

Peningkatan Kualitas Proses *Finishing* Kertas Koran Menggunakan Metode Six Sigma DMAIC dan FMEA: Studi Kasus di PT. ABC

Rr. Rochmoeljati^a, Andyas Mukti Pradanarka^{b*}, Rizqi Novita Sari^c

^{a, b, c} Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Gunung Anyar, Surabaya, 60294

* Corresponding author: dyasmukti.ft@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

PT. ABC menghadapi tantangan dalam mengendalikan cacat produk pada proses finishing kertas koran. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan meningkatkan kualitas proses dengan menerapkan metodologi DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) dari Six Sigma. Data cacat dari Juli hingga Desember 2024 dianalisis untuk mengidentifikasi jenis cacat dominan dan menghitung kinerja awal. Hasil penelitian mengungkap bahwa "Kertas Lubang" merupakan cacat terbesar (30,74%). Nilai kapabilitas proses awal adalah level sigma 3,73 (DPMO 12.878). Analisis FMEA mengidentifikasi "Kertas Lubang" sebagai prioritas dengan Risk Priority Number (RPN) tertinggi 448. Usulan perbaikan difokuskan pada faktor mesin dan operator, yang kemudian diimplementasikan. Hasilnya, kapabilitas proses meningkat signifikan menjadi level sigma 3,91 (DPMO 8.056) pada Maret 2025. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pendekatan DMAIC Six Sigma efektif untuk menurunkan defect dan meningkatkan kualitas. Direkomendasikan agar perusahaan menerapkan usulan pengendalian secara berkelanjutan dan menjadikan Six Sigma sebagai budaya dalam penyelesaian masalah.

Kata Kunci: Six Sigma, DMAIC, Kualitas, FMEA, DPMO.

ABSTRACT

PT. ABC faced challenges in controlling product defects in the newspaper finishing process. This research aimed to evaluate and improve process quality by implementing the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) methodology of Six Sigma. Defect data from July to December 2024 was analyzed to identify the dominant defect types and establish the initial performance baseline. The results revealed that "Hole in Paper" was the most significant defect (30.74%). The initial process capability was at a sigma level of 3.73 (12,878 DPMO). FMEA analysis identified "Hole in Paper" as the top priority with the highest Risk Priority Number (RPN) of 448. Improvement proposals focused on machine and human factors were implemented. Consequently, the process capability improved significantly to a sigma level of 3.91 (8,056 DPMO) by March 2025. This study concludes that the Six Sigma DMAIC approach is effective in reducing defects and enhancing quality. It is recommended that the company consistently implements the proposed control measures and institutionalizes Six Sigma as a problem-solving culture.

Keywords: Six Sigma, DMAIC, Quality, FMEA, DPMO.

1. Pendahuluan

PT. ABC sebagai salah satu perusahaan manufaktur penghasil kertas koran dan tabloid senantiasa berupaya mempertahankan daya saingnya di pasar. Salah satu strategi kunci yang ditempuh adalah dengan menghasilkan produk bermutu tinggi yang didukung oleh harga yang kompetitif [1]. Meskipun perusahaan telah menerapkan berbagai bentuk pengendalian kualitas, tantangan atas terjadinya *defect* atau cacat pada produk masih menjadi persoalan yang berulang. Fenomena ini mengindikasikan bahwa sistem pengendalian yang ada belum sepenuhnya efektif dalam mengidentifikasi dan memutuskan mata rantai penyebab cacat, yang dapat bersumber dari berbagai faktor seperti kondisi mesin, metode kerja [2], kualitas bahan baku, maupun faktor manusia (*human error*). Oleh karena itu, upaya sistematis dan terstruktur untuk menganalisis akar permasalahan dan melakukan perbaikan berkelanjutan mutlak diperlukan [3].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan meningkatkan kualitas produk kertas koran dengan mengimplementasikan metodologi DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dari *Six Sigma*. Pendekatan ini dipilih karena telah terbukti efektif dalam mengurangi variasi dan cacat proses di berbagai industri manufaktur [4]. Secara ringkas, tahapan yang akan dilakukan meliputi: (1) *Define*, dengan memfokuskan pada produk kertas koran dan identifikasi jenis-jenis *defect*; (2) *Measure*, dengan menghitung kinerja proses melalui *Defect per Million Opportunities* (DPMO) dan level kapabilitas proses sigma; (3) *Analyze*, untuk mengidentifikasi akar penyebab dominan dari cacat yang terjadi; (4) *Improve*, dengan merumuskan usulan perbaikan berbasis analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA); serta (5) *Control*, yang berupa usulan tindakan pengendalian untuk mempertahankan hasil perbaikan.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah "Bagaimana melakukan peningkatan kualitas dengan menurunkan *defect* pada produk kertas koran menggunakan siklus DMAIC dari metode *Six Sigma* di PT. ABC?". Untuk menjawab pertanyaan ini, tujuan penelitian dirumuskan sebagai berikut: (1) Mengidentifikasi jenis kecacatan dengan proporsi terbesar yang terjadi pada proses finishing; (2) Menentukan tingkat cacat proses dalam skala sigma sebelum dan setelah usulan perbaikan; serta (3) Menurunkan tingkat *defect* yang terjadi pada proses finishing. Agar penelitian tetap fokus dan terarah, beberapa batasan diterapkan. Pertama, objek penelitian dibatasi hanya pada produk kertas koran *News Print* dengan kualitas tipe CW pada proses *finishing*. Kedua, penelitian ini tidak melakukan analisis biaya (*cost analysis*) terhadap usulan perbaikan yang dihasilkan. Ketiga, penelitian ini hanya mencakup satu siklus DMAIC lengkap, di mana tahap *Control* dibatasi pada pemberian usulan pengendalian dan belum pada tahap implementasi dan pemantauan jangka panjang. Penelitian ini juga berlandaskan pada beberapa asumsi kunci. Pertama, proses produksi diasumsikan berjalan dalam kondisi yang stabil selama periode penelitian berlangsung. Kedua, seluruh karyawan dianggap bekerja sesuai dengan *Standard Operating Procedure* (SOP) yang telah ditetapkan perusahaan. Ketiga, karyawan memiliki kompetensi dan kemampuan untuk melaksanakan perbaikan serta pengendalian yang diusulkan. Keempat, kondisi lingkungan internal pabrik, seperti suhu dan kelembaban, diasumsikan tetap dan berjalan normal.

Aplikasi *Six Sigma* DMAIC telah lama diakui sebagai metodologi yang *powerful* untuk menekan variasi dan angka cacat [5], [6] di berbagai sektor industri manufaktur [7], [8]. Bukti keefektifannya dapat ditemukan dalam konteks yang beragam, mulai dari industri otomotif [9], komponen elektronik [10], konstruksi [11], hingga manufaktur makanan [12] dan layanan Kesehatan [13]. Secara spesifik di industri sejenis, yakni industri kertas dan kemasan berhasil meningkatkan kualitas kertas kemasan dengan

tools statistik dalam kerangka DMAIC [14]. Demikian pula, Singh & Rathi (2023) dalam studi literatur sistematisnya menyimpulkan bahwa integrasi *Lean* dan *Six Sigma* sangat efektif untuk menyelesaikan masalah *waste* dan *defect* di industri proses [15].

Namun, kebaruan dan kontribusi spesifik penelitian ini hadir untuk menjawab beberapa celah dari studi-studi terdahulu. Pertama, meskipun banyak penelitian seperti yang dilakukan di industri kertas kemasan [14], fokus pada proses *finishing* kertas koran dengan karakteristik defect yang sangat spesifik (seperti *web break*, *misprint*, dan *staining* yang mengganggu kebacaannya) masih sangat terbatas. Kedua, penelitian ini tidak hanya sekedar menerapkan DMAIC, tetapi memperkuat fase *Improve* dengan analisis kuantitatif dan kualitatif yang menggunakan FMEA, sebuah integrasi yang telah terbukti ampuh di industri lain [16], [17] namun belum banyak diimplementasikan dan dilaporkan secara komprehensif untuk lini produk kertas koran. Ketiga, konteks operasional dan permasalahan unik di PT. ABC, memberikan bukti empiris baru yang memperkaya khasanah penerapan Six Sigma di Indonesia, berbeda dengan konteks yang telah diteliti sebelumnya di perusahaan lain [18], [19], [20].

Dengan demikian, penelitian ini bukan hanya replikasi, melainkan sebuah adaptasi dan spesialisasi metodologi DMAIC dan FMEA yang ditujukan untuk memecahkan masalah yang sangat spesifik pada produk yang sangat khusus, yang membedakannya dari penelitian-penelitian sebelumnya di industri sejenis. Penelitian ini akan melengkapi temuan sebelumnya dengan memberikan bukti empiris dan solusi yang terukur untuk masalah defect pada produk kertas koran, yang memiliki karakteristik dan standar kualitas yang berbeda dengan produk kertas lainnya, sekaligus memperkuat integrasi antara DMAIC dan FMEA sebagai sebuah kerangka kerja yang komprehensif.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Konsep Dasar dan Filosofi Six Sigma

Six Sigma pada hakikatnya merupakan suatu metodologi peningkatan kualitas yang sistematis dan data-driven. Istilah "Sigma" sendiri berasal dari abjad Yunani (σ) yang dalam statistik merepresentasikan standar deviasi, suatu ukuran yang mengkuantifikasi variasi atau persebaran suatu set data dari nilai rata-ratanya [21]. Dalam konteks kualitas, nilai sigma mengindikasikan seberapa sering suatu proses menghasilkan produk yang cacat. Semakin tinggi tingkat sigma, semakin kecil variasi proses dan semakin rendah kemungkinan terjadinya kecacatan, yang pada akhirnya menandakan kapabilitas proses yang semakin baik [22].

Secara definisi, *Six Sigma* adalah sebuah sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mendukung, dan memaksimalkan hasil bisnis. Fokus utamanya adalah pada pemahaman mendalam terhadap kebutuhan pelanggan dengan menggunakan fakta, data, dan analisis statistik, disertai dengan komitmen untuk mengelola, memperbaiki, dan meninjau ulang proses bisnis secara berkelanjutan [23]. Berbeda dengan program peningkatan kualitas konvensional, *Six Sigma* merupakan sebuah pendekatan strategis yang melibatkan seluruh level organisasi untuk secara proaktif menyingkirkan cacat, dengan dampak langsung pada peningkatan profitabilitas dan kepuasan pelanggan [24].

Tujuan kuantitatif dari Six Sigma adalah untuk mencapai kinerja proses di mana tingkat kecacatan tidak lebih dari 3,4 defect per juta kesempatan (DPMO), yang setara dengan tingkat akurasi 99,99966%. Capaian ini yang kemudian disebut sebagai level "Enam Sigma" [22].

2.2 Pengukuran Kinerja dalam Six Sigma

Pengukuran dalam *Six Sigma* berfokus pada identifikasi dan reduksi *defect*, yang didefinisikan sebagai setiap kejadian di mana produk atau jasa gagal memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh pelanggan. Secara umum, *defect* dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu *defect major* atau cacatan pada produk yang menyebabkan produk tersebut tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan *defect minor* atau kecacatan pada yang tidak menghilangkan fungsi utamanya, sehingga produk masih dapat digunakan. Untuk mengukur kinerja proses, Six Sigma menggunakan beberapa metrik kunci:

1) *Defect per Opportunity* (DPO)

DPO menunjukkan proporsi atau peluang terjadinya sebuah *defect* dalam satu unit produk. Rumus perhitungannya adalah:

$$DPO = \frac{\text{Jumlah Defect}}{(\text{Jumlah Unit} \times \text{Peluang Defect per Unit})} \quad (1)$$

2) *Defect per Million Opportunities* (DPMO)

DPMO adalah metrik yang lebih universal yang mengkonversi DPO ke dalam skala satu juta kesempatan. Metrik ini memudahkan perbandingan kinerja antar proses yang berbeda kompleksitasnya. Dalam lingkungan manufaktur, DPMO sering disamakan dengan *Parts Per Million* (PPM).

$$\begin{aligned} DPMO \\ = DPO \times 1,000,000 \end{aligned} \quad (2)$$

3) Tingkat Sigma Proses

Nilai DPMO yang telah dihitung kemudian dikonversi menjadi Tingkat Sigma proses. Konversi ini memberikan gambaran yang intuitif tentang seberapa baik kinerja suatu proses. Tabel konversi standar, yang pertama kali dipopulerkan oleh para pelopor seperti Gaspersz (2002), hingga kini tetap relevan sebagai acuan (Tabel 1). Penelitian terbaru oleh Singh & Rathi (2023) menegaskan bahwa konversi DPMO ke level sigma ini merupakan langkah kritis dalam fase *Measure* untuk menetapkan baseline kinerja.

Tabel 1. Konversi Tingkat Sigma terhadap DPMO

| Tingkat Sigma | DPMO | Yield (%) |
|---------------|---------|-----------|
| 1σ | 691,462 | 30.9% |
| 2σ | 308,538 | 69.2% |
| 3σ | 66,807 | 93.3% |
| 4σ | 6,210 | 99.4% |
| 5σ | 233 | 99.98% |
| 6σ | 3.4 | 99.9997% |

Sumber: *A Guide to Six Sigma and Process Improvement for Practitioners and Students* [22]

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan mengadopsi metodologi DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dari *Six Sigma*. Tahapan diawali dengan *Define*

untuk memfokuskan objek pada produk kertas koran jenis CW dan mengidentifikasi jenis defect di proses *finishing*. Selanjutnya, tahap *Measure* mengumpulkan data *defect* untuk menghitung kinerja awal proses melalui DPMO dan level sigma. Pada tahap *Analyze*, Diagram Pareto dan *Fishbone* digunakan untuk mengidentifikasi defect prioritas dan akar penyebabnya yang terkait dengan variabel bebas. Berdasarkan analisis tersebut, tahap *Improve* merumuskan usulan perbaikan yang dievaluasi menggunakan FMEA untuk mengantisipasi risiko. Mengingat batasan penelitian, tahap *Control* berfokus pada penyusunan usulan tindakan pengendalian untuk mempertahankan hasil perbaikan, seperti revisi SOP dan rekomendasi pemantauan rutin.

Variabel penelitian terbagi menjadi dua kategori. Variabel bebas sebagai faktor penyebab meliputi: kondisi mesin, material (bahan baku), metode/parameter proses, faktor operator (manusia), dan kondisi lingkungan. Sementara itu, variabel terikat sebagai akibat yang diukur adalah jenis-jenis *defect* yang muncul (seperti lubang dan sobek tepi) serta tingkat defect proses yang tercermin dari nilai DPMO dan level sigma. Penelitian ini dilakukan di PT. ABC, dengan menggunakan data sekunder dari laporan *Quality Control* dan data primer dari observasi lapangan serta wawancara untuk mendukung analisis akar penyebab.

4. Hasil dan Pembahasan

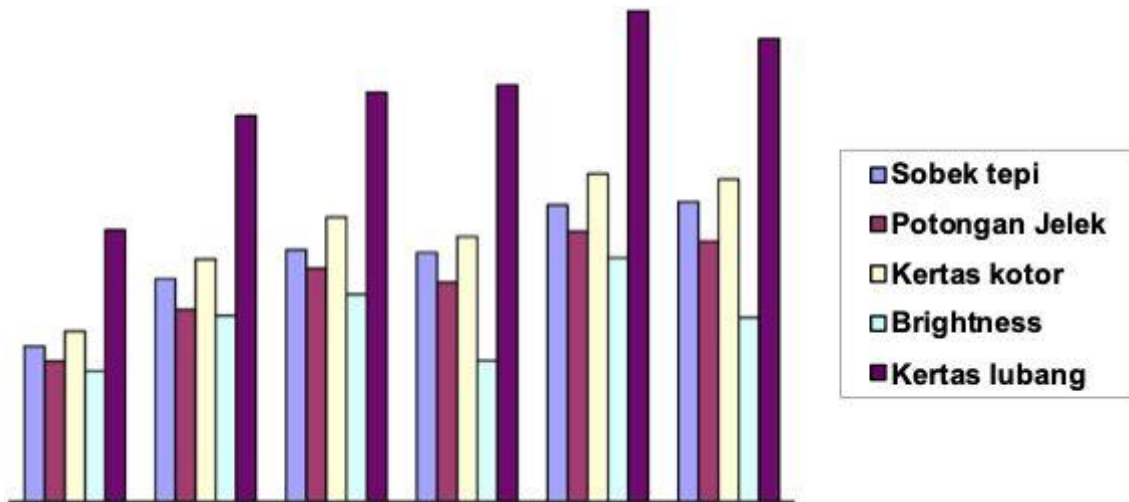
4.1 Identifikasi dan Analisis Jenis Defect

Berdasarkan data *defect* selama enam bulan (Juli sampai Desember 2024) pada proses *finishing*, dapat diidentifikasi lima jenis *defect* utama seperti yang tercantum pada Tabel 2. Data ini menjadi dasar untuk menentukan prioritas perbaikan.

Tabel 2. Rekapitulasi Data *Defect* Proses *Finishing*

| Bulan | Sobek tepi | Potongan Jelek | Kertas Kotor | Brightness | Kertas Lubang |
|---------------|--------------|----------------|--------------|-------------|---------------|
| Juli | 1230 | 1112 | 1352 | 1035 | 2158 |
| Agustus | 1768 | 1523 | 1925 | 1475 | 3069 |
| September | 2001 | 1854 | 2258 | 1643 | 3254 |
| Oktober | 1978 | 1738 | 2105 | 1116 | 3312 |
| November | 2356 | 2145 | 2606 | 1936 | 3897 |
| Desember | 2381 | 2068 | 2563 | 1459 | 3678 |
| Jumlah | 11714 | 10440 | 12809 | 8664 | 19368 |

Dari Tabel 1, "Kertas Lubang" merupakan jenis defect dengan frekuensi tertinggi, yaitu 19.368 kejadian, yang menyumbang sekitar 30,7% dari total defect selama periode tersebut. "Kertas Kotor" dan "Sobek Tepi" masing-masing menempati posisi kedua dan ketiga. Hasil ini menunjukkan bahwa ketiga jenis defect ini menjadi penyumbang terbesar terhadap masalah kualitas dan harus menjadi fokus utama dalam tahap perbaikan. Sebuah diagram Pareto (gambar 1) akan memperjelas temuan ini, di mana sekitar 80% dari masalah kualitas (*vital few*) kemungkinan besar disebabkan oleh 2-3 jenis *defect* teratas ini.



Gambar 1. Pareto untuk produk dan defect pada bagian Finishing

4.2 Kapabilitas Proses Awal (Baseline Performance)

Sebelum usulan perbaikan diimplementasikan, kapabilitas proses diukur sebagai baseline. Perhitungan DPMO dan Level Sigma disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Kapabilitas Proses *Finishing* (Baseline)

| Bulan | Total Produk | Total Defect | DPMO | Sigma | CTQ |
|------------------|--------------|--------------|--------|--------------|-----|
| Juli | 100.568 | 6.887 | 13.696 | 3,706 | 5 |
| Agustus | 148.246 | 9.760 | 13.167 | 3,7213 | 5 |
| September | 175.637 | 11.010 | 12.537 | 3,7403 | 5 |
| Oktober | 159.013 | 10.249 | 12.890 | 3,7296 | 5 |
| November | 217.970 | 12.940 | 11.873 | 3,7613 | 5 |
| Desember | 185.406 | 12.149 | 13.105 | 3,7232 | 5 |
| Total | 986.840 | 62995 | - | - | - |
| Rata-rata | | | | 3,730 | |

Berdasarkan Tabel 3, kinerja proses *finishing* sebelum perbaikan memiliki nilai DPMO rata-rata sebesar 12.878 dan level sigma rata-rata sebesar 3,730. Ini berarti untuk setiap satu juta kesempatan terjadinya defect, proses tersebut menghasilkan sekitar 12.878 unit cacat. Level sigma 3,73 ini masih berada di bawah standar kinerja kelas dunia (yang menargetkan 6 Sigma) dan bahkan di bawah rata-rata industri manufaktur umumnya (yang seringkali berada di level 4 Sigma). Nilai ini mengonfirmasi bahwa terdapat ruang yang signifikan untuk perbaikan kualitas.

4.3 Hasil Implementasi Perbaikan dan Analisis Perbandingan

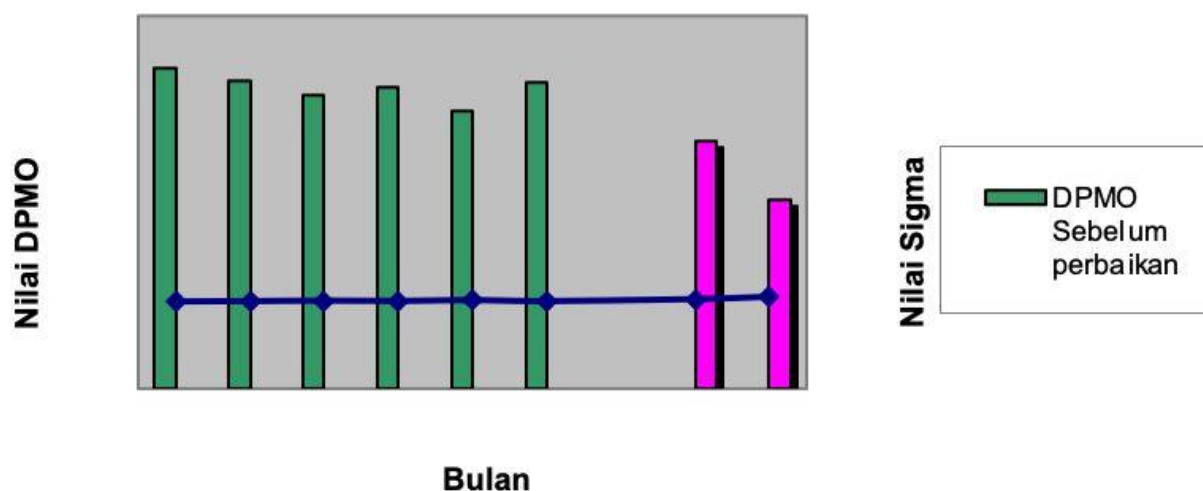
Setelah usulan perbaikan diimplementasikan, kinerja proses diukur kembali pada Februari dan Maret 2025. Perbandingan yang detail antara kondisi sebelum dan sesudah perbaikan disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan DPMO dan Level Sigma Sebelum dan Sesudah Perbaikan

| | Sebelum Perbaikan | | | | | | Setelah Perbaikan | |
|----------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|---------|
| | Jul | Agust | Sept | Okt | Nov | Des | Feb | Mar |
| Total Produksi | 100.568 | 148.246 | 175.637 | 159.013 | 217.970 | 185.406 | 200.216 | 214.796 |
| Total Defect | 6887 | 9760 | 11010 | 10249 | 12940 | 12149 | 10579 | 8652 |
| CTQ | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| DPMO | 13.696 | 13.167 | 12.537 | 12.890 | 11.873 | 13.105 | 10.567 | 8.056 |
| Sigma | 3,706 | 3,713 | 3,7403 | 3,7296 | 3,7613 | 3,7232 | 3,8056 | 3,9064 |

Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa usulan perbaikan yang diterapkan terbukti efektif. Terjadi penurunan DPMO yang signifikan dari rata-rata 12.878 menjadi 10.567 (Februari) dan kemudian 8.056 (Maret). Demikian pula, level sigma mengalami peningkatan dari rata-rata 3,730 menjadi 3,806 dan akhirnya 3,906.

Sebuah histogram perbandingan (Gambar 2) akan memperjelas tren positif ini. Sumbu horizontal (X) akan menampilkan bulan (dari Juli 2024 hingga Maret 2025), sementara sumbu vertikal ganda dapat menampilkan nilai DPMO (batang) dan Level Sigma (garis). Grafik tersebut akan secara visual menunjukkan pola penurunan DPMO dan kenaikan Level Sigma yang konsisten pasca-implementasi perbaikan, mengonfirmasi keberhasilan intervensi.



Gambar 2. Histogram Perbandingan DPMO dan Level Sigma Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Grafik batang DPMO menunjukkan batang tinggi (12.000-14.000) dari Juli-Des 2024, lalu turun drastis pada Feb dan Mar 2025. Garis Level Sigma menunjukkan tren kebalikannya, naik dari posisi ~3,73 menjadi mendekati 3,91.

4.4 Pembahasan Efektivitas dan Implikasi

Peningkatan level sigma dari 3,73 menjadi 3,91 dalam waktu singkat membuktikan efektivitas pendekatan DMAIC dan FMEA dalam mengatasi akar penyebab defect, khususnya pada defect dominan "Kertas Lubang". Peningkatan sebesar 0,18 point sigma ini setara dengan pengurangan defect sekitar 37% (dihitung dari selisih DPMO rata-rata sebelum dan sesudah). Keberhasilan ini dapat dikaitkan dengan usulan perbaikan yang tepat sasaran, yang kemungkinan besar berfokus pada faktor-faktor penyebab dari variabel bebas yang telah diidentifikasi sebelumnya, seperti penyesuaian parameter mesin (Metode), peningkatan kualitas bahan baku (Material), atau pelatihan ulang untuk operator (Manusia). Tahap Control yang diusulkan, seperti revisi SOP dan pemantauan rutin, sangat krusial untuk memastikan bahwa kinerja yang lebih baik ini tidak hanya bersifat sementara tetapi dapat dipertahankan dan ditingkatkan lebih lanjut hingga mencapai level 4 Sigma dan seterusnya.

4.5 Usulan Perbaikan

Berdasarkan temuan penelitian, berikut adalah saran yang dapat diberikan kepada PT. ABC:

- 1) Fokus pada Perbaikan Teknis dan Preventif: Sebaiknya fokus perbaikan proses ditujukan pada:
 - Pengontrolan ketat terhadap kecepatan paper machine.

- Melakukan penggantian pisau mesin secara intensif berdasarkan jadwal preventive dan bukan menunggu tumpul.
 - Mengganti komponen kritis paper machine secara rutin, disarankan tidak lebih dari setahun sekali.
 - Membuat dan menegakkan schedule perawatan mesin dan peralatan secara konsisten.
 - Melibatkan operator dalam program pelatihan khusus untuk meningkatkan keterampilan dan kewaspadaan.
- 2) Institusionalisasi dan Pengendalian Berkelanjutan:
- Mengimplementasikan metode Six Sigma secara berkelanjutan sebagai framework standar untuk menilai dan meningkatkan kapabilitas proses.
 - Untuk mendekati target Six Sigma sebesar 3.4 DPMO, tingkat kewaspadaan terhadap semua faktor yang berpengaruh (mesin, material, metode, manusia, dan lingkungan) harus selalu dijaga. Usulan pengendalian yang telah dirumuskan (seperti inspeksi intensif, pemberian sanksi tegas, penjadwalan perawatan, dan trial and error untuk mendapatkan setting mesin yang optimal) perlu diterapkan secara disiplin.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di PT. ABC, dapat disimpulkan bahwa jenis defect yang paling banyak ditemukan pada proses finishing kertas koran selama enam bulan periode penelitian adalah Kertas Lubang (30.74%), diikuti oleh Kertas Kotor (20.33%), Sobek Tepi (18.59%), Potongan Jelek (16.57%), dan Brightness (13.75%). Kertas Lubang merupakan vital few yang menjadi kontributor utama masalah kualitas.

Nilai kapabilitas proses (level sigma) sebelum perbaikan (Juli-Desember 2005) berkisar antara 3.706 hingga 3.761, dengan kinerja rata-rata di level sigma 3.73. Setelah usulan perbaikan diimplementasikan, kapabilitas proses terbukti meningkat menjadi 3.806 pada Februari 2006 dan 3.906 pada Maret 2006. Ini membuktikan efektivitas pendekatan DMAIC Six Sigma dalam meningkatkan kualitas.

Berdasarkan analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), jenis defect Kertas Lubang memiliki Risk Priority Number (RPN) tertinggi, yaitu 448. Hal ini mengonfirmasi temuan sebelumnya dan mengidentifikasinya sebagai area paling kritis yang memerlukan tindakan perbaikan segera untuk menurunkan risiko kegagalan proses.

Bagi penelitian yang akan datang, disarankan untuk melakukan penelitian dengan lebih dari satu siklus DMAIC lengkap dan mencakup tahap Control yang melibatkan implementasi serta pemantauan jangka panjang untuk menguji keberlanjutan hasil perbaikan. Mengintegrasikan analisis biaya yang timbul dari usulan perbaikan dan dampak finansial dari penurunan defect untuk mengevaluasi kelayakan ekonomi dari proyek peningkatan kualitas. Mengeksplorasi integrasi alat kualitas lain seperti Design of Experiments (DOE) pada tahap Improve untuk mengoptimasi parameter proses, atau mengintegrasikan framework Lean Six Sigma untuk sekaligus mengurangi pemborosan (waste) di rantai produksi.

Pustaka

- [1] J. Antony, "Readiness factors for the Lean Six Sigma journey in the higher education sector," *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 63, no. 2, pp. 257–264, 2014, doi: 10.1108/IJPPM-04-2013-0077.
- [2] A. Soares Ito, T. Ylipää, P. Gullander, J. Bokrantz, and A. Skoogh, "Prioritisation of root cause analysis in production disturbance management," *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 39, no. 5, pp. 1133–1150, Jun. 2021, doi: 10.1108/IJQRM-12-2020-0402.
- [3] A. Zonnenshain and R. Kenett, "Quality 4.0—the challenging future of quality engineering," *Qual Eng*, vol. 32, pp. 1–13, Feb. 2020, doi: 10.1080/08982112.2019.1706744.
- [4] E. Psomas, E. Keramida, and N. Bouranta, "Practical implications of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma in the public administration sector: a systematic literature review," *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 13, no. 6, pp. 1277–1307, Mar. 2022, doi: 10.1108/IJLSS-04-2021-0078.
- [5] E. Psomas and J. Antony, "The effectiveness of the ISO 9001 quality management system and its influential critical factors in Greek manufacturing companies," *Int J Prod Res*, vol. 53, Apr. 2015, doi: 10.1080/00207543.2014.965353.
- [6] S. Amoo, S. Abiodun, and S. Oladele, "The Role of Leadership in Successful Lean Six Sigma Implementation in Engineering Projects," Jan. 2025.
- [7] F. J. Alarcón, M. Calero, M. Á. Martín-Lara, and S. Pérez-Huertas, "An Integrated Lean and Six Sigma Framework for Improving Productivity Performance: A Case Study in a Spanish Chemicals Manufacturer," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 14, no. 23, Dec. 2024, doi: 10.3390/app142310894.
- [8] R. Kusumawardani and A. A. Widyatmoko, "Enhancing Pharma Manufacturing Efficiency: Integrating Lean Six Sigma and Fuzzy FMEA for Waste Reduction," *Spektrum Industri*, vol. 22, no. 2, pp. 179–192, Oct. 2024, doi: 10.12928/si.v22i2.199.
- [9] M. G. Cabeça, I. B. da Silva, L. Montanari, A. R. Rodrigues, S. B. Shiki, and G. F. Barbosa, "Toward the integration of an updated Lean Six Sigma in automotive industry: a survey and case study," *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 16, no. 6, pp. 1469–1495, May 2025, doi: 10.1108/IJLSS-10-2024-0231.
- [10] W. Utami, A. Ma'aram, and M. Hisjam, "Six Sigma Implementation in Production Process in Electronic Company Malaysia," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1096, p. 012012, Mar. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1096/1/012012.
- [11] F. Febriansyah, N. Ilmi, and A. Lawi, "Penerapan Metode Six Sigma dalam Menganalisis dan Menanggulangi Defect Rate pada Pengelasan Tubular," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 1, p. 128, Dec. 2022, doi: 10.30659/jurti.1.2.128-137.
- [12] N. Azalan and S. Lim, "A Systematic Review of Lean Six Sigma Implementation in Food Industry," *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 7, p. 319, Dec. 2019, doi: 10.14419/ijet.v7i4.14.27664.
- [13] M. Reis, M. Abreu, C. Campos, and F. de Souza, "DMAIC in improving patient care processes: evaluation based on a systematic review from the perspective of Lean Six Sigma in healthcare," *Revista Meta: Avaliação*, vol. 0, p. 75, Nov. 2023, doi: 10.22347/2175-2753v0i0.4054.
- [14] D. M. Fathurohman, I. N. Dewi, and F. Firman, "Quality Improvement to Reduce Paper Bags Defects Using DMAIC Method in Cement Industry," *IJIEM - Indonesian Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 4, no. 3, p. 624, Dec. 2023, doi: 10.22441/ijiem.v4i3.22041.
- [15] M. Singh, "A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors," *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 10, Dec. 2018, doi: 10.1108/IJLSS-03-2018-0018.

- [16] F. Rochmatullah and R. Rusindiyanto, "A Application of Six Sigma and FMEA Methods for Defect Reduction in Woven Bag Production," *ITEJ (Information Technology Engineering Journals)*, vol. 10, pp. 119–131, Jun. 2025, doi: 10.24235/itej.v10i1.215.
- [17] M. S. Islam Khan, S. Sushil, and S. Tushar, "MINIMIZATION OF DEFECTS IN THE FABRIC SECTION THROUGH APPLYING DMAIC METHODOLOGY OF SIX SIGMA: A CASE STUDY," vol. 9, pp. 16–24, Sep. 2020.
- [18] Fahmi Arif Fajar, Mumu Komaro, and Wiku Larutama, "Penerapan Metode Six Sigma untuk Meminimalkan Produk Cacat pada UMKM X di Industri Manufaktur Sepatu," *JURAL Riset Rumpun Ilmu Teknik*, vol. 4, no. 2, pp. 185–197, Jun. 2025, doi: 10.55606/jurritek.v4i2.5646.
- [19] H. Hakim Hidajat and A. Momon Subagyo, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk X Dengan Metode Six Sigma (DMAIC) Pada PT. XYZ," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 8, no. 9, pp. 234–242, 2022, doi: 10.5281/zenodo.6648878.
- [20] S. R. F. Semnasti and R. Z. Semnasti, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Pada PT. XYZ Menggunakan Metode Six Sigma DMAIC," *WALUYO JATMIKO PROCEEDING*, pp. 1–10, Nov. 2023, doi: 10.33005/wj.v16i1.28.
- [21] Douglas C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, 8th ed. John Wiley & Sons, 2019.
- [22] H. S. Gitlow, R. J. Melnyck, and D. M. Levine, "A Guide to Six Sigma and Process Improvement for Practitioners and Students: Foundations, DMAIC, Tools, Cases, and Certification," 2019.
- [23] P. S. Pande, R. P. Neuman, and R. R. Cavanaugh, *Six Sigma Way: How to Maximize the Impact of Your Change and Improvement Efforts*, 2nd Edition. New York: McGraw-Hill Education, 2014. [Online]. Available: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071497329>
- [24] J. Antony and R. Banuelas, "Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program," *Measuring Business Excellence*, vol. 6, pp. 20–27, Dec. 2002, doi: 10.1108/13683040210451679.