



Implementasi Metode Plan-Do-Check-Action (PDCA) Untuk Mengurangi Defect Tetesan Karat Dan Meningkatkan Efisiensi Electrodeposition Coating Di PT XYZ

Annaas Nurhuda Asidiq¹, HENDI Herlambang², Ahmad Turmudi Zy³

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

anasaan260801@gmail.com, hendiherlambang@pelitabangsa.ac.id, turmudi@pelitabangsa.ac.id

Abstrak

Tekanan kompetitif pada sektor otomotif Indonesia menuntut peningkatan mutu produk yang dijalankan beriringan dengan efisiensi operasional. Data Key Performance Indicator (KPI) PT XYZ periode Januari–Maret 2025 memperlihatkan dua permasalahan dominan pada proses Electrodeposition (ED) Coating, yaitu defect tetesan karat dengan Defect Per Unit (DPU) 4,2 dan konsumsi air industri 324 m³/hari, yang berdampak langsung pada biaya operasional dan mutu produk akhir. Penelitian ini diarahkan untuk mengeliminasi defect tetesan karat sekaligus meningkatkan efisiensi proses melalui penerapan metode Plan-Do-Check-Action (PDCA) berbasis Quality Control Circle (QCC) yang didukung QC Seven Tools. Tahap Plan dipakai untuk pemetaan masalah dan analisis akar penyebab melalui diagram Fishbone serta metode 5W+1H. Tahap Do menerjemahkan rencana ke dalam lima paket perbaikan teknis, yaitu cleaning-coating-covering chamber, instalasi lampu dan panel kontrol spray otomatis, re-setting tekanan pompa, modifikasi nozzle area inner, serta penggantian air industri dengan air demineralisasi. Tahap Check mengukur stabilitas proses pasca-perbaikan menggunakan control chart, dan tahap Action menutup siklus melalui standarisasi prosedur. Data primer diperoleh dari observasi lini PTC-ED, wawancara terstruktur, dan pengukuran parameter proses, sedangkan data sekunder bersumber dari dokumen produksi internal. Hasil implementasi menunjukkan defect tetesan karat berhasil dieliminasi penuh dari 4,2 DPU menjadi 0 DPU, dan konsumsi air Final Rinse ED berkurang dari 324 menjadi 100 m³/hari (efisiensi 69,1%). Penghematan biaya tahunan tercatat Rp3,33 miliar dengan Return on Investment (ROI) 1.253,66% dan payback period 27 hari produksi. Temuan ini menunjukkan siklus PDCA efektif diterapkan pada proses ED Coating sekaligus mendukung continuous improvement dan eco-friendly manufacturing di industri otomotif.

Kata Kunci: Plan-Do-Check-Action (PDCA), Quality Control Circle, Electrodeposition Coating, Defect Tetesan Karat, Efisiensi Proses.

Abstract

Competitive pressure in Indonesia's automotive sector demands product quality improvement alongside operational efficiency. Key Performance Indicator (KPI) data of PT XYZ for January–March 2025 revealed two dominant problems in the Electrodeposition (ED) Coating process: rust droplet defects with a Defect Per Unit (DPU) of 4.2 and industrial water consumption of 324 m³/day, which directly affected operational cost and product quality. This study aims to eliminate rust droplet defects and improve process efficiency through the Plan-Do-Check-Action (PDCA) method based on Quality Control Circle (QCC), supported by QC Seven Tools. The Plan stage performed problem mapping and root cause analysis using the Fishbone diagram and 5W+1H. The Do stage implemented five technical improvement packages: chamber cleaning-coating-covering, lighting and automatic spray control panel installation, pump pressure re-setting, inner-area nozzle modification, and replacement of industrial water with demineralized water. The Check stage measured post-improvement process stability through control charts, while Action closed the cycle through procedural standardization. Primary data were obtained from PTC-ED line observations, structured interviews, and process parameter measurements; secondary data came from internal production documents. Results show that rust droplet defects were fully eliminated from 4.2 to 0 DPU, and Final Rinse ED water consumption decreased from 324 to 100 m³/day (69.1% efficiency). Annual cost savings reached IDR 3.33 billion with a Return on Investment (ROI) of 1,253.66% and a payback period of 27 production days. The findings demonstrate that the PDCA cycle is effective in the ED Coating process and supports continuous improvement and eco-friendly manufacturing in the automotive industry.

Keywords: Plan-Do-Check-Action (PDCA), Quality Control Circle, Electrodeposition Coating, Rust Droplet Defect, Process Efficiency.

1. Pendahuluan

Sektor otomotif tercatat sebagai salah satu pilar manufaktur Indonesia yang turut menopang pertumbuhan ekonomi nasional. Industri alat angkut tercatat tumbuh sebesar 7,63% pada tahun 2023 dengan kontribusi 1,42% terhadap PDB nasional menurut data Kementerian Perindustrian (2024). Tren tersebut tidak diiringi oleh kestabilan permintaan; angka penjualan mobil wholesales justru menurun dari 1.005.256 unit pada 2023 menjadi 865.723 unit pada 2024, atau setara dengan kontraksi 13,9%. Penurunan tersebut tidak dapat dilepaskan dari kenaikan PPN menjadi 12%, pemberlakuan opsen pajak kendaraan, tekanan ekonomi global, dan volatilitas nilai tukar rupiah (Kementerian Perindustrian, 2024). Pada kondisi pasar yang demikian, peningkatan mutu produk dan penekanan biaya operasional menjadi dua syarat yang harus dipenuhi secara simultan oleh produsen otomotif untuk menjaga posisi kompetitif baik di pasar domestik maupun ekspor.

Salah satu tahapan kritis dalam pembentukan mutu kendaraan adalah proses Electrodeposition (ED) Coating, yaitu metode pelapisan berbasis prinsip elektrofisis. Partikel cat bermuatan listrik diendapkan pada permukaan logam pada proses ini sehingga terbentuk lapisan pelindung antikorosi dengan distribusi ketebalan yang merata dan ketahanan korosi yang tinggi. Mutu hasil ED Coating berpengaruh langsung terhadap umur pakai kendaraan dan reputasi produsen, sehingga keseluruhan parameter prosesnya menjadi titik perhatian utama dalam program quality assurance. Studi Peti et al. (2024) memperlihatkan bahwa ketidaksesuaian kondisi pretreatment—khususnya mutu air rinsing dan kebersihan peralatan—berpotensi menimbulkan ketidakhomogenan ketebalan film, porositas mikro, serta menurunnya adhesi lapisan, yang pada akhirnya meningkatkan risiko munculnya rust staining. Sejalan dengan itu, Zielinski (2021) mencatat arah pengembangan ED coating modern yang mengintegrasikan sensor dan sistem kontrol otomatis untuk menekan cacat permukaan, termasuk karat dan tetesan, agar konsistensi lapisan pelindung dapat terjaga sepanjang waktu produksi.

Pada lingkup PT XYZ, salah satu produsen otomotif berskala besar di Indonesia, permasalahan mutu pada proses ED Coating tercatat cukup signifikan. Berdasarkan data KPI periode Januari–Maret 2025, defect tetesan karat menyumbang 44% dari total defect seed pada proses Pretreatment Coating (PTC)-ED dengan nilai DPU prasanding tercatat 4,2. Selain dari sisi mutu, proses final rinse ED Coating juga mengonsumsi air industri hingga 324 m³/hari pada stasiun ini saja—angka yang merupakan kontributor terbesar dari total konsumsi 612 m³/hari di seluruh jalur Painting Division—dan jauh melampaui batas efisiensi internal sebesar ≤100 m³/hari.

Sejumlah kajian terdahulu telah membahas penerapan PDCA dalam berbagai konteks manufaktur. Adriantantri et al. (2023) melaporkan penurunan cacat produk tissue sebesar 65,61% melalui pendekatan Quality Control Circle (QCC) berbasis PDCA dengan fokus pada faktor manusia, mesin, material, dan metode. Pada konteks industri cat, Zaqi et al. (2022) memanfaatkan New Seven Tools untuk mengidentifikasi lima faktor dominan penyebab cacat pada produksi ember cat tembok dan menyusun usulan perbaikan menyeluruh. Pada lini otomotif, Rangel-Sánchez et al. (2024) memvalidasi efektivitas PDCA dalam menekan scrap pada produksi motor listrik melalui analisis 5W+2H dan three-legged five-why. Sebelumnya, Nabiilah et al. (2017) menerapkan siklus PDCA pada proses electrodeposition untuk mereduksi bit defects pada industri otomotif dan mencatat peningkatan mutu sebesar 65% pada fase pertama implementasi. Dahniar et al. (2022) juga membuktikan kombinasi PDCA dan Seven QC Tools mampu menurunkan defect air bubble pada produk V-belt otomotif dari 2.397 menjadi 669 pcs.

Walaupun efektivitas PDCA telah dibuktikan oleh berbagai studi di atas, sejumlah celah riset masih ditemukan. Pertama, studi yang secara spesifik menelaah penerapan QCC-PDCA pada proses ED Coating dengan target eliminasi defect tetesan karat masih terbatas, padahal jenis defect ini memiliki mekanisme pembentukan yang berbeda dan dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara mutu air, kondisi peralatan, dan parameter proses elektrokimia. Kedua, sebagian besar kajian terdahulu hanya menyoroti satu dimensi, baik mutu maupun biaya, tanpa menyatukan keduanya dalam satu kerangka perbaikan. Ketiga, hubungan antara quality improvement dengan water management dan sustainability pada konteks ED Coating belum banyak dieksplorasi.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini hadir dengan kebaruan berupa implementasi komprehensif metode PDCA yang didukung QC Seven Tools secara penuh untuk mengeliminasi defect tetesan karat sekaligus meningkatkan efisiensi konsumsi air pada proses ED Coating, dilengkapi dengan analisis cost-benefit yang terukur dan strategi standarisasi untuk keberlanjutan perbaikan. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi akar penyebab utama terjadinya defect tetesan karat pada proses ED Coating di PT XYZ; (2) mengimplementasikan metode PDCA dengan dukungan QC Seven Tools untuk menurunkan nilai DPU dan meningkatkan efisiensi proses; serta (3) menganalisis dampak perbaikan terhadap kualitas produk, efisiensi biaya, dan keberlanjutan lingkungan.

2. Metode Penelitian

2.1. Jenis Dan Lokasi Penelitian

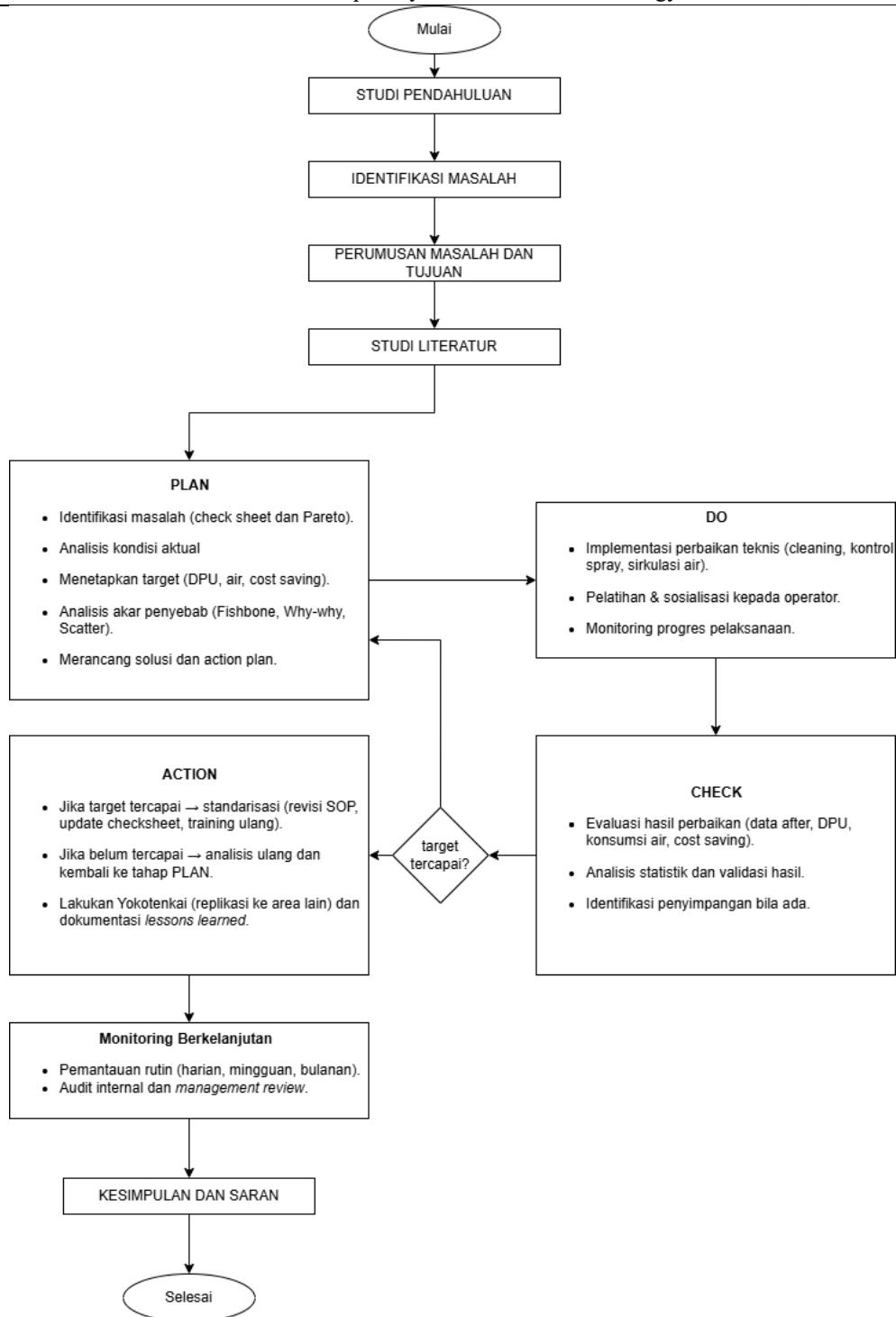
Pendekatan mixed methods dipilih sebagai kerangka utama, yaitu kombinasi metode kuantitatif dan kualitatif. Sisi kuantitatif diarahkan pada analisis data numerik DPU dan konsumsi air dengan instrumen statistik deskriptif yang dilengkapi QC Seven Tools. Sisi kualitatif diarahkan pada observasi lapangan, wawancara terstruktur dengan operator, supervisor, dan engineer, serta penelaahan dokumen internal perusahaan. Penelitian dilaksanakan di lini Painting Division PT XYZ yang berlokasi di kawasan industri Karawang, Jawa Barat, dengan kapasitas line PTC-ED sebesar 60 unit per jam. Penetapan lokasi didasarkan pada teridentifikasinya defect tetesan karat dengan DPU prasanding 4,2 dan konsumsi air sebesar 324 m³/hari selama periode Januari–Maret 2025. Pelaksanaan penelitian berlangsung selama enam bulan, mulai Desember 2025 hingga Mei 2026, dan meliputi seluruh tahapan siklus PDCA dari observasi awal hingga standardisasi hasil. Sugiyono (2019) menjelaskan bahwa penelitian kuantitatif berlandaskan filsafat positivisme dengan pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian dan analisis bersifat statistik.

2.2. Pengumpulan Data

Data primer dihimpun melalui tiga cara. Pertama, observasi lapangan dilakukan secara langsung pada shift pagi (07.00–16.00 WIB) dan shift malam (21.00–06.00 WIB) sepanjang periode penelitian dengan total durasi observasi 120 jam. Parameter yang dipantau mencakup kondisi chamber final rinse, sistem spray, karakteristik air rinsing (pH 5,5–6,5; conductivity <10 mS/cm), tekanan pompa (1,4–1,6 bar), serta kondisi permukaan unit pasca-proses. Kedua, wawancara terstruktur dilangsungkan terhadap lima operator line PTC-ED, satu supervisor produksi, satu analis quality control, dan satu engineer maintenance untuk menggali informasi terkait jalannya proses serta kendala lapangan. Ketiga, pengukuran parameter proses dilaksanakan dua kali sehari menggunakan pH meter digital, conductivity meter, dan pressure gauge, lalu dicatat pada form checksheet. Data sekunder bersumber dari dokumen internal perusahaan, antara lain laporan produksi dan defect bulanan periode Januari–Maret 2025, laporan utility department untuk konsumsi air, SOP proses PTC-ED, serta data biaya produksi dari departemen cost accounting. Seluruh data sekunder tersebut dijadikan baseline pengukuran kondisi awal.

2.3. Teknik Analisis Data: Siklus PDCA

Metode analisis utama dalam penelitian ini adalah siklus Plan-Do-Check-Action (PDCA) yang didukung oleh QC Seven Tools. PDCA merupakan siklus perbaikan berkelanjutan yang dikembangkan oleh Shewhart dan dipopulerkan oleh Deming, yang terdiri dari empat tahap sistematis untuk mengidentifikasi, mengimplementasikan, mengevaluasi, dan menstandarisasi perbaikan proses. Kerangka alir penelitian secara keseluruhan disajikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

Tahap Plan dimulai dengan identifikasi dan analisis situasi menggunakan data DPU prasanding periode Januari–Maret 2025 serta diagram Pareto untuk menetapkan prioritas permasalahan. Hasil Pareto menunjukkan defect seed sebagai defect tertinggi, dan analisis lebih lanjut mengidentifikasi tetesan karat menyumbang 44% dari total defect seed. Penetapan target perbaikan ditetapkan berdasarkan gap antara kondisi aktual dan target KPI perusahaan, yaitu eliminasi DPU tetesan karat dari 4,2 menjadi 0 serta penurunan konsumsi air dari 324 m³/hari. Analisis akar penyebab dilakukan menggunakan diagram Fishbone dengan kategorisasi faktor 4M1E (Man, Machine, Material, Method, Environment) dan diperdalam dengan why-why analysis. Rencana perbaikan kemudian disusun menggunakan metode 5W+1H. Sebelum menentukan solusi yang akan diimplementasikan, dilakukan analisis

SWOT dan Matriks Benefit-Effort terhadap seluruh alternatif solusi sehingga lima solusi dengan prioritas TINGGI dipilih untuk diimplementasikan.

Tahap Do merupakan implementasi bertahap dari seluruh rencana perbaikan yang telah disusun. Lima paket perbaikan teknis dilaksanakan secara terstruktur, yaitu (1) cleaning-coating-covering chamber, (2) instalasi lampu dan panel kontrol spray otomatis, (3) re-setting tekanan pompa, (4) modifikasi nozzle area inner, dan (5) penggantian air PAM dengan air demineralisasi pada seluruh tahap final rinse ED. Seluruh perbaikan disertai dengan program training dan sosialisasi kepada operator untuk memastikan pemahaman terhadap prosedur baru, serta monitoring harian menggunakan checklist untuk memastikan implementasi berjalan sesuai rencana.

Tahap Check ditempuh secara sistematis dengan membandingkan kondisi sebelum dan setelah implementasi melalui sejumlah alat statistik. Control chart digunakan untuk memantau stabilitas DPU prasanding secara time-series sekaligus mengidentifikasi signifikansi statistik dari setiap perubahan yang terjadi. Pendekatan serupa juga diterapkan oleh Julian et al. (2022) pada proses fabrikasi proyek RDMP. Pada penelitian ini, DPU tetesan karat dibandingkan terhadap data baseline periode Januari–Maret 2025 dengan data pasca-perbaikan. Efisiensi konsumsi air dihitung menggunakan persamaan Efisiensi Air (%) = $[(\text{Volume Before} - \text{Volume After}) / \text{Volume Before}] \times 100\%$. Analisis cost saving disusun dari penjumlahan seluruh komponen penghematan (air, repair defect, dan energi) yang kemudian dibandingkan dengan total investasi perbaikan untuk memperoleh ROI (%) = $[(\text{Total Cost Saving} - \text{Investment Cost}) / \text{Investment Cost}] \times 100\%$ serta payback period yang dihitung dalam satuan hari produksi.

Tahap Action ditujukan untuk standardisasi solusi yang terbukti efektif melalui revisi SOP, pembuatan work instruction baru, dan penyusunan checklist kontrol harian sebagai alat monitoring berkelanjutan. Standardisasi mencakup pembaruan QA Network untuk memastikan parameter kritis proses final rinse ED terdokumentasi dan dipantau secara konsisten. Selanjutnya, dilakukan yokotenkai (penyebaran perbaikan) ke line produksi lain dengan karakteristik serupa sebagai bagian dari program continuous improvement perusahaan.

2.4. Indikator Keberhasilan Penelitian

Keberhasilan implementasi PDCA dalam penelitian ini diukur berdasarkan tiga kelompok indikator. Indikator kualitas mencakup penurunan nilai DPU tetesan karat menuju target 0 DPU dan perbaikan nilai DPU prasanding keseluruhan. Indikator efisiensi proses mencakup persentase penurunan konsumsi air final rinse ED dan pengurangan biaya repair defect. Indikator finansial mencakup total cost saving tahunan, nilai ROI (%), dan payback period dalam hari produksi. Ketiga kelompok indikator ini diukur secara kuantitatif dan dibandingkan terhadap kondisi baseline periode Januari–Maret 2025 untuk memvalidasi efektivitas dan keberlanjutan perbaikan yang dilakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kondisi Awal Dan Identifikasi Permasalahan

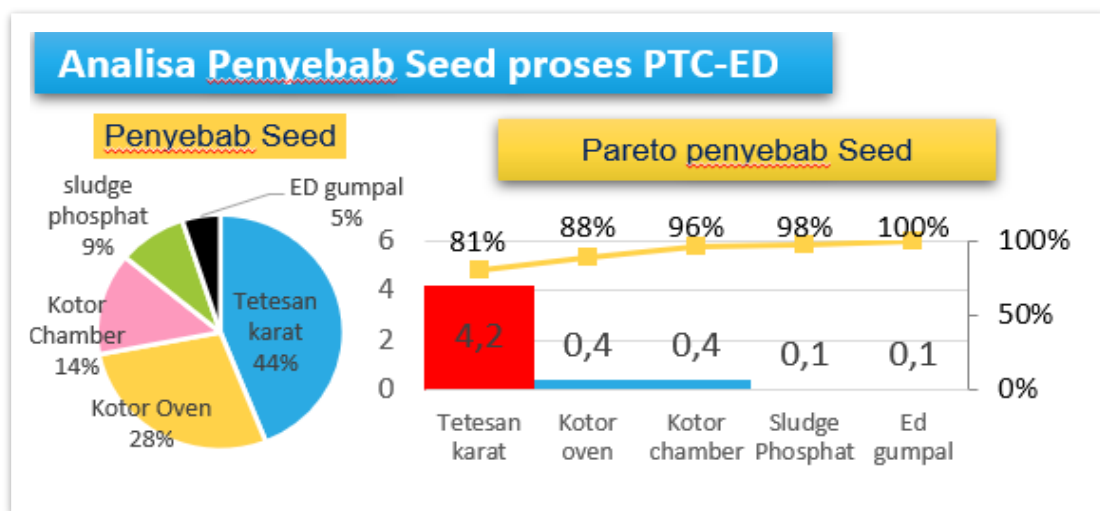
Pelaksanaan penelitian dilakukan di lini PTC-ED PT XYZ berkapasitas 60 unit per jam melalui observasi langsung, wawancara, dan studi dokumentasi QCC. Pengolahan data ditopang oleh QC Seven Tools, antara lain check sheet, histogram, diagram Pareto, fishbone diagram, dan control chart. Pemetaan KPI Painting Division periode Januari–Maret 2025 memperlihatkan empat dari enam indikator tidak memenuhi target sebagaimana dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. KPI Painting Division PT XYZ Januari–Maret 2025

Aspek	Indikator	Target	Aktual	Judgement
Quality	DPU Prasanding	$\leq 1,0$	4,2	NG
Quality	First Pass Yield	$\geq 99\%$	95,8%	NG
Cost	Water Consumption	$\leq 100 \text{ m}^3/\text{hari}$	324 m^3/hari	NG
Cost	Repair Cost	$\leq \text{Rp } 50 \text{ jt}/\text{bln}$	Rp 180 jt/bln	NG

Aspek	Indikator	Target	Aktual	Judgement
Delivery	On Time Delivery	100%	100%	OK
Safety	Accident	0 case/bulan	0 case	OK

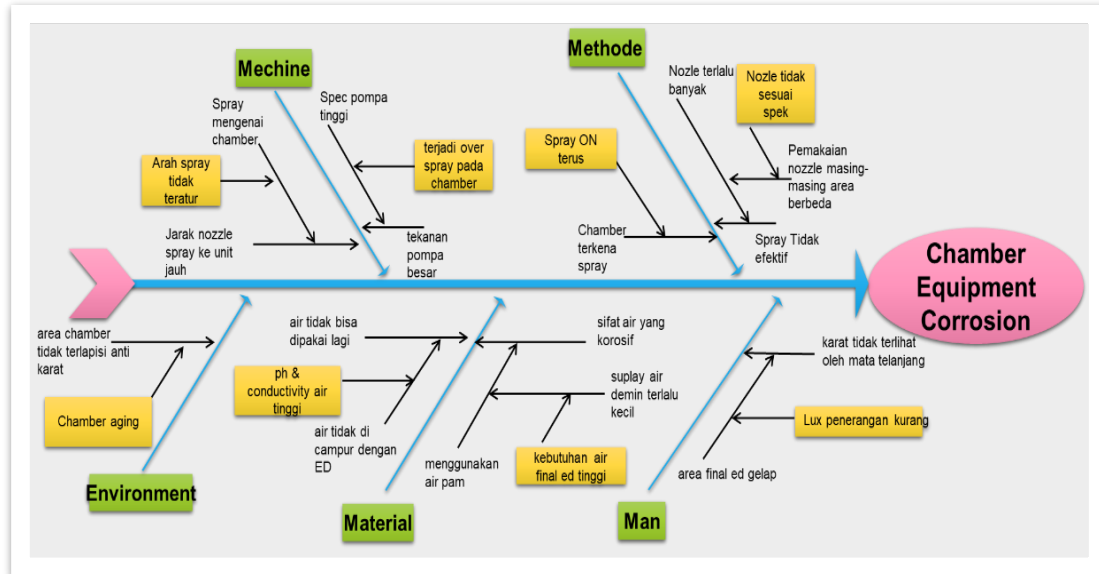
Tabel 1 memperlihatkan DPU prasanding aktual tercatat 4,2 jauh di atas target $\leq 1,0$; konsumsi air mencapai 324 m³/hari, melampaui batas atas 100 m³/hari; sedangkan biaya repair menyentuh Rp180 juta per bulan, tiga setengah kali lipat dari target Rp50 juta. Breakdown defect menunjukkan defect seed sebagai kontributor terbesar dengan 124 kasus atau 44% dari total kejadian. Hasil Pareto pada Gambar 2 menempatkan tetesan karat (44%) dan kotor oven (24%) sebagai dua penyebab dominan yang secara akumulatif menjangkau 68% permasalahan, sejalan dengan prinsip 80/20. Atas pertimbangan kontribusi tertinggi tersebut, fokus penelitian diarahkan pada defect tetesan karat.



Gambar 2. Pareto Chart Penyebab Defect Seed

3.2. Analisis Akar Penyebab (Tahap Plan)

Observasi lapangan (Genba) di area final rinse ED menemukan lima kondisi abnormal: korosi pada dinding chamber, sistem spray menyala terus-menerus tanpa kontrol, kualitas air PAM dengan pH 6,8 (standar 5,5–6,5) dan conductivity 272 mS/cm (standar <10 mS/cm), konsumsi air 324 m³/hari dengan sistem single pass, serta bercak kecoklatan pada unit pasca-final rinse. Analisis akar penyebab dilakukan menggunakan Fishbone Diagram dengan framework 4M1E (Gambar 3), dilanjutkan uji penyebab empiris untuk validasi (Tabel 2).



Gambar 3. Fishbone Diagram Defect Tetesan Karat

Tabel 2. Hasil Uji Penyebab Defect Tetesan Karat

Faktor	Masalah	Metode Uji	Hasil	Judge
Man	Lux penerangan kurang (20 lux)	Penambahan lampu portable	Area tetesan terdeteksi langsung	Valid
Method	Spray ON terus-menerus	Aktivasi spray hanya saat ada unit	Chamber tidak terkena spray kontinu	Valid
Method	Nozzle tidak sesuai spec	Trial beberapa spec nozzle	Tetap mengarah ke chamber	Tidak Valid
Machine	Over spray pada chamber	Re-setting valve 1,0–1,8 bar	Air tidak mengenai chamber	Valid
Machine	Arah spray tidak teratur	Re-setting arah nozzle	Masih ada tetesan karat	Tidak Valid
Material	Kebutuhan air Final ED tinggi	Pengurangan kapasitas spray	Efektivitas rinsing menurun	Tidak Valid
Material	pH & conductivity tinggi	Komparasi demin vs PAM	Air PAM tetap memicu karat	Valid
Environment	Chamber tanpa lapis antikorosi	Cleaning + coating chamber	Tidak ada tetesan karat	Valid

Tabel 2 menunjukkan dari delapan faktor yang dihipotesiskan, lima dinyatakan valid secara empiris, yaitu kurangnya pencahayaan, sistem spray kontinu, over spray akibat tekanan pompa tinggi, kualitas air PAM, dan chamber tanpa lapisan antikorosi. Pendekatan validasi empiris ini memastikan investasi diarahkan hanya pada perbaikan yang efektif, konsisten dengan metodologi Rangel-Sánchez et al. (2024). Berdasarkan lima penyebab valid, ditetapkan dua target perbaikan: (1) eliminasi DPU tetesan karat dari 4,2 menjadi 0; dan (2) pengurangan konsumsi air PAM dari 324 m³/hari menjadi 100 m³/hari (efisiensi 69,1%). Estimasi investasi Rp246.000.000 dengan proyeksi cost saving Rp3.330.000.000 per tahun, menghasilkan ROI 1.253,66% dan payback period 27 hari produksi.

3.3. Implementasi Perbaikan (Tahap Do)

Implementasi perbaikan dilaksanakan secara bertahap dari periode Januari hingga Maret 2026 berdasarkan action plan yang telah disusun. Lima perbaikan utama dilaksanakan sesuai urutan prioritas yang ditentukan melalui matriks Benefit-Effort, memastikan perbaikan dengan dampak terbesar dan risiko implementasi terendah dilakukan terlebih dahulu. Tabel 3 menyajikan ringkasan rencana perbaikan beserta estimasi biaya masing-masing item.

Tabel 3. Rencana Perbaikan dengan Pendekatan 5W+1H

No	What	Why	How	When	Who	How Many (Rp)
1	Chamber tidak dilapisi anti karat	Dinding chamber mengalami korosi dan menimbulkan tetesan karat	Melakukan sandblasting dan coating anti karat pada chamber	W2	Fauzi	67.500.000
2	Lux penerangan kurang	Area final rinse gelap sehingga inspeksi visual kurang optimal	Menambahkan lampu industri dan panel kontrol penerangan	W1	Annaas	22.000.000
3	Sistem spray bekerja terus menerus	Spray tetap aktif walaupun tidak ada unit sehingga menyebabkan pemborosan air	Membuat sistem kontrol spray otomatis berbasis sensor kehadiran unit	W1	Hartono	33.500.000
4	Tekanan pompa terlalu tinggi & nozzle area inner tidak menjangkau	Over spray menimbulkan tetesan dan area inner tidak ter-rinsing optimal	Re-setting tekanan pompa 1,4-1,6 bar dan modifikasi nozzle area inner	W2-W3	Aziz	36.000.000
5	Kualitas air PAM tidak sesuai standar ED	pH dan conductivity tinggi memicu defect tetesan karat & konsumsi tinggi	Penggantian air PAM dengan demin, filter mesh 100, modifikasi piping & overflow	W3-W4	Wito	87.000.000
Total Investasi						246.000.000

Tabel 3 menunjukkan lima perbaikan utama dengan total investasi Rp246.000.000. Setiap perbaikan dirancang untuk mengatasi satu atau lebih penyebab valid yang teridentifikasi pada tahap Plan.

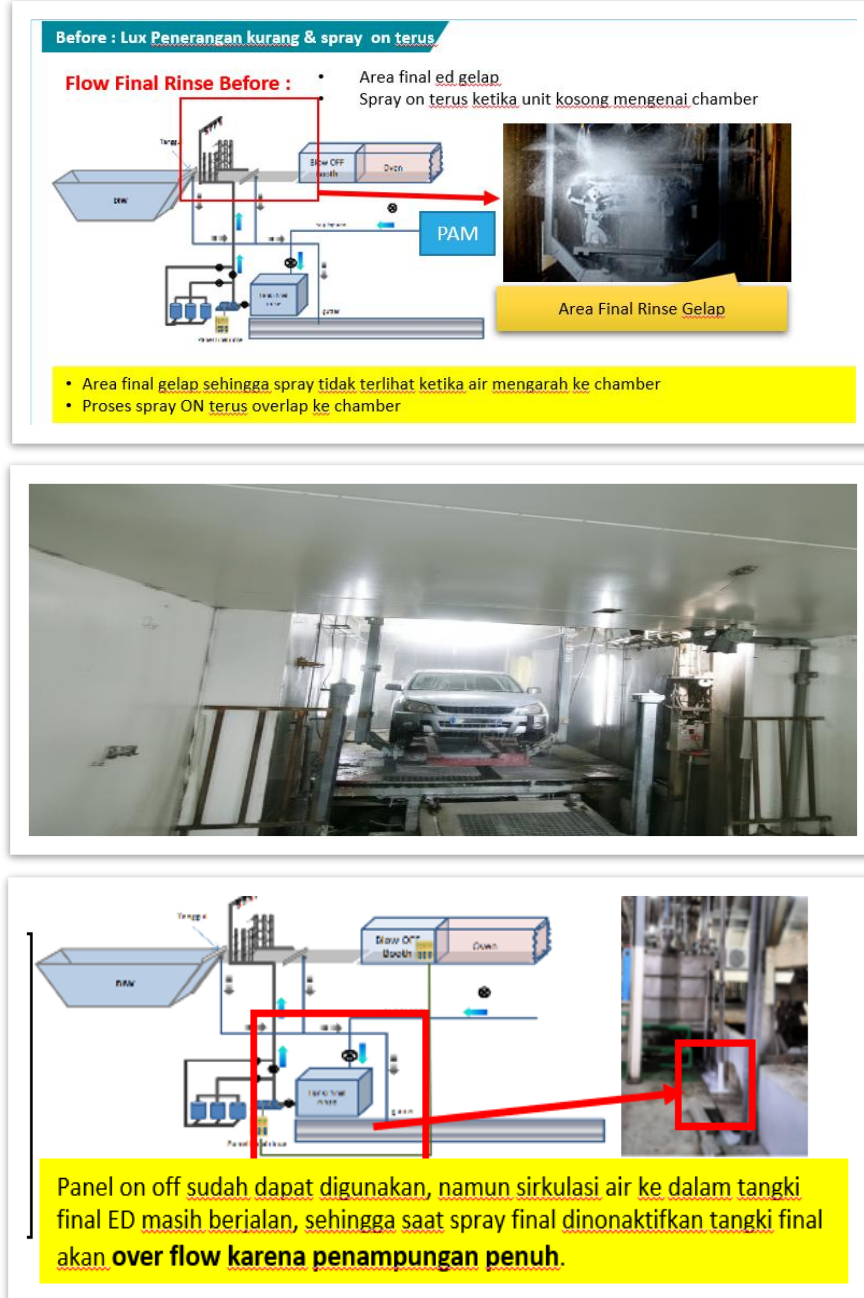
Perbaikan pertama adalah cleaning, coating, dan covering dinding chamber final rinse ED. Kondisi awal chamber yang berkarat parah menjadi sumber utama kontaminasi partikel Fe₂O₃ yang terbawa air spray ke permukaan kendaraan. Proses perbaikan dilaksanakan dalam tiga tahap berurutan: cleaning menyeluruh untuk mengangkat seluruh lapisan karat; coating menggunakan epoxy antikorosi untuk membentuk barrier fisik-kimia yang mencegah kontak langsung logam dengan air; dan covering menggunakan plastik pelindung sebagai lapisan fisik tambahan yang memperpanjang umur perlindungan. Perbaikan ini secara langsung mengeliminasi sumber karat primer dari equipment, sehingga air spray tidak lagi membawa partikel besi teroksidasi ke permukaan unit. Gambar 4 mendokumentasikan tiga tahap proses perbaikan tersebut.



Gambar 4. Dokumentasi Perbaikan Chamber: Kondisi Awal (Atas), Tiga Tahap Cleaning-Coating-Covering (Tengah), Dan Kondisi Setelah Perbaikan (Bawah).

Gambar 4 memperlihatkan transformasi kondisi chamber dari permukaan yang penuh korosi menjadi permukaan yang bersih, terlapisi, dan terlindungi. Perbaikan ini berkontribusi menurunkan DPU tetesan karat sebesar 17%, dari 4,2 menjadi 3,5, membuktikan bahwa korosi chamber merupakan penyebab nyata yang selama ini terabaikan dalam pengelolaan area final rinse ED.

Perbaikan kedua mencakup penambahan lampu penerangan dan instalasi panel kontrol spray otomatis di area blow-off booth. Kondisi area final rinse yang sangat gelap (≤ 20 lux) menyebabkan operator tidak mampu memantau kondisi spray dan mendeteksi tanda-tanda awal abnormalitas. Dengan penambahan lampu industri, seluruh area final rinse kini dapat dipantau secara visual secara real-time. Sementara itu, panel kontrol yang dipasang di pos blow-off memungkinkan spray diaktifkan hanya ketika unit kendaraan sedang dalam proses, sehingga chamber tidak lagi terkena air secara kontinu. Kombinasi kedua perbaikan ini menyumbang penurunan DPU sebesar 20%, dari 3,5 menjadi 2,8.



Gambar 5. Kondisi Sebelum Dan Sesudah Perbaikan Penerangan Serta Skematik Dan Aktual Pemasangan Panel On-Off.

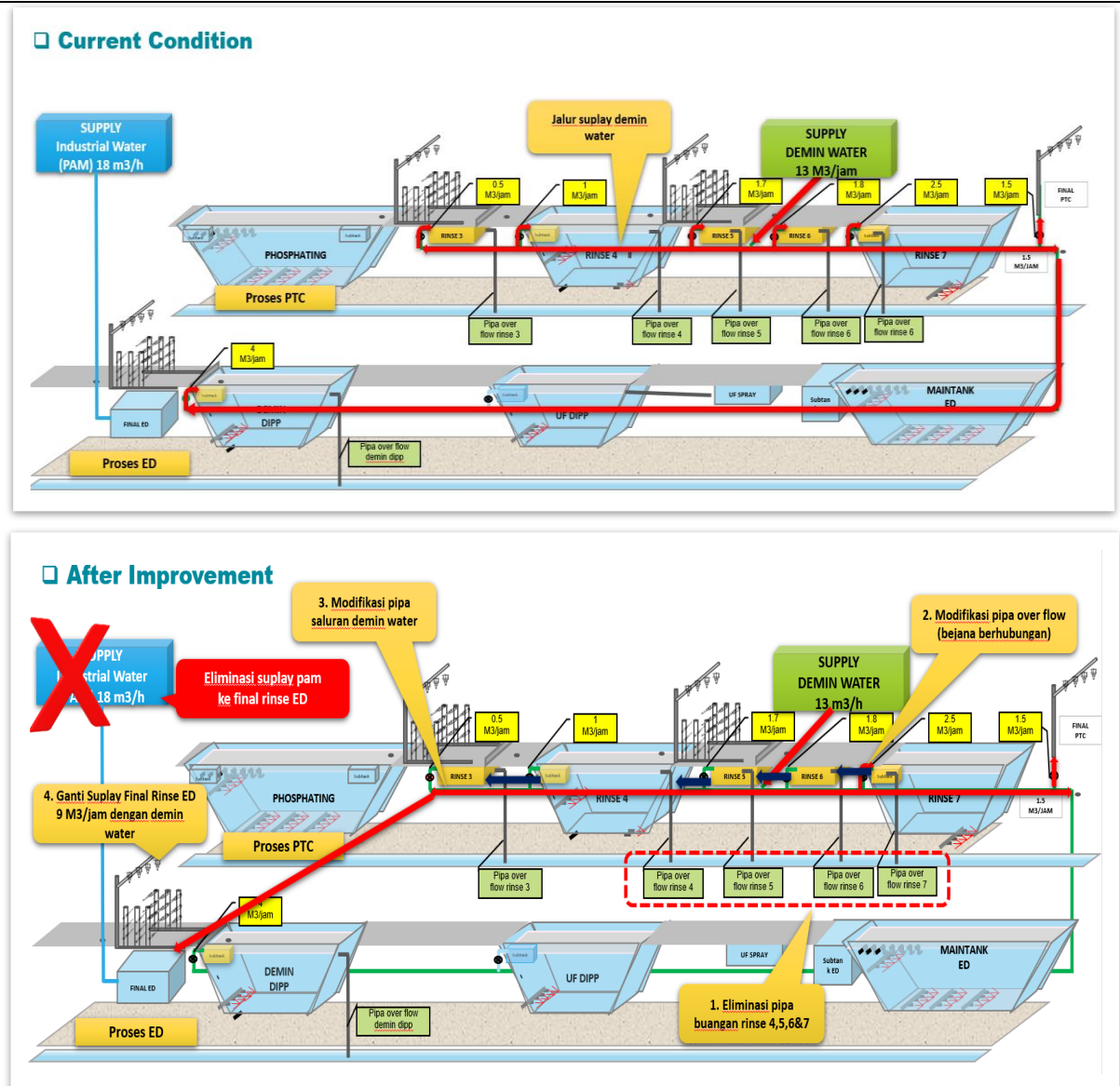
Gambar 5 menunjukkan kondisi skematik dan aktual sebelum perbaikan serta hasil setelah perbaikan penambahan penerangan beserta skematik dan aktual setelah pemasangan panel on-off. Pengendalian manual berbasis kehadiran unit ini secara signifikan mengurangi pemborosan air sekaligus meminimalkan akumulasi kelembaban pada chamber yang mempercepat laju korosi. Prinsip ini sejalan dengan pendekatan yang diterapkan Junaedi et al. (2025) dalam otomatisasi sistem kelistrikan di lini produksi menggunakan PDCA untuk efisiensi energi dan proses.

Perbaikan ketiga adalah re-setting tekanan pompa dari 2,1 bar ke rentang 1,4–1,6 bar berdasarkan prinsip Hukum Bernoulli melalui pengaturan bukaan valve input-output. Trial dengan enam variasi bukaan menunjukkan tekanan 1,4–1,6 bar menghasilkan arah spray optimal dengan ampere pompa stabil 5,5 A (Tabel 4). Evaluasi lanjutan mengidentifikasi masalah kontaminasi ED pada area inner kendaraan (NV 0,08–0,09%; status NG) karena nozzle tidak mampu menjangkau jarak 1,7 meter ke engine hood inner, backdoor inner, dan rear door inner. Solusi dilakukan dengan modifikasi nozzle menggunakan Nozzle PTC + pipa 3/8 inci untuk nozzle focus area inner dan penambahan kran air fleksibel untuk nozzle atas. Perbaikan ini menurunkan DPU dari 2,8 menjadi 1,6 (turun 42,8%).

Tabel 4. Hasil Trial Setting Bukaannya Valve Pompa

Bukaan	Tekanan	Arah Spray	Keterangan
1	0,8 bar	NG	Tidak sesuai
2	1,1 bar	NG	Tidak sesuai
3	1,4 bar	OK	Sesuai
4	1,6 bar	OK	Sesuai
5	1,8 bar	NG	Tidak sesuai
6	2,1 bar	NG	Tidak sesuai

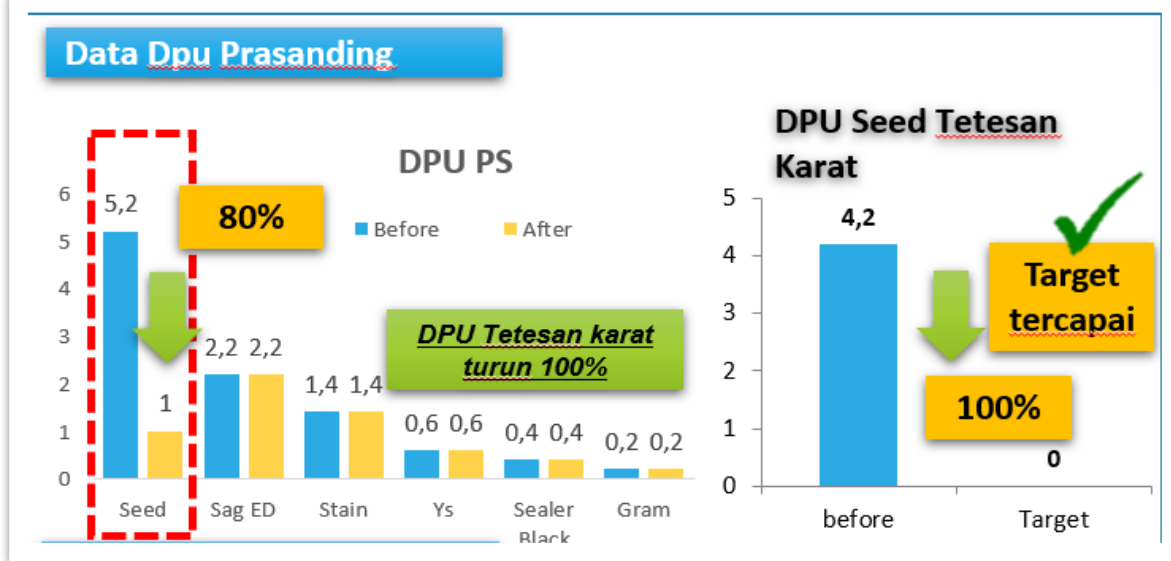
Perbaikan keempat, sekaligus paling transformatif, adalah penggantian suplai air PAM (pH 6,8; conductivity 272 mS/cm) dengan air demineralisasi (pH 6,1–6,4; conductivity 3,5 mS/cm) pada proses final rinse ED. Mineral Ca, Mg, dan klorida natrium pada air PAM bersifat korosif terhadap logam baja, dan ketidakcocokan pH dengan cairan ED menyebabkan koagulasi serta sedimentasi pada bak demin dipp. Implementasi awal menggunakan filter bag menyebabkan defect baru ED coin/ED meleleh karena filter mengalami kejenuhan dalam tiga jam. PDCA ulang dengan tiga langkah komprehensif menyelesaikan masalah secara permanen: (1) eliminasi pipa buangan Rinse 4–7 dengan prinsip bejana berhubungan; (2) modifikasi pipa overflow dari hulu ke hilir (Rinse 7→6→5→3) yang menghemat 5 m³/jam; dan (3) eliminasi total air PAM 18 m³/jam digantikan air demin 9 m³/jam ke Final ED. Tambahan instalasi filter mesh 100 dan penurunan pipa rinsing dari 120 cm ke 50 cm menyempurnakan kualitas bilasan. Perbandingan diagram aliran sebelum dan sesudah perbaikan disajikan pada Gambar 6. Perbaikan ini berhasil mengeliminasi sisa DPU dari 1,6 menjadi 0, mencapai target zero defect 100%. Temuan ini selaras dengan Zhang et al. (2023) yang menyatakan kualitas air berperan kritis dalam proses elektrodeposisi.



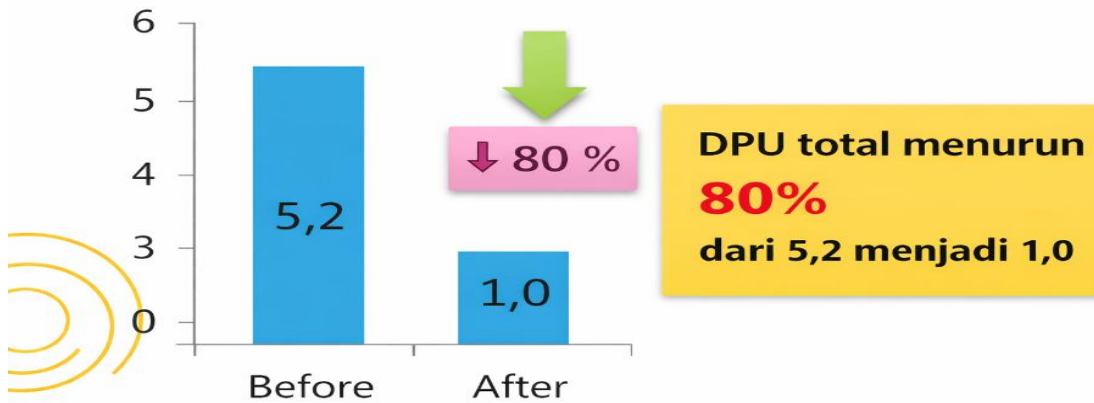
Gambar 6. Perbandingan Diagram Aliran Sistem Suplai Air Demin: Sebelum (Atas) Dan Sesudah Perbaikan (Bawah).

3.4. Evaluasi Hasil Perbaikan (Tahap Check)

Evaluasi dilaksanakan periode Maret–April 2026 dengan baseline Januari–Maret 2025, mencakup tiga dimensi: penurunan DPU, efisiensi konsumsi air, dan dampak finansial. Grafik penurunan DPU tetesan karat secara bertahap (Gambar 7) menunjukkan eliminasi total dari 4,2 menjadi 0 melalui lima rangkaian perbaikan: cleaning chamber (turun 17%), lampu + panel kontrol (turun 20%), re-setting pompa + modifikasi nozzle (turun 42,8%), serta penggantian air PAM ke demin dengan modifikasi distribusi (turun sisa hingga 0). DPU Prasanding total juga turun dari 5,2 menjadi 1,0 (turun 80%), melampaui target KPI $\leq 1,0$. Pencapaian eliminasi 100% pada defect spesifik ini melampaui temuan Wongtong et al. (2025) yang melaporkan penurunan defect hingga 60% menggunakan Lean Six Sigma di industri komponen otomotif.



Perbandingan DPU Prasanding



7. Grafik Perbandingan DPU Tetesan Karat Sebelum Dan Sesudah Perbaikan.

Gambar 7 menunjukkan penurunan DPU tetesan karat secara bertahap dari nilai awal 4,2 menjadi 0 melalui lima rangkaian perbaikan. Perbaikan pertama (cleaning, coating, covering chamber) menurunkan DPU sebesar 17% dari 4,2 menjadi 3,5. Perbaikan kedua dan ketiga (lampu + panel kontrol spray) menurunkan DPU sebesar 20% dari 3,5 menjadi 2,8. Perbaikan keempat (resetting pompa) memberikan kontribusi 42,8% dari 2,8 menjadi 1,6. Perbaikan kelima (penggantian air PAM ke demin + modifikasi distribusi) berhasil mengeliminasi sisa DPU dari 1,6 menjadi 0. Eliminasi total sebesar 100% ini sepenuhnya menjawab rumusan masalah pertama dan kedua penelitian ini. Keberhasilan ini juga berdampak positif terhadap kualitas prasanding secara keseluruhan: DPU Prasanding total berhasil turun dari 5,2 menjadi 1,0, atau penurunan sebesar 80%. Pencapaian ini melampaui target KPI yang menetapkan DPU Prasanding $\leq 1,0$, dan menunjukkan bahwa perbaikan yang difokuskan pada satu jenis defect dominan memberikan efek positif yang meluas (spillover effect) terhadap keseluruhan kualitas proses.

Evaluasi konsumsi air dilakukan pada dua tingkatan agar dampak perbaikan dapat ditelaah secara terpisah, yaitu tingkat agregat seluruh jalur PTC-ED (sepuluh stasiun Rinse 1 hingga Final ED) dan tingkat spesifik pada stasiun Final Rinse ED yang menjadi titik intervensi utama. Pada tingkat agregat, konsumsi air harian seluruh jalur PTC-ED tercatat turun dari 612 m³/hari menjadi 234 m³/hari, atau setara penghematan 378 m³/hari dengan efisiensi 61,8%, sebagaimana dirangkum pada Tabel 5. Penghematan ini diperoleh dari efek gabungan tiga intervensi, yaitu eliminasi pipa buangan Rinse 4, 5, dan 7 melalui prinsip bejana berhubungan, modifikasi jalur overflow dari hulu ke hilir, serta penggantian sumber air PAM dengan air demineralisasi. Pada tingkat spesifik, konsumsi air di stasiun Final Rinse ED yang menjadi fokus utama penelitian berhasil ditekan dari 324 m³/hari menjadi 100 m³/hari, atau efisiensi 69,1%, hampir menyentuh target internal sebesar 72%. Perbedaan basis pengukuran ini perlu ditegaskan:

DOI: <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.9044>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

angka 324 m³/hari yang menjadi baseline pada Bab Pendahuluan merujuk pada konsumsi spesifik Final Rinse ED, sedangkan angka 612 m³/hari merupakan total konsumsi seluruh jalur Painting Division yang menaungi stasiun tersebut. Pencapaian ini berkontribusi pada konsep eco-friendly manufacturing, sejalan dengan Abou-Elela et al. (2021) tentang optimalisasi pengelolaan air di industri electro-coating.

Tabel 5. Data Konsumsi Air Proses Final Rinse Sebelum Dan Sesudah Perbaikan

No	Proses	STD Air	Aktual (m ³ /jam)	Sesudah (m ³ /jam)	Selisih
1-3	Rinse 1-3	PAM/Demin	3,5	3,5	0
4	Rinse 4	Demin	1,5	0 (bejana berhubungan)	-1,5
5	Rinse 5	Demin	1,7	1,7	0
6	Rinse 6	Demin	1,8	0 (bejana berhubungan)	-1,8
7-9	Rinse 7, Final PTC, Demin Dipp	Demin	5,5	5,5	0
10	Final ED	PAM→Demin	4 (PAM)	4 (Demin)	0
Total/hari			612 m³/hari	234 m³/hari	-378 m³/hari

Tabel 5 menunjukkan bahwa penghematan terbesar diperoleh dari eliminasi penggunaan air PAM sebagai suplai Final ED (18 m³/jam) dan efisiensi pada jalur rinse 4 dan rinse 6 melalui penerapan sistem bejana berhubungan. Analisis cost saving menunjukkan total penghematan Rp3.330.000.000 per tahun dari empat komponen: biaya air PAM (Rp840 juta), biaya repair defect (Rp1,26 miliar), biaya rework/sorting (Rp630 juta), dan biaya claim customer (Rp600 juta) sebagaimana disajikan pada Tabel 6. Komponen biaya repair defect menjadi penghematan terbesar (37,8% dari total), mengonfirmasi nilai ekonomi tinggi dari eliminasi defect tetesan karat. Perhitungan ROI menghasilkan ROI = $[(3.330.000.000 - 246.000.000) / 246.000.000] \times 100\% = 1.253,66\%$. Dengan payback period 27 hari produksi, program perbaikan ini menunjukkan kelayakan finansial yang sangat tinggi. Hasil ini konsisten dengan Fatah dan Al-Faritsy (2021) yang menegaskan bahwa efektivitas PDCA dalam menciptakan penghematan berganda ditentukan oleh keakuratan analisis akar penyebab.

Tabel 6. Rekap Total Saving Cost Program Perbaikan

No	Komponen Penghematan	Per Bulan (Rp)	Per Tahun (Rp)
1	Penghematan biaya air PAM	70.000.000	840.000.000
2	Biaya repair defect	105.000.000	1.260.000.000
3	Biaya rework/sorting	52.500.000	630.000.000
4	Biaya claim customer	50.000.000	600.000.000
TOTAL SAVING COST		277.500.000	3.330.000.000

3.5. Standardisasi Dan Continuous Improvement (Tahap Action)

Hasil perbaikan yang terbukti efektif kemudian distandardisasi sebagai jaminan keberlangsungan dampaknya. Tanpa formalisasi prosedur yang kuat, hasil perbaikan rentan mengalami degradasi akibat pergantian personel, perubahan kondisi peralatan, maupun variasi proses yang tidak terpantau (Sutiyono et al., 2023). Fadli dan Nugroho (2021) menegaskan bahwa standardisasi pada fase Action—termasuk pendokumentasian dan knowledge sharing—merupakan kunci agar peningkatan produktivitas tidak bergantung pada individu tertentu dan dapat dipertahankan dalam jangka panjang. Dalam konteks penelitian ini, standardisasi dilangsungkan melalui tiga dimensi utama: pembaruan dokumen prosedur, pelatihan operator, dan penetapan jadwal pengendalian berkala. Pembaruan dokumen meliputi revisi Standard Operating Procedure (SOP) proses Final Rinse ED, penyusunan Work Instruction baru untuk pengoperasian sistem kontrol spray, serta pembaruan QA Network (Quality Assurance Network) dengan menambahkan titik-titik kontrol kritis pada parameter proses. Enam aspek standardisasi disusun melalui pendekatan 5W+1H sebagaimana disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rencana Standardisasi Hasil Perbaikan

No	What	Why	How	When	Who
1	Proses start, stop, final rinse member blow off	Pengoperasian dilakukan sesuai standar	SOP, Layout, Checksheet PM	Weekly	PIC ED
2	New station final rinse	Parameter sesuai standar dan mendeteksi abnormality arah spray nozzle	Checksheet PM, Daily Check, QCPC, Layout	Daily	PIC ED
3	Tekanan pressure pompa final rinse 1,4–1,6 bar	Mendeteksi abnormality arah spray dan menjaga tekanan sesuai standar	Checksheet Control, QCPC, SOP	Daily	PIC ED
4	Pemasangan filter pada overflow final ke demin dipp	Menjaga NV UF 3 dan parameter proses tetap sesuai standar	SOP, Checksheet Control	Daily	PIC ED
5	Layout dan type nozzle	Mendeteksi abnormality arah dan pattern spray	Checksheet Control	Daily	PIC ED
6	DPU ED	Memastikan DPU ED sesuai standar dan mendeteksi abnormality proses	Checksheet Control	Daily	QC ED

Tabel 7 menunjukkan bahwa enam aspek standardisasi dilaksanakan secara harian (daily) untuk parameter kritis, dan mingguan (weekly) untuk aspek yang lebih stabil. Standardisasi mencakup seluruh output perbaikan, mulai dari kontrol operasional spray, kualitas air, tekanan pompa, hingga pemantauan DPU sebagai indikator utama. Gambar 8 menampilkan contoh checksheet kontrol yang digunakan sebagai alat monitoring harian.

Gambar 8. Checksheet Kontrol Schedule TPM Nozzle Dan Rizer PTC.

Gambar 8 menunjukkan format checksheet yang dirancang untuk memudahkan operator dalam mendokumentasikan kondisi proses secara konsisten. Instrumen monitoring sederhana seperti checksheet terbukti efektif dalam menjaga kepatuhan terhadap standar baru yang ditetapkan. Sebagai langkah pelengkap standardisasi, dilaksanakan training dan sosialisasi kepada seluruh PIC jalur Shift A dan Shift B beserta penandatanganan komitmen bersama sebagai bukti kesepakatan untuk menjalankan prosedur baru secara konsisten.

Sebagai bagian dari rencana continuous improvement, tim juga melakukan analisis Pareto terbaru pasca-perbaikan untuk menetapkan tema perbaikan QCC berikutnya. Hasil analisis menunjukkan bahwa permasalahan berikutnya yang perlu ditangani adalah efisiensi penggunaan thinner flushing di proses mixing. Pendekatan yokotenkai (penyebaran best practice) juga dilaksanakan untuk mengaplikasikan metodologi dan standar yang sama ke lini produksi lain dengan karakteristik serupa. Panggalih et al. (2025) menegaskan bahwa prinsip continuous improvement melalui PDCA yang konsisten dan terstruktur merupakan fondasi utama untuk mempertahankan daya saing industri manufaktur dalam jangka panjang.

4. Kesimpulan

Penerapan metode PDCA berbasis QC Seven Tools terbukti efektif untuk mengeliminasi defect tetesan karat sekaligus meningkatkan efisiensi proses Electrodeposition Coating di PT XYZ. Kombinasi diagram Fishbone dengan uji penyebab empiris menemukan lima akar masalah yang valid, yaitu korosi dinding chamber akibat aging tanpa lapisan antikorosi, operasi spray secara kontinu tanpa kontrol kehadiran unit, tekanan pompa 2,1 bar yang menimbulkan over spray, mutu air PAM yang melampaui standar (pH 6,8; conductivity 272 mS/cm), serta minimnya pencahayaan di area final rinse. Implementasi lima paket perbaikan secara bertahap mampu menurunkan DPU tetesan karat dari 4,2 menjadi 0 (eliminasi penuh sebesar 100%), menekan DPU prasanding total dari 5,2 menjadi 1,0 (penurunan 80%), serta mengurangi konsumsi air final rinse ED dari 324 m³/hari menjadi 100 m³/hari (efisiensi 69,1%). Program perbaikan menghasilkan penghematan biaya tahunan sebesar Rp3.330.000.000 atas investasi Rp246.000.000, dengan ROI 1.253,66% dan payback period 27 hari produksi. Standardisasi melalui revisi SOP, pembaruan QA Network, pelatihan operator, dan checksheet harian dilakukan untuk menjaga keberlangsungan capaian. Rekomendasi lanjutan diarahkan pada perluasan penerapan PDCA ke area proses lain, khususnya program efisiensi thinner flushing pada proses mixing, sebagai tema QCC berikutnya.

Reference

- Abou-Elala, S. I., Fawzy, M. E., & El-Shafai, S. A. (2021). Treatment of hazardous wastewater generated from metal finishing and electro-coating industry via self-coagulation: Case study. *Water Environment Research*, 93(9), 1476–1486. <https://doi.org/10.1002/wer.1552>
- Adriantantri, E., Indriani, S., & Saifulloh, R. (2023). Perbaikan kualitas produk menggunakan metode Quality Control Circle (QCC) dan Plan, Do, Check, Action (PDCA). *Prosiding SENIATI*, 7(2), 225–229.

- Dahniar, T., Ibnu, F. D., & Zulziar, M. (2022). Implementasi konsep PDCA dan Seven Tools untuk mengurangi reject produk V-Belt di PT Bando Indonesia. *JITMI (Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri)*, 5(1), 13–21.
- Fadli, L. H., & Nugroho, R. E. (2021). PDCA-eight steps implementation to increasing productivity in the production of compound tread off road TBR. *International Journal of Research and Review*, 8(3), 546–560.
- Fatah, A., & Al-Faritsy, A. Z. (2021). Peningkatan dan pengendalian kualitas produk dengan menggunakan metode PDCA. *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 3(1), 21–30. <https://doi.org/10.37631/JRI.V3I1.288>
- Julian, F., Kardiman, K., & Fauji, N. (2022). Sistem pengendalian kualitas (quality control) pada proses fabrikasi project RDMP. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(15), 228–237. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.7049124>
- Junaedi, P., Intani, A. E., & Wiyatno, T. N. (2025). Otomatisasi perangkat kelistrikan di line produksi menggunakan metode PDCA untuk efisiensi energi. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, 8(3), 3503–3508. <https://doi.org/10.31004/jutin.v8i3.48695>
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2024). Analisis perkembangan industri Indonesia edisi IV-2024. Pusat Data dan Informasi Kementerian Perindustrian.
- Nabiilah, A. R., Hamedon, Z., & Faiz, M. T. (2017). Bits reduction in the electrodeposition process of a pickup truck: A case study. *Jordan Journal of Mechanical & Industrial Engineering*, 11(1), 49–55.
- Panggali, B. S. T., Yulianto, T., & Wiyatno, T. N. (2025). Penerapan metode PDCA menggunakan Seven Tools & 5W+1H pada kualitas produksi pematangan buah pisang di CV XYZ. *PESHUM: Jurnal Pendidikan, Sosial dan Humaniora*, 4(2), 3040–3053. <https://doi.org/10.56799/PESHUM.V4I2.7728>
- Peti, D., Dobransky, J., Zajac, J., & Gombar, M. (2024). The effect of degreasing temperature on the thickness of the formed layer created by cathoretic painting. *MM Science Journal*, 2024(November), 7605–7612. https://doi.org/10.17973/MMSJ.2024_11_2024085
- Rangel-Sánchez, M. Á., et al. (2024). Enhancing scrap reduction in electric motor manufacturing for the automotive industry: A case study using the PDCA approach. *Applied Sciences*, 14(7), 2999. <https://doi.org/10.3390/AP14072999>
- Sugiyono. (2019). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Sutiyono, W. H., Fitria, A., Adiatma, H., & Setiafindari, W. (2023). Pengendalian kualitas dengan menggunakan metode Seven Tools untuk meningkatkan produktivitas di PT Jogjatex. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(2), 45–57. <https://doi.org/10.58169/saintek.v2i2.222>
- Wongtong, B., Jatunitanon, P., Insemeesak, B., & Ketmuang, Y. (2025). Defect reduction in automotive seat manufacturing: A Lean Six Sigma approach. *International Scientific Journal of Engineering and Technology (ISJET)*, 9(1), 10–18.
- Zaqi, A., Faritsy, A., & Prasetyo, H. H. (2022). Analisis pengendalian kualitas produk ember cat tembok 5kg menggunakan metode New Seven Tools. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 1(3), 231–242. <https://doi.org/10.55826/TMIT.V1I3.41>
- Zhang, L., et al. (2023). Preparation of superhydrophobic coating with anti-corrosion and anti-fouling properties on the surface of low manganese steel by electrodeposition. *Surface and Coatings Technology*, 460, 129412. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2023.129412>
- Zielinski, A. (2021). Special issue: Recent developments of electrodeposition coating. *Coatings*, 11(2), 142. <https://doi.org/10.3390/COATINGS11020142>