

Analisis Pengendalian Kualitas Untuk Mengurangi *Defect* Pada Proses *Painting* Menggunakan Metode *Seven Tools* Di Perusahaan Fabrikasi Baja

Nova Amelia Ma'rufa¹, Anita Akhrruddin²

Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi & Bisnis, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No.101, Gresik Kota Baru (GKB), Kec. Kebomas, Kab. Gresik, Jawa Timur
Email: novaameliamarufa@gmail.com, anitaakhrruddin83@umg.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengendalian kualitas pada proses *painting* di industri fabrikasi baja guna mengurangi tingkat kecacatan (*defect*) produk. Proses *painting* memiliki peranan penting dalam menentukan kualitas akhir produk karena berfungsi sebagai pelindung terhadap korosi sekaligus meningkatkan nilai estetika. Metode yang digunakan dalam Penelitian ini menerapkan rangkaian *Seven Tools* mencakup *check sheet*, *histogram*, *Pareto diagram*, *control chart*, *scatter diagram*, *fishbone diagram*, dan *flowchart* sebagai instrumen analisis untuk mengkategorikan tipe cacat dan mengungkap akar penyebabnya. Temuan mengungkapkan bahwa sejumlah cacat spesifik menjadi persoalan utama dalam proses *painting*, yaitu *orange peel*, *sagging*, *blistering*, *peeling*, dan *pinholes*. Faktor penyebab *defect* berasal dari aspek material, metode kerja, lingkungan kerja, serta *surface preparation* yang kurang optimal. Berdasarkan analisis yang dilakukan, usulan perbaikan difokuskan pada peningkatan standar operasional kerja, pengendalian lingkungan kerja, serta peningkatan kualitas material dan keterampilan operator. Dengan penerapan pengendalian kualitas yang terukur diproyeksikan mampu menurunkan frekuensi cacat dan meningkatkan standar kualitas produk secara menyeluruh.

Kata kunci: *quality control*, *painting*, *defect*, *seven tools*, fabrikasi baja

ABSTRACT

This study aims to analyze quality control in the painting process within the steel fabrication industry to reduce product defect rates. The painting process plays a crucial role in determining final product quality, serving as protection against corrosion while enhancing aesthetic value. This research applies the Seven Tools framework comprising check sheets, histograms, Pareto diagrams, control charts, scatter diagrams, fishbone diagrams, and flowcharts as analytical instruments to categorize defect types and uncover their root causes. Findings reveal that specific defect types emerge as primary concerns in the painting process, namely orange peel, sagging, blistering, peeling, and pinholes. Defect causes originate from material factors, work methods, work environment, and inadequate surface preparation. Based on the analysis conducted, improvement proposals focus on enhancing standard operating procedures, controlling the work environment, and improving material quality and operator skills. Through the implementation of measurable quality control measures, such efforts are projected to reduce defect frequency and enhance product quality standards comprehensively.

Keywords: *quality control*, *painting*, *defect*, *seven tools*, *steel fabrication*

Pendahuluan

Di tengah persaingan global dan tekanan pasar manufaktur yang intensif, mutu produk berperan sebagai elemen kunci bagi perusahaan untuk mempertahankan posisi kompetitif dan kredibilitas di pasar. Produk berkualitas tidak hanya meningkatkan kepuasan pelanggan, tetapi juga mencerminkan kinerja operasional yang efektif dan efisien. Sebaliknya, produk yang mengalami kecacatan (*defect*) menimbulkan kerugian dari segi biaya, waktu, serta citra perusahaan [1].

Industri fabrikasi baja merupakan salah satu sektor manufaktur dengan kontribusi signifikan terhadap pembangunan infrastruktur nasional. Industri ini menghasilkan berbagai komponen konstruksi yang dituntut memiliki kekuatan, ketahanan, dan keandalan tinggi. Salah satu tahapan kritis dalam proses fabrikasi baja adalah proses *painting* (pengecatan), yang berfungsi melindungi permukaan baja dari korosi sekaligus meningkatkan nilai estetika produk. Kegagalan dalam mengendalikan kualitas proses ini dapat berdampak langsung pada ketahanan produk dan keselamatan struktur konstruksi [2].

Proses *painting* rentan terhadap berbagai jenis *defect*, di antaranya *orange peel*, *sagging*, *blistering*, *peeling*, dan *pinholes*. Munculnya *defect* tersebut umumnya dipengaruhi oleh faktor manusia, metode kerja, material, mesin, dan lingkungan yang kurang terkendali. *Defect orange peel* ditandai permukaan cat menyerupai kulit jeruk akibat

ketidaksempurnaan penyemprotan; *sagging* berupa aliran cat akibat ketebalan berlebih atau viskositas tidak sesuai; sedangkan *blistering* ditandai gelembung pada lapisan cat akibat uap air atau minyak yang terperangkap di bawah permukaan cat[3].

Studi kasus pada perusahaan fabrikasi baja di Kabupaten Gresik, Jawa Timur, periode Januari–Mei 2025 menunjukkan kondisi yang memprihatinkan. Dari total 2.050 unit produksi, ditemukan 281 unit mengalami *defect* atau setara 13,7% dari total produksi jauh melampaui batas toleransi perusahaan sebesar 5%. Tiga *defect* dominan adalah *orange peel* (32,0%), *sagging* (24,2%), dan *blistering* (18,5%), yang secara kumulatif menyumbang 74,7% dari total kecacatan. Kondisi ini berdampak pada meningkatnya biaya *rework*, pemborosan material, dan menurunnya kepuasan pelanggan[4].

Pengendalian kualitas secara sistematis sangat diperlukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu metode yang telah terbukti efektif adalah *Seven Tools of Quality*, yang mencakup *check sheet*, histogram, stratifikasi, diagram Pareto, diagram sebab-akibat (*fishbone*), *scatter diagram*, dan peta kendali (*control chart*). Metode ini membantu perusahaan mengumpulkan dan menganalisis data secara terstruktur, menentukan prioritas permasalahan, serta mengidentifikasi akar penyebab *defect* sehingga solusi perbaikan yang tepat dapat dirumuskan[5],[6].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengaplikasikan *Seven Tools* di berbagai industri manufaktur dan menunjukkan hasil signifikan dalam mereduksi tingkat kecacatan[7],[8]. Namun, penerapan metode ini secara spesifik pada proses *painting* di industri fabrikasi baja masih terbatas. Keunikan proses pengecatan pada material baja dengan kompleksitas variabel lingkungan seperti kelembapan udara dan tekanan *spray gun* memerlukan pendekatan analisis yang lebih kontekstual[9].

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada integrasi ketujuh alat *Seven Tools* secara berurutan dan saling terkait, mulai dari *check sheet* hingga peta kendali, yang diterapkan secara khusus pada konteks proses *painting* di industri fabrikasi baja, suatu konteks yang belum banyak dikaji secara spesifik pada penelitian sebelumnya. Berbeda dari studi terdahulu yang umumnya menerapkan *Seven Tools* secara parsial atau pada satu-dua alat saja, penelitian ini menghubungkan hasil setiap alat secara berjenjang dan kontekstual Pareto menentukan *defect* dominan yang dianalisis lebih lanjut melalui *fishbone diagram*, divalidasi secara kuantitatif melalui *scatter diagram*, dan dikonfirmasi kestabilan prosesnya melalui peta kendali *p-chart*. Secara akademik, penelitian ini memperkaya literatur pengendalian kualitas dengan model integrasi *Seven Tools* yang kontekstual untuk industri fabrikasi baja. Secara praktis, hasil penelitian memberikan rekomendasi konkret berupa parameter kendali terukur (kelembapan, viskositas cat, dan tekanan *spray gun*) yang dapat langsung diadopsi perusahaan untuk menurunkan *defect orange peel*, *sagging*, dan *blistering*, sekaligus meningkatkan kualitas produk secara menyeluruh.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis jenis *defect* dominan, mengidentifikasi akar penyebabnya, serta memberikan rekomendasi perbaikan berbasis manajemen operasional menggunakan metode *Seven Tools of Quality* pada proses *painting* di perusahaan fabrikasi baja Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Hasil penelitian diharapkan menjadi acuan bagi perusahaan dalam menerapkan sistem pengendalian kualitas yang berkelanjutan melalui siklus *Plan-Do-Check-Act* (PDCA).

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan rancangan studi kasus (*case study*). Pendekatan kuantitatif deskriptif diterapkan mengingat data yang dianalisis bersifat numerik dan terukur, dengan fokus pada ukuran produksi, distribusi frekuensi cacat, dan proporsi kecacatan menurut kategorinya. Studi kasus dilakukan secara mendalam pada satu objek penelitian, yaitu perusahaan fabrikasi baja di Kabupaten Gresik, Jawa Timur, selama periode Januari–Mei 2025[10].

Objek penelitian adalah perusahaan fabrikasi baja yang bergerak di bidang produksi komponen struktur baja untuk kebutuhan konstruksi industri dan infrastruktur. Pemilihan lokasi didasarkan pada relevansi permasalahan, yaitu tingginya tingkat *defect* pada proses *painting* yang memerlukan analisis dan tindakan perbaikan secara sistematis.

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap proses *painting* di lantai produksi dan wawancara tidak terstruktur dengan operator *painting*, pengawas produksi, dan staf bagian *quality control*. Data sekunder mencakup laporan produksi bulanan, catatan hasil inspeksi kualitas (*quality inspection record*), rekapitulasi jenis dan jumlah *defect* per bulan, serta dokumen standar operasional prosedur (SOP) proses *painting* yang berlaku di perusahaan.

Teknik pengumpulan data menggunakan tiga metode yang saling melengkapi. Pertama, observasi langsung terhadap alur proses *painting* secara keseluruhan, mulai dari tahap *surface preparation*, proses pengecatan, pengeringan, hingga inspeksi kualitas akhir; termasuk kondisi peralatan (*spray gun*, kompresor), teknik kerja operator, serta kondisi lingkungan (suhu dan kelembapan). Kedua, dokumentasi melalui pengumpulan dokumen resmi perusahaan terkait produksi dan pengendalian kualitas. Ketiga, wawancara tidak terstruktur untuk menggali informasi mengenai prosedur pengecatan, jenis *defect* yang sering ditemukan, dan upaya penanganan yang telah dilakukan.

Validitas data dijaga melalui triangulasi sumber, yaitu pencocokan hasil observasi lapangan, dokumen resmi perusahaan, dan keterangan wawancara, sehingga temuan yang sama dikonfirmasi melalui lebih dari satu metode pengumpulan data. Pengukuran variabel proses menggunakan instrumen standar perusahaan, yaitu viscometer cup (satuan detik) untuk viskositas cat, hygrometer untuk kelembapan relatif (%RH) area produksi, serta pressure gauge pada kompresor

untuk tekanan spray gun (bar). Seluruh alat ukur tersebut merupakan instrumen yang secara rutin dikalibrasi oleh bagian quality control perusahaan mengikuti jadwal kalibrasi internal, sehingga akurasi pencatatan data primer dapat dijaga dan diyakini memiliki tingkat keandalan yang memadai. Prosedur pengukuran dan jenis instrumen ini dideskripsikan secara eksplisit agar penelitian dapat direplikasi pada objek atau periode pengamatan lain.

Analisis data menggunakan metode *Seven Tools of Quality* yang diterapkan secara berurutan dan terintegrasi. Setiap alat memiliki fungsi spesifik yang saling melengkapi dalam membentuk pemahaman komprehensif terhadap permasalahan *defect* proses *painting*. Adapun penerapan masing-masing alat adalah sebagai berikut.

(1) *Check sheet* berfungsi mencatat data cacat dengan sistematis dan terstruktur, meliputi jenis *defect*, frekuensi kemunculan per bulan, dan total produksi. (2) Histogram menghadirkan visualisasi pola distribusi frekuensi cacat dalam bentuk grafis untuk mengidentifikasi pola sebaran kecacatan. (3) Diagram Pareto digunakan untuk mengidentifikasi prioritas cacat berdasarkan prinsip 80/20 bahwa sebagian besar masalah kualitas disebabkan oleh sebagian kecil faktor penyebab sehingga prioritas perbaikan dapat ditentukan dengan tepat.

(4) *Fishbone diagram* (diagram Ishikawa) memetakan faktor-faktor utama yang menghasilkan cacat berdasarkan pendekatan 5M+1E: *Man, Machine, Method, Material, Measurement, dan Environment*. (5) *Scatter diagram* menyelidiki hubungan statistik antara variabel proses dan munculnya cacat, meliputi hubungan kelembapan udara–*blistering*, viskositas cat–*sagging*, dan tekanan *spray gun–orange peel*. (6) Peta kendali p-chart melacak konsistensi dan stabilitas performa proses dari waktu ke waktu berdasarkan proporsi produk cacat terhadap total produksi, dilengkapi garis tengah, UCL, dan LCL. (7) *Flowchart* menguraikan tahapan proses pengecatan secara visual untuk identifikasi titik rawan yang berpotensi menjadi sumber *defect*.

Penelitian dilaksanakan melalui enam tahapan berurutan: (1) identifikasi masalah melalui pengamatan kondisi aktual proses *painting*; (2) pengumpulan data melalui observasi, dokumentasi, dan wawancara; (3) pengolahan dan tabulasi data *defect*; (4) analisis menggunakan ketujuh alat *Seven Tools* secara berurutan; (5) penentuan akar masalah berdasarkan integrasi seluruh hasil analisis; dan (6) perumusan rekomendasi perbaikan yang spesifik dan dapat diimplementasikan perusahaan dalam siklus *Plan-Do-Check-Act* (PDCA).

Hasil Dan Pembahasan

Identifikasi Defect dan Check Sheet

Berdasarkan hasil observasi dan pengumpulan data selama periode Januari–Mei 2025, ditemukan lima jenis *defect* yang terjadi secara berulang pada proses *painting*: orange peel, sagging, blistering, peeling, dan pinholes. Data check sheet hasil rekapitulasi bulanan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Check Sheet Data Defect Proses Painting Januari–Mei 2025

Jenis Defect	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Total	% Total
Orange Peel	18	16	20	17	19	90	32,0%
Sagging	14	12	15	13	14	68	24,2%
Blistering	10	9	11	10	12	52	18,5%
Peeling	8	7	9	8	9	41	14,6%
Pinholes	5	6	7	6	6	30	10,7%
Total	55	50	62	54	60	281	100%

Berdasarkan Tabel 1, total *defect* selama periode pengamatan mencapai 281 unit dari 2.050 unit produksi (13,7%). Orange peel mendominasi dengan 90 kejadian (32,0%), diikuti sagging 68 kejadian (24,2%), blistering 52 kejadian (18,5%), peeling 41 kejadian (14,6%), dan pinholes 30 kejadian (10,7%). Ketiga jenis *defect* pertama secara kumulatif menyumbang 74,7% dari total kecacatan[11].

Histogram Distribusi Defect

Histogram digunakan untuk memvisualisasikan distribusi jumlah total defect per bulan. Penentuan banyak kelas mengacu pada rumus Sturges dengan $k = 1 + 3,3 \log n$, menghasilkan 4 kategori interval. Lebar setiap kelas interval dihitung sebagai $(62-50)/4 = 3$ satuan.

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Histogram Total Defect Painting Jan–Mei 2025

Interval Total Defect	Frekuensi (Bulan)	Keterangan
50 – 52	1	Februari (50 unit)

Interval Total Defect	Frekuensi (Bulan)	Keterangan
53 – 55	2	Januari (55), April (54)
56 – 58	0	-
59 – 62	2	Maret (62), Mei (60)
Total	5	-

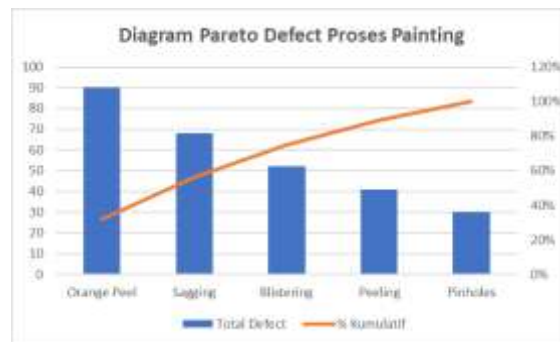
Histogram menunjukkan distribusi bimodal, dengan konsentrasi pada rentang 53–55 dan 59–62, sementara interval 56–58 kosong. Pola distribusi yang tidak simetris mengindikasikan bahwa variasi *defect* tidak bersifat acak, melainkan dipengaruhi oleh faktor-faktor tertentu yang berulang setiap periode. Kondisi ini sejalan dengan Montgomery (2013) bahwa histogram yang tidak membentuk distribusi normal mengindikasikan adanya penyebab khusus (*special cause*) dalam proses produksi.

Diagram Pareto

Diagram Pareto digunakan untuk menentukan prioritas jenis *defect* berdasarkan prinsip 80/20. Hasil rekapitulasi check sheet menjadi dasar penyusunan diagram Pareto.

Tabel 3. Data Diagram Pareto Defect Proses Painting

Jenis Defect	Frekuensi	Persentase (%)	Kumulatif (%)
Orange Peel	90	32,0%	32,0%
Sagging	68	24,2%	56,2%
Blistering	52	18,5%	74,7%
Peeling	41	14,6%	89,3%
Pinholes	30	10,7%	100,0%
Total	281	100%	—



Gambar 1. Diagram pareto *defect* pada proses painting

Berdasarkan Tabel 3, orange peel (32,0%), sagging (24,2%), dan blistering (18,5%) secara kumulatif mencapai 74,7% dari total *defect*. Mengacu pada prinsip Pareto 80/20, upaya perbaikan difokuskan pada ketiga jenis *defect* dominan ini. Perbaikan yang berhasil mengeliminasi ketiganya berpotensi menurunkan total *defect* hampir tiga perempatnya, sehingga analisis fishbone diagram pada tahap berikutnya diarahkan pada ketiga *defect* tersebut[12].

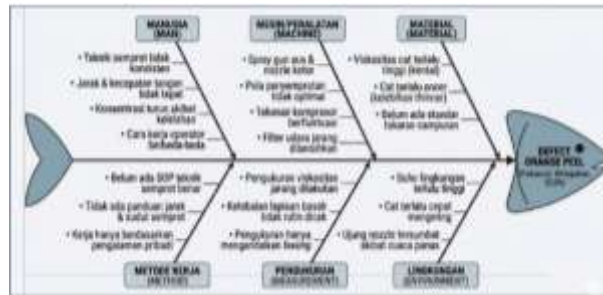
Fishbone Diagram

Fishbone diagram (Diagram Ishikawa) digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan akar penyebab dari tiga *defect* dominan berdasarkan pendekatan 5M+1E: *Man, Machine, Method, Material, Measurement, dan Environment*. Identifikasi dilakukan melalui kombinasi observasi lapangan, dokumentasi, dan wawancara.

a. Akar Penyebab Defect Orange Peel

Orange peel (90 kejadian; 32,0%) merupakan *defect* paling dominan dengan permukaan cat bertekstur kasar menyerupai kulit jeruk. Analisis fishbone mengidentifikasi akar penyebab sebagai berikut: (1) Faktor Man: teknik penyemprotan yang tidak konsisten dan tidak terstandarisasi antaroperator (2) Faktor Machine: spray gun aus dan filter kompresor yang tidak dibersihkan sehingga tekanan fluktuatif (3) Faktor Material: viskositas cat terlalu tinggi tanpa standar

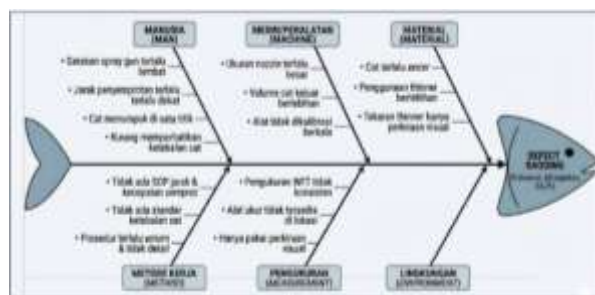
pengukuran ketat (4) Faktor Method: tidak ada SOP tertulis mengenai tekanan, jarak, dan kecepatan semprot optimal (5) Faktor Measurement : viskositas cat dan ketebalan lapisan basah tidak diukur secara rutin (6) Faktor Environment : suhu lingkungan tinggi mempercepat pengeringan cat sebelum menyebar merata[13].



Gambar 2. Fishbone diagram defect orange peel

b. Akar Penyebab Defect Sagging

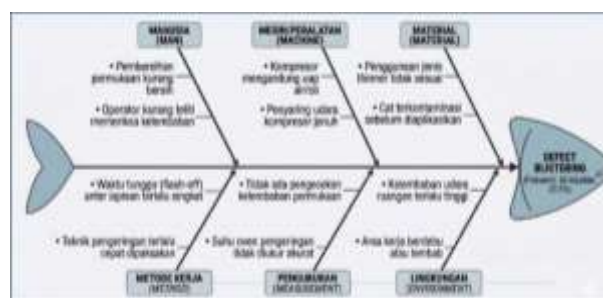
Sagging (68 kejadian; 24,2%) berupa aliran atau lelehan cat pada permukaan baja, terutama pada bidang vertikal dan sudut sambungan. Akar penyebab meliputi: (1) Faktor Man : kecepatan gerak spray gun terlalu lambat sehingga cat menumpuk (2) Faktor Machine : ukuran nozzle tidak terstandarisasi dan tidak dikalibrasi berkala; (3) Faktor Material : thinner berlebihan membuat cat terlalu encer (4) Faktor Method : tidak ada SOP spesifik mengenai jarak semprot dan ketebalan lapisan (5) Faktor Measurement : Wet Film Thickness (WFT) tidak diukur konsisten sehingga kontrol ketebalan bergantung perkiraan visual semata.



Gambar 3. Fishbone Diagram Defect Sagging

c. Akar Penyebab Defect Blistering

Blistering (52 kejadian; 18,5%) berupa gelembung pada lapisan cat akibat udara atau uap air yang terperangkap. Akar penyebab meliputi: (1) Faktor Method : surface preparation kurang sempurna dan tidak ada prosedur ketat mengenai coating interval (2) Faktor Environment : kelembapan udara tinggi (>85% RH) tanpa pemantauan dew point (3) Faktor Material : permukaan baja masih mengandung kontaminan sisa minyak atau karat (4) Faktor Measurement : tidak tersedia hygrometer dan alat ukur dew point sebelum proses pengecatan dimulai[14].



Gambar 4. Fishbone Diagram Defect Blistering

Scatter Diagram

Scatter diagram digunakan untuk menganalisis korelasi antara variabel proses dengan frekuensi defect menggunakan Koefisien Korelasi Pearson (r). Tiga pasangan variabel berdasarkan temuan fishbone diagram, yaitu :

- 1.) Hubungan antara kelembapan udara dengan frekuensi blistering
- 2.) Hubungan antara viskositas cat dengan frekuensi sagging
- 3.) Hubungan antara tekanan spray gun dengan frekuensi orange peel

Kekuatan hubungan antar variabel diukur secara statistik menggunakan Koefisien Korelasi Pearson (r) dengan rumus:

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Tabel 4. Ringkasan Hasil Analisis Korelasi Scatter Diagram

Pasangan Variabel	Nilai r	Interpretasi
Kelembapan Udara vs Blistering	0,983	Korelasi (+) Sangat Kuat
Viskositas Cat vs Sagging	0,910	Korelasi (+) Sangat Kuat
Tekanan Spray Gun vs Orange Peel	-0,936	Korelasi (-) Sangat Kuat

Seluruh pasangan variabel menunjukkan $|r| > 0,90$, memberikan validasi kuantitatif yang kuat bahwa ketiga variabel tersebut memiliki pengaruh langsung dan dominan terhadap kemunculan defect dominan pada proses painting. Kelembapan udara berkorelasi positif sangat kuat dengan *blistering* ($r = 0,983$): pada Mei (kelembapan 86% RH), *blistering* mencapai 12 unit vs 9 unit pada Februari (75% RH). Viskositas cat berkorelasi positif sangat kuat dengan *sagging* ($r = 0,910$): viskositas 25–26 detik pada Maret–Mei menghasilkan *sagging* terbanyak (15 unit). Tekanan *spray gun* berkorelasi negatif sangat kuat dengan *orange peel* ($r = -0,936$): tekanan 2,4–2,5 bar menghasilkan *orange peel* 19–20 unit, sedangkan tekanan 3,2 bar hanya menghasilkan 16 unit. Berdasarkan temuan ini dirumuskan tiga parameter kendali wajib SOP: (1) kelembapan $\leq 80\%$ RH; (2) viskositas cat 18–22 detik; dan (3) tekanan *spray gun* 3,0–4,0 bar.

Ketiga korelasi tersebut menunjukkan pola hubungan yang berbeda secara mekanistik. Hubungan kelembapan blistering bersifat positif karena uap air pada udara lembap terperangkap di bawah lapisan cat sebelum mengering sempurna. Hubungan viskositas sagging juga positif karena cat yang terlalu encer mudah mengalir pada bidang vertikal. Sementara hubungan tekanan *spray gun orange peel* bersifat negatif karena tekanan yang terlalu rendah menghasilkan atomisasi cat yang tidak sempurna sehingga permukaan bertekstur kasar. Ketiga parameter kendali yang dirumuskan dari hasil korelasi ini kelembapan, viskositas, dan tekanan perlu dituangkan secara eksplisit ke dalam dokumen SOP proses *painting* bukan sekadar acuan informal, agar operator memiliki standar kerja yang konsisten dan dapat diverifikasi oleh pengawas produksi maupun staf *quality control*.

Peta Kendali p-Chart

Peta kendali p-chart diterapkan untuk memverifikasi konsistensi dan stabilitas proses berdasarkan rasio unit cacat terhadap total unit diproduksi per periode, mengingat variabilitas ukuran sampel (n) lintas periode pengamatan. Perhitungan center line:

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{281}{2.050} = 0,1371$$

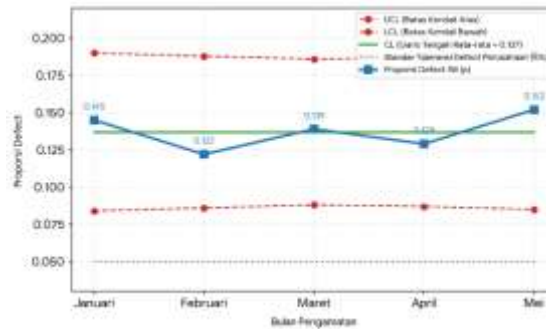
$$CL = \bar{p} = 0,1371 \approx 0,137 (13,7\%)$$

UCL dan LCL dihitung individual per bulan menggunakan rumus:

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-p)}{n}} \text{ (Jika hasil negatif, maka LCL = 0)}$$

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan p-Chart Proses Painting

Bulan	n	np	p	UCL	CL	LCL	Status
Januari	380	55	0,145	0,190	0,137	0,084	In-Control
Februari	410	50	0,122	0,188	0,137	0,086	In-Control
Maret	445	62	0,139	0,186	0,137	0,088	In-Control
April	420	54	0,129	0,187	0,137	0,087	In-Control
Mei	395	60	0,152	0,189	0,137	0,085	In-Control

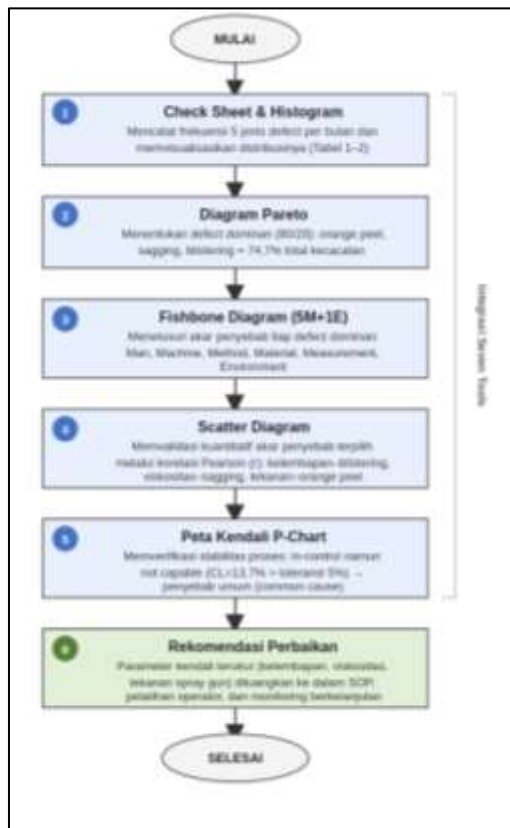


Gambar 5. Peta Kendali p-Chart Proses Painting

Seluruh lima titik data berada dalam batas kendali tanpa pola tidak wajar, sehingga proses *painting* secara statistik berstatus *in-control* (stabil). Namun, $CL = 13,7\%$ jauh di atas standar toleransi perusahaan 5% , sehingga proses dikategorikan *in-control but not capable*. Kondisi ini menunjukkan bahwa kecacatan bukan berasal dari penyebab sesaat (*special cause*), melainkan dari penyebab umum (*common cause*) yang tertanam secara sistemik, sehingga menuntut perbaikan struktural pada sistem [12].

Status *in-control but not capable* ini membawa implikasi penting: perbaikan tidak dapat dilakukan melalui koreksi sesaat terhadap operator atau sesi produksi tertentu, melainkan menuntut intervensi sistemik pada tiga lini sekaligus. Pertama, revisi dan formalisasi SOP proses *painting* dengan parameter kendali terukur sebagaimana dirumuskan dari hasil *scatter diagram*. Kedua, pelatihan operator secara berkala agar teknik penyemprotan, pencampuran cat, dan pemeriksaan ketebalan lapisan terstandarisasi antarindividu dan antarsesi produksi. Ketiga, monitoring berkelanjutan melalui pencatatan rutin *p-chart* bulanan untuk memastikan penurunan *center line* secara bertahap menuju batas toleransi perusahaan sebesar 5% , sekaligus mendeteksi dini apabila muncul penyebab khusus baru. Tanpa ketiga intervensi tersebut, proses akan tetap stabil secara statistik namun terus mempertahankan tingkat *defect* yang jauh di atas standar yang ditetapkan.

Untuk memperjelas keterkaitan dan alur kerja ketujuh alat *Seven Tools* yang digunakan dalam penelitian ini, Gambar 6 menyajikan diagram alur integrasi analisis, mulai dari pengumpulan data melalui *check sheet* dan histogram, penentuan prioritas *defect* dominan melalui diagram Pareto, penelusuran akar penyebab melalui *fishbone diagram*, validasi kuantitatif melalui *scatter diagram*, hingga verifikasi stabilitas proses melalui peta kendali *p-chart*. Integrasi berjenjang ini memastikan setiap tahap analisis menjadi dasar bagi tahap berikutnya, sehingga rekomendasi perbaikan yang dihasilkan didukung bukti yang konsisten di setiap alat.



Gambar 6. Diagram Alur Integrasi Seven Tools pada Analisis Defect Proses Painting

Pembahasan

Integrasi hasil *Seven Tools* mengungkap tiga akar masalah utama. Pertama, ketidakstabilan parameter teknis penyemprotan. Ketiadaan SOP tertulis dengan parameter terukur menyebabkan variasi antara operator dan antarsesi produksi. Ini menjadi penyebab dominan *orange peel* dan *sagging* yang bersama-sama menyumbang 56,2% total kecacatan, sejalan dengan Islahudin (2019) yang menyatakan bahwa teknik penyemprotan tidak terstandar adalah penyebab utama *defect painting* [13].

Kedua, ketidakkonsistenan kualitas material *coating*. Tidak adanya prosedur pengukuran viskositas sebelum produksi menyebabkan viskositas berfluktuasi terlalu kental memicu *orange peel*, terlalu encer memicu *sagging*. Korelasi $r = 0,910$ antara viskositas dan *sagging* membuktikan secara statistik bahwa pengendalian viskositas merupakan intervensi kritis yang wajib diprioritaskan dalam SOP.

Ketiga, kondisi lingkungan kerja tidak terkendali. Kelembapan tinggi tanpa pemantauan dew point menjadi penyebab utama *blistering* ($r = 0,983$), diperparah lemahnya inspeksi *surface preparation* pascasandblasting yang tidak mengacu standar terukur. Sejalan dengan Agustin dan Suryadi (2024) yang menemukan bahwa pengaplikasian *spreading rate* tidak tepat menghasilkan RPN=120 penyebab dominan *orange peel*, analisis fishbone diagram dalam penelitian ini juga mengidentifikasi faktor metode sebagai akar penyebab [14].

Di level sistem, analisis mengidentifikasi empat kelemahan mendasar: (1) tidak ada SOP dengan nilai batas terukur dan mengikat; (2) alat ukur kritis (*viskometer*, WFT gauge, *hygrometer*, *dew point meter*) tidak tersedia secara konsisten di area produksi; (3) lemahnya verifikasi *surface preparation*; dan (4) tidak adanya mekanisme umpan balik dan siklus PDCA. Ketiadaan siklus PDCA menjelaskan mengapa proses berstatus *in-control* sekaligus mempertahankan *defect* 13,7% secara konsisten tanpa intervensi perbaikan sistematis, tingkat *defect* tidak dapat diturunkan sebagaimana ditegaskan Maulana dan Ridwan (2021) [15].

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu ditegaskan. Pertama, ruang lingkup penelitian terbatas pada satu perusahaan fabrikasi baja dan satu lini produk *painting*, sehingga generalisasi temuan ke perusahaan fabrikasi baja lain atau jenis produk yang berbeda perlu dilakukan secara hati-hati. Kedua, periode pengamatan hanya mencakup lima bulan (Januari–Mei 2025), yang memungkinkan menangkap pola *defect* musiman dalam rentang waktu yang relatif singkat. Ketiga, korelasi yang dihasilkan dari analisis *scatter diagram* bersifat asosiatif dan belum diuji melalui eksperimen terkontrol, sehingga belum membuktikan hubungan kausal secara definitif antara variabel proses dan frekuensi *defect*. Penelitian lanjutan disarankan mencakup periode pengamatan yang lebih panjang untuk menangkap variasi musiman secara lebih representatif, perluasan objek penelitian pada variasi produk dan lokasi perusahaan yang berbeda, serta pengujian efektivitas rekomendasi perbaikan melalui penerapan siklus *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) secara langsung di lapangan untuk memverifikasi penurunan tingkat *defect* setelah implementasi SOP yang direvisi.

Simpulan

Penerapan metode *Seven Tools* terbukti efektif dalam mengidentifikasi dan menganalisis permasalahan kualitas pada proses *painting* secara sistematis. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar kecacatan berasal dari tiga *defect* dominan yang dipengaruhi oleh lemahnya pengawasan proses, ketiadaan standar kerja tertulis, kurangnya pelatihan operator, serta belum optimalnya sistem pengendalian kualitas. Analisis *p-chart* menunjukkan bahwa proses berada dalam kondisi *in-control but not capable*, yang mengindikasikan bahwa tingginya tingkat *defect* disebabkan oleh kelemahan sistemik dalam pengelolaan proses, bukan oleh variasi acak. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan sistem pencatatan dan analisis kualitas yang terstruktur dapat membantu perusahaan menetapkan prioritas perbaikan, meningkatkan efektivitas pengendalian kualitas, dan mendukung upaya perbaikan berkelanjutan pada proses *painting*.

Daftar Pustaka

- [1] M. Rizki *Et Al.*, “Determining Marketing Strategy At Lpp Tvri Riau Using Swot Analysis Method,” Vol. 3, No. 1, Pp. 10–18, 2021.
- [2] A. Wicaksono And F. Yuamita, “Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (Fmea) Untuk Meminimumkan Cacat Kaleng Di Pt . Maya Food Industries,” Vol. 1, No. I, Pp. 1–6, 2022.
- [3] J. N. Aziza, “Perbandingan Metode Moving Average , Single Exponential Smoothing , Dan Double Exponential Smoothing Pada Peramalan Permintaan Tabung Gas Lpg Pt Petrogas Prima Services,” Vol. 1, No. I, Pp. 35–41, 2022.
- [4] S. A. Susanto, F. Yuamita, F. T. Industri, And D. I. Yogyakarta, “Analisis Ergonomi Dalam Penggunaan Mesin Penggilingan Pupuk Menggunakan Metode Quick Exposure Checklist Pada Pt . Putra Manunggal Sakti,” Vol. 1, No. I, Pp. 22–34, 2022.

- [5] P. Kemeja And M. Metode, “Analisa Pengambilan Keputusan Pemilihan Bahan Dalam,” Vol. 18, No. 2, Pp. 163–172, 2021.
- [6] F. S. Lubis *Et Al.*, “Analisis Kepuasan Pelanggan Dengan Metode Servqual Dan Pendekatan Structural Equation Modelling (Sem) Pada Perusahaan Jasa Pengiriman Barang Di Wilayah Kota Pekanbaru,” Vol. 16, No. 02, Pp. 25–31, 2019.
- [7] A. Merjani And I. Kamil, “Juli 2021 Penerapan Metode Seven Tools Dan Pdca (Plan Do Check Action) Untuk Mengurangi Cacat Pengelasan Pipa E-Issn 2598-9987,” Vol. 9, No. 1, Pp. 124–131, 2021.
- [8] L. Permono, S. T. S. L. A, And R. Septiari, “Penerapan Metode Seven Tools Dan New Seven Tools Untuk Pengendalian Kualitas Produk (Studi Kasus Pabrik Gula Kebon Agung Malang),” Vol. 5, No. 1, 2022.
- [9] M. L. Sanjaya, F. Rhozman, And M. M. Ilham, “Journal Of Innovation Research In Effect Of Spraying Pressure And Nozzle Distance On Dry Film Thickness Of Soft Primer Coatings Applied To Ah36 Steel,” Vol. 01, No. 01, Pp. 1–7, 2026.
- [10] S. Trinuryono, U. M. Ponorogo, And J. Perikanan, “Siswa Dengan Model Blended Learning Di Masa,” Pp. 2–7.
- [11] I. M. Hakim, K. S. Tangseng, W. Saputra, And A. Z. Al-Faritsy, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Tahu Menggunakan Metode Seven Tools Pada Umkm Tahu Bu Ida,” Vol. 2, No. 2, 2024.
- [12] M. Analisis, P. U. Mengetahui, P. Produk, R. Di, And P. T. Krakatau, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan,” Vol. 3, No. 1, Pp. 7–10, 2022.
- [13] N. Islahudin, “Teknologi Proses Pengecatan Menggunakan Sistem,” Vol. 13, No. 1, Pp. 15–25, 2019.
- [14] M. Agustin, “Analisis Pengendalian Kualitas Pada Proses Coating Project Fabrikasi Metal Ducting Mbi Di Pt . Swadaya Graha Menggunakan Metode Fmea,” Vol. 2, No. 1, 2024.
- [15] A. Pengendalian, K. Produk, And C. Dengan, “Metode Plan , Do , Check , Action (Pdca),” Pp. 30–38.