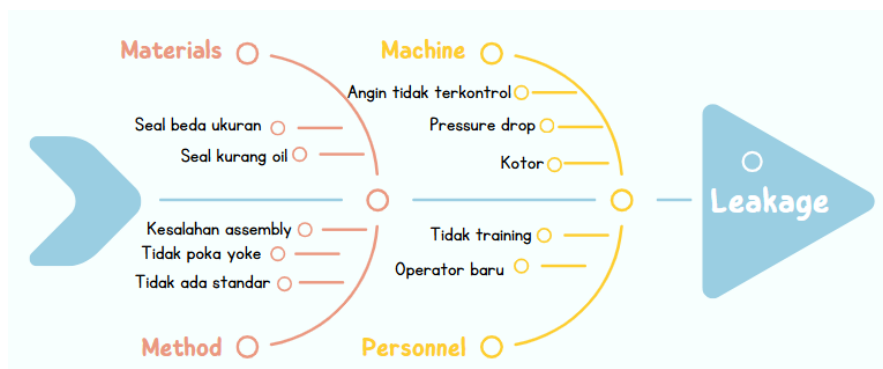
Proporsi cacat bulanan diplot pada *P-Chart* dengan $CL = 0.02284$. Teridentifikasi titik di luar batas kendali (OOC), menandakan *special cause variation* yang perlu diatasi sebelum menilai kapabilitas proses.



Gambar 2. *P-Chart Leakage Jan-Sep 2025 (Before Improvement)*

4.3 Tahap Analyze

Tahap ini adalah tahap mencari akar penyebab kecacatan menggunakan diagram tulang ikan.



Gambar 3. *Fishbone Diagram*

Dari gambar di atas, peneliti melakukan *audit/gemba* ke lapangan dan mendapatkan beberapa kemungkinan penyebab akar masalah, seperti dibawah ini:

- a. *Machine*—suplai udara ke leakage tester tidak stabil (*pressure drop*);
- b. *Material*—*mixed-up* ukuran *rubber seal* dari *supplier*;
- c. *Method*—tidak ada pelumasan terkontrol pada *top-seal assembly*;
- d. *Man*—variasi skill & kepatuhan SOP.

4.4 Tahap *Improve*

Langkah operasional keempat dari siklus *DMAIC* adalah tahap *improve*, yaitu tahapan yang menghasilkan ide untuk menghilangkan akar penyebab, menjalankan pengujian dan mengukur hasil. *Improvement* yang dilakukan sebagai usaha mengurangi *leakage defect* adalah sebagai berikut:

- a. *Machine* — *Stabilisasi tekanan pada leakage tester*

Masalah: suplai udara berbagi satu jalur utama sehingga sering terjadi *pressure drop* yang memicu salah-hitungan pada *tester* dan mendorong unit ke *reject conveyor*.

Aksi: pemasangan air tank booster sebelum mesin *leakage tester* agar suplai udara stabil selama siklus uji. Setelah penambahan *booster*, penurunan tekanan tidak lagi terjadi.



Gambar 4. *Air Tank Booster*

- b. *Material* — *Pengendalian dimensi & mixed-up rubber seal*

Masalah: variasi ukuran rubber seal dan potensi *mixed-up* dari pemasok menurunkan integritas *sealing* di antarmuka end plug–housing, memunculkan *micro-gap* saat diuji kebocoran.

Aksi: *feedback* ke pemasok agar memasok ukuran sesuai spesifikasi, disertai penegasan inspeksi penerimaan untuk mencegah *mixed-up*.

- c. *Method* — *Pelumasan terkontrol (medical-grade oil) pada top-seal assembly*

Masalah: tanpa pelumasan, gaya pasang tinggi menimbulkan friksi dan

ketidakseragaman *seating*, berisiko menciptakan micro-gap jalur kebocoran.

Aksi: menambahkan langkah pemberian oil terkontrol pada permukaan top seal sebelum perakitan untuk menurunkan friksi, menyeragamkan *seating*, dan meningkatkan integritas *sealing*. Proses baru diintegrasikan ke *standard work* dan didokumentasikan

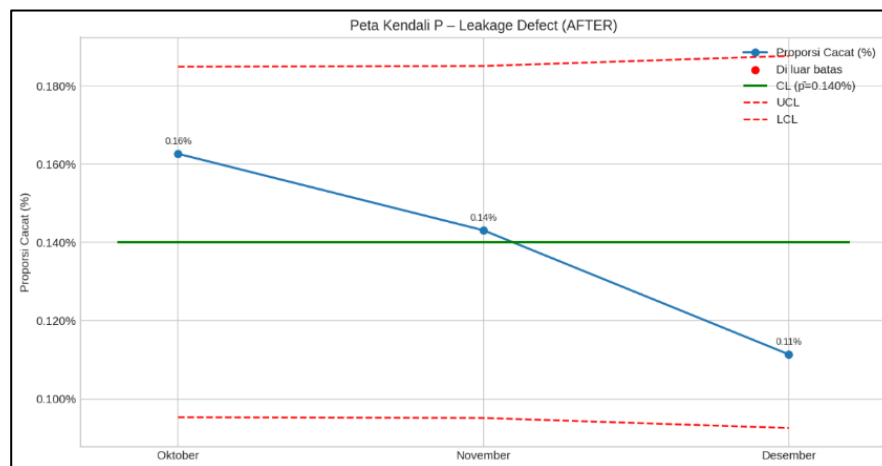
d. Man — OJT & audit kepatuhan

Masalah: variasi keterampilan/kepatuhan operator terhadap SOP *critical step* berkontribusi pada inkonsistensi hasil.

Aksi: On-the-Job Training (OJT) pada tahapan kritis (khususnya *top-seal assembly*), penyelarasan standard work sheet, dan audit berkala untuk memastikan disiplin eksekusi di lapangan.

Tabel 3 Peta Kendali Oktober-Desember 2025

Observasi	Good	Leakage Defect	Total Inspection	P	%P	CL	UCL	LCL
Oktober	62600	102	62702	0,00163	0,163	0,0014	0,00185	0,00095
November	62100	89	62189	0,00143	0,143	0,0014	0,00185	0,00095
Desember	55600	62	55662	0,00111	0,111	0,0014	0,00188	0,00093



Gambar 5. Grafik Peta Kendali Sesudah *Improvement*

Kinerja pasca-perbaikan (Oct–Dec 2025): produksi 180.300 unit dengan 253 *defect leakage*; DPMO $\approx$ 200 ppm ($\approx 5\sigma$); seluruh titik *P-Chart* berada dalam kendali.

4.5 Tahap *Control*

Tahap akhir dari siklus *DMAIC* yang merupakan langkah operasional kelima adalah tahap *control*. Peta kendali (*control chart*) bulanan digunakan untuk memonitor stabilitas setelah *improvement*. *Monitoring defect leakage* menggunakan *P-Chart* bertujuan untuk:

1. Mengamati stabilitas dari waktu ke waktu.

2. Mendeteksi *early warning* bila terjadi kenaikan *leakage defect*.
3. Memastikan perbaikan tetap sustain.
4. Memberikan dasar objektif untuk *decision making* dan *reaction plan*.

5. Kesimpulan

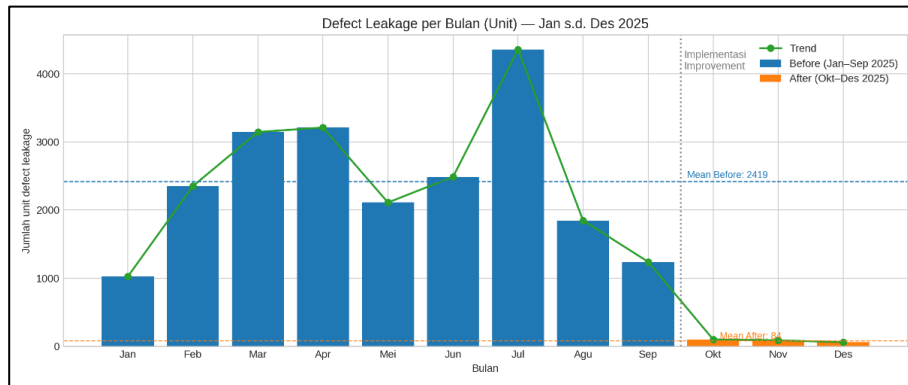
5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada proses produksi sikat gigi elektrik di PT PIB menggunakan metode *Six Sigma DMAIC*, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Permasalahan utama yang paling dominan adalah *defect leakage*, dengan jumlah 21.774 unit atau sebesar 60% dari total *defect* pada periode Januari–September 2025.
Hasil analisis menggunakan *Fishbone Diagram* menunjukkan bahwa akar penyebab *defect leakage* meliputi faktor:
 - a. *Method*: tidak adanya penggunaan *oil* pada proses *assembly top seal*,
 - b. *Machine*: tekanan udara pada *leakage tester* tidak stabil,
 - c. *Material*: *rubber seal* tidak sesuai spesifikasi / *mixed-up*,
 - d. *Man*: kurangnya ketelitian dan *skill operator*.
2. Nilai DPMO turun signifikan dari 5.356 ppm (level 4 *sigma*) menjadi 200 ppm (level 5 *sigma*) setelah *improvement*. Hal ini menunjukkan peningkatan kapabilitas proses yang sangat signifikan. Perbaikan yang dilakukan memberikan dampak ekonomi nyata, yaitu penghematan biaya *scrap* sebesar 24.228 USD per tahun, hasil dari penurunan persentase *defect* dari 2,25% menjadi 0,14% setelah *improvement*.

Tabel 4. *Result Before – After Improvement*

Parameter	Before	After	Perubahan
Leakage defect (unit)	21.774	253	↓ 98,8%
Defect rate	2,25%	0,14%	Turun 93,8%
DPMO (sigma)	≈5.356 ppm (≈4σ)	≈200 ppm (≈5σ)	Turun 96,2% / +1σ
Stabilitas P-Chart	9 titik OOC	Semua in-control	Proses stabil



Gambar 6. Grafik *Defect Leakage* Januari-Desember 2025

Secara keseluruhan, implementasi *DMAIC* terbukti efektif menurunkan *defect leakage* secara drastis sekaligus meningkatkan kapabilitas dan stabilitas proses. Keberhasilan ini digerakkan oleh kombinasi perbaikan teknis, kedisiplinan metode, pengendalian material, serta pengembangan kompetensi *operator*.

Daftar Pustaka

- [1] Anggamawarti, M.F., Pratikto, P., & Sumantri, Y. " The Application Of Six Sigma-*DMAIC* Method to Reduce Defects and Improve The Cartridge Case Process In Ammunition Company," *JEMIS*, 10(1), 50-59, 2022.
- [2] Bela, A., & Ratnasari, L., "Penerapan Metode Six Sigma pada Proses Produksi Injection Molding Tipe X di PT. ABC," *JUTIN*, 7(3), 2024.
- [3] Bittari, U. F., & Widharto, Y., "Analisis Implementasi Six Sigma... Produk Sepatu," 2023.
- [4] E. A. Sumarsono and Supriyati, "Pengendalian Kualitas Produk Printer Pada Proses Printing Menggunakan Metode Six Sigma Dengan Konsep *DMAIC* PT . Muramoto Elektronika Indonesia," *Pros. SAINTEK Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 1, pp. 242–253, 2024.
- [5] Fathurohman, D. M. H., et al., "Quality Improvement to Reduce Paper Bags Defects Using *DMAIC*," *IJIEM*, 4(3), 2023.
- [6] Firmansyah, rosyid, Khofiyah, N. A., & Suhendra, S., "Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Six Sigma *DMAIC* Untuk Menurunkan Cacat Produk Block Mesin 4TNV 107 Di PT. XYZ," *Matrik : Jurnal Manajemen Dan Teknik Industri Produksi*, 26(1), 57–68, 2025.
- [7] Imansuri, F., et al., "Reducing Defects Using *DMAIC* Methodology in an Automotive Industry," *Spektrum Industri*, 22(1), 2024.
- [8] Kristanto, M. R., & Abduh, M., "Penerapan *DMAIC* dalam Menurunkan Defect Canvas... PT XYZ," 2017.
- [9] Setiawan, B., Rimawan, E., & Saroso, D. S., "Quality Improvement Using the *DMAIC* Method in PVC Compounds," 2021.
- [10] Shofa, G.F., "Analisis Pengaruh Kualitas Produk dan Desain Produk Terhadap Keunggulan Bersaing Klinik Kecantikan Larissa," 2021.