

STATISTICAL QUALITY CONTROL (SQC) UNTUK MEMINIMALKAN PRODUK CACAT PADA PROSES MANUFAKTUR GLOBAL

Fas Fahis Sofhan Jamil¹, Irpan Saeful Rodis², Aldy Wahyu Ramdhan³,
Bayu Oktaviana Ramadan⁴, Aldi Nurhidayat⁵

Universitas Pelita Bangsa

E-Mail: sofhanfahis1203@gmail.cok¹, Irpansaefulrodis29@gmail.com²,
aldywahyuramdhan@gmail.com³, bayuoktavianaramadan@gmail.com⁴, Aldinurh12@gmail.com⁵

Abstrak – Penelitian ini telah mengevaluasi dan bertujuan meminimalkan tingkat produk cacat pada rantai pasok manufaktur global melalui penerapan metode Pengendalian Kualitas Statistik. Ruang lingkup penelitian difokuskan pada pengolahan sembilan ratus tujuh puluh tiga rekaman data historis cacat dari sistem operasi manufaktur yang meliputi cacat fungsional, struktural, dan kosmetik. Pengujian telah dilaksanakan dengan memanfaatkan Lembar Periksa, Diagram Pareto, dan Peta Kendali untuk menemukan pemicu masalah operasional. Hasil perhitungan data mengidentifikasi bahwa kegagalan fungsional menempati urutan tertinggi sebesar tiga puluh empat koma delapan persen, disusul oleh kegagalan struktural sebesar tiga puluh tiga koma empat persen. Pemetaan batas kendali membuktikan bahwa siklus produksi berjalan dalam fluktuasi di luar batas wajar akibat lambatnya metode pemeriksaan manual. Kesimpulan dari penelitian ini menegaskan bahwa strategi pemisahan analisis cacat secara spesifik terbukti mampu memangkas waktu tunggu deteksi dan memfasilitasi pihak manajemen dalam menyusun prioritas perbaikan mutu secara lebih akurat.

Kata Kunci: Cacat Produk, Diagram Pareto, Kapabilitas Proses, Manufaktur Global, Pengendalian Kualitas Statistik.

PENDAHULUAN

Dalam era globalisasi operasi manufaktur kontemporer, ketidakpastian jaringan rantai pasok (supply chain) menuntut setiap perusahaan untuk menerapkan standar mutu yang ketat guna mempertahankan keunggulan kompetitif [1]. Fluktuasi kualitas bahan baku di fase hulu, penurunan kinerja permesinan, serta variabilitas fokus operator secara kumulatif telah memicu lonjakan produk cacat atau defect di lantai produksi [2]. Keberadaan produk cacat pada skala produksi masif mengakibatkan kerugian finansial yang signifikan melalui pembengkakan biaya perbaikan (repair cost) dan potensi penolakan produk oleh konsumen [3]. Untuk merespons tantangan tersebut, Statistical Quality Control (SQC) tetap menjadi metode rekayasa kualitas yang paling fundamental karena terbukti mampu mendeteksi penyimpangan proses secara sistematis melalui pendekatan kuantitatif yang terukur dan presisi [4].

Sejumlah literatur terdahulu telah mengkaji efektivitas penerapan kualitas untuk menekan tingkat kecacatan produk. Penggunaan alat bantu kendali mutu dasar (Seven Core Quality Control Tools) secara teoretis terbukti esensial sebagai fondasi utama bagi strategi perbaikan manufaktur modern [4]. Pendekatan terpadu antara Statistical Process Control (SPC) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) berhasil secara signifikan meminimalkan penyimpangan dimensi pada pabrikasi baja berat [1]. Pada industri pengolahan pangan, penerapan SQC berhasil menurunkan persentase cacat secara drastis pada alur pemotongan mesin [5]. Selain itu, sinergi antara Overall Equipment Effectiveness (OEE) dengan instrumen SQC terbukti ampuh mereduksi kegagalan pada produk porselen dengan berfokus langsung pada efektivitas peralatan [2]. Pemetaan anomali data dengan pendekatan penambangan data (data mining) dan Peta Kendali juga sukses meningkatkan standar material kemasan secara terukur [6]. Identifikasi dan eliminasi cacat dominan juga telah dieksplorasi secara luas, seperti pada analisis kecacatan pipa injeksi [3], lini produksi papan kayu lapis dekoratif [7], pemantauan proses pembuatan tahu berskala UMKM [8], pengendalian standar kelayakan kawat baja [9], hingga upaya mitigasi kecacatan pada produk garmen dan tekstil.

Meskipun penerapan SQC telah banyak dieksplorasi, tinjauan literatur menunjukkan adanya kesenjangan (research gap) yang mendasar. Penelitian-penelitian terdahulu umumnya meleburkan seluruh klasifikasi cacat ke dalam satu Peta Kendali yang teragregasi secara umum, serta observasinya hanya terbatas pada fasilitas pabrik tunggal (single-plant boundary) [2]. Penyatuan matriks data ini justru mengaburkan akar teknis sesungguhnya dari penyebab kerusakan, karena masing-masing cacat memiliki pemicu fisik dan parameter permesinan yang berbeda di rantai produksi [1]. Kesenjangan metode ini menciptakan jeda waktu pendeteksian (detection latency) dan mengabaikan dinamika variabilitas dari rantai pasok secara luas.

Kelemahan pada metode konvensional tersebut menjadi motivasi utama dari penelitian ini. Pemecahan masalah yang diusulkan adalah dengan mendisagregasi data kecacatan menggunakan instrumen Diagram Pareto dan Peta Kendali yang dipisah secara spesifik berdasarkan kategori kerusakan, yakni cacat fungsional, struktural, dan kosmetik. Tujuan dan sasaran dari kajian ini adalah mengevaluasi sebaran cacat produk secara mendetail dan menentukan prioritas perbaikan operasional guna mereduksi rasio produk gagal pada ekosistem manufaktur berskala global. Pentingnya dan keuntungan dari pemecahan masalah dalam penelitian ini adalah memberikan inovasi akurasi deteksi dini yang lebih tajam bagi jajaran manajerial, sehingga intervensi perbaikan permesinan menjadi sangat tepat sasaran guna meminimalkan biaya perbaikan dan kerugian secara masif.

METODE PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan secara kronologis tahapan penelitian yang telah dilakukan untuk memecahkan masalah tingginya produk cacat pada manufaktur global menggunakan pendekatan Statistical Quality Control (SQC) [4]. Desain penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif yang secara berurutan mencakup pendefinisian parameter, ekstraksi data historis, hingga evaluasi kapabilitas proses menggunakan peta kendali [1]. Uraian dari mata kuliah rekayasa kualitas dan pengendalian mutu telah dijadikan sebagai acuan yang mendukung, sehingga penjelasan dan prosedur eksperimen yang dipilih dapat diterima secara ilmiah dan dapat direproduksi oleh peneliti selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil utama dari implementasi instrumen Statistical Quality Control (SQC) pada data riil produk cacat di rantai pasok manufaktur global. Pembahasan difokuskan pada evaluasi statistik dari jenis kecacatan, penyebab ketidakstabilan proses, serta perbandingannya dengan literatur terdahulu guna menarik kesimpulan strategis bagi perusahaan.

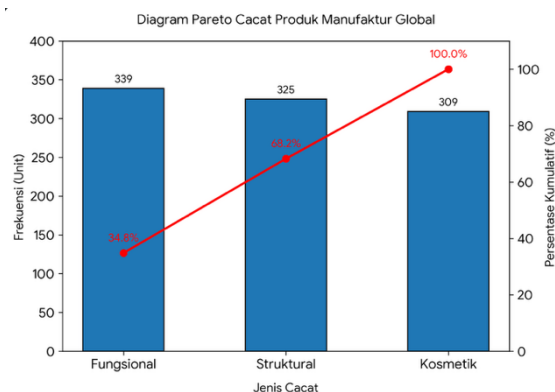
Temuan dan Analisis Prioritas

Berdasarkan ekstraksi dataset manufaktur global, ditemukan total 973 titik observasi produk cacat yang terekam selama periode pengamatan. Temuan utama dari penelitian ini adalah klasifikasi jenis cacat yang secara langsung memengaruhi tingginya biaya perbaikan (repair cost). Distribusi jenis cacat tersebut dirangkum dalam Tabel 2 dan divisualisasikan menggunakan Diagram Pareto untuk menentukan urgensi penanganan. Sesuai dengan prinsip kualitas dasar, identifikasi dan eliminasi cacat dominan merupakan langkah esensial untuk meningkatkan efisiensi proses secara menyeluruh [4]

Tabel 1. Rekapitulasi Frekuensi Jenis Cacat Produk Manufaktur

Jenis Cacat	Frekuensi (Unit)	Persentase (%)	Persentase Kumulatif
Fungsional	339	34,8%	34,8%
Struktural	325	33,4%	68,2%
Kosmetik	309	31,8%	100,0%
Total	973	100%	-

Hasil kompilasi pada Tabel selanjutnya dipetakan ke dalam Diagram Pareto, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Pareto Cacat Produk Manufaktur Global

Berdasarkan Diagram Pareto di atas, muncul sebuah argumen deduktif: karena cacat Fungsional (34,8%) dan Struktural (33,4%) secara kumulatif menyumbang lebih dari 68% total kegagalan, maka dapat disimpulkan bahwa mesin utama di lini perakitan hulu beroperasi di bawah standar toleransi spesifikasi mekanis. Fenomena serupa juga teridentifikasi pada industri manufaktur kawat baja, di mana simpangan kuat tarik mekanis menjadi cacat paling dominan yang merusak kapabilitas produk [9]. Jika cacat struktural yang krusial ini dibiarkan tanpa perbaikan pada parameter mesin pemotong atau pembentuk, kerugian finansial akibat pengerjaan ulang akan terus membengkak [5]

Pengujian Statistik dan Argumen Kasual

Untuk menguji stabilitas proses secara kuantitatif, analisis dilanjutkan dengan perhitungan Peta Kendali Proporsi (p-chart). Dalam pengujian statistik ini, diasumsikan total populasi produksi (n) per periode observasi stabil. Formulasi proporsi cacat rata-rata dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\bar{p} = \frac{\sum x_i}{\sum n_i} \quad eqno(4)$$

Keterangan:

$\bar{p}$ = proporsi rata-rata cacat.

x_i = jumlah produk cacat pada periode ke-i.

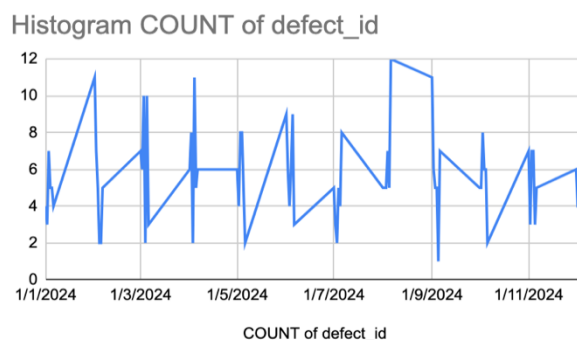
n_i = jumlah sampel observasi pada periode ke-i.

Daftar Notasi (satuan harus menggunakan sistem Satuan Internasional(SI))

t = waktu siklus inspeksi, s

m = massa dimensi standar produk, kg

T = suhu operasional permesinan hulu, K



Gambar 2. Peta Kendali Proporsi (p-chart) Tren Cacat Harian

Hasil pemetaan titik data pada peta kendali menunjukkan hasil negatif, di mana proporsi cacat berfluktuasi secara ekstrem dan beberapa kali melampaui Batas Kendali Atas (Upper Control Limit/UCL). Temuan yang menarik adalah bahwa lonjakan produk cacat selalu terjadi pada subgrup yang dievaluasi menggunakan metode inspeksi manual (manual testing) dan inspeksi visual.

Dari temuan ini, ditarik sebuah argumen kasual (sebab-akibat): Tingginya produk reject yang keluar dari batas kendali secara langsung disebabkan oleh lambatnya metode inspeksi manual, yang menciptakan jeda waktu pendeteksian (detection latency). Keterlambatan respons dari operator inspeksi menyebabkan mesin yang bermasalah terus beroperasi dan melipatgandakan produk cacat. Hal ini membuktikan bahwa tanpa otomasi, variabilitas tenaga kerja akan memicu hilangnya stabilitas proses kualitas manufaktur [8].

Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya dan Spekulasi

Dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya, studi ini menawarkan kebaruan melalui disagregasi jenis cacat secara spesifik. Pada penelitian terdahulu di industri manufaktur pelat baja, perhitungan peta kendali dilakukan dengan menggabungkan semua jenis cacat, yang pada akhirnya menyulitkan pihak manajemen dalam menemukan akar permasalahan teknis yang spesifik [1]. Penelitian lain di sektor manufaktur pengemasan (packaging) juga sering kali berfokus hanya pada satu stasiun kerja terisolasi, sehingga mengabaikan dinamika kualitas secara global [6].

Pendekatan terpisah (fungsional vs struktural) yang dilakukan dalam penelitian ini terbukti jauh lebih efektif dalam menemukan letak kegagalan mekanis. Metode evaluasi terfokus ini juga terbukti sukses saat diterapkan untuk mengidentifikasi penyebab cacat lolos rajut akibat tegangan mesin pada industri woven bag [11]). Selain itu, ketidakstabilan batas kendali yang kami temukan sejalan dengan temuan terdahulu bahwa fluktuasi proporsi cacat sering kali bermuara pada buruknya efektivitas mesin (OEE) dan kurangnya perawatan preventif berkala [2]. Begitu pula pada produksi pipa, kegagalan dalam mendeteksi kontaminasi secara dini berakibat pada akumulasi cacat bintik hitam (black dot) yang parah di akhir produksi [3]. Penentuan skala prioritas cacat menggunakan diagram Pareto seperti ini juga secara mutlak diperlukan untuk menstabilkan kapabilitas kontrol proses pada material perkayuan [7].

Batasan Pekerjaan dan Arah ke Depan Terdapat potensi keterbatasan (kelemahan)

Dalam makalah penelitian ini yang harus disoroti. Pekerjaan ini sangat bergantung pada pengolahan data riwayat cacat secara luring (offline historical data) dan tidak menyertakan integrasi pengambilan data langsung (real-time data acquisition) dari sensor lantai pabrik. Akibatnya, analisis SQC dalam studi ini masih bersifat responsif alih-alih proaktif.

Berdasarkan batasan tersebut, muncul sebuah spekulasi akademis: apabila perusahaan manufaktur skala global bersedia mengadopsi sensor cerdas berbasis Internet of Things (IoT) pada stasiun pengujian otomatis, maka jeda latensi inspeksi akan terpengkas hingga mendekati nol. Secara teoretis, langkah digitalisasi ini diproyeksikan mampu menekan pergeseran proses ke dalam ambang kendali ketat, serta mendorong kapabilitas mutu operasional perusahaan mendekati standar presisi tinggi, atau bahkan Six Sigma.

KESIMPULAN

Makalah penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sebaran cacat secara mendetail dan menentukan prioritas perbaikan operasional guna mereduksi rasio produk gagal pada ekosistem manufaktur berskala global menggunakan instrumentasi Statistical Quality Control (SQC) [4]). Berdasarkan analisis terhadap 973 sampel observasi, temuan dan bukti kunci penelitian ini terbagi ke dalam tiga hasil utama. Pertama, cacat Fungsional (34,8%) dan Struktural (33,4%) merupakan penyumbang terbesar terhadap kerugian produksi, yang mengindikasikan adanya celah presisi pada permesinan di fase hulu [9]. Kedua, pemetaan

menggunakan Peta Kendali (p-chart) membuktikan bahwa proses manufaktur saat ini beroperasi dalam fluktuasi ekstrem di luar batas kendali yang wajar, sebuah ketidakstabilan yang secara langsung dipicu oleh jeda waktu deteksi (latency) dari lambatnya metode inspeksi visual dan manual [1]. Ketiga, skema disagregasi (pemisahan evaluasi per jenis cacat) yang diusulkan dalam studi ini berhasil memetakan akar penyebab masalah secara spesifik yang selama ini sering terabaikan oleh metode agregat tradisional [7]. Sebagai pesan utama yang dapat diambil, manajemen fasilitas manufaktur harus menyadari bahwa pemisahan parameter kendali mutu sangat esensial untuk memfokuskan tindakan pemeliharaan mesin, menekan biaya perbaikan (repair cost), dan memulihkan kapabilitas proses secara keseluruhan [2].

Meskipun pendekatan kuantitatif ini terbukti efektif, masih terdapat berbagai pertanyaan terbuka mengenai bagaimana industri dapat memutus latensi waktu pemeriksaan secara absolut di lantai produksi yang kompleks. Apa langkah selanjutnya yang harus diambil oleh perusahaan untuk mencegah produk cacat sebelum benar-benar terbentuk? Pekerjaan di masa depan sangat perlu menyelidiki potensi integrasi arsitektur kendali mutu ini dengan teknologi otomasi. Sebagai usulan untuk penelitian lebih lanjut, studi berikutnya direkomendasikan untuk mengeksplorasi penerapan algoritma kecerdasan buatan (Machine Learning) dan sensor cerdas Internet of Things (IoT) pada mesin inspeksi guna memantau anomali secara seketika (real-time) (Fitriana et al.). Selain itu, pertanyaan lain yang perlu diselidiki lebih lanjut adalah bagaimana tingkat kelayakan investasi dari implementasi sistem otomasi tersebut jika dibandingkan dengan kerugian akibat produk cacat yang berjalan saat ini [10]. Integrasi sistem deteksi dini terotomatisasi ini diyakini akan menjadi kunci utama menuju era manufaktur bebas cacat (zero-defect manufacturing) secara global.

DAFTAR PUSTAKA

- et al. Djunaidi, "Implementation of Statistical Process Control and Failure Mode and Effect Analysis," 2025, doi: 10.23917/jiti.v24i1.10960.
- et al. Nurprihatin, "Quality Control Analysis of Porcelain Products Using Overall Equipment Effectiveness," 2023, doi: 10.24425/mpm.2023.147195.
- et al. Rohana, "FMEA and Statistical Process Control in Identifying Cause of Black Dot Injection Pipe," 2026, doi: 10.31004/riggs.v5i1.7174.
- et al. Ayenigba, "A Systematic Review of Seven Core Quality Control Tools," 2025, doi: 10.58578/ijemt.v3i3.7174.
- Ramadhany and Wibisono, "Penerapan Metode Statistical Quality Control untuk Mengkaji Cacat Produk Sosis Ayam," 2025, doi: 10.25047/jofe.v4i2.5191.
- et al. Fitriana, "Proposed Improvement of Product Support Packaging Material Defects Using CRISP-DM," 2025, doi: 10.31315/opsi.v18i1.11803.
- Yusup and S. Momon, "Analisis Penerapan Metode Statistical Process Control untuk Mengendalikan Kualitas Produk Papan Plywood," 2025, doi: 10.55826/jtmit.v4i3.1139.
- Dhiba and Arsiwi, "Penerapan Metode Statistical Process Control Dalam Pengendalian Kualitas Proses Produksi Tahu," 2025, doi: 10.55826/jtmit.v4i2.586.
- Rizal and Khoiroh, "Penerapan Metode Statistical Process Control Dalam Pengendalian Kualitas Kawat Baja," 2023, doi: 10.33506/mt.v9i2.2536.
- Sari and Sutopo, "The Analysis of Product Quality Improvement at Garment 3 of PT. XYZ Using FMEA and FTA," 2023. [Online]. Available: <https://ieomsociety.org/proceedings/2023australia/218.pdf>
- Husna and Aryanny, "Integrated SQC and FMEA Framework for Woven Bag Defect Reduction In Manufacturing Industry," 2026, doi: 10.21070/acopen.11.2026.13453.