



Pengendalian Kualitas Produksi Mesin Penetas Telur Menggunakan Metode SQC dan FMEA

Ahmad Raihan^{1,*}, Silviana¹, Andy Hardianto¹, Arie Restu Wardhani¹

¹ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Widya Gama Malang, Jalan Taman Borobudur Indah No. 1, Malang 65142, Indonesia

Kata kunci

pengendalian kualitas
Statistical Quality Control
Failure Mode and Effect Analysis
mesin penetas telur
diagram fishbone

ABSTRAK

CV. Mitra Jaya Company memproduksi mesin penetas telur otomatis dan menghadapi tingkat kecacatan produksi yang tinggi, yaitu 275 kejadian cacat dari total produksi 2.175 unit selama Oktober 2025–Maret 2026. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis cacat dan faktor penyebabnya dengan mengintegrasikan metode *Statistical Quality Control* (SQC) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil analisis peta kendali p menunjukkan bahwa proses terkendali secara statistik dengan proporsi cacat rata-rata 12,6%. Namun, indeks kapabilitas proses satu sisi (C_{pu}) sebesar $-0,46$ menunjukkan bahwa proses belum mampu memenuhi ambang toleransi cacat sebesar 5% yang ditetapkan perusahaan. Berdasarkan diagram Pareto, tiga jenis cacat utama adalah relay time blue, dinamo, dan modul STC, yang secara kumulatif menyumbang 64,36% dari keseluruhan cacat. Analisis diagram fishbone menunjukkan bahwa ketidakkonsistenan kualitas bahan baku dan belum tersedianya prosedur inspeksi barang masuk merupakan faktor penyebab utama yang teridentifikasi. Hasil FMEA menunjukkan bahwa seluruh mode kegagalan memiliki nilai RPN di atas 200, dengan adaptor dan dinamo sebagai prioritas tertinggi ($RPN = 504$). Rekomendasi perbaikan disusun dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya perusahaan skala kecil dan menengah, antara lain pengadaan alat ukur sederhana, penyusunan prosedur inspeksi barang masuk, dan penerapan pengujian *burn-in*.

* Corresponding author:
Ahmad Raihan (email: raihanahmad1303@gmail.com)

Diterima: 3 Agustus 2026

Disetujui: 6 September 2026

Dipublikasikan: 12 September 2026

1 Pendahuluan

Data longitudinal BPS/Ditjen PKH menunjukkan bahwa jumlah unit usaha serta produksi ayam kampung dan itik meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Perkembangan ini meningkatkan kebutuhan akan mesin penetas. Meskipun demikian, kualitas teknis mesin yang beredar masih menghadapi kendala pada daya tahan dan efisiensi energi. Oleh karena itu, penelitian mengenai spesifikasi kualitas mesin penetas diperlukan untuk mendukung keberlanjutan produksi bibit unggas nasional. Pertumbuhan tersebut sangat ditentukan oleh ketersediaan teknologi penetasan buatan yang andal karena mesin penetas telur berfungsi menggantikan peran biologis induk unggas dalam proses pengeraman alami. Konsistensi parameter operasional mesin menjadi aspek yang tidak dapat diabaikan. Selama 21 hari inkubasi, suhu ideal untuk telur ayam kampung adalah $37\text{--}39\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan kelembapan relatif (RH) $55\text{--}60\%$; pada fase menjelang penetasan, kelembapan dapat meningkat hingga $70\text{--}75\%$. Untuk telur itik, inkubasi berlangsung selama ± 28 hari dengan suhu ideal sekitar $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ (rentang $38\text{--}39\text{ }^{\circ}\text{C}$) dan kelembapan relatif (RH) $60\text{--}70\%$. Apabila kedua parameter tersebut menyimpang akibat kegagalan fungsi komponen mesin, tingkat keberhasilan penetasan (*hatchability*) berpotensi menurun secara signifikan dan pada akhirnya menimbulkan kerugian ekonomi bagi peternak.

CV. Mitra Jaya Company merupakan perusahaan manufaktur skala kecil dan menengah yang berfokus pada produksi mesin penetas telur otomatis untuk peternak ayam kampung dan itik. Data historis CV. Mitra Jaya Company selama Oktober 2025–Maret 2026 menunjukkan 275 kejadian cacat dari total produksi 2.175 unit,

dengan rincian bulanan masing-masing 55, 35, 38, 52, 42, dan 53 kejadian. Referensi [1] digunakan sebagai kerangka konseptual pengendalian kualitas, bukan sebagai sumber data; angka-angka tersebut merupakan data primer perusahaan. Sistem pengendalian kualitas yang selama ini diterapkan hanya mengandalkan inspeksi visual pada akhir proses. Sistem tersebut belum cukup efektif untuk mengungkap akar masalah dan mencegah kegagalan yang berulang [2]. Permasalahan kualitas ini menimbulkan pemborosan biaya akibat *rework* atau penggantian komponen serta secara bertahap menurunkan kepercayaan pelanggan terhadap daya tahan produk.

Untuk memantau stabilitas proses dan memprioritaskan jenis cacat berdasarkan frekuensi, penelitian ini menggunakan pendekatan terintegrasi yang diawali dengan *Statistical Quality Control* (SQC), meliputi lembar periksa, peta kendali p, dan diagram Pareto. Selanjutnya, faktor-faktor yang diduga berkontribusi terhadap cacat prioritas diidentifikasi melalui diagram fishbone. Tingkat risiko kemudian dinilai menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan parameter *Severity*, *Occurrence*, *Detection*, dan *Risk Priority Number* (RPN). Kerangka tersebut membentuk alur logis yang mencakup identifikasi variasi kualitas, penilaian stabilitas statistik, penentuan prioritas cacat, identifikasi dugaan faktor penyebab, penilaian risiko, dan penyusunan rekomendasi perbaikan [5], [6]. Berbagai penelitian pada industri tahu [7], kertas rokok [8], furnitur [9], hingga paving block [10] menunjukkan bahwa kombinasi kedua pendekatan tersebut dapat memberikan gambaran akar masalah yang lebih menyeluruh daripada inspeksi visual. Namun, klaim penurunan tingkat kecacatan hanya dapat diterima apabila studi yang dirujuk secara eksplisit mengukur tingkat kecacatan setelah intervensi perbaikan.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggabungan SQC dan FMEA efektif untuk mengidentifikasi jenis cacat dominan sekaligus menyusun prioritas perbaikan berbasis risiko pada berbagai produk manufaktur [11], [12]. Namun, penelitian mengenai pengendalian kualitas komponen elektromekanis umumnya masih bersifat parsial. Penggunaan SQC, seperti peta kendali p dan diagram Pareto, dapat menilai stabilitas proses tanpa memprioritaskan risiko kegagalan komponen, sedangkan FMEA kerap digunakan tanpa keterkaitan yang jelas dengan data kecacatan sebelumnya. Selain itu, penerapan FMEA di lingkungan usaha kecil dan menengah menghadapi keterbatasan data numerik yang dapat menyebabkan penilaian risiko menjadi subjektif. Dalam industri mesin penetas telur skala kecil dan menengah dengan komponen penting, seperti dinamo, modul kontrol, relay, dan adaptor, penelitian ini menawarkan kerangka integratif SQC–FMEA yang menghubungkan stabilitas proses secara statistik dengan prioritas risiko berdasarkan bukti empiris dan penilaian pakar yang terstruktur. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk (1) mengidentifikasi jenis dan tingkat cacat pada komponen mesin penetas telur di CV. Mitra Jaya Company, (2) mengidentifikasi dan memprioritaskan faktor-faktor yang diduga berkontribusi terhadap cacat produksi, (3) menilai tingkat risiko kegagalan menggunakan FMEA, serta (4) menyusun rekomendasi perbaikan untuk menekan cacat dan meningkatkan kualitas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi perusahaan dalam merancang sistem pengendalian kualitas yang lebih terstruktur sekaligus memperkaya khazanah penerapan SQC dan FMEA pada industri manufaktur skala kecil dan menengah.

2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di CV. Mitra Jaya Company, sebuah perusahaan manufaktur skala kecil dan menengah yang memproduksi mesin penetas telur otomatis. Pengambilan data produksi dilakukan selama enam bulan, yaitu Oktober 2025–Maret 2026. Penelitian ini merupakan studi kasus terapan yang mengintegrasikan data kuantitatif dan penilaian kualitatif berbasis pakar (*expert judgement*), sehingga tidak semata-mata diklasifikasikan sebagai penelitian kuantitatif deskriptif murni. Analisis kuantitatif digunakan karena proses analisis didukung oleh data numerik terukur, seperti jumlah produksi, jumlah dan persentase cacat, serta nilai RPN, yang selanjutnya diolah menggunakan metode statistik dan matematis dalam kerangka SQC dan FMEA.

Parameter kualitas produksi mesin penetas telur yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi jumlah unit yang diperiksa (n), jumlah unit tidak sesuai (x), proporsi unit tidak sesuai, serta frekuensi dan jenis mode kegagalan yang teridentifikasi. Mode kegagalan tersebut mencakup dinamo tidak berfungsi, modul STC dan XH mengalami gangguan, relay time blue melakukan reset sendiri, serta adaptor menghasilkan tegangan yang tidak stabil. Diagram fishbone dengan pendekatan 5M digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang diduga berkontribusi terhadap kecacatan. Faktor-faktor tersebut kemudian dinilai menggunakan parameter FMEA, yaitu

Severity, *Occurrence*, dan *Detection*, pada skala ordinal 1–10. Nilai RPN diperoleh dari hasil perkalian ketiga parameter tersebut, tetapi diperlakukan sebagai indeks prioritas untuk pemeringkatan risiko, bukan sebagai data berskala rasio, karena operasi matematis pada skala ordinal sumbernya terbatas.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga pendekatan yang saling melengkapi. Pertama, data sekunder berupa arsip laporan produksi harian dan bulanan diperoleh dari bagian Production Planning and Inventory Control (PPIC) dan Quality Control (QC) perusahaan. Data tersebut mencakup total unit yang diproduksi dan jumlah unit yang mengalami kecacatan pada setiap periode. Kedua, observasi langsung dilaksanakan selama empat hari kerja operasional di lantai produksi untuk memverifikasi kesesuaian antara prosedur operasional standar (SOP) dan praktik aktual di lapangan. Observasi meliputi stasiun penerimaan komponen, perakitan dinamo dan relay, perakitan modul STC/XH dan adaptor, serta lini perakitan akhir. Ketiga, diskusi pakar (*expert judgement*) melibatkan empat responden internal, yaitu dua teknisi senior, satu supervisor QC, dan satu staf gudang, yang masing-masing memiliki pengalaman lebih dari enam tahun. Responden dipilih secara purposif untuk mewakili fungsi produksi, pengendalian mutu, dan penanganan material. Jumlah empat pakar dinilai memadai berdasarkan praktik umum FMEA yang melibatkan 3–5 pakar. Meskipun demikian, triangulasi dengan pakar eksternal di bidang desain atau elektronika mesin penetas tetap disarankan untuk mengurangi bias internal. Diskusi tersebut terutama digunakan untuk memperoleh penilaian *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* yang diperlukan dalam analisis FMEA. Nilai akhir merupakan konsensus keempat responden yang ditetapkan melalui diskusi terstruktur dengan mempertimbangkan skor awal dan rentang penilaian setiap pakar.

Wawancara dilakukan dengan teknisi, supervisor QC, dan staf gudang mengenai masalah prosedur, material, serta kendala teknis. Hasil wawancara dicatat secara deskriptif, direduksi, dan dikonfirmasi melalui observasi serta dokumen untuk menyusun faktor penyebab dalam diagram fishbone. Instrumen penelitian meliputi lembar FMEA, lembar periksa, dan dokumentasi sekunder. Analisis data selanjutnya dilakukan dalam dua tahap, yaitu SQC dan FMEA.

2.1 Analisis Statistical Quality Control (SQC)

Tahap pertama adalah merekapitulasi data ke dalam lembar periksa yang memuat periode pengamatan, jumlah produksi, dan jumlah cacat berdasarkan jenis komponen. Proporsi cacat pada setiap periode dihitung menggunakan persamaan (1):

$$p = x / n \quad (1)$$

dengan x adalah jumlah unit produk yang diklasifikasikan cacat (setiap unit hanya dihitung satu kali, bukan berdasarkan total temuan komponen cacat) dan n adalah jumlah sampel yang diamati selama periode tersebut.

Pada tahap kedua, stabilitas proses dievaluasi menggunakan peta kendali p yang disusun dari enam subkelompok bulanan. Karena jumlah subkelompok terbatas, estimasi batas kendali dan deteksi pola nonacak bersifat awal sehingga kesimpulan mengenai pengendalian statistik perlu disampaikan secara hati-hati. Peta kendali p dipilih karena data bersifat atribut (cacat/tidak cacat) dengan ukuran sampel yang bervariasi setiap bulan. Garis tengah (*Central Line/CL*) dihitung menggunakan persamaan (2):

$$CL = \bar{p} = \Sigma np / \Sigma n \quad (2)$$

dengan Σnp adalah total jumlah produk cacat selama seluruh periode dan Σn adalah total jumlah produksi selama seluruh periode. Batas kendali atas (*Upper Control Limit/UCL*) dan batas kendali bawah (*Lower Control Limit/LCL*) untuk setiap periode ke- i dihitung menggunakan persamaan (3) dan (4):

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{[\bar{p}(1-\bar{p})/ni]} \quad (3)$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{[\bar{p}(1-\bar{p})/ni]} \quad (4)$$

dengan ni adalah jumlah sampel pada periode ke-i. Apabila nilai LCL negatif, LCL ditetapkan sama dengan nol.

Kapabilitas proses untuk data atribut dinilai menggunakan pendekatan distribusi binomial, interval kepercayaan, dan tingkat sigma dengan membandingkan estimasi proporsi cacat aktual terhadap batas spesifikasi atas (*Upper Specification Limit/USL*) sebesar 5%. Pendekatan ini digunakan sebagai pengganti indeks Cpu konvensional yang umumnya diterapkan pada data kontinu, dengan $\bar{n}$ sebagai ukuran sampel rata-rata [6].

$$Cpu = (USL - \bar{p}) / (3\sigma\bar{p}) \quad (5)$$

Tahap ketiga adalah mengidentifikasi cacat dominan menggunakan diagram Pareto berdasarkan prinsip 80/20. Analisis dilakukan dengan mengurutkan frekuensi jenis cacat dari yang tertinggi hingga terendah, menghitung persentase kontribusi dan persentase kumulatif, kemudian menetapkan jenis cacat yang berkontribusi paling besar terhadap total kecacatan sebagai prioritas analisis lanjutan. Tahap keempat adalah menganalisis akar penyebab menggunakan diagram fishbone (Ishikawa), yang disusun melalui curah pendapat berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara dengan operator, supervisor, serta bagian produksi. Faktor penyebab kemudian dikelompokkan ke dalam lima kategori 5M.

2.2 Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Cacat dominan berdasarkan hasil analisis Pareto dan fishbone ditetapkan sebagai mode kegagalan yang dianalisis lebih lanjut. Nilai *Severity* (S) ditentukan melalui konsensus pakar berdasarkan skala 1–10 yang merepresentasikan tingkat keparahan dampak kegagalan terhadap kinerja mesin. Nilai *Occurrence* (O) ditentukan secara objektif berdasarkan data historis frekuensi setiap jenis cacat selama periode penelitian, kemudian dikonversi ke skala 1–10 berdasarkan rasio kejadian per seribu unit. Nilai *Detection* (D) ditentukan berdasarkan evaluasi kemampuan sistem inspeksi perusahaan untuk mendeteksi kegagalan sebelum produk sampai kepada konsumen, dengan skala terbalik: semakin sulit kegagalan dideteksi, semakin tinggi nilainya. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) selanjutnya dihitung dengan mengalikan ketiga parameter tersebut, sebagaimana ditunjukkan pada persamaan (6):

$$RPN = S \times O \times D \quad (6)$$

Mode kegagalan dengan nilai $RPN \geq 200$ dikategorikan sebagai prioritas utama berdasarkan kesepakatan tim pakar perusahaan. Nilai tersebut bukan merupakan ambang universal sehingga interpretasinya bersifat kontekstual. Berdasarkan hasil perhitungan RPN, rekomendasi tindakan korektif dan preventif disusun dengan mencantumkan penanggung jawab serta target waktu implementasi, dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya perusahaan skala kecil dan menengah.

3 Hasil dan Pembahasan

Pengkajian dokumen produksi bulanan dan catatan penolakan komponen di bagian PPIC dan QC CV. Mitra Jaya Company menghasilkan data yang telah diverifikasi silang dengan catatan manual pelaksana. Selama periode penelitian, tidak ditemukan data yang hilang. Rekapitulasi data produksi dan cacat komponen selama Oktober 2025–Maret 2026 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Data produksi dan cacat komponen selama Oktober 2025–Maret 2026

Bulan	Total produksi	Dinamo	STC	XH	Relay	Adaptor	Total cacat
Oktober	600	12	11	9	12	11	55
November	200	8	9	6	7	5	35
Desember	250	7	7	5	8	11	38
Januari	425	12	11	9	11	9	52
Februari	300	9	9	7	9	8	42
Maret	400	11	9	9	15	9	53

Total	2175	59	56	45	62	53	275
-------	------	----	----	----	----	----	-----

Sumber: Data PPIC dan QC CV. Mitra Jaya Company (diolah)

Total produksi selama enam bulan mencapai 2.175 unit, dengan 275 kejadian ketidaksesuaian spesifikasi pada lima jenis komponen atau 12,64% dari total produksi. Angka tersebut dihitung berdasarkan jumlah kejadian; proporsi unit cacat aktual perlu diverifikasi berdasarkan nomor seri unik. Kelima jenis komponen tersebut adalah dinamo, modul STC, modul XH, relay time blue, dan adaptor. Selain pengkajian data sekunder, observasi langsung selama empat hari kerja di lantai produksi menunjukkan bahwa perusahaan belum menerapkan prosedur inspeksi barang masuk. Perusahaan juga belum memiliki alat ukur torsi untuk menguji dinamo, alat uji siklus *on-off* untuk relay, maupun alat uji beban untuk adaptor. Selain itu, ritme kerja operator cenderung dipercepat menjelang pencapaian target produksi harian.

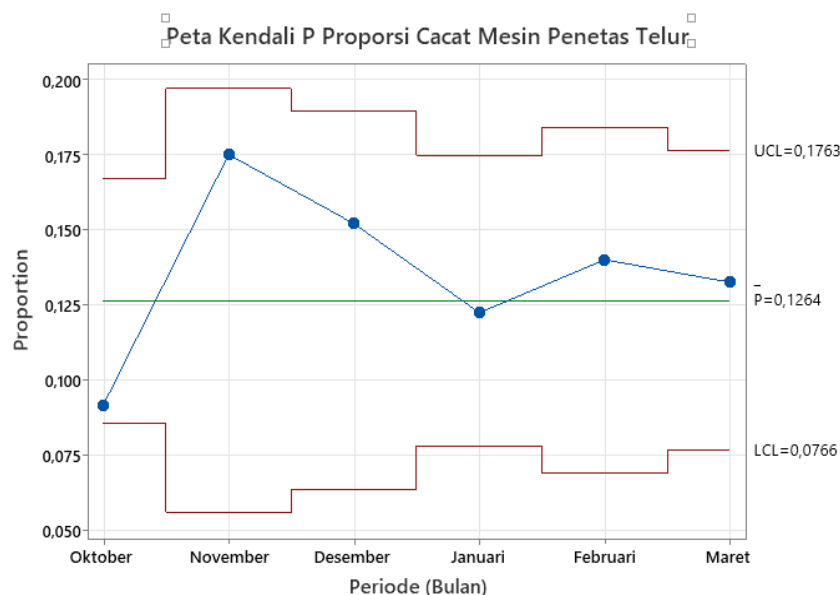
3.1 Evaluasi Stabilitas Proses dengan Peta Kendali p

Nilai rata-rata proporsi cacat keseluruhan (CL) dihitung menggunakan persamaan (2), yaitu $CL = 275/2.175 = 0,126$. Karena ukuran sampel bulanan tidak seragam, batas kendali UCL dan LCL dihitung secara individual untuk setiap bulan menggunakan persamaan (3) dan (4). Hasil perhitungan lengkap disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil perhitungan batas kendali peta p

Bulan	Proporsi cacat (p)	CL ($\bar{p}$)	$\sigma_{\bar{p}}$	UCL	LCL
Oktober 2025	0,092	0,126	0,014	0,167	0,086
November 2025	0,175	0,126	0,024	0,197	0,056
Desember 2025	0,152	0,126	0,021	0,189	0,063
Januari 2026	0,122	0,126	0,016	0,175	0,078
Februari 2026	0,140	0,126	0,019	0,184	0,069
Maret 2026	0,133	0,126	0,017	0,176	0,077

Sumber: Hasil pengolahan data (2026)



Gambar 1 Peta kendali p proporsi cacat mesin penetas telur

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 1, seluruh titik data proporsi cacat (p) pada enam periode pengamatan berada dalam rentang UCL dan LCL; tidak ada titik yang berada di luar batas kendali. Namun, karena jumlah subkelompok terbatas, kesimpulan mengenai stabilitas statistik proses masih bersifat awal dan tidak meniadakan kemungkinan adanya pola nonacak. Dengan demikian, hasil peta kendali p selama enam periode pengamatan belum menunjukkan bukti statistik yang memadai mengenai keberadaan penyebab khusus (*special cause*).

Variasi yang muncul lebih tepat diinterpretasikan sebagai akibat faktor umum (*common cause*) yang melekat pada sistem produksi. Meskipun proses terkendali secara statistik, nilai CL sebesar 0,126 atau 12,6% berada jauh di atas ambang toleransi cacat perusahaan sebesar 5%. Hal tersebut menunjukkan bahwa kapabilitas proses saat ini belum memadai untuk mencapai target kualitas produk. Proporsi kejadian ketidaksesuaian aktual sebesar 12,64% jauh melampaui batas spesifikasi perusahaan sebesar 5%. Temuan ini juga didukung oleh estimasi tingkat sigma dan interval kepercayaan binomial. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan mendasar pada bahan baku, metode perakitan, dan prosedur pengujian.

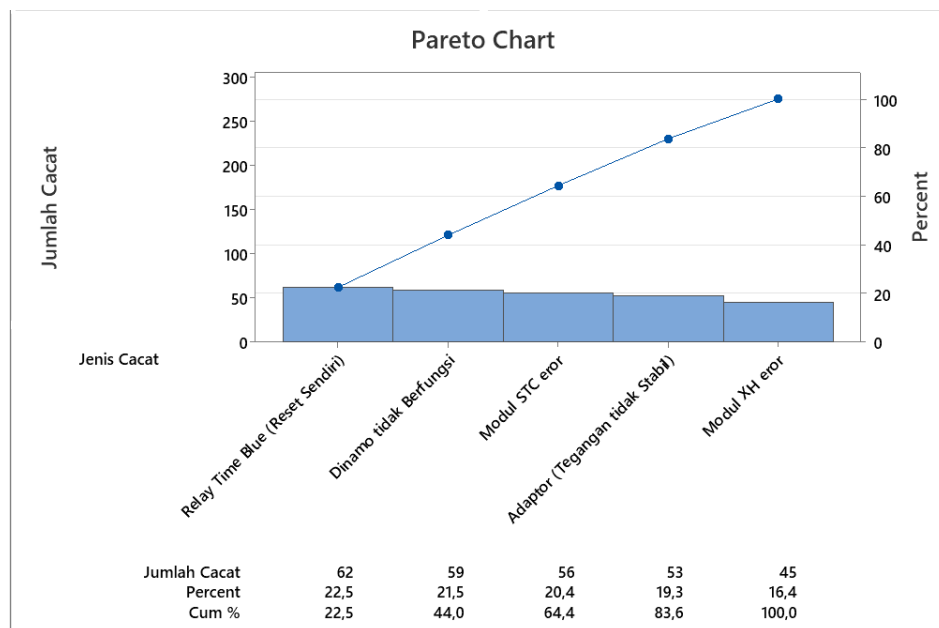
3.2 Identifikasi Cacat Dominan dengan Diagram Pareto

Analisis diagram Pareto dilakukan untuk menentukan jenis cacat yang memberikan kontribusi paling besar terhadap total kecacatan dengan mengacu pada prinsip 80/20. Hasil pengurutan frekuensi cacat berdasarkan jenis komponen beserta persentase kumulatifnya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Urutan frekuensi cacat berdasarkan jenis komponen

JENIS CACAT	FREKUENSI	PERSENTASE (%)	PERSENTASE KUMULATIF (%)
Relay time blue (melakukan reset sendiri)	62	22,55	22,55
Dinamo tidak berfungsi	59	21,45	44,00
Modul STC mengalami gangguan	56	20,36	64,36
Adaptor (tegangan tidak stabil)	53	19,27	83,63
Modul XH mengalami gangguan	45	16,36	100,00
Total	275	100,00	-

Sumber: Hasil pengolahan data (2026)



Gambar 2 Diagram Pareto jenis cacat mesin penetas telur

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 2, empat kategori cacat teratas, yaitu relay time blue, dinamo tidak berfungsi, modul STC mengalami gangguan, dan adaptor dengan tegangan tidak stabil, secara kumulatif menyumbang 83,63% dari keseluruhan cacat. Dengan demikian, sesuai dengan prinsip Pareto 80/20, keempat jenis cacat tersebut ditetapkan sebagai fokus utama program perbaikan kualitas. Penanganan terhadap keempat jenis cacat prioritas tersebut berpotensi menurunkan tingkat kecacatan. Namun, efektivitasnya perlu diverifikasi melalui implementasi dan pengukuran tingkat kecacatan setelah perbaikan.

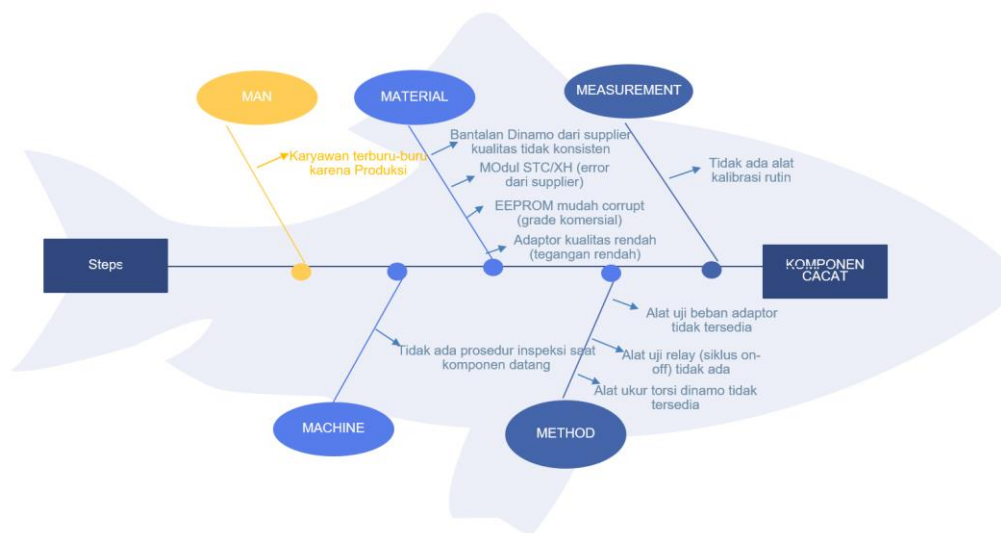
3.3 Analisis Akar Penyebab dengan Diagram Fishbone

Diagram fishbone digunakan untuk mengidentifikasi faktor penyebab cacat dominan yang telah ditetapkan berdasarkan hasil analisis Pareto. Faktor penyebab dikelompokkan ke dalam lima kategori pada pendekatan 5M. Rangkuman seluruh faktor penyebab yang teridentifikasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Akar penyebab cacat produksi berdasarkan pendekatan 5M

FAKTOR	PENYEBAB SPESIFIK	DAMPAK PADA PRODUK	FREKUENSI
Manusia	Karyawan terburu-buru karena target produksi	Pemasangan komponen longgar	SEDANG
Mesin	Alat ukur torsi dinamo tidak tersedia	Dinamo lemah lolos inspeksi	TINGGI
Mesin	Alat uji relay (siklus <i>on-off</i>) belum tersedia	Relay rusak baru diketahui setelah dipasang	TINGGI
Mesin	Alat uji beban adaptor tidak tersedia	Penurunan tegangan adaptor tidak terdeteksi	TINGGI
Material	Kualitas bantalan dinamo tidak konsisten	Dinamo cepat macet, suara kasar	TINGGI
Material	EEPROM relay kelas komersial mudah mengalami korupsi data	Relay melakukan reset sendiri dan data hilang	SANGAT TINGGI
Material	Modul STC/XH dari pemasok memiliki toleransi 10%	Suhu/kelembapan tidak stabil	TINGGI
Material	Adaptor berkualitas rendah dari pemasok	Tegangan menurun, mesin mati	TINGGI
Metode	Belum tersedia prosedur inspeksi barang masuk	Komponen cacat langsung dipasang	SANGAT TINGGI
Pengukuran	Belum dilakukan kalibrasi alat ukur secara rutin	Akurasi pengukuran tidak terjamin	SEDANG

Sumber: Hasil observasi, wawancara, dan diskusi pakar (2026)



Gambar 3 Diagram fishbone penyebab cacat produksi mesin penetas telur

Tabel 5 Akar penyebab cacat produksi berdasarkan pendekatan 5M

Faktor	Penyebab spesifik	Dampak pada produk	Frekuensi
Manusia	Karyawan terburu-buru karena target produksi	Pemasangan komponen longgar	Sedang
Mesin	Alat ukur torsi dinamo tidak tersedia	Dinamo lemah lolos inspeksi	Tinggi
Mesin	Alat uji relay (siklus <i>on-off</i>) belum	Relay rusak baru diketahui	Tinggi

Faktor	Penyebab spesifik	Dampak pada produk	Frekuensi
	tersedia	setelah dipasang	
Mesin	Alat uji beban adaptor tidak tersedia	Penurunan tegangan adaptor tidak terdeteksi	Tinggi
Material	Kualitas bantalan dinamo tidak konsisten	Dinamo cepat macet, suara kasar	Tinggi
Material	EEPROM relay kelas komersial mudah mengalami korupsi data	Relay melakukan reset sendiri	Sangat tinggi
Material	Modul STC/XH dari pemasok memiliki toleransi 10%	Suhu/kelembapan tidak stabil	Tinggi
Material	Adaptor berkualitas rendah dari pemasok	Tegangan menurun, pembalik telur macet	Tinggi
Metode	Belum tersedia prosedur inspeksi barang masuk	Komponen cacat langsung dipasang	Sangat tinggi
Pengukuran	Belum dilakukan kalibrasi alat ukur secara rutin	Akurasi pengukuran tidak terjamin	Sedang

Berdasarkan seluruh faktor penyebab pada Tabel 5, penelitian ini mengidentifikasi dua faktor penyebab potensial yang paling menonjol berdasarkan triangulasi data lapangan, yaitu diagram fishbone, observasi, wawancara, dan penilaian pakar, tanpa mengklaim kedua faktor tersebut sebagai akar penyebab yang telah diuji secara kausal. Faktor pertama adalah ketidakkonsistenan kualitas bahan baku dari pemasok, terutama pada komponen EEPROM relay, bantalan dinamo, modul STC/XH, dan adaptor. Berdasarkan jumlah kejadian aktual dan konsensus responden, faktor tersebut termasuk dalam kategori berfrekuensi tinggi hingga sangat tinggi. Faktor kedua adalah belum tersedianya prosedur baku inspeksi barang masuk sehingga seluruh komponen dari pemasok langsung dialirkan ke lini produksi tanpa seleksi mutu. Kedua faktor tersebut merupakan hasil sintesis kualitatif dari observasi, wawancara, dan diskusi pakar. Oleh karena itu, hubungan sebab-akibatnya belum diuji secara statistik inferensial, misalnya melalui uji korelasi atau regresi, dan perlu dimaknai sebagai identifikasi awal yang kredibel berdasarkan bukti lapangan, bukan sebagai kesimpulan yang telah tervalidasi secara statistik.

3.4 Analisis Risiko dengan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Tahap selanjutnya adalah menganalisis risiko menggunakan metode FMEA terhadap lima mode kegagalan yang teridentifikasi, yaitu F-01 (relay melakukan reset sendiri), F-02 (dinamo tidak berputar), F-03 (modul STC mengalami gangguan), F-04 (adaptor mengalami penurunan tegangan), dan F-05 (modul XH tidak merespons). Penentuan nilai *Severity* untuk setiap mode kegagalan berdasarkan diskusi pakar mengenai dampaknya terhadap fungsi mesin dan keberhasilan penetasan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Penentuan nilai *Severity* (S)

Kode	Mode kegagalan	S	Dasar pertimbangan
F-01	Relay melakukan reset sendiri	8	Gangguan siklus pemanas menyebabkan penetasan tidak optimal; telur yang telah dierami lama menjadi tidak bernilai
F-02	Dinamo tidak berputar	9	Telur tidak dibalik rutin, distribusi suhu tidak merata, embrio berisiko menempel cangkang dan mati
F-03	Modul STC mengalami gangguan	9	Ketidakstabilan suhu ekstrem dapat menyebabkan kematian embrio pada berbagai fase perkembangan
F-04	Adaptor mengalami penurunan tegangan	9	Mesin kehilangan suplai daya, motor pembalik telur tidak berfungsi, proses inkubasi terhenti
F-05	Modul XH tidak merespons	7	Kelembapan tidak terkendali; dampaknya lebih lambat, tetapi tetap memengaruhi daya tetas

Untuk menentukan nilai *Occurrence* (O), rasio frekuensi kejadian per seribu unit dari total produksi 2.175 unit dikonversi ke skala 1–10 menggunakan tabel kriteria penilaian O. Tabel tersebut mencantumkan rentang frekuensi untuk setiap skor dan sumber standar acuannya sebagaimana dijelaskan pada bagian metode penelitian. Rasio kelima mode kegagalan dihitung sebagai berikut: F-01 = $(62/2.175) \times 1.000 = 28,51$; F-02 = $(59/2.175) \times$

1.000 = 27,13; F-03 = $(56/2.175) \times 1.000 = 25,75$; F-04 = $(53/2.175) \times 1.000 = 24,37$; dan F-05 = $(45/2.175) \times 1.000 = 20,69$ per seribu unit. Kelima rasio tersebut berada pada rentang 20 hingga kurang dari 50 per seribu unit yang, menurut kriteria konversi baku, termasuk kategori frekuensi tinggi. Karena kelima rasio relatif berdekatan dengan ambang batas kategori, nilai *Occurrence* ditentukan secara konsisten menggunakan tabel penilaian kuantitatif berdasarkan data frekuensi historis dan dibahas bersama tim pakar tanpa penyesuaian berdasarkan karakteristik teknis kegagalan. Berdasarkan penilaian tersebut, nilai O adalah 8 untuk F-01; 7 untuk F-02, F-03, dan F-04; serta 6 untuk F-05.

Nilai *Detection* ditentukan berdasarkan kemampuan sistem inspeksi perusahaan saat ini untuk mendeteksi kegagalan sebelum komponen dipasang, sebagaimana disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Penentuan nilai *Detection* (D)

Kode	Mode kegagalan	Metode inspeksi yang tersedia	D
F-01	Relay melakukan reset sendiri	Inspeksi visual dan uji fungsi dasar; belum dapat mendeteksi kegagalan EEPROM	7
F-02	Dinamo tidak berputar	Uji putaran visual tanpa pengukuran torsi	8
F-03	Modul STC mengalami gangguan	Uji fungsi dasar tanpa alat acuan terkalibrasi	7
F-04	Adaptor mengalami penurunan tegangan	Pengukuran tegangan tanpa pembebanan	8
F-05	Modul XH tidak merespons	Inspeksi visual dan uji fungsi dasar	6

Seluruh mode kegagalan memiliki nilai *Detection* yang tinggi, yaitu 6–8. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem inspeksi saat ini kurang efektif dalam mendeteksi kerusakan sebelum komponen dipasang. Nilai tertinggi, yaitu 8, terdapat pada dinamo dan adaptor karena tidak tersedia alat ukur khusus untuk menguji kedua komponen tersebut. Sementara itu, nilai terendah, yaitu 6, terdapat pada modul XH karena pemeriksaan visual masih dapat membantu meskipun kegagalan tetap sulit dideteksi.

Berdasarkan nilai S, O, dan D pada Tabel 6 dan Tabel 7, nilai RPN setiap mode kegagalan dihitung menggunakan persamaan (6), sebagaimana disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8 Perhitungan RPN dan pengurutan prioritas risiko

Kode	Mode kegagalan	S	O	D	RPN	Prioritas
F-02	Dinamo tidak berputar	9	7	8	504	1
F-04	Adaptor mengalami penurunan tegangan	9	7	8	504	1
F-01	Relay melakukan reset sendiri	8	8	7	448	2
F-03	Modul STC mengalami gangguan	9	7	7	441	3
F-05	Modul XH tidak merespons	7	6	6	252	4

Sumber: Hasil diskusi pakar dan pengolahan data (2026)

Dua mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi adalah dinamo tidak berputar (F-02) dan adaptor mengalami penurunan tegangan (F-04), masing-masing dengan RPN = 504, yang merupakan hasil perkalian *Severity* = 9, *Occurrence* = 7, dan *Detection* = 8. Nilai tersebut tinggi karena merupakan kombinasi dampak yang besar terhadap kegagalan fungsi otomatisasi mesin, frekuensi kejadian yang tinggi, serta ketiadaan alat ukur torsi dan alat uji beban untuk mendeteksi komponen bermasalah sebelum dipasang. Prioritas berikutnya adalah relay yang melakukan reset sendiri (F-01) dengan RPN = 448. Nilai tersebut didorong oleh frekuensi kejadian tertinggi (*Occurrence* = 8) akibat penggunaan EEPROM kelas komersial yang rentan mengalami korupsi data. Modul STC yang mengalami gangguan (F-03) menempati prioritas ketiga dengan RPN = 441, sedangkan modul XH yang tidak merespons (F-05) menempati prioritas terendah dengan RPN = 252. Seluruh nilai RPN melampaui 200. Namun, karena batas tersebut belum didukung rujukan yang jelas, prioritas perbaikan ditetapkan berdasarkan peringkat RPN dan nilai *Severity*, *Occurrence*, serta *Detection* masing-masing tanpa menyatakannya

dalam kategori “risiko sangat tinggi”. Seluruh mode kegagalan tersebut diprioritaskan untuk mendapatkan intervensi dan perbaikan.

Analisis lebih lanjut terhadap nilai *Detection* menunjukkan bahwa seluruh mode kegagalan memiliki nilai D antara 6 dan 8. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem inspeksi perusahaan saat ini kurang efektif dalam mendeteksi kerusakan sebelum komponen dipasang. Terdapat tiga kelemahan sistemik utama pada sistem inspeksi, yaitu tidak tersedianya alat ukur kuantitatif untuk menguji kinerja komponen, belum tersedianya prosedur baku inspeksi barang masuk, dan tidak tersedianya alat acuan terkalibrasi untuk memverifikasi sensor. Kelemahan tersebut bersifat sistemik dan bukan disebabkan oleh kelalaian individu operator. Oleh karena itu, perbaikan perlu diarahkan pada perubahan kebijakan manajerial dan penyempurnaan prosedur kerja secara menyeluruh.

Berdasarkan hasil FMEA, rekomendasi perbaikan disusun sesuai dengan prioritas risiko dan keterbatasan sumber daya perusahaan skala kecil dan menengah, sebagaimana dirangkum pada Tabel 9.

Tabel 9 Rencana tindakan perbaikan berdasarkan prioritas FMEA

Prioritas	Mode kegagalan	RPN	Tindakan korektif	Tindakan preventif	Target waktu
1	Dinamo tidak berputar	504	Ganti dinamo bermasalah, klaim kualitas ke pemasok	Kebijakan awal perusahaan adalah mengambil sampel 10% per lot menggunakan alat ukur torsi digital portabel. Kebijakan ini belum didasarkan pada standar pengambilan sampel (AQL/risiko), sehingga persentase tersebut masih perlu divalidasi.	2 minggu
1	Adaptor mengalami penurunan tegangan	504	Ganti adaptor rusak, klaim kualitas ke pemasok	Alat uji beban (lampu 12 V/10 W; penurunan tegangan $\leq 10\%$) perlu divalidasi berdasarkan konsumsi arus dan tegangan aktual komponen, bukan hanya berdasarkan nilai praktis.	2 minggu
2	Relay melakukan reset sendiri	448	Ganti relay rusak, negosiasi spesifikasi EEPROM	Pengujian <i>burn-in</i> selama 24 jam/100 siklus sebelum pemasangan masih perlu divalidasi secara teknis berdasarkan spesifikasi komponen atau data reliabilitas.	2 minggu
3	Modul STC mengalami gangguan	441	Ganti modul STC yang mengalami gangguan dan sampaikan umpan balik kepada pemasok	Lakukan <i>soak test</i> selama 2 jam menggunakan termometer acuan	3 minggu
4	Modul XH tidak merespons	252	Ganti modul XH yang rusak dan kirimkan data kepada pemasok	Panduan visual pemasangan sensor dan pelatihan singkat	1 minggu

Sumber: Hasil diskusi pakar dan analisis peneliti (2026)

Prioritas perbaikan pertama diarahkan pada dinamo dan adaptor yang memiliki RPN tertinggi, yaitu 504, dengan target penyelesaian dua minggu. Perbaikan tersebut mencakup penggantian komponen bermasalah, pengadaan alat ukur dasar dengan biaya terjangkau, serta penerapan prosedur inspeksi yang sederhana dan efektif. Perbaikan relay dan modul STC direncanakan dalam dua hingga tiga minggu melalui pembuatan alat uji sederhana dan penerapan prosedur *burn-in* tanpa memerlukan biaya besar. Sementara itu, modul XH dapat ditangani dalam satu minggu melalui penyusunan panduan visual dan pelatihan operator. Seluruh rekomendasi tersebut merupakan usulan awal yang disusun dengan mempertimbangkan keterbatasan perusahaan skala kecil dan menengah. Penelitian ini belum mencakup uji implementasi, analisis biaya, maupun pengukuran efektivitas setelah perbaikan, seperti RPN setelah perbaikan dan tingkat kecacatan. Oleh karena itu, rekomendasi

memanfaatkan alat uji sederhana berbasis komponen yang mudah diperoleh, seperti pengatur waktu, lampu, dan multimeter. Metode perbaikan bertahap tersebut sejalan dengan penelitian sejenis [13], [14].

4 Kesimpulan

Integrasi SQC–fishbone–FMEA pada studi kasus CV. Mitra Jaya menghasilkan empat temuan utama. Namun, temuan tersebut bersifat kontekstual karena data terbatas pada enam periode, hanya melibatkan pakar internal, serta memiliki keterbatasan dalam validasi kausal dan evaluasi setelah intervensi. Pertama, ditemukan lima jenis cacat pada komponen mesin penetas telur CV. Mitra Jaya Company, yaitu relay time blue yang melakukan reset sendiri (22,55%), gangguan dinamo (21,45%), gangguan modul STC (20,36%), gangguan adaptor dengan tegangan tidak stabil (19,27%), dan gangguan modul XH (16,36%). Rata-rata proporsi cacat adalah 12,6% dan masih jauh di atas ambang toleransi perusahaan sebesar 5%. Berdasarkan analisis Pareto dengan kriteria 80%, relay, dinamo, dan modul STC merupakan jenis cacat yang diprioritaskan untuk diperbaiki dengan kontribusi total 64,36%. Kedua, faktor utama yang diduga berkontribusi terhadap cacat produksi adalah ketidakkonsistenan kualitas bahan baku dari pemasok, terutama pada komponen EEPROM relay, bantalan dinamo, modul STC/XH, dan adaptor, serta belum tersedianya prosedur baku inspeksi barang masuk.

Ketiga, hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa kelima mode kegagalan memiliki nilai RPN di atas 200. Prioritas perbaikan ditetapkan berdasarkan peringkat RPN tanpa menggunakan kategori “risiko sangat tinggi” karena batas nilai tersebut belum memiliki dasar rujukan yang jelas. Dinamo tidak berputar dan adaptor yang mengalami penurunan tegangan menempati prioritas tertinggi (RPN = 504), diikuti relay yang melakukan reset sendiri (RPN = 448), modul STC yang mengalami gangguan (RPN = 441), dan modul XH yang tidak merespons (RPN = 252). Keempat, rekomendasi perbaikan yang ditelusuri langsung dari hasil analisis meliputi pengadaan alat ukur dan alat uji, inspeksi sampel barang masuk, pengujian *burn-in* dan *soak test*, pengajuan klaim kualitas kepada pemasok, serta penyusunan panduan kerja visual dan pelatihan. Seluruh rekomendasi tersebut disusun dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya perusahaan skala kecil dan menengah.

5 Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada CV. Mitra Jaya Company atas izin dan dukungan data yang diberikan selama penelitian serta kepada seluruh teknisi, supervisor Quality Control, dan staf gudang yang telah bersedia menjadi responden dalam diskusi pakar. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Widya Gama Malang atas bimbingan akademik selama penyusunan penelitian ini.

6 Referensi

- [1] I. Agustina, "Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Tahu Menggunakan Metode Statistical Quality Control dan Taguchi pada UD. Tahu Bang," Skripsi, Universitas Malikussaleh, 2024.
- [2] S. A. Dzakhirah and K. Muhammad, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Plywood Metode *Statistical Quality Control* (SQC) dan Fault Mode and Effect Analysis (FMEA) (Studi Kasus: PT. Sumber Graha Sejahtera)," J. Sist. dan Tek. Ind. (JUSTI), vol. 4, no. 4, pp. 443–451, 2024.
- [3] R. R. Amrullah, R. Kastaman, and F. S., "Analisis Metode Pengendalian Kualitas Statistik dalam Pengendalian Kualitas Proses Produksi," J. Teknotan, vol. 18, no. 3, pp. 211–218, 2024, doi: 10.24198/jt.vol18n3.7.
- [4] A. C. Nurherawati, "Penggunaan Metode Kontrol Kualitas Statistik (*Statistical Quality Control*) pada Penanganan Produk Cacat Kain di PT X," Innov. J. Soc. Sci. Res., vol. 4, no. 3, pp. 10571–10584, 2024, doi: 10.31004/innovative.v4i3.11694.
- [5] R. Ananda, "Evaluasi Risiko dalam Rantai Pasok PTPN IV Adolina Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode And Effect Analysis) dan RCA (Root Cause Analysis)," J. Rekayasa dan Manaj. Ind., vol. 2, no. 1, pp. 1–15, 2025.
- [6] N. I. Rajab, R. Serang, and H. D. Titaley, "Penerapan Metode FMEA untuk Menganalisis Risiko Kecelakaan Kerja pada Pembangunan Madrasah Tsanawiyah Negeri 6 Maluku Tengah," J. Tek. Sipil, vol. 3, no. 10, pp. 192–202, 2024.
- [7] W. Astuti, A. H. Maksam, and D. Herwanto, "Penerapan Metode Statistical Quality Control (SQC) dan Analisis FMEA untuk Menurunkan Tingkat Reject Holes Cigarette Paper Grade Coresta 60 di PT Bukit Muria Jaya (BMJ)," J. Tek. Ind., 2024.

- [8] S. Bahari, A. K. Dewi, and W. S. Saputra, "Analisis Penyebab Cacat Produk Furniture Pintu dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA)," *J. Tek. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 48–55, 2026.
- [9] M. F. Y. Haryono, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Paving Block Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) dan Failure Mode Effect," *J. Penelit. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 2, no. 3, 2023.
- [10] A. C. Oktaviana and T. A. Auliandri, "Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Meja dan Kursi Menggunakan Diagram Pareto dan Fishbone pada PK. SKM Jati," *INOBIJIS J. Inov. Bisnis dan Manaj. Indones.*, vol. 6, no. 4, pp. 559–572, 2023, doi: 10.31842/jurnalinobis.v6i4.310.
- [11] A. Setiawan, A. Deswita, Shofiyaturrahmah, F. B. Firmansyah, and Y. Prastyo, "Studi Kasus Analisis Defect pada Komponen Otomotif Disertai Pemecahan Masalah Menggunakan Diagram Pareto dan Fishbone," *J. Ilm. Res. Student*, vol. 2, no. 2, pp. 53–63, 2025, doi: 10.61722/jirs.v2i2.4748.
- [12] D. I. Mahendra, "Penerapan Metode *Statistical Quality Control* (SQC) dalam Pengendalian Proses Produksi Roda Karet pada Perusahaan Baja," *J. Tek. Ind.*, vol. 3, no. 3, pp. 505–518, 2023.
- [13] R. Rustanto, A. T. Pratama, A. Febrianto, F. A. Syafutra, W. Septianugraha, and B. M. Walfitri, "Peningkatan Ketersediaan Fisik dan Waktu Rata-Rata Antara Kegagalan Unit Komatsu PC2000-8 pada PT. United Tractors, Tbk dengan Metode FMEA," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 2, pp. 371–384, 2023, doi: 10.21776/jrm.v14i2.1053.
- [14] A. A. Kusuma, H. Yanti, Y. Mariani, M. Dirhamsyah, and F. Yusro, "Analisis Pengendalian Mutu Produk Stik Dupa Menggunakan *Statistical Quality Control* (SQC) di PT XY Kabupaten Mempawah," *J. Penelit. Hasil Hutan*, vol. 41, no. 3, pp. 121–136, 2023, doi: 10.55981/jphh.2023.2521.
- [15] F. A. Lestari and N. Purwatmini, "Pengendalian Kualitas Produk Tekstil Menggunakan Metoda DMAIC," *J. Tek. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 79–85, 2021.
- [16] S. Nazia, M. Fuad, F. Ekonomi, P. Manajemen, and U. Samudra, "Peranan *Statistical Quality Control* (SQC) dalam Pengendalian Kualitas: Studi Literatur," *J. Manaj. dan Bisnis*, vol. 4, pp. 125–138, 2023.
- [17] L. Sahara, S. P. Lestari, B. Barlian, A. Jxc, J. P. No, K. Tawang, K. Tasikmalaya, and J. Barat, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk dengan Metode Statistical Quality Control (SQC) pada Perusahaan Roti Aldina Bakery Kota Tasikmalaya," *J. Tek. Ind.*, vol. 4, 2023.
- [18] D. Triardianto, R. M. Siagian, and K. Kunci, "Penerapan Metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk Mengidentifikasi Kerusakan dan Usulan Kegiatan Perawatan Mesin Trinick di PT XYZ," *NAJIA*, pp. 20–21, 2025, doi: 10.25047/nacia.v3i1.277.
- [19] V. N. Aini and D. Andesta, "Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Papan Fiber Semen dengan Metode Seven Tools dan FMEA pada PT. XYZ," *J. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 2, pp. 1166–1173, 2024.
- [20] F. E. Farisi, R. A. S, D. Ramdhanni, H. Yuhafidin, and Y. Prastyo, "Evaluasi Cycle Time di PT. XYZ untuk Meningkatkan Efektifitas Menggunakan Metode MOST dan Fishbone Diagram," *J. Manag. Innov. Entrep. (JMIE)*, vol. 2, no. 3, pp. 2156–2167, 2025, doi: 10.70248/jmie.v2i3.2269.