Article Category

Analisis Ketidaksesuaian Dimensi Part Cap Catalyst sebagai upaya Penurunan Reject Ratio di PT XYZ

Ahmad Baihaqqi Ridwan[1]

[1] *Teknologi Rekayasa Otomotif, Politeknik STMI Jakarta, Jakarta Pusat, Indonesia*

INFO ARTIKEL

Received : 03 Maret 2025
Revised : 10 April 2025
Accepted : 30 Mei 2025

KATA KUNCI

Dimensi, Cap Catalyst, Identifikasi Dimensi CP-CPK, Pareto, Fishbone

KORESPONDENSI

E-mail Correspnding Author:
Ahmdbhqi05@gmail.com

A B S T R A K

Ketidaksesuaian dimensi produk merupakan salah satu penyebab utama meningkatnya tingkat produk cacat *(reject)* dalam proses produksi industri manufaktur otomotif. PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur komponen kendaraan bermotor yang mengalami masalah peningkatan *reject ratio* pada produk Cap Catalyst akibat penyimpangan dimensi yang melebihi toleransi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketidaksesuaian dimensi *part* Cap Catalyst sebagai upaya untuk menurunkan *reject ratio* melalui pendekatan metode statistik dan diagram kualitas. Metode yang digunakan meliputi pengamatan langsung di lapangan, pengukuran dimensi menggunakan alat ukur presisi *(height gauge, dial caliper),* serta analisis *capability process* (CP dan CPK). Selain itu, digunakan metode Pareto dan Fishbone diagram untuk mengetahui akar penyebab masalah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketidaksesuaian paling sering terjadi pada dimensi jarak radius bawah terhadap diameter atas dengan nilai pengukuran mencapai 48,9 mm dari nilai standar 47 mm ± 0,7 mm. Proses ini menghasilkan nilai Cp dan Cpk yang menunjukkan bahwa proses berada di luar kendali dan tidak memenuhi standar kapabilitas. Penyebab utama berasal dari dies tumpul, SOP yang tidak dilaksanakan, serta kurangnya *preventive maintenance*. Dengan mengimplementasikan pelatihan operator, perawatan berkala, serta pengawasan prosedur kerja, maka *reject ratio* dapat ditekan secara signifikan. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas produk melalui pendekatan sistematis berbasis data aktual produksi.

https://doi.org/10.52330/jaet.v1i1.469

PENDAHULUAN

Industri otomotif merupakan salah satu sektor manufaktur yang menuntut tingkat ketelitian dan kualitas produk yang tinggi, terutama dalam hal presisi dimensi. Kesesuaian ukuran setiap komponen kendaraan menjadi aspek penting dalam menjamin kinerja dan keselamatan produk akhir (Agus Setiawan, A. D., 2025). Dalam praktiknya, ketidaksesuaian dimensi pada komponen otomotif menjadi salah satu faktor penyumbang utama terhadap peningkatan produk cacat atau *reject*. Hal ini tidak hanya berdampak pada kerugian material, tetapi juga menurunkan efisiensi produksi dan menambah beban kerja bagian *quality control* (Safril, S., 2024).

PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi berbagai komponen kendaraan bermotor, salah satunya adalah *part* Cap Catalyst yang berfungsi sebagai penutup sistem katalisator dan memiliki peran penting dalam mendukung kinerja sistem pembuangan kendaraan. Selama proses produksi *part* ini, perusahaan mengalami permasalahan berupa tingginya tingkat produk *reject* akibat ketidaksesuaian dimensi dengan standar yang telah ditentukan. Bagian dimensi yang paling sering menyimpang ditemukan pada jarak antara radius bawah dan diameter atas yang seharusnya bernilai 47 mm ± 0,7 mm. Penyimpangan ini menandakan adanya masalah dalam proses produksi maupun sistem kontrol kualitas yang berjalan.

Permasalahan ini mendorong perlunya analisis yang komprehensif terhadap penyebab ketidaksesuaian dimensi tersebut agar perusahaan dapat menurunkan *reject ratio* dan meningkatkan efisiensi produksi. Dalam penelitian ini digunakan pendekatan metode statistik, yakni analisis kapabilitas proses Cp dan Cpk, serta pendekatan pemecahan masalah melalui diagram Pareto dan Fishbone. Pendekatan ini telah terbukti efektif dalam mendeteksi dan mengatasi sumber utama masalah kualitas dalam berbagai konteks industri.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sumber utama ketidaksesuaian dimensi pada *part* Cap Catalyst, mengevaluasi kapabilitas proses produksi, serta memberikan solusi perbaikan berbasis data yang relevan. Manfaat dari penelitian ini secara praktis adalah memberikan masukan kepada PT XYZ dalam meningkatkan kualitas produk dan menurunkan tingkat cacat produksi melalui pendekatan statistik yang aplikatif. Sementara itu, secara akademis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi kontribusi nyata bagi pengembangan kompetensi mahasiswa Politeknik STMI Jakarta dalam menerapkan ilmu teknik industri dan pengendalian mutu dalam situasi nyata di dunia kerja.

METHOD

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT XYZ yang berlokasi di Kawasan Industri Jababeka, Cikarang, Jawa Barat. Kegiatan penelitian berlangsung selama satu tahun, yaitu dari bulan Februari 2025 hingga Februari 2026. Penelitian dilakukan secara langsung oleh penulis saat melaksanakan praktik kerja industri (Prakerin) di bagian *Quality Assurance,* dengan keterlibatan aktif dalam proses inspeksi kualitas serta pengumpulan data produksi pada *part* Cap Catalyst. Dengan melakukan pengamatan secara langsung di lokasi produksi, penulis dapat memahami secara komprehensif mengenai prosedur kerja dan kendala teknis yang terjadi selama proses manufaktur.

Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah *part* Cap Catalyst, yaitu salah satu komponen pelindung sistem katalisator pada kendaraan bermotor. *Part* ini diproduksi melalui proses stamping logam yang memerlukan tingkat ketelitian tinggi, terutama pada aspek dimensi. Beberapa dimensi penting yang menjadi fokus dalam penelitian ini meliputi diameter bawah, tinggi *part,* dan jarak radius bawah terhadap diameter atas. Kesesuaian dimensi *part* ini menjadi sangat krusial karena berpengaruh langsung terhadap fungsi sistem emisi kendaraan dan keterpasangan antar komponen lainnya (Nurkholiq, A., 2019).

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis. Tahap pertama adalah observasi langsung terhadap jalannya proses produksi, mulai dari persiapan bahan, proses stamping, hingga pengukuran akhir oleh bagian *quality control.* Tahap kedua adalah pengukuran dimensi *part* menggunakan alat ukur presisi seperti height gauge, dial caliper, dan vernier caliper (Fitrya, N., 2017). Pengambilan data dilakukan terhadap 30 *part* secara acak yang mewakili output produksi harian.

https://doi.org/10.52330/jaet.v1i1.469

Tahap ketiga adalah pengumpulan data dokumentasi hasil inspeksi, laporan *reject,* dan SOP *(Standard Operating Procedure)* dari bagian *quality assurance* (Parlinggoman, H., 2020). Tahap keempat, dilakukan wawancara informal dengan operator dan supervisor untuk memahami pelaksanaan prosedur dan kendala dalam implementasi sistem pengendalian mutu.

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran kemudian dianalisis menggunakan beberapa metode. Pertama, hasil pengukuran dibandingkan dengan spesifikasi toleransi yang ditentukan oleh perusahaan untuk mengidentifikasi ketidaksesuaian. Kedua, dilakukan analisis kapabilitas proses dengan menghitung nilai Cp dan Cpk guna mengetahui sejauh mana proses produksi mampu menghasilkan produk sesuai dengan standar. Ketiga, digunakan diagram Pareto untuk mengidentifikasi dimensi yang paling dominan menyumbang cacat produk, sehingga dapat diketahui fokus utama perbaikan. Terakhir, dilakukan analisis akar masalah menggunakan diagram Fishbone dan pendekatan 5 Why, yang bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama dari ketidaksesuaian dimensi berdasarkan faktor manusia, mesin, metode, material, dan alat ukur.

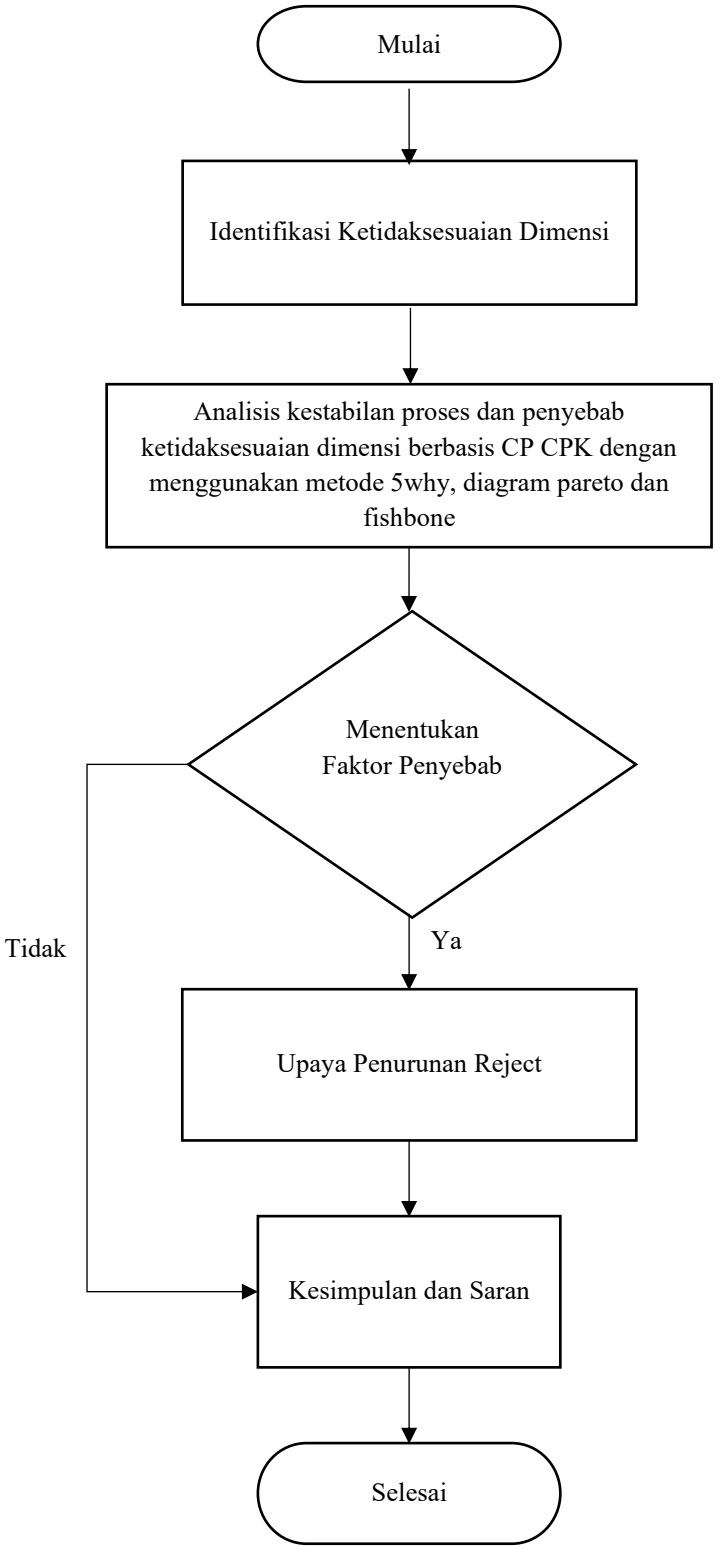
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Proses Produksi dan Identifikasi Masalah

Part Cap Catalyst merupakan salah satu komponen penting yang digunakan dalam sistem pembuangan kendaraan bermotor. Komponen ini memiliki bentuk geometris presisi yang memerlukan proses manufaktur berstandar tinggi. Cap Catalyst diproduksi melalui proses stamping dengan menggunakan *tooling* dies yang telah disesuaikan dengan spesifikasi dimensi tertentu. Berdasarkan hasil observasi di PT XYZ, diketahui bahwa bagian dimensi paling krusial adalah jarak radius bawah ke diameter atas dengan nilai spesifikasi 47 mm ± 0,7 mm. Ketidaksesuaian pada bagian ini berpotensi menyebabkan ketidaksempurnaan perakitan komponen pada sistem katalis kendaraan (Agustin, D., 2023).

Untuk memahami alur produksi secara menyeluruh, dilakukan pemetaan proses menggunakan flowchart. Flowchart ini menggambarkan seluruh tahapan produksi mulai dari penyiapan material, proses stamping dengan mesin press, hingga tahapan inspeksi dimensi oleh bagian *Quality Assurance.* Dengan adanya flowchart ini, dapat diidentifikasi titik-titik kritis yang berpotensi menjadi sumber masalah kualitas.

https://doi.org/10.52330/jaet.v1i1.469



Gambar. 1. Flowchart Proses Analisis Part Cap Catalyst di PT XYZ

.

https://doi.org/10.52330/jaet.v1i1.469

Identifikasi Hasil Pengukuran dan Evaluasi Dimensi

Pengukuran dilakukan terhadap 30 *part* secara acak. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sebanyak 23 *part* (23%) tidak memenuhi standar dimensi, khususnya pada dimensi 47 mm. Nilai aktual pada *part* yang mengalami ketidaksesuaian bahkan mencapai 48,90 mm, yang berarti melampaui batas toleransi atas sebesar 47,70 mm. Sementara itu, dimensi lain seperti tinggi *part* dan diameter bawah cenderung masih berada dalam rentang toleransi yang dapat diterima. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat konsistensi masalah pada dimensi 47 mm, sehingga fokus evaluasi diarahkan pada bagian ini.

Tabel. 1. Data Penyimpangan Dimensi

No	Variabel Dimensi	Toleransi Standar	Nilai Penyimpangan Tertinggi
1	Diameter Atas	Ø51 -0.5	Ø50.5
2	Diameter Bawah	Ø28.6 ±0.5	Ø28.95
3	Tinggi	57 ±0.7	57.44
4	Radius	5	5
5	Jarak antar Dimensi Atas dan Radius Bawah	47 ±0.7	48.90

Analisis Kapabilitas Proses (Cp dan Cpk)

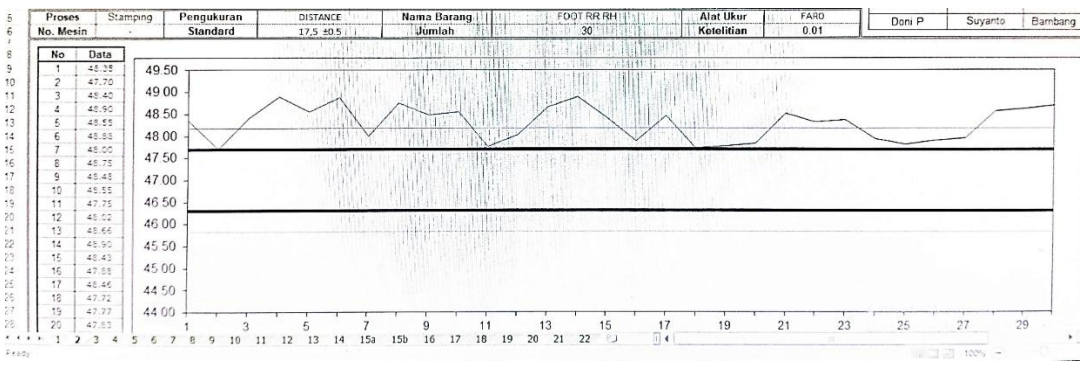
Untuk mengetahui sejauh mana proses produksi mampu menghasilkan produk sesuai standar, dilakukan analisis kapabilitas proses menggunakan indeks Cp dan Cpk. Analisis kapabilitas proses digunakan untuk mengukur kemampuan proses produksi dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan batas toleransi desain. Dalam studi ini, objek analisis adalah dimensi pada *part* Cap Catalyst dengan spesifikasi ukuran 47,00 mm ± 0,70 mm, sehingga batas atas *(Upper Limit)* adalah 47,70 mm dan batas bawah *(Lower Limit)* adalah 46,30 mm.

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap 30 sampel, diperoleh nilai rata-rata aktual ($\bar{X}$ actual) sebesar 48,29 mm, yang berarti telah melewati batas atas spesifikasi dan masuk ke dalam kategori *out of specification.* Hal ini mengindikasikan bahwa proses produksi menghasilkan *part* yang tidak sesuai standar dan tergolong sebagai produk NG *(Not Good)* (Gurning, R. H., 2026).

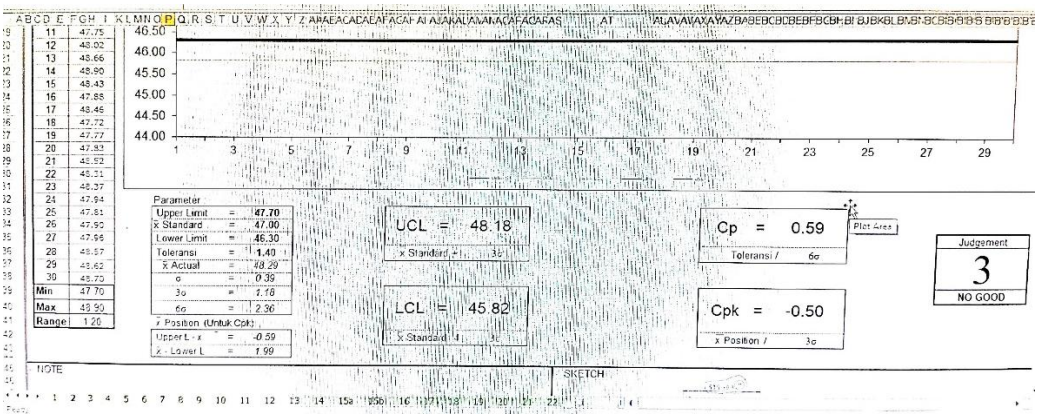
Hasil analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa nilai Cp sebesar 0,59, yang artinya proses memiliki variasi tinggi dan tidak mampu memenuhi batas toleransi yang ditentukan. Sementara itu, nilai Cpk sebesar -0,50 menandakan bahwa rata-rata proses telah bergeser jauh dari target dan sangat tidak stabil. Proses ini dinyatakan *"No Good"* berdasarkan hasil evaluasi kapabilitas, karena tidak memenuhi standar minimum Cp/Cpk ≥ 1.33.

Kondisi ini disebabkan oleh penyimpangan dimensi selama proses produksi, yang sebelumnya telah diidentifikasi berasal dari ketidaktepatan proses pemotongan akibat dies yang tumpul dan mengalami burr. Ketidakteraturan proses ini diperparah dengan tidak dilaksanakannya perawatan preventif secara rutin pada alat produksi.

Berikut adalah hasil grafik *capability* study yang menggambarkan fluktuasi data pengukuran dan posisi proses terhadap batas spesifikasi:



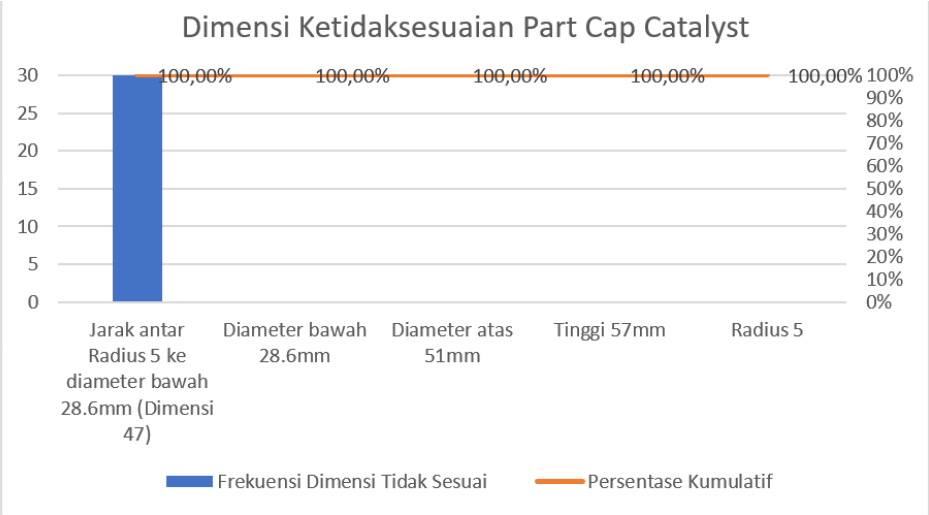
https://doi.org/10.52330/jaet.v1i1.469



Gambar. 2. *CP CPK Dimensi 47mm*

Analisis Pareto terhadap Jenis Ketidaksesuaian

Analisis selanjutnya menggunakan diagram Pareto untuk mengidentifikasi dimensi mana yang paling banyak menyumbang jumlah produk cacat. Berdasarkan hasil pengolahan data, ditemukan bahwa dimensi 47 mm menyumbang sebesar 100% dari total *reject.* Hal ini menjadikan dimensi 47 mm sebagai prioritas utama dalam pelaksanaan tindakan perbaikan. Penggunaan diagram Pareto dalam konteks ini sangat membantu dalam menentukan fokus efisiensi dan optimalisasi sistem *quality control.*

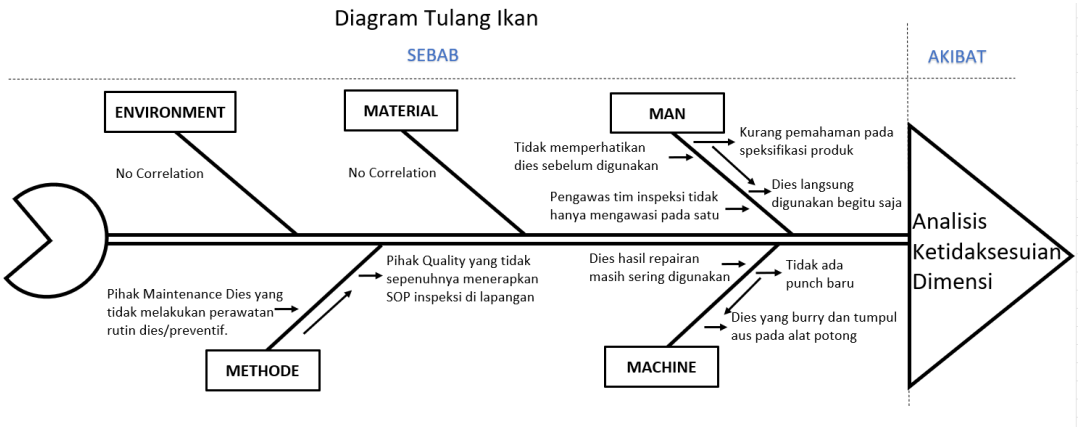


Gambar. 3. Diagram Pareto ketidaksesuaian dimensi part Cap Catalyst

Analisis Akar Masalah Menggunakan Diagram Fishbone

Untuk memahami penyebab utama dari ketidaksesuaian dimensi tersebut, dilakukan analisis menggunakan diagram Fishbone. Diagram ini mengkategorikan penyebab ke dalam enam faktor utama, yaitu*: man, machine, method, material, measurement,* dan *environment.* Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat ditemukan akar permasalahan *(root cause)* yang memicu terjadinya dimensi tidak sesuai pada dimensi lingkar Cap Catalyst, baik yang bersumber dari kesalahan operasional, kondisi mesin, prosedur kerja yang tidak standar, maupun faktor lingkungan (Adyatama, A., 2018). Hasil dari analisis ini akan menjadi dasar dalam perumusan tindakan perbaikan untuk meminimalkan atau mengeliminasi terjadinya *defect* ukuran dimensi di masa mendatang.

https://doi.org/10.52330/jaet.v1i1.469



Gambar. 4. *Diagram Fishbone penyebab ketidaksesuaian dimensi*

Tabel. 2. Penyebab - Penyebab Faktor Reject

No	Faktor	Faktor Penyebab	Penyebab
1	Man	Tidak memperhatikan dies sebelum digunakan	Tidak ada pemantuan kepada operator
		Pengawas tim inspeksi tidak hanya mengawasi pada satu proses	1 man pengawas inspeksi mengawasi satu line produksi
		Kurang pemahaman pada speksifikasi produk	Tidak dilakukan pelatihan kepada man
		Dies langsung digunakan begitu saja	Man kurang memperhatikan work instruction
2	Machine	Dies yang burry dan tumpul aus pada punch dies	Dies burry dibiarkan begitu saja(tidak di repair terlebih dahulu)
		Menggunakan dies repairan	Hanya memproduksi sedikit part
		Tidak ada punch baru	Efisiensi anggaran
3	Methode	Pihak Quality yang tidak sepenuhnya menerapkan SOP inspeksi di lapangan	Man kurang memperhatikan work instruction dari atasan
		Pihak Maintenance Dies yang tidak melakukan perawatan rutin dies/preventif.	Karena dies jarang digunakan

Berdasarkan hasil analisis terhadap jenis *defect* tertinggi menggunakan diagram pareto dan diagram fishbone, khususnya pada *defect* dimensi part pada proses produksi Cap Catalyst disimpulkan bahwa terdapat kekurangan dalam pemahaman prosedur kerja serta ketidakteraturan dalam pengendalian mutu di tingkat operator. Oleh karena itu, diperlukan tindakan upaya penurunan *reject ratio* yang bersifat langsung dan aplikatif guna meningkatkan kesadaran serta kompetensi tenaga kerja terkait standar kualitas dan prosedur inspeksi. Dengan mengetahui akar permasalahan secara sistematis, perusahaan dapat merancang strategi perbaikan yang lebih terarah dan berkelanjutan.

https://doi.org/10.52330/jaet.v1i1.469

Upaya Penurunan Reject

Dengan menggunakan metode 5 Why Analisys

Tabel. 3. Metode 5Why Analisys

MASALAH	FAKTOR	PENYEBAB				
		WHY 1 (MENGAPA)	WHY 2 (MENGAPA)	WHY 3 (MENGAPA)	WHY 4 (MENGAPA)	WHY 5 (MENGAPA)
ANALISIS KETIDAKSESUAIAN PART CAP CATALYST SEBAGAI UPAYA PENURUNAN REJECT RATIO	MAN	Operator yang tidak teliti dalam pengoperasian mesin tidak melihat dies terlebih dahulu apakah dies burry/rumpil tetapi langsung menjalankan proses pemotongan pada mesin	Kurangnya pemahaman terhadap spesifikasi produk, menyebabkan kesalahan ukuran pada hasil proses	Pengawas tim inspeksi tidak hanya mengawasi pada satu mesin atau satu proses saja.	Dies langsung digunakan begitu saja tanpa pemeriksaan terlebih dahulu	
	Machine (Mesin)	Dies yang burry dan tumpul Aus pada alat potong (tool wear), Menyebabkan dimensi tidak sesuai karena alat sudah tumpul.	Dies hasil repairan masih sering digunakan	Tidak ada nya alat potong yang baru atau restock punch dies baru.		
	METHODE	Pihak Quality yang tidak sepenuhnya menerapkan SOP inspeksi di lapangan, sehingga produk cacat tidak segera teridentifikasi.	Pihak Maintenance Dies yang tidak melakukan perawatan rutin dies/preventif.			
	MATERIAL					

Dengan melalui siklus 5 why analysis. Strategi atau upaya yang dilakukan untuk menurunkan *reject ratio*. Dan langkah selanjutnya ada bagaimana upaya yang harus dilakukan untuk meningkatkan pemahaman prosedur kerja, dan ketidakteraturan dalam pengendalian mutu di tingkat operator.

Maka dari itu diperlukan tindakan upaya perbaikan yang bersifat langsung dan aplikatif guna meningkatkan kesadaran man serta kompetensi tenaga kerja terkait standar kualitas dan prosedur inspeksi. Strategi atau upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan *reject ratio:*

1. Analisis Akar Masalah *(Root Cause Analysis)*
   Gunakan metode seperti 5 Why's, Fishbone Diagram (Ishikawa), atau FMEA *(Failure Mode and Effect Analysis)* untuk mengidentifikasi penyebab utama dari cacat produk.
2. Pelatihan dan Sertifikasi Operator
   Pastikan operator paham SOP, WI *(Work Instruction),* dan *quality standard.*
   Berikan pelatihan rutin dan *refresh training* secara berkala.
3. Pemeliharaan Mesin yang Konsisten (TPM)
   Terapkan *Total Productive Maintenance* (TPM) untuk memastikan mesin dalam kondisi optimal.
   Jadwalkan *preventive maintenance* secara berkala.
4. Penguatan Inspeksi Kualitas
   Perbaiki sistem *in-process quality control* (IPQC) agar cacat terdeteksi sebelum proses berikutnya.
5. *Feedback Loop* dari QC ke Produksi
   Pastikan informasi mengenai *reject* langsung dikomunikasikan ke bagian terkait (produksi, *engineering, maintenance*).
   Buat sistem *real-time feedback* untuk mempercepat tindakan korektif.

DISKUSI

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ketidaksesuaian dimensi *part* Cap Catalyst di PT XYZ secara signifikan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berkaitan dengan mesin, operator, metode kerja, serta alat ukur. Dimensi yang paling sering menyimpang adalah jarak antara radius bawah terhadap diameter atas (47 mm), dengan persentase ketidaksesuaian mencapai 23% dari total sampel. Hasil pengukuran menunjukkan adanya penyimpangan nilai hingga 48,90 mm, melebihi batas toleransi 47 mm ± 0,7 mm. Analisis kapabilitas proses menghasilkan nilai Cp sebesar 0,77 dan Cpk sebesar 0,68, yang mengindikasikan bahwa proses produksi belum kapabel dan memerlukan perbaikan.

https://doi.org/10.52330/jaet.v1i1.469

Melalui pendekatan diagram Pareto dan Fishbone, ditemukan bahwa akar penyebab utama berasal dari kondisi dies yang aus, pelaksanaan SOP yang tidak konsisten, serta alat ukur yang belum dikalibrasi secara rutin. Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan pendekatan analisis statistik dan alat bantu kualitas secara sistematis dapat membantu perusahaan dalam mengidentifikasi permasalahan dan menyusun solusi yang tepat. Oleh karena itu, perlu dilakukan tindakan perbaikan berupa pelatihan operator, jadwal *preventive maintenance* mesin, dan evaluasi sistem pengawasan kualitas.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi perusahaan dalam meningkatkan kualitas produksi, sekaligus menjadi bahan pembelajaran bagi institusi pendidikan dalam mengembangkan kompetensi mahasiswa dalam penerapan ilmu pengendalian mutu. Ke depan, hasil penelitian ini dapat dikembangkan untuk diterapkan pada proses manufaktur lain yang memiliki permasalahan serupa, serta dijadikan dasar dalam penelitian lanjutan yang mengevaluasi implementasi perbaikan yang telah dilakukan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan di PT XYZ dapat disimpulkan bahwa permasalahan utama dalam proses produksi *part Cap Catalyst* adalah:

1. Ketidaksesuaian dimensi yang menyebabkan tingginya jumlah produk *reject*. Ketidaksesuaian ini terutama disebabkan oleh proses pemotongan yang tidak presisi, akibat kondisi alat potong (*dies*) yang mengalami *burr* dan tidak dilakukan perawatan secara berkala.
2. Hasil analisis kapabilitas proses menunjukkan bahwa proses produksi belum mampu menghasilkan produk yang konsisten sesuai spesifikasi, dengan nilai Cp sebesar 0,59 dan Cpk sebesar -0,50, yang menunjukkan bahwa proses bersifat tidak stabil dan tidak memenuhi standar kapabilitas yang diharapkan. Hal ini menyebabkan sebagian besar produk melampaui batas toleransi yang ditetapkan dan masuk dalam kategori NG *(Not Good)*.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tujuan dari penelitian ini, yaitu

1. menganalisis penyebab utama ketidaksesuaian dimensi dan mengidentifikasi ketidakkapabelan proses produksi sebagai dasar perbaikan kualitas, telah tercapai.
2. Diperlukan upaya peningkatan dalam hal pengendalian kualitas dan penerapan *preventive maintenance* secara rutin untuk menurunkan rasio produk *reject* dan
3. Meningkatkan stabilitas proses produksi di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

Adyatama, A. (2018). PERBAIKAN KUALITAS MENGGUNAKAN PRINSIP KAIZEN DAN 5 WHY. *Vol. 13, No. 3, September 2018*, 169-176 .

Agus Setiawan, A. D. (2025). Studi Kasus Analisis Defect Pada Komponen Otomotif Disertai . *Vol.2, No.2 Maret September 2025*, 53-63.

Agustin, D., Arohman, A. W., Agus, M., & Sudrajat, H. (2023). Analisis Peningkatan Waktu Setup Menggunakan Sistem Meja Hidrolik Dengan Metode Single Minute Exchange Die (SMED) Di PT Ganding Toolsindo. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, *21*(2), 67-74.Fitrya, N. (2017). PENTINGNYA AKURASI DAN PRESISI ALAT UKUR. *Vol. 1, No.2, November 2017*, 61-64. https://doi.org/10.52330/jtm.v21i2.107

Gurning, R. H., Ningtyas, W. P., & Solih, E. S. (2026). IMPLEMENTASI DAN EVALUASI KINERJA JIG WELDING PNEUMATIK UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS GUSSET FR. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, *7*(2), 117-134.Nurkholiq, A. (2019). ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS (QUALITY CONTROL) DALAM. *Volume 6 Nomor 2 Oktober 2019*, 393-399. https://doi.org/10.51510/sinergipolmed.v7i2.3188

Parlinggoman, H. (2020). STUDI UPAYA PENGURANGAN REJECT DIMENSI OUT PADA. *Volume 1 Nomor 1 Edisi Agustus 2020*, 725-737.

Ratlalan, R. M. (2024). SIMULASI HASIL PENGUKURAN DIMENSI. Vol 10 No. 1, April 2024, 230-240.

Safril, S., Wan Hamzah, W. A., & Mustakim. (2025). Investigation of different compressor speeds to improve the performance of residential air conditioning system using hybrid nanolubricant. Journal of Mechanical Engineering and Sciences, 19(1), 10554–10564. https://doi.org/10.15282/jmes.19.1.2025.10.0827

https://doi.org/10.52330/jaet.v1i1.469

Safril, S., Sumasto, F., Wirandi, M., & Imansuri, F. (2020). Simulation of generate value for development of biomass plants in Indonesia: A feasibility study. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 885(1), 012026. https://doi.org/10.1088/1757-899X/885/1/012026

Safril, S., Siregar, M. I. H. M., Wirandi, M., & Setiawan, D. (2021). Desain dan simulasi uji tekan pada jigs pin piston diameter Ø13 mm. APTEK, 13(2), 75–82. https://doi.org/10.30606/aptek.v13i2.819

Safril, S., Imansuri, F., Sumasto, F., & Wirandi, M. (2022). Feasibility study of biomass power generation system using comparison analysis. Proceedings of the 4th Asia Pacific Conference on Research in Industrial and Systems Engineering (APCORISE 2021). https://doi.org/10.1145/3468013.3468660

Safril, S., Wirandi, M., Sumasto, F., Imansuri, F., Fauzi, W., & Aji, R. M. P. (2024). Improvement productivity analysis in the application of electro-pneumatic for production of automotive components. AIP Conference Proceedings, 3093(1), 070001. https://doi.org/10.1063/5.0248567

Safril, S., Azmi, W. H., Mohd Zawawi, N. N., & Ramadhan, A. I. (2023). Tribology performance of TiO_2-SiO_2/PVE nanolubricant at various binary ratios for the automotive air-conditioning system. Automotive Experiences, 6(3), 485–496. https://doi.org/10.31603/ae.10255

Setiawan, A. (2025). Studi Kasus Analisis Defect Pada Komponen Otomotif Disertai . Vol.2, No.2 Maret September 2025, 53-63.

https://doi.org/10.52330/jaet.v1i1.469