

Peningkatan Kinerja Proses Final Inspection Berbasis Multifunctional 3D Jig untuk Reduksi Klaim Korosi Produk Ekspor

Agustinus Dwi Susanto¹

Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa

Jl. Kalibaru Timur Kel. Kalibaru Medan Satria Kota Bekasi

Email : Agustinus.Id@gmail.com

Abstrak— Penelitian ini berfokus pada upaya penurunan klaim kualitas terkait korosi (karat) pada komponen ekspor tujuan Filipina di PT XYZ. Tingginya angka klaim karat diidentifikasi sebagai akibat dari kompleksitas elemen kerja manual pada tahap *Final Inspection* yang masih dilakukan secara terfragmentasi, sehingga mengakibatkan aplikasi lapisan pelindung anti karat menjadi tidak merata. Melalui metodologi perbaikan berkesinambungan (*Suggestion System*), dilakukan inovasi berupa pengembangan *Multifunctional 3D Jig* yang mengintegrasikan tiga fungsi pemeriksaan utama: verifikasi tipe, pengecekan dimensi diameter lubang, dan aplikasi proteksi anti karat dalam satu siklus kerja integratif. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan performa kualitas yang signifikan, ditandai dengan penurunan klaim karat sebesar 90% dan klaim *dent* sebesar 84%. Selain aspek kualitas, implementasi inovasi ini berhasil meningkatkan kapasitas inspeksi sebesar 40% melalui penghilangan pemborosan gerakan (*waste of motion*). Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi poin kontrol kualitas ke dalam alat bantu mekanis yang ergonomis efektif memitigasi risiko *human error* dan menjamin reliabilitas produk dalam rantai pasok global.

Keywords— *Klaim Karat, Multifunctional Jig, Inspeksi Akhir, Manufaktur Otomotif, Error-Proofing.*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT XYZ sebagai manufaktur komponen otomotif global dituntut untuk menjamin kualitas produk hingga ke tangan pelanggan mancanegara. Pada seksi *Painting*, terdapat tantangan kritis mengenai stabilitas kualitas produk ekspor. Berdasarkan data pareto klaim kualitas, permasalahan karat merupakan kontributor kegagalan tertinggi yang dilaporkan oleh pelanggan di Filipina. Hal ini menjadi perhatian utama karena material ekspor memiliki risiko degradasi permukaan yang lebih tinggi akibat paparan kelembapan selama transportasi laut. Oleh karena itu, efektivitas proteksi permukaan pada tahap akhir produksi menjadi faktor penentu dalam menjaga kepuasan pelanggan global.

1.2 Rumusan Masalah

Identifikasi masalah dalam penelitian ini didasarkan pada kondisi operasional sebagai berikut:

1. Risiko kelolosan produk dengan lapisan anti karat yang tidak merata akibat metode aplikasi manual yang sangat bergantung pada subjektivitas operator.
2. Rendahnya reliabilitas pengecekan kualitas karena elemen kerja (cek tipe, cek dimensi, dan pemberian anti karat) dilakukan secara terfragmentasi, sehingga membagi fokus kontrol operator.
3. Potensi terjadinya kesalahan tipe (*mixed part*) dan deviasi diameter lubang fungsional yang tidak terdeteksi secara fisik sebelum proses pengemasan.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap fokus dan terukur, ditetapkan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. **Ruang Lingkup Area:** Penelitian hanya mencakup proses *Final Inspection* pada Seksi *Painting* di PT XYZ.
2. **Objek Penelitian:** Fokus pada komponen ekspor tujuan Filipina yang memiliki catatan klaim karat tertinggi.
3. **Teknis Perbaikan:** Perbaikan dibatasi pada pengembangan alat bantu (*Jig*) mekanis tanpa melakukan perubahan pada komposisi kimia cairan anti karat yang digunakan.
4. **Periode Data:** Analisis perbandingan data klaim dilakukan dalam rentang waktu observasi sebelum dan sesudah implementasi JIG 3 Dimensi pada tahun operasional 2024-2025.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dirumuskan dalam bentuk pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menyederhanakan elemen kerja manual agar kontrol kualitas pada proses inspeksi akhir menjadi lebih terfokus?
2. Bagaimana desain JIG 3 Dimensi mampu mengintegrasikan fungsi verifikasi tipe, dimensi, dan proteksi karat dalam satu siklus kerja?
3. Sejauh mana implementasi alat bantu multifungsi ini mampu menurunkan tingkat klaim ekspor dan meningkatkan kapasitas operasional?

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Bagi Perusahaan (PT XYZ): Menurunkan angka klaim karat hingga 90% dan meningkatkan kapasitas produksi sebesar 40%, sehingga menjamin kelancaran logistik ekspor dan efisiensi biaya kualitas.
2. Bagi Operator: Menghilangkan beban kerja kognitif yang kompleks dan menyederhanakan gerakan repetitif, serta menciptakan lingkungan kerja yang lebih bersih dan aman (bebas ceceran cairan).
3. Bagi Akademisi: Menjadi referensi ilmiah mengenai penerapan alat bantu terintegrasi (*integrated jig*) dalam mitigasi korosi dan *error-proofing* di industri manufaktur.
4. Bagi Masyarakat Industri: Meningkatkan standar proteksi produk pada rantai pasok global melalui pendekatan inovasi teknologi tepat guna yang aplikatif.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Mekanisme Korosi dan Degradasi Logam pada Logistik Maritim.

Korosi merupakan fenomena degradasi material logam yang terjadi akibat reaksi elektrokimia antara logam dengan unsur-unsur di lingkungannya, terutama oksigen dan kelembapan (Groover, 2020). Dalam konteks pengiriman ekspor lintas laut, risiko korosi meningkat secara eksponensial akibat tingginya salinitas dan kelembapan relatif (*relative humidity*) di dalam kontainer.

Menurut Fontana (1986), perlindungan sementara menggunakan lapisan minyak anti karat (*anti-rust oil*) bekerja dengan cara membentuk lapisan penghalang (*barrier*) yang mengisolasi permukaan logam dari kontak langsung dengan elektrolit lingkungan. Efektivitas perlindungan ini sangat bergantung pada kontinuitas lapisan; celah mikroskopis atau aplikasi yang tidak merata akan menjadi titik awal terbentuknya korosi sumuran (*pitting corrosion*) yang dapat merusak integritas fungsional komponen sebelum mencapai tangan pelanggan (Groover, 2020).

2.2 Ergonomi Kognitif dan Penyederhanaan Kerja (*Work Simplification*)

Dalam sistem manufaktur, beban kerja operator tidak hanya diukur dari aktivitas fisik, tetapi juga dari beban mental atau ergonomi kognitif. Bridger (2017) menyatakan bahwa pengulangan elemen kerja yang kompleks dan terfragmentasi dapat menurunkan fokus operator, yang pada akhirnya memicu terjadinya *human error*.

Penyederhanaan kerja melalui penggabungan beberapa elemen kerja (*combination of work*) merupakan strategi kunci untuk meningkatkan reliabilitas inspeksi. Dengan menyatukan elemen cek tipe, dimensi, dan proteksi ke dalam satu gerakan integratif, variabilitas hasil kerja yang disebabkan oleh faktor kelelahan dan subjektivitas operator dapat diminimalisir secara signifikan (Bridger, 2017).

2.3 Strategi Error-Proofing melalui Desain JIG Multifungsi

Sistem *Poka-Yoke* atau *error-proofing* bertujuan untuk menciptakan desain proses yang secara fisik mencegah terjadinya kesalahan atau mendeteksi kesalahan secara instan tanpa bergantung pada pengawasan manual (Imai, 1986). Penerapan JIG 3 Dimensi dalam penelitian ini mengadopsi prinsip *Control Poka-Yoke*.

Desain kontur fungsional pada JIG memastikan bahwa hanya produk dengan profil yang sesuai yang dapat masuk ke dalam alat bantu (cek tipe), sementara pin penguji internal berfungsi sebagai pengukur dimensi absolut (*go/no-go gauge*). Integrasi ini menjamin bahwa setiap produk yang keluar dari tahap inspeksi akhir telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan secara konsisten (Imai, 1986).

4.4 Teori Manajemen Kualitas dan Reduksi Klaim

Kualitas dalam industri manufaktur didefinisikan sebagai kesesuaian terhadap spesifikasi dan kebutuhan pelanggan (Juran & De Feo, 2010). Masalah kualitas yang muncul di sisi pelanggan, seperti karat, diklasifikasikan sebagai biaya kegagalan eksternal (*external failure costs*) yang memiliki dampak finansial dan reputasi yang besar.

Penggunaan alat bantu yang terstandarisasi memungkinkan pengendalian proses statistik yang lebih baik. Menurut Juran dan De Feo (2010), inovasi pada titik inspeksi akhir melalui otomatisasi alat bantu mekanis tidak hanya berfungsi sebagai penyaring produk cacat, tetapi juga sebagai penjamin bahwa proses nilai tambah (seperti pemberian anti karat) dilakukan secara seragam pada seluruh unit produksi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental terapan dengan metode perbaikan berkesinambungan (*continuous improvement*) melalui siklus PDCA (*Plan-Do-Check-Action*). Tahapan penelitian disusun secara sistematis untuk memastikan bahwa solusi teknis yang dihasilkan menjawab akar permasalahan secara komprehensif.

3.1 Tahap Identifikasi dan Observasi Lapangan (*Plan*)

Langkah awal dimulai dengan pengumpulan data klaim kualitas dari pelanggan ekspor selama periode operasional berjalan.

- Analisis Pareto: Peneliti melakukan kategorisasi temuan klaim untuk menentukan prioritas perbaikan. Data menunjukkan bahwa korosi (karat) merupakan masalah dominan (*Top Pareto*).
- Analisis Elemen Kerja (*Genba*): Dilakukan observasi langsung pada stasiun Final Inspection untuk memetakan beban kerja operator. Peneliti mengidentifikasi adanya aktivitas manual yang terfragmentasi, yaitu: (1) Cek visual tipe produk, (2) Cek diameter lubang fungsional menggunakan *plug gauge*, dan (3) Aplikasi cairan anti karat menggunakan kuas/oles manual.

3.2 Tahap Perancangan dan Pengembangan Inovasi (*Plan & Do*)

Berdasarkan hasil observasi, peneliti merancang solusi berupa alat bantu kerja multifungsi (*Multifunctional 3D Jig*).

- Desain Kontur 3D: JIG dirancang dengan profil yang menyerupai bentuk negatif dari komponen. Hal ini berfungsi sebagai sistem Poka-Yoke fisik; jika tipe material salah, komponen tidak akan masuk ke dalam JIG.
- Integrasi Poin Kontrol: Menambahkan fitur Integrated Pin Gauge pada JIG untuk memverifikasi dimensi diameter lubang secara simultan saat produk diposisikan.
- Optimasi Aplikasi Proteksi: Merancang sistem panduan aplikasi cairan anti karat pada JIG untuk memastikan area kritis terlapisi secara merata dan mencegah terjadinya ceceran (waste material) di lingkungan kerja.

3.3 Tahap Implementasi dan Uji Coba (Do)

Tahap ini melibatkan penerapan purwarupa JIG pada lini produksi sebenarnya untuk melihat efektivitasnya dalam skala operasional.

- Standardisasi Metode: Menyusun instruksi kerja baru yang menyatukan tiga langkah pemeriksaan menjadi satu gerakan kerja terpadu (one-motion inspection).
- Pelatihan Operator: Melakukan sosialisasi dan pelatihan singkat kepada operator Final Inspection mengenai cara penggunaan JIG untuk meminimalkan variabilitas hasil antar individu.

3.4 Tahap Verifikasi dan Evaluasi Hasil (Check & Action)

Keberhasilan inovasi diukur melalui perbandingan performa kualitas dan produktivitas sebelum dan sesudah implementasi.

- Verifikasi Kualitas: Memantau tren klaim dari pelanggan Filipina selama lima bulan masa observasi pasca-implementasi.
- Pengukuran Kapasitas: Melakukan studi waktu (time study) untuk membandingkan kapasitas inspeksi per jam antara metode manual lama dengan metode JIG otomatis.
- Tindakan Korektif & Standardisasi: Melakukan penyempurnaan pada desain JIG jika ditemukan kendala teknis kecil, kemudian melakukan standardisasi dokumen teknis sebagai acuan operasional permanen di PT XYZ.

Table 1 Matriks Metodologi Penelitian

Tahapan	Metode Analisis	Instrumen/Alat	Output yang Diinginkan
Identifikasi	Statistik Pareto & Time Study	Laporan Klaim PHPH	Akar penyebab klaim karat
Desain	Engineering Design	CAD / JIG 3D	Purwarupa JIG Terintegrasi
Implementasi	Pilot Project	Unit Produksi	Penghapusan elemen manual
Evaluasi	Perbandingan Kuantitatif	Data Klaim & Kapasitas	Reduksi klaim 90%

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Kondisi Pengujian dan Parameter Operasional

Bagian ini menguraikan analisis hasil penelitian yang diperoleh melalui implementasi Multifunctional 3D Jig pada lini produksi ekspor di PT XYZ. Pembahasan dilakukan dengan membandingkan efektivitas sistem sebelum dan sesudah

perbaikan guna menjawab parameter kualitas, efisiensi operasional, dan keandalan proteksi karat.



Figure 1 Grafik Pareto masalah

4.1 Analisis Performa Kualitas dan Efektivitas Proteksi Permukaan

Implementasi Multifunctional 3D Jig pada lini produksi ekspor di PT XYZ membawa transformasi signifikan pada stabilitas kualitas produk. Sebelum dilakukannya perbaikan, tingginya angka klaim karat dari pelanggan di Filipina berkaitan erat dengan variabilitas aplikasi cairan anti karat secara manual. Pengamatan pasca-implementasi menunjukkan bahwa standarisasi metode melalui bantuan JIG memastikan lapisan pelindung terbentuk secara kontinu tanpa adanya area yang terlewat (*uncoated area*).

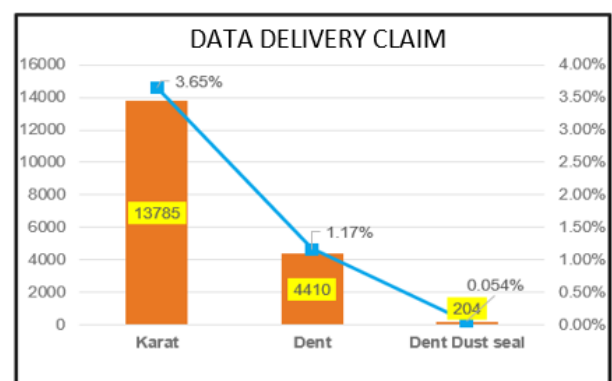


Figure 2 Delivery claim

Data statistik mencatatkan penurunan klaim korosi hingga 90%, yang secara teoretis mengonfirmasi bahwa isolasi logam dari elektrolit lingkungan laut melalui penghalang (*barrier*) minyak anti karat berjalan jauh lebih konsisten dibandingkan metode konvensional (Groover, 2020). Selain itu, reduksi klaim *dent* sebesar 84% menjadi temuan menarik yang memperkuat argumen bahwa pengurangan frekuensi penanganan material (*handling*) secara langsung menurunkan risiko benturan fisik yang merusak integritas permukaan komponen.

4.2 Transformasi Ergonomi Kognitif dan Reliabilitas Inspeksi

Penurunan kompleksitas kerja dari tiga tahapan manual menjadi satu gerakan integratif (*one-motion inspection*) memberikan dampak psikologis dan fisik yang krusial bagi operator *Final Inspection*. Dengan mengalihkan beban verifikasi tipe dan dimensi lubang fungsional ke dalam mekanisme fisik JIG, beban kognitif operator berkurang secara drastis. Fenomena ini sejalan dengan prinsip penyederhanaan kerja yang dikemukakan oleh Bridger (2017), di mana konsentrasi operator menjadi lebih terfokus pada hasil akhir daripada prosedur pengecekan yang terfragmentasi.

Secara teknis, efektivitas desain JIG sebagai sistem *Control Poka-Yoke* terbukti mampu mengeliminasi potensi kelolosan produk cacat (*mixed part* atau *wrong dimension*) sejak tahap awal pemosisian. Karakteristik fisik JIG yang presisi bertindak sebagai filter absolut; ketidaksesuaian parameter teknis pada benda kerja akan mengakibatkan hambatan fisik pada alat bantu, sehingga memberikan sinyal *error* instan tanpa membutuhkan interpretasi subjektif dari operator.

4.3 Evaluasi Kapasitas Operasional dan Dampak Lingkungan Kerja

Peningkatan kapasitas inspeksi sebesar 40% merupakan implikasi langsung dari penghilangan waktu non-produktif (*waste of motion*) yang sebelumnya timbul akibat aktivitas pengambilan alat ukur manual secara berulang. Optimalisasi alur kerja ini menciptakan aliran produksi yang lebih lancar (*smooth flow*) di area *Final Inspection*, sekaligus memitigasi risiko penumpukan barang yang berpotensi menghambat jadwal pengiriman logistik ekspor.

Lebih lanjut, integrasi sistem aplikasi anti karat di dalam JIG memberikan kontribusi nyata terhadap aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Hilangnya ceceran cairan anti karat di lantai area kerja tidak hanya mendukung efektivitas prinsip 5S, tetapi juga secara fundamental memperbaiki standar kebersihan teknis (*technical cleanliness*). Lingkungan kerja yang bersih dan bebas dari risiko licin menciptakan atmosfir kerja yang lebih kondusif bagi operator, sekaligus mencerminkan standar profesionalisme manufaktur PT XYZ dalam memenuhi ekspektasi pelanggan global.

4.4 Tinjauan Keberlanjutan Inovasi

Keselarasan antara hasil kuantitatif (penurunan klaim dan kenaikan kapasitas) dengan analisis kualitatif (kenyamanan kerja dan keandalan sistem) menegaskan bahwa inovasi berbasis JIG 3 Dimensi merupakan solusi yang komprehensif. Keberhasilan ini tidak hanya menjawab tantangan kualitas jangka pendek, tetapi juga memberikan model baru bagi pengelolaan kualitas pada produk ekspor lainnya di masa depan. Pendekatan teknologi tepat guna ini membuktikan bahwa efisiensi biaya (*cost reduction*) dapat dicapai bersamaan dengan peningkatan mutu (*quality up*) melalui pemahaman mendalam terhadap karakter proses manufaktur.

Table 2 Ringkasan Indikator Keberhasilan

Parameter Analisis	Kondisi Pra-Perbaikan	Kondisi Pasca-Perbaikan	Signifikansi Perubahan
Keandalan Proteksi	Subjektif & Variatif	Standar & Terukur	Klaim Karat ↓ 90%
Metode Verifikasi	Manual Terfragmentasi	Integrasi Mekanik	Klaim Dent ↓ 84%
Efisiensi Gerak	Tinggi (<i>Waste of Motion</i>)	Rendah (<i>Lean Process</i>)	Kapasitas ↑ 40%
Lingkungan Kerja	Risiko Ceceran Cairan	Bersih & Terkontrol	Implementasi 5S Optimal

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap proyek perbaikan pada seksi *Painting* Fe di

PT XYZ, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Penyederhanaan Proses dan Mitigasi Human Error: Integrasi elemen kerja manual menjadi satu sistem pemeriksaan terpadu melalui Multifunctional 3D Jig terbukti secara signifikan menurunkan beban kognitif operator. Penghapusan fragmentasi kerja ini meminimalisir peluang terjadinya kelalaian manusia (*human error*) dalam proses verifikasi tipe dan dimensi produk (Bridger, 2017).
2. Peningkatan Standar Proteksi Kualitas: Penggunaan JIG 3 Dimensi memberikan jaminan proteksi karat yang lebih stabil dan merata dibandingkan metode manual. Hal ini dibuktikan dengan penurunan klaim korosi sebesar 90% dari pelanggan, yang mengonfirmasi bahwa isolasi fisik logam dari lingkungan maritim melalui lapisan anti-rust yang kontinu adalah kunci utama keberhasilan ekspor (Fontana, 1986).
3. Optimalisasi Produktivitas dan Lingkungan Kerja: Inovasi alat bantu ini memberikan dampak ganda berupa peningkatan kapasitas inspeksi sebesar 40% dan perbaikan standar kebersihan area kerja (5S). Reduksi frekuensi penanganan material (*handling*) tidak hanya mempercepat aliran produksi tetapi juga secara efektif menurunkan klaim dent sebesar 84%.
4. Efektivitas Sistem Error-Proofing: Desain JIG yang mengadopsi prinsip *Poka-Yoke* fisik berhasil menciptakan sistem kendali kualitas yang absolut, di mana kesalahan tipe dan deviasi dimensi dapat dideteksi secara instan tanpa bergantung pada interpretasi subjektif operator (Imai, 1986).

5.2 Saran

Untuk mempertahankan dan mengembangkan hasil penelitian ini di masa depan, disarankan beberapa langkah strategis sebagai berikut:

- Standardisasi dan Replikasi: PT XYZ disarankan untuk melakukan standardisasi desain JIG multifungsi ini ke dalam sistem manufaktur perusahaan dan mereplikasikannya pada model komponen ekspor lainnya yang memiliki risiko korosi serupa.
- Pemantauan Technical Cleanliness: Perlu dilakukan evaluasi berkala terhadap tingkat kebersihan cairan anti karat di dalam sistem JIG guna memastikan tidak adanya kontaminan partikel yang dapat merusak permukaan produk atau menghambat fungsionalitas JIG.
- Audit Presisi Alat Bantu: Disarankan untuk melakukan kalibrasi dan audit dimensi secara periodik terhadap integrated pin gauge pada JIG untuk memastikan akurasi verifikasi diameter lubang tetap berada dalam batas toleransi teknis yang diizinkan.
- Studi Lanjutan Karakteristik Material: Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan untuk menguji efektivitas JIG pada material dengan karakteristik permukaan yang berbeda, guna melihat pengaruh viskositas cairan anti karat terhadap kecepatan serapan dan perlindungan jangka panjang.

Daftar Pustaka

Bridger, R. S. (2017). *Introduction to Ergonomics* (4th ed.). CRC Press.

Fontana, M. G. (1986). *Corrosion Engineering* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.

Groover, M. P. (2020). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems* (7th ed.). Wiley.

Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill Education.

Juran, J. M., & De Feo, J. A. (2010). *Juran's Quality Handbook: The Complete Guide to Performance Excellence* (6th ed.). McGraw-Hill Education.

Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge University Press.