

## Transformasi Data Mutu Dengan Visual Analytics FMEA Sebagai Strategi Reduksi Cacat Pada UMKM Aksesoris

Fathul Mubaricky<sup>1</sup>, Sigit Adi Pratama<sup>2</sup>, Miwan Kurniawan Hidayat<sup>3</sup>, Eni Irfiani<sup>4</sup>, Siti Nur Hamidah<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika  
Kwitang, Kec. Senen, Kota Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia  
e-mail: <sup>1</sup>mubarickyfathul@gmail.com, <sup>2</sup>sigit.sgp@bsi.ac.id, <sup>3</sup>miwan@bsi.ac.id, <sup>4</sup>eni.enf@bsi.ac.id,  
<sup>5</sup>siti.nhm@bsi.ac.id

Artikel Info : Diterima : 00-00-0000 | Direvisi : 00-00-0000 | Disetujui : 00-00-0000

**Abstrak** - Urgensi penelitian data cacat pada UMKM Kerajinan Aksesoris didasarkan pada tingginya tingkat kegagalan produk, seperti lonjakan angka cacat yang mencapai 4,25% pada awal 2025, yang memicu pembengkakan biaya operasional dan melemahnya daya saing di tengah persaingan global di era *Society 5.0*. Penelitian ini sangat penting untuk memutus siklus manajemen "pemadam kebakaran" yang reaktif dan intuitif, dan menggantinya dengan manajemen mutu berbasis data (Kualitas 4.0) yang mampu mendeteksi pola kegagalan secara akurat melalui kerangka kerja *Visual Analytics*. Dengan mengubah data mentah menjadi wawasan visual melalui model 4-Dimensional *Bubble Risk Matrix*, penelitian ini bertujuan untuk menjembatani keterbatasan literasi digital UMKM melalui penyediaan sistem pendukung keputusan yang interaktif dan mudah ditafsirkan dibandingkan dengan format tabel statis konvensional. Hasil yang diinginkan menurut hipotesis adalah kemampuan untuk mengidentifikasi secara akurat risiko prioritas tertinggi seperti "Instabilitas Tegangan Ikatan" (RPN 448), sehingga strategi mitigasi berupa SOP Visual, pelatihan rutin, dan uji tarik manual dapat diimplementasikan secara efektif untuk mengurangi jumlah cacat sekaligus membangun budaya kualitas digital yang berkelanjutan.

Kata Kunci : Analisis Visual, FMEA, Sistem Pendukung Keputusan, SOP Visual, Transformasi Kualitas UMKM

**Abstract** - The urgency of research on defect data in Accessories Craft MSMEs is based on the high rate of product failure, such as a surge in defect rate that reached 4.25% in early 2025, which triggered swelling of operational costs and weakening competitiveness in the midst of global competition in the *Society 5.0* era. This research is crucial to break the reactive and intuitive "firefighting" management cycle, and replace it with data-based quality management (Quality 4.0) that is able to accurately detect failure patterns through the *Visual Analytics* framework. By transforming raw data into visual insights through the 4-Dimensional *Bubble Risk Matrix* model, this study aims to bridge the limitations of MSME digital literacy through the provision of an interactive and easy-to-interpret decision support system compared to the conventional static table format. The desired outcome according to the hypothesis is the ability to accurately identify the highest priority risk such as "Bond Voltage Instability" (RPN 448), so that mitigation strategies in the form of Visual SOPs, routine training, and manual tensile tests can be implemented effectively to reduce the number of defects while building a sustainable digital quality culture.

Keywords : *Visual Analytics, FMEA, Decision Support System, Visual SOP, UMKM Quality Transformation.*

### PENDAHULUAN

UMKM memegang peranan krusial dalam perekonomian Indonesia melalui penciptaan lapangan kerja dan kontribusinya pada PDB. Namun, konsistensi kualitas produk menjadi tantangan utama (Firmansyah & Andesta, 2022). Kualitas yang baik tidak hanya memenuhi ekspektasi konsumen, tetapi juga menentukan daya saing. Di era modern, adaptasi manajemen mutu terhadap teknologi data (Quality 4.0) sangat vital untuk keberlangsungan di pasar global (Carvalho et al., 2024). Banyak UMKM menghadapi kesulitan pengendalian kualitas, terbukti dari tingginya cacat produk yang berujung pada peningkatan biaya, waktu pengerjaan, dan penurunan kepuasan pelanggan (Hayuni et al., 2024). Kendala lainnya adalah proses digitalisasi yang terhambat oleh kelemahan manajemen mutu berbasis data (Omowole et al., 2024) dan literasi digital yang rendah. Akibatnya, praktik konvensional dipertahankan, pola cacat produk seringkali tidak terdeteksi karena minimnya adopsi Quality 4.0 (Carvalho et al., 2024). Kerangka Quality 4.0 mensyaratkan analitik data dan interkoneksi cerdas untuk deteksi dini anomali dan pencegahan kerugian (Agustin et al., 2025; Magdy, 2022).



Pada UMKM kerajinan aksesoris, seperti ikat pinggang mutiara rantai, ditemukan berbagai cacat produk mulai dari tali lepas hingga pembatas mutiara pecah. Hal ini mengindikasikan perlunya pengendalian kualitas yang sistematis dan berbasis risiko untuk meminimalkan potensi kerugian. Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) menjadi solusi efektif untuk identifikasi dan pencegahan kegagalan secara sistematis, menghasilkan angka risiko prioritas (RPN) (Suparno & Ni'mah, 2023). FMEA telah terbukti menurunkan produk cacat di berbagai industri, seperti pada tas anyam (Awalia et al., 2024), genteng beton (Utomo, 2022), UMKM makanan (Hidayatullah et al., 2021), serta industri alas kaki (Oktavialli et al., 2023), dan mengurangi pemborosan di sektor lain (Alifka & Apriliani, 2024; Juwito & Ari Zaqi Al-Faritsy, 2022)

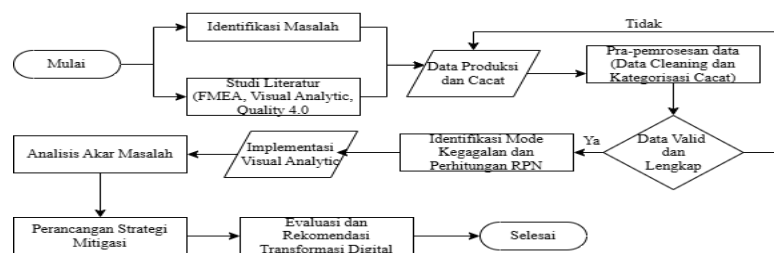
Penyajian hasil analisis secara visual dilakukan untuk memberikan fleksibilitas dan kemampuan perluasan sistem, sehingga memfasilitasi analisis mendalam yang relevan dengan berbagai kebutuhan (Janetzko et al., 2014; Nonnemann et al., 2022). Keunggulan visual analytics terletak pada kemampuannya menggunakan berbagai teknik analisis data untuk menghasilkan wawasan yang dapat diimplementasikan, membantu pemilik UMKM memprioritaskan dan menyelesaikan tantangan mereka (Cheng et al., 2022). Visualisasi hasil analisis dapat memberikan perspektif baru mengenai area yang sudah dipelajari dan mengidentifikasi area yang memerlukan fokus lebih lanjut (Wang et al., 2024).

Permasalahan yang diangkat adalah visualisasi analisis data mutu produksi ikat pinggang mutiara rantai untuk mengidentifikasi potensi kegagalan menggunakan FMEA, serta penentuan prioritas perbaikan melalui Root Cause Analysis di UMKM Kerajinan Aksesoris. Keterbatasan studi pada UMKM aksesoris khusus seperti mutiara dan rantai menjadikan penelitian ini relevan untuk menguji efektivitas FMEA di lingkungan UMKM dengan kendala sumber daya namun berorientasi kualitas. Penelitian ini berfokus pada transformasi data mutu FMEA menjadi visualisasi analisis dalam proses produksi UMKM aksesoris mutiara dan rantai, dengan mengecualikan aspek pemasaran, distribusi, dan keuangan. Tujuan utamanya adalah menerapkan FMEA untuk identifikasi potensi kegagalan, perhitungan RPN, dan penyusunan usulan perbaikan yang meminimalkan risiko serta meningkatkan kualitas produk melalui Visual Analytics FMEA. Berbeda dengan format tabel FMEA yang umum dan seringkali menyulitkan UMKM dalam interpretasi cepat, penelitian ini menghadirkan model Visual Analytics FMEA baru melalui Bubble Risk Matrix 4-Dimensi. Model ini menawarkan tampilan terintegrasi dan interaktif dari empat dimensi risiko: keparahan, probabilitas, RPN, dan deteksi. Inovasi ini menghasilkan purwarupa Sistem Pendukung Keputusan ekonomis yang dirancang untuk UMKM, memprioritaskan masalah tidak hanya berdasarkan RPN, tetapi juga deteksi visual, sekaligus mendukung transformasi digital dalam manajemen mutu UMKM.

Penelitian ini bertujuan mengubah cara UMKM mengelola mutu. Beralih dari cara lama ke manajemen berbasis data. Untuk itu, dalam penelitian ini menggunakan FMEA dan *Visual Analytics*. Penelitian ini akan mencari pola kesalahan produksi aksesoris dengan memakai Diagram Pareto dan Bubble Risk Matrix untuk ini. Kemudian membuat sistem pendukung keputusan yang mudah. Sistem ini akan tampil visual sehingga sistem ini membantu UMKM menentukan prioritas perbaikan risiko. Penentuan itu berdasarkan tingkat keparahan, kemungkinan terjadi, dan cara deteksi. Terakhir, setelah semuanya maka merancang cara memperbaiki proses. Sehingga fokusnya untuk mengurangi produk cacat dapat juga untuk membangun budaya mutu digital. Langkah ini adalah awal untuk Industri 4.0 di UMKM Kerajinan Aksesoris. Sehingga dengan latar belakang tingginya tingkat cacat pada produk UMKM Kerajinan Aksesoris mendorong dilakukannya penelitian berjudul "Transformasi Data Mutu Melalui Visual Analytics FMEA sebagai Strategi Bisnis Reduksi Cacat pada UMKM Kerajinan Aksesoris"

## METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini terinspirasi dari tahapan sistematis dengan melakukan adopsi kerangka kerja dari pada *Continuous Improvement* (PDCA) (Peças et al., 2021), yang dalam prosesnya dikembangkan dengan menggunakan pendekatan data analisis agar dapat memastikan setiap perbaikan berlandaskan dengan adanya bukti yang objektif (Khaw et al., 2022).



Sumber: Olah Data (2025)  
Gambar 1. Metode Penelitian

Gambar 1 menunjukkan mengenai metodologi penelitian yang menjadi dasar dalam setiap prosesnya. Tahapan penelitian dibagi menjadi beberapa segmentasi diantaranya yaitu:

1. Tahapan Pendahuluan dan Identifikasi Masalah

Inisiasi dari proses awal ini dimulai dengan serangkaian kajian literatur yang mendalam serta kegiatan observasi langsung di lapangan, dengan tujuan utama untuk memetakan adanya kesenjangan atau gap yang signifikan antara praktik manajemen mutu yang lazim diterapkan di Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) dengan standar industri yang berlaku saat ini dan bersifat modern. Fokus utama yang ditekankan pada fase ini adalah upaya untuk secara spesifik mengidentifikasi berbagai tantangan yang bersifat kultural maupun manajerial, yang diyakini menjadi penyebab utama rendahnya tingkat adopsi teknologi (M. Müller et al., 2024).

Hal ini sejalan dengan temuan literatur yang mengindikasikan bahwa keterbatasan dalam keterampilan manajerial serta belum matangnya budaya digital kerap kali menjadi faktor penghambat krusial dalam proses transformasi (Omowole et al., 2024). Peninjauan literatur yang komprehensif mengenai berbagai implementasi dari konsep *Quality 4.0* guna memperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai bagaimana integrasi data yang efektif dapat berkontribusi pada peningkatan kapabilitas dalam mendeteksi cacat produksi (Antony & Douglas, 2026).

2. Tahapan Akuisisi dan Pra-pemrosesan Data

Data empiris yang menjadi dasar kajian ini bersumber dari laporan produksi dan catatan mengenai masalah kualitas barang selama kuartal pertama tahun 2025, yaitu dari Januari sampai Maret. Menyadari bahwa UMKM terkendala dalam menerapkan standar yang seragam pada data mereka (Moeuf et al., 2017), penelitian ini secara proaktif melakukan pembersihan data serta menyusun ulang kategori mode kegagalan agar konsisten dengan kaidah-kaidah terminologi teknis. Langkah ini dirancang untuk mengokohkan integritas data sebelum dilanjutkan ke fase pemodelan risiko, dengan maksud utama untuk menekan sekecil mungkin kerancuan yang mungkin muncul akibat cara pencatatan yang masih bersifat manual (Tao et al., 2018; Wuest et al., 2016).

3. Tahapan Analisis Risiko dan Visualisasi

Inti dari proses ini adalah transformasi data mentah menjadi wawasan visual yang dapat diakses. Metodologi yang diterapkan adalah Analisis Mode Kegagalan dan Efek (FMEA), di mana nilai Nomor Prioritas Risiko (RPN) dihitung (Manikandaprabu & Anbuudayasankar, 2019). Nilai RPN ini merupakan hasil perkalian dari tiga komponen: tingkat keparahan potensi kegagalan (*Severity*), kemungkinan terjadinya kegagalan (*Occurrence*), dan efektivitas sistem deteksi saat ini (*Detection*). Berbeda dengan cara lama yang mengandalkan tabel semata, hasil perhitungan RPN di sini divisualisasikan lebih lanjut menggunakan Diagram Pareto dan Peta Risiko Multidimensi (*Bubble Risk Matrix*) (Yazdi et al., 2024). Pendekatan visual ini secara strategis dipilih untuk memfasilitasi pemahaman bagi tenaga kerja di sektor UMKM yang mungkin memiliki keterbatasan pengetahuan teknis, sehingga mereka dapat mengenali pola kegagalan yang kritis secara langsung tanpa bergantung pada interpretasi statistik yang rumit (Kurpjuweit et al., 2019).

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi, serta menghilangkan cacat atau kegagalan pada produk selama proses produksi. Dalam proses analisis FMEA, terdapat tiga variabel yang digunakan untuk menentukan masalah antara lain adalah tingkat kerusakan/keparahan (*severity*), frekuensi (*occurrence*), dan tingkat deteksi (*detection*) (Suseno & Ihza Kalid, 2022). Output dari metode FMEA adalah nilai RPN yang menyatakan tingkat risiko kegagalan proses. Adapun formula untuk menghitung RPN adalah sebagai berikut (Hafizul Aiman & Nuruddin, 2023)

$$RPN = S \times O \times D \tag{1}$$

Keterangan:

*Severity* (S) = tingkat keparahan efek kegagalan.

*Occurrence* (O) = kemungkinan terjadinya suatu kegagalan.

*Detection* (D) = seberapa besar kemungkinan kegagalan tersebut dapat dideteksi.

Tabel 1. Nilai *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*

<i>Severity Rating</i>		<i>Occurrence Rating</i>		<i>Detection Rating</i>	
1	M	1	U	1	VH
2-3	L	2	VL	2-5	H
4-6	MD	3-4	L	6-8	MD
7-8	H	4-6	MD	9	L
9-10	VH	7-8	H	10	VL
		9-10	VH		

Sumber: (Tejaningrum & Rustyani, 2019)

Ket: M (*Minor*), L (*Low*), MD (*Moderate*), H (*High*), VH (*Very High*), U (*Unliked*), VL (*Very Low*).

Kemudian setelah selesai maka dilanjutkan dengan sebuah metode yang digunakan sebagai alat identifikasi dan analisis mengenai sebuah kegagalan pada suatu sistem serta memperbaiki kegagalan tersebut

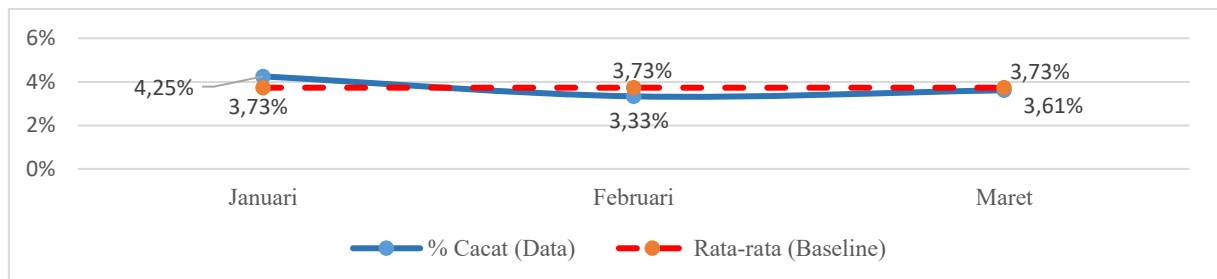
(Widhianingsih & Wahyuni, 2024). Metode *Root Cause Analysis* disebut juga penyelidikan lima *whys* (Fandi Rafsyah Zani & Hari Supriyanto, 2021).

#### 4. Tahap Perancangan Strategi Mitigasi dan Evaluasi

Sejalan dengan pemetaan risiko yang menunjukkan kuadran kritis dengan nilai RPN tinggi dan deteksi yang sulit, disusunlah suatu pendekatan komprehensif untuk mitigasi, baik dari sisi teknis maupun manajerial. Upaya perbaikan yang diusulkan secara spesifik mencakup penciptaan SOP yang lebih intuitif melalui penggunaan visualisasi (gambar/video) dan pengenalan uji tarik manual yang bertujuan untuk menyelaraskan dan menstandarisasi tahapan pengikatan (Fässberg et al., 2021). Setelah implementasi ini, langkah selanjutnya adalah melakukan penilaian terhadap efektivitasnya dalam mengurangi risiko dan merumuskan rekomendasi strategis yang lebih luas untuk membangun sebuah budaya kualitas yang bersandar pada data (*data-driven quality culture*) (Zulqarnain & Wasif, 2022), yang esensial sebagai penopang utama ketahanan dan pertumbuhan bisnis di tengah transformasi digital (Tortorella & Fettermann, 2018; Zulqarnain & Wasif, 2022).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan di lokasi penelitian UMKM Kerajinan Aksesori maka detail didapat seperti pada Gambar 2:

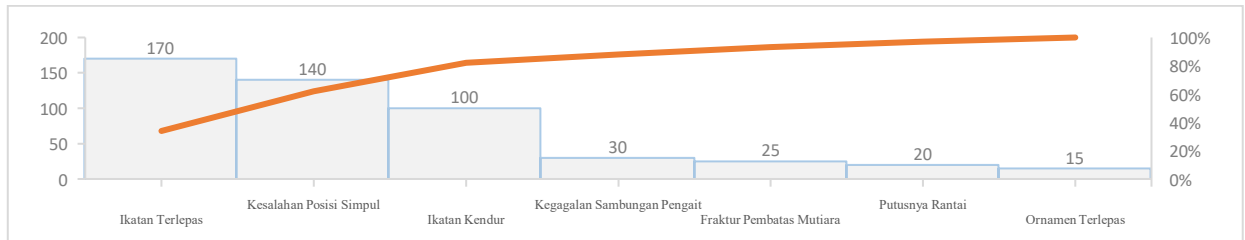


Sumber: Olah Data Penelitian (2025)  
Gambar 2 Peta Kendali Stabilitas Kualitas (*Defect Rate Trend*)

Data yang terdapat pada "Peta Kendali Stabilitas Kualitas (*Defect Rate Trend*)" kendali tersebut produk cacat dalam periode Januari-Maret 2025. Pada bulan Januari 2025 memiliki tingkat kecacatan hasil produksi yang paling tinggi yang mana sudah melampaui garis rata-rata (*baseline*) sebesar 4,25%. Hal ini mengindikasikan bahwa pada bulan Januari 2025 terdapat banyak produk yang tidak sesuai dengan standar atau terjadinya ketidakstabilan proses yang cukup signifikan. Angka tersebut ditunjang dengan jumlah produksi dibulan Januari 2025 sebanyak 4.000 *pcs* dengan hasil jumlah produk cacat sebanyak 170 *pcs*.

Melanjutkan di bulan Februari 2025 telah terjadinya penurunan tingkat kecacatan hasil produksi yang signifikan dibandingkan pada bulan Januari 2025 dengan nilai yaitu 3,33% yang artinya memiliki varian sebesar 0,92%. Penurunan ini bergerak menjauhi garis rata-rata (*baseline*), sehingga dapat menunjukkan adanya perbaikan kualitas atau efektifitas dari tindakan perbaikan. Pada bulan Februari 2025 juga mengalami peningkatan permintaan sebanyak 6.000 *pcs* dengan tingkat kecacatan produksi sebanyak 200 *pcs*. Pergerakan meningkat terjadi kemudian pada bulan Maret 2025 untuk tingkat kecacatan menjadi 3,61%. Peningkatan ini berbanding terbalik dengan jumlah permintaan yang justru menurun yaitu ada pada 3.600 *pcs* dengan kecacatan produksi sebanyak 130 *pcs*. Meskipun terjadi peningkatan persentase angka tersebut masih berada dibawah *baseline*.

Berbicara mengenai *baseline* pada Gambar 2, menunjukkan rata-rata tingkat kecacatan selama periode produksi selama 3 bulan tersebut. Sehingga ini dijadikan sebuah acuan standar kinerja yang ada pada UMKM Kerajinan Aksesoris. Maka pada hal ini dapat terdapat tren perbaikan awal pada kinerja produksinya yang sangat positif dari bulan Januari 2025 ke bulan Maret 2025, dengan varian persentase penurunan sebanyak 0,92%. Meskipun secara keseluruhan untuk periode dari Februari ke Maret 2025 terjadi kenaikan persentase hal ini dapat dinilai sebagai ketidakconsistenan, sehingga kinerjanya perlu diwaspadai. Dari data tersebut produk cacat dalam periode Januari-Maret 2025 berjumlah 500 *pcs* dengan jenis kecacatan yang berbeda-beda. Klasifikasi cacat produk dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:





Sumber : Olah Data Penelitian (2025)

Gambar 3 Diagram Pareto Defect Priority

Diagram Pareto *Defect Priority* pada Gambar 3 memvisualisasikan sebaran data kecacatan produk dengan sumbu X yang merepresentasikan jenis-jenis cacat (seperti ikatan terlepas hingga ornamen terlepas), sumbu Y sebelah kiri yang menunjukkan frekuensi atau jumlah kejadian masing-masing kecacatan, serta sumbu Y sebelah kanan yang menampilkan garis persentase kumulatifnya. Temuan dari penerapan prinsip Pareto pada grafik tersebut menunjukkan pola yang signifikan, yaitu sekitar 80% dari total masalah kualitas produk dihasilkan oleh jenis cacat krusial yang mendominasi grafik. Jenis kecacatan yang paling dominan meliputi ikatan yang lepas, kesalahan posisi simpul (ikatan tepat di sambungan ring buka-tutup), dan ikatan yang longgar (kendur). Menyikapi tingginya frekuensi pada segmen kritis tersebut, rumusan strategi bisnis mengambil langkah tegas dengan memusatkan sumber daya dan upaya perbaikan pada cacat utama yang memicu sebagian besar isu kualitas ini. Beragam jenis cacat produk yang divalidasi dari temuan akhir di rantai produksi UMKM Kerajinan Aksesori kemudian diklasifikasikan secara lebih rinci pada Tabel 2, yang memberikan gambaran menyeluruh mulai dari daftar jenis cacat, penjelasan karakteristik kecacatan, hingga contoh ilustrasi visual dari produknya.

Tabel 2 Cacat Produk Berdasarkan Jenisnya

Jenis Cacat	Penjelasan Singkat	Jumlah (pcs)
Kegagalan Sambungan Pengait	Fokus pada fungsi komponen pengait yang gagal.	
Fraktur Pembatas Mutiara	Menggunakan istilah teknis "fraktur" untuk pecah/retak.	
Ikatan Lepas	Mengindikasikan kegagalan fungsi pengikat secara total.	
Kesalahan Posisi Simpul	Menjelaskan letak simpul yang tidak pada tempatnya (berisiko lepas).	
Ikatan Kendur	Menggambarkan kurangnya ketegangan (tension) pada simpul.	
Putusnya Rantai	Istilah baku untuk kerusakan material rantai.	

Jenis Cacat	Penjelasan Singkat	Jumlah (pcs)
Ornamen Terlepas	Mengganti "hiasan" dengan "ornamen" agar lebih formal.	

Sumber : Olah Data Penelitian (2025)

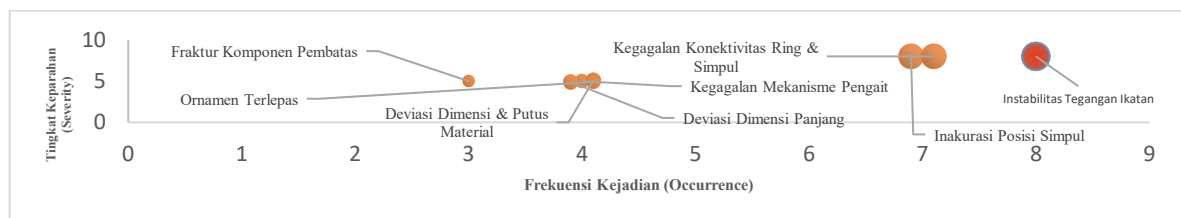
Setelah dilakukan pengelompokan hasil jenis cacatnya maka ditahap selanjutnya adalah melakukan identifikasi tahap FMEA. Berikut ini merupakan tahapan pengolahan data menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Dimana pada metode ini dilakukan Identikasi Potensi kegagalan, penyebab dan dampak.

Tabel 3 Mode Kegagalan

Proses	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause
Pasang pengait ke ring awal	Kegagalan Mekanisme Pengait	Pemasangan tidak rapat	Produk tidak bisa digunakan
Ukur dan potong mutiara panjang 55cm	Deviasi Dimensi Panjang	Kurang teliti, alat ukur tidak standar	Produk tidak sesuai standar, produk di return
Pasang pembatas mutiara	Fraktur Komponen Pembatas	Kualitas kurang bagus	Produk kurang estetik
Ikat tali ke ring pertama	Ikatan longgardan lepas	Teknik ikat yang salah	Tali lepas saat dipakai
Pasang pembatas mutiara	Pembatas Mutiara pecah	Kualitas kurang bagus	Produk kurang estetik
Ikat tali lainnya ke ring yang kedua	Ikatan tepat di sambungan ring, ikatan longgar dan lepas.	kurangnya panduan terkait posisi pengikatan dan teknik ikat yg salah	Produk rusak saat digunakan
Potong rantai panjang 45cm	Panjang tidak sesuai, rantai putus	Alat ukur tidak sesuai, rantai kurang kuat	Pajang produk tidak sesuai, di return
Pasang hiasan pada rantai	Hiasan lepas	Kurang rapat saat di mengunci hiasan	Produk kurang estetik
Gabungkan bagian mutiara dan rantai melalui ring kedua	Ikatan tepat di Sambungan ring atau ring yang lepas.	kurangnya panduan terkait posisi pengikatan	Produk rusak

Sumber: Olah Data Penelitian (2025)

Hasil perhitungan RPN masing-masing risiko dan perangnya dapat dilihat pada tabel berikut:



Sumber: Olah Data Penelitian

Gambar 4 Peta Visualisasi Risiko (*Risk Bubble Matrix*)

Meskipun Gambar 4 tidak menampilkan mode kegagalan yang mudah dideteksi (tingkat "Rendah") melalui indikator hijau, matriks risk bubble menyoroti bahwa FMEA tergolong dalam rentang deteksi "Sedang" dan "Tinggi". Kontradiksi ini mengindikasikan bahwa sistem kontrol kualitas UMKM Kerajinan Aksesoris kurang efektif dalam mendeteksi dini potensi cacat produk. Intervensi berupa pengetatan pengawasan visual mutlak diperlukan untuk mengatasi kelemahan ini. Gambar 4 menampilkan bahwa kategori nilai RPN tertinggi terkait dengan ikatan yang longgar dan lepas, yang dihitung melalui FMEA, sementara faktor pembatas mutiara pecah menunjukkan RPN terendah. Skala RPN mengklasifikasikan risiko, di mana  $< 20$  adalah "very low", 20-80 "Low",

80-120 "medium", 120-200 "high", dan > 200 "very high". Tiga mode kegagalan utama yang masuk dalam kategori sangat tinggi adalah ikatan longgar/lepas (RPN = 448), ikatan di sambungan ring, dan ring lepas saat digabung. Ketiga mode ini memiliki penyebab mendasar yang identik, yaitu kekeliruan dalam teknik pengikatan dan minimnya informasi mengenai posisi pengikatan yang benar. Karena ketiganya tidak dapat ditoleransi, solusi terintegrasi dirancang untuk menangani masalah ini bersamaan, sehingga memberikan efektivitas yang lebih besar.

Masalah inti yang dihadapi adalah instabilitas tegangan ikat, yang jika dianalisis lebih mendalam, menunjukkan kegagalan sistemik bukan sekadar kendala teknis. Kesenjangan proses terjadi karena pekerja mengandalkan intuisi atau suasana hati (dianggap sebagai "seni") alih-alih proses rekayasa terstandarisasi. Hal ini diperparah dengan ketidakmampuan manajemen menerjemahkan pengetahuan implisit pengrajin menjadi Standar Operasional Prosedur (SOP) yang eksplisit, sehingga terjebak dalam siklus reaktif seperti "pemadam kebakaran". Fokus yang hanya pada perbaikan fisik harian bersifat jangka pendek, menghambat perencanaan pencegahan berbasis data baik secara mental maupun finansial. Kualitas seringkali dianggap sebagai beban, padahal seharusnya menjadi investasi untuk menghemat sumber daya dari pemborosan berulang. Untuk memutus siklus ini, perlu beralih dari sekadar mengoreksi kesalahan menjadi pencegahan sistemik. Formalisasi pengetahuan bertujuan mengukur keahlian pekerja secara kuantitatif untuk mengurangi bias individu. Pergeseran pola pikir menjadikan perbaikan kualitas sebagai investasi untuk melunasi "Utang Teknis" dan meningkatkan profitabilitas masa depan melalui pengurangan Biaya Operasional Perkiraan Kualitas (COPQ).

Untuk mengurangi subjektivitas, perlu segera diimplementasikan acuan visual berupa papan contoh fisik tegangan ("Sempurna," "Longgar," "Ketat"). Rapat Kualitas 10 Menit harian berfungsi meninjau cacat dan menumbuhkan budaya pencegahan. Standardisasi proses didukung oleh "SOP Berbasis Video" yang dibuat dari rekaman pengrajin ahli, menggantikan manual teks yang kurang praktis. Penggunaan alat bantu fisik (jigs) dalam mengontrol tegangan aksesoris akan menjamin kualitas stabil dan mengurangi ketergantungan pada intuisi pekerja. Pemetaan kerugian finansial dari pemborosan material melalui "Waste Bucket" menjadi strategi penempatan kualitas sebagai investasi ROI. Pelaporan cacat instan via Google Forms akan menyajikan data tanpa biaya tambahan. Transformasi budaya diperkuat dengan insentif "Pahlawan Kualitas" bagi pekerja berkinerja rendah cacat, serta fasilitasi transfer keahlian melalui sesi berbagi bulanan dari pengrajin ahli:

Tabel 4 Prioritas Implementasi

Prioritas	Solusi	Biaya	Dampak
1 (Sekarang)	Sample Batas Visual	Hampir Nol	Pengurangan subjektivitas secara langsung
2 (Minggu 1)	Pelacakan Tempat Sampah	Nol	Perubahan pola pikir manajemen dari biaya menjadi ROI
3 (Minggu 2)	Video SOP dan Jig	Low	Menstandarkan "Seni" menjadi "Teknik"
4 (Bulan 1)	Google Form Analytics	Nol	Memberikan wawasan berbasis data untuk strategi jangka panjang.

Sumber: Olah Data

Pada bagian dari Gambar 4 ditunjukkan tidak adanya mode kegagalan dengan tingkat deteksi "Rendah" (mudah terdeteksi), hasil yang divisualisasikan dengan ketiadaan indikator berwarna hijau pada peta visualisasi risiko. Namun pada *risk bubble matrix* justru menunjukkan hasil dari FMEA berada pada mode dalam tahap rentang terdeteksi dengan tingkat "Sedang" hingga "Tinggi". Dominasi yang divisualkan justru menunjukkan bahwa sistem kontrol kualitas yang terdapat di UMKM Kerajinan Aksesoris tersebut memiliki kelemahan dalam deteksi dini produk yang memiliki potensi cacat sebelum sebuah produk sampai diterima di tangan konsumen, sehingga diperlukan sebuah intervensi suatu tatanan pengawasan visual yang lebih ketat.

Masalah utama disini adalah adanya cacat dengan kategori berupa "Instabilitas Tegangan Ikat", jika dilihat dengan detail ini bukan hanya masalah teknis namun sudah menjurus kepada hasil dari kegagalan sistemik. Pada masalahnya terdapat kesenjangan proses yang terjadi karena pekerja menganggap sebagai "seni" dimana bekerja tergantung dengan intuisi atau *mood*, bukan dilakukan berdasarkan standar proses rekayasa yang terstandarisasi. Munculnya kejadian berupa kesenjangan manajemen dimana terdapat kekurangan dari segi kemampuan untuk menafsirkan pengetahuan yang implisit (tacit) dari para pengrajin menjadi sebuah Standar Operasional Prosedur (SOP) yang lebih bersifat eksplisit. Arti besarnya manajemen terjebak dalam sebuah kondisi Siklus "Pemadam Kebakaran" Reaktif. Fokus utamanya hanya proses perbaikan secara fisik harian yang bersifat waktu singkat atau bisa dikatakan waktu hidup yang pendek, maka tidak memiliki sebuah pola mental atau finansial untuk proses perbaikan dengan pencegahan berbasis data. Manajemen memandang kualitas sebagai biaya/beban, yang mana seharusnya merupakan sebuah investasi untuk membebaskan sumber daya dari kejadian pemborosan berulang. Pemutusan siklus tersebut harus mengubah pola yang ada sebelumnya dari sekedar mengoreksi kesalahan yang ada saat itu menjadi langkah besar pencegahan secara sistemik. Upaya formalisasi pengetahuan bertujuan menjabarkan keahlian pekerja menjadi parameter kuantitatif guna mengurangi bias individual. Pergeseran pola pikir mengartikan perbaikan kualitas sebagai investasi untuk melunasi "Utang Teknis", yang memperbaiki profitabilitas masa depan dengan menekan COPQ.

Perbaikan yang dapat segera dilaksanakan dengan mengimplementasikan acuan visual berupa papan contoh fisik tegangan—"Sempurna," "Longgar," dan "Ketat"—guna mengatasi subjektivitas. Adakan "Rapat Kualitas 10 Menit" setiap pagi untuk meninjau cacat dan membangun kultur pencegahan. Standardisasi proses difasilitasi oleh rekaman pengrajin terampil yang menjadi dasar "SOP Berbasis Video" yang lebih mudah diakses daripada manual teks. Alat bantu fisik (*jigs*) digunakan untuk mengontrol tegangan aksesori, menjamin kualitas yang stabil dan mengurangi ketergantungan pada intuisi pekerja. Pergeseran strategis dilakukan dengan memanfaatkan "*Waste Bucket*" untuk memetakan kerugian finansial dari pemborosan material, menempatkan kualitas sebagai investasi ROI. Pelaporan cacat secara instan melalui *Google Forms* akan menyajikan data tanpa biaya perangkat lunak tambahan. Transformasi budaya dicapai melalui pemberian insentif "Pahlawan Kualitas" bagi pekerja dengan cacat terendah, sekaligus memfasilitasi formalisasi transfer keahlian melalui sesi berbagi bulanan dari pengrajin ahli. Berikut bentuk rangkuman untuk prioritasnya:

Tabel 5 Prioritas Implementasi

Prioritas	Solusi	Biaya	Dampak
1 (Sekarang)	Sample Batas Visual	Hampir Nol	Pengurangan subjektivitas secara langsung
2 (Minggu 1)	Pelacakan Tempat Sampah	Nol	Perubahan pola pikir manajemen dari biaya menjadi ROI
3 (Minggu 2)	Video SOP dan Jig	Low	Menstandarkan "Seni" menjadi "Teknik"
4 (Bulan 1)	<i>Google Analytics Form</i>	Nol	Memberikan wawasan berbasis data untuk strategi jangka panjang.

Sumber: Olah Data

## KESIMPULAN

Integrasi Visual *Analytics* dan FMEA terbukti berhasil mengubah data mutu manual menjadi wawasan strategis yang efektif menurunkan cacat di UMKM Aksesoris. Temuan utama menyoroti "Instabilitas Tegangan Ikatan" sebagai risiko prioritas dengan RPN 448, akibat kegagalan sistemik dari ketergantungan pada intuisi pekerja. Analisis Pareto mengindikasikan 80% isu kualitas dipicu oleh 20% cacat utama, khususnya ikatan yang tidak kokoh. Solusi hemat biaya seperti Sampel Batas Visual dan SOP Video diajukan untuk menstandarisasi teknik produksi dan menghilangkan subjektivitas. Penelitian ini berhasil membentuk dasar Quality 4.0 di UMKM, beralih dari manajemen reaktif ke pencegahan berbasis data, sehingga meningkatkan kualitas produk dan profitabilitas masa depan dengan mengurangi biaya pemborosan (COPQ). Untuk riset selanjutnya, disarankan pengembangan *dashboard* analitik dan studi manajemen perubahan terkait adopsi teknologi digital.

## REFERENSI

- Agustin, D., Nurhadi, F. F., Qurrata, H., & Faiz Aditya Achmad. (2025). Penerapan Instrumen Industri 4.0: Analisis SWOT Sebagai Strategi Transformasi Industri 4.0 di CV Muda Teknindo. *Journal of Community Services in Sustainability*, 1, 19–27.
- Alifka, K. P., & Apriliani, F. (2024). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Metode Statistical Process Control ( SPC ) dan Failure Mode and Effect Analysis ( FMEA ). *Factory Jurnal Industri, Manajemen Dan Rekayasa Sistem Industri*, 2.
- Antony, J., & Douglas, J. A. (2026). Essential ingredients for the implementation of Quality 4 . 0. *Emerald*, 32(4), 779–793. <https://doi.org/10.1108/TQM-12-2019-0275>
- Awalia, R. M., Syakhroni, A., & Sukendar, I. (2024). Upayapeningkatankualitas Produk Tas Anyam Menggunakan Metode Plan, Do, Check, Action(Pdca) Dan Failure Mode And Effect Analysis (Fmea), Dan 5w+ 1h(Studi Kasus: Cv. Syam’s Indonesian Handicraft). *Jurnal Logistica*, 3(1), 26–36.
- Carvalho, A. M., Dias, A. R., Dias, A. M., Sampaio, P., Carvalho, A. M., Dias, A. R., & Dias, A. M. (2024). The Quality 4 . 0 Roadmap : Designing a capability roadmap toward quality management in Industry. *Quality Management Journal*, 31(2), 117–137. <https://doi.org/10.1080/10686967.2024.2317478>
- Cheng, X., Chaw, J. K., Goh, K. M., Ting, T. T., Sahrani, S., Nazir Ahmad, M., Rabiah Abdul Kadir, & Mei Choo Ang. (2022). Systematic Literature Review on Visual Analytics of Predictive. *Sensor MDPI*, 1–16.
- Cotrino, A., Sebasti, M. A., & Gonz, C. (2020). Industry 4 . 0 Roadmap : Implementation for Small and Medium-Sized Enterprises. MDPI.
- Fandi Rafsyan Zani, & Hari Supriyanto. (2021). Analisis Perbaikan Proses Pengemasan Menggunakan Metode Root Cause Analysis Dan Failure Mode And Effect Analysis Dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Produk Pada CV. XYZ. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 140–146.
- Fässberg, T., Fasth, Å., Mattsson, S., & Stahre, J. (2021). Cognitive automation in assembly systems for mass

- customization. Chalmers University of Technology.
- Firmansyah, A. R., & Andesta, D. (2022). Analisis Penyebab Kecacatan dan Usulan Perbaikan Produk Tepung Crispy dengan Metode Failure Mode Effect Analysis. *Serambi Engineering*, VII(2), 3135–3143.
- Hafizul Aiman, M., & Nuruddin, M. (2023). Analisis Kecacatan Produk Pada Mesin Pemotongan Dengan Menggunakan Metode FMEA di UD. *Abdi Rakyat. Jurnal Teknik Industri*, 9(2).
- Hayuni, A., Ilmaniati, A., & Masrofah, I. (2024). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Ayam Marinasi dengan Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis ( FMEA ) dan 5W + 1H ( Studi Kasus : PT . QL Trimitra ) Analysis of Marinated Chicken Products Quality Control using The Failure Mode Effect Analysis. *Jurnal Media Teknik & Sistem Industri*, 8(1), 27–37. <https://doi.org/10.35194/jmtsi.v8i1.4064>
- Hidayatullah, M. S., Widyaningrum, D., & Rizqi, A. W. (2021). PENERAPAN STATISTICAL QUALITY CONTROL DAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS GUNA MENGURANGI KECACATAN PRODUK ( Studi Kasus : UMKM Queen Pie ) E -ISSN : 2746-0835 Volume. *JUSTI ( Jurnal Sistem Dan Teknik Industri )*, 2(4), 519–530.
- Janetzko, H., Sacha, D., Stein, M., Schreck, T., Keim, D. A., & Deussen, O. (2014). Feature-driven visual analytics of soccer data. *2014 IEEE Conference on Visual Analytics Science and Technology (VAST)*, 13–22. <https://doi.org/10.1109/VAST.2014.7042477>
- Juwito, A., & Ari Zaqi Al-Faritsy. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Untuk Mengurangi Cacat Produk Dengan Metode Six Sigma Di Umkm Makmur Santosa. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(12), 3295–3315.
- Khaw, T. Y., Ping, T., Siti-Nabiha, A. K., & Letchmunan, S. (2022). The impact of digital leadership on sustainable performance: a systematic literature review. *Journal of Management Development*, 41. <https://doi.org/10.1108/JMD-03-2022-0070>
- Kurpjuweit, S., Reinerth, D., Schmidt, C. G., & Wagner, S. M. (2019). Implementing visual management for continuous improvement: barriers, success factors and best practices. *International Journal of Production Research*, 57(17), 5574–5588. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1553315>
- M. Müller, J., Islam, N., Kazantsev, N., Romanello, R., Olivera, G., Das, D., & Hamzeh, R. (2024). Barriers and Enablers for Industry 4.0 in SMEs: A Combined Integration Framework. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1–13. <https://doi.org/10.1109/TEM.2024.3365771>
- Magdy, H. (2022). ScienceDirect ScienceDirect SMEs , Barriers Barriers and and Opportunities Opportunities on on adopting adopting Industry. *Procedia Computer Science*, 196, 864–871. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.086>
- Manikandaprabu, S., & Anbuudayasankar, S. P. (2019). Productivity Improvement through Lean Manufacturing. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 8958(5), 2657–2660.
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., & Tamayo-giraldo, S. (2017). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4 . 0. *International Journal of Production Research*, 7543(September). <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
- Nonnemann, L., Hogräfer, M., Röhligh, M., Schumann, H., Urban, B., & Schulz, H.-J. (2022). A Data-Driven Platform for the Coordination of Independent Visual Analytics Tools. *Computers & Graphics*, 106, 152–160. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cag.2022.05.023>
- Oktavialli, I., Rukmana, A. N., & Bachtiar, I. (2023). Usulan Perbaikan Kualitas Kualitas terhadap Produk Cacat dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis ( FTA ) dan Failure Mode And Effect Analysis ( FMEA ) di CV . X. *Bandung Conference Series: Industrial Engineering Science*, 3, 214–223.
- Omwole, B. M., Olufemi-phillips, A. Q., Ofodile, O. C., Eyo-udo, L., & Ewim, S. E. (2024). Barriers and drivers of digital transformation in SMEs : A conceptual analysis. *International Journal of Scholarly Research in Science and Technology*.
- Peças, P., Gamb, M., Sampayo, M., & Jorge, D. (2021). PDCA 4 . 0 : A New Conceptual Approach for Continuous Improvement in the Industry 4 . 0 Paradigm. *MDPI*.
- Suparno, & Ni'mah, F. (2023). Analisis Kualitas Produk Songkok Menggunakan Pendekatan Ishikawa Diagram dan Failure Mode and Effect Analysis. *Jurnal Optimalisasi Teknik Industri*, 09(02).
- Suseno, & Ihza Kalid, S. (2022). Pengendalian Kualitas Cacat Produk Tas Kulit Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Dan Fault Tree Analysis (Fta) Di PT Mandiri Jogja Internasional. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(6), 1307–1320.
- Tao, F., Qi, Q., Liu, A., & Kusiak, A. (2018). Data-driven smart manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 48, 157–169. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.01.006>
- Tejaningrum, A., & Rustyani, I. (2019). Analisis Kualitas Produk Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis ( Fmea ) Untuk Mengidentifikasi Faktor Penyebab Dominan. *Journal of Entrepreneurship, Management, and Industry*, 2(3), 128–137.
- Tortorella, G. L., & Fettermann, D. (2018). Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2975–2987. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>

- Utomo, E. B. (2022). Peningkatan Kualitas Produk Genteng Beton dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) pada PT X. *TECNOSCIENZA*, 7(1).
- Wang, J., Liu, S., & Zhang, W. (2024). Visual Analytics for Machine Learning: A Data Perspective Survey. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 30(12), 7637–7656. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2024.3357065>
- Widhianingsih, W., & Wahyuni, H. C. (2024). Strategi Peningkatan Kualitas Sepatu dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis , Grey Relational Analysis , dan Root Cause Analysis. *Innovative Technologia: Methodical Research Journal*, 3(3), 1–17.
- Wuest, T., Weimer, D., Irgens, C., Thoben, K., Wuest, T., Weimer, D., & Irgens, C. (2016). Machine learning in manufacturing : advantages , challenges , and applications. *Production & Manufacturing Research*, 3277, 1–23. <https://doi.org/10.1080/21693277.2016.1192517>
- Yazdi, M., Zarei, E., & Adumene, S. (2024). Navigating the Power of Artificial Intelligence in Risk Management : A Comparative Analysis. *MDPI*, 1–48.
- Zulqarnain, A., & Wasif, M. (2022). Developing a Quality 4 . 0 Implementation Framework and Evaluating the Maturity Levels of Industries in Developing Countries. *MDPI*.