Blend Sains
Jurnal Teknik
https://jurnal.ilmubersama.com/index.php/blendsains

Artikel Penelitian

Analisis Penerapan Total Quality Management dalam Pengendalian Cacat Produk pada PT Manufacturing Packaging

Risky Aulia Hafitza[*], *Apid Hapid Maksum, Sutrisno*

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 27 Agustus 2026
Revisi Akhir: 21 Oktober 2026
Diterbitkan Online: 31 Oktober 2026

KATA KUNCI

Cacat Produk
Pengendalian Kualitas
Packaging
SPC
TQM

KORESPONDENSI (*)

E-mail: riskyauliahafitza@gmail.com

A B S T R A K

Penelitian ini menganalisis penerapan Total Quality Management (TQM) dalam pengendalian cacat produk pada PT Manufacturing Packaging. Penelitian menggunakan desain studi kasus deskriptif dengan data yang diperoleh melalui observasi proses produksi, wawancara dengan personel produksi dan Quality Control, serta telaah dokumen perusahaan selama 21 Januari sampai 19 Februari 2026. Analisis dilakukan dengan memetakan bukti penerapan terhadap sepuluh unsur TQM dan mengidentifikasi penyebab cacat melalui kategori manusia, mesin, metode, material, lingkungan, dan pengukuran. Hasil menunjukkan bahwa sembilan unsur TQM telah hadir dalam praktik perusahaan, tetapi kekuatan penerapannya tidak merata. Kelemahan utama terdapat pada pendekatan ilmiah, dokumentasi tindak lanjut, dan pemberdayaan karyawan dalam analisis kualitas. Jumlah produk cacat menurun dari 820 unit pada 2024 menjadi 690 unit pada 2025, atau turun 15,85 persen. Namun, angka tersebut menunjukkan perubahan jumlah cacat, bukan defect rate, karena data total produksi tidak tersedia. Penyebab potensial dipetakan dalam diagram fishbone 6M. Data frekuensi per jenis cacat tidak tersedia dalam laporan kerja praktik sehingga Pareto tidak disusun. Perusahaan disarankan menerapkan Statistical Process Control, Pareto, standardisasi data cacat, Quality Control Circle, dan tindak lanjut PDCA yang terdokumentasi untuk memperkuat pengendalian kualitas secara berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Industri manufaktur kemasan dituntut menghasilkan produk yang konsisten terhadap spesifikasi dimensi, kekuatan, kualitas cetak, dan daya rekat. Ketidaksesuaian pada satu karakteristik dapat memicu rework, pemborosan bahan, keterlambatan pengiriman, atau keluhan pelanggan. Sistem manajemen mutu karena itu tidak cukup hanya mengandalkan inspeksi akhir. ISO 9001 menempatkan fokus pelanggan, pendekatan proses, evaluasi kinerja, dan perbaikan sebagai unsur penting dalam pengelolaan mutu [1].

Keberhasilan organisasi secara berkelanjutan juga bergantung pada kemampuan menilai kematangan sistem, memanfaatkan pembelajaran organisasi, dan memperbaiki proses secara konsisten [2]. Prinsip manajemen mutu perlu diterjemahkan menjadi hasil yang terukur, termasuk manfaat operasional, finansial, dan ekonomi bagi organisasi [3].

Total Quality Management (TQM) menyediakan kerangka yang lebih luas karena menempatkan kualitas sebagai tanggung jawab seluruh fungsi organisasi. Kerangka ini mencakup fokus pelanggan, obsesi terhadap kualitas, pendekatan ilmiah, komitmen jangka panjang, kerja sama tim, perbaikan berkesinambungan, pendidikan dan pelatihan, kebebasan yang terkendali, kesatuan tujuan, serta keterlibatan dan pemberdayaan karyawan [4]. Bukti empiris pada klaster industri fabrikasi logam menunjukkan bahwa penerapan TQM berperan dalam menekan cacat produk [5].

https://doi.org/10.56211/blendsains.v5i2.2003 Attribution-ShareAlike 4.0 International Some rights reserved

Integrasi TQM dengan Total Productive Maintenance juga dapat memperkuat kinerja produsen komponen dan produk rekayasa [6]. Pada tingkat operasional, penerapan TQM, pengukuran kinerja, dan pengendalian biaya kualitas berkaitan dengan efisiensi biaya produksi [7].

PT Manufacturing Packaging memproduksi berbagai kebutuhan kemasan, dengan karton box sebagai salah satu produk yang diamati. Dokumen internal mencatat 820unit produk cacat pada 2024 dan 690unit pada 2025. Penurunan tersebut merupakan indikasi perbaikan, tetapi perusahaan belum mengolah data cacat menggunakan Statistical Process Control (SPC), Pareto, atau analisis pola yang konsisten. Ketiadaan analisis statistik membatasi kemampuan perusahaan untuk membedakan variasi normal proses dari penyebab khusus. ISO 7870-2:2023 menempatkan peta kendali Shewhart sebagai alat untuk memantau variasi proses dan menilai kestabilan proses dari waktu ke waktu [8]. Literatur pengendalian kualitas statistik juga menegaskan bahwa keputusan perbaikan harus didasarkan pada data proses, pola variasi, dan pemilihan alat kendali yang sesuai dengan karakteristik data [9].

Penelitian mengenai TQM dalam rantai pasok menunjukkan bahwa praktik mutu dapat mendukung pengelolaan rantai pasok yang berkelanjutan apabila diterapkan secara terpadu [10]. Penelitian lain menjelaskan bahwa manajemen pengetahuan dapat menjadi mekanisme yang menghubungkan TQM dengan keberlanjutan perusahaan [11]. Hubungan TQM dengan kinerja organisasi juga dapat diperkuat melalui praktik manufaktur hijau yang konsisten [12].

Kajian yang menghubungkan sepuluh unsur TQM dengan bukti operasional dan penyebab cacat pada manufaktur kemasan masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat penerapan sepuluh unsur TQM, menjelaskan perubahan jumlah produk cacat, mengidentifikasi penyebab cacat berdasarkan kategori 6M, dan menyusun prioritas perbaikan yang dapat diterapkan perusahaan. Analisis dibatasi pada hubungan deskriptif. Data yang tersedia belum memadai untuk menguji pengaruh kausal TQM terhadap penurunan cacat.

TINJAUAN PUSTAKA

Total Quality Management

TQM merupakan pendekatan manajemen menyeluruh yang mengintegrasikan kepemimpinan, proses, sumber daya manusia, informasi, dan hubungan pelanggan untuk mencapai perbaikan berkelanjutan. Sepuluh unsur TQM yang digunakan pada penelitian ini dipilih karena dapat menerjemahkan konsep umum menjadi indikator perilaku dan praktik organisasi. Fokus pelanggan dan obsesi kualitas menunjukkan orientasi hasil. Pendekatan ilmiah dan perbaikan berkesinambungan menunjukkan kematangan pengelolaan proses. Sementara itu, kerja sama, pelatihan, kebebasan terkendali, kesatuan tujuan, dan pemberdayaan menggambarkan kualitas sistem sosial yang menjalankan proses tersebut. Kinerja TQM akan lemah apabila salah satu kelompok hanya hadir sebagai kegiatan informal tanpa bukti pengukuran dan tindak lanjut.

Cacat Produk dan Pengendalian Statistik

Produk cacat adalah keluaran yang tidak memenuhi satu atau lebih persyaratan yang telah ditentukan. Jumlah cacat berbeda dari defect rate. Jumlah cacat menghitung unit tidak sesuai, sedangkan defect rate membandingkan unit cacat dengan total produksi pada periode yang sama. Pembedaan ini penting agar perubahan volume produksi tidak menghasilkan kesimpulan mutu yang keliru. Peta kendali dapat membantu perusahaan memantau perubahan dan variasi proses secara sistematis.

Ukuran defects per unit dapat digunakan untuk mengendalikan mutu produk rakitan ketika satu unit berpotensi memiliki lebih dari satu jenis ketidaksesuaian [13]. Model prediksi cacat dapat melengkapi inspeksi dengan memperkirakan risiko ketidaksesuaian berdasarkan kompleksitas struktur produk [14]. FMEA dapat melengkapi analisis sebab-akibat dengan memberi prioritas pada kegagalan berdasarkan tingkat keparahan, peluang kejadian, dan kemampuan deteksi [15].

Integrasi TQM dan Pengendalian Cacat

Pengendalian cacat perlu ditempatkan dalam sistem manajemen mutu yang menghubungkan kebutuhan pelanggan dengan proses produksi. Spesifikasi pelanggan harus diterjemahkan menjadi karakteristik produk, parameter proses, metode

inspeksi, dan kriteria penerimaan. Setiap ketidaksesuaian kemudian diperlakukan sebagai informasi untuk menilai efektivitas proses, bukan hanya sebagai produk yang harus dipisahkan. Pendekatan proses tersebut membantu perusahaan menghubungkan masukan, aktivitas, keluaran, risiko, serta tindakan perbaikan secara konsisten.

TQM memperluas pengendalian teknis dengan memasukkan kepemimpinan, kerja sama, pembelajaran, dan keterlibatan karyawan. Pengendalian cacat tidak akan bertahan apabila hanya dijalankan oleh Quality Control setelah proses selesai. Operator perlu memahami alasan di balik standar, memiliki kewenangan melaporkan kondisi abnormal, dan memperoleh umpan balik atas usulan yang disampaikan. Manajemen juga perlu memastikan bahwa sasaran mutu diterjemahkan menjadi tanggung jawab yang jelas pada setiap fungsi.

Kematangan TQM tidak dapat dinilai hanya dari keberadaan SOP, pelatihan, atau rapat mutu. Organisasi perlu menilai apakah kegiatan tersebut menghasilkan perubahan perilaku, stabilitas proses, dan pembelajaran yang dapat dipertahankan. Evaluasi kematangan membantu membedakan praktik yang bersifat administratif dari praktik yang benar-benar memengaruhi hasil. Penilaian tersebut juga memberi dasar untuk menentukan prioritas pengembangan sesuai kemampuan dan konteks organisasi.

Manfaat mutu perlu dihubungkan dengan indikator operasional dan ekonomi. Penurunan cacat dapat mengurangi pemakaian ulang bahan, waktu inspeksi, pengerjaan kembali, penghentian proses, dan keterlambatan pengiriman. Namun, manfaat tersebut harus dihitung menggunakan definisi dan sumber data yang konsisten. Perusahaan perlu membandingkan biaya pencegahan dan penilaian dengan biaya kegagalan internal serta eksternal agar keputusan investasi mutu memiliki dasar yang terukur.

Hubungan antara TQM dan penurunan cacat sangat dipengaruhi oleh kualitas implementasi. Kegiatan yang terpisah, tidak terdokumentasi, atau tidak ditindaklanjuti cenderung menghasilkan perubahan yang sulit dipertahankan. Penelitian pada klaster industri fabrikasi menunjukkan bahwa TQM dapat berperan dalam menekan cacat ketika unsur manajemen dan aktivitas operasional diterapkan secara terpadu. Temuan tersebut mendukung pentingnya menghubungkan kebijakan mutu dengan masalah nyata di lantai produksi.

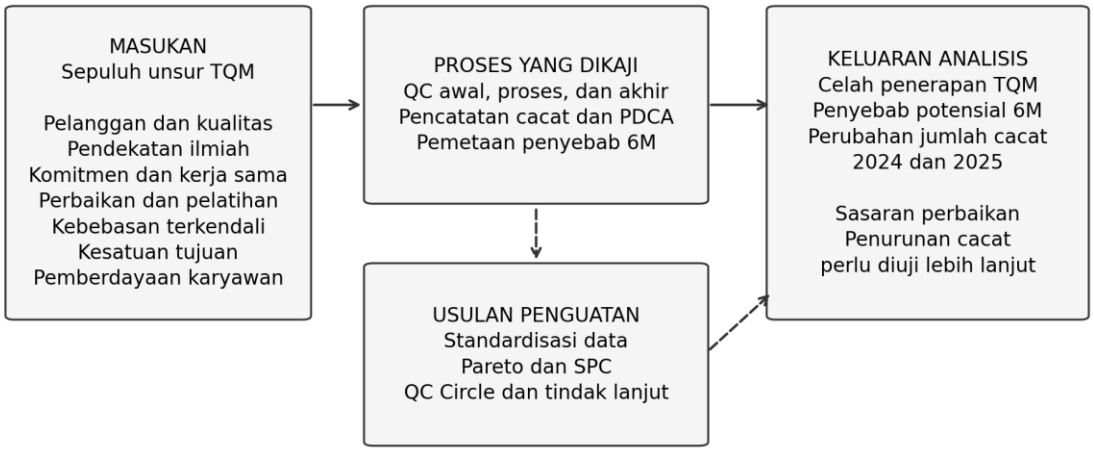
Biaya kualitas dapat digunakan untuk memperkuat akuntabilitas program perbaikan. Biaya pencegahan mencakup pelatihan, pemeliharaan, pengembangan prosedur, dan evaluasi pemasok. Biaya penilaian meliputi inspeksi dan pengujian, sedangkan biaya kegagalan mencakup scrap, rework, retur, dan penanganan keluhan. Pengelompokan tersebut membantu manajemen melihat bahwa pengeluaran pencegahan yang terarah dapat mengurangi biaya kegagalan yang lebih besar.

Integrasi mutu dengan pemeliharaan juga penting karena kondisi mesin memengaruhi variasi hasil. Data kerusakan, waktu henti, penggantian komponen, dan setelan mesin perlu dibandingkan dengan waktu munculnya cacat. Hubungan tersebut dapat menunjukkan titik proses yang memerlukan tindakan pencegahan. Ketika indikator TQM dan pemeliharaan dibahas dalam satu forum evaluasi, perusahaan dapat menyusun tindakan yang menyasar penyebab teknis sekaligus kelemahan manajerial.

Kerangka Konseptual

Kerangka pada Gambar 1 menghubungkan sepuluh unsur TQM sebagai masukan dengan praktik pengendalian kualitas sebagai proses dan keluaran analisis. Kategori 6M digunakan untuk mengelompokkan penyebab potensial, bukan sebagai ukuran penurunan cacat. SPC dan Pareto ditempatkan sebagai usulan penguatan karena penerapannya belum didukung data rinci. Hubungan dalam kerangka bersifat konseptual dan tidak menunjukkan pengaruh kausal yang telah diuji.

 https://doi.org/10.56211/blendsains.v5i2.2003



Gambar 1. Kerangka konseptual analisis TQM dan pengendalian cacat
Sumber: Sintesis penulis berdasarkan unsur TQM [4] dan laporan kerja praktik (2026). Garis putus-putus menunjukkan usulan penguatan.

METODOLOGI

Penelitian menggunakan desain studi kasus deskriptif pada PT Manufacturing Packaging. Nama perusahaan disamarkan untuk menjaga kerahasiaan. Pengumpulan data dilaksanakan selama kegiatan kerja praktik pada 21 Januari sampai 19 Februari 2026. Data primer diperoleh melalui observasi alur produksi karton box dan wawancara dengan personel yang terlibat dalam produksi serta Quality Control. Data sekunder berasal dari catatan jumlah produk cacat, prosedur kerja, informasi pelatihan, KPI mutu, dan uraian evaluasi yang dapat diakses peneliti.

Analisis dilakukan melalui empat tahap. Pertama, data observasi, wawancara, dan dokumen direduksi menjadi bukti penerapan pada setiap unsur TQM. Kedua, bukti dibandingkan untuk mengklasifikasikan unsur sebagai diterapkan, diterapkan tetapi perlu penguatan, atau belum optimal. Ketiga, perubahan jumlah cacat dihitung dengan membandingkan data 2024 dan 2025. Keempat, penyebab cacat disusun dalam kategori manusia, mesin, metode, material, lingkungan, dan pengukuran. Temuan kemudian digunakan untuk menyusun usulan perbaikan berbasis SPC, PDCA, dan pelibatan karyawan.

Analisis mencocokkan informasi observasi, wawancara, dan dokumentasi sebagaimana diuraikan dalam laporan kerja praktik. Laporan tidak menyajikan jumlah informan, transkrip wawancara, maupun rincian protokol validasi. Oleh karena itu, penelitian ini tidak mengklaim pengujian formal keabsahan instrumen atau triangulasi yang terdokumentasi lengkap. Penelitian tidak menggunakan eksperimen, kelompok pembanding, atau analisis inferensial.

Operasionalisasi Unsur TQM dan Prosedur Analisis

Unit analisis penelitian ini terdiri atas praktik kerja, bukti dokumen, dan hasil yang dapat diamati pada proses produksi karton box. Setiap unsur TQM ditelusuri melalui indikator yang relevan. Fokus pelanggan dinilai dari mekanisme penerimaan spesifikasi dan tindak lanjut keluhan. Pendekatan ilmiah dinilai dari ketersediaan definisi cacat, pencatatan data, penggunaan alat statistik, dan evaluasi hasil. Unsur yang berkaitan dengan sumber daya manusia dinilai melalui briefing, pelatihan, pelibatan operator, serta mekanisme penyampaian usulan perbaikan.

Klasifikasi pada artikel ini merupakan sintesis deskriptif atas uraian dan tabel dalam laporan kerja praktik. Kategori diterapkan menunjukkan adanya praktik yang dilaporkan. Kategori perlu penguatan menunjukkan praktik yang telah berjalan tetapi masih memiliki celah yang disebutkan dalam laporan. Kategori belum optimal menunjukkan belum digunakannya analisis statistik secara sistematis. Kategori tersebut bukan skor kematangan, hasil audit independen, atau persentase efektivitas TQM.

Perubahan jumlah cacat dihitung dengan mengurangkan jumlah cacat 2025 dari jumlah cacat 2024, kemudian membandingkan selisih tersebut dengan nilai tahun 2024. Perhitungan ini hanya menunjukkan perubahan jumlah unit cacat. Analisis tidak menggunakan istilah defect rate karena data total produksi tahunan tidak tersedia. Pemisahan antara jumlah cacat dan proporsi cacat diperlukan agar peningkatan atau penurunan volume produksi tidak menghasilkan kesimpulan yang keliru mengenai kinerja mutu.

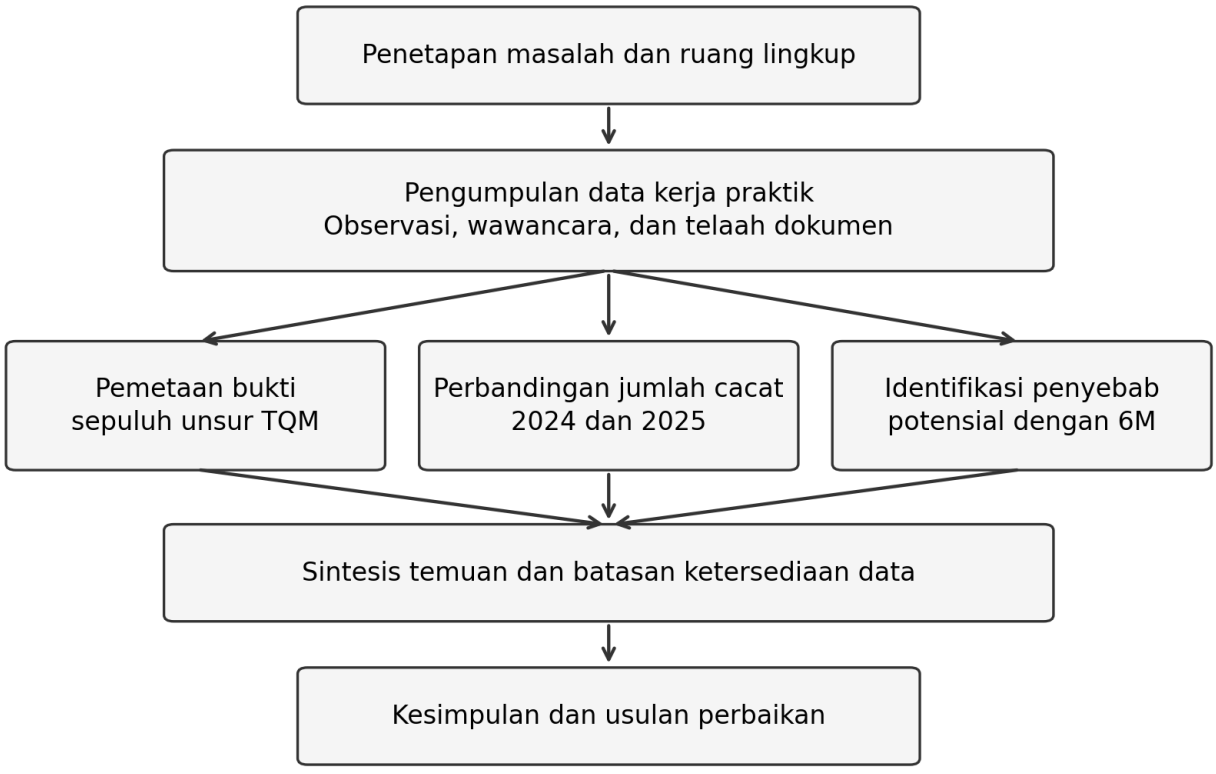
Batasan Masalah

Penelitian dibatasi pada penerapan sepuluh unsur TQM dan identifikasi penyebab potensial cacat produk karton box di lingkungan internal perusahaan selama kerja praktik pada 21 Januari sampai 19 Februari 2026. Data 2024 dan 2025 merupakan data historis yang dicantumkan dalam laporan kerja praktik, bukan hasil pengamatan langsung pada kedua tahun tersebut. Analisis tidak mencakup pembuktian hubungan sebab-akibat, pengukuran biaya kualitas, atau evaluasi keberhasilan intervensi.

Data kuantitatif yang tersedia hanya berupa jumlah produk cacat tahunan. Laporan kerja praktik tidak menyertakan total produksi, frekuensi cacat menurut jenis, ataupun seri data harian, bulanan, dan per lot. Dengan demikian, penelitian tidak menghitung defect rate, persentase kontribusi jenis cacat, Pareto, batas kendali SPC, atau kapabilitas proses. Frekuensi cacat printing, cutting, dan perekatan tidak diestimasi dari jumlah total. SPC dan Pareto dibahas sebagai usulan yang memerlukan pengumpulan data tambahan.

Diagram Alir Penelitian

Gambar 2 merangkum alur pengumpulan dan analisis data. Tiga jalur analisis menghasilkan pemetaan praktik TQM, perubahan jumlah cacat, dan penyebab potensial 6M. Hasilnya disintesiskan untuk menyusun rekomendasi sesuai batas ketersediaan data.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Sumber: Disusun penulis berdasarkan tahapan analisis laporan kerja praktik (2026).

 https://doi.org/10.56211/blendsains.v5i2.2003

HASIL DAN PEMBAHASAN

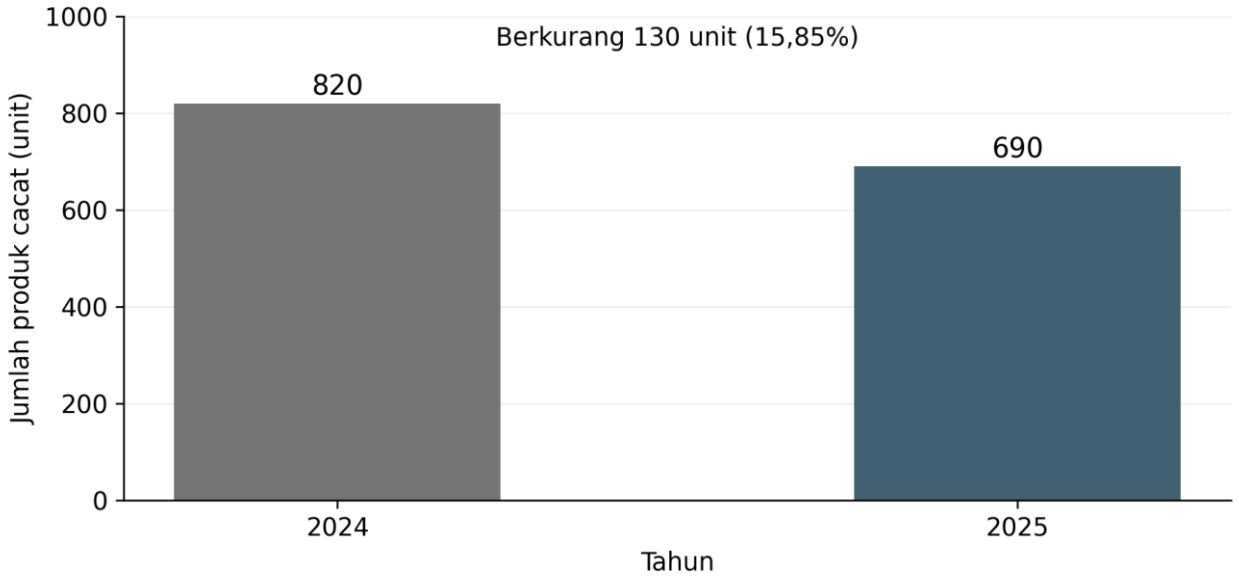
Perubahan Jumlah Produk Cacat

Data internal menunjukkan penurunan jumlah produk cacat sebesar 130 unit, dari 820unit pada 2024 menjadi 690unit pada 2025. Persentase penurunan jumlah cacat adalah 15,85 persen terhadap nilai 2024. Temuan ini menunjukkan arah perubahan yang positif, tetapi belum dapat menjelaskan apakah proporsi produk cacat ikut turun karena total produksi pada kedua tahun tidak tersedia.

Tabel 1. Perubahan Jumlah Produk Cacat 2024-2025

Tahun	Jumlah produk cacat (unit)	Perubahan (unit)	Perubahan terhadap 2024
2024	820	Acuan	Acuan
2025	690	-130	-15,85%

Sumber: Data internal PT Manufacturing Packaging (2024-2025), diolah penulis.



Gambar 3. Perbandingan Jumlah Produk Cacat Tahunan

Sumber: Data historis perusahaan yang dicantumkan dalam laporan kerja praktik (2026), diolah penulis.

Gambar 3 hanya memperlihatkan perbandingan jumlah produk cacat tahunan. Laporan menyebutkan ketidaksesuaian hasil cetak, ukuran potong, dan perekatan, tetapi tidak menyertakan frekuensi masing-masing jenis. Oleh karena itu, distribusi 690unit cacat pada 2025 tidak dapat disajikan dalam diagram Pareto atau grafik distribusi jenis cacat. Kekurangan rincian tersebut menunjukkan celah kelengkapan pendataan yang tersedia untuk analisis. Namun, laporan belum cukup membuktikan bahwa perusahaan sama sekali tidak mempunyai rincian pada arsip lain yang tidak dilampirkan. Rekomendasi perbaikannya adalah pencatatan jenis cacat dan jumlah kejadian secara terstruktur.

Penerapan Sepuluh Unsur TQM

Sembilan unsur TQM telah ditemukan dalam aktivitas perusahaan, sedangkan pendekatan ilmiah belum berjalan optimal. Meskipun demikian, keberadaan suatu unsur tidak selalu menunjukkan kematangan penerapannya. Kebebasan terkendali dan pemberdayaan karyawan, misalnya, telah terlihat melalui komunikasi dan kepatuhan terhadap SOP, tetapi usulan perbaikan belum dikelola dalam mekanisme formal. Ringkasan bukti dan celah penerapan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan Penerapan Unsur-unsur TQM

Unsur TQM	Status	Temuan utama dan celah penerapan
Fokus pada pelanggan	Diterapkan	Survei kepuasan pelanggan dan evaluasi produk retur digunakan; pengelolaan umpan balik masih perlu dioptimalkan.
Obsesi terhadap kualitas	Diterapkan	QC dilakukan pada tahap awal, proses, dan akhir untuk mencegah produk tidak sesuai terkirim.

Pendekatan ilmiah	Belum optimal	Data cacat dicatat, tetapi belum dianalisis menggunakan metode statistik seperti SPC.
Komitmen jangka panjang	Diterapkan	Target penurunan cacat, pengawasan kualitas, dan evaluasi proses menjadi agenda berkelanjutan.
Kerja sama tim	Perlu penguatan	Briefing pagi mendukung koordinasi, tetapi Quality Control Circle belum dibentuk.
Perbaikan berkesinambungan	Perlu penguatan	PDCA telah digunakan, tetapi dokumentasi hasil pemeriksaan dan tindak lanjut belum konsisten.
Pendidikan dan pelatihan	Diterapkan	Pelatihan mencakup prosedur produksi, pengoperasian mesin, dan pengendalian kualitas.
Kebebasan terkendali	Perlu penguatan	Karyawan dapat memberi masukan, tetapi belum ada sistem formal untuk seleksi dan implementasi ide.
Kesatuan tujuan	Diterapkan	KPI cacat dan briefing menyelaraskan sasaran bagian produksi dan Quality Control.
Keterlibatan dan pemberdayaan	Perlu penguatan	Operator bekerja sesuai SOP, tetapi keterlibatan dalam analisis akar masalah masih terbatas.

Sumber: Hasil observasi, wawancara, dan telaah dokumen, diolah penulis (2026).

Fokus pelanggan dan pengendalian kualitas berlapis menunjukkan bahwa perusahaan telah mengarahkan proses pada kesesuaian produk. Kebutuhan pelanggan telah diterjemahkan ke dalam pemeriksaan awal, proses, dan akhir. Namun, efektivitas pengawasan masih sulit ditingkatkan karena data lebih banyak berfungsi sebagai arsip daripada sebagai informasi untuk mengendalikan variasi proses.

Penerapan yang telah berjalan perlu ditingkatkan dari sekadar kepatuhan terhadap prosedur menjadi evaluasi yang menghubungkan temuan, penyebab, tindakan, dan hasil verifikasi. Dengan cara ini, perusahaan dapat menilai kematangan penerapan TQM melalui bukti perubahan proses. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa TQM dapat mendukung penurunan cacat apabila kegiatan mutu terhubung dengan masalah operasional. Efektivitas pengawasan akan sulit ditingkatkan jika data hanya berfungsi sebagai arsip dan tidak diolah menjadi informasi proses.

Kelemahan pendekatan ilmiah merupakan celah paling penting. Tanpa peta kendali, perusahaan belum dapat mengidentifikasi perubahan rata-rata, peningkatan variasi, pola tren, atau titik di luar batas kendali. Penggunaan ukuran defects per unit dapat memperkuat pemantauan ketika satu produk memiliki beberapa peluang cacat. Model prediksi juga dapat membantu perusahaan mengenali risiko cacat berdasarkan karakteristik dan kompleksitas produk.

Perusahaan tidak harus langsung menggunakan model kompleks. Tahap awal dapat dimulai dengan definisi cacat yang seragam, pencatatan jumlah produksi dan cacat per lot, serta penerapan peta kendali atribut sesuai karakteristik data. Pareto mingguan dan peta kendali perlu digunakan sebagai dasar analisis variasi, bukan hanya sebagai kelengkapan laporan mutu.

Aspek manusia juga menentukan keberlanjutan TQM. Briefing dan pelatihan telah membangun komunikasi dasar, tetapi partisipasi operator masih berpusat pada pelaksanaan SOP. Pembentukan Quality Control Circle dapat mengubah pengalaman operator menjadi usulan yang diuji, dilaksanakan, dan dievaluasi. Integrasi TQM dengan pemeliharaan produktif dapat memperkuat kinerja operasi manufaktur. Penerapan praktik mutu secara lintas fungsi juga mendukung koordinasi dengan rantai pasok dan tujuan keberlanjutan.

Manajemen pengetahuan diperlukan agar pengalaman operator, hasil inspeksi, dan tindakan perbaikan tersimpan serta dapat digunakan kembali oleh organisasi. Pengendalian mutu juga dapat dikaitkan dengan efisiensi penggunaan bahan dan pengurangan limbah proses. Hubungan ini memperluas manfaat TQM dari kesesuaian produk menuju efisiensi operasi yang lebih konsisten. Dengan demikian, pengendalian cacat perlu ditempatkan sebagai proses lintas fungsi, bukan hanya tanggung jawab bagian Quality Control.

Rancangan Pengendalian Statistik

Penguatan pendekatan ilmiah perlu dimulai dari tata kelola data, bukan dari pemilihan perangkat lunak. Perusahaan perlu menetapkan kode jenis cacat, nama proses, tanggal produksi, mesin, operator, material, pemasok, nomor lot, jumlah

diperiksa, dan jumlah tidak sesuai sebagai data minimum. Definisi operasional harus menjelaskan batas setiap kategori cacat agar pencatatan antarpemeriksa konsisten. Data tersebut kemudian diverifikasi oleh penanggung jawab mutu sebelum digunakan pada rapat evaluasi.

Pareto dapat digunakan sebagai alat awal untuk menentukan jenis cacat yang paling dominan. Rekap mingguan perlu menampilkan frekuensi, persentase, dan persentase kumulatif setiap jenis cacat. Hasilnya tidak cukup hanya menunjukkan urutan masalah. Tim harus menelusuri proses, mesin, material, dan waktu kejadian yang berkontribusi pada kategori dominan. Analisis ini membantu perusahaan memusatkan sumber daya pada sedikit penyebab yang memberikan dampak terbesar.

Pemilihan peta kendali harus mengikuti bentuk data [8], [9]. Peta p digunakan untuk memantau proporsi unit tidak sesuai dengan ukuran sampel yang dapat berubah. Peta np digunakan untuk jumlah unit tidak sesuai ketika ukuran sampel tetap. Peta c digunakan untuk jumlah ketidaksesuaian ketika luas kesempatan inspeksi tetap, sedangkan peta u digunakan untuk ketidaksesuaian per unit ketika luas kesempatan inspeksi berubah. Satu unit dapat memiliki beberapa ketidaksesuaian. Batas kendali memerlukan seri data proses yang memadai dan definisi inspeksi yang konsisten. Data tahunan dalam penelitian ini belum memenuhi kebutuhan tersebut.

Sinyal di luar batas kendali, pola berurutan pada satu sisi garis tengah, atau kecenderungan naik dan turun perlu diperlakukan sebagai petunjuk investigasi. Tim tidak boleh langsung mengubah batas kendali untuk membuat grafik terlihat stabil. Setiap sinyal harus dihubungkan dengan waktu kejadian, setelan mesin, pergantian bahan, kondisi lingkungan, dan operator yang bertugas. Tindakan korektif baru dinilai efektif apabila pola proses kembali stabil dan masalah tidak berulang pada periode pemantauan berikutnya.

Ukuran defects per unit dapat melengkapi pengukuran ketika satu karton box berpotensi memiliki beberapa ketidaksesuaian, seperti hasil cetak, ukuran potong, lipatan, dan daya rekat. Penggunaan ukuran ini memerlukan aturan inspeksi yang seragam dan jumlah peluang cacat yang didefinisikan dengan jelas. Tanpa standar tersebut, perbandingan antarperiode dapat dipengaruhi oleh perbedaan cara pemeriksaan, bukan oleh perubahan mutu proses.

Model prediksi cacat belum menjadi prioritas awal karena data perusahaan masih terbatas. Penerapannya baru layak dipertimbangkan setelah data lot, parameter proses, kompleksitas produk, dan hasil inspeksi tersedia secara konsisten. Pada tahap tersebut, model dapat digunakan untuk membantu menentukan lot berisiko tinggi dan kebutuhan inspeksi tambahan. Hasil prediksi tetap harus diverifikasi melalui pengamatan proses dan tidak boleh menggantikan keputusan teknis personel mutu.

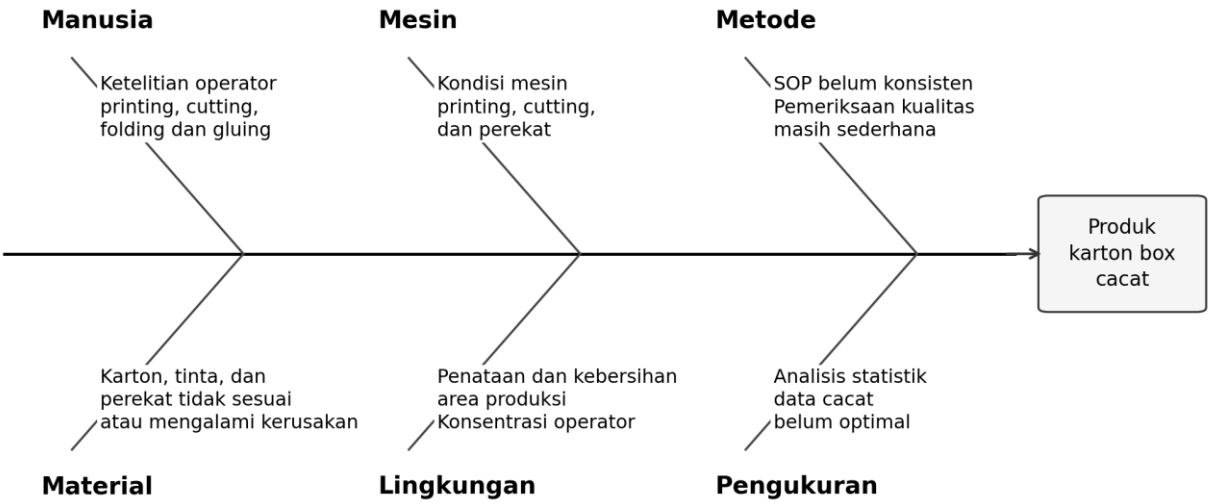
Faktor Penyebab Cacat Produk

Uraian observasi dan wawancara dalam laporan kerja praktik memberikan enam kelompok penyebab potensial yang dirangkum pada Tabel 3 dan divisualisasikan pada Gambar 4. Diagram tersebut menyusun dugaan penyebab secara kualitatif. Tidak tersedia frekuensi kejadian, hasil pengujian teknis, atau bobot kontribusi setiap faktor. Karena itu, diagram tidak digunakan untuk menetapkan faktor dominan atau menyimpulkan hubungan kausal. FMEA baru dapat dipertimbangkan setelah data risiko tersedia [15].

Tabel 3. Faktor Penyebab Potensial Cacat Berdasarkan Kategori 6M

Faktor	Temuan	Potensi dampak
Manusia	Ketelitian operator belum konsisten pada printing, cutting, serta folding dan gluing.	Cetak tidak sesuai, ukuran tidak presisi, atau daya rekat lemah.
Mesin	Kondisi mesin printing, cutting, dan perekat kurang optimal.	Variasi hasil proses dan ketidaksesuaian berulang.
Metode	Pelaksanaan SOP dan pemeriksaan kualitas belum seragam pada seluruh tahapan.	Cacat terlambat terdeteksi dan tindakan korektif tidak konsisten.
Material	Karton, tinta, atau perekat dapat tidak sesuai standar atau mengalami kerusakan.	Kekuatan, hasil cetak, dan perekatan tidak memenuhi spesifikasi.
Lingkungan	Kebersihan, penataan area, dan kondisi kerja dapat mengganggu konsentrasi.	Kontaminasi, hambatan aliran kerja, dan kesalahan operator.
Pengukuran	Pemeriksaan masih sederhana dan analisis statistik data cacat belum optimal.	Pola cacat dan akar masalah tidak teridentifikasi secara cepat.

Sumber: Hasil observasi dan wawancara, diolah penulis (2026).



Gambar 4. Diagram Fishbone Penyebab Potensial Cacat Karton Box Berdasarkan 6M

Sumber: Diolah dari uraian faktor penyebab dalam Bab IV laporan kerja praktik (2026). Diagram tidak menunjukkan besarnya kontribusi faktor.

Faktor manusia berkaitan dengan ketelitian, kepatuhan terhadap urutan kerja, dan kemampuan mengenali ketidaksesuaian. Perusahaan perlu memisahkan masalah yang disebabkan oleh kurangnya kompetensi dari masalah yang timbul karena instruksi kerja tidak jelas. Matriks kompetensi dapat digunakan untuk memetakan kebutuhan pelatihan pada printing, cutting, folding, gluing, dan inspeksi. Efektivitas pelatihan perlu dinilai melalui observasi kerja dan perubahan pola cacat, bukan hanya melalui daftar hadir.

Faktor mesin perlu dianalisis melalui hubungan antara gangguan, setelan, waktu henti, dan jenis cacat. Pemeriksaan kondisi mesin sebelum produksi harus mencakup bagian yang memengaruhi presisi cetak, ukuran potong, lipatan, dan aplikasi perekat. Catatan preventive maintenance perlu dihubungkan dengan data mutu sehingga perusahaan dapat menilai apakah gangguan tertentu selalu diikuti peningkatan ketidaksesuaian. Integrasi pemeliharaan produktif dan TQM dapat memperkuat kinerja operasi apabila indikator keduanya dibahas secara bersama.

Faktor metode mencakup keseragaman SOP, urutan pemeriksaan, batas toleransi, dan kewenangan menghentikan proses. Instruksi kerja harus menggunakan istilah yang sama dengan formulir inspeksi agar operator dan Quality Control tidak menafsirkan cacat secara berbeda. Ketika perubahan metode dilakukan, perusahaan perlu mencatat alasan, tanggal berlaku, personel yang terdampak, dan hasil evaluasi. Dokumentasi ini penting untuk mencegah perbaikan sementara hilang setelah pergantian shift atau personel.

Faktor material perlu dikendalikan sejak penerimaan. Karton, tinta, dan perekat harus diperiksa berdasarkan karakteristik yang memengaruhi hasil proses. Status material perlu ditelusuri sampai nomor lot agar masalah dapat dikaitkan dengan pemasok atau kondisi penyimpanan tertentu. Data incoming inspection selanjutnya digunakan dalam evaluasi pemasok. Pengelolaan mutu yang terhubung dengan rantai pasok membantu organisasi mencegah ketidaksesuaian sebelum material masuk ke proses produksi.

Faktor lingkungan dan pengukuran berperan sebagai kondisi pendukung. Kebersihan, penataan area, pencahayaan, suhu, dan kelembapan perlu dipantau apabila berpotensi memengaruhi konsentrasi operator atau karakter material. Sistem pengukuran juga harus diperiksa melalui kalibrasi alat, keseragaman metode, dan kesepakatan antarinspektor. Setelah data frekuensi, keparahan, dan kemampuan deteksi tersedia, FMEA dapat digunakan untuk menentukan risiko yang harus didahulukan secara lebih objektif.

Prioritas Perbaikan

Prioritas perbaikan disusun dengan mendahulukan tindakan yang membentuk data berkualitas dan siklus tindak lanjut. Perusahaan perlu menghindari penggunaan alat statistik hanya sebagai dokumen pelaporan. Setiap alat harus terhubung dengan pemilik tindakan, tenggat, verifikasi efektivitas, dan standardisasi hasil. Rekomendasi pada Tabel 4 dapat diterapkan secara bertahap. Urutan ini merupakan usulan tahapan implementasi berdasarkan kebutuhan data, bukan

 https://doi.org/10.56211/blendsains.v5i2.2003

pemeringkatan empiris berdasarkan Pareto, skor risiko, atau kontribusi faktor 6M. Indikator pada Tabel 4 merupakan usulan pemantauan, bukan hasil yang telah dicapai perusahaan.

Tabel 4. Rekomendasi prioritas penguatan pengendalian kualitas

Prioritas	Tindakan	Indikator awal
1	Standarkan kode cacat, jumlah produksi, jumlah cacat, mesin, operator, material, dan lot pada lembar pencatatan.	Kelengkapan pencatatan per lot dipantau; target ditetapkan setelah evaluasi awal.
2	Susun Pareto mingguan dan peta kendali atribut sesuai jenis data. Tinjau sinyal proses pada rapat kualitas.	Penyebab dominan dan sinyal di luar kendali ditindaklanjuti.
3	Bentuk Quality Control Circle lintas produksi, QC, pemeliharaan, gudang, dan purchasing.	Usulan, pelaksanaan, dan hasil verifikasi proyek perbaikan terdokumentasi.
4	Perkuat preventive maintenance, verifikasi setelan mesin, kalibrasi alat, dan incoming inspection bahan.	Penurunan gangguan mesin serta ketidaksesuaian material.
5	Dokumentasikan PDCA, pemilik tindakan, tenggat, hasil verifikasi, dan pembaruan SOP.	Tindakan korektif selesai tepat waktu dan tidak berulang.

Implikasi Manajerial dan Tahapan Implementasi

Tahap pertama diusulkan dengan fokus pada standardisasi data. Manajemen perlu menunjuk pemilik data, menyepakati definisi cacat, memperbaiki formulir pencatatan, dan menetapkan jadwal tinjauan mingguan. Indikator awal meliputi kelengkapan data per lot, kesesuaian kode cacat, dan ketepatan waktu pelaporan. Tahap ini menjadi prasyarat karena keputusan berbasis data tidak dapat berjalan apabila sumber informasi tidak lengkap atau tidak konsisten.

Tahap kedua dilakukan setelah data dasar stabil. Perusahaan dapat membentuk Quality Control Circle yang melibatkan produksi, Quality Control, pemeliharaan, gudang, dan purchasing. Tim memilih satu masalah dominan dari Pareto, memeriksa akar masalah, menguji tindakan, dan mendokumentasikan hasil dengan PDCA. Pelibatan lintas fungsi diperlukan agar tindakan perbaikan mencakup penyebab teknis, material, metode, dan koordinasi kerja.

Tahap ketiga mengintegrasikan sistem mutu dengan preventive maintenance dan evaluasi pemasok. Jadwal perawatan perlu disusun berdasarkan risiko kegagalan dan riwayat gangguan, sedangkan pemasok dinilai menggunakan kesesuaian material, ketepatan pengiriman, dan respons terhadap masalah. Penggabungan indikator mutu dan pemeliharaan mencegah setiap bagian bekerja dengan sasaran yang terpisah. Pendekatan terpadu tersebut juga membantu perusahaan mengalihkan perhatian dari inspeksi akhir menuju pencegahan cacat pada sumbernya.

Setiap proyek perbaikan perlu disimpan sebagai pengetahuan organisasi. Dokumen minimal memuat masalah, data awal, analisis penyebab, tindakan, penanggung jawab, tenggat, hasil verifikasi, dan perubahan standar kerja. Praktik ini mencegah pengulangan analisis yang sama serta memudahkan replikasi perbaikan pada produk atau mesin lain. Manajemen pengetahuan dapat memperkuat hubungan antara TQM dan keberlanjutan kinerja perusahaan.

Keberhasilan implementasi perlu dinilai melalui kombinasi indikator hasil dan proses. Indikator hasil mencakup jumlah unit cacat, defect rate setelah denominator tersedia, rework, scrap, dan keluhan pelanggan. Indikator proses mencakup kelengkapan data, jumlah sinyal peta kendali yang ditindaklanjuti, penyelesaian tindakan tepat waktu, serta proyek perbaikan yang terverifikasi. Kombinasi tersebut mencegah perusahaan menilai TQM hanya dari penurunan cacat jangka pendek dan membantu menjaga konsistensi perbaikan.

Evaluasi Efektivitas Perbaikan

Evaluasi perbaikan harus dimulai dari baseline yang ditetapkan sebelum tindakan dijalankan. Baseline perlu memuat periode pengamatan, jumlah produksi, jumlah unit diperiksa, jumlah unit cacat, jenis cacat dominan, rework, scrap, dan gangguan proses yang relevan. Target kemudian disusun secara spesifik untuk periode tertentu. Tanpa baseline yang

sebanding, perubahan setelah tindakan dapat dipengaruhi oleh variasi volume, campuran produk, atau perbedaan cara inspeksi.

Perusahaan perlu menggunakan indikator hasil dan indikator penggerak secara bersamaan. Indikator hasil menunjukkan konsekuensi akhir, seperti cacat, rework, scrap, retur, dan biaya kegagalan. Indikator penggerak menunjukkan apakah praktik pencegahan telah dijalankan, seperti kepatuhan inspeksi awal, penyelesaian preventive maintenance, kelengkapan data, dan ketepatan tindak lanjut. Hubungan kedua kelompok indikator membantu manajemen menilai manfaat operasional serta ekonomi dari program mutu.

Setiap tindakan korektif perlu memiliki kriteria verifikasi. Perubahan setelan mesin dapat dinilai melalui kestabilan hasil pada beberapa lot berikutnya. Revisi SOP dapat dinilai melalui kesesuaian pelaksanaan pada seluruh shift. Pelatihan dapat dinilai melalui observasi kompetensi dan perubahan jenis kesalahan. Tindakan dinyatakan efektif ketika target tercapai, masalah tidak berulang dalam periode pemantauan, dan cara kerja baru telah dimasukkan ke dokumen standar.

Peta kendali setelah tindakan berfungsi untuk memeriksa apakah perubahan menghasilkan proses yang lebih stabil. Tim perlu membandingkan pola sebelum dan sesudah tindakan dengan menggunakan definisi, metode sampling, dan unit pengukuran yang sama. Batas kendali baru hanya dihitung apabila proses telah berubah secara nyata dan data sesudah perbaikan cukup mewakili kondisi baru. Langkah tersebut mencegah perusahaan menganggap perubahan acak sebagai keberhasilan perbaikan.

Kapabilitas proses baru dapat dinilai setelah kestabilan proses tercapai dan spesifikasi pelanggan tersedia secara jelas. Indeks kapabilitas tidak dapat menggantikan peta kendali karena keduanya menjawab pertanyaan yang berbeda. Peta kendali menilai konsistensi proses dari waktu ke waktu, sedangkan kapabilitas membandingkan sebaran proses dengan batas spesifikasi. Penggunaan keduanya secara berurutan menghasilkan penilaian mutu yang lebih tepat.

Quality Control Circle perlu menyajikan hasil proyek dalam format yang seragam. Laporan singkat dapat memuat masalah, data awal, sasaran, analisis akar masalah, tindakan, hasil verifikasi, dan perubahan standar. Proyek yang gagal mencapai sasaran tetap perlu didokumentasikan agar asumsi dan tindakan yang tidak efektif tidak diulang. Dokumentasi tersebut membantu tim menjaga kesinambungan pemecahan masalah operasional.

Hasil evaluasi harus menjadi pengetahuan yang mudah ditelusuri. Perusahaan dapat menyimpan proyek berdasarkan jenis cacat, proses, mesin, dan material sehingga tim dapat menemukan pengalaman yang relevan saat masalah serupa muncul. Dokumen perlu dikendalikan agar versi terbaru digunakan dan perubahan standar dapat diketahui oleh seluruh shift. Pengelolaan pengetahuan tersebut memperkuat keberlanjutan hasil TQM dan mengurangi ketergantungan pada ingatan individu.

Tinjauan manajemen perlu menilai kecukupan sumber daya, hambatan lintas fungsi, efektivitas tindakan, serta risiko yang belum terkendali. Keputusan rapat harus memuat penanggung jawab, tenggat, kebutuhan dukungan, dan metode verifikasi. Dengan cara ini, hasil inspeksi dan proyek perbaikan tidak berhenti sebagai laporan teknis. Informasi tersebut menjadi masukan bagi penetapan sasaran, pengendalian operasi, evaluasi kinerja, dan perbaikan sistem manajemen mutu.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini terbatas pada satu perusahaan dan penilaian TQM secara deskriptif berdasarkan laporan kerja praktik. Penilaian belum menggunakan instrumen kuantitatif yang tervalidasi. Laporan tidak memuat jumlah informan, transkrip wawancara, total produksi, frekuensi cacat menurut jenis, atau distribusi cacat per periode. Keterbatasan pendataan tersebut menghalangi penyusunan Pareto, perhitungan defect rate, dan pengujian kestabilan proses. Penurunan jumlah cacat sebesar 15,85 persen tidak membuktikan perbaikan proporsi cacat atau pengaruh TQM. Penyebab pada fishbone merupakan penyebab potensial yang masih memerlukan verifikasi. Penelitian juga belum menguji hasil penerapan rekomendasi.

Arah Penelitian Lanjutan

Penelitian lanjutan perlu menggunakan data per lot yang mencakup jumlah produksi, jumlah diperiksa, unit cacat, jumlah cacat, jenis produk, mesin, operator, material, dan waktu proses. Data tersebut memungkinkan perhitungan defect rate,

defects per unit, serta pola variasi antarperiode. Periode pengamatan yang lebih panjang juga diperlukan untuk memisahkan perubahan sesaat dari perubahan proses yang dapat dipertahankan.

Tingkat penerapan TQM dapat diuji menggunakan instrumen kuantitatif yang tervalidasi dan melibatkan responden dari beberapa fungsi. Hasil survei perlu dibandingkan dengan data operasional agar persepsi karyawan tidak menjadi satu-satunya dasar penilaian. Pendekatan ini memungkinkan peneliti menilai unsur TQM yang paling kuat hubungannya dengan pengendalian cacat serta mengidentifikasi perbedaan penerapan antarbagian.

Desain sebelum dan sesudah dapat digunakan ketika perusahaan menjalankan intervensi yang terdefinisi, seperti Quality Control Circle, peta kendali, atau preventive maintenance. Penelitian perlu menetapkan waktu intervensi, indikator, kelompok produk, dan periode evaluasi sejak awal. Jika memungkinkan, lini atau produk pembanding digunakan untuk memperkuat analisis. Desain tersebut memberi dasar yang lebih baik untuk menilai perubahan proses daripada perbandingan dua angka tahunan.

KESIMPULAN DAN SARAN

PT Manufacturing Packaging telah menerapkan sebagian besar unsur TQM melalui fokus pelanggan, pengendalian kualitas berlapis, briefing, pelatihan, KPI, dan PDCA. Penerapan tersebut belum merata. Celah utama terdapat pada pendekatan ilmiah, dokumentasi perbaikan, mekanisme formal untuk ide karyawan, dan keterlibatan operator dalam analisis akar masalah.

Jumlah produk cacat berkurang 130 unit, dari 820unit pada 2024 menjadi 690unit pada 2025, atau turun 15,85 persen terhadap jumlah tahun 2024. Perubahan tersebut hanya berlaku pada jumlah unit cacat. Tanpa total produksi dan rincian frekuensi per jenis, penelitian tidak dapat menyimpulkan perubahan defect rate, menentukan jenis cacat dominan melalui Pareto, atau menguji pengaruh TQM. Fishbone 6M merangkum penyebab potensial yang masih memerlukan verifikasi. Kelengkapan data menjadi kebutuhan awal untuk memperkuat evaluasi mutu.

Perusahaan disarankan memulai penguatan TQM melalui standardisasi data cacat, Pareto dan peta kendali rutin, pembentukan Quality Control Circle, penguatan preventive maintenance dan incoming inspection, serta dokumentasi PDCA yang memuat pemilik tindakan dan verifikasi efektivitas. Langkah tersebut akan membuat pengendalian mutu lebih berbasis bukti dan memungkinkan perusahaan menghitung defect rate secara tepat pada periode berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] I. O. for Standardization, “ISO 9001:2015, Quality management systems: Requirements,” Sep. 2015, *International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland*. [Online]. Available: https://www.iso.org/standard/62085.html

[2] I. O. for Standardization, “ISO 9004:2018, Quality management: Quality of an organization: Guidance to achieve sustained success,” Apr. 2018, *International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland*. [Online]. Available: https://www.iso.org/standard/70397.html

[3] I. O. for Standardization, “ISO 10014:2021, Quality management systems: Managing an organization for quality results: Guidance for realizing financial and economic benefits,” Apr. 2021, *International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland*. [Online]. Available: https://www.iso.org/standard/75233.html

[4] M. N. Nasution, *Manajemen Mutu Terpadu (Total Quality Management)*, 3rd ed. Bogor, Indonesia: Ghalia Indonesia, 2015. [Online]. Available: https://digilib.ulm.ac.id/index.php?id=11617412&p=show_detail

[5] A. Nurdiansah, E. R. Cahyadi, and A. S. Slamet, “Peran Total Quality Management terhadap cacat produk: Studi kasus pada klaster IKM fabrikasi logam di Kabupaten Bogor,” *Manaj. IKM J. Manaj. Pengemb. Ind. Kecil Menengah*, vol. 17, no. 1, pp. 24–32, 2023, doi: 10.29244/mikm.17.1.24-32.

[6] S. Sahoo and S. Yadav, “Influences of TPM and TQM practices on performance of engineering product and component manufacturers,” *Procedia Manuf.*, vol. 43, pp. 728–735, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.111.

[7] Y. Lastiawan and R. Aprilyanti, “Analisis penerapan Total Quality Management (TQM), sistem pengukuran kinerja, dan biaya kualitas terhadap efisiensi biaya di bagian produksi melamin pada PT Presindo Central,” *ECo-Fin*, vol. 3, no. 3, pp. 333–349, 2021, doi: 10.32877/ef.v3i3.415.

[8] I. O. for Standardization, "ISO 7870-2:2023, Control charts: Part 2: Shewhart control charts," Mar. 2023, *International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland*. [Online]. Available: https://www.iso.org/standard/78859.html

[9] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, 8th ed. Hoboken, NJ, United States: Wiley, 2019. [Online]. Available: https://www.wiley.com/en-us/Introduction+to+Statistical+Quality+Control%2C+8th+Edition-p-9781119399308

[10] A. Soltanmohammadi, D. Andalib Ardakani, P. A. Dion, and B. D. Hettiarachchi, "Employing total quality practices in sustainable supply chain management," *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 28, pp. 953–968, 2021, doi: 10.1016/j.spc.2021.07.013.

[11] J. Abbas, "Impact of total quality management on corporate sustainability through the mediating effect of knowledge management," *J. Clean. Prod.*, vol. 244, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118806.

[12] A. S. Hassan and A. A. M. Jaaron, "Total quality management for enhancing organizational performance: The mediating role of green manufacturing practices," *J. Clean. Prod.*, vol. 308, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127366.

[13] E. Verna, G. Genta, M. Galetto, and F. Franceschini, "Defects-per-unit control chart for assembled products based on defect prediction models," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 119, pp. 2835–2846, 2022, doi: 10.1007/s00170-021-08157-1.

[14] E. Verna, G. Genta, M. Galetto, and F. Franceschini, "Defect prediction for assembled products: A novel model based on the structural complexity paradigm," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 120, pp. 3405–3426, 2022, doi: 10.1007/s00170-022-08942-6.

[15] A. Khatammi and A. R. Wasiur, "Analisis kecacatan produk pada hasil pengelasan dengan menggunakan metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis)," *J. Serambi Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 2922–2928, 2022, doi: 10.32672/jse.v7i2.3853.