

Integrasi QCC, TAGUCHI, Dan QLF Pada Sistem Manajemen Kualitas Jaring Berbasis Web

Felicia Linggayani Tan^{*1)}, Muhammad Hatta²⁾, Petrus Sokibi³⁾

1. Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Catur Insan Cendekia, Indonesia
2. Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Catur Insan Cendekia, Indonesia
3. Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Catur Insan Cendekia, Indonesia

ARTICLE INFO

Article Info

Kata Kunci: Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Metode Taguchi, Pengendalian Kualitas, Quality Control Circle, Quality Loss Function

Keywords: *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Quality Control, Quality Control Circle, Quality Loss Function, Taguchi Method*

Article history:

Received 13 August 2026

Revised 18 Agustus 2026

Accepted 22 Agustus 2026

Available online 1 November 2026

DOI :

[10.48144/suryainformatika.v16i2.2539](https://doi.org/10.48144/suryainformatika.v16i2.2539)

* Corresponding author.

Felicia Linggayani Tan

E-mail address:

flinggayanitan@gmail.com

ABSTRAK

Pengendalian kualitas jaring monofilament dan multifilament di PT Arteria Daya Mulia Cirebon masih berorientasi pada final inspection, sementara data produksi, pemeriksaan kualitas, dan setelan proses belum terintegrasi dalam satu alur keputusan. Penelitian ini mengembangkan sistem informasi pendukung keputusan kualitas berbasis web yang mengintegrasikan Quality Control Circle (QCC), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), pendekatan Taguchi, Analysis of Variance (ANOVA), dan Quality Loss Function (QLF). FMEA digunakan sebagai alat prioritisasi risiko pada tahap QCC, sedangkan ANOVA sebagai evaluasi statistik pendukung Taguchi. Dataset mencakup 14 observasi produk-bulanan monofilament dan 9 observasi multifilament dengan 55.454 dan 26.526 unit diperiksa. Rekonsiliasi menghasilkan total defect 49.420 pcs pada monofilament dan 20.222 pcs pada multifilament; RPS multifilament mencapai 15.868 pcs (78,47%). RPN tertinggi adalah RR monofilament sebesar 80 dan RPS multifilament sebesar 72. Respons historis dinormalisasi menjadi defect rate karena volume pemeriksaan berbeda. RPM monofilament tercatat 18, 17, dan 17 RPM, sehingga data historis tidak memenuhi rancangan L9 tiga-level yang orthogonal; seluruh p-value ANOVA awal juga >0,05 sehingga tidak digunakan untuk menyatakan pengaruh kausal atau optimum terkonfirmasi. QLF menunjukkan estimasi kerugian tertinggi pada multifilament sebesar Rp40.000.000/hari. Sistem Laravel-MySQL menerapkan RBAC Admin Produksi dan Admin QC, menyediakan aliran data near real-time pada level aplikasi setelah input pengguna, serta diverifikasi melalui black-box dan perbandingan perhitungan dengan Microsoft Excel.

ABSTRACT

Quality control of monofilament and multifilament netting at PT Arteria Daya Mulia Cirebon is still centered on final inspection, while production, inspection, and process-setting data are not integrated within a single decision workflow. This study develops a web-based quality decision-support information system integrating Quality Control Circle (QCC), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), the Taguchi approach, Analysis of Variance (ANOVA), and Quality Loss Function (QLF). FMEA is used for risk prioritization within QCC, whereas ANOVA provides supporting statistical evaluation for Taguchi. The dataset contains 14 monofilament product-month observations and 9 multifilament observations, covering 55,454 and 26,526 inspected units. Data reconciliation produced 49,420 monofilament defects and 20,222 multifilament defects; multifilament RPS reached 15,868 pieces (78.47%). The highest RPN values were 80 for monofilament RR and 72 for multifilament RPS. Historical responses were normalized to defect rates because inspection volumes differed. Monofilament RPM was recorded as 18, 17, and 17 RPM; therefore, the historical data do not satisfy a three-level orthogonal L9 design. All initial ANOVA p-values were also above 0.05, so the results are not used to claim causal effects or experimentally confirmed optimum settings. QLF indicates the highest estimated quality loss for multifilament at IDR 40,000,000 per day. The Laravel-MySQL system implements RBAC for Production Admin and QC Admin, provides near-real-time data availability at the application level after user input, and was verified through black-box testing and comparison with Microsoft Excel calculations.

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur tidak hanya dituntut memenuhi target produksi, tetapi juga menjaga konsistensi mutu melalui pengelolaan data proses dan inspeksi yang dapat ditelusuri [1], [2]. Pada produksi jaring monofilament dan multifilament, perubahan kondisi mesin, ukuran jaring, Mesh Depth (MD), RPM, material, dan hasil pemeriksaan kualitas saling berkaitan dengan munculnya defect. Apabila data tersebut hanya disimpan sebagai catatan akhir, informasi yang tersedia belum cukup untuk menentukan defect prioritas, menelusuri penyebabnya, mengevaluasi kondisi proses, dan memperkirakan dampak ekonominya secara sistematis.

Berdasarkan observasi, wawancara, dan data penelitian pada PT Arteria Daya Mulia Cirebon, kegiatan pengendalian kualitas masih dominan dilakukan pada tahap final inspection. Data produksi dan hasil pemeriksaan telah dicatat menggunakan spreadsheet, tetapi analisis cacat dominan, prioritas risiko, evaluasi parameter proses, dan estimasi kerugian kualitas belum terintegrasi dalam satu alur keputusan. Kondisi tersebut menyebabkan tindakan perbaikan cenderung reaktif dan bergantung pada penelusuran data secara terpisah. Oleh karena itu, ruang lingkup sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini ditegaskan sebagai sistem informasi dan pendukung keputusan kualitas berbasis web untuk pencatatan, monitoring near real-time berbasis data yang telah diinput, analisis, visualisasi, dan pemisahan hak akses; sistem tidak diklaim sebagai implementasi Quality Management System berbasis PDCA/ISO secara penuh.

Penelitian terdahulu memberikan dasar bagi integrasi metode yang digunakan. Studi yang paling dekat adalah Fajrin dan Suparto [3], yang menggabungkan pendekatan Taguchi melalui perspektif QCC dan QLF pada proses produksi bucket conveyor untuk mengidentifikasi cacat dominan, menyusun rekomendasi perbaikan, menentukan komposisi rancangan, dan menghitung kerugian kualitas. Studi tersebut menunjukkan bahwa QCC, Taguchi, dan QLF dapat digunakan secara berurutan dalam perbaikan kualitas, tetapi fokusnya berada pada analisis proses produksi dan tidak melaporkan pengembangan sistem informasi berbasis web yang mengintegrasikan data operasional, prioritas risiko FMEA, hak akses pengguna, dan keterlacakan perhitungan dalam satu aplikasi. Penelitian lain menunjukkan efektivitas QCC dalam menentukan masalah dominan dan akar penyebab [4], FMEA untuk memprioritaskan risiko [5], QCC-QLF untuk menghubungkan perbaikan dengan dampak ekonomi [6], serta Taguchi untuk evaluasi faktor proses melalui rancangan eksperimen dan SNR [7], [8]. Pada konteks tekstil, penerapan Orthogonal Array Taguchi dilakukan melalui kombinasi eksperimen aktual [11], sedangkan studi jaring

menunjukkan bahwa karakteristik monofilament dan simpul memengaruhi kinerja mekanik panel jaring [12]. Teknologi berbasis web juga dapat memperkuat pengelolaan informasi dan evaluasi sistem kualitas [10].

Berdasarkan perbandingan tersebut, research gap penelitian ini terletak pada tiga aspek. Pertama, gap konteks aplikasi: integrasi QCC-Taguchi-QLF telah diteliti pada manufaktur lain [3], tetapi belum menjawab kebutuhan pengendalian kualitas pada jaring monofilament dan multifilament yang memiliki karakteristik material, ukuran, simpul, dan proses perajutan yang spesifik. Kedua, gap integrasi digital: penelitian terdahulu umumnya berfokus pada keluaran analisis metode, sedangkan penelitian ini menghubungkan Pareto-Fishbone, FMEA, evaluasi Taguchi/SNR-ANOVA, QLF, data produksi, visualisasi, dan Role-Based Access Control dalam satu sistem web. Ketiga, gap metodologis: Taguchi idealnya menggunakan kombinasi faktor yang terkontrol dan orthogonal, sedangkan data perusahaan yang tersedia bersifat historis. Penelitian ini karena itu tidak memaksakan data historis menjadi eksperimen baru, tetapi mengaudit kesesuaian faktor-level, menormalisasi respons menjadi defect rate, menggunakan SNR sebagai screening historis, dan membatasi interpretasi ANOVA sesuai validitas data. Novelty penelitian bukan penciptaan metode baru, melainkan integrasi alur keputusan kualitas yang lebih transparan dan dapat ditelusuri dari identifikasi defect, prioritas risiko, evaluasi respons proses, pengukuran kerugian, hingga penyajian rekomendasi dalam sistem berbasis web. Posisi tersebut membedakan penelitian ini dari studi yang hanya menghasilkan rekomendasi kualitas secara offline: sistem yang dikembangkan menyimpan alur data, hasil prioritas risiko, evaluasi respons, dan estimasi kerugian dalam satu jejak keputusan yang dapat ditelusuri kembali oleh role yang berwenang. Dengan demikian, kekuatan kontribusi terletak pada integrasi metode dan keterlacakan keputusan, bukan pada klaim bahwa data historis telah berubah menjadi DOE terkontrol.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Objek dan Pengumpulan Data

Objek penelitian adalah pengendalian kualitas jaring monofilament dan multifilament di PT Arteria Daya Mulia Cirebon. Data primer diperoleh melalui observasi proses dan wawancara terstruktur dengan bagian Produksi dan Quality Control. Data sekunder berasal dari dataset pemeriksaan kualitas dan catatan pengaturan proses. Dataset terdiri atas 14 catatan produk-bulanan monofilament (Mono Yoko dan Mono Tate) untuk September 2025-Maret 2026 serta 9 catatan multifilament untuk Juli 2025-Maret 2026, sehingga terdapat 23 observasi historis. Jumlah unit yang diperiksa mencapai 55.454 pcs pada monofilament dan 26.526 pcs pada multifilament. Data parameter proses

yang tersedia mencakup Ukuran Jaring, Mesh Depth (MD Jaring), dan RPM Real. Arsip penelitian tidak menyediakan identifier batch/lot dan kode atau jumlah mesin yang konsisten untuk setiap observasi; keterbatasan tersebut dipertahankan apa adanya agar artikel tidak menambahkan informasi yang tidak tercatat pada penelitian.

Nama perusahaan digunakan secara konsisten sebagai PT Arteria Daya Mulia Cirebon pada seluruh naskah sesuai objek penelitian pada sumber utama.

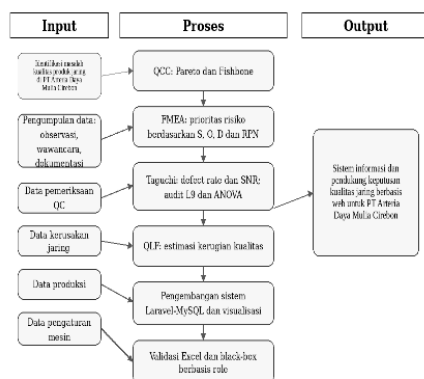
Tabel 1 merangkum cakupan dataset yang digunakan dalam analisis. Jumlah observasi menunjukkan banyaknya catatan produk-bulanan yang tersedia, bukan jumlah percobaan Taguchi yang dirancang oleh peneliti.

Tabel 1. Cakupan Data Historis Penelitian

Produk / periode (n)	Jumlah cek / defect
Mono Sep 2025-Mar 2026 (14)	55.454 / 49.420
Multi Jul 2025-Mar 2026 (9)	26.526 / 20.222
Total (23)	81.980 / 69.642

2.2. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran mengikuti alur *Input-Process-Output* (IPO) untuk menunjukkan hubungan antara data produksi, data pemeriksaan kualitas, tahapan analisis, dan keluaran sistem sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

Pada tahap input, data produksi, pemeriksaan QC, kategori defect, dan setelan mesin dihimpun dan dibersihkan. Pada tahap proses, QCC digunakan untuk mengidentifikasi defect dominan dan penyebabnya; FMEA memberi prioritas risiko berdasarkan Severity, Occurrence, dan Detection; Taguchi-SNR serta ANOVA mengevaluasi pola parameter proses; dan QLF mengestimasi kerugian akibat deviasi target. Hasil analisis kemudian diintegrasikan ke dalam aplikasi web untuk mendukung pencatatan, monitoring near real-time pada level aplikasi setelah data disimpan, visualisasi, dan pengambilan keputusan. Alur ini menempatkan FMEA sebagai bagian prioritas pada QCC dan ANOVA sebagai komponen evaluasi statistik pada tahap Taguchi.

Sebelum analisis, data dibersihkan melalui standardisasi kategori RR, PR, RPS, RJ, dan SUPER; pengecekan konsistensi Total Defect terhadap komponen kategori; penyeragaman format ribuan; serta rekonsiliasi silang antara data bulanan, Diagram Pareto, dan FMEA. Rekonsiliasi menunjukkan bahwa subtotal RPS multifilament pada ringkasan agregat tidak memasukkan 33 pcs pada Juli 2025 dan 173 pcs pada Agustus 2025. Kedua catatan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam perhitungan sehingga analisis menggunakan basis data yang konsisten.

Kategori defect mengikuti nomenklatur operasional pada data penelitian, yaitu RR (Rusak Ringan), PR (Parah Ringan), RPS (Rusak Parah Sekali), RJ (Rusak Jalur), dan SUPER. RR menunjukkan kerusakan dengan tingkat ringan yang masih menjadi temuan inspeksi; PR menunjukkan kondisi parah-ringan sesuai kode perusahaan; RPS merupakan kerusakan dengan tingkat paling berat pada klasifikasi yang digunakan; RJ menunjukkan kerusakan yang membentuk atau mengikuti jalur pada jaring; sedangkan SUPER pada data monofilament merujuk pada ketidaksesuaian ketebalan benang terhadap kontrak/spesifikasi. Dataset multifilament tidak menyediakan field SUPER, sehingga kategori tersebut tidak diasumsikan bernilai nol dan tidak ditambahkan secara artifisial ke dalam perhitungan. Definisi ini digunakan secara konsisten pada proses cleaning data, Pareto, FMEA, dan penyajian hasil sistem.

2.3. Formulasi Metode Analisis

Tahapan analisis dirancang berurutan. QCC menggunakan Diagram Pareto untuk menentukan defect dominan dan Diagram Fishbone untuk memetakan penyebab; FMEA selanjutnya memprioritaskan risiko dari kategori defect berdasarkan Risk Priority Number (RPN) [5], [9]. Kontribusi kategori pada Pareto dihitung dengan $\text{Kontribusi}_i = (f_i / \Sigma f) \times 100\%$, dengan f_i sebagai jumlah defect kategori ke- i . Persentase kumulatif diperoleh dengan menjumlahkan kontribusi dari kategori terbesar sampai kategori yang sedang dievaluasi. Dengan posisi tersebut, FMEA tidak diperlakukan sebagai metode utama yang terpisah dari QCC, tetapi sebagai alat prioritasasi risiko setelah masalah dominan dan penyebabnya diidentifikasi.

$$\text{RPN} = S \times O \times D \quad (1)$$

RPN merupakan indeks prioritas risiko, S adalah Severity atau tingkat keparahan dampak, O adalah Occurrence atau frekuensi/peluang kejadian, dan D adalah Detection atau kemampuan mendeteksi defect sebelum sampai ke pelanggan. Penilaian S, O, dan D pada penelitian ini didasarkan pada data historis defect, kondisi proses, serta diskusi dengan bagian Produksi dan Quality Control; data penelitian tidak memuat rubrik skala numerik rinci di luar nilai S-O-D yang digunakan. Semakin tinggi RPN, semakin tinggi prioritas penanganan.

Nilai S, O, dan D merupakan hasil penilaian penelitian berdasarkan data historis defect, kondisi proses, dan diskusi dengan pihak Produksi/QC. Data sumber tidak menyimpan rubrik skala 1-10 yang lebih rinci untuk setiap skor. Oleh karena itu, artikel menyajikan skor asli dan menggunakan pedoman interpretasi kelompok rendah-sedang-tinggi hanya untuk membantu pembacaan hasil, bukan sebagai klaim bahwa pedoman tersebut merupakan formulir penilaian asli perusahaan. Pedoman FMEA umum menempatkan *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* sebagai komponen evaluasi risiko [9].

Pendekatan Taguchi pada penelitian ini menggunakan data historis produksi perusahaan. Karena jumlah unit yang diperiksa berbeda antarcatatan, Total Defect absolut tidak digunakan sebagai respons pembandingan. Respons dinormalisasi menjadi defect rate dengan rumus Defect Rate (%) = (Total Defect/Jumlah Cek) x 100%. Total Defect menjadi pembilang karena merupakan jumlah cacat yang dianalisis, sedangkan Jumlah Cek menjadi denominator yang merepresentasikan volume unit yang benar-benar diperiksa pada catatan yang sama. Normalisasi ini mengurangi bias perbandingan akibat perbedaan jumlah pemeriksaan antarperiode.

$$SNR = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i^2 \right) \quad (2)$$

Defect rate kemudian ditransformasikan menggunakan Signal-to-Noise Ratio (SNR) dengan karakteristik Smaller-is-Better. Karena setiap baris merupakan satu catatan agregat historis, SNR digunakan sebagai ukuran komparatif terhadap tingkat defect rate, bukan sebagai bukti robustness dari eksperimen berulang. Audit data parameter menunjukkan bahwa catatan historis tidak menyediakan sembilan kombinasi setelan aktual yang orthogonal. Pada monofilament, RPM Real hanya memiliki dua nilai fisik berbeda, yaitu 18 dan 17 RPM. Oleh karena itu, matriks L9 dan ANOVA faktorial dari implementasi awal tidak digunakan sebagai dasar klaim kausal atau parameter optimum terkonfirmasi.

Contoh perhitungan memperlihatkan proses normalisasi dan transformasi SNR. Mono Tate Desember 2025 memiliki 6.006 defect dari 8.136 unit yang diperiksa, sehingga defect rate = $(6.006/8.136) \times 100\% = 73,82\%$. Karena satu baris merupakan satu respons agregat ($n=1$), SNR Smaller-is-Better = $-10 \log_{10}[(1/1) \times (73,82)^2] = -37,36$ dB. Pada multifilament Agustus 2025, defect rate = $(535/2.256) \times 100\% = 23,71\%$ dan SNR = $-10 \log_{10}[(23,71)^2] = -27,50$ dB. Untuk karakteristik Smaller-is-Better, nilai defect rate yang lebih kecil menghasilkan nilai SNR yang lebih tinggi atau kurang negatif; karena itu SNR dipakai sebagai ukuran perbandingan antarcatatan historis, bukan sebagai bukti robustness eksperimen berulang.

Data parameter proses bukan berasal dari eksperimen prospektif yang dirancang oleh peneliti. Kondisi proses

tidak diacak, kombinasi faktor tidak ditetapkan secara sengaja mengikuti Orthogonal Array, jumlah unit pemeriksaan antarcatatan tidak sama, dan faktor luar seperti material, operator, serta kondisi mesin tidak dikontrol sebagai noise factor. Dengan karakteristik tersebut, evaluasi Taguchi diposisikan sebagai retrospective process screening. Defect rate digunakan untuk menormalkan perbedaan volume pemeriksaan dan SNR digunakan untuk membandingkan respons historis; hasilnya tidak ditafsirkan sebagai hubungan sebab-akibat seperti pada Design of Experiment terkontrol.

Faktor dan nilai aktual pada data penelitian adalah sebagai berikut: monofilament A (Ukuran Jaring) = 0,15; 0,20; 0,25 mm, B (MD Jaring) = 70; 100; 200, dan C (RPM Real) = 18; 17; 17; sedangkan multifilament A = 210D/12; 210D/15; 210D/120, B = 400; 100; 120, dan C = 14; 15; 8. Nilai 17 RPM pada Level 2 dan Level 3 monofilament merupakan nilai aktual yang sama pada data sumber, bukan salah ketik. Dalam Orthogonal Array, satu level memang dapat muncul pada beberapa run untuk menjaga keseimbangan desain. Namun, level yang berbeda seharusnya merepresentasikan kondisi fisik yang berbeda. Karena L2 dan L3 faktor RPM sama-sama 17 RPM, Faktor C monofilament secara fisik hanya memiliki dua kondisi unik, yaitu 18 dan 17 RPM. Dengan demikian, dua kombinasi yang sama-sama menggunakan 17 RPM masih dapat berbeda karena nilai Ukuran Jaring (A) atau MD (B), tetapi perbedaan respons di antara kombinasi tersebut tidak dapat diatribusikan pada perbedaan RPM. Nilai 17 tidak diganti dengan angka lain karena perubahan tersebut akan menciptakan kondisi eksperimen yang tidak tercatat pada penelitian.

Quality Loss Function (QLF) digunakan untuk menerjemahkan penyimpangan nilai aktual terhadap target operasional yang tercatat pada data QLF menjadi estimasi kerugian ekonomi [3], [6]. Variabel QLF dalam penelitian ini menggunakan target dan hasil aktual yang disediakan pada data penelitian; karena data sumber tidak mendefinisikan karakteristik fisik terpisah seperti kekuatan simpul sebagai variabel y, interpretasi QLF dibatasi pada indikator operasional target-aktual tersebut. Fungsi kerugian kuadrat dinyatakan pada Persamaan (3).

$$L(y) = k (y - m)^2 \quad (3)$$

$L(y)$ adalah estimasi kerugian kualitas per unit, k adalah konstanta kerugian, y adalah nilai aktual indikator operasional, dan m adalah nilai target. Konstanta k dihitung dari biaya kerugian maksimum A dan batas toleransi D . Pada data penelitian, $A = \text{Rp}50.000$ dan $D = 100$ sehingga $k = 5$.

$$k = A / D^2 \quad (4)$$

Konstanta k dihitung menggunakan $k = A/D^2$. Nilai tersebut digunakan secara konsisten pada ketiga jenis jaring yang dievaluasi. Total kerugian per hari diperoleh

dengan mengalikan loss per unit dengan jumlah produksi per hari yang tercatat pada data QLF.

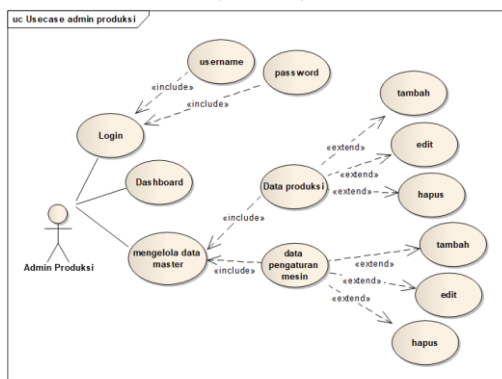
$$\text{Kerugian Harian} = \text{Produksi Harian} \times L(y) \quad (5)$$

Integrasi pendekatan Taguchi dan QLF pada penelitian ini berada pada tingkat keputusan. SNR berbasis defect rate digunakan untuk menunjukkan catatan historis dengan tingkat kecacatan relatif lebih rendah, sedangkan QLF menunjukkan besarnya konsekuensi ekonomi berdasarkan target dan aktual yang tersedia. Karena tidak terdapat eksperimen konfirmasi setelah perubahan setelah proses, penelitian ini tidak membuat simulasi penurunan QLF seolah-olah parameter hasil Taguchi telah diterapkan.

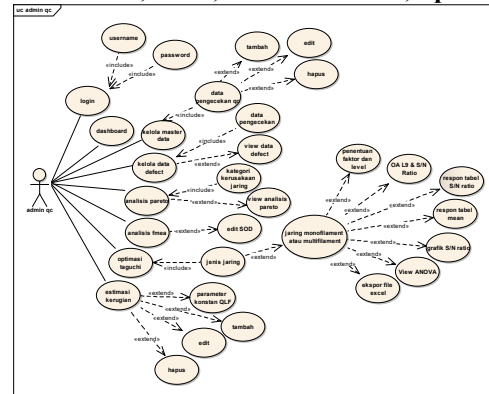
Prosedur confirmation run untuk penelitian lanjutan

Data penelitian tidak mencakup confirmation run, sehingga parameter optimum tidak dapat diverifikasi melalui percobaan terpisah. Untuk penelitian lanjutan, prosedur konfirmasi yang disarankan adalah: (1) menetapkan tiga level unik untuk setiap faktor kontrol; (2) mengalokasikan run sesuai OA L9 yang benar; (3) merandomisasi urutan run dan mencatat batch/lot, kode mesin, operator, material, serta jumlah unit yang sama atau terdokumentasi; (4) menghitung defect rate dan SNR setiap run; (5) memilih kombinasi kandidat berdasarkan main effect; dan (6) menjalankan sedikitnya satu percobaan konfirmasi terpisah untuk membandingkan defect rate prediksi dan aktual. Kombinasi parameter baru dapat disebut optimum terkonfirmasi setelah hasil percobaan konfirmasi menunjukkan perbaikan yang konsisten, dan nilai tersebut kemudian dapat digunakan untuk menghitung QLF pascaperbaikan.

2.4. Perancangan Sistem dan Hak Akses Berbasis Role (RBAC)



Gambar 2(a). Use Case Admin Produksi



Gambar 2(b). Use Case Admin QC

Sistem menerapkan Role-Based Access Control (RBAC) dengan dua aktor operasional, yaitu Admin Produksi dan Admin QC. Gambar 2(a) menunjukkan bahwa Admin Produksi melakukan login menggunakan username dan password, mengakses dashboard, serta mengelola master data yang terdiri atas Data Produksi dan Data Pengaturan Mesin. Pada kedua kelompok data tersebut, Admin Produksi memiliki operasi tambah, edit, dan hapus. Hak akses Admin Produksi dibatasi pada data proses produksi dan setelah mesin, sehingga pengguna pada role ini tidak dapat mengubah Pemeriksaan QC, data defect, hasil Pareto/FMEA, evaluasi Taguchi-ANOVA, maupun QLF.

Gambar 2(b) menunjukkan ruang kerja Admin QC. Setelah login, Admin QC mengelola data pemeriksaan QC dan defect, serta mempunyai hak baca untuk menarik Data Produksi dan Data Pengaturan Mesin yang telah disimpan oleh Admin Produksi. Data tersebut kemudian digunakan dalam tiga kelompok metode utama penelitian, yaitu QCC untuk identifikasi defect dan akar penyebab (dengan FMEA sebagai alat prioritas risiko), Taguchi untuk screening respons proses menggunakan SNR dan evaluasi ANOVA, serta QLF untuk mengestimasi konsekuensi kerugian kualitas. Dengan pembagian tersebut, Admin Produksi berfungsi sebagai penyedia data proses, sedangkan Admin QC berfungsi sebagai pengelola data kualitas dan pengguna modul analisis.

Secara konseptual, pembatasan kewenangan pada sistem mengikuti prinsip *Role-Based Access Control* (RBAC), yaitu izin terhadap sumber daya ditetapkan berdasarkan role sehingga Admin Produksi dan Admin QC memperoleh hak yang berbeda sesuai tanggung jawab operasionalnya [13]. Aliran informasi antara kedua role dikategorikan near real-time pada level aplikasi. Setelah Admin Produksi menyimpan data produksi atau pengaturan mesin ke MySQL, data tersebut langsung tersedia bagi Admin QC untuk dibaca atau ditarik melalui request aplikasi dan digunakan pada modul analisis tanpa menunggu proses sinkronisasi batch terjadwal. Istilah near real-time digunakan karena pembaruan masih bergantung pada input manual oleh Admin Produksi/Admin QC dan tindakan refresh atau penarikan data oleh pengguna; sistem belum melakukan

streaming atau akuisisi otomatis secara real-time dari mesin/IoT. Pembatasan role diverifikasi melalui navigasi menu, URL langsung, endpoint/request antarmodul, refresh halaman, dan validasi sesi. Ruang lingkup sistem tetap sebagai sistem informasi dan pendukung keputusan kualitas, bukan QMS/PDCA/ISO penuh.

Tabel 2. Matriks Hak Akses Pengguna Sistem

Fungsi/Modul	Admin Produksi	Admin QC
Login & Dashboard	Akses sesuai role	Akses sesuai role
Data Produksi	Kelola (tambah, edit, hapus)	Baca/tarik untuk analisis
Pengaturan Mesin	Kelola (tambah, edit, hapus)	Baca/tarik untuk analisis
Pemeriksaan QC & Defect	-	Kelola (tambah, edit, hapus)
QCC: Pareto-Fishbone & FMEA	-	Analisis dan prioritas risiko
Taguchi: SNR & ANOVA	-	Screening/evaluasi respons proses
QLF	-	Estimasi kerugian & visualisasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisis QCC (Pareto, Fishbone, dan FMEA)

Rekonsiliasi ulang terhadap data mentah menghasilkan total defect monofilament sebesar 49.420 pcs dan multifilament sebesar 20.222 pcs. Untuk monofilament, total tersebut dapat ditelusuri dari 15.293 RR + 8.888 RPS + 11.752 RPS + 5.973 SUPER + 7.514 RJ = 49.420 defect. Pada ringkasan multifilament sebelumnya, subtotal RPS tercatat 15.662 pcs. Penelusuran ke baris bulanan menunjukkan bahwa RPS Juli 2025 sebanyak 33 pcs dan Agustus 2025 sebanyak 173 pcs belum masuk ke subtotal tersebut. Setelah keduanya ditambahkan, RPS menjadi 15.662+33+173=15.868 pcs. Total multifilament kemudian menjadi 15.868 RPS + 1.777 RJ + 1.542 RR + 1.035 PR = 20.222 defect. Rekonsiliasi ini hanya memperbaiki agregasi data dan tidak mengubah nilai S-O-D-RPN FMEA maupun parameter QLF yang tersimpan pada sumber penelitian.

Perhitungan Pareto dilakukan setelah data diurutkan dari frekuensi tertinggi ke terendah. Pada monofilament, kontribusi RR=15.293/49.420x100%=30,94% dan RPS=11.752/49.420x100%=23,78%; kumulatif dua kategori pertama adalah 30,94%+23,78%=54,72%. Setelah PR ditambahkan, kumulatif menjadi 72,71%, kemudian 87,91% setelah RJ, dan 100,00% setelah SUPER. Pada multifilament, kontribusi RPS=15.868/20.222x100%=78,47%; penambahan RJ menghasilkan kumulatif 87,26%, penambahan RR menjadi 94,88%, dan PR melengkapi 100,00%. Dengan demikian, Pareto tidak hanya menunjukkan urutan banyaknya defect, tetapi juga menunjukkan seberapa

cepat sejumlah kecil kategori membentuk sebagian besar total masalah kualitas.

Tabel 3. Distribusi dan Frekuensi Cacat Produk Jaring

Produk	Kategori Cacat	Cacat (pcs)	Kontribusi	Kumulatif
Mono	Rusak Ringan (RR)	15.293	30,94%	30,94%
Mono	Rusak Parah Sekali (RPS)	11.752	23,78%	54,72%
Mono	Parah Ringan (PR)	8.888	17,98%	72,71%
Mono	Rusak Jalur (RJ)	7.514	15,20%	87,91%
Mono	SUPER	5.973	12,10%	100,00%
Multi	Rusak Parah Sekali (RPS)	15.868	78,47%	78,47%
Multi	Rusak Jalur (RJ)	1.777	8,79%	87,26%
Multi	Rusak Ringan (RR)	1.542	7,63%	94,88%
Multi	Parah Ringan (PR)	1.035	5,12%	100,00%

Pareto setelah rekonsiliasi tetap menunjukkan pola prioritas yang sama. Pada monofilament, RR (30,94%) dan RPS (23,78%) bersama-sama menyumbang 54,72% defect. Pada multifilament, RPS tetap sangat dominan dengan 15.868 defect atau 78,47% dari total 20.222 defect, diikuti RJ 8,79%, RR 7,63%, dan PR 5,12%. Dataset multifilament tidak menyediakan field kategori SUPER, sehingga kategori tersebut tidak ditafsirkan sebagai bernilai nol dan tidak ditambahkan secara artifisial ke dalam perhitungan.

Analisis Fishbone memetakan penyebab ke empat kelompok yang dapat ditelusuri dari observasi dan diskusi lapangan. Pada aspek Machine, variasi kinerja mesin dan kondisi komponen yang menurun berpotensi mengubah kestabilan tarikan serta pembentukan jaring. Pada Method, setelan ukuran/MD/RPM belum didukung evaluasi terintegrasi dan pengawasan masih kuat pada pemilahan akhir, sehingga koreksi cenderung dilakukan setelah defect terbentuk. Pada Measurement, data produksi dan QC tersimpan terpisah dan evaluasi lebih berorientasi pada hasil akhir/toleransi, sehingga hubungan antara perubahan parameter dan pola defect sulit ditelusuri dengan cepat. Pada Material, kualitas gulungan dan kerentanan benang terhadap tarikan dapat memengaruhi konsistensi pembentukan simpul dan ukuran. Temuan ini menunjukkan bahwa defect dominan bukan semata-mata masalah inspeksi; tindakan manajerial perlu menghubungkan pemeriksaan kondisi mesin, standardisasi setelan, integrasi pencatatan, dan verifikasi material sebelum final inspection.

Tabel 4. Hasil Evaluasi FMEA pada Produk Monofilament dan Multifilament

Produk	Defect	S	O	D	RPN	Rank
Mono	RR	5	8	2	80	1
Mono	PR	4	5	3	60	2
Mono	RPS	4	6	2	48	3
Mono	RJ	4	4	2	32	4
Mono	SUPER	3	3	3	27	5
Multi	RPS	4	9	2	72	1
Multi	RR	4	2	3	24	2
Multi	RJ	4	2	2	16	3
Multi	PR	4	1	2	8	4

FMEA memperjelas bahwa prioritas risiko ditentukan oleh kombinasi Severity, Occurrence, dan Detection, bukan hanya frekuensi defect. Pada monofilament, RR menjadi prioritas pertama ($S=5$, $O=8$, $D=2$; $RPN=80$), diikuti PR ($RPN=60$), RPS ($RPN=48$), RJ ($RPN=32$), dan SUPER ($RPN=27$). Pada multifilament, RPS tetap menjadi prioritas pertama ($RPN=72$). Urutan ranking diperbaiki agar konsisten dengan nilai RPN, yaitu RR ($RPN=24$) sebagai peringkat kedua, RJ ($RPN=16$) peringkat ketiga, dan PR ($RPN=8$) peringkat keempat. Nilai S, O, D, dan RPN tidak diubah.

Contoh perhitungan RPN memperlihatkan mekanisme prioritisasi secara langsung. Untuk RR monofilament, skor penelitian adalah $S=5$, $O=8$, dan $D=2$, sehingga $RPN=5 \times 8 \times 2=80$. Angka ini merupakan RPN tertinggi pada monofilament. Untuk RPS multifilament, $S=4$, $O=9$, dan $D=2$, sehingga $RPN=4 \times 9 \times 2=72$ dan menjadi prioritas pertama pada multifilament. Skor $O=9$ pada RPS multifilament juga konsisten dengan dominasi frekuensi RPS pada Pareto, yaitu 15.868 defect (78,47%). Namun, artikel tidak merekonstruksi alasan numerik setiap skor di luar informasi yang tersedia pada penelitian; nilai S, O, dan D dipertahankan sebagai hasil penilaian asli berdasarkan data historis, kondisi proses, serta diskusi Produksi-QC. Ranking multifilament disusun ulang berdasarkan besar RPN sehingga urutannya RPS=72, RR=24, RJ=16, dan PR=8.

Tabel 5. Pedoman Interpretasi Umum S-O-D untuk Membaca Skor Penelitian [9]

Parameter	Skor 1-3 (rendah)	Skor 4-6 (sedang)	Skor 7-10 (tinggi)
Severity (S)	Dampak kecil; mutu masih mudah ditangani	Dampak nyata pada kesesuaian/rework	Dampak besar/kritis terhadap fungsi, pelanggan, atau proses
Occurrence (O)	Jarang terjadi pada data/operasi	Frekuensi menengah	Sering hingga sangat sering terjadi
Detection (D)	Mudah dideteksi sebelum lolos	Kemampuan deteksi sedang	Sulit atau sangat sulit dideteksi sebelum lolos

Catatan: rentang pada tabel digunakan sebagai pedoman interpretasi untuk membantu pembacaan skor. Data penelitian menyimpan nilai S, O, D dan keterangan bahwa penilaian didasarkan pada data historis, kondisi proses, serta diskusi Produksi-QC; karena itu pedoman tersebut tidak dinyatakan sebagai formulir penilaian asli perusahaan.

3.2. Evaluasi Respons Proses dengan Pendekatan Taguchi (Defect Rate dan SNR)

Evaluasi respons proses dilakukan menggunakan seluruh catatan historis yang tersedia untuk menghindari bias dari pemilihan sebagian data. Jumlah cacat absolut dinormalisasi menjadi defect rate agar setiap catatan dibandingkan relatif terhadap jumlah unit yang diperiksa. Matriks L9 dari implementasi awal tidak digunakan sebagai tabel hasil empiris karena kombinasi parameter aktual tidak dapat diverifikasi sebagai sembilan percobaan orthogonal. Seluruh 14 catatan monofilament dan 9 catatan multifilament digunakan, termasuk respons multifilament Agustus 2025 sebesar 535 defect; dengan demikian tidak terdapat penggandaan nilai 454 pada reanalisis respons.

Tabel 6. Faktor dan Nilai Aktual yang Tersedia pada Data Historis

Produk	Faktor Kendali	Nilai Aktual L1	Nilai Aktual L2	Nilai Aktual L3
Mono	A: Ukuran Jaring (mm)	0,15	0,20	0,25
Mono	B: MD Jaring	70	100	200
Mono	C: RPM Real	18	17	17
Multi	A: Ukuran Jaring (D/...)	210D/12	210D/15	210D/120
Multi	B: MD Jaring	400	100	120
Multi	C: RPM Real	14	15	8

Tabel 6 menyajikan faktor dan nilai aktual tanpa mengubah angka pada sumber penelitian. Pada monofilament, RPM Real tercatat sebagai $L1=18$, $L2=17$, dan $L3=17$. Dalam Orthogonal Array L9, pengulangan suatu kode level pada beberapa run merupakan bagian normal dari pola orthogonal untuk menjaga keseimbangan kemunculan level. Namun, kondisi pada penelitian ini berbeda: label L2 dan L3 dipetakan ke nilai fisik yang sama, yaitu 17 RPM. Dengan demikian, Faktor C monofilament secara empiris hanya mempunyai dua nilai RPM unik, 18 dan 17 RPM. Dua kombinasi yang sama-sama menggunakan 17 RPM tetap dapat menghasilkan respons berbeda apabila Ukuran Jaring (A), MD Jaring (B), atau kondisi proses historis lainnya berbeda, tetapi perbedaan respons tersebut tidak dapat diatribusikan pada perbedaan antara RPM level 2 dan level 3. Nilai 17 dipertahankan pada kedua label karena itulah nilai aktual pada data penelitian; mengganti salah satunya dengan nilai lain akan menciptakan perlakuan yang tidak pernah dicatat atau diuji.

3.2.1 Evaluasi Kesesuaian Desain L9 dan ANOVA

Secara teoritis, tiga faktor dengan tiga level dapat menggunakan L9(3³) apabila sembilan kombinasi kode level diterapkan secara nyata dan seimbang. Struktur pada Tabel 7 merupakan template rancangan percobaan; setiap baris baru dapat diperlakukan sebagai run eksperimen apabila kombinasi faktor benar-benar diterapkan dan responsnya diukur pada kondisi yang terdokumentasi.

Tabel 7. Template Orthogonal Array L9(3³) yang Valid Secara Teoritis

Run	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Audit terhadap data sumber menunjukkan bahwa template L9 tidak dapat dipetakan secara sah menjadi sembilan run empiris. Pada monofilament, L2 dan L3 RPM sama-sama 17 RPM sehingga faktor tersebut hanya mempunyai dua nilai aktual unik. Pada multifilament, ukuran jaring yang konsisten dengan data sumber adalah 210D/12, 210D/15, dan 210D/120. Selain itu, tabel respons lama menggunakan nilai 454 dua kali dan tidak memasukkan Agustus 2025 sebesar 535 defect, sementara jumlah unit pemeriksaan berbeda antarcatatan. Temuan ini menunjukkan bahwa data historis perlu dianalisis sebagai data observasional, bukan diperlakukan sebagai eksperimen L9 baru.

Tabel 8. Evaluasi Konsistensi Data Taguchi

Temuan	Data/Implementasi Awal	Interpretasi pada Analisis
RPM mono (label level sumber)	L1=18; L2=17; L3=17	L2 dan L3 secara fisik identik (17 RPM). Nilai 17 dapat muncul pada beberapa kombinasi karena A/B berbeda, tetapi Faktor C hanya memiliki dua nilai unik sehingga tidak diperlakukan sebagai tiga level RPM independen.
Ukuran multi	Pernah tertulis 210D/10	Diseragamkan dengan data sumber: 210D/12, 210D/15, 210D/120
Respons multi	454 dipakai dua kali; 535 tidak masuk	Seluruh 9 catatan Juli 2025-Maret 2026 digunakan
Skala respons	Jumlah defect absolut	Defect rate = Total Defect/Jumlah Cek x 100%
Desain eksperimen	Diasumsikan L9	Diperlakukan sebagai data historis non-randomized, bukan OA terkontrol
Confirmation run	Tidak tersedia	Tidak tersedia; ditetapkan sebagai kebutuhan penelitian lanjutan

ANOVA dari implementasi awal sistem disajikan pada Tabel 9 untuk menunjukkan keluaran perhitungan yang telah dihasilkan penelitian. Pada monofilament, p-value Faktor A-C masing-masing 0,4590; 0,9555; dan 0,7076, sedangkan pada multifilament nilainya 0,2417; 0,5591; dan 0,8823. Seluruh p-value lebih besar dari 0,05. Oleh karena itu, istilah yang sesuai adalah kontribusi relatif, bukan pengaruh yang signifikan secara statistik. Karena struktur data aktual juga tidak memenuhi desain orthogonal terkontrol, hasil ANOVA tersebut tidak digunakan sebagai dasar inferensi kausal pada interpretasi akhir.

Tabel 9. Ringkasan ANOVA dari Implementasi Awal Sistem

Produk	Sumber	DF	Adj SS / Adj MS	F / p- value	Kontribusi
Mono	A: Ukuran	2	914,5293 / 457,2647	1,1786 / 0,4590	44,67%
Mono	B: MD	2	36,1395 / 18,0698	0,0466 / 0,9555	1,77%
Mono	C: RPM	2	320,6706 / 160,3353	0,4133 / 0,7076	15,66%
Mono	Error	2	775,9605 / 387,9803	-	37,90%
Mono	Total	8	2.047,3000 / -	-	100,00%
Multi	A: Ukuran	2	252,4639 / 126,2320	3,1374 / 0,2417	62,01%
Multi	B: MD	2	63,4454 / 31,7227	0,7885 / 0,5591	15,58%
Multi	C: RPM	2	10,7342 / 5,3671	0,1334 / 0,8823	2,64%
Multi	Error	2	80,4682 / 40,2341	-	19,77%
Multi	Total	8	407,1117 / -	-	100,00%

Perhitungan ANOVA pada implementasi awal dapat ditelusuri dari komponen pada Tabel 9. Untuk Faktor A monofilament, $\text{Adj MS} = \text{Adj SS} / \text{DF} = 914,5293 / 2 = 457,2647$. $\text{Mean square error} = 775,9605 / 2 = 387,9803$, sehingga $F = 457,2647 / 387,9803 = 1,1786$ dan $p\text{-value} = 0,4590$. Kontribusi relatif Faktor A = $914,5293 / 2.047,3000 \times 100\% = 44,67\%$. Pada multifilament, $\text{Adj MS} = \text{Adj SS} / \text{DF} = 252,4639 / 2 = 126,2320$ dan $\text{mean square error} = 80,4682 / 2 = 40,2341$, sehingga $F = 126,2320 / 40,2341 = 3,1374$ dengan $p\text{-value} = 0,2417$; kontribusi relatifnya = $252,4639 / 407,1117 \times 100\% = 62,01\%$.

Walaupun Faktor A mempunyai kontribusi relatif terbesar pada kedua model awal, seluruh p-value Faktor A-C lebih besar dari 0,05. Karena itu hasil tersebut tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan secara statistik. Selain itu, struktur faktor aktual tidak memenuhi DOE orthogonal terkontrol, sehingga ANOVA dipertahankan untuk keterlacakan keluaran implementasi awal, bukan sebagai dasar klaim kausal atau parameter optimum terkonfirmasi. Main-effect plot awal yang

menghasilkan A2-B1-C1 (0,20 mm; MD 70; RPM 18) juga diperlakukan sebagai keluaran model awal yang masih memerlukan DOE prospektif dan confirmation run. Untuk multifilament, tidak dilaporkan kombinasi optimum baru karena pemetaan respons terhadap run OA historis tidak dapat diverifikasi secara sah; karena itu kedua produk tidak memiliki parameter optimum terkonfirmasi pada penelitian ini.

3.2.2 Reanalisis Respons Historis Menggunakan Defect Rate dan SNR

Tabel 10. Defect Rate dan SNR Historis Jaring Monofilament

Periode	Varian	Cek	Total Defect	Defect Rate	S/N (dB)
Sep-25	Yoko	90	90	100,00%	-40,00
Sep-25	Tate	6.581	5.843	88,79%	-38,97
Okt-25	Yoko	719	686	95,41%	-39,59
Okt-25	Tate	1.103	1.062	96,28%	-39,67
Nov-25	Yoko	52	52	100,00%	-40,00
Nov-25	Tate	1.189	1.143	96,13%	-39,66
Des-25	Yoko	7.474	7.247	96,96%	-39,73
Des-25	Tate	8.136	6.006	73,82%	-37,36
Jan-26	Yoko	4.889	4.784	97,85%	-39,81
Jan-26	Tate	7.183	5.722	79,66%	-38,02
Feb-26	Yoko	70	70	100,00%	-40,00
Feb-26	Tate	14.949	13.771	92,12%	-39,29
Mar-26	Yoko	155	148	95,48%	-39,60
Mar-26	Tate	2.864	2.796	97,63%	-39,79

Tabel 11. Defect Rate dan SNR Historis Jaring Multifilament

Periode	Jenis	Cek	Total Defect	Defect Rate	S/N (dB)
Jul-25	Multi	1.765	454	25,72%	-28,21
Agu-25	Multi	2.256	535	23,71%	-27,50
Sep-25	Multi	3.457	3.392	98,12%	-39,84
Okt-25	Multi	3.914	3.842	98,16%	-39,84
Nov-25	Multi	2.241	1.548	69,08%	-36,79
Des-25	Multi	2.678	2.583	96,45%	-39,69
Jan-26	Multi	3.780	3.013	79,71%	-38,03
Feb-26	Multi	3.474	2.767	79,65%	-38,02
Mar-26	Multi	2.961	2.088	70,52%	-36,97

Setelah normalisasi, defect rate monofilament berada pada rentang 73,82%-100,00%, sedangkan multifilament berada pada rentang 23,71%-98,16%. Catatan historis dengan defect rate terendah pada monofilament adalah Mono Tate Desember 2025 sebesar 73,82% (S/N -37,36 dB). Pada multifilament, nilai terendah terdapat pada Agustus 2025 sebesar 23,71% (S/N -27,50 dB). Nilai tersebut hanya menunjukkan observasi historis dengan respons relatif paling rendah; nilai ini tidak disebut sebagai kombinasi parameter optimal karena dataset tidak menyediakan pasangan parameter yang terverifikasi untuk setiap catatan dan tidak terdapat confirmation run.

Tabel 12. Ringkasan Respons Terstandar Berdasarkan Seluruh Data Historis

Produk	n	Total Cek	Total Defect	Defect Rate Agregat	Min Rate	Max Rate	S/N Terbaik
Monofilament	14	55.454	49.420	89,12%	73,82%	100,00%	-37,36
Multifilament	9	26.526	20.222	76,23%	23,71%	98,16%	-27,50

Defect rate agregat dihitung sebagai rasio berbobot terhadap seluruh unit yang diperiksa, bukan rata-rata sederhana dari persentase bulanan. Monofilament menghasilkan $49.420/55.454 \times 100\% = 89,12\%$, sedangkan multifilament menghasilkan $20.222/26.526 \times 100\% = 76,23\%$. Pada level catatan, respons historis paling rendah adalah Mono Tate Desember 2025 sebesar 73,82% dengan SNR -37,36 dB dan multifilament Agustus 2025 sebesar 23,71% dengan SNR -27,50 dB. Karena karakteristik yang digunakan adalah Smaller-is-Better, SNR yang lebih tinggi (lebih dekat ke nol) menunjukkan defect rate yang lebih rendah. ANOVA implementasi awal tidak dihitung ulang menggunakan defect rate karena faktor historis tidak dialokasikan secara orthogonal dan independen; menghasilkan p-value baru dari struktur yang sama tidak akan menyelesaikan masalah validitas desain. Confirmation run juga tidak tersedia, sehingga hasil screening historis tidak dinyatakan sebagai parameter optimum yang terverifikasi.

Interpretasi screening historis perlu dibaca bersama cakupan pemeriksaan. Nilai 73,82% pada Mono Tate Desember 2025 dan 23,71% pada multifilament Agustus 2025 adalah catatan dengan proporsi defect relatif paling rendah di dalam dataset, bukan target kualitas yang dianggap baik secara absolut. Tingginya defect rate pada banyak catatan juga menunjukkan bahwa data pemeriksaan berfungsi terutama sebagai data seleksi/temuan QC pada periode tertentu; artikel tidak menggeneralisasikan angka tersebut menjadi tingkat cacat seluruh volume produksi tanpa mengetahui mekanisme sampling dan batch yang lebih rinci.

3.3. Hasil Evaluasi Kerugian Kualitas dengan Quality Loss Function (QLF)

Evaluasi QLF menggunakan parameter asli penelitian, yaitu biaya kerugian $A = \text{Rp}50.000$, batas toleransi $D = 100$, dan konstanta $k = 5$. Tabel 13 menampilkan seluruh komponen perhitungan agar hubungan antara target, hasil aktual, deviasi, loss per unit, jumlah produksi harian, dan loss per hari dapat ditelusuri.

Tabel 13. Rincian Perhitungan Quality Loss Function (QLF)

Jenis	Target / Aktual / Deviasi	A / D / k	Loss/Unit; Produksi/Hari; Loss/Hari
Mono Yoko	139.000 / 138.950 / -50	50.000 / 100 / 5	Rp12.500; 50; Rp625.000
Mono Tate	214.000 / 214.100 / +100	50.000 / 100 / 5	Rp50.000; 100; Rp5.000.000
Multifilament	724.000 / 723.800 / -200	50.000 / 100 / 5	Rp200.000; 200; Rp40.000.000

Perhitungan QLF dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama menentukan konstanta kerugian: $k=A/D^2=Rp50.000/(100)^2=5$. Nilai k yang sama digunakan untuk ketiga jenis jaring karena parameter A dan D pada worksheet QLF sama.

Tahap kedua menghitung loss per unit dari kuadrat deviasi terhadap target. Mono Yoko: $y-m=138.950-139.000=-50$, sehingga $L(y)=5(-50)^2=Rp12.500/unit$. Mono Tate: $y-m=214.100-214.000=+100$, sehingga $L(y)=5(100)^2=Rp50.000/unit$. Multifilament: $y-m=723.800-724.000=-200$, sehingga $L(y)=5(-200)^2=Rp200.000/unit$. Tanda positif atau negatif pada deviasi tidak mengubah besar loss karena deviasi dikuadratkan.

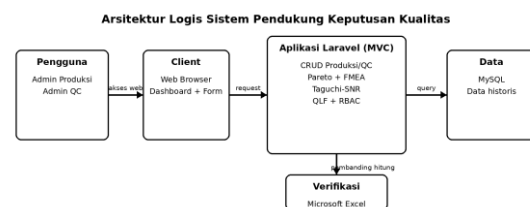
Tahap ketiga mengalikan loss per unit dengan Produksi/Hari yang tercatat pada worksheet QLF. Mono Yoko: $50 \times Rp12.500=Rp625.000/hari$; Mono Tate: $100 \times Rp50.000=Rp5.000.000/hari$; multifilament: $200 \times Rp200.000=Rp40.000.000/hari$. Dengan demikian multifilament memiliki estimasi kerugian harian tertinggi karena menggabungkan deviasi absolut terbesar (200) dan nilai Produksi/Hari terbesar (200) pada data QLF.

Nilai Target, Aktual, Produksi/Hari, A, dan D seluruhnya berasal dari worksheet QLF penelitian. Dokumen sumber tidak menjelaskan lebih lanjut satuan fisik indikator target-aktual maupun derivasi operasional angka Produksi/Hari; karena itu artikel membatasi interpretasi QLF sebagai estimasi ekonomi berdasarkan indikator operasional yang tersedia dan tidak mengubahnya menjadi karakteristik fisik lain yang tidak tercatat.

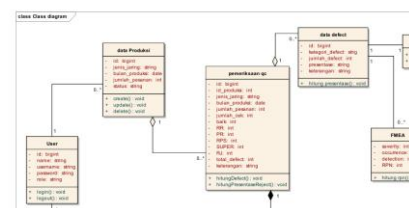
Keterkaitan QLF dengan Taguchi ditempatkan sebagai kerangka evaluasi pascaperbaikan, bukan sebagai bukti penghematan yang sudah terjadi. Apabila pada penelitian lanjutan diperoleh hasil aktual terkonfirmasi y^* setelah setelan hasil DOE diterapkan, maka penurunan kerugian harian dapat dihitung dengan Delta Loss/hari = $Q \times \{k(y-m)^2 - k(y^*-m)^2\}$. Pada penelitian ini nilai y^* tidak tersedia karena tidak ada confirmation run, sehingga simulasi numerik penghematan tidak dibuat. Pendekatan ini menjaga hubungan konseptual Taguchi-QLF sekaligus menghindari pembuatan angka yang tidak didukung data.

3.4. Implementasi Sistem Web, Arsitektur, dan Validasi

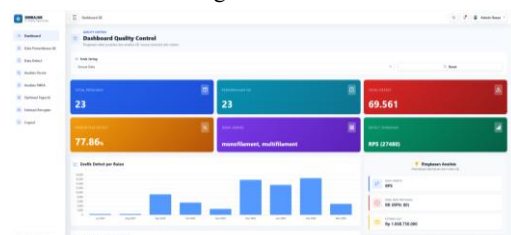
Sistem dibangun menggunakan framework Laravel, basis data MySQL, dan visualisasi Chart.js. Arsitektur logisnya adalah pengguna berbasis role (Admin Produksi/Admin QC) -> web browser -> aplikasi Laravel -> modul pengelolaan data dan analisis Pareto/FMEA/Taguchi-ANOVA/QLF -> MySQL. Microsoft Excel digunakan sebagai pembandingan perhitungan. Entitas utama pada Class Diagram meliputi User/role, Data Produksi, Pengaturan Mesin, Pemeriksaan QC, Data Defect, Pareto, FMEA, Taguchi, QLF Setting, dan Estimasi Kerugian. Mekanisme pembaruan data dikategorikan near real-time pada level aplikasi: ketika Admin Produksi atau Admin QC menyimpan perubahan, data langsung tersimpan pada MySQL dan dapat dibaca modul/role yang berwenang pada request berikutnya. Karena sumber data masih diinput manusia dan belum ditarik otomatis dari mesin/IoT, near real-time pada penelitian ini tidak berarti machine-level real-time streaming, melainkan ketersediaan data segera setelah proses input dan penyimpanan aplikasi selesai. Istilah near real-time tidak digunakan sebagai klaim latensi deterministik dalam satuan milidetik/detik; istilah tersebut hanya menjelaskan bahwa data menjadi tersedia bagi role berikutnya segera setelah transaksi input berhasil disimpan pada basis data, tanpa menunggu rekap batch terjadwal.



Gambar 3. Arsitektur Logis Sistem



Gambar 4. Class Diagram/Skema Basis Data Sistem



Gambar 5. Dashboard QC

Dashboard Admin QC menyajikan ringkasan data defect, Pareto, FMEA, keluaran Taguchi/SNR, dan estimasi kerugian QLF. Gambar dashboard digunakan untuk menunjukkan implementasi antarmuka dan integrasi modul pada saat pengujian sistem. Angka analitis yang dibahas dalam artikel mengacu pada tabel hasil rekonsiliasi penelitian, yaitu 49.420 defect monofilament dan 20.222 defect multifilament; apabila angka pada tangkapan antarmuka berbeda karena dibuat sebelum rekonsiliasi subtotal RPS Juli-Agustus, tangkapan tersebut tidak digunakan sebagai sumber angka hasil akhir. Modul ANOVA tetap tersedia sebagai fungsi analitik sistem, tetapi hasil ANOVA implementasi awal tidak digunakan untuk memperkuat klaim statistik karena data historis tidak memenuhi desain eksperimen orthogonal. Dengan demikian, dashboard berfungsi sebagai media integrasi informasi dan pendukung keputusan, bukan sebagai pengganti eksperimen proses yang terkontrol.

Role-Based Access Control membatasi Admin Produksi pada pengelolaan Data Produksi dan Pengaturan Mesin, sedangkan Admin QC mengelola Pemeriksaan QC dan Defect serta membaca data produksi/setelan mesin sebagai input analisis. Admin QC selanjutnya menjalankan QCC, Taguchi, dan QLF melalui modul yang sesuai; FMEA ditempatkan pada tahap prioritasasi QCC dan ANOVA pada tahap evaluasi Taguchi. Pengujian black-box mencakup login, navigasi menu, akses URL langsung, endpoint/akses antarmodul, refresh halaman, dan validasi sesi role. Seluruh skenario yang terdokumentasi menunjukkan fungsi pembatasan akses berjalan sesuai rancangan. Hasil ini diposisikan sebagai validasi fungsional hak akses, bukan pengujian keamanan siber, karena penelitian tidak melakukan penetration test atau security assessment khusus.

Perhitungan utama sistem diverifikasi menggunakan Microsoft Excel sebagai pembandingan. Contoh yang dapat ditelusuri meliputi total defect monofilament 49.420, RPN RR monofilament 80, RPN RPS multifilament 72, dan QLF multifilament Rp40.000.000/hari; nilai sistem dan Excel konsisten pada komponen tersebut. Penelitian tidak mencakup penetration testing, kuesioner usability, maupun pengukuran waktu kerja sebelum-sesudah. Oleh karena itu, manfaat sistem dibatasi pada integrasi fungsi, keterlacakan analisis, visualisasi informasi, konsistensi perhitungan yang diuji, dan pemisahan hak akses secara fungsional.

Tabel 14. Ringkasan Arsitektur Logis dan Ruang Lingkup Sistem

Komponen	Implementasi	Ruang Lingkup
Pengguna	Admin Produksi; Admin QC	Akses dipisahkan berdasarkan role
Client	Web browser	Input dan akses dashboard
Aplikasi	Laravel (MVC)	CRUD; Pareto; FMEA; Taguchi-ANOVA; QLF
Data	MySQL	Produksi, pengaturan mesin, QC, defect, hasil analisis
Visualisasi	Chart.js	Grafik dan ringkasan analisis
Verifikasi	Microsoft Excel	Pembandingan perhitungan manual
Pembaruan data	Near real-time berbasis input aplikasi	Tersedia setelah data disimpan; bukan streaming mesin/IoT

Tabel 15. Ringkasan Skenario Pengujian Black-Box Hak Akses

ID	Skenario	Hasil Diharapkan	Hasil Diperoleh	Status
PROD-01	Login Produksi	Dashboard Produksi	Sesuai role	Valid
PROD-06	URL FMEA	Akses ditolak	Ditolak/redirect	Valid
PROD-07	URL Taguchi	Akses ditolak	Ditolak	Valid
PROD-08	URL QLF	Akses ditolak	Ditolak	Valid
QC-01	Login QC	Dashboard QC	Sesuai role	Valid
QC-03	URL Dashboard Produksi	Akses ditolak	Ditolak/redirect QC	Valid

Tabel 16. Contoh Verifikasi Perhitungan Sistem terhadap Microsoft Excel

Komponen	Nilai Sistem	Nilai Excel	Selisih	Status
Total defect monofilament	49.420	49.420	0	Sama
RPN RR monofilament	80	80	0	Sama
RPN RPS multifilament	72	72	0	Sama
QLF multifilament/hari	Rp40.000.000	Rp40.000.000	Rp0	Sama

Catatan: tabel menyajikan contoh komponen perhitungan yang dapat ditelusuri pada data penelitian. Koreksi subtotal defect multifilament berasal dari rekonsiliasi data bulanan dan digunakan untuk menjaga konsistensi hasil analisis.

3.5. Keterbatasan Penelitian

Pertama, data parameter proses merupakan data historis agregat, bukan eksperimen terkontrol yang dirandomisasi. Faktor tidak dialokasikan mengikuti

OA, jumlah unit pemeriksaan tidak sama, noise factor tidak dikontrol, identifier batch/lot dan mesin tidak tersedia secara konsisten, serta RPM monofilament hanya mempunyai dua nilai aktual berbeda (17 dan 18). Kedua, ringkasan defect multifilament pada data agregat tidak memasukkan RPS Juli dan Agustus; rekonsiliasi terhadap data bulanan menghasilkan RPS 15.868 pcs dan total defect 20.222 pcs. Ketiga, ANOVA implementasi awal mempunyai seluruh p-value faktor $>0,05$ dan digunakan hanya sebagai informasi kontribusi relatif, bukan inferensi kausal.

Keempat, tidak tersedia confirmation run sehingga kombinasi optimal dan estimasi penurunan QLF pascapenerapan Taguchi tidak dapat diverifikasi. Kelima, definisi fisik dan satuan indikator target-aktual QLF serta derivasi angka Produksi/Hari tidak terdokumentasi lebih lanjut pada arsip penelitian. Keenam, mekanisme near real-time masih bergantung pada kecepatan input manual, penyimpanan, dan refresh/penarikan data oleh pengguna serta belum terhubung langsung ke mesin/IoT; sistem juga belum dievaluasi melalui usability testing dan tidak menjalani security testing khusus. Penelitian selanjutnya perlu merancang eksperimen prospektif dengan kombinasi L9 yang benar-benar diterapkan, randomisasi bila memungkinkan, ukuran sampel per run yang terdokumentasi, kontrol noise factor, ANOVA pada respons yang valid, serta confirmation run. Setelah hasil konfirmasi tersedia, QLF dapat dihitung ulang untuk mengukur penurunan kerugian aktual. Evaluasi pengguna, efisiensi waktu kerja, dan pengujian keamanan aplikasi juga diperlukan sebelum implementasi skala penuh.

3.6. Implikasi

Temuan penelitian mengarahkan tiga agenda perbaikan. Pada sisi proses, perusahaan perlu memprioritaskan pengendalian RR pada monofilament dan RPS pada multifilament, dengan pemeriksaan terhubung terhadap kondisi mesin, standardisasi setelan, material, dan pencatatan pengukuran. Pada sisi eksperimen, penelitian berikutnya perlu menjalankan DOE prospektif menggunakan tiga level unik, OA L9 yang benar, randomisasi, pencatatan batch/lot dan mesin, kontrol noise factor, ukuran sampel yang setara atau terdokumentasi, serta confirmation run. Pada sisi sistem, mekanisme near real-time berbasis input saat ini dapat dikembangkan menuju akuisisi data mesin/IoT yang lebih otomatis, disertai evaluasi usability dan efisiensi waktu, audit keamanan/penetration testing, serta modul perbandingan QLF sebelum-sesudah perbaikan agar dampak finansial rekomendasi dapat dibuktikan secara empiris.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan sistem informasi pendukung keputusan kualitas berbasis web yang mengintegrasikan QCC (Pareto-Fishbone), FMEA

sebagai prioritas risiko, evaluasi Taguchi/SNR-ANOVA, dan QLF pada pengendalian kualitas jaring monofilament dan multifilament. Rekonsiliasi data menetapkan total defect monofilament sebesar 49.420 pcs dan multifilament sebesar 20.222 pcs, dengan RR monofilament sebanyak 15.293 pcs (30,94%) dan RPS multifilament sebanyak 15.868 pcs (78,47%) sebagai kategori dominan. FMEA menempatkan RR monofilament pada prioritas tertinggi dengan RPN 80 dan RPS multifilament dengan RPN 72. Normalisasi respons menghasilkan defect rate agregat 89,12% pada monofilament dan 76,23% pada multifilament. Data RPM monofilament yang tercatat 18, 17, dan 17 RPM menunjukkan hanya dua nilai fisik unik, sehingga data historis tidak dapat diperlakukan sebagai rancangan L9 tiga-level yang valid. ANOVA implementasi awal tetap disajikan untuk keterlacakan, tetapi seluruh p-value faktor $>0,05$ dan tidak digunakan sebagai dasar klaim kausal maupun parameter optimum terkonfirmasi. QLF menunjukkan estimasi kerugian tertinggi pada multifilament sebesar Rp40.000.000 per hari. Sistem Laravel-MySQL memisahkan hak akses Admin Produksi dan Admin QC melalui RBAC; data yang disimpan Admin Produksi tersedia secara near real-time pada level aplikasi untuk ditarik dan dianalisis Admin QC, tetapi belum merupakan akuisisi real-time langsung dari mesin. Verifikasi black-box dan perbandingan dengan Microsoft Excel menunjukkan fungsi akses dan komponen perhitungan yang diuji berjalan konsisten.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan DOE prospektif menggunakan tiga level fisik yang benar-benar unik dan Orthogonal Array L9 yang diterapkan secara nyata, disertai randomisasi, pencatatan batch/lot, kode mesin, operator, material, noise factor, serta jumlah unit per run yang setara atau terdokumentasi. Percobaan konfirmasi perlu dilakukan untuk memverifikasi kombinasi kandidat sebelum disebut sebagai parameter optimum; setelah nilai aktual pascaperbaikan tersedia, QLF dapat dihitung kembali untuk mengukur pengurangan kerugian secara empiris. Pengembangan sistem selanjutnya perlu mengarah pada integrasi mesin atau IoT agar akuisisi data lebih otomatis, pengukuran latensi near real-time, usability testing, evaluasi efisiensi waktu kerja, audit keamanan atau penetration testing, serta pengujian pada periode dan volume data yang lebih luas agar reliabilitas sistem dapat dievaluasi sebelum implementasi skala penuh.

REFERENSI

- [1] T. Peixoto, B. Oliveira, Ó. Oliveira, and F. Ribeiro, "Data Quality Assessment in Smart Manufacturing: A Review," *Systems*, vol. 13, no. 4, art. 243, 2025. <https://doi.org/10.3390/systems13040243>
- [2] C. Z. Barragán, R. Urraca, and A. Sanz-Garcia, "A data-driven methodology for monitoring Total Quality Management (TQM) systems in the Industry 4.0 era," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 210, art. 111549, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2025.111549>

- [3] A. F. Fajrin and Suparto, "Analisa Perancangan Perbaikan Kualitas dengan Pendekatan Taguchi melalui Perspektif Quality Control Circle dan Quality Loss Function (Studi Kasus UD. Karya Logam Pandean)," *Tekmapro*, vol. 19, no. 2, pp. 76–86, 2024. <https://doi.org/10.33005/tekmapro.v19i2.406>
- [4] T. Dahniar and W. Sarwoko, "Optimalisasi Kualitas dengan Metode Quality Control Circle (QCC) untuk Meningkatkan Kualitas Produk di PT KMIL," *Jurnal TAMBORA*, vol. 8, no. 2, pp. 1–9, 2024. <https://doi.org/10.36761/tambora.v8i2.4012>
- [5] K. P. Alifka and F. Apriliani, "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*, vol. 2, no. 3, pp. 97–118, 2024. <https://doi.org/10.56211/factory.v2i3.486>
- [6] S. Adhi, A. Mayasari, S. R. W. Ghani, and N. Muflihah, "Analisis Quality Control Circle (QCC) dan Quality Loss Function (QLF) Dalam Upaya Meminimalkan Tingkat Kerusakan Kemasan," *Jurnal Penelitian Bidang Inovasi & Pengelolaan Industri*, vol. 5, no. 1, pp. 10–22, 2025. Available: <https://ejournal.unhasy.ac.id/index.php/invantri/article/view/9520>
- [7] H. Maulana, Nugraha, and L. Nurwandi, "Pengendalian Kualitas dengan Metode Taguchi pada Produk AMDK," *Jurnal Riset Teknik Industri*, vol. 5, no. 2, pp. 187–194, 2025. <https://doi.org/10.29313/jrti.v5i2.8316>
- [8] M. W. Hisam, A. A. Dar, M. O. Elrasheed, M. S. Khan, R. Gera, and I. Azad, "The Versatility of the Taguchi Method: Optimizing Experiments Across Diverse Disciplines," *Journal of Statistical Theory and Applications*, vol. 23, no. 4, pp. 365–389, 2024. <https://doi.org/10.1007/s44199-024-00093-9>
- [9] AIAG and VDA, *FMEA Handbook: Failure Mode and Effects Analysis*, 1st ed. Southfield, MI: Automotive Industry Action Group, 2019. Available: <https://www.aiag.org/training-and-resources/manuals/details/FMEAAV-1>
- [10] Y. Cao and F. Q. A. Alyousuf, "A new framework to assess the impact of new IT-based technologies on the success of quality management system," *Journal of Big Data*, vol. 12, no. 1, art. 8, 2025. <https://doi.org/10.1186/s40537-025-01061-5>
- [11] E. Kalayci and O. Avinc, "The Disperse Dyeing of Polyetherimide Fibers Using Orthogonal Array (Taguchi) Design," *Fibers and Polymers*, vol. 25, pp. 3045–3060, 2024. <https://doi.org/10.1007/s12221-024-00641-1>
- [12] L. Le Gué, E. Savina, M. Arhant, P. Davies, N. Dumergue, et al., "Influence of knot strength on the mechanical performance of a biodegradable gillnet," *Scientific Reports*, vol. 14, art. 15450, 2024. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66474-3>
- [13] R. Sandhu, D. F. Ferraiolo, and D. R. Kuhn, "The NIST Model for Role-Based Access Control: Towards a Unified Standard," in *Proc. 5th ACM Workshop on Role-Based Access Control*, pp. 47–63, 2000. <https://doi.org/10.1145/344287.344301>