

Integrasi *Quality Control Circle* dalam Bisnis Proses Produksi dan Pengujian Efisiensi Biaya dengan *Bootstrap Paired T-test*

Integration of Quality Control Circle in Production Business Processes and Cost Efficiency Testing Using Bootstrap Paired T-test

Iffad Rakhmanhuda¹, Andyas Mukti Pradanarka²

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya, +62 (031) 870 6369

E-mail : iffad.rakhmanhuda.ft@upnjatim.ac.id¹, dyasmukti.ft@upnjatim.ac.id²

**Corresponding author*

Received 18 July 2025; Revised 10 August 2025; Accepted 11 August 2025

Abstrak-Dalam upaya meningkatkan efisiensi proses bisnis produksi, perusahaan menghadapi tantangan berupa tingginya jumlah cacat roll letter mark pada mesin extruder small wire. Cacat ini berdampak negatif terhadap kualitas produk dan menimbulkan pemborosan biaya produksi. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan jumlah cacat tersebut melalui penerapan metode *Quality Control Circle* (QCC) serta menganalisis efektivitas perbaikannya dari sisi *cost reduction* menggunakan uji *Bootstrap Paired T-test*. Metode QCC digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab, merancang solusi, dan mengimplementasikan tindakan korektif secara sistematis. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan data sebelum dan sesudah perbaikan. Hasil penelitian menunjukkan penurunan signifikan jumlah cacat roll letter mark setelah implementasi QCC, yang didukung oleh hasil uji statistik *Bootstrap Paired T-test* ($p < 0,05$). Selain peningkatan kualitas, analisis juga menunjukkan terjadinya penghematan biaya produksi secara nyata. Dengan demikian, integrasi QCC terbukti efektif dalam mengoptimalkan proses bisnis produksi dan meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan. Penelitian ini merekomendasikan penerapan QCC secara berkelanjutan sebagai bagian dari strategi peningkatan mutu dan efisiensi di lingkungan manufaktur.

Kata kunci – *Quality Control Circle, Cost Reduction, Bootstrap Paired T-test*

Abstract — In an effort to enhance the efficiency of production business processes, the company faces a challenge in the form of a high number of roll letter mark defects on the small wire extruder machine. These defects negatively affect product quality and lead to excessive production costs. This study aims to reduce the number of such defects through the implementation of the Quality Control Circle (QCC) method and to analyze the effectiveness of the improvements in terms of cost reduction using the Bootstrap Paired T-test. The QCC method is applied to systematically identify root causes, design solutions, and implement corrective actions. Evaluation is conducted by comparing data before and after the improvements. The results indicate a significant reduction in roll letter mark defects following the implementation of QCC, supported by statistical results from the Bootstrap Paired T-test ($p < 0,05$). In addition to quality improvement, the analysis also reveals substantial savings in production costs. Therefore, the integration of QCC has proven effective in optimizing production business processes and enhancing overall operational efficiency. This study recommends the continuous application of QCC as part of a quality and efficiency improvement strategy in manufacturing environments.

Keywords — *Quality Control Circle, Cost Reduction, Bootstrap Paired T-test*

1. PENDAHULUAN

Dalam upaya meningkatkan efisiensi proses bisnis produksi, perusahaan menghadapi tantangan berupa tingginya jumlah cacat roll letter mark pada mesin extruder small wire. Cacat ini tidak hanya menurunkan kualitas produk, tetapi juga menimbulkan pemborosan biaya produksi yang signifikan. Permasalahan utama adalah bagaimana penerapan *Quality Control Circle (QCC)* dalam kerangka bisnis proses produksi, dengan menggunakan metode *SMART goals*, *Fishbone Diagram*, dan *5-Why Analysis*, dapat menurunkan cacat roll letter mark serta menghasilkan *cost reduction* yang dapat diuji secara statistik menggunakan *Bootstrap Paired T-test*.

Dalam literatur terbaru, *Fishbone Diagram* dan *5-Why Analysis* secara luas digunakan dalam kegiatan QCC untuk mengidentifikasi akar penyebab cacat produksi secara sistematis dan terstruktur [1]. Misalnya, studi pada industri manufaktur gula menunjukkan penggunaan *Fishbone Diagram* dan *FMEA* mampu mendeteksi penyebab cacat, seperti penyumbatan filter dan kesalahan operator, serta menghasilkan pengurangan signifikan terhadap produk cacat [2]. Penelitian serupa di bidang pengecoran logam menerapkan QCC yang dilengkapi dengan analisis akar masalah untuk menurunkan cacat permukaan produk secara efektif [3]. Selain itu, pendekatan *SMART* (Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound) terbukti membantu menetapkan sasaran yang realistik dan terukur dalam pelaksanaan program QCC [4]. Dalam studi klinis, penerapan QCC berhasil menurunkan rejection rate specimen laboratorium dari 1,13% menjadi 0,27% dengan kombinasi analisis akar masalah berbasis *Fishbone Diagram* dan pengendalian sistematis oleh tim QCC [5]. Namun, sebagian besar penelitian terdahulu belum mengevaluasi secara statistik efektivitas intervensi QCC terhadap efisiensi biaya menggunakan metode seperti *Bootstrap Paired T-test*. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan sebuah pendekatan inovatif yang mengintegrasikan beberapa metode manajemen mutu dan analisis akar penyebab ke dalam proses produksi, dengan tujuan utama untuk meningkatkan efisiensi dan menurunkan biaya operasional. Pendekatan ini menggabungkan *Quality Control Circle (QCC)* sebagai platform kolaboratif berbasis tim, dengan *SMART Goals* sebagai kerangka kerja dalam penetapan tujuan yang spesifik, terukur, dapat dicapai, relevan, dan berbatas waktu. Melalui perencanaan yang terstruktur ini, tim QCC dapat lebih fokus dalam mengidentifikasi masalah yang berdampak signifikan terhadap kualitas dan biaya.

Untuk menggali akar penyebab permasalahan secara sistematis, penelitian ini juga mengadopsi metode *Fishbone Diagram* (Diagram Tulang Ikan) dan *5 Why Analysis*, dua teknik yang umum digunakan dalam pendekatan *Root Cause Analysis (RCA)*. *Fishbone Diagram* memungkinkan identifikasi faktor-faktor penyebab dari berbagai aspek, seperti manusia, mesin, material, metode, lingkungan, dan pengukuran. Sementara itu, *5 Why Analysis* digunakan untuk menyelami lebih dalam akar masalah dengan cara bertanya “mengapa” secara berulang hingga akar penyebab sebenarnya ditemukan. Integrasi keempat metode ini memberikan pendekatan yang menyeluruh dalam merancang solusi yang tepat sasaran dan berkelanjutan. Selanjutnya, untuk mengevaluasi efektivitas dari tindakan perbaikan yang telah dilakukan, penelitian ini akan menggunakan pendekatan kuantitatif melalui uji statistik *Bootstrap Paired T-test*. Uji ini akan membandingkan data sebelum dan sesudah implementasi perbaikan, khususnya terhadap dua variabel utama, yaitu jumlah cacat produk dan biaya produksi. Dengan demikian, analisis ini bertujuan untuk menguji signifikansi dari penurunan biaya (*cost reduction*) yang dicapai setelah integrasi pendekatan QCC dan RCA. Hasil dari uji statistik ini akan memberikan validasi ilmiah terhadap keberhasilan strategi yang diusulkan, sekaligus memperkuat argumentasi bahwa metode ini dapat direplikasi dalam proses produksi lainnya di sektor manufaktur. Data cacat dan biaya produksi sebelum dan sesudah perbaikan akan dianalisis menggunakan uji *Bootstrap Paired T-test* untuk menguji signifikansi penurunan biaya (*cost reduction*) secara kuantitatif [6].

Inovasi utama dalam penelitian ini terletak pada pemanfaatan Quality Control Circle (QCC) sebagai bagian integral dari proses bisnis produksi, bukan hanya sebagai alat perbaikan kualitas semata. QCC, yang secara tradisional digunakan untuk mendorong partisipasi karyawan dalam identifikasi dan pemecahan masalah kualitas, dalam penelitian ini diintegrasikan secara strategis ke dalam sistem manajemen produksi untuk mendukung pengendalian biaya secara berkelanjutan. Dengan pendekatan ini, QCC tidak lagi berdiri sendiri sebagai aktivitas insidental, melainkan menjadi mekanisme yang secara sistematis mempengaruhi pengambilan keputusan produksi dan efisiensi operasional. Lebih lanjut, integrasi QCC ini didukung oleh analisis dan validasi statistik, yang memastikan bahwa setiap tindakan perbaikan atau efisiensi yang diusulkan berbasis data dan memiliki dampak nyata terhadap performa produksi. Pendekatan ini menghasilkan manfaat ganda: pertama, terjadi peningkatan kualitas produk secara konsisten; kedua, tercapai efisiensi biaya yang signifikan, terutama dalam mengurangi pemborosan dan menekan variabilitas proses[7].

Penerapan konsep ini secara khusus ditujukan untuk lini produksi extruder small wire, di mana kompleksitas operasional dan tuntutan kualitas sangat tinggi. Melalui penerapan QCC sebagai strategi manajemen berbasis data, penelitian ini diharapkan dapat memperluas kontribusi terhadap praktik-praktik peningkatan mutu dan efisiensi biaya dalam industri manufaktur secara lebih luas. Hal ini sekaligus menjadi model pendekatan baru dalam memaksimalkan potensi sumber daya manusia dan teknologi untuk mencapai keunggulan operasional secara berkelanjutan.

Dalam upaya meningkatkan efisiensi proses bisnis produksi, perusahaan menghadapi tantangan berupa tingginya jumlah cacat roll letter mark pada mesin extruder small wire. Cacat ini tidak hanya menurunkan kualitas produk, tetapi juga menimbulkan pemborosan biaya produksi yang signifikan. Permasalahan utama adalah bagaimana penerapan Quality Control Circle (QCC) dalam kerangka bisnis proses produksi, dengan menggunakan metode SMART goals, Fishbone Diagram, dan 5 Why Analysis, dapat menurunkan cacat roll letter mark serta menghasilkan penghematan biaya (cost reduction) yang dapat diuji secara statistik menggunakan Bootstrap Paired T-test. Dalam literatur terbaru, Fishbone Diagram dan 5 Why Analysis secara luas digunakan dalam kegiatan QCC untuk mengidentifikasi akar penyebab cacat produksi secara sistematis dan terstruktur . Misalnya, studi pada industri manufaktur gula menunjukkan penggunaan Fishbone Diagram dan FMEA mampu mendeteksi penyebab cacat seperti penyumbatan filter dan kesalahan operator. Penelitian serupa di bidang pengecoran logam menerapkan QCC yang dilengkapi dengan analisis akar masalah untuk menurunkan cacat permukaan produk secara efektif [8].

Pendekatan SMART (Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound) terbukti membantu menetapkan sasaran yang realistik dan terukur dalam pelaksanaan program QCC. Dalam studi klinis, penerapan QCC berhasil menurunkan rejection rate specimen laboratorium dari 1,13% menjadi 0,27% . Penelitian lainnya menunjukkan penerapan QCC di sektor otomotif mampu mengurangi tingkat cacat pada komponen produksi. Hasil positif juga terlihat pada industri baja melalui upaya mengurangi scrap di lini produksi. Selain itu, pada lini perakitan kendaraan bermotor, QCC terbukti efektif mengurangi cacat gores pada komponen [9]. Penerapan serupa di bidang kesehatan menunjukkan peningkatan kualitas pemasangan peralatan medis. Implementasi QCC pada industri otomotif juga efektif menurunkan cacat pada komponen keselamatan seperti seat belt.

Di sektor manufaktur tas, penerapan metode ini menghasilkan penurunan signifikan pada jumlah produk cacat. Sementara itu, di industri tekstil, integrasi QCC dengan metode FMEA membantu meningkatkan kualitas proses produksi. Penelitian sebelumnya menegaskan bahwa sebagian besar studi yang mengkaji QCC belum mengevaluasi secara statistik efektivitas intervensi terhadap efisiensi biaya menggunakan metode seperti Bootstrap Paired T-test. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pendekatan inovatif yang mengintegrasikan beberapa metode manajemen mutu dan analisis akar penyebab ke dalam proses produksi, dengan tujuan

utama meningkatkan efisiensi dan menurunkan biaya operasional. Pendekatan ini menggabungkan Quality Control Circle (QCC) sebagai platform kolaboratif berbasis tim, dengan SMART Goals sebagai kerangka kerja dalam penetapan tujuan yang spesifik, terukur, dapat dicapai, relevan, dan berbatas waktu [10]. Untuk menggali akar penyebab permasalahan secara sistematis, penelitian ini mengadopsi metode Fishbone Diagram (Diagram Tulang Ikan) dan 5 Why Analysis . Fishbone Diagram memungkinkan identifikasi faktor-faktor penyebab dari berbagai aspek seperti manusia, mesin, material, metode, lingkungan, dan pengukuran . Sementara itu, 5 Why Analysis digunakan untuk menyelami lebih dalam akar masalah hingga ditemukan penyebab sebenarnya.

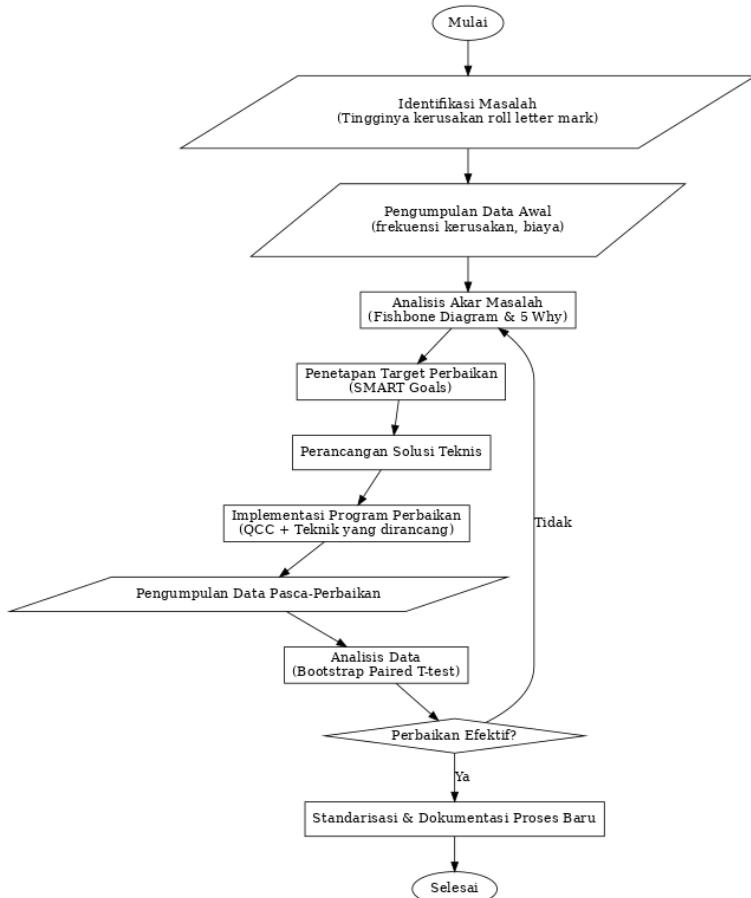
Selanjutnya, untuk mengevaluasi efektivitas dari tindakan perbaikan yang telah dilakukan, penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif melalui uji statistik Bootstrap Paired T-test . Uji ini membandingkan data sebelum dan sesudah implementasi perbaikan, khususnya terhadap jumlah cacat produk dan biaya produksi. Hasilnya diharapkan memberikan validasi ilmiah terhadap keberhasilan strategi yang diusulkan [11].

Inovasi utama dalam penelitian ini adalah pemanfaatan QCC sebagai bagian integral dari proses bisnis produksi . Dengan pendekatan ini, QCC diintegrasikan ke dalam sistem manajemen produksi untuk mendukung pengendalian biaya secara berkelanjutan. Penerapan QCC menghasilkan manfaat ganda, yakni peningkatan kualitas produk secara konsisten dan efisiensi biaya yang signifikan [12]. Konsep ini secara khusus ditujukan untuk lini produksi extruder small wire, di mana kompleksitas operasional dan tuntutan kualitas sangat tinggi [13].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain pra dan pasca implementasi untuk mengevaluasi efektivitas metode SMART yang dikombinasikan dengan analisis akar masalah berbasis Fishbone Diagram dan 5 Why dalam menurunkan kerusakan pada komponen roll letter mark di mesin extruder small wire. Kemudian akan dilanjutkan dengan analisa efektifitas *cost reduction* untuk menguji seberapa signifikan dampaknya.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan rancangan *pre-test* dan *post-test* pada satu kelompok (*one group pretest-posttest design*). Pemilihan desain ini didasarkan pada kebutuhan untuk mengukur perubahan yang terjadi secara langsung akibat intervensi yang diberikan, yaitu penerapan metode QCC yang terintegrasi dengan SMART Goals, Fishbone Diagram, dan 5 Why Analysis. Pendekatan kuantitatif dipilih untuk memperoleh hasil yang objektif dan dapat diuji secara statistik, sehingga setiap temuan memiliki tingkat validitas yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Pada gambar 1 dijelaskan bahwa unit analisis dalam penelitian ini adalah mesin extruder small wire yang menjadi fokus perbaikan, khususnya pada komponen *roll letter mark* yang menunjukkan tingkat kerusakan tertinggi. Populasi data yang digunakan meliputi seluruh catatan penggantian alat kerja dan biaya perbaikan selama satu tahun sebelum perbaikan serta tiga bulan setelah penerapan program. Dari populasi tersebut, diambil sampel data bulanan dengan total 12 periode pengamatan sebelum dan sesudah intervensi, sehingga memungkinkan perbandingan langsung menggunakan metode *Bootstrap Paired T-test*.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung di area produksi, analisis laporan pemeliharaan mesin (*maintenance log*), serta wawancara dengan operator dan teknisi yang terlibat dalam proses produksi. Data kuantitatif yang diperoleh mencakup frekuensi penggantian *roll letter mark*, jenis kerusakan, dan biaya kerugian yang diakibatkan. Sementara itu, data kualitatif diperoleh dari hasil wawancara untuk mengidentifikasi faktor penyebab dan kebiasaan kerja yang berkontribusi terhadap kerusakan alat. Seluruh data kemudian diverifikasi melalui *cross-check* dengan catatan administrasi dan dokumentasi perbaikan.

Analisis dilakukan melalui dua tahap. Tahap pertama adalah analisis deskriptif untuk mengidentifikasi tren frekuensi kerusakan dan biaya perbaikan sebelum dan sesudah perbaikan. Tahap kedua adalah analisis inferensial menggunakan uji *Bootstrap Paired T-test* untuk menguji hipotesis apakah terdapat perbedaan signifikan antara kedua kondisi. Uji ini dipilih karena mampu membandingkan dua kelompok data yang berpasangan dengan memperhitungkan variasi dalam kelompok yang sama. Validasi hasil dilakukan dengan memastikan bahwa asumsi normalitas terpenuhi, sehingga hasil uji statistik memiliki akurasi yang memadai.

Implementasi program perbaikan mengikuti tahapan sistematis QCC, yaitu: (1) identifikasi masalah, (2) analisis akar penyebab menggunakan Fishbone Diagram dan 5 Why Analysis, (3) perumusan target dengan SMART Goals, (4) perancangan solusi teknis, (5) pelaksanaan perbaikan di lapangan, (6) evaluasi hasil melalui pengumpulan data pasca-perbaikan, dan (7) standarisasi prosedur baru agar perbaikan bersifat berkelanjutan. Dengan alur ini, setiap tahap memiliki indikator keberhasilan yang terukur, sehingga memudahkan evaluasi efektivitas dan replikasi program di lini produksi lain.

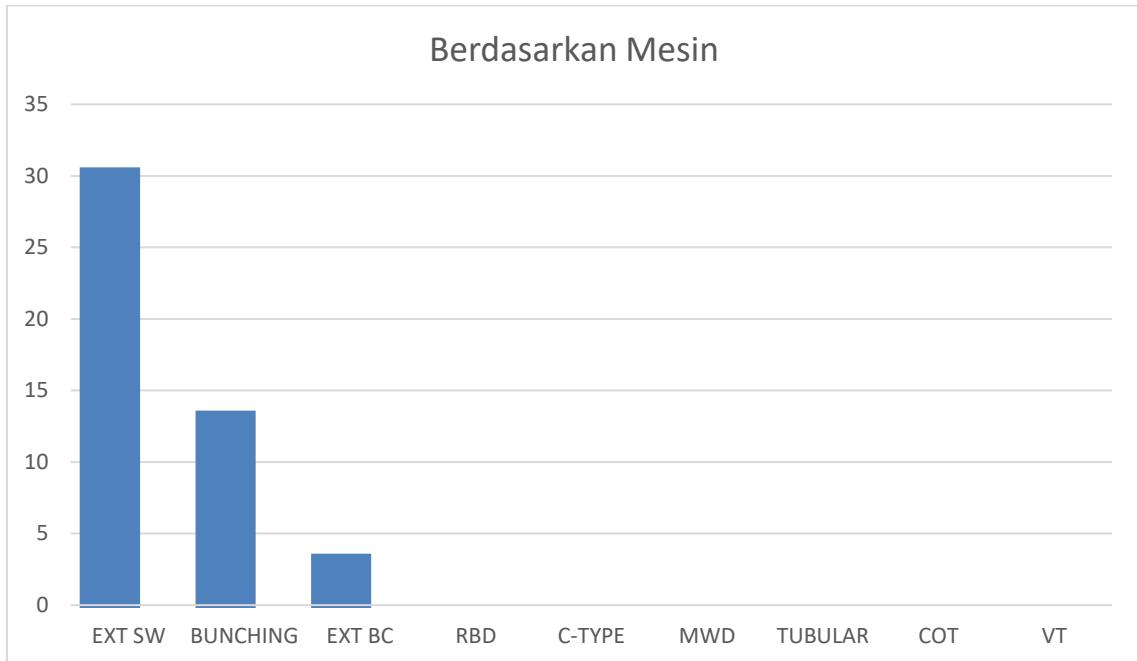
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap awal penelitian dimulai dengan data frekuensi penggantian tools selama periode 1 tahun seperti pada Tabel 1, dilanjutkan penetapan target perbaikan menggunakan metode SMART (Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-Bound). Secara spesifik, fokus perbaikan diarahkan pada penurunan kerusakan yang disebabkan oleh keausan dan penyalahgunaan alat kerja selama proses marking. Target kuantitatif diukur dengan menurunnya frekuensi penggantian tools roll letter mark sebesar 60% dibandingkan periode sebelum perbaikan. Target ini dinilai achievable karena direncanakan tercapai dalam kurun waktu tiga bulan sejak program diterapkan. Relevansi target didasarkan pada tujuan utama menjaga efisiensi biaya operasional, dan target waktu telah disesuaikan agar realisasi program dapat dievaluasi tepat waktu sesuai jadwal kerja [14].

Tabel 1. Frekuensi penggantian tools berdasarkan mesin

No.	Mesin	Frekuensi	%	% Kumulatif
1	EXT SW	29	67.44 %	67.44 %
2	BUNCHING	12	27.91 %	93.35 %
3	EXT BC	2	0.00 %	100.00 %
4	RBD	0	0.00 %	100.00 %
5	C-TYPE	0	0.00 %	100.00 %
6	MWD	0	0.00 %	100.00 %
7	TUBULAR	0	0.00 %	100.00 %
8	COT	0	0.00 %	100.00 %
9	VT	0	0.00 %	100.00 %
Total		43	100 %	

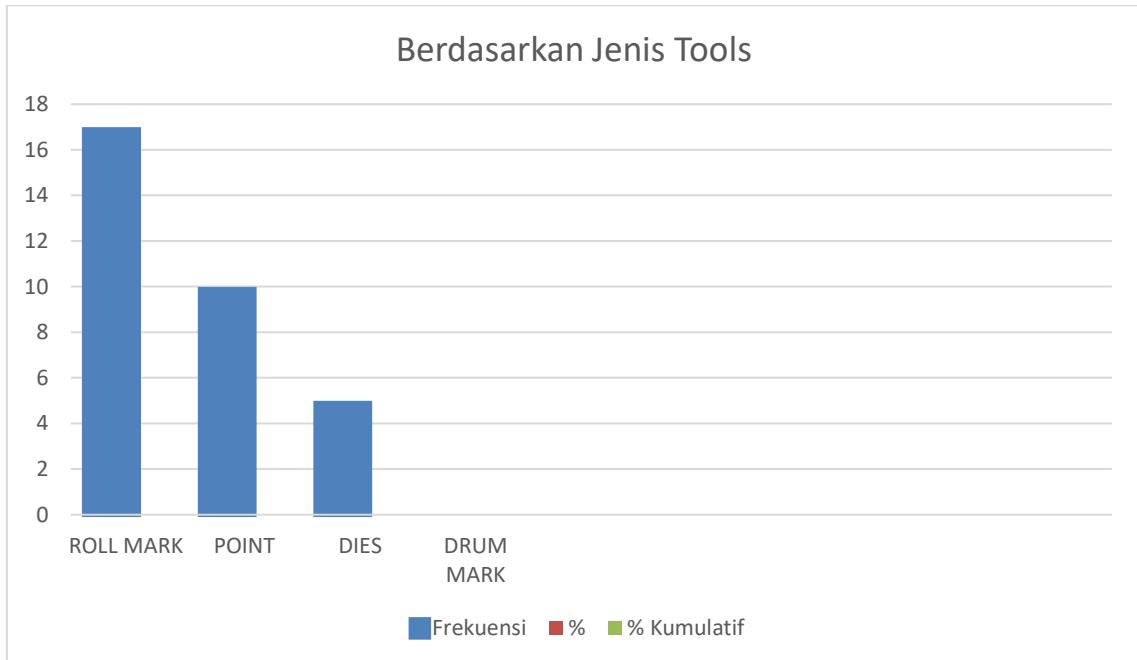
Grafik frekuensi penggantian tools terhadap mesin yang ditampilkan pada gambar 2 memberikan gambaran visual mengenai tingkat intensitas kerusakan atau keausan alat kerja selama periode satu tahun sebelum perbaikan dilakukan. Dari grafik tersebut, terlihat pola penggantian yang cukup fluktuatif namun cenderung tinggi pada bulan-bulan tertentu, yang mengindikasikan adanya ketidakstabilan dalam umur pakai tools, khususnya pada komponen roll letter mark. Pola ini menunjukkan adanya hubungan erat antara beban kerja mesin, durasi pemakaian alat, serta kemungkinan terjadinya penyalahgunaan atau kurangnya perawatan berkala. Data ini menjadi dasar penting dalam menetapkan fokus perbaikan, karena tingginya frekuensi penggantian berdampak langsung pada biaya operasional dan downtime mesin. Oleh karena itu, grafik tersebut tidak hanya berfungsi sebagai dokumentasi historis, tetapi juga sebagai alat diagnostik untuk mengidentifikasi tren kerusakan yang berulang dan mendasari keputusan penerapan strategi SMART. Lebih lanjut, Tabel 2 dan gambar 3 mengenai grafik frekuensi penggantian tools berdasarkan jenis tools pada mesin extruder Small Wire (SW) memberikan informasi yang lebih terperinci mengenai kontribusi masing-masing jenis alat terhadap keseluruhan frekuensi penggantian. Dari data tersebut, terlihat bahwa roll letter mark merupakan alat dengan tingkat penggantian tertinggi dibandingkan jenis tools lainnya, seperti roll penekan wire atau roll pengaduk tinta. Temuan ini memperkuat fokus penelitian pada komponen tersebut sebagai prioritas utama dalam perbaikan. Grafik juga memperlihatkan bahwa frekuensi penggantian roll letter mark mencapai puncaknya pada bulan-bulan tertentu, yang bertepatan dengan periode intensitas produksi tinggi, menunjukkan bahwa keausan alat sangat dipengaruhi oleh volume kerja dan tekanan operasional.



Gambar 2. Grafik frekuensi penggantian tools terhadap jenis mesin

Tabel 2. Frekuensi penggantian tools berdasarkan jenis tools extruder SW

No.	Tooling Ext SW	Frekuensi	%	% Kumulatif
1	ROLL MARK	16	55.17 %	55.17 %
2	POINT	9	31.03 %	86.21 %
3	DIES	4	13.79 %	100.00 %
4	DRUM MARK	0	0.00 %	100.00 %
Total		29	100 %	



Gambar 3. Grafik frekuensi penggantian tools berdasarkan jenis tools extruder SW

Selain analisis berdasarkan jenis tools, kajian ini juga diperdalam dengan merujuk pada Tabel 3 yang menunjukkan penyebab dominan dari pergantian alat kerja selama periode observasi. Dari tabel tersebut, diketahui bahwa mayoritas penggantian terjadi akibat tiga tipe kerusakan utama, yaitu cacat, chrome terkelupas dan keausan selama proses marking. Keausan umumnya disebabkan oleh durasi penggunaan yang melebihi batas ketahanan material, sedangkan penyalahgunaan cenderung terkait dengan prosedur kerja yang tidak sesuai standar, seperti tekanan yang tidak dikontrol saat setting roll letter mark atau penggunaan alat yang tidak sesuai dengan spesifikasinya.

Tabel 3. Frekuensi penggantian tools berdasarkan type kerusakan

No.	Jenis Kerusakan	Frekuensi	%	% Kumulatif
1	CACAT	16	100.00 %	100.00 %
2	CHROME TERKELUPAS	0	0.00 %	100.00 %
3	AUS	0	0.00 %	100.00 %
Total		16	100 %	

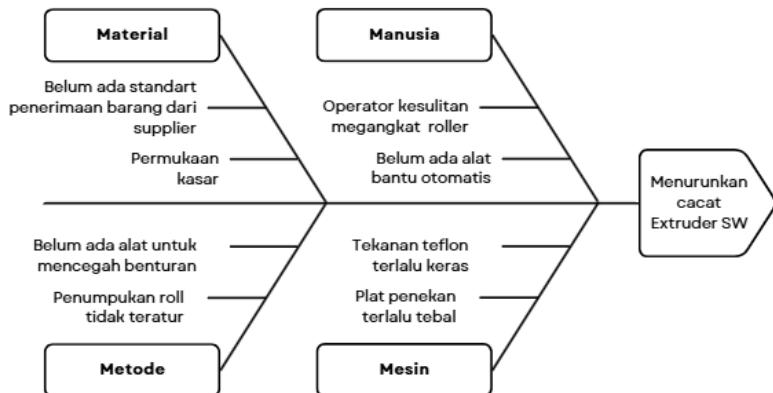
Dengan mengaitkan seluruh temuan dari grafik dan kedua tabel tersebut—berdasarkan jenis tools dan tipe kerusakan—penelitian ini membangun dasar yang kuat untuk menetapkan akar penyebab masalah secara menyeluruh. Hal ini menjadi dasar bagi implementasi metode yang lebih akurat dengan menggunakan Fishbone Diagram dan 5 Why Analysis. Validasi akhir dari efektivitas perbaikan dilakukan melalui analisis statistik Bootstrap Paired T-test, yang akan mengukur signifikansi penurunan frekuensi penggantian berdasarkan perbandingan data sebelum dan sesudah implementasi program.

Seluruh temuan yang diperoleh memberikan dasar yang kuat untuk merumuskan target perbaikan yang terstruktur menggunakan metode SMART yang ditunjukkan pada Tabel 4. Fokus perbaikan diarahkan pada pengurangan kerusakan roll letter mark, yang terbukti sebagai alat dengan tingkat penggantian tertinggi dan paling rentan terhadap keausan serta penyalahgunaan. Hal ini selaras dengan data tipe kerusakan, di mana dominasi kerusakan akibat keausan menjadi indikator penting bahwa alat tersebut beroperasi di luar kapasitas atau tidak sesuai prosedur standar.

Tabel 4. Metode SMART

Specific	Mengurangi potensi kerusakan pada roll letter mark
Measurable	Penggantian tools roll letter mark berkurang 60%
Achievable	Target dapat diraih dalam waktu 3 bulan implementasi
Relevant	Target bisa turun 60% sesuai rencana
Time Bound	Target harus tercapai sebelum awal periode 2025

Setelah penetapan target, dilakukan identifikasi dan analisis akar masalah menggunakan Fishbone Diagram seperti pada Gambar 4 yang digunakan untuk memetakan berbagai faktor penyebab kerusakan [15]. Selanjutnya pada Tabel 5 digunakan metode 5 Why diterapkan untuk menggali penyebab utama secara bertahap dan mendalam. Analisis ini mengungkapkan tiga faktor utama penyebab kerusakan: tekanan berlebih pada permukaan teflon, penggunaan alat bantu manual yang tidak konsisten, serta variasi kualitas material dari supplier.



Gambar 4. Analisa Fishbone diagram

Penerapan kedua metode ini memastikan bahwa tindakan perbaikan yang dirancang benar-benar menjawab sumber masalah, bukan hanya gejalanya. Hal ini menjadi krusial untuk menjamin efektivitas implementasi perbaikan jangka panjang, serta mendukung pencapaian target SMART, khususnya dalam aspek pengurangan frekuensi penggantian tools secara signifikan dan berkelanjutan.

Tabel 5. Tabel 5 Why's Analysis

No	Faktor	Apa	Kenapa	Bagaimana	Dimana	Kapan	Siapa
1	Mesin	Plat Penekan Teflon terlalu tebal	Plat Penekan Teflon terlalu tebal mengakibatkan tekanan Teflon ke roll letter mark terlalu keras	Pembuatan design plat penekan yang lebih tipis dan lentur	Production	Periode 2024	PIC-Prod
2	Manusia	Belum ada alat bantu / otomatis untuk Roll Penekan wire	Masih mengandalkan alat bawaan dari mesin yang bekerja manual	Pembuatan alat bantu / otomatis untuk mengangkat rol penekan (Pneumatic)	Production	Periode 2024	PIC-Prod
		Belum adanya stopper pengaman Roll pengaduk tinta	Roll pengaduk tinta berpotensi berbenturan dengan roll letter mark saat setting	Pembuatan design “STOPPER” sehingga saat setting tidak akan terbentur roll letter mark	Production	Periode 2024	PIC-Prod
3	Metode	Belum adanya tools untuk mencegah benturan	Saat perendaman roll letter mark yang kotor berpotensi terjadi benturan karena direndam secara bersamaan	Pembuatan alat bantu/ jig untuk mencegah terjadinya benturan antar roll letter mark saat perendaman	Tooling	Periode 2024	PIC-Tools
4	Material	Belum adanya standard penerimaan	Teflon yang di order dari supplier	Pembuatan standard	Gudang Sparepart	Periode 2024	PIC Inventory

		Teflon supplier dari	memiliki tekstur permukaan yang kasar dan tidak siku, dapat mengakibatkan roll letter mark gores	permukaan Teflon , yaitu flat dan siku			
--	--	----------------------	--	--	--	--	--

Berdasarkan hasil analisis akar masalah, disusun rekomendasi teknis sebagai solusi perbaikan. Rekomendasi pertama adalah penggantian plat penekan teflon dengan bahan yang lebih lentur untuk mengurangi tekanan statis dan mencegah deformasi. Kedua, penambahan alat bantu pneumatik diusulkan untuk menggantikan tekanan manual yang tidak terstandar, agar proses marking menjadi lebih stabil dan terkontrol. Ketiga, adalah pembuatan alat bantu untuk mencegah terjadinya benturan. Terakhir dilakukan standarisasi kualitas permukaan teflon dari supplier, mencakup aspek kekasaran, ketebalan, dan komposisi bahan, untuk memastikan keseragaman kualitas bahan baku.

Seluruh rekomendasi tersebut diintegrasikan dalam program perbaikan yang dirancang sesuai dengan kerangka SMART. Pelaksanaan program ini dilakukan selama tiga bulan, dengan monitoring berkala untuk mengukur progres dan memastikan pencapaian target penurunan kerusakan yang telah ditetapkan. Frekuensi kerusakan dan penggantian tools roll letter mark diukur sebelum dan sesudah implementasi program. Data yang terkumpul kemudian dianalisis secara statistik menggunakan uji Bootstrap Paired T-test untuk mengetahui signifikansi penurunan frekuensi kerusakan serta pengaruhnya terhadap cost reduction secara objektif.

Tabel 6. Biaya dalam satuan juta

Periode 1	Sebelum Improvement	Setelah Improvement
1	85	60
2	88	62
3	90	64
4	86	60
5	87	63
6	89	59
7	83	58
8	79	57
9	92	55
10	93	55
11	88	56
12	82	57

Data pengamatan terhadap frekuensi kerusakan pada komponen roll letter mark dikumpulkan selama dua periode tahun seperti pada Tabel 6, yaitu sebelum dan sesudah implementasi program perbaikan berbasis metode SMART. Terdapat 12 periode pengamatan yang masing-masing mencatat nilai kerusakan dalam satuan biaya kerugian (dalam juta rupiah) pada kondisi awal dan setelah dilakukan perbaikan proses. Sebelum improvement, nilai kerugian akibat kerusakan berkisar antara 79 hingga 93 juta rupiah, dengan rata-rata sebesar 86,83 juta rupiah. Setelah perbaikan, nilai kerugian menunjukkan penurunan yang konsisten di seluruh periode, dengan kisaran antara 55 hingga 64 juta rupiah dan rata-rata sebesar 58,83 juta rupiah. Penurunan ini mencerminkan dampak awal dari tindakan perbaikan yang dilakukan, seperti penggantian alat, penerapan tekanan kerja yang distandardisasi, serta penyesuaian kualitas material input. Untuk mengetahui apakah penurunan tersebut signifikan secara statistik, dilakukan uji Bootstrap Paired T-test terhadap dua kelompok data tersebut.

Hasil pengujian menggunakan uji *Bootstrap Paired T-test* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kondisi sebelum dan sesudah implementasi perbaikan. Rata-rata

frekuensi kerusakan pada kondisi sebelum perbaikan (Variable 1) adalah 86,83, sedangkan setelah perbaikan (Variable 2) menurun menjadi 58,83. Nilai t hitung (t Stat) sebesar 18,83 jauh melebihi nilai t tabel untuk dua arah (t critical two-tail) sebesar 2,20, dengan derajat kebebasan (df) = 11. Selain itu, nilai signifikansi dua arah (p -value two-tail) sebesar $1,02 \times 10^{-9}$ jauh lebih kecil dari taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata antara kedua kondisi tersebut sangat signifikan secara statistik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa program perbaikan yang dilakukan—berbasis metode SMART, analisis Fishbone, dan 5 Why—efektif dalam menurunkan frekuensi kerusakan pada komponen roll letter mark. Hasil ini juga mendukung keberhasilan pendekatan QCC dalam meningkatkan efisiensi proses produksi secara nyata dan terukur.

Hasil pengamatan selama 12 periode terhadap nilai kerugian akibat kerusakan pada komponen roll letter mark menunjukkan adanya penurunan yang signifikan setelah implementasi program perbaikan berbasis metode SMART. Data yang dicatat dalam satuan juta rupiah menunjukkan bahwa sebelum dilakukan improvement, rata-rata kerugian per periode mencapai 86,83 juta rupiah, dengan nilai berkisar antara 79 hingga 93 juta. Setelah dilakukan perbaikan, nilai kerugian menurun menjadi rata-rata 58,83 juta rupiah, dengan rentang antara 55 hingga 64 juta. Penurunan ini berkaitan langsung dengan tindakan perbaikan teknis yang diterapkan, seperti penggantian plat teflon dengan bahan lentur, penambahan alat bantu pneumatik untuk mengantikan tekanan manual, serta standarisasi kualitas bahan baku dari supplier.

Uji statistik menggunakan *Bootstrap Paired T-test* dilakukan untuk memastikan bahwa perbedaan tersebut signifikan secara statistik. Hasilnya menunjukkan nilai t hitung sebesar 18,83, yang jauh lebih tinggi dibandingkan t tabel dua arah sebesar 2,20 pada derajat kebebasan (df) = 11. Selain itu, nilai signifikansi dua arah (p -value two-tail) sebesar $1,02 \times 10^{-9} < \alpha = 0,05$ menegaskan bahwa hipotesis nol ditolak, dan terdapat perbedaan yang signifikan antara kondisi sebelum dan sesudah perbaikan. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan berbasis metode SMART efektif dalam menurunkan biaya kerugian secara terukur dan signifikan.

Hasil ini konsisten dengan temuan yang menyatakan bahwa integrasi metode QCC dengan pendekatan perbaikan sistematis dapat menghasilkan penurunan kerugian dan cacat produksi secara signifikan. Studi Oliveira dan Duarte juga menegaskan bahwa Quality Control Circle yang dikombinasikan dengan metode kuantitatif memberikan dampak nyata terhadap efisiensi biaya dan mutu produk di industri otomotif. Di sisi lain, penggunaan metode analisis akar masalah seperti Fishbone Diagram dan 5 Why terbukti membantu mengidentifikasi sumber kerusakan utama, sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa pendekatan ini mempercepat perbaikan proses dalam manufaktur.

Secara keseluruhan, keberhasilan penurunan kerugian produksi ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis data dan sistematis tidak hanya memberikan dampak teknis, tetapi juga mendukung efisiensi bisnis proses produksi dalam jangka panjang. Program ini dapat direplikasi sebagai model pengendalian mutu pada area produksi lainnya yang memiliki tantangan serupa.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan uji, Penelitian ini membuktikan bahwa penerapan metode Quality Control Circle (QCC) yang dipadukan dengan SMART Goals, Fishbone Diagram, dan 5 Why Analysis mampu menurunkan tingkat kerusakan roll letter mark pada mesin extruder small wire secara signifikan. Perbaikan teknis seperti penggantian plat penekan teflon yang lebih lentur, penambahan alat bantu pneumatik, pembuatan alat pencegah benturan, serta standarisasi kualitas material dari pemasok terbukti efektif mengatasi akar penyebab masalah yang telah teridentifikasi. Pendekatan yang terstruktur dan berbasis data ini memberikan hasil nyata terhadap peningkatan kualitas produksi dan penurunan biaya.

Analisis kuantitatif menunjukkan adanya penurunan rata-rata kerugian dari 86,83 juta rupiah sebelum perbaikan menjadi 58,83 juta rupiah setelah implementasi program, yang berarti

terjadi penghematan biaya produksi sebesar 32,22%. Hasil uji statistik *Bootstrap Paired T-test* dengan nilai p-value jauh di bawah 0,05 memperkuat bukti bahwa perbedaan tersebut signifikan secara statistik. Hal ini membuktikan bahwa program perbaikan tidak hanya menghasilkan dampak positif secara kualitatif, tetapi juga terbukti secara matematis.

Keberhasilan program ini menunjukkan bahwa QCC dapat diintegrasikan secara strategis ke dalam proses bisnis produksi, bukan hanya sebagai aktivitas perbaikan kualitas sesaat. Implementasi metode ini memberikan manfaat ganda, yaitu peningkatan kualitas produk yang konsisten serta efisiensi biaya yang berkelanjutan. Dari perspektif manajerial, keberhasilan ini dapat dijadikan model untuk program pengendalian mutu di lini produksi lain yang memiliki karakteristik masalah serupa, sehingga berpotensi meningkatkan daya saing perusahaan secara keseluruhan. Berdasarkan hasil penelitian, direkomendasikan agar metode QCC yang terintegrasi dengan SMART Goals dan analisis akar masalah diterapkan secara berkesinambungan sebagai bagian dari budaya continuous improvement. Monitoring dan evaluasi berkala perlu dilakukan untuk memastikan standar yang telah ditetapkan tetap dipatuhi, serta melakukan penyesuaian apabila muncul masalah baru. Pendekatan ini tidak hanya relevan untuk industri kabel atau mesin extruder, tetapi juga dapat diadaptasi pada berbagai sektor manufaktur lain yang membutuhkan pengendalian mutu dan efisiensi biaya secara simultan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Li B, Cai X, Zhan L, Zhang X, Lin Y, Zeng J. Quality Control Circle Practices to Reduce Specimen Rejection Rates. *J Med Dev Health.* 2024;1(1):1–8.
- [2] Kusuma YA, Khoiri HA, Aryantha IMA, Herlambang B. Quality control to reduce production defects using control chart, fishbone diagram, and FMEA. *TEKNOSAINS: J Sains Teknologi dan Informatika.* 2024;11(1):176–186.
- [3] Wicaksono LD, Syahrullah Y. Perbaikan Kualitas Produk Pengecoran Logam dengan Metode Quality Control Circle. *Heuristic.* 2020;17(1):29–42.
- [4] Saputra A, Purnawati H. Quality control planning to minimize waste at a manufacturing company. *Int J Qual Technol.* 2023;5(1):20–30.
- [5] Hafid MF, Yusuf AMS. Analisis Penerapan Quality Control Circle untuk Meminimalkan Binning Loss pada Bagian Receiving PT Hadji Kalla Toyota. *J Ind Eng Manag.* 2022;3(2):44–50.
- [6] Ahmad R, Maqsood T. Root Cause Analysis Techniques: A Comparative Review. *Int J Qual Reliab Manag.* 2020;37(3):492–522.
- [7] S. Sulaeman, M. S. Misaran, Y. Y. Farm, and B. L. Chua, “Quality control circles technique for reducing fine bored parts rejects after tool change,” *Proc. Int. Conf. Manag. Res. Soc. Sci. Innov. (ICMRSI)*, vol. 2, no. 1, pp. 1–9, 2022. [Online]. Available: <https://proceeding.researchsynergypress.com/index.php/icmrsi/article/view/804>
- [8] F. Rokhmah, M. H. Raharjo, and R. Saputra, “Penerapan quality control circle untuk meningkatkan yield produksi dengan mengurangi scrap di recoiling line,” *J. Tekno STTMC*, vol. 12, no. 1, pp. 15–22, 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.sttmcileungsi.ac.id/index.php/tekno/article/view/536>
- [9] N. Nelfiyanti, A. S. Kurniawan, and S. S. Putra, “Decreasing scratch defects with QCC methods on the line assembly frame of the motorcycle unit in PT XYZ,” *Spektrum Industri*, vol. 20, no. 1, pp. 65–72, 2022. [Online]. Available: <https://journal.uad.ac.id/index.php/Spektrum/article/view/17918>
- [10] Z. Zhao, L. Wang, and H. Xu, “Effects of quality control circle activities for intravenous cannula placement using Deming cycle management: A case-controlled study,” *American Journal of Nursing Science*, vol. 10, no. 1, pp. 54–59, 2021. [Online]. Available: <https://sciencepublishinggroup.com/article/10.11648/j.ajns.20211001.21>

- [11] A. Nugroho, M. Wibowo, and F. Santoso, “Analisis implementasi quality control circle untuk mengurangi dirty seat belt pada bagian assembly PT XYZ,” *Jurnal Desiminasi Teknologi*, vol. 13, no. 2, pp. 88–95, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.univ-tridinanti.ac.id/index.php/Desiminasi/article/view/1024>
- [12] M. Syahril, F. R. Firmansyah, and L. Nurhalimah, “Quality control analysis to reduce bag product defects using the Lean Six Sigma method,” *Journal of Engineering and Science Technology Management*, vol. 3, no. 1, pp. 35–44, 2024. [Online]. Available: <https://jestm.org/index.php/jestm/article/view/153>
- [13] Y. Syahrullah and M. R. Izza, “Integrasi FMEA dalam penerapan Quality Control Circle (QCC) untuk perbaikan kualitas proses produksi pada mesin tenun rapier,” *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 6, no. 2, pp. 78–85, 2021.
- [14] A. Zahra, N. Aslami, and A. Atika, “Quality control analysis of bath soap products with Quality Control Circle (QCC) method at Alliance Consumer Products Indonesia uses to minimize failed products,” *Quantitative Economics and Management Studies*, vol. 5, no. 5, pp. 976–983, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.35877/454RI.qems2817>
- [15] Y. Wang, “Effect of Quality Control Circle Activities on Reducing the Failure Rate of Surgical Instrument Pre-Treatment,” *Risk Management and Healthcare Policy*, vol. 2025(18), pp. 1–10, Jan. 2025.