

Pengendalian Kualitas Sablon DTF Menggunakan DMAIC-FMEA pada UMKM Surabaya

Henry Galajaya^{1*}, Credendo Elfrain Arely²

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Darma Cendika

Email: henry.243205008@student.ukdc.ac.id

ABSTRAK

Industri sablon *Direct to Film* (DTF) pada sektor Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) menghadapi tantangan dalam menjaga konsistensi kualitas produk akibat variasi proses produksi yang menyebabkan terjadinya *defect*. Penelitian ini bertujuan untuk mengendalikan kualitas proses produksi sablon DTF melalui integrasi metode *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Penelitian dilakukan pada salah satu UMKM sablon DTF di Surabaya menggunakan pendekatan kuantitatif berdasarkan data produksi dan kecacatan produk. Tahapan DMAIC digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan kualitas, mengukur kapabilitas proses, menganalisis akar penyebab, serta menyusun rekomendasi perbaikan, sedangkan FMEA digunakan untuk menentukan prioritas risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasil penelitian menunjukkan total produksi sebesar 3.857 unit dengan jumlah defect sebanyak 464 unit. Hasil pengukuran kapabilitas proses menghasilkan nilai DPMO sebesar 24.060,2 dengan level sigma 3,49. Berdasarkan analisis FMEA, prioritas perbaikan tertinggi terdapat pada moda kegagalan suhu curing tidak optimal dengan nilai RPN sebesar 252. Integrasi DMAIC-FMEA mampu memberikan pendekatan sistematis dalam menentukan prioritas perbaikan untuk meningkatkan kualitas proses produksi sablon DTF pada UMKM.

Kata Kunci: Pengendalian Kualitas, DMAIC, FMEA, Sablon DTF, UMKM

ABSTRACT

The Direct to Film (DTF) printing industry in Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) faces challenges in maintaining product quality consistency due to production process variations that may cause defects. This study aims to control the quality of DTF printing production processes through the integration of Define, Measure, Analyze, Improve, Control (DMAIC) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) methods. The research was conducted at a DTF printing MSME in Surabaya using a quantitative approach based on production and defect data. The DMAIC stages were applied to identify quality problems, measure process capability, analyze root causes, and develop improvement recommendations, while FMEA was used to prioritize risks based on the Risk Priority Number (RPN). The results showed a total production of 3,857 units with 464 defective units. Process capability analysis resulted in a DPMO value of 24,060.2 and a sigma level of 3.49. Based on the FMEA analysis, the highest improvement priority was identified in the failure mode of suboptimal curing temperature with an RPN value of 252. The integration of DMAIC-FMEA provides a systematic approach to determining improvement priorities and enhancing the quality control of DTF printing processes in MSMEs.

Keywords: Quality Control, DMAIC, FMEA, DTF Printing, MSMEs

1. Pendahuluan

Perkembangan industri percetakan digital di Indonesia mengalami pertumbuhan yang signifikan seiring meningkatnya permintaan terhadap produk sandang dengan desain kreatif dan diproduksi dalam waktu singkat. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah *Direct to Film* (DTF), yakni metode sablon digital yang mencetak desain pada film PET (*Polyethylene Terephthalate*) sebelum ditransfer ke kain menggunakan *heat press*. Dibandingkan metode sablon konvensional, DTF menawarkan keunggulan berupa hasil cetak detail tinggi, warna tajam, dan kompatibilitas dengan berbagai jenis bahan tekstil. Keunggulan tersebut menjadikan teknologi DTF banyak diadopsi oleh pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) sebagai upaya meningkatkan daya saing di tengah kompetisi industri yang semakin ketat.

Meskipun demikian, peningkatan permintaan pasar turut memunculkan tuntutan terhadap kualitas produk yang lebih tinggi. Konsumen tidak hanya mengharapkan kecepatan produksi, tetapi juga menuntut sablon dengan warna sesuai desain, posisi cetak yang presisi, daya rekat optimal, dan bebas dari kecacatan. Produk yang tidak memenuhi spesifikasi berpotensi memicu penolakan konsumen, peningkatan biaya akibat *rework* dan *scrap*, pemborosan bahan baku, keterlambatan pengiriman, hingga penurunan reputasi usaha. Oleh karena itu, pengendalian kualitas menjadi aspek kritis yang harus diterapkan secara sistematis dan berkelanjutan.

UMKM sablon XYZ yang berlokasi di Surabaya, Jawa Timur, merupakan pelaku usaha jasa sablon digital berbasis teknologi DTF. Berdasarkan observasi awal dan data produksi selama periode penelitian (November 2025-April 2026), proses produksi masih menunjukkan berbagai jenis kecacatan, meliputi tinta retak, cetakan miring, warna tidak sesuai, noda tinta, dan tinta tidak menempel. Berdasarkan observasi awal dan data produksi selama periode November 2025-April 2026, masih ditemukan berbagai jenis kecacatan, meliputi tinta retak, cetakan miring, warna tidak sesuai, noda tinta, dan tinta tidak menempel. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kinerja kualitas proses masih memerlukan evaluasi lebih lanjut. Status kestabilan statistik proses selanjutnya dianalisis menggunakan P-chart pada tahap Measure.

Pengendalian kualitas dapat dilakukan melalui pendekatan Six Sigma dengan kerangka DMAIC yang terdiri atas tahap Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi masalah, pengukuran kinerja proses, analisis penyebab, penyusunan usulan perbaikan, dan rencana pengendalian secara sistematis (Sharma et al., 2022; Mittal et al., 2023). Dalam penelitian ini, FMEA digunakan pada tahap **Improve** untuk memprioritaskan risiko berdasarkan nilai **Risk Priority Number** (RPN). Metodologi DMAIC merupakan tulang punggung implementasi *Six Sigma* sebagai pendekatan *problem-solving* terstruktur yang terdiri dari lima fase. Tahap *Define* mengidentifikasi masalah dan mendefinisikan ruang lingkup proyek melalui identifikasi *Critical to Quality* (CTQ). Tahap *Measure* mengukur *baseline* kinerja proses melalui peta kontrol statistik dan perhitungan DPMO. Tahap *Analyze* mengidentifikasi akar penyebab masalah menggunakan diagram pareto dan fishbone diagram. Tahap *Improve* merumuskan solusi perbaikan berdasarkan temuan analisis. Tahap *Control* memastikan perbaikan berkelanjutan melalui standarisasi dan monitoring (Mittal et al., 2023).

(Cahyono & Utomo, 2024) mengaplikasikan DMAIC pada industri *flexible packaging* dan memperoleh level sigma 3,97 dengan DPMO 6.701,046 pada mesin rotogravure. (Pramudya Wardana & Widiasih, 2023) berhasil menurunkan persentase cacat dari 3,42% menjadi 1,14% pada perusahaan percetakan kemasan kertas melalui implementasi DMAIC dan FMEA. Selain itu, (Condé et al., 2023) menunjukkan bahwa integrasi DMAIC dan *Lean Six Sigma* mampu mendukung pengurangan *defect* melalui identifikasi akar penyebab dan penerapan tindakan perbaikan secara sistematis pada proses manufaktur. Ketiga studi tersebut menunjukkan bahwa pendekatan DMAIC efektif dalam mengidentifikasi permasalahan kualitas, menentukan akar penyebab, serta menyusun strategi perbaikan berbasis data. Penggunaan alat seperti P-chart, diagram pareto, dan analisis penyebab menjadi dasar yang memperkuat relevansi pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini.

P-chart digunakan untuk mengevaluasi kestabilan proporsi unit cacat dari waktu ke waktu, sedangkan DPO, DPMO, dan level sigma digunakan untuk menggambarkan kinerja kualitas berbasis peluang cacat (Montgomery, 2009; Mittal et al., 2023). Diagram Pareto digunakan untuk menentukan jenis cacat yang memberikan kontribusi terbesar, sedangkan FMEA melengkapi analisis dengan mempertimbangkan **Severity**, **Occurrence**, dan **Detection** dalam penentuan prioritas risiko.

Diagram Pareto adalah alat analisis yang mengidentifikasi dan memprioritaskan masalah berdasarkan frekuensi kemunculannya, mengacu pada prinsip 80/20 bahwa sekitar 80% permasalahan disebabkan oleh 20% jenis penyebab. Dalam konteks pengendalian kualitas, diagram pareto membantu tim perbaikan memfokuskan upaya pada jenis kecacatan yang memberikan kontribusi terbesar. Namun, (Alifka & Apriliani, 2024) mencatat bahwa Pareto memiliki keterbatasan karena hanya mempertimbangkan dimensi frekuensi, tanpa memperhitungkan tingkat keparahan dampak atau kemudahan deteksi kegagalan-suatu keterbatasan yang dapat diatasi melalui integrasi dengan FMEA.

Proses DTF meliputi pencetakan desain pada film PET, pemberian powder adhesive, curing, dan transfer ke kain menggunakan heat press. Kualitas hasil dipengaruhi terutama oleh kondisi tinta, parameter curing, kalibrasi printer, tekanan heat press, dan kualitas bahan.

Penelitian terkait pengendalian kualitas pada teknologi cetak digital di Indonesia masih didominasi kajian pada mesin rotogravure dan *offset printing* (Pramudya Wardana & Widiasih, 2023). Studi khusus mengenai DTF dalam konteks UMKM belum ditemukan dalam penelusuran yang dilakukan. Kondisi ini memperkuat posisi penelitian ini sebagai kontribusi yang mengisi gap literatur tersebut, sejauh penelusuran yang telah dilakukan.

Penelusuran literatur dilakukan melalui basis data Google Scholar dan Garuda menggunakan kata kunci “DTF printing quality control MSME”, “DMAIC FMEA sablon digital”, dan “Six Sigma UMKM percetakan”, dengan rentang tahun publikasi 2020–2025, dilengkapi rujukan konseptual dari literatur dasar pengendalian kualitas (Gaspersz, 2005; Montgomery, 2009).

FMEA adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi moda kegagalan potensial dalam suatu sistem atau proses, sekaligus mengevaluasi dampak dan probabilitas terjadinya kegagalan (Carpitella et al., 2022). Nilai *Risk Priority Number* (RPN) dihitung sebagai perkalian tiga parameter: *Severity* (S) yang mengukur keparahan dampak kegagalan pada skala 1-10; *Occurrence* (O) yang mengukur frekuensi terjadinya kegagalan; dan *Detection* (D) yang mengukur kemampuan sistem mendeteksi kegagalan sebelum berdampak pada pelanggan. Moda kegagalan dengan RPN tertinggi diprioritaskan untuk tindakan perbaikan.

Pedoman skala Severity, Occurrence, dan Detection yang digunakan dalam penelitian ini disusun berdasarkan hasil diskusi antara pemilik usaha dan dua operator produksi, dengan mengacu pada struktur lima pita (band) yang umum digunakan pada literatur FMEA (Carpitella et al., 2022), kemudian disesuaikan dengan konteks operasional UMKM sablon DTF.

Pedoman skor Severity, Occurrence, dan Detection pada skala 1-10 mengacu pada pembagian lima pita, yaitu 1-2 (sangat rendah), 3-4 (rendah), 5-6 (sedang), 7-8 (tinggi), dan 9-10 (sangat tinggi/kritis), dengan deskripsi operasional untuk setiap parameter sebagaimana disajikan pada Tabel 4b. Penilaian dilakukan melalui diskusi terstruktur antara peneliti, pemilik usaha, dan dua operator produksi hingga tercapai kesepakatan (konsensus), dengan skor akhir merepresentasikan nilai yang disetujui bersama oleh semua pihak berdasarkan pengalaman operasional harian.

(Muzani & Luthfianto, 2025) menerapkan *Fuzzy FMEA* pada industri manufaktur komponen karet untuk mengidentifikasi faktor penyebab cacat produk melalui perhitungan *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN). Dalam konteks UMKM dengan sumber daya terbatas, FMEA konvensional dinilai lebih praktis karena tidak memerlukan perangkat lunak khusus dan dapat diimplementasikan melalui diskusi terstruktur dengan tim produksi. Posisi penelitian ini adalah menerapkan FMEA pada tahap *Improve* dengan memanfaatkan temuan seluruh tahap DMAIC sebelumnya (identifikasi CTQ pada *Define*, data kapabilitas proses pada *Measure*, dan akar penyebab pada *Analyze*),

bukan menerapkan penilaian FMEA formal pada setiap fase DMAIC, sehingga rekomendasi perbaikan yang dihasilkan memiliki dasar analitik yang lebih kuat dan terstruktur.

Kajian literatur menunjukkan bahwa penelitian mengenai pengendalian kualitas berbasis DMAIC dan FMEA masih didominasi oleh konteks industri manufaktur berskala besar, seperti kemasan fleksibel, percetakan offset, dan industri otomotif. Studi khusus mengenai teknologi cetak DTF dalam konteks UMKM belum ditemukan dalam penelusuran yang dilakukan, sehingga terdapat *research gap* yang signifikan. Di samping itu, sebagian penelitian terdahulu mengintegrasikan FMEA hanya pada tahap *Improve* tanpa keterkaitan yang komprehensif dengan setiap tahapan DMAIC. Kondisi ini memperkuat urgensi penelitian ini sebagai kontribusi akademis yang orisinal. Namun, penelitian (Sumasto et al., 2023) menunjukkan bahwa penerapan DMAIC pada perusahaan manufaktur skala kecil dan menengah juga dapat meningkatkan kualitas proses melalui identifikasi faktor penyebab cacat dan penyusunan strategi perbaikan berbasis data.

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) apa jenis kecacatan dominan pada proses produksi sablon print DTF di UMKM XYZ? (2) bagaimana kapabilitas proses produksi tersebut diukur melalui DPO, DPMO, level sigma, P-chart, dan diagram Pareto? (3) apa faktor penyebab utama kecacatan berdasarkan analisis fishbone diagram? dan (4) bagaimana rekomendasi perbaikan yang dapat disusun berdasarkan nilai RPN hasil analisis FMEA?

Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi jenis kecacatan dominan pada proses produksi sablon print DTF; (2) mengukur kapabilitas proses melalui DPO, DPMO, level sigma, P-chart, dan diagram Pareto; (3) menganalisis faktor penyebab utama kecacatan menggunakan fishbone diagram; dan (4) menyusun rekomendasi perbaikan berbasis FMEA berdasarkan nilai RPN. Penelitian ini secara eksplisit membatasi cakupannya pada penyusunan rekomendasi tanpa implementasi lapangan, mengingat keterbatasan akses operasional di UMKM yang menjadi objek penelitian.

Manfaat penelitian ini mencakup dua aspek. Secara teoritis, penelitian ini memperkaya literatur mengenai integrasi DMAIC dan FMEA pada industri sablon DTF berskala UMKM yang belum banyak dikaji secara akademis. Secara praktis, hasil penelitian dapat menjadi acuan bagi UMKM Sablon XYZ dan pelaku usaha sejenis dalam menyusun langkah perbaikan kualitas berbasis data, khususnya pada pengendalian proses curing, kalibrasi printer, dan peningkatan kompetensi operator.

2. Metode Penelitian

2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain studi kasus pada UMKM Sablon XYZ yang berlokasi di Surabaya, Jawa Timur. Objek penelitian adalah proses produksi sablon print DTF, mencakup seluruh delapan tahapan dari penerimaan desain hingga inspeksi produk jadi. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian bertumpu pada data numerik produksi dan kecacatan yang dianalisis menggunakan alat statistik untuk menghasilkan simpulan terukur mengenai kapabilitas proses.

2.2 Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

Data primer dikumpulkan selama enam bulan (November 2025-April 2026) melalui tiga teknik: (1) observasi langsung di lini produksi untuk mencatat jenis dan frekuensi cacat secara mingguan; (2) wawancara terstruktur dengan pemilik usaha dan operator produksi guna memperoleh data kualitatif mengenai prosedur operasional dan

penyebab kecacatan; dan (3) studi dokumentasi terhadap catatan produksi yang tersedia. Total data mencakup 24 periode pengamatan mingguan, dengan total produksi 3.857 unit dan total cacat 464 unit. Lima indikator CTQ yang diidentifikasi meliputi: C1 (Tinta Retak), C2 (Cetakan Miring), C3 (Warna Tidak Sesuai), C4 (Noda Tinta), dan C5 (Tinta Tidak Menempel).

Angka 464 digunakan sebagai jumlah unit cacat dalam analisis P-chart. Perlu dicatat bahwa pencatatan historis hanya merekam satu kategori cacat dominan pada setiap unit, sehingga kemungkinan munculnya lebih dari satu jenis cacat pada unit yang sama tidak tercatat secara terpisah. Oleh karena itu, data yang tersedia belum merepresentasikan seluruh kejadian defect pada lima opportunity CTQ secara independen. Kondisi ini menjadi keterbatasan dalam interpretasi DPO dan DPMO. Perhitungan DPO/DPMO yang sepenuhnya sesuai konsep defect per opportunity memerlukan pencatatan setiap CTQ secara independen pada setiap unit produk. Dengan demikian, P-chart pada penelitian ini secara konsisten menggunakan proporsi unit cacat ($p = \text{unit cacat} / \text{unit produksi}$), sedangkan satu opportunity didefinisikan sebagai satu kesempatan produk untuk gagal memenuhi salah satu dari lima kriteria CTQ (C1-C5) pada setiap unit yang diperiksa, sehingga total opportunity per unit adalah lima. Sebagai ilustrasi, pada Minggu ke-1 ($n = 145$ unit, cacat = 17 unit), opportunity minggu tersebut adalah $145 \times 5 = 725$, sehingga $DPO \text{ minggu ke-1} = 17/725 = 0,02345$ dan $DPMO = 23.448$. Perhitungan DPMO kumulatif mengikuti logika yang sama, yaitu total cacat dibagi (total produksi $\times 5$ CTQ), sebagaimana dirinci melalui persamaan (3)-(5) pada bagian 3.2.

Volume produksi mingguan bervariasi antara 130-185 unit dengan rata-rata 160,7 unit. Penelitian belum mencatat secara terpisah jenis kain, ukuran desain, pemasok tinta/powder, operator, dan mesin pada setiap unit sehingga pengaruh perubahan komposisi produksi terhadap proporsi cacat belum dapat dianalisis secara terstratifikasi.

Pencatatan data cacat mingguan pada penelitian ini dilakukan oleh operator produksi itu sendiri sebagai bagian dari tugas hariannya. Operator telah mendapatkan pelatihan mengenai cara memeriksa dan mengklasifikasikan kualitas produk berdasarkan lima kategori CTQ (C1-C5) menggunakan checklist standar mingguan. Namun demikian, hingga penelitian ini dilakukan, produk belum pernah diperiksa secara silang (misalnya oleh pemilik usaha atau operator lain terhadap sampel yang sama) untuk memverifikasi konsistensi hasil inspeksi antar-penilai. Kondisi ini turut menjadi dasar saran mekanisme pemeriksaan silang pada bagian Saran, mengingat keandalan sistem pengukuran (measurement system reliability) pada penelitian ini belum terverifikasi secara independen.

2.3 Tahapan Analisis Data

Analisis data dilakukan mengikuti kerangka DMAIC secara berurutan. Tahap *Define*: pemetaan alur proses produksi dan identifikasi CTQ. Tahap *Measure*: pembuatan P-chart untuk menilai stabilitas proses, serta perhitungan DPO, DPMO, dan level sigma untuk mengukur kapabilitas proses. Tahap *Analyze*: diagram Pareto untuk menentukan prioritas cacat, dan fishbone diagram untuk analisis akar penyebab kecacatan secara kualitatif. Tahap *Improve*: penilaian FMEA melalui diskusi terstruktur dengan tim produksi, yang menghasilkan nilai S, O, D, dan RPN untuk setiap moda kegagalan. Tahap *Control*: perumusan rekomendasi pengendalian berkelanjutan berdasarkan prioritas RPN. Seluruh analisis bersifat deskriptif-analitik dan tidak mencakup implementasi langsung di lapangan.

2.4 Prosedur Penilaian FMEA

Tabel 1. Pedoman Operasional Skor Severity, Occurrence, dan Detection (Skala 1-10)

Skor	Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)
------	--------------	----------------	---------------

9-10	Kegagalan kritis, produk pasti ditolak pelanggan	Sangat sering terjadi (>1x per hari produksi)	Tidak ada mekanisme deteksi, cacat baru diketahui dari komplain pelanggan
7-8	Kegagalan signifikan, produk berpotensi besar ditolak	Sering terjadi (beberapa kali per minggu)	Deteksi hanya mengandalkan pemeriksaan visual akhir, peluang lolos cukup besar
5-6	Kegagalan sedang, sebagian produk memerlukan rework	Cukup sering terjadi (1-2x per minggu)	Ada pemeriksaan namun tidak konsisten/tidak terstandarisasi
3-4	Kegagalan ringan, sebagian kecil produk terpengaruh	Jarang terjadi (beberapa kali per bulan)	Ada checksheet/prosedur deteksi namun belum diikuti secara ketat
1-2	Kegagalan sangat ringan, hampir tidak berdampak pada penerimaan	Sangat jarang terjadi (kurang dari 1x per bulan)	Mekanisme deteksi otomatis/terstandarisasi yang andal

Penilaian FMEA dilakukan melalui diskusi terstruktur yang melibatkan peneliti, pemilik usaha, dan dua operator produksi. Peneliti berperan sebagai fasilitator proses penilaian, sedangkan skor S, O, dan D ditetapkan melalui konsensus berdasarkan pengalaman operasional, catatan kecacatan, kondisi inspeksi, dan bukti proses yang tersedia. Setiap skor harus disertai dasar penetapan agar nilai yang diberikan dapat ditelusuri

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Tahap Define: Identifikasi Proses dan Critical to Quality (CTQ)

Tahap *Define* bertujuan mendefinisikan ruang lingkup permasalahan kualitas dan mengidentifikasi karakteristik kritis yang mempengaruhi kepuasan pelanggan. Berdasarkan observasi lapangan dan wawancara dengan pemilik serta operator UMKM, teridentifikasi delapan tahapan proses produksi yang saling berkaitan, sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Tahap curing film dan press ke media kaos merupakan tahapan yang paling kritis karena melibatkan parameter termal yang berpengaruh langsung pada kualitas adhesif tinta terhadap kain.

Tabel 2. Alur Proses Produksi Sablon Print DTF

No	Tahap Proses	Keterangan
1	Penerimaan Desain	Pengecekan kelayakan file desain dari pelanggan
2	Set Ukuran Desain	Penyesuaian ukuran desain ke dimensi cetak yang diinginkan
3	Proses Print DTF	Pencetakan desain pada film DTF menggunakan tinta khusus berbasis pigmen
4	Pemberian Powder DTF	Aplikasi bubuk adhesif pada permukaan tinta yang masih basah di atas film
5	Curing Film	Pemanasan film menggunakan oven curing agar powder meleleh dan menempel pada tinta
6	Press ke Media Kaos	Film DTF di press ke permukaan kain menggunakan heat press pada suhu dan tekanan tertentu
7	Pelepasan Film	Pengangkatan film dari permukaan kain setelah proses press selesai
8	Cek Hasil Sablon	Pemeriksaan visual akhir untuk mendeteksi cacat pada produk jadi

Berdasarkan observasi, keluhan pelanggan, dan spesifikasi penerimaan produk, ditetapkan lima CTQ sebagaimana Tabel 2. Untuk meningkatkan konsistensi inspeksi, kriteria operasional lulus-gagal setiap CTQ disajikan pada Tabel 3b.

Tabel 3. Identifikasi Jenis Cacat (*Critical to Quality*) Produk Sablon Print DTF

Kode	Jenis Cacat	Keterangan
C1	Tinta Retak	Hasil sablon pecah / retak setelah proses press, umumnya terjadi akibat suhu curing tidak optimal / kualitas tinta yang buruk
C2	Cetakan Miring	Posisi sablon tidak sesuai area yang ditentukan, disebabkan oleh penempatan film yang tidak presisi saat proses press
C3	Warna Tidak Sesuai	Warna hasil sablon berbeda dari desain / permintaan pelanggan, dipicu oleh ketidaktepatan profil warna printer dan variasi kualitas tinta
C4	Noda Tinta	Terdapat bercak / kotoran tinta di luar area desain, akibat kebocoran dari print head / kontaminasi film
C5	Tinta Tidak Menempel	Hasil sablon mudah mengelupas / ada bagian yang tidak merekat, terjadi akibat tekanan heat press yang tidak memadai / kualitas powder adhesive yang buruk

Kelima CTQ pada Tabel 3 diturunkan dari kombinasi keluhan pelanggan yang berulang selama periode operasional UMKM dan kesepakatan spesifikasi penerimaan produk (acceptance specification) antara pemilik usaha dan pelanggan. Untuk mengurangi ketergantungan pencatatan cacat pada penilaian visual subjektif semata, Tabel 2b mengusulkan kriteria lulus-gagal yang lebih terukur untuk setiap CTQ, sebagai penyempurnaan checksheet yang digunakan selama pengumpulan data.

Tabel 3b. Usulan Kriteria Lulus-Gagal Terukur untuk Setiap CTQ

Kode	Jenis Cacat	Usulan Kriteria Lulus-Gagal (Terukur)	Alat/Cara Verifikasi
C1	Tinta Retak	Tidak terdapat retakan/pecahan tinta yang terlihat kasat mata pada jarak pandang normal (± 30 cm) di seluruh area cetak	Pemeriksaan visual langsung dengan pencahayaan standar; produk dengan retakan sekecil apa pun dinyatakan gagal
C2	Cetakan Miring	Pergeseran posisi cetak terhadap titik referensi/markings tidak melebihi ± 2 mm ke segala arah	Pengukuran dengan penggaris/jig terhadap markings pada platen
C3	Warna Tidak Sesuai	Warna hasil cetak tidak menyimpang signifikan dari warna acuan desain berdasarkan perbandingan visual berdampingan dengan contoh cetak acuan (master sample)	Perbandingan visual berdampingan dengan master sample yang disepakati bersama pelanggan
C4	Noda Tinta	Tidak terdapat bercak/kotoran tinta di luar area desain yang ditentukan	Pemeriksaan visual area di luar batas desain
C5	Tinta Tidak Menempel	Tinta tidak terkelupas saat dilakukan uji tekan/gosok ringan dengan tangan pada area cetak	Uji gosok/tekan manual pada seluruh permukaan cetak

Kriteria pada Tabel 2b telah dikonfirmasi konsisten dengan checksheet visual yang secara aktual digunakan operator di lapangan selama periode pengumpulan data, termasuk toleransi pergeseran posisi cetak ± 2 mm yang merupakan standar yang telah diterapkan UMKM dalam praktik inspeksi sehari-hari.

3.2 Tahap Measure: Pengukuran Kinerja Kualitas dan Stabilitas Proses

Berdasarkan data produksi selama 24 periode pengamatan mingguan, total produksi mencapai 3.857 unit dengan total cacat 464 unit. Rata-rata proporsi cacat ($\bar{p}$)

sebesar 12,03% menunjukkan tingkat kecacatan yang cukup tinggi. Tabel 4 menyajikan rekapitulasi data produksi dan kecacatan per bulan selama periode penelitian.

Tabel 4. Rekap Data Produksi dan Kecacatan Per Bulan (November 2025 – April 2026)

Bulan	Periode	Jumlah Produksi	C1	C2	C3	C4	C5
Nov-25	Minggu 1-4	630	20	15	10	19	15
Des-25	Minggu 1-4	638	19	13	12	18	11
Jan-26	Minggu 1-4	564	16	14	14	17	15
Feb-26	Minggu 1-4	661	19	13	18	16	11
Mar-26	Minggu 1-4	702	18	16	16	15	13
Apr-26	Minggu 1-4	662	22	15	14	17	13
Total	24 Minggu	3.857	114	86	84	102	78

P-chart dibuat untuk 24 titik pengamatan mingguan guna menilai stabilitas proses secara statistik. *Central Line* (CL) ditetapkan pada nilai $\bar{p} = 0,1203$. Batas kontrol atas (UCL) dan bawah (LCL) dihitung secara individual untuk setiap pengamatan karena ukuran sampel mingguan yang bervariasi (130-185 unit), menggunakan formula:

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

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2)$$

Nilai rata-rata UCL = 0,1975 dan rata-rata LCL = 0,0431. Seluruh 24 titik data berada dalam batas kendali, mengindikasikan bahwa variasi proses bersifat common cause dan proses berada dalam kondisi statistik yang stabil.

Tabel 4b. Data Mentah P-chart 24 Periode Mingguan (n, p, UCL, LCL)

Minggu ke-	n (unit)	Cacat (unit)	p	UCL	LCL	Status
1	145	17	11,72%	20,13%	3,93%	Terkendali
2	160	20	12,50%	19,75%	4,31%	Terkendali
3	175	26	14,86%	19,41%	4,65%	Terkendali
4	150	16	10,67%	20,00%	4,06%	Terkendali
5	163	18	11,04%	19,67%	4,39%	Terkendali
6	158	20	12,66%	19,79%	4,27%	Terkendali
7	157	19	12,10%	19,82%	4,24%	Terkendali
8	160	16	10,00%	19,75%	4,31%	Terkendali
9	132	20	15,15%	20,52%	3,54%	Terkendali
10	145	19	13,10%	20,13%	3,93%	Terkendali
11	157	20	12,74%	19,82%	4,24%	Terkendali
12	130	17	13,08%	20,59%	3,47%	Terkendali
13	170	20	11,76%	19,52%	4,54%	Terkendali
14	167	17	10,18%	19,58%	4,48%	Terkendali
15	166	21	12,65%	19,60%	4,46%	Terkendali
16	158	19	12,03%	19,79%	4,27%	Terkendali
17	178	22	12,36%	19,35%	4,72%	Terkendali
18	168	20	11,90%	19,56%	4,50%	Terkendali
19	185	16	8,65%	19,21%	4,85%	Terkendali
20	171	20	11,70%	19,49%	4,57%	Terkendali
21	170	20	11,76%	19,52%	4,54%	Terkendali
22	164	19	11,59%	19,65%	4,41%	Terkendali
23	168	20	11,90%	19,56%	4,50%	Terkendali
24	160	22	13,75%	19,75%	4,31%	Terkendali

Tabel 4b menyajikan data mentah 24 titik pengamatan mingguan yang menjadi dasar Gambar 1, sebagai kelengkapan atas rekap bulanan pada Tabel 3. Pemeriksaan pola run menunjukkan 12 pergantian sisi (runs) dari 24 titik data terhadap garis tengah ($\bar{p} = 0,1203$), mendekati jumlah runs yang diharapkan pada proses acak (13 runs untuk n

= 24), dengan panjang run maksimum 6 titik berurutan di bawah garis tengah pada Minggu ke-18 sampai ke-23. Panjang run tersebut belum melampaui kaidah umum deteksi pola tidak acak ($\text{run} \geq 7-8$ titik berurutan), sehingga belum cukup bukti untuk menyimpulkan adanya tren sistematis, namun perlu terus dipantau pada periode berikutnya. Perlu ditegaskan bahwa kondisi stabil secara statistik (seluruh titik berada dalam batas kendali) tidak serta-merta menunjukkan kinerja proses yang baik, karena proporsi cacat rata-rata 12,03% tetap berada jauh di atas ambang batas yang dapat diterima industri percetakan. Istilah “kapabilitas proses” pada penelitian ini merujuk secara spesifik pada indikator DPO, DPMO, dan level sigma, dan tidak merepresentasikan indeks kapabilitas C_p/C_{pk} yang secara metodologis memerlukan data variabel kontinu (bukan data atribut) sehingga tidak dihitung dalam penelitian ini.



Gambar 1. P-chart Proporsi Cacat Produksi Sablon Print DTF (24 Periode Mingguan)

Meskipun proses berada dalam kendali statistik, proporsi cacat rata-rata 12,03% jauh melampaui ambang batas yang dapat diterima oleh industri percetakan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa penyebab kecacatan bersifat sistemik dan inheren dalam proses, bukan dipicu oleh kejadian tak terduga, sehingga memerlukan intervensi perbaikan pada level desain proses.

Perhitungan DPO dan DPMO dilakukan sebagai berikut:

$$\text{DPO} = \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Jumlah Produksi} \times \text{Jumlah Opportunity}}$$

(3)

$$\text{DPO} = \frac{464}{3.857 \times 5} = \frac{464}{19.285} = 0,024060 \quad (4)$$

$$\text{DPMO} = \text{DPO} \times 1.000.000 = 0,024060 \times 1.000.000 = 24.060,2 \quad (5)$$

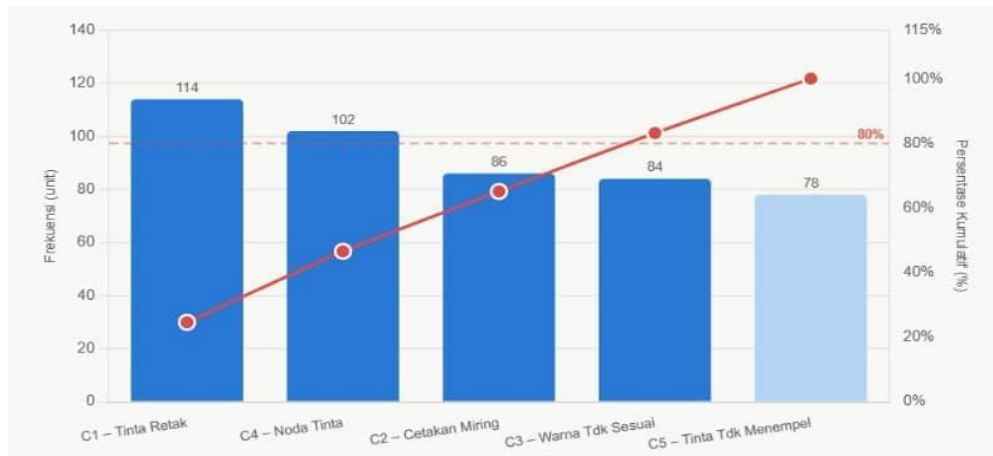
Nilai DPMO 24.060,2 menunjukkan bahwa dari setiap satu juta peluang produksi, terdapat 24.060 kemungkinan terjadinya cacat dan berkorespondensi dengan level sigma 3,49 berdasarkan tabel konversi Motorola. Level sigma 3,49 yang dicapai masih berada di bawah level yang diharapkan ($\geq 4,0$ untuk industri percetakan). Dibandingkan dengan penelitian (Cahyono & Utomo, 2024) yang mendapatkan DPMO 6.701,046 (sigma 3,97) pada perusahaan *flexible packaging* berskala menengah, nilai DPMO UMKM ini lebih tinggi sekitar 3,5 kali lipat, mencerminkan keterbatasan infrastruktur kualitas yang umum dijumpai pada UMKM.

3.3 Tahap Analyze: Diagram Pareto dan Analisis Sebab-Akibat

Tahap *Analyze* bertujuan mengidentifikasi dan menganalisis akar penyebab kecacatan secara sistematis berdasarkan data yang telah diukur pada tahap sebelumnya. Dua alat utama yang digunakan adalah Diagram Pareto untuk memprioritaskan jenis

cacat, serta Diagram Sebab-Akibat (Fishbone Diagram) untuk menggali akar permasalahan pada moda cacat dominan.

3.3.1 Diagram Pareto



Gambar 2. Diagram Pareto Kecacatan Produk Sablon Print DTF

Diagram Pareto disusun berdasarkan frekuensi kecacatan selama 24 periode pengamatan untuk mengidentifikasi jenis cacat yang memberikan kontribusi kumulatif terbesar. Tabel 5 menyajikan data pengolahan Pareto berdasarkan data produksi aktual periode November 2025 - April 2026.

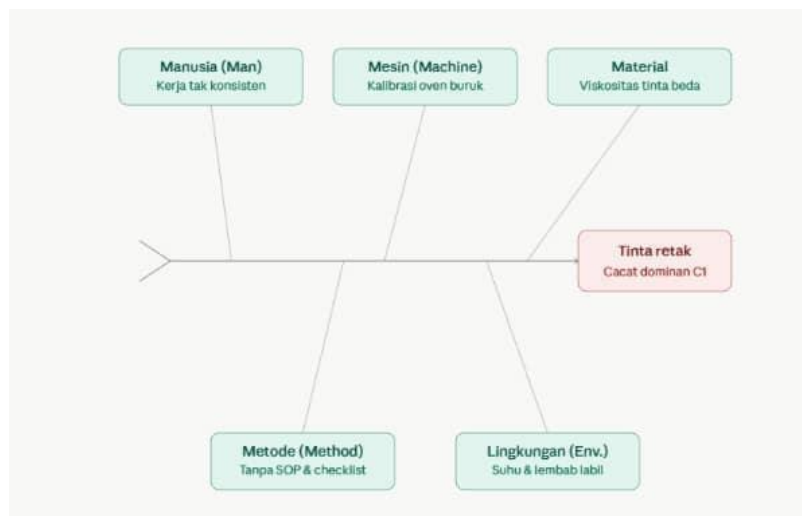
Tabel 5. Pengolahan Data Diagram Pareto Kecacatan Produk Sablon Print DTF

Kode	Jenis Kecacatan	Frekuensi (Unit)	Total Kumulatif	% Kecacatan	% Kumulatif
C1	Tinta Retak	114	114	24,57	24,57
C4	Noda Tinta	102	216	21,98	46,55
C2	Cetakan Miring	86	302	18,53	65,09
C3	Warna Tidak Sesuai	84	386	18,10	83,19
C5	Tinta Tidak Menempel	78	464	16,81	100,00
Total	-	464	-	100,00	-

Empat jenis cacat pertama, yaitu C1, C4, C2, dan C3, secara kumulatif menyumbang 83,19% dari total kecacatan sehingga dipilih sebagai fokus analisis lanjutan berdasarkan ambang kumulatif sekitar 80%. Temuan tersebut tidak dimaknai sebagai terpenuhinya prinsip 80/20 secara literal, karena cacat terbesar C1 hanya menyumbang 24,57% dari total kecacatan. Diagram Pareto pada penelitian ini digunakan terutama sebagai alat pemeringkatan jenis cacat berdasarkan frekuensi dan kontribusi kumulatif.

3.3.2 Diagram Sebab-Akibat (Fishbone Diagram)

Analisis akar penyebab difokuskan pada cacat dominan C1 (Tinta Retak) menggunakan Fishbone Diagram dengan lima kategori penyebab: Manusia (*Man*), Mesin (*Machine*), Material (*Material*), Metode (*Method*), dan Lingkungan (*Environment*). Berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara dengan operator, berikut dugaan penyebab potensial cacat Tinta Retak yang teridentifikasi. Penting ditegaskan bahwa fishbone diagram pada penelitian ini bersifat eksploratif berdasarkan persepsi dan pengalaman operasional, sehingga hubungan sebab-akibat yang disajikan berikut merupakan hipotesis awal dan belum melalui tahap verifikasi lanjutan (seperti analisis 5-Why, pengamatan parameter proses secara terukur, atau uji terbatas/eksperimen); verifikasi tersebut direkomendasikan sebagai agenda penelitian lanjutan sebelum penyebab-penyebab ini ditetapkan sebagai akar masalah yang definitif.



Gambar 3. Penyebab Potensial Cacat Tinta Retak

Faktor-faktor pada Gambar 3 diperlakukan sebagai penyebab potensial yang diperoleh dari observasi dan wawancara, bukan sebagai hubungan sebab-akibat yang telah terverifikasi. Pada faktor mesin, ketidakrutinan kalibrasi termometer oven diduga berpotensi menyebabkan perbedaan antara suhu aktual dan suhu yang ditampilkan. Pada faktor material, variasi tinta dan powder juga diduga berkontribusi terhadap kestabilan adhesi. Pada C4 dan C2, ketidakbersihan nozzle serta ketidakpresisian penempatan media merupakan faktor potensial dengan prioritas tinggi berdasarkan pengalaman operasional, tetapi hubungan kausalnya masih memerlukan verifikasi lanjutan.

3.4 Tahap Improve: Analisis FMEA dan Rekomendasi Perbaikan

Tahap *Improve* menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan moda kegagalan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* ($RPN = S \times O \times D$). Penilaian dilakukan melalui diskusi terstruktur dengan pemilik usaha dan dua operator produksi berpengalaman. Skala penilaian menggunakan rentang 1-10 untuk setiap parameter S (*Severity*), O (*Occurrence*), dan D (*Detection*).

Tabel 6. FMEA Kecacatan C1 – Tinta Retak

Moda Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D	RPN
Suhu curing tidak optimal	Tinta retak setelah press	7	6	6	252
Tekanan heat press tidak merata	Transfer adhesif tidak sempurna	7	5	5	175
Viskositas tinta tidak konsisten	Adhesivitas tinta lemah pada film	6	5	5	150
Operator tidak terlatih parameter curing	Variasi kualitas antar shift	6	6	4	144
Tidak ada SOP tertulis	Inkonsistensi antar operator	6	5	4	120
Kualitas film PET bervariasi	Adhesivitas tidak stabil	5	4	5	100

Nilai RPN tertinggi pada C1 adalah 252, berasal dari moda kegagalan suhu curing tidak optimal dengan *Severity* = 7 (dampak signifikan pada kualitas), *Occurrence* = 6 (terjadi cukup sering), dan *Detection* = 6 (sulit terdeteksi sebelum produk jadi). Temuan

ini konsisten dengan (Cahyono & Utomo, 2024) yang menemukan bahwa moda kegagalan terkait pengaturan mesin memiliki RPN tertinggi pada proses *flexible packaging*.

Tabel 7. FMEA Kecacatan C4 – Noda Tinta

Moda Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D	RPN
Kalibrasi print head tidak tepat	Bercak tinta di luar desain	8	5	6	240
Nozzle tersumbat atau bocor	Tetes tinta tidak terkontrol	7	5	5	175
Tinta menggumpal (penyimpanan salah)	Partikel tinta mengotori desain	6	5	5	150
Operator tidak melakukan nozzle check	Produksi berlanjut meski nozzle kotor	6	5	4	120
Tekanan ink supply tidak stabil	Aliran tinta tidak merata	5	4	4	80

Tabel 8. FMEA Kecacatan C2 – Cetakan Miring

Moda Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D	RPN
Penempatan kaos di platen tidak presisi	Posisi sablon meleset dari area desain	7	6	5	210
Transfer film tidak lurus (<i>film skew</i>)	Desain miring relatif terhadap kain	7	5	5	175
Operator kurang teliti dalam penempatan	Variasi posisi antar produk	6	5	4	120
Tidak ada marking pada platen heat press	Referensi posisi tidak tersedia	5	4	4	80

Tabel 9. FMEA Kecacatan C3 – Warna Tidak Sesuai

Moda Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D	RPN
ICC color profile tidak diperbarui	Warna sablon berbeda dari desain	7	6	4	168
Tidak ada verifikasi warna sebelum produksi massal	Cacat warna baru terdeteksi setelah selesai	7	5	4	140
File desain mode warna tidak kompatibel	Output warna menyimpang dari referensi	6	6	3	108
Level tinta habis sebagian saat cetak	Warna tidak solid pada area tertentu	6	4	4	96

Analisis FMEA rinci difokuskan pada empat CTQ yang secara kumulatif mencapai 83,19% kecacatan berdasarkan analisis Pareto, yaitu C1, C4, C2, dan C3. C5 tidak dimasukkan dalam FMEA rinci karena berada di luar kelompok CTQ yang digunakan sebagai fokus prioritas analisis pada penelitian ini.

Tabel 10. Rekapitulasi RPN Tertinggi pada Empat CTQ Prioritas Hasil Pareto

Kode	Jenis Cacat	RPN Maks	Moda Kegagalan Utama	Kategori	Rekomendasi Prioritas
C1	Tinta Retak	252	Suhu curing tidak optimal	Sangat Tinggi	Standardisasi SOP curing; kalibrasi oven
C4	Noda Tinta	240	Kalibrasi print head tidak tepat	Sangat Tinggi	Kalibrasi rutin print head; pembersihan berkala
C2	Cetakan Miring	210	Penempatan kaos tidak presisi	Sangat Tinggi	Gunakan jig/fixture posisi kaos

C3	Warna Tidak Sesuai	168	ICC color profile tidak diperbarui	Tinggi	Update ICC profile; verifikasi warna pre-produksi
----	--------------------	-----	------------------------------------	--------	---

Nilai RPN dalam penelitian ini digunakan secara komparatif untuk menentukan urutan prioritas antar moda kegagalan dan tidak digunakan untuk menetapkan kategori risiko universal rendah, sedang, tinggi, atau sangat tinggi. Prioritas ditentukan berdasarkan nilai RPN relatif, kemudian ditinjau kembali dengan mempertimbangkan nilai Severity serta kelayakan implementasi pada kondisi UMKM.

3.5 Tahap Control: Rekomendasi Pengendalian Berkelanjutan

Tahap *Control* merumuskan rekomendasi pengendalian berkelanjutan yang bertujuan memastikan perbaikan yang diusulkan pada tahap *Improve* dapat dipertahankan dan dipantau secara konsisten. Mengacu pada nilai RPN tertinggi dari setiap moda kegagalan, lima rekomendasi pengendalian utama dirumuskan sebagai berikut.

Tabel 11. Rencana Pengendalian Berkelanjutan (*Control Plan*)

No	Area Pengendalian	Tindakan Pengendalian	Penanggung Jawab	Indikator Keberhasilan
1	Proses Curing Film	Implementasikan SOP curing: suhu 160–170°C, durasi 60–90 detik; kalibrasi termometer oven dan heat press	Operator/Pemilik	Penurunan C1 $\geq 50\%$
2	Kalibrasi Printer DTF	Kalibrasi print head dan pembaruan ICC color profile; <i>cleaning nozzle</i> sebelum dan sesudah produksi	Operator	Penurunan C4 $\geq 40\%$
3	Penempatan Media	Gunakan jig/fixture posisi kaos; pasang <i>marking</i> permanen di platen heat press	Operator	Penurunan C2 $\geq 50\%$
4	Kompetensi Operator	Pelatihan teknis bulanan mencakup parameter curing, kalibrasi printer, dan prosedur inspeksi diri	Pemilik	<i>Zero re-training failure</i>
5	Inspeksi Sampling	Pengecekan kualitas setiap 50 unit produksi menggunakan <i>checksheet</i> terstandarisasi	Operator (tugas tambahan QC)	Deteksi cacat sebelum batch selesai

Rekomendasi pertama berfokus pada standarisasi proses curing sebagai respons terhadap RPN tertinggi (252) pada moda kegagalan suhu curing tidak optimal. Implementasi SOP curing yang terdokumentasi, disertai kalibrasi termometer oven setiap minggu, diarahkan untuk mengeliminasi variasi parameter termal yang menjadi akar penyebab utama cacat Tinta Retak.

Rekomendasi kedua mencakup kalibrasi rutin printer DTF setiap dua minggu sekali, termasuk verifikasi nozzle pattern, pembaruan ICC color profile, dan pembersihan sistem ink supply. Langkah ini secara langsung menyasar moda kegagalan dengan RPN 240 (kalibrasi print head tidak tepat) yang menjadi penyebab utama Noda Tinta (C4).

Rekomendasi ketiga berupa penggunaan jig atau fixture posisi kaos yang terstandarisasi pada *platen heat press*, dilengkapi *marking* permanen untuk berbagai ukuran kaos (S/M/L/XL). Intervensi ini menyasar moda kegagalan Cetakan Miring (C2) dengan RPN 210, yang disebabkan oleh ketidakpresisian penempatan media secara manual.

Rekomendasi keempat adalah program pelatihan operator bulanan yang mencakup teknis pengoperasian mesin, pemahaman parameter kualitas, dan prosedur inspeksi mandiri (*self-inspection*). Visual aid berupa poster parameter proses dipasang di

setiap titik kritis produksi sebagai panduan operasional yang aksesibel. Langkah ini merespons akar penyebab faktor manusia yang teridentifikasi pada seluruh diagram fishbone.

Rekomendasi kelima adalah implementasi inspeksi sampling setiap 50 unit produksi menggunakan *checksheet* yang berisi kriteria penerimaan untuk kelima jenis CTQ. Inspeksi ini memungkinkan deteksi dini kecacatan sebelum berdampak pada volume produksi yang lebih besar, sehingga meminimalkan kerugian dari *rework* dan *scrap*. Sistem pencatatan *checksheet* juga menyediakan data historis yang diperlukan untuk pemantauan tren kapabilitas proses secara berkelanjutan.

Parameter suhu curing 160–170°C dengan durasi 60–90 detik, interval kalibrasi mingguan/dua mingguan, serta target penurunan cacat sebesar 40-50% pada Tabel 11 merupakan parameter awal yang direkomendasikan berdasarkan praktik umum industri percetakan tekstil, karena belum tersedia dasar empiris berupa spesifikasi mesin, rekomendasi pemasok, atau hasil uji coba terbatas pada UMKM ini. Oleh karena itu, seluruh angka tersebut bersifat target indikatif yang perlu divalidasi lebih lanjut melalui uji coba (pilot trial) di lapangan sebelum diadopsi sebagai standar tetap.

Mengingat keterbatasan sumber daya UMKM, kelima rekomendasi pada Tabel 11 tidak diterapkan berdasarkan urutan RPN semata, melainkan mempertimbangkan pula biaya, kemudahan implementasi, dan waktu pelaksanaan sebagaimana disajikan pada Tabel 10b, agar penanggung jawab yang ditugaskan (operator atau pemilik usaha yang merangkap fungsi tersebut) benar-benar tersedia dan realistis untuk dijalankan.

Tabel 11b. Prioritisasi Rekomendasi Berdasarkan Dampak, Biaya, Kemudahan, dan Waktu Pelaksanaan

No	Rekomendasi	Dampak (RPN)	Biaya	Kemudahan	Waktu Pelaksanaan	Prioritas
1	SOP curing + kalibrasi termometer oven	Tinggi (252)	Rendah	Tinggi	Cepat (<1 bulan)	1
2	Kalibrasi rutin printer DTF	Tinggi (240)	Rendah	Tinggi	Cepat (<1 bulan)	2
3	Jig/fixture posisi kaos	Tinggi (210)	Sedang	Sedang	Sedang (2-4 minggu)	3
4	Pelatihan operator bulanan	Sedang-Tinggi (lintas cacat)	Sedang	Sedang	Berkelanjutan	4
5	Inspeksi sampling <i>checksheet</i>	Sedang	Rendah	Tinggi	Cepat, paralel	5 (paralel)

4. Kesimpulan

Penelitian mengidentifikasi lima CTQ pada proses sablon DTF dengan tinta retak sebagai jenis cacat terbesar. Analisis P-chart menunjukkan proses relatif stabil secara statistik, tetapi kinerja kualitas masih memerlukan perbaikan. Analisis Pareto menunjukkan C1, C4, C2, dan C3 menyumbang 83,19% dari total unit cacat. FMEA menunjukkan prioritas tertinggi pada suhu curing tidak optimal dengan RPN 252, diikuti kalibrasi print head tidak tepat dan ketidakpresisian penempatan media. DMAIC-FMEA membantu menyusun prioritas masalah dan rekomendasi perbaikan secara sistematis. Namun, karena rekomendasi belum diimplementasikan, penelitian belum dapat menyimpulkan adanya peningkatan kualitas aktual. Hasil penelitian menjadi dasar untuk melakukan pilot trial, validasi parameter proses, dan evaluasi efektivitas perbaikan pada tahap berikutnya.

Saran

Berdasarkan keterbatasan yang dihadapi serta temuan yang diperoleh dalam penelitian ini, beberapa saran diajukan bagi pengembangan penelitian maupun penerapan lanjutan. Penelitian selanjutnya disarankan dilakukan pada beberapa UMKM sablon DTF dengan karakteristik proses, mesin, dan pasar yang berbeda, agar temuan dan rekomendasi yang dihasilkan dapat digeneralisasi secara lebih luas dan tidak hanya berlaku pada satu UMKM. Selain itu penerapan integrasi DMAIC-FMEA pada UMKM sablon DTF disarankan dilengkapi dengan pemantauan berkala terhadap indikator DPO, DPMO, dan level sigma pasca-implementasi, sehingga peningkatan kualitas proses produksi dapat dievaluasi secara terukur dan berkelanjutan dari waktu ke waktu.

5. Daftar Pustaka

- Alifka, K. P., & Apriliani, F. (2024). Analisis pengendalian kualitas produk menggunakan metode Statistical Process Control (SPC) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). *Factory: Jurnal Industri, Manajemen Dan Rekayasa Sistem Industri*, 2(3), 97–118. <https://doi.org/10.56211/factory.v2i3.486>
- Cahyono, S. B., & Utomo, Y. (2024). Analisa pengendalian kualitas dalam upaya meminimalisasi defect produk flexible packaging pada mesin printing dengan menggunakan metode DMAIC. *Profisiensi: Jurnal Program Studi Teknik Industri*, 12(1), 21–31.
- Carpitella, S., Mzougui, I., & Izquierdo, J. (2022). Multi-criteria risk classification to enhance complex supply networks performance. *OPSEARCH*, 59(3), 769–785. <https://doi.org/10.1007/s12597-021-00568-8>
- Condé, G., Oprime, P. C., Pimenta, M. L., Sordan, J. E., & Bueno, C. R. (2023). Defect reduction using DMAIC and Lean Six Sigma: a case study in a manufacturing car parts supplier. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(9), 2184–2204. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2022-0157>
- Gaspersz, V. (2005). *Total quality management*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Mittal, A., Gupta, P., Kumar, V., Al Owad, A., Mahlawat, S., & Singh, S. (2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*, 9(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14625>
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* (6th ed.). John Wiley & Sons.
- Muzani, M. A., & Luthfianto, S. (2025). Analisis Pengendalian Kualitas Produksi dengan Menggunakan Pendekatan Logika Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). *PENDIPA Journal of Science Education*, 9(2), 423–432. <https://doi.org/10.33369/pendipa.9.2.423-432>
- Pramudya Wardana, A., & Widiasih, W. (2023). Penerapan DMAIC dan FMEA untuk pengendalian kualitas produk kemasan kertas perusahaan percetakan PT. XYZ. *Jurnal SENOPATI*, 5(1), 1–10.
- Sharma, P., Gupta, A., Malik, S. C., Jha, P. C., & Pinto, M. C. B. (2022). An application of Six Sigma DMAIC model: case study of a manufacturing organisation. *International Journal of Advanced Operations Management*, 14(3), 280–331. <https://doi.org/10.1504/IJAOM.2022.125097>
- Sumasto, F., Arliananda, D. A., Imansuri, F., Aisyah, S., & Purwojatmiko, B. H. (2023). Enhancing Automotive Part Quality in SMEs through DMAIC Implementation: A Case Study in Indonesian Automotive Manufacturing. *Quality Innovation Prosperity*, 27(3), 57–74. <https://doi.org/10.12776/QIP.V27I3.1889>