

Analisis Penyebab Produk *Not Good* (NG) Pada Proses *Outgoing Quality Control* (OQC) Menggunakan Metode *Failure Mode And Effects Analysis* (FMEA) Di Perusahaan Manufaktur Bidang Elektronik

Wakhit Irawan¹, Gigih Hapsak Pradipto², Agus Andriani³

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

Jl. Inspeksi Kalimalang No.9, Cibatu, Kec. Cikarang Selatan, Kabupaten Bekasi 17530

Email: wakhitirawan1@gmail.com, gigih.pradipto@pelitabangsa.ac.id, andriani@pelitabangsa.ac.id

ABSTRAK

Pengendalian kualitas merupakan aspek penting dalam industri manufaktur untuk memastikan produk memenuhi standar sebelum dikirim ke pelanggan. Pada proses *Outgoing Quality Control* (OQC) produk *Dehumidifier*, masih ditemukan produk *Not Good* (NG). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis dan akar penyebab produk NG, menentukan prioritas risiko kegagalan, serta merumuskan usulan perbaikan. Data penelitian mencakup periode Mei–Juli 2025 dengan total produksi 79.401 unit dan produk NG 466 unit (0,59%). Metode yang digunakan meliputi Diagram Pareto, Diagram *Fishbone*, dan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Hasil Diagram Pareto menunjukkan dua jenis cacat utama, yaitu kerusakan visual (54,51%) dan kebocoran refrigeran (45,49%). Berdasarkan FMEA, nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi diperoleh pada *conveyor* tidak stabil (RPN 196), operator kurang berpengalaman (RPN 192), pengelasan manual tanpa parameter standar (RPN 160), dan operator kurang teliti (RPN 144). Usulan perbaikan difokuskan pada pemeliharaan preventif *conveyor*, pelatihan dan pendampingan operator, standarisasi parameter pengelasan, serta penerapan *check sheet* dan inspeksi berlapis. Hasil ini menegaskan kontribusi metodologis bahwa prioritas pengendalian kualitas pada final gate OQC tidak dapat hanya didasarkan pada frekuensi kecacatan dominan, melainkan harus diprioritaskan pada analisis risiko dampak fungsional produk.

Kata kunci: Pengendalian Kualitas, produk NG, *Outgoing Quality Control*, FMEA.

ABSTRACT

Quality control is an essential aspect of the manufacturing industry to ensure products meet standards before delivery to customers. In the Outgoing Quality Control (OQC) process of Dehumidifiers, Not Good (NG) products are still found. This study aims to identify the types and root causes of NG products, determine failure risk priorities, and formulate proposed improvements. Data was collected from May to July 2025, with a total production of 79,401 units and 466 NG units (0.59%). The analytical methods used were Pareto Diagram, Fishbone Diagram, and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). The Pareto Diagram revealed two main defect types: visual damage (54.51%) and refrigerant leakage (45.49%). FMEA results indicated the highest Risk Priority Numbers (RPN) were unstable conveyor (RPN 196), inexperienced operators (RPN 192), manual welding without standard parameters (RPN 160), and inattentive operators (RPN 144). Proposed improvements focus on preventive conveyor maintenance, operator training and mentoring, standardization of welding parameters, and implementation of checklists with layered inspections. These findings highlight a methodological contribution that quality control priorities at the OQC final gate cannot rely solely on dominant defect frequencies, but must prioritize the risk analysis of functional product impacts.

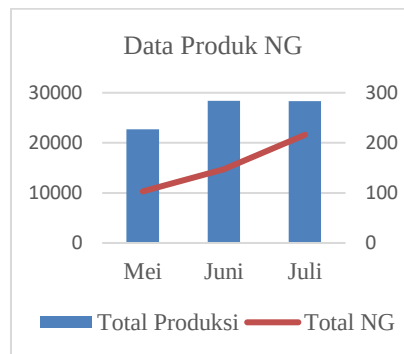
Keywords: Quality Control, NG Product, *Outgoing Quality Control*, FMEA.

Pendahuluan

Meningkatnya persaingan di dunia industri otomotif saat ini mendorong perusahaan untuk terus berupaya meningkatkan citra dan keunggulan kompetitifnya melalui penjaminan kualitas produk yang memuaskan konsumen [1]. Kualitas merupakan aspek fundamental dalam industri manufaktur yang menentukan kemampuan perusahaan dalam menghasilkan produk sesuai standar serta memenuhi ekspektasi pelanggan. Ketidaksesuaian yang terjadi pada salah satu tahapan proses dapat memicu timbulnya produk *Not Good* (NG) yang merugikan perusahaan [2]. Pada proses *Outgoing Quality Control* (OQC) produk *Dehumidifier* di Perusahaan Manufaktur Elektronik, masih ditemukan produk NG sebelum dikirimkan ke tangan pelanggan. Oleh karena itu, penerapan pengendalian kualitas secara berkesinambungan menjadi hal yang vital untuk meminimalkan potensi kerugian serta menjaga kepercayaan pelanggan [3].

Perusahaan manufaktur elektronik merupakan Perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur elektronik. Salah satu produknya yaitu *Dehumidifier*. Dalam menghasilkan produk, perusahaan menjalankan serangkaian proses pengecekan

kualitas. Proses pengecekan yang memiliki peran penting adalah proses *Outgoing Quality Control* (OQC). Proses OQC merupakan kegiatan pemeriksaan kualitas terhadap produk sebelum keluar dari perusahaan, sehingga produk yang tidak memenuhi standar dapat diketahui dan dipisahkan sebelum dikirim kepada pelanggan [4].



Gambar 1. Data Produk NG Periode Bulan Mei - Juli 2025

Berdasarkan gambar di atas, diketahui total produksi sebanyak 79.401 unit dengan akumulasi produk NG sebanyak 466 unit (0,59%). Persentase produk NG tersebut menunjukkan tren peningkatan setiap bulannya, yaitu sebesar 0,45% pada bulan Mei (103 unit), naik menjadi 0,52% pada bulan Juni (147 unit), dan mencapai puncaknya sebesar 0,76% pada bulan Juli (216 unit). Jenis kecacatan dominan yang ditemukan pada OQC mencakup kerusakan visual serta kebocoran refrigeran. Peningkatan tren produk NG ini menegaskan pentingnya dilakukan evaluasi dan analisis risiko secara terstruktur agar tindakan perbaikan dapat berfokus pada akar penyebab utama [5].

Pengendalian kualitas dilakukan melalui rangkaian kegiatan sistematis untuk memastikan proses dan hasil produksi memenuhi spesifikasi standar serta mengevaluasi setiap penyimpangan yang terjadi. Proses OQC memiliki peran krusial sebagai pintu gerbang akhir (*final gate*) pemeriksaan kualitas fisik dan fungsi produk sebelum didistribusikan [6]. Untuk menganalisis dan mengendalikan risiko kecacatan tersebut, metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dapat diterapkan sebagai pendekatan sistematis dalam mengidentifikasi mode kegagalan, dampak, serta penyebabnya. FMEA membantu menentukan prioritas perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang diperoleh dari hasil perkalian variabel *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) [7] [8].

Sejumlah penelitian terdahulu telah menerapkan metode FMEA dalam upaya pengendalian kualitas. Penelitian oleh Saputro & Hakim (2025) memanfaatkan integrasi *Fishbone Diagram* dan FMEA untuk mengidentifikasi penyebab cacat pada produksi botol plastik serta menentukan prioritas perbaikan [9]. Sementara itu, Nurhalijah et al. (2025) menerapkan FMEA dan *Fault Tree Analysis* (FTA) pada komponen part lever guna mengidentifikasi penyebab utama kecacatan berdasarkan ranking nilai RPN. Meskipun penelitian berbasis FMEA telah banyak dilakukan, sebagian besar studi terdahulu masih berfokus pada analisis proses manufaktur umum seperti kemasan plastik atau komponen otomotif [10].

Kebaruan (*novelty*) dan kontribusi dari penelitian ini tidak hanya terletak pada objek studi spesifik perakitan *Dehumidifier*, melainkan pada pendekatan analisis komparatif dalam menyoroti perbedaan prioritas antara kuantitas kecacatan dan tingkat keparahan risiko pada stasiun *final gate* OQC. Sebagian besar penelitian pengendalian kualitas terdahulu memperlakukan mode kegagalan secara homogen. Berbeda dengan studi sebelumnya, penelitian ini mengevaluasi integrasi Pareto, Fishbone, dan FMEA pada produk elektronik yang memiliki karakteristik kegagalan ganda (*dual-character defects*), yaitu kompresi fungsional internal (sistem refrigeran bertekanan) dan aspek visual/estetika kemasan eksternal. Kebaruan ini ditunjukkan melalui sintesis metodologis yang membuktikan adanya *gap* antara dominasi kuantitatif kecacatan (Pareto) dengan akumulasi risiko kritis (RPN-FMEA), sehingga memberikan kerangka pengambilan keputusan perbaikan kualitas yang lebih presisi dan terprioritas bagi industri manufaktur elektronik [12].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor penyebab terjadinya produk NG pada proses OQC produk *Dehumidifier*. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan prioritas potensi kegagalan dengan tingkat risiko tertinggi berdasarkan nilai RPN pada FMEA, serta merumuskan usulan tindakan perbaikan yang tepat dan aplikatif untuk meminimalkan tingkat kecacatan produk pada proses OQC [13].

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang didukung oleh analisis deskriptif kualitatif untuk mengevaluasi dan mengidentifikasi risiko kegagalan kualitas pada proses produksi. Pendekatan kuantitatif diterapkan dalam pengolahan data numerik berupa volume produksi, jumlah produk *Not Good* (NG), perhitungan rasio kecacatan, serta penentuan bobot tingkat risiko berbasis nilai *Risk Priority Number* (RPN) melalui variabel *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Sementara itu, pendekatan deskriptif kualitatif digunakan untuk memetakan alur proses pemeriksaan serta mengeksplorasi akar penyebab kegagalan berdasarkan persepsi dan kondisi teknis di lapangan [14] [15].

Desain penelitian yang diterapkan adalah studi kasus pada Perusahaan Manufaktur Elektronik yang berlokasi di Kawasan Industri Jababeka IX B, Cikarang Utara, Kabupaten Bekasi. Metode pengambilan data dan analisis dilakukan secara sistematis melalui integrasi observasi lapangan, wawancara mendalam, analisis Diagram Pareto, Diagram *Fishbone*, dan metode FMEA. Objek penelitian ini berfokus pada unit produk *Dehumidifier* yang teridentifikasi mengalami ketidaksesuaian/cacat (*Not Good*) pada stasiun pemeriksaan *Outgoing Quality Control* (OQC). Kriteria pemilihan objek didasarkan pada temuan empiris di mana stasiun OQC merupakan gerbang pemeriksaan akhir (*final gate*) sebelum produk dikirim ke pelanggan, namun masih mencatatkan tren kenaikan persentase produk NG selama periode Mei hingga Juli 2025 dengan akumulasi sebanyak 466 unit cacat dari total 79.401 unit produksi.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan produk NG pada proses OQC produk *Dehumidifier* di perusahaan Manufaktur Elektronik. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder, yaitu sebagai berikut:

1. Data Primer

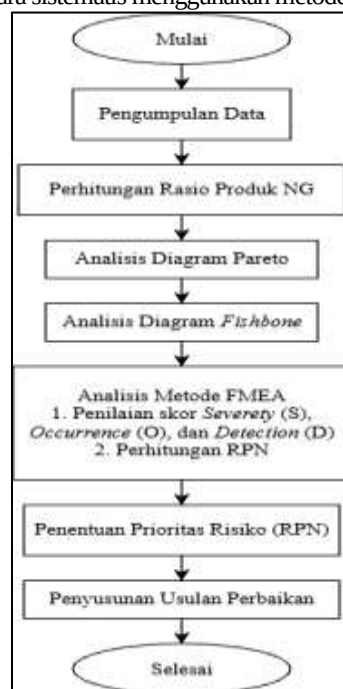
Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari sumber utama di lapangan. Pengumpulan data primer dalam penelitian ini dilakukan melalui observasi dan wawancara. Observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung proses pemeriksaan produk pada bagian OQC, khususnya terhadap produk yang mengalami NG. Selain itu, wawancara dilakukan dengan pihak yang berkaitan dengan proses produksi dan pengendalian kualitas, seperti bagian *Quality Control* (QC), produksi, dan bagian terkait lainnya untuk memperoleh informasi mengenai jenis kecacatan, kondisi proses, serta factor-faktor yang diduga menjadi penyebab terjadinya produk NG.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari dokumen atau catatan yang telah tersedia di Perusahaan. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data jumlah produksi dan data produk NG para proses OQC periode bulan Mei hingga Juli 2025, data jenis kecacatan produk, serta dokumen atau informasi pendukung yang berkaitan dengan proses pengendalian kualitas produk *Dehumidifier*.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dilaksanakan secara sistematis menggunakan metode FMEA melalui *flowchart* sebagai berikut:



Gambar 2. Tahapan Analisis FMEA

Berdasarkan gambar di atas, teknik analisis data dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang terstruktur. Pertama, data historis kecacatan dikelompokkan berdasarkan jenis kegagalan (kerusakan visual dan kebocoran refrigeran) dan dihitung rasio persentase kecacatannya. Kedua, Diagram Pareto digunakan untuk mengidentifikasi jenis kecacatan yang paling dominan. Ketiga, jenis kecacatan dominan dianalisis akar penyebabnya menggunakan Diagram *Fishbone* dengan mengkaji lima kategori faktor, yaitu manusia (*man*), mesin (*machine*), material (*material*), metode (*method*), dan *environment* (lingkungan). Keempat, dilakukan analisis FMEA dengan menetapkan skor *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* berdasarkan skala penilaian standar (1–10) untuk setiap faktor penyebab. Nilai RPN dihitung dengan rumus (RPN

= $S \times O \times D$) untuk menentukan peringkat prioritas risiko kegagalan. Hasil pemeringkatan RPN tersebut selanjutnya dijadikan sebagai dasar dalam merumuskan usulan perbaikan teknis yang aplikatif untuk meminimalkan keterjadian produk NG pada stasiun OQC.

Penentuan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) dilakukan melalui metode konsensus *Expert Judgment* menggunakan panel penilai sebanyak 5 orang profesional/praktisi yang terdiri dari *Quality Assurance Manager*, *Quality Control Supervisor*, *Production Engineer*, *Maintenance Supervisor*, dan Senior Operator OQC. Proses pemberian skor dilakukan melalui teknik *Focus Group Discussion* (FGD) dengan menggunakan metode konsensus (Delphi tersederhana). Setiap anggota panel memberikan penilaian mandiri terlebih dahulu, kemudian didiskusikan hingga mencapai kesepakatan nilai tunggal.

Dasar penentuan skala 1–10 mengacu pada standar kriteria kuantitatif sebagai berikut:

1. *Severity* (S): Didasarkan pada dampak kegagalan terhadap fungsi produk, potensi klaim pelanggan (*warranty rate*), dan risiko keselamatan kerja/operasional.
2. *Occurrence* (O): Didasarkan pada frekuensi kejadian historis cacat selama periode pengamatan (Mei–Juli 2025) (misalnya: Skor 7–10 jika terjadi >10 kali/bulan; Skor 4–6 jika terjadi 4–9 kali/bulan; Skor 1–3 jika terjadi <3 kali/bulan).
3. *Detection* (D): Didasarkan pada tingkat keandalan sistem kontrol/inspeksi saat ini (misalnya: Skor 1–3 untuk pengujian otomatis berurutan; Skor 4–6 untuk inspeksi sampel/manual rutin; Skor 7–10 untuk potensi kegagalan yang tidak terdeteksi sebelum ke pelanggan).

Hasil Dan Pembahasan

Identifikasi Produk *Not Good* (NG)

Kebocoran refrigeran merupakan ketidaksesuaian yang berkaitan dengan kebocoran pada sambungan las pipa refrigeran atau sambungan flange kompresor. Pemeriksaan dilakukan menggunakan alat uji kebocoran dengan waktu pengecekan selama 6 detik dan toleransi kebocoran sebesar 0,10 sebagaimana data lapangan pada dokumen penelitian. Sementara itu, kerusakan visual merupakan ketidaksesuaian pada kemasan, seperti penyok, sobekan, atau kondisi label yang tidak rapih. Kerusakan visual terutama berkaitan dengan aktivitas penanganan dan perpindahan produk sebelum pengiriman.

Tabel 1. Identifikasi *Produk Not Good* (NG)

Kegiatan	Dokumentasi
Pemeriksaan kebocoran pada produk	
Contoh hasil pemeriksaan kebocoran	
Contoh kondisi visual OK	
Contoh kondisi visual NG	

Data Produk *Not Good* (NG)

Rekapitulasi bulanan menunjukkan bahwa total produksi selama periode pengamatan adalah 79.401 unit dengan 466 unit produk NG. Berikut ini disajikan tabel data produk *Not Good* (NG) periode bulan mei hingga Juli 2025, sebagai berikut:

Tabel 2. Data Produk NG

Bulan	Total Produksi	Kebocoran Refrigeran	Kerusakan Visual	Total NG
Mei	22.697	80	23	103
Juni	28.386	41	106	147
Juli	28.318	91	125	216
Total	79.401	212	254	466

Berdasarkan Tabel 2 Data Produk NG di atas, total produksi selama periode Mei hingga Juli tercatat sebanyak 79.401 unit dengan jumlah produk cacat (*Not Good*/NG) keseluruhan mencapai 466 unit. Pada bulan Mei, dari total produksi sebesar 22.697 unit, ditemukan 103 produk NG yang terdiri atas 80 kasus kebocoran refrigeran dan 23 kerusakan visual. Memasuki bulan Juni, jumlah produksi meningkat menjadi 28.386 unit, namun total produk NG juga naik menjadi 147 unit, di mana cacat kerusakan visual mendominasi sebesar 106 kasus dan kebocoran refrigeran sebanyak 41 kasus. Tren peningkatan produk cacat mencapai puncaknya pada bulan Juli, yaitu sebanyak 216 unit NG dari total produksi 28.318 unit, dengan rincian 91 kasus kebocoran refrigeran dan 125 kerusakan visual. Secara keseluruhan, kerusakan visual menjadi jenis cacat terbanyak dengan total 254 kasus, diikuti oleh kebocoran refrigeran sebanyak 212 kasus.

Perhitungan Rasio Produk NG

Rasio produk NG dihitung dengan membandingkan jumlah produk NG terhadap total produksi pada periode yang sama. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Rasio NG} = \frac{\text{Jumlah Produk NG}}{\text{Total Produksi}} \times 100\% \quad (1)$$

Berikut Adalah hasil perhitungan rasio NG setiap bulannya:

Tabel 3. Data Rasio Produk NG Periode Bulan Mei – Juli 2025

Bulan	Total Produksi	Total NG	Rasio NG
Mei	22.697	103	0,45%
Juni	28.386	147	0,52%
Juli	28.318	216	0,76%
Total	79.401	466	0,58%

Berdasarkan hasil perhitungan pada table 3 di atas, menunjukkan bahwa rasio NG pada bulan Mei sebesar 0,45%, pada bulan Juni terjadi peningkatan sebesar 0,52%, dan kembali meningkat sebesar 0,76% pada bulan Juli. Dengan demikian, bulan Juli 2025 merupakan periode dengan rasio NG tertinggi selama periode pengamatan. Kenaikan tersebut menunjukkan bahwa permasalahan kualitas perlu mendapatkan perhatian karena jumlah NG setiap bulan mengalami peningkatan.

Analisis Dominasi Menggunakan Diagram Pareto

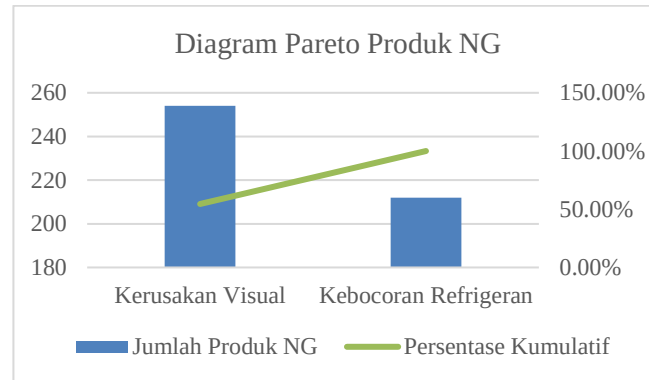
Diagram Pareto merupakan salah satu alat pengendalian kualitas (*quality control tools*) yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengurutkan jenis ketidaksesuaian berdasarkan frekuensi kejadian, dari yang tertinggi hingga terendah. Berdasarkan Prinsip Pareto (aturan 80/20), sebagian besar masalah kualitas umumnya disebabkan oleh sejumlah kecil jenis cacat yang dominan. Dalam penelitian ini, Diagram Pareto digunakan untuk menentukan jenis produk *Not Good* (NG) yang memberikan kontribusi terbesar pada stasiun *Outgoing Quality Control* (OQC) produk *Dehumidifier* [16].

Tahapan pembuatan Diagram Pareto diawali dengan mengompilasi data historis produk NG periode Mei hingga Juli 2025, menghitung persentase kontribusi masing-masing jenis kecacatan, serta menghitung persentase kumulatifnya. Hasil perhitungan pengelompokan jenis produk NG disajikan pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Perhitungan Kumulatif Jenis Produk NG

Jenis NG	Jumlah NG	Persentase	Persentase Kumulatif
Kerusakan Visual	254	54,51%	54,51%
Kebocoran Refrigeran	212	45,49%	100%
Total	466	100%	

Berdasarkan data pada Tabel 4 di atas, total produk NG yang teridentifikasi selama tiga bulan pengamatan adalah sebanyak 466 unit dari total akumulasi produksi sebesar 79.401 unit. Data tersebut kemudian divisualisasikan ke dalam bentuk grafik batang dan garis persentase kumulatif pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Pareto Produk NG

Berdasarkan hasil analisis Diagram Pareto, ditemukan dua jenis kecacatan utama pada proses OQC produk Dehumidifier. Jenis kecacatan yang paling dominan adalah kerusakan visual dengan jumlah kejadian sebanyak 254 unit atau menyumbang sebesar 54,51% dari keseluruhan produk NG. Jenis kecacatan kedua adalah kebocoran refrigeran dengan jumlah 112 unit atau berkontribusi sebesar 45,49%.

Secara kualitatif, tingginya angka kerusakan visual (54,51%) mengindikasikan adanya kendala pada aktivitas penanganan fisik (*handling*), proses pengepakan (*packing*), serta mobilitas perpindahan barang antar stasiun kerja maupun area penyimpanan. Kerusakan visual yang ditemukan meliputi kemasan kardus penyok, sobek, serta kondisi label yang tidak rapi atau pudar. Di sisi lain, meskipun kecacatan kebocoran refrigeran berada di urutan kedua (45,49%), jenis kecacatan ini tergolong kritis karena berkaitan langsung dengan fungsi utama pendinginan dan keandalan sistem produk. Adanya selisih sebesar 42 unit antara kedua jenis kecacatan ini menunjukkan bahwa upaya perbaikan kualitas tidak hanya berfokus pada pencegahan cacat fisik tampilan luar, namun juga harus diikuti dengan pengendalian proses perakitan teknis secara ketat. Kedua jenis kecacatan ini selanjutnya menjadi fokus utama untuk dianalisis akar penyebabnya menggunakan Diagram *Fishbone*.

Analisis Akar Penyebab Menggunakan Diagram *Fishbone*

Setelah mengidentifikasi jenis produk *Not Good* (NG) yang dominan melalui Diagram Pareto, langkah selanjutnya adalah menelusuri akar penyebab dari masing-masing permasalahan menggunakan Diagram *Fishbone* (Diagram *Ishikawa*). Diagram *Fishbone* merupakan alat analisis kualitas yang membantu memetakan hubungan sebab-akibat secara terstruktur. Faktor-faktor penyebab kecacatan dikelompokkan ke dalam lima kategori utama (4M + 1E), yaitu manusia (*man*), mesin (*machine*), material (*material*), metode (*method*), dan lingkungan (*environment*) [17].

Diagram *Fishbone* Kebocoran Refrigeran

Kebocoran refrigeran merupakan jenis kecacatan fungsional yang terjadi pada sambungan las pipa refrigeran atau sambungan *flange* kompresor. Hasil identifikasi akar penyebab untuk kecacatan kebocoran refrigeran ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Diagram *Fishbone* Kebocoran Refrigeran

Berdasarkan analisis *Fishbone* Diagram pada Gambar 4, faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya kebocoran refrigeran dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Manusia (*man*)

Karyawan/operator belum mampu mengikuti tempo jalannya produksi yang cepat sehingga kurang berpengalaman dalam prosedur teknis pengelasan dan penyambungan pipa. Selain itu, ketidaktelitian

operator seperti pemasangan sambungan yang kurang rapat atau kelalaian mengencangkan fitting menjadi pemicu munculnya celah kebocoran.

2. Material (*material*)

Kualitas bahan baku pipa tembaga yang kurang baik, seperti memiliki porositas atau ketebalan dinding pipa yang tidak konsisten, sehingga memicu keretakan halus saat menerima tekanan operasi refrigeran.

3. Mesin (*machine*)

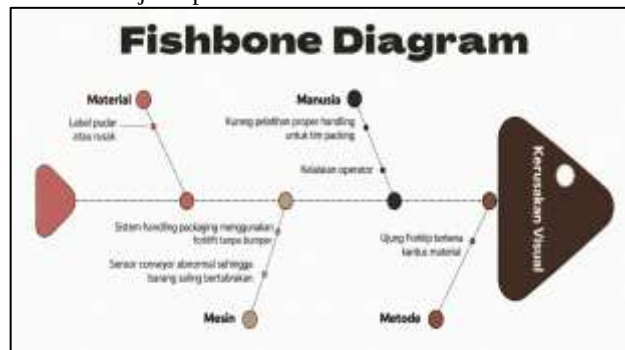
Kondisi *conveyor* yang tidak stabil dan menimbulkan getaran pada beberapa titik area pengelasan. Getaran ini mengganggu stabilitas posisi pipa saat dielas sehingga hasil sambungan las menjadi tidak konstan atau tidak rapat sempurna. Di samping itu, alat uji kebocoran (*leak detector*) yang mengalami galat/error pembacaan atau tidak terkalibrasi dapat lolos mendeteksi kebocoran sejak awal.

4. Metode (*method*)

Prosedur pengelasan pipa masih dilakukan secara manual tanpa adanya panduan parameter standar yang mengikat (seperti setelan suhu, tekanan, dan durasi pengelasan). Hal ini menyebabkan kualitas hasil las sangat bergantung pada kecakapan individu operator dan berpotensi memicu variasi hasil sambungan yang rentan bocor.

Diagram Fishbone Kerusakan Visual

Kerusakan visual merupakan kecacatan fisik pada tampilan luar produk maupun kemasan kardus *Dehumidifier*. Identifikasi akar penyebab kerusakan visual disajikan pada Gambar 5 berikut ini:



Gambar 5. Diagram Fishbone Kerusakan Visual

Berdasarkan analisis Diagram *Fishbone* pada Gambar 5, faktor-faktor penyebab terjadinya kerusakan visual diuraikan sebagai berikut:

1. Manusia (*man*)

Kurangnya pelatihan mengenai *proper handling* (tata cara penanganan produk dan kemasan yang benar) bagi tim *packing*. Kelalaian dan penurunan konsentrasi operator akibat kelelahan juga memicu ketidakhati-hatian saat menata atau memindahkan produk.

2. Material (*material*)

Kualitas cetak atau bahan label kemasan yang kurang tahan lama sehingga pudar, terkelupas, atau rusak saat penanganan, yang menyebabkan tampilan produk tidak memenuhi standar estetika visual perusahaan.

3. Mesin (*machine*)

Penanganan material/kemasan menggunakan unit *forklift* yang tidak dilengkapi dengan pelindung (*bumper*), sehingga benturan kecil sekalipun langsung berakibat fatal pada kemasan kardus. Selain itu, kelainan/abnormalitas pada sensor *conveyor* menyebabkan pergerakan unit produk tidak terkendali dan memicu tabrakan antar kardus produk.

4. Metode (*method*)

Metode operasional dan SOP penggunaan *forklift* belum memperhitungkan batasan jarak aman atau potensi risiko benturan antara garpu (*fork*) dengan kardus material saat aktivitas pemindahan dan penataan di gudang/stasiun OQC.

Akar penyebab dari keempat faktor (4M) pada kedua jenis kecacatan di atas selanjutnya digunakan sebagai variabel input (*cause*) dalam analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk mengevaluasi tingkat risikonya berdasarkan nilai RPN.

Analisis Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) digunakan untuk mengevaluasi tingkat risiko dari setiap potensi kegagalan dan akar penyebab yang telah diidentifikasi pada Diagram *Fishbone*. Penilaian risiko dilakukan dengan menetapkan skor pada tiga parameter utama, yaitu:

1. Severity (S)

Parameter *Severity* (S) mengukur tingkat keparahan dampak kegagalan, di mana skor 1–4 menunjukkan dampak ringan/estetika, skor 5–7 berdampak pada penurunan fungsi/perlu perbaikan, dan skor 8–10 mengindikasikan kegagalan fungsi total hingga mengancam keselamatan.

2. *Occurrence* (O)

Parameter *Occurrence* (O) menilai frekuensi keterjadian penyebab, mulai dari skor 1–3 (sangat jarang/hampir tidak pernah), skor 4–6 (sedang/terjadi berkala), hingga skor 7–10 (sangat sering/hampir selalu terjadi).

3. *Detection* (D)

Parameter *Detection* (D) menilai kemampuan sistem kontrol dalam mendeteksi kegagalan sebelum sampai ke pelanggan, dengan skor 1–3 untuk hampir pasti terdeteksi, skor 4–6 untuk deteksi inspeksi rutin, dan skor 7–10 untuk kegagalan yang sulit hingga tidak dapat dideteksi sama sekali [18].

Tabel 5. Kriteria Rubrik Penilaian FMEA

Skala	<i>Severity</i> (S)	<i>Occurrence</i> (O)	<i>Detection</i> (D)
9–10	Kritis / Fatal: Produk mati total, kebocoran sistem refrigeran bertekanan, membahayakan keselamatan pengguna.	Sangat Tinggi: Terjadi hampir setiap hari / >15 kasus per bulan.	Sangat Sulit / Tidak Ada: Cacat tidak terdeteksi sama sekali hingga ke tangan konsumen.
7–8	Tinggi: Penurunan fungsi utama pendinginan, klaim produk tinggi, produk tidak dapat digunakan.	Tinggi: Terjadi berkala / 8–14 kasus per bulan.	Rendah: Deteksi tergantung pada ketelitian visual operator manual.
4–6	Sedang: Kerusakan fisik/visual kemasan luar kardus, label pudar, produk masih berfungsi.	Sedang: Terjadi sesekali / 3–7 kasus per bulan.	Sedang: Terdeteksi melalui inspeksi sampling atau <i>check sheet</i> rutin.
1–3	Rendah: Cacat estetika minor yang tidak mengganggu fungsi maupun persepsi kualitas utama.	Sangat Rendah: Jarang/hampir tidak pernah terjadi (<2 kasus per bulan).	Sangat Tinggi: Terdeteksi otomatis oleh <i>sensor/leak detector</i> 100%.

Tingkat risiko dari setiap potensi kegagalan ditentukan melalui nilai *Risk Priority Number* (RPN), yang dihitung dengan mengalikan ketiga parameter tersebut:

$$RPN = S \times O \times D \quad (2)$$

Hasil analisis FMEA, perhitungan RPN, dan pemeringkatan risiko untuk produk Dehumidifier pada stasiun OQC disajikan pada Tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5. Hasil Analisis FMEA Produk *Dehumidifier* pada Proses OQC

No	<i>Failure Mode</i>	Penyebab Kegagalan (<i>Cause</i>)	S	O	D	RPN	<i>Ranking</i>
1	Kebocoran Refrigeran	<i>Conveyor</i> tidak stabil	7	7	4	196	1
2	Kebocoran Refrigeran	Operator kurang berpengalaman	8	4	6	192	2
3	Kebocoran Refrigeran	Pengelasan manual tanpa parameter standar	8	4	5	160	3
4	Kebocoran Refrigeran	Operator kurang teliti	8	2	9	144	4
5	Kerusakan Visual	Kurang pelatihan penanganan (<i>handling</i>)	6	3	6	108	5
6	Kerusakan Visual	Kelalaian operator	6	2	8	96	6
7	Kerusakan Visual	SOP forklift tidak memperhitungkan benturan	7	4	3	84	7
8	Kebocoran Refrigeran	Alat uji kebocoran error	9	2	2	36	8
9	Kerusakan Visual	Sensor <i>conveyor</i> abnormal	7	3	1	21	9
10	Kebocoran Refrigeran	Kualitas material pipa kurang baik	9	2	1	18	10
11	Kerusakan Visual	Label rusak atau pudar	4	2	2	16	11
12	Kerusakan Visual	<i>Forklift</i> tanpa <i>bumper</i>	7	2	1	14	12

Penilaian skor *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) dilakukan secara objektif melalui konsensus panel tim ahli. Sebagai contoh, pada penyebab *conveyor* tidak stabil yang menghasilkan RPN tertinggi (196):

1. Nilai *Severity* (S) = 7 ditetapkan karena getaran *conveyor* berpotensi merusak kerapatan las pipa refrigeran sehingga menurunkan fungsi pendinginan produk secara langsung.
2. Nilai *Occurrence* (O) = 7 ditetapkan berdasarkan data histori lapangan di mana ketidakstabilan *conveyor* terjadi berulang secara harian selama proses perakitan.
3. Nilai *Detection* (D) = 4 diberikan karena kegagalan dapat terdeteksi pada stasiun uji kebocoran (*leak test* OQC) sebelum produk dikirim, meskipun memerlukan waktu pengujian khusus.

Pada faktor operator kurang berpengalaman (RPN 192):

1. Nilai *Severity* (S) = 8 karena pengelasan yang rapuh berisiko menyebabkan kegagalan fungsional total di tangan pelanggan.
2. Nilai *Occurrence* (O) = 4 menunjukkan frekuensi sedang sesuai dengan jumlah pergantian/rotasi operator baru.
3. Nilai *Detection* (D) = 6 karena kebocoran halus akibat kurangnya skill terkadang tidak langsung terlihat pada inspeksi visual awal.

Berdasarkan hasil analisis FMEA, urutan prioritas risiko tertinggi didominasi oleh faktor-faktor penyebab kegagalan fungsi pada proses pengelasan pipa refrigeran. Peringkat pertama diduduki oleh kondisi *conveyor* tidak stabil dengan nilai RPN sebesar 196, yang terutama dipicu oleh tingkat frekuensi kejadian (*Occurrence*) yang tinggi (skor 7) di area proses. Getaran pada *conveyor* saat proses pengelasan berlangsung secara langsung merusak konsistensi sambungan pipa, sehingga berpotensi tinggi memicu kebocoran refrigeran. Peringkat kedua adalah operator kurang berpengalaman dengan nilai RPN 192, yang memiliki skor *Severity* sebesar 8 (dampak kritis) dan *Detection* sebesar 6. Keterbatasan keterampilan teknis operator baru dalam proses pengelasan pipa sangat berisiko menghasilkan sambungan yang rapuh dan rentan bocor.

Selanjutnya, pengelasan manual tanpa parameter standar menempati peringkat ketiga dengan nilai RPN 160. Ketiadaan parameter baku, seperti pengaturan suhu, tekanan, dan durasi pengelasan dapat menyebabkan tingginya variasi kualitas hasil sambungan antar operator. Sementara itu, faktor operator kurang teliti berada di peringkat keempat dengan RPN 144. Tingginya nilai RPN pada faktor ini sangat dipengaruhi oleh skor *Detection* yang mencapai nilai 9, yang mengindikasikan bahwa kelalaian kecil, seperti pengeratan fitting yang kurang pas sangat sulit dideteksi melalui pemeriksaan visual rutin sebelum dilakukannya pengujian fungsi pada stasiun OQC.

Sementara itu, pada kelompok kecacatan kerusakan visual, nilai RPN tertinggi diduduki oleh kurangnya pelatihan penanganan produk (*handling*) dengan nilai RPN 108, diikuti oleh kelalaian operator dengan nilai RPN 96, serta SOP forklift yang belum memperhitungkan risiko benturan dengan nilai RPN 84. Temuan ini mengindikasikan bahwa kecacatan pada tampilan kemasan luar produk sebagian besar dipicu oleh faktor manusia (*human error*) serta belum optimalnya prosedur operasional standar dalam penanganan dan mobilitas logistik internal perusahaan.

Di sisi lain, beberapa faktor penyebab tercatat berada pada kelompok prioritas risiko yang relatif rendah. Faktor-faktor tersebut meliputi alat uji kebocoran error dengan nilai RPN 36, sensor *conveyor* abnormal dengan RPN 21, kualitas material pipa kurang baik dengan RPN 18, label rusak atau pudar dengan RPN 16, serta *forklift* tanpa *bumper* dengan RPN 14. Penyebab-penyebab ini menempati peringkat bawah karena memiliki frekuensi keterjadian (*Occurrence*) yang sangat rendah dan/atau dapat dengan mudah dideteksi melalui mekanisme kontrol dan inspeksi yang telah diterapkan di jalur produksi.

Temuan ini memberikan kontribusi penting dalam pemahaman metodologis pengendalian kualitas di stasiun OQC. Terdapat paradoks analisis antara Diagram Pareto dan FMEA, yaitu jika perusahaan hanya mengandalkan Diagram Pareto, fokus perbaikan akan terpusat pada kerusakan visual karena menyumbang frekuensi tertinggi (54,51%). Namun, analisis FMEA membuktikan bahwa prioritas tindakan korektif kritis justru berada pada kebocoran refrigeran (RPN 196 dan 192) akibat tingginya bobot *Severity* (dampak kegagalan fungsi pendinginan di tangan konsumen). Integrasi ketiga *quality tools* ini secara terstruktur terbukti efektif meminimalisasi bias pengambilan keputusan dalam alokasi sumber daya perbaikan kualitas pada lini produksi.

Perancangan Usulan Perbaikan

Berdasarkan hasil pemeringkatan *Risk Priority Number* (RPN) pada FMEA serta analisis faktor penyebab melalui Diagram *Fishbone*, disusun rekomendasi dan usulan tindakan perbaikan terstruktur untuk meminimalkan produk *Not Good* (NG) pada stasiun *Outgoing Quality Control* (OQC). Usulan perbaikan difokuskan pada penyebab kegagalan dengan risiko tertinggi, yang mencakup empat aspek utama (4M):

Tabel 6. Usulan Perbaikan

Prioritas	Penyebab	RPN	Usulan tindakan perbaikan
1	<i>Conveyor</i> tidak stabil	196	Melakukan pemeriksaan dan pemeliharaan berkala <i>conveyor</i> pada area pengelasan; memeriksa <i>alignment</i> , getaran, dan kondisi awal komponen; membuat <i>checklist</i> sebelum produksi.
2	Operator kurang berpengalaman	192	Menyusun pelatihan teknis pengelasan dan pemasangan sambungan refrigeran; menerapkan pendampingan operator baru; melakukan evaluasi kompetensi sebelum operator bekerja mandiri.
3	Pengelasan manual tanpa parameter standar	160	Menyusun dan menetapkan parameter standar proses pengelasan, termasuk parameter yang relevan dengan jenis sambungan; memasang instruksi kerja pada area proses; melakukan verifikasi kepatuhan parameter.
4	Operator kurang teliti	144	Menerapkan <i>checklist</i> pemasangan dan pemeriksaan sambungan; melakukan inspeksi berlapis pada titik kritis; memperjelas standar visual dan metode pemeriksaan.
5	Kurang pelatihan penanganan	108	Memberikan pelatihan penanganan produk dan kemasan; menetapkan standar cara memindahkan dan menata produk; melakukan audit kepatuhan secara

			berkala.
6	Kelalaian operator	96	Meningkatkan pengawasan pada aktivitas penanganan dan pengepakan; menerapkan pemeriksaan sebelum pemindahan; mengurangi kondisi kerja yang dapat memicu kesalahan berulang.
7	SOP <i>forklift</i> tidak memperhitungkan benturan	84	Memperbarui SOP penggunaan <i>forklift</i> dengan batas jarak, jalur, dan titik aman; memberikan identifikasi area rawan benturan; melakukan sosialisasi kepada operator.
8	Alat uji kebocoran error	36	Menetapkan jadwal kalibrasi dan pemeriksaan fungsi alat; membuat pencatatan status alat; menghentikan penggunaan alat apabila hasil pemeriksaan fungsi tidak memenuhi kriteria.
9	Sensor <i>conveyor</i> abnormal	21	Melakukan pemeriksaan sensor secara berkala dan memastikan posisi serta fungsi sensor sesuai spesifikasi.
10	Kualitas material pipa kurang baik	18	Memperketat pemeriksaan material masuk dan memastikan material memenuhi spesifikasi sebelum digunakan.
11	Label rusak atau pudar	16	Membuat <i>check sheet</i> pemeriksaan kondisi label pada proses OQC.
12	<i>Forklift</i> tanpa bumper	14	Mempertimbangkan pemasangan bumper atau pelindung pada titik kontak <i>forklift</i> yang berisiko mengenai kemasan.

Secara keseluruhan, usulan perbaikan yang telah dirumuskan diarahkan pada tiga sasaran utama, yaitu mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan (*Occurrence*), meningkatkan kemampuan deteksi ketidaksesuaian (*Detection*), serta menstabilkan variasi proses yang menjadi sumber utama timbulnya kecacatan. Melalui pendekatan terpadu yang mencakup perawatan fasilitas, peningkatan kompetensi operator, standarisasi metode kerja, dan pengawasan material secara konsisten, upaya perbaikan tidak hanya berfokus pada aktivitas pemisahan produk di stasiun akhir OQC, melainkan bersifat preventif pada seluruh rangkaian proses produksi. Implementasi rekomendasi ini secara berkelanjutan diharapkan dapat menurunkan rasio produk *Not Good* (NG) secara signifikan serta meningkatkan efektivitas sistem pengendalian kualitas di Perusahaan Manufaktur Elektronik.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data menggunakan integrasi Diagram Pareto, *Fishbone* Diagram, dan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) pada produk *Dehumidifier* di stasiun *Outgoing Quality Control* (OQC), dapat disimpulkan bahwa selama periode pengamatan Mei hingga Juli 2025 ditemukan total 466 unit produk *Not Good* (NG) dari 79.401 unit produksi (0,59%). Hasil Diagram Pareto menunjukkan dua jenis kecacatan utama, yaitu kerusakan visual sebanyak 254 unit (54,51%) dan kebocoran refrigeran sebanyak 212 unit (45,49%). Penelusuran akar masalah melalui *Fishbone* Diagram mengidentifikasi bahwa penyebab kecacatan berasal dari empat kelompok faktor utama (4M), meliputi keterbatasan pengalaman dan ketidaktelitian operator (*man*), kondisi *conveyor* tidak stabil, kelainan sensor, dan *forklift* tanpa bumper (*machine*), kualitas material pipa serta label yang mudah rusak (*material*), serta pengelasan manual tanpa parameter standar dan SOP *forklift* yang belum optimal (*method*).

Hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa penyebab kegagalan dengan tingkat risiko tertinggi berada pada kelompok kebocoran refrigeran, dengan urutan prioritas utama meliputi kondisi *conveyor* tidak stabil (RPN 196), operator kurang berpengalaman (RPN 192), pengelasan manual tanpa parameter standar (RPN 160), dan operator kurang teliti (RPN 144). Sementara itu, pada kelompok kerusakan visual, nilai RPN tertinggi diduduki oleh kurangnya pelatihan penanganan produk (RPN 108), kelalaian operator (RPN 96), serta SOP *forklift* yang belum memperhitungkan risiko benturan (RPN 84). Temuan ini memperlihatkan bahwa meskipun kecacatan kerusakan visual dominan secara kuantitas, prioritas penanganan risiko utama tetap berada pada kecacatan fungsi (kebocoran refrigeran) karena membawa dampak (*Severity*) yang jauh lebih kritis terhadap kualitas produk.

Sebagai solusinya, usulan perbaikan yang dirumuskan difokuskan pada penyebab dengan nilai RPN tertinggi melalui empat aspek utama (4M). Tindakan korektif tersebut mencakup pelaksanaan pemeliharaan preventif dan pengecekan alignment *conveyor* di area pengelasan, peningkatan kompetensi operator melalui pelatihan teknis pengelasan dan sistem mentoring, penetapan parameter standar terikat pada proses pengelasan manual yang dituangkan dalam *Job Instruction Sheet*, penerapan *check sheet* mandiri serta inspeksi berlapis, pembaruan SOP operasional *forklift*, hingga pengetatan inspeksi penerimaan bahan baku pipa dan label kemasan. Rangkaian usulan ini dirancang untuk mencegah terjadinya kegagalan pada sumbernya, meningkatkan kemampuan deteksi, serta menstabilkan kualitas proses OQC secara berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- [1] N. B. Puspitasari, G. P. Arianie, and P. A. Wicaksono, "Analisis Identifikasi Masalah Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Risk Priority Number (RPN) Pada Sub Assembly Line (Studi Kasus : PT . Toyota Motor Manufacturing Indonesia)," vol. 12, no. 2, pp. 77–84, 2017.
- [2] D. Romadhon. Badaring, "Indonesian Fundamental," *Indonesian Journal of Fundakental Sciences (IJFS)*, vol. 4, no. 2, pp. 16–26, 2020.
- [3] A. Ridwan, A. Sonda, and A. Amelia, "Product quality control analysis using the six sigma method," *Journal Industrial Servicess*, vol. 9, no. 1, p. 53, 2023, doi: 10.36055/jiss.v9i1.19044.
- [4] D. Maulana, B. Sumartono, and H. Moektiwibowo, "Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Six Sigma Pada Proses Produksi Komponen Plate Di Line 3 Pt Gs Battery," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 6, no. 1, pp. 12–22, 2018, [Online]. Available: <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jtin/article/download/216/193>
- [5] F. P. Zukhruf, A. E. Nugraha, and B. Nugraha, "Pengendalian Defect Visual dengan Pendekatan Statistical Quality Control sebagai Upaya Perbaikan Produk," *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, vol. 15, no. 2, p. 189, 2023, doi: 10.28989/angkasa.v15i2.1831.
- [6] I. Farida and N. Mardiana, "Implementasi Metode Statistical Quality Control Pada Proses Pengendalian Kualitas Hasil Produksi," *Techno-Socio Ekonomika*, vol. 16, no. 1, pp. 50–62, 2023, doi: 10.32897/techno.2023.16.1.1415.
- [7] R. K. Putri, W. Prastiwinarti, and R. Ningtyas, "Mode Andeffects Analysis Dan Root Cause Analysis Untuk Pengendalian Kualitas Kemasan," vol. 3, no. 1, pp. 38–49, 2023.
- [8] A. Bajili and R. Fitriani, "Pengendalian Kualitas Pada Divisi Outgoing Quality PT . Panasonic Manufacturing Indonesia," *Ekuivalensi Jurnal Ekonomi Bisnis*, vol. 10, no. 1, pp. 59–76, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.kahuripan.ac.id/index.php/Ekuivalensi/article/view/1102>
- [9] C. M. Angely Saputro and M. H. Hakim, "Analisis Peningkatan Kualitas Produksi Kemasan Plastik di PT.XYZ dengan Metode Fishbone dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)," *Journal of Manufacturing in Industrial Engineering & Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 90–102, 2025, doi: 10.30651/mine-tech.v4i2.29195.
- [10] M. K. S. Burrage PS Brinckerhoff CE, "Table of Contents Table of Contents یرتکده بحاصمزا ییپات ،ریدسزا," *European University Institute*, vol. 11, no. 2, pp. 2–5, 2012, doi: 10.21070/acopen.11.2026.
- [11] P. Studi, T. Industri, U. Riau, and K. Batam, "Juli 2021 Pengendalian Kualitas Produk Pada Proses Produksi Air Minum Dalam Kemasan Botol 600 Ml Dengan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA) Di Pt . Lmn Batam E-Issn 2598-9987 a) Kualitas W . Edward Deming menjelaskan bahwa kualitas merupakan perb," vol. 9, no. 1, 2021.
- [12] M. F. Nurdyansyah and D. Widyaningrum, "Analisis cacat proses pembuatan Air Mineral dalam Kemasan dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis Pada CV. AL Azhar Mandiri," *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, vol. 9, no. 1, pp. 338–344, 2023, doi: 10.24014/jti.v9i1.22588.
- [13] D. Hamdani, A. F. Idul Fata, and H. Iskandar, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk T-Shirt Menggunakan Metode Fault Tree Analysis & Failure Mode and Effetcs Analysis Pada Pt.Xyz," *Journal Industrial Engineering and Management (JUST-ME)*, vol. 7, no. 01, pp. 17–26, 2026, doi: 10.47398/just-me.v7i01.158.
- [14] N. R. S. U, N. R. Ratih, and M. A. Niam, "Penerapan Metode Statistical Proses Control (Spc) Dan Failure Mode Andeffect Analysis (Fmea) Terhadap Pengendalian Kualitas Produk," *Jurnal Ilmiah Cendekia Akuntansi*, pp. 84–95, 2021.
- [15] D. Chandrahadinata, D. S. Taptajani, and M. Sa'bani, "Analisis Kualitas Produk Karet Ribbed Smoked Sheet menggunakan SQC dan FMEA," *Jurnal Kalibrasi*, vol. 19, no. 2, pp. 110–117, 2022, doi: 10.33364/kalibrasi/v.19-2.1067.
- [16] Ade Ismail Firzatulloh, Tarman Tarman, and Afif Fawa Idul Fata, "Analisis Perawatan Mesin Bending Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (Fta) di PT. XYZ," *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, vol. 3, no. 5, pp. 172–187, 2025, doi: 10.61132/venus.v3i5.1121.
- [17] T. G. Nayoga and M. N. Ali Mukhtar, "Analisis Kecacatan Produk Pintu Laminasi Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Dan Fault Tree Analysis (Fta)," *PROFISIENSI: Jurnal Program Studi Teknik Industri*, vol. 12, no. 2, pp. 114–127, 2025, doi: 10.33373/profis.v12i2.6608.
- [18] S. Bastuti, D. Kurnia, and A. Sumantri, "Analisis Pengendalian Kualitas Proses Hot Press Pada Produk Cacat Outsole Menggunakan Metode Statistical Processing Control (Spc) Dan Failure Mode Effect and Analysis (Fmea) Di Pt. Kmk Global Sports 2," *Teknologi : Jurnal Ilmiah dan Teknologi*, vol. 1, no. 1, p. 72, 2018, doi: 10.32493/teknologi.v1i1.1419.