



Scripta Technica: Journal of Engineering and Applied Technology

Vol 2 No 1 June 2026, Hal. 321-331
ISSN:3110-0775(Print) ISSN: 3109-9696(Electronic)
Open Access: <https://scriptainteletektual.com/scripta-technica>

Analisis Penyebab Tingginya Reject Produk pada Area Warehouse Menggunakan Metode Pareto, 5 Why Analysis, dan Fishbone Diagram

Rizal Deokosta^{1*}, Muhammad Ifdol², Hilman Mubarik Aziz³, Immanuel Wijaya Huwae⁴, Yudi Prastyo⁵

¹⁻⁵ Universitas Pelita Bangsa, Indonesia
email: imanuelwijaya83@gmail.com¹

Article Info :

Received:
05-06-2026
Revised:
19-06-2026
Accepted:
22-06-2026

Abstract

The high rate of product rejection within the warehouse area compromises spatial efficiency and escalates logistics expenses in automotive manufacturing. This empirical study constructs a structured diagnostic interventional framework using Pareto charts, Fishbone diagrams, and 5 Why analysis to mitigate storage quality failures. Baseline evaluations revealed that the initial defect rate peaked at 5.20% (520 rejected units), significantly violating the 3.0% corporate tolerance threshold, with material damage and misplacement contributing a substantial 76.92% cumulative total. To address these layout and procedural root causes, engineering interventions were deployed, including warehouse redesign, shared storage, rigid pallet stacking limitations, standardized visual labeling, and operator competency training. Post intervention comparative analysis demonstrated an exceptional recovery in operational reliability, successfully driving the rejection rate down to 2.8% (280 units). This systematic reduction demonstrates the robust efficacy of integrating statistical quality metrics with spatial engineering to achieve sustainable operational excellence in modern industrial warehousing.

Keywords: Warehouse Management, Pareto Analysis, Fishbone Diagram, Five Whys, Quality Engineering.

Abstrak

Tingginya tingkat penolakan produk di area gudang mengganggu efisiensi ruang dan meningkatkan biaya logistik dalam industri manufaktur otomotif. Studi empiris ini menyusun kerangka kerja diagnostik dan intervensi terstruktur dengan menggunakan diagram Pareto, diagram Fishbone, dan analisis 5 Why untuk mengurangi kegagalan kualitas penyimpanan. Evaluasi awal menunjukkan bahwa tingkat cacat awal mencapai puncaknya sebesar 5,20% (520 unit yang ditolak), yang secara signifikan melampaui batas toleransi perusahaan sebesar 3,0%, dengan kerusakan material dan penempatan yang salah berkontribusi sebesar 76,92% dari total kumulatif. Untuk mengatasi akar masalah tata letak dan prosedur ini, intervensi teknik diterapkan, termasuk perancangan ulang gudang, penyimpanan bersama, pembatasan penumpukan palet yang ketat, pelabelan visual yang terstandarisasi, dan pelatihan kompetensi operator. Analisis perbandingan pasca-intervensi menunjukkan pemulihan luar biasa dalam keandalan operasional, yang berhasil menurunkan tingkat penolakan menjadi 2,8% (280 unit). Pengurangan sistematis ini menunjukkan keefektifan yang kuat dari integrasi metrik kualitas statistik dengan rekayasa spasial untuk mencapai keunggulan operasional yang berkelanjutan dalam pergudangan industri modern.

Kata kunci: Manajemen Gudang, Analisis Pareto, Diagram Tulang Ikan, Lima Mengapa, Rekayasa Kualitas.



©2022 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Dalam lanskap industri manufaktur global modern yang dicirikan oleh volatilitas pasar yang tinggi dan rantai pasok yang kompleks, manajemen operasional menuntut efisiensi mutakhir guna menjaga keberlanjutan bisnis dan keunggulan kompetitif (Heizer et al., 2020). Aktivitas pergudangan atau *warehouse management system* tidak lagi dipandang sekadar sebagai fasilitas penyimpanan pasif, melainkan sebagai pusat saraf taktis yang menentukan kecepatan arus material, akurasi pemenuhan pesanan, dan efektivitas biaya distribusi secara keseluruhan. Ketidakmampuan dalam mengelola area penyimpanan secara sistematis berpotensi memicu deviasi kualitas yang berujung pada tingginya tingkat penolakan produk atau *reject*, yang secara sistemik mengganggu aliran kas operasional perusahaan. Fenomena ini diperparah oleh akselerasi otomasi dan variasi produk yang menuntut presisi spasial tinggi, di mana kegagalan pengendalian kualitas di area pergudangan akan langsung mentransfer

inefisiensi kepada pelanggan akhir, mengurangi profitabilitas, serta merusak reputasi korporasi di tingkat global.

Diskursus akademis mengenai pengendalian kualitas di area logistik dan pergudangan telah berkembang pesat melalui penemuan sejumlah studi terdahulu yang mengaitkan kelemahan tata letak dengan anomali operasional. Berbagai investigasi empiris menunjukkan bahwa ketidaksesuaian inventaris sering kali berakar dari buruknya visibilitas spasial dan lemahnya penegakan sistem penomoran lokasi (Sugiarto & Suprayitno, 2023). Dalam konteks yang sejalan, keterlambatan pengiriman produk jadi didapati memiliki korelasi linear dengan ambiguitas jalur penanganan material dan ketidakpastian proses pencarian barang di gudang akibat tata letak yang tidak terstandarisasi (Vikaliana & Arizqi, 2023). Rekayasa metodologis berbasis metodologi mutu modern, seperti Six Sigma melalui kerangka kerja DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), kerap diimplementasikan untuk memitigasi kegagalan sistem pengemasan dan penyimpanan pada lini produksi skala besar (Tsarouhas & Sidiropoulou, 2024). Meskipun demikian, fokus literatur dominan masih tertuju pada optimasi stasiun kerja manufaktur secara terisolasi, sementara area pergudangan sering kali luput dari pemodelan mitigasi cacat yang komprehensif.

Meskipun literatur kontemporer telah menyediakan spektrum alat analisis kualitas yang luas, terdapat celah konseptual dan empiris yang signifikan dalam memetakan akar penyebab kerusakan produk di dalam ekosistem pergudangan. Studi pengendalian kualitas konvensional umumnya menerapkan Six Sigma pada reduksi variabilitas karakteristik material di area manufaktur (Wulandari & Azizah, 2024). Sementara itu, aplikasi alat kendali mutu dasar di area hilir sering kali terbatas pada identifikasi makro tanpa penelusuran kausalitas mendalam yang menghubungkan interaksi antara manusia, metode, dan keterbatasan ruang fisik (Sulaiman et al., 2025). Akibatnya, terjadi inkonsistensi teoretis di mana minimnya integrasi antara identifikasi prioritas masalah dan penelusuran sebab akibat yang granular membuat rekomendasi perbaikan cenderung bersifat superfisial. Kelemahan krusial ini memicu kegagalan berulang dalam implementasi tata letak baru karena pendekatan yang digunakan tidak mampu menyentuh aspek fundamental dari perilaku operator dan hambatan lingkungan spesifik gudang.

Urgensi ilmiah dan praktis untuk menyelesaikan tingginya angka *reject* pada area pergudangan menjadi sangat mendasar mengingat dampak domino yang ditimbulkannya terhadap seluruh rantai nilai. Secara ilmiah, terdapat kebutuhan mendesak untuk merumuskan model diagnostik yang tangkas dan berbiaya rendah namun memiliki ketajaman analitis tinggi dalam mengurai kompleksitas operasional gudang, melampaui pendekatan model pemborosan generik yang kurang adaptif terhadap dinamika ruang penyimpanan (Sudiantoro & Singgih, 2023). Secara praktis, kegagalan menangani tingkat *reject* yang melebihi batas toleransi perusahaan manufaktur otomotif, seperti kasus riil yang mencapai 5,2 persen dari standar maksimum 3 persen, berimplikasi langsung pada pemborosan material berskala besar dan penurunan efektivitas penyimpanan. Kondisi kritis yang melibatkan penumpukan palet abnormal, penyempitan jalur pergerakan forklift, serta ketidakpatuhan terhadap prinsip *First-In, First-Out* membutuhkan intervensi analitis yang segera guna mencegah stagnasi rantai pasok dan kerugian finansial yang terus terakumulasi.

Memosisikan riset ini dalam lanskap keilmuan teknik industri dan manajemen operasi, penelitian ini berfungsi sebagai jembatan yang mengintegrasikan tiga instrumen kualitas klasik, yaitu Diagram Pareto, *5 Why Analysis*, dan *Fishbone Diagram*, ke dalam domain spesifik manajemen pergudangan kontemporer. Riset ini menggeser paradigma analisis kualitas yang selama ini berpusat pada mesin produksi beralih menuju analisis kualitas berbasis interaksi spasial dan prosedural di area pergudangan. Dengan mengombinasikan keunggulan stratifikasi masalah dari Pareto, kategorisasi multivariat dari *Fishbone*, dan pelacakan kausalitas vertikal dari *5 Why Analysis*, posisi penelitian ini menjadi unik sebagai model intervensi kualitas yang bersifat diagnostik sekaligus aplikatif. Pendekatan integratif ini mengisi kekosongan metodologis dengan menyajikan visualisasi data yang terstruktur dan sistematis untuk memetakan deviasi mutu pada area penyimpanan barang.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif faktor-faktor pemicu tingginya tingkat *reject* produk di area warehouse serta merumuskan cetak biru perbaikan operasional yang terukur berdasarkan data aktual periode Januari sampai Maret 2026. Kontribusi teoretis dari studi ini terletak pada perluasan aplikasi teori pengendalian kualitas tradisional ke dalam ruang lingkup logistik internal, yang memperkaya literatur manajemen rantai pasok mengenai mitigasi risiko kerusakan barang selama masa penyimpanan. Secara metodologis, kontribusi penelitian ini ditunjukkan melalui validasi

efektivitas penggabungan tri-metode mutu dalam menghasilkan rekomendasi perbaikan hulu-hilir, mulai dari perancangan ulang tata letak gudang, sistem penyimpanan bersama, penguatan standardisasi prosedur operasional, hingga intervensi kompetensi manusia. Hasil formulasi ini diharapkan mampu menjadi acuan baku bagi industri manufaktur sejenis dalam mereduksi tingkat kegagalan produk di area pergudangan secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Studi empiris kuantitatif ini diarsiteki melalui pendekatan diagnostik-intervensif terstruktur guna merekayasa ulang operasional pergudangan pada industri manufaktur komponen otomotif. Ruang lingkup material eksperimen memfokuskan pengamatan pada populasi 10.000 unit produk yang tersimpan dalam area *warehouse* sepanjang periode Januari hingga Maret 2026. Bahan utama yang digunakan mencakup berkas logistik internal, kartu kontrol stok, cetak biru tata letak spasial eksisting, dan catatan historis kegagalan mutu (*defect log*). Perangkat analitis yang diintegrasikan dalam arsitektur penelitian ini meliputi tiga instrumen kendali mutu statistik utama, yaitu Diagram Pareto untuk stratifikasi dan penentuan skala prioritas anomali, Diagram Fishbone guna kategorisasi multivariat akar penyebab masalah berdasarkan taksonomi *Man, Method, Machine, Material*, dan *Environment*, serta *5 Why Analysis* sebagai algoritma pelacakan kausalitas vertikal secara mendalam (Ishikawa, 1986). Tahap implementasi taktis dibagi ke dalam tiga fase progresif, yang dimulai dengan observasi fisik lapangan dan pengumpulan data aktual, dilanjutkan dengan visualisasi struktur anomali menggunakan perangkat lunak statistik, dan diakhiri dengan eksekusi usulan perbaikan (*improvement deployment*) berupa *redesign layout*, metode *shared storage*, penegasan SOP *First-In First-Out* (FIFO), visualisasi *labeling area*, serta program pelatihan operator (Richards, 2017).

Prosedur pengujian keandalan sistem pergudangan dilakukan melalui metode komparatif pra-dan-pasca intervensi dengan membandingkan parameter performa operasional sebelum dan sesudah rekonstruksi tata letak serta standardisasi metode kerja dilaksanakan (Heizer et al., 2020). Validasi hasil analisis didasarkan pada prinsip triangulasi data kuantitatif perusahaan dengan konfirmasi kualitatif melalui wawancara mendalam serta diskusi terfokus bersama operator senior dan supervisor gudang guna menjamin objektivitas penemuan. Metrik evaluasi kinerja utama (*Key Performance Indicators*) yang diukur secara ketat mencakup tingkat *reject* produk bulanan (*reject rate*), volume kumulatif cacat spesifik per kategori, kapasitas utilitas ruang penyimpanan, dan indeks kepatuhan operasional terhadap batas maksimal tumpukan palet. Seluruh data diolah menggunakan kalkulasi persentase kumulatif mengikuti hukum distribusi Pareto 80/20 untuk mengukur signifikansi penurunan tingkat cacat produk dari ambang deviasi awal menuju batas toleransi maksimum yang ditetapkan oleh manajemen mutu korporasi (Montgomery, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Stratifikasi Kuantitatif Deviasi Mutu Ruang Penyimpanan dan Determinasi Prioritas Kerusakan Produk

Pengendalian kualitas pada area pergudangan komponen otomotif memerlukan pendekatan empiris terstruktur untuk mengidentifikasi besaran anomali operasional yang terjadi secara berkala. Pemantauan berkala terhadap aliran inventaris menjadi fondasi utama dalam mendeteksi inefisiensi yang berdampak pada penurunan profitabilitas korporasi (Heizer et al., 2020). Akumulasi kegagalan penanganan material di area hilir mencerminkan adanya ketidaksesuaian sistemis antara kapasitas aktual ruang penyimpanan dengan volume barang masuk. Evaluasi komprehensif pada fase awal ini menjadi penentu akurasi tahapan perbaikan taktis operasional selanjutnya (Richards, 2017).

Alur pelaksanaan riset ini dirancang secara sistematis melalui serangkaian tahapan logis yang terdokumentasi untuk menjamin reproduktifitas temuan lapangan. Desain metodologis pengolahan data dikonstruksikan sedemikian rupa agar perpindahan dari visualisasi masalah menuju formulasi solusi berjalan interaktif. Tahapan operasional yang terstruktur ini memberikan visualisasi menyeluruh mengenai batasan ruang lingkup observasi empiris yang dilaksanakan. Penelitian dimulai dari identifikasi deviasi lapangan hingga berakhir pada evaluasi pasca eksekusi usulan perbaikan. Rekayasa kualitas melalui pendekatan prosedural yang rigid meminimalkan potensi bias interpretasi selama pengambilan keputusan taktis berlangsung (Montgomery, 2019). Pemetaan alur pencarian akar masalah ini memperkuat integrasi antara instrumen kuantitatif statistik dengan kondisi lingkungan

pergudangan yang dinamis. Pemahaman mendalam terhadap alur kerja tersebut mendasari kalkulasi metrik kinerja inventaris yang dikumpulkan selama tiga bulan pengamatan.

Pengumpulan data sekunder perusahaan selama periode Januari hingga Maret 2026 menyingkap fakta empiris mengenai besaran penolakan produk yang melampaui batas toleransi. Total produk tersimpan sebanyak 10.000 unit menunjukkan fluktuasi volume penyimpanan bulanan yang dinamis namun diiringi tren peningkatan defect yang mengkhawatirkan. Fenomena penolakan yang tinggi ini mengindikasikan adanya kerapuhan sistem kendali kualitas pada penanganan material internal gudang (Subekti et al., 2025). Rincian volume penyimpanan dan akumulasi kuantitas kegagalan produk disajikan secara terperinci pada data tabel di bawah ini.

Tabel 1. Data Reject Produk Periode Januari sampai Maret 2026

Bulan	Total Produk Disimpan	Jumlah Reject	Persentase Reject	Standar Perusahaan
Januari 2026	3.200 unit	165 unit	5,16%	3%
Februari 2026	3.300 unit	170 unit	5,15%	3%
Maret 2026	3.500 unit	185 unit	5,29%	3%
Total	10.000 unit	520 unit	5,20%	3%

Sumber: Logistik Internal dan Catatan Kegagalan Mutu Perusahaan (2026)

Berdasarkan visualisasi data pada Tabel 1 terlihat jelas bahwa persentase penolakan produk secara konsisten berada di atas batas toleransi maksimum manajemen sebesar 3 persen. Gejala anomali tertinggi yang terjadi pada bulan Maret 2026 sebesar 5,29 persen membuktikan bahwa masalah ini bersifat kronis bukan insidental (Aura & Ramdhani, 2026). Kegagalan menekan angka cacat di bawah ambang batas standardisasi merugikan efisiensi ruang serta menambah pemborosan biaya penanganan material (Sudiantoro & Singgih, 2023). Kondisi mendesak ini melandasi pentingnya melakukan klasifikasi mendalam terhadap karakteristik fisik cacat yang ditemukan di area penumpukan barang.

Klasifikasi jenis cacat sebelum intervensi dilakukan untuk memetakan sebaran kontribusi kegagalan operasional secara spesifik pada komponen otomotif yang disimpan. Pemisahan kelompok cacat berdasarkan gejala fisik di lapangan membantu tim analis mendeteksi area kerja paling rentan (Setiawan et al., 2025). Ragam ketidaksesuaian yang diidentifikasi meliputi kerusakan material akibat tekanan fisik hingga ketidaksesuaian label identitas area gudang. Sebaran kuantitatif dari empat kategori utama cacat produk dipaparkan secara sistematis pada struktur tabel berikut.

Tabel 2. Data Reject Produk Berdasarkan Jenis Defect Sebelum Perbaikan

Jenis Defect	Jumlah Reject	Persentase	Keterangan Penyebab Awal
Material rusak	220 unit	42,31%	Material tertimpa pallet dan kemasan tertekan
Salah penyimpanan	180 unit	34,62%	Material ditempatkan tidak sesuai lokasi
Produk gores	70 unit	13,46%	Handling kurang hati-hati dan jalur sempit
Label tidak sesuai	50 unit	9,62%	Label area dan identitas material kurang jelas
Total	520 unit	100%	

Sumber: Hasil Observasi Lapangan dan Data Sekunder Manajemen Mutu (2026)

Analisis terhadap Tabel 2 memperlihatkan bahwa kategori material rusak mendominasi dengan jumlah cacat mencapai 220 unit dari total populasi kerusakan. Di sisi lain permasalahan salah penyimpanan menempati urutan kedua terbesar dengan kontribusi sebanyak 180 unit dari seluruh akumulasi kegagalan penanganan material. Kedua jenis anomali dominan tersebut berkorelasi langsung

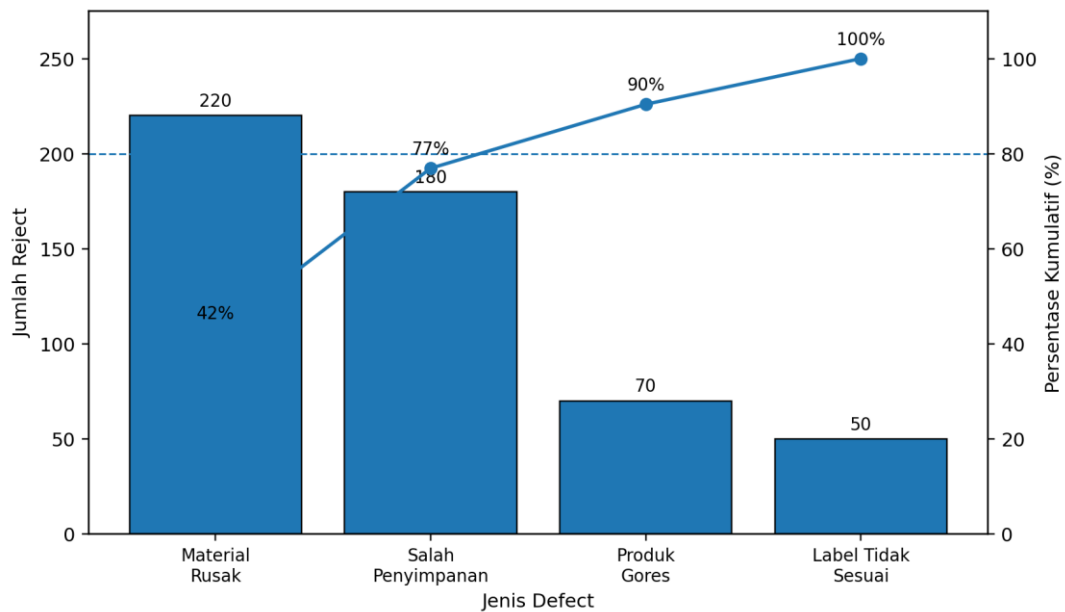
dengan ketidakpastian tata letak spasial gudang serta lemahnya pengawasan pergerakan operator (Sugiarto & Suprayitno, 2023). Karakteristik data spasial yang timpang ini memerlukan alat pemilah prioritas strategis untuk menentukan arah alokasi sumber daya perbaikan perusahaan.

Prinsip Pareto diaplikasikan untuk menyaring sebagian kecil faktor penting yang bertanggung jawab atas sebagian besar kegagalan kualitas operasional gudang. Penggunaan instrumen statistik ini memisahkan jenis cacat vital dari cacat yang bersifat sekunder agar intervensi manajemen berjalan tepat sasaran (Montgomery, 2019). Melalui perhitungan persentase kumulatif urutan prioritas pembenahan sistem logistik dapat ditentukan secara objektif berlandaskan data empiris aktual. Rekapitulasi matematis serta visualisasi grafis dari prinsip stratifikasi ini ditampilkan secara terintegrasi di bawah ini.

Tabel 3. Analisis Diagram Pareto Reject Produk

Jenis Defect	Jumlah Reject	Persentase	Persentase Kumulatif	Prioritas
Material rusak	220 unit	42,31%	42,31%	1
Salah penyimpanan	180 unit	34,62%	76,92%	2
Produk gores	70 unit	13,46%	90,38%	3
Label tidak sesuai	50 unit	9,62%	100%	4

Sumber: Hasil Pengolahan Data Statistik Pengendalian Kualitas (2026)



Gambar 1. Diagram Pareto Jenis Defect Reject Produk

Sumber: Output Perangkat Lunak Visualisasi Statistik Data Pergudangan (2026)

Penafsiran analitis terhadap Tabel 3 dan Gambar 1 menunjukkan secara eksplisit bahwa material rusak dan salah penyimpanan membentuk kombinasi kumulatif sebesar 76,92 persen. Angka kumulatif tersebut mendekati kebenaran empiris hukum distribusi Pareto 80/20 di mana mayoritas kegagalan dipicu oleh dua kategori defect dominan (Dwiyanti et al., 2026). Fokus perbaikan dengan demikian wajib diarahkan secara radikal pada penataan ulang ruang fisik dan standardisasi tata cara penempatan barang oleh operator. Kegagalan memprioritaskan penyelesaian kedua masalah utama ini akan membuat program peningkatan kualitas menjadi tidak efisien (Gomaa, 2026).

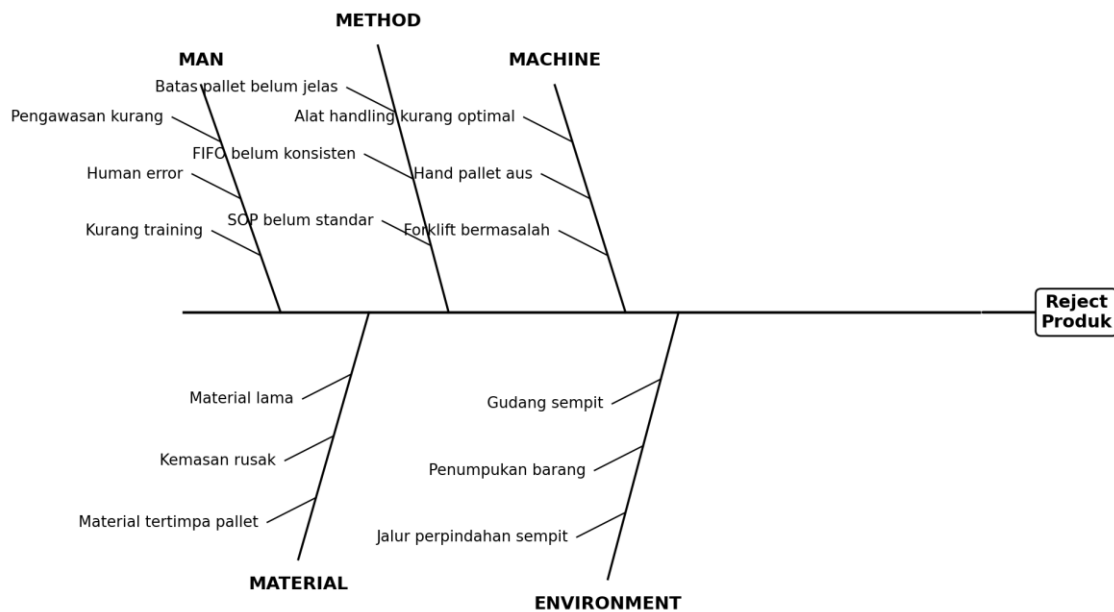
Penetapan prioritas mutakhir menggunakan diagram stratifikasi ini memberikan landasan teoritis kuat untuk beralih ke tahap investigasi kausalitas mekanis. Mengetahui jenis defect dominan mempermudah pencarian variabel prediktor yang mengganggu stabilitas operasional pada ekosistem

pergudangan logistik (Islamey et al., 2026). Langkah penentuan prioritas ini menjadi mata rantai krusial dalam siklus rekayasa kualitas berbasis data nyata industri manufaktur modern. Kajian empiris ini selanjutnya akan menguraikan interaksi kausal multivariat menggunakan instrumen diagram tulang ikan untuk mengurai kompleksitas operasional gudang.

Pelacakan Kausalitas Vertikal dan Kategorisasi Multivariat Akar Penyebab Defect Sistem Logistik

Penyelidikan mendalam terhadap akar penyebab anomali operasional di area pergudangan memerlukan instrumen diagnostik yang mampu melacak hubungan sebab-akibat secara hierarkis. Evaluasi kualitas tidak boleh berhenti pada identifikasi gejala luar melainkan harus mampu menembus batas terdalam dari sistem yang mengalami disfungsi mekanis (Ishikawa, 1986). Ketika data kuantitatif menunjukkan konsentrasi kerusakan pada material rusak dan salah penyimpanan manajemen wajib mengurai kontribusi faktor internal maupun eksternal. Kompleksitas interaksi antara manusia dengan lingkungan kerja yang tidak teratur sering kali memicu lompatan variasi defect yang destruktif (Rizani & Laksmna, 2024).

Penapisan masalah secara vertikal ini dioperasionalkan melalui metode interogasi kausalitas terstruktur guna mengisolasi variabel prediktor utama secara konsisten. Penerapan algoritma pelacakan ini memandu tim analis untuk beralih dari pengamatan makro menuju simpulan mikro mengenai rapuhnya pengawasan kapasitas spasial. Melalui pendekatan penelusuran lima tingkat pertanyaan esensial tersebut dinamika penurunan kualitas spasial dapat diidentifikasi secara gamblang. Struktur hubungan sebab-akibat yang berhasil dirumuskan dari investigasi lapangan ini dipaparkan melalui visualisasi skematik di bawah ini.



Gambar 2. Fishbone Analysis Penyebab Reject Produk

Sumber: Rekonstruksi Kausalitas Multivariat Tim Pengendali Mutu Perusahaan (2026)

Bagan sebab-akibat pada Gambar 2 memperlihatkan pengelompokan variabel pengganggu yang terbagi ke dalam empat kluster utama yang saling berinteraksi secara aktif. Ketidakjelasan batasan operasional pada aspek metode kerja terbukti memperparah kerentanan fisik material yang disimpan di area penumpukan (Purushothaman & Ahmad, 2022). Ruang interaksi yang sempit memperlambat mobilitas alat handling sekaligus meningkatkan probabilitas gesekan fisik antarkemasan produk otomotif (Imandha et al., 2026). Penilaian menyeluruh terhadap visualisasi diagram tulang ikan ini menjadi basis utama dalam memetakan rincian kontribusi mekanis setiap faktor.

Hasil investigasi kausalitas vertikal menggunakan teknik interogasi terstruktur menegaskan bahwa penumpukan berlebihan dipicu oleh ketiadaan audit tata letak berkala. Evaluasi kapasitas spasial yang terbengkalai menciptakan pembiaran terhadap perilaku pemenuhan ruang secara acak oleh para operator (Richards, 2017). Kondisi kritis tersebut diperparah oleh kegagalan sistematis dalam mengomunikasikan batasan beban tumpukan aman kepada tenaga kerja di lapangan. Seluruh rincian jawaban logis dari rantai pertanyaan investigatif tersebut diringkas secara komprehensif pada struktur data berikut.

Tabel 4. Analisis 5 Why Penyebab Material Rusak

Pertanyaan	Jawaban Logis Kasus	Dampak Teknis Lapangan
Mengapa terjadi reject produk	Material mengalami kerusakan fisik selama di warehouse	Penurunan nilai kegunaan komponen
Mengapa material rusak	Material tertimpa pallet lain secara berlebihan	Kemasan primer mengalami deformasi
Mengapa pallet ditumpuk berlebihan	Area penyimpanan tidak cukup dan lokasi tidak tertata	Utilitas ruang melampaui batas aman
Mengapa area tidak cukup	Layout belum disesuaikan dengan volume material aktual	Terjadi penyempitan jalur sirkulasi
Mengapa layout belum sesuai	Evaluasi kapasitas belum dilakukan secara berkala	Kebijakan spasial bersifat reaktif

Sumber: Hasil Wawancara Mendalam dan Trianggulasi Data Kualitatif (2026)

Data analitis pada Tabel 4 mempertegas bahwa kerusakan mekanis material merupakan akibat langsung dari kegagalan manajemen dalam memperbarui cetak biru tata letak pergudangan. Penumpukan yang melampaui ambang batas toleransi fisik terjadi karena operator tidak memiliki panduan spasial yang adaptif terhadap lonjakan pasokan (Tsarouhas & Sidiropoulou, 2024). Ketika ruang penyimpanan statis dipaksa menampung volume dinamis deviasi kualitas dalam bentuk kerusakan kemasan menjadi tidak terhindarkan (Putri et al., 2025). Penemuan akar masalah ini menggeser fokus perhatian dari sekadar aspek kelalaian manusia menuju perbaikan sistem tata kelola pergudangan.

Kajian mendalam terhadap faktor manusia menyingkap adanya korelasi kuat antara rendahnya frekuensi pelatihan kerja dengan tingginya frekuensi salah peletakan barang. Operator gudang yang tidak dibekali pemahaman memadai mengenai kode lokasi cenderung menempatkan komponen otomotif pada titik koordinat terdekat secara acak (Aldo et al., 2022). Praktik penempatan yang menyimpang dari prinsip standarisasi logistik internasional berisiko memicu hilangnya keterlacakan inventaris secara real-time (Sugiarto & Suprayitno, 2023). Ketidakteraturan ini memperpanjang waktu penanganan material serta memperbesar peluang terjadinya cacat produk akibat benturan fisik berulang.

Faktor metode penyimpanan menunjukkan kelemahan fatal berupa inkonsistennya penerapan prosedur First-In First-Out pada rotasi material penumpukan. Produk yang datang lebih awal sering kali tertimbun oleh pasokan baru akibat keterbatasan aksesibilitas spasial pada tata letak eksisting (Raghuram & Arjunan, 2022). Penahanan material yang terlalu lama di dalam gudang mempercepat laju degradasi kualitas kemasan pelindung produk otomotif (Wulandari & Azizah, 2024). Lemahnya penegasan standar operasional prosedur ini mencerminkan minimnya pengawasan melekat yang dilakukan oleh jajaran supervisor area gudang.

Keterbatasan instrumen pemindahan barang pada aspek mesin juga memberikan kontribusi negatif terhadap stabilitas penanganan material logistik. Penggunaan perangkat hand pallet yang telah mengalami keausan mekanis mengurangi akurasi pergerakan operator saat bermanuver di lorong penyimpanan (Ahmad & Herdianzah, 2023). Kegagalan fungsi minor pada alat berat berpotensi menimbulkan guncangan hebat yang mencederai struktur fisik komponen sensitif (Khan et al., 2024). Integrasi pemeliharaan fasilitas kerja dengan demikian menjadi prasyarat mutlak yang tidak boleh dipisahkan dari program rekayasa kualitas.

Kondisi lingkungan kerja yang sempit dan minim pencahayaan visual membentuk ekosistem pergudangan yang tidak ramah terhadap keselamatan material. Jalur perpindahan yang tidak memenuhi standar ergonomis memaksa operator melakukan tindakan spekulatif yang berbahaya saat

memindahkan palet tumpukan (Devindra et al., 2025). Penumpukan barang yang tidak teratur menghalangi pandangan visual operator sekaligus membatasi ruang gerak manuver kendaraan logistik internal (Subekti et al., 2025). Penataan elemen lingkungan ini memerlukan tindakan korektif radikal melalui rekonstruksi spasial total agar risiko kerusakan dapat dieliminasi.

Sintesis multivariat dari seluruh kluster penyebab ini memberikan arah yang jelas mengenai kebutuhan intervensi taktis pada fase pemulihan performa operasional. Menemukan akar masalah berupa layout yang tidak optimal mempermudah tim rekayasa industri dalam merancang strategi perbaikan spasial yang terukur (Nugroho et al., 2024). Kerangka kerja perbaikan mutlak diarahkan untuk merombak struktur tata letak gudang serta menegaskan kembali disiplin operasional di lapangan. Landasan kausalitas yang solid ini memastikan bahwa usulan perubahan yang diajukan memiliki dampak langsung terhadap penurunan angka penolakan produk.

Rekonstruksi Spasial Operasional Pergudangan dan Evaluasi Komparatif Parameter Efektivitas Mutu

Tahap akhir dari siklus pengendalian kualitas melibatkan eksekusi rekayasa ulang fasilitas penyimpanan yang ditujukan untuk memitigasi anomali operasional secara struktural. Penerapan strategi pemulihan performa ini diorientasikan pada perombakan tata letak ruang guna mengakomodasi fluktuasi volume pasokan komponen otomotif yang dinamis. Melalui pengintegrasian metode alokasi bersama dan standardisasi regulasi tumpukan palet ekspektasi penurunan deviasi dapat diwujudkan secara konsisten. Desain baru yang berorientasi pada peningkatan aksesibilitas ini memberikan jaminan kelancaran bagi pergerakan material logistik internal.

Visualisasi spasial mengenai transformasi kondisi operasional di lapangan menjadi sangat krusial guna membuktikan efektivitas dari intervensi teknis yang telah diimplementasikan. Kejelasan pemetaan area penyimpanan yang diperbarui memberikan panduan visual bagi seluruh personel dalam meminimalkan kesalahan penempatan komponen. Penataan elemen lingkungan kerja yang lebih rapi terbukti mampu mempermudah pengawasan sekaligus mempercepat waktu penanganan logistik.

Transformasi tata letak yang disertai dengan penandaan kode lokasi yang jelas mempercepat proses identifikasi pengambilan material berdasarkan urutan kedatangan. Keberadaan visual kontrol yang memadai meminimalkan ketergantungan pada intuisi operator sehingga menekan peluang terjadinya kesalahan manusia. Penilaian kuantitatif terhadap parameter performa pergudangan pasca-intervensi membuktikan adanya perbaikan yang signifikan pada aspek pengendalian kualitas.

Pengujian keandalan sistem logistik dilakukan melalui metode komparatif pra-dan-pasca intervensi guna mengukur signifikansi penurunan angka penolakan produk. Hasil perhitungan statistik menunjukkan bahwa restrukturisasi tata kelola pergudangan berhasil menekan volume kegagalan mutu secara drastis. Efisiensi ruang yang meningkat berdampak langsung pada stabilitas fisik komponen otomotif yang disimpan sepanjang periode pasca-perbaikan. Seluruh rincian perbandingan metrik evaluasi kinerja utama pergudangan sebelum dan sesudah intervensi dirangkum pada struktur data berikut.

Tabel 5. Perbandingan Performa Operasional dan Reject Rate Sebelum dan Sesudah Intervensi

Parameter Kinerja Pergudangan	Kondisi Pra-Intervensi	Kondisi Pasca-Intervensi	Signifikansi Penurunan
Volume Simpan Populasi	10.000 unit	10.000 unit	Stabil
Jumlah Total Reject Produk	520 unit	280 unit	240 unit
Persentase Reject Rate Bulanan	5,2%	2,8%	2,4 poin persentase
Batas Toleransi Manajemen	3,0%	3,0%	Memenuhi Standar Mutu

Sumber: Logistik Internal dan Catatan Historis Kegagalan Mutu Perusahaan (2026)

Indikator kuantitatif pada Tabel 5 mengonfirmasi bahwa tingkat kerusakan produk bulanan berhasil diturunkan hingga berada di bawah ambang batas toleransi manajemen. Penurunan angka

kegagalan dari kondisi awal menuju batas aman membuktikan bahwa modifikasi metode penyimpanan memiliki kontribusi besar terhadap kualitas akhir. Keberhasilan memangkas pemborosan spasial ini sejalan dengan prinsip modernisasi tata kelola rantai pasok yang mengutamakan minimalisasi biaya akibat defect. Pencapaian metrik kinerja tersebut mengukuhkan relevansi penggunaan instrumen kendali mutu statistikal dalam menyelesaikan disfungsi operasional makro.

Penyelidikan mendalam terhadap struktur variasi defect menunjukkan bahwa penurunan paling tajam terjadi pada kategori kerusakan fisik material. Kebijakan pembatasan beban tumpukan terbukti mampu melindungi integritas geometris kemasan primer dari risiko deformasi plastis. Penurunan intensitas benturan antar-palet juga berkontribusi positif dalam menjaga estetika permukaan komponen otomotif dari cacat goresan. Keberhasilan teknis ini memperkuat argumen bahwa standardisasi lingkungan kerja memiliki korelasi linear dengan proteksi kualitas produk.

Aspek kesalahan penyimpanan juga mengalami reduksi yang signifikan berkat penguatan sistem visual labeling di setiap koridor pergudangan. Operator tidak lagi melakukan penempatan barang secara spekulatif karena sistem koordinat baru menyediakan navigasi lokasi yang presisi. Kelancaran arus pencarian barang ini mempercepat waktu siklus pengeluaran material sekaligus mendukung akurasi pencatatan kartu kontrol stok. Keberhasilan eliminasi salah lokasi ini mencerminkan tercapainya keunggulan operasional melalui sinkronisasi antara manusia dengan sistem kerja.

Disiplin tinggi dalam penegasan prosedur rotasi barang menjamin bahwa tidak ada komponen yang tertahan melebihi batas usia simpan yang diizinkan. Pengawasan melekat yang dilakukan oleh jajaran supervisor memastikan bahwa hak aksesibilitas material yang datang lebih awal selalu diprioritaskan. Langkah taktis ini mencegah terjadinya akumulasi produk usang yang berpotensi mengalami penurunan performa fungsional akibat faktor usia. Keberhasilan implementasi regulasi rotasi ini membuktikan bahwa perbaikan metode kerja sama pentingnya dengan perbaikan fasilitas fisik.

Peningkatan kompetensi tenaga kerja melalui program pelatihan intensif membentuk benteng pertahanan utama dalam mencegah berulangnya kegagalan mutu. Kesadaran operator mengenai risiko penanganan material secara kasar meningkat secara substansial setelah memahami karakteristik mekanis komponen otomotif. Sinergi antara keterampilan personal dengan ketersediaan fasilitas handling yang prima menciptakan ekosistem kerja yang highly reliable. Investasi pada pengembangan kapasitas manusia ini merupakan pilar fundamental dalam mempertahankan konsistensi performa jangka panjang.

Hasil rekonstruksi operasional ini memberikan kontribusi teoretis maupun praktis yang berharga bagi pengembangan ilmu rekayasa industri. Keberhasilan menurunkan angka penolakan produk menegaskan bahwa integrasi antara analisis kausalitas dengan intervensi spasial merupakan metodologi yang sangat efektif. Perusahaan manufaktur komponen otomotif wajib menjadikan skema perbaikan terstruktur ini sebagai model baku dalam menghadapi tantangan volatilitas logistik global. Evaluasi berkala harus tetap dijalankan demi menjamin kelangsungan sistem pengendalian kualitas yang adaptif dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Integrasi empiris instrumen kendali mutu statistikal yang mencakup Diagram Pareto, Diagram Fishbone, dan *5 Why Analysis* terbukti secara terukur mampu mengidentifikasi serta memitigasi akar penyebab tingginya defect produk sebesar 5,20% pada area penyimpanan manufaktur komponen otomotif. Stratifikasi kuantitatif menyingkap bahwa anomali dominan dipusatkan pada kategori material rusak dan salah penyimpanan dengan kontribusi kumulatif krusial mencapai 76,92% dari seluruh populasi kegagalan operasional pergudangan. Investigasi kausalitas vertikal dan kategorisasi multivariat membuktikan bahwa malafungsi sistem logistik internal ini bersumber utama dari layout ruang spasial yang tidak optimal akibat absennya audit kapasitas berkala, yang diperparah oleh ketidakdisiplinan penerapan prosedur rotasi barang *First-In First-Out* (FIFO), keterbatasan kontrol visual, serta defisit kompetensi taktis operator penanganan material. Strategi intervensi terstruktur yang diimplementasikan melalui rekonstruksi cetak biru tata letak pergudangan, aplikasi metode *shared storage*, penegasan regulasi tumpukan palet, standardisasi visual labeling area, serta program pelatihan intensif tenaga kerja berhasil memulihkan reliabilitas operasional secara signifikan. Hasil evaluasi komparatif akhir mengonfirmasi efektivitas de-eskalasi volume defect yang merosot tajam menjadi 2,8% atau setara dengan pemangkasan 240 unit kegagalan mutu, sehingga performa efisiensi

pergudangan secara sukses dapat dikembalikan ke dalam ambang batas toleransi maksimum manajemen korporasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., & Herdianzah, Y. (2023). Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) untuk Peningkatan Efektivitas pada Pabrik Skincare di Kota Batam. *Metode: Jurnal Teknik Industri*, 9(1), 1-11. <https://doi.org/10.33506/mt.v9i1.2298>
- Aldo, W., Parulian, L., & Yusi, D. (2022). Analisis cacat pada produk kemasan (karung) kedelai dengan menggunakan metode six-sigma dan fishbone diagram pada PT. FKS Multiagro tbk Surabaya. *JENIUS: Jurnal Terapan Teknik Industri*, 3(2), 149-158. <https://doi.org/10.37373/jenius.v3i2.272>
- Aura, A. D., & Ramdhani, A. Y. (2026). Analisis Penyebab Variasi Jumlah Isi Kemasan Primer Tiap Kantong di Departement Produksi PT XYZ. *Matrik: Jurnal Manajemen dan Teknik Industri Produksi*, 26(2), 169-176. <https://doi.org/10.30587/matrik.v26i2.11282>
- Chen, P. S., Chen, J. C. M., Shen, B. M., & Chen, G. Y. H. (2025). Implementation of Ford 8D in Improving Efficiencies of Wafer Testers: A Case Study. *Engineering Management Journal*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/10429247.2025.2478669>
- Devindra, S. N., Ananda, R., Munang, A., & Aliyah, K. (2025). Analisis Quality Control Proses Instalasi Jaringan PT. XYZ Dengan Metode Statistical Quality Control (SQC). *Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 10(1), 35-44. <https://doi.org/10.32502/integrasi.v10i1.272>
- Dwiyanti, A., Khaerudin, D., & Saputra, T. D. (2026). Analisis Peningkatan Kualitas Kemasan Lindomin 865 SL 200 ml Menggunakan Metode Statistical Process Control di Perusahaan Agrokimia Merak. *JOURNAL SAINS STUDENT RESEARCH*, 4(2), 18-30. <https://doi.org/10.61722/jssr.v4i2.9201>
- Gomaa, A. H. (2026). Achieving operational excellence in manufacturing supply chains using lean six sigma: a case study approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, 17(2), 614-648. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2024-0045>
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations management: Sustainability and supply chain management* (13th ed.). Pearson.
- Imandha, D. S., Feriati, S. R., & Listyanto, R. E. (2026). Analisis Waste Supply Part Dengan Pendekatan Six Sigma DMAIC. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 5(2), 1139-1147. <https://doi.org/10.55826/jtmit.v5i2.1861>
- Ishikawa, K. (1986). *Guide to quality control* (2nd rev. ed.). Asian Productivity Organization.
- Islamey, P. A. P., Riyadi, S., & Brata, F. A. (2026). Operational Performance Improvement Analysis Through Six Sigma Approach: Case Study at PT. Freight Express Surabaya. *Jurnal Manajemen Bisnis*, 13(1), 718-729. <https://doi.org/10.33096/jmb.v13i1.1455>
- Khan, S. A., Jaboa, A. G. H. B., & Ishtiaq, P. (2024). DMAIC methodology for productivity improvement of preventive maintenance in an oil and gas company. *International Journal of Business Excellence*, 32(1), 1-24. <https://doi.org/10.1504/IJBEX.2024.135922>
- Kimmel, S. D., Rosenmoss, S., Bearnot, B., Weinstein, Z., Yan, S., Walley, A. Y., & Larochelle, M. R. (2022). Northeast Postacute Medical Facilities Disproportionately Reject Referrals For Patients With Opioid Use Disorder: Study examines post-acute medical facility rejection rates of referrals for patients with opioid use disorder. *Health Affairs*, 41(3), 434-444. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2021.01242>
- Montgomery, D. C. (2019). *Introduction to statistical quality control* (8th ed.). Wiley.
- Nugroho, I., Nugroho, A. A. A., & Prastyo, Y. (2024). Evaluasi Penerapan Metode DMAIC dalam Industri Manufaktur: Kajian Literatur. *GLOBAL: Jurnal Lentera BITEP*, 2(06), 201-219. <https://doi.org/10.59422/global.v2i06.626>
- Purushothaman, K., & Ahmad, R. (2022). Integration of Six Sigma methodology of DMADV steps with QFD, DFMEA and TRIZ applications for image-based automated inspection system development: a case study. *International Journal of Lean Six Sigma*, 13(6), 1239-1276. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2021-0088>
- Putri, A. H., Wahyudi, R., & Nugraha, A. T. (2025). Pendekatan Six Sigma Dengan Tahapan DMAI Terhadap Kualitas Pada Kemasan Gula. *Teknoin*, 30(1). <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol30.iss1.art5>

- Raghuram, P., & Arjunan, M. K. (2022). Design framework for a lean warehouse—a case study-based approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 71(6), 2410-2431. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-12-2020-0668>
- Richards, G. (2017). *Warehouse management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse* (3rd ed.). Kogan Page.
- Rizani, N. C., & Laksmana, M. S. (2024). Analisis Evaluasi Metode Kerja pada Proses Pre-Delivery di PT. XYZ Menggunakan Fishbone Diagram dan 5W+ 1H. *SAINSTECH: JURNAL PENELITIAN DAN PENGKAJIAN SAINS DAN TEKNOLOGI*, 34(3), 76-86. <https://doi.org/10.37277/stch.v34i3.2152>
- Subekti, A., Feriaty, S. R., & Maulidani, B. C. (2025). Implementasi Metode Six Sigma DMAIC Pada Proses Penerimaan Barang Di Warehouse Incoming PT XYZ. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 5(4), 2706-2725. <https://doi.org/10.31004/innovative.v5i4.19983>
- Sudiantoro, R. A., & Singgih, M. L. (2023). Waste Assessment Model untuk Peningkatan Produktivitas dalam Bisnis Jasa Bengkel. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 2(3), 930-940. <https://doi.org/10.55826/jtmit.v4i3.1044>
- Sugiarto, M., & Suprayitno, D. (2023). Analysis of Factors Causing Logistics Warehouse Inventory Mismatch at PT Dai Nippon Printing Indonesia. *Sinergi International Journal of Logistics*, 1(1), 17-31. <https://doi.org/10.61194/sjil.v1i1.12>
- Sulaiman, E., Prastyo, Y., Rizaldi, E. H., Derajat, S., & Setiawan, A. (2025). Analisis Faktor Penyebab Reject Pada Produk Abon Layers Untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi Di Pt Slm Dengan Metode Alat Analis Kualitas. *Journal of Management and Innovation Entrepreneurship (JMIE)*, 2(3), 2226-2237. <https://doi.org/10.70248/jmie.v2i3.2281>
- Tsarouhas, P., & Sidiropoulou, N. (2024). Application of Six Sigma methodology using DMAIC approach for a packaging olives production system: a case study. *International Journal of Lean Six Sigma*, 15(2), 247-273. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2022-0140>
- Vikaliana, R., & Arizqi, R. M. N. (2023). Analisis Keterlambatan Pengiriman Produk Jadi Di PT Tsuchiyoshi Procure Indonesia. *Jurnal Industri dan Teknologi Terpadu*, 6(2), 1-15. <https://doi.org/10.47080/intent.v6i2.2891>
- Wulandari, R., & Azizah, F. N. (2024). Pengendalian Kualitas Produk Polyester Staple Fibre Menggunakan Metode Six Sigma di PT XYZ. *UNISTEK*, 11(2), 98-110. <https://doi.org/10.33592/unistek.v11i2.4616>