



Scripta Technica: Journal of Engineering and Applied Technology

Vol 1 No 2 Desember 2025, Hal. 281-290
ISSN:3110-0775(Print) ISSN: 3109-9696(Electronic)
Open Access: <https://scriptaintelektual.com/scripta-technica>

Analisis Akar Masalah Noise pada Instrument Panel (*Dashboard*) Kendaraan Menggunakan Pendekatan *Why-Why Analysis* dan *Fishbone Diagram*

Sifha Awaludin^{1*}, Fazlu Rohman², Muh Amirudin³, Yudi Prastyo⁴

¹⁻⁴ Universitas Pelita Bangsa, Indonesia

email: sifhaawaludin@gmail.com¹

Article Info :

Received:

30-9-2025

Revised:

31-10-2025

Accepted:

28-12-2025

Abstract

Noise issues in vehicle instrument panels remain a critical challenge in automotive interior quality, particularly in the form of rattle and squeak phenomena that affect customer perception and product reliability. This study examines the root causes of instrument panel noise through an integrated application of Why-Why Analysis and Fishbone Diagram. The research is based on an in-depth analysis of documented manufacturing practices, dimensional variability, material behavior, and assembly conditions commonly encountered in automotive production. The findings indicate that noise generation is primarily driven by inconsistent dimensional gaps resulting from process variability rather than design deficiencies alone. Why-Why Analysis reveals that inadequate fixture maintenance, inconsistent adherence to standard operating procedures, and limited sensitivity in quality control systems represent the most dominant root causes. The Fishbone Diagram further demonstrates how human factors, equipment condition, material characteristics, measurement limitations, assembly methods, and environmental conditions interact to amplify noise risks. By combining both analytical approaches, the study provides a comprehensive understanding of the mechanisms behind instrument panel noise and highlights the importance of holistic process control and continuous improvement strategies to achieve sustainable NVH performance.

Keywords: instrument panel noise, Why-Why analysis, fishbone diagram, automotive NVH, quality improvement.

Abstrak

Masalah kebisingan pada panel instrumen kendaraan tetap menjadi tantangan kritis dalam kualitas interior otomotif, terutama dalam bentuk fenomena getaran dan bunyi berderit yang memengaruhi persepsi pelanggan dan keandalan produk. Studi ini menganalisis akar penyebab kebisingan panel instrumen melalui penerapan terintegrasi Analisis Why-Why dan Diagram Ikan. Penelitian ini didasarkan pada analisis mendalam terhadap praktik manufaktur yang terdokumentasi, variasi dimensi, perilaku material, dan kondisi perakitan yang umum ditemui dalam produksi otomotif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembangkitan kebisingan terutama disebabkan oleh celah dimensi yang tidak konsisten akibat variabilitas proses, bukan hanya karena kekurangan desain. Analisis Why-Why mengungkapkan bahwa pemeliharaan fixture yang tidak memadai, ketidakpatuhan yang tidak konsisten terhadap prosedur operasional standar, dan sensitivitas yang terbatas dalam sistem kontrol kualitas merupakan penyebab utama yang paling dominan. Diagram Fishbone lebih lanjut menunjukkan bagaimana faktor manusia, kondisi peralatan, karakteristik material, batasan pengukuran, metode perakitan, dan kondisi lingkungan berinteraksi untuk memperkuat risiko kebisingan. Dengan menggabungkan kedua pendekatan analitis ini, studi ini memberikan pemahaman komprehensif tentang mekanisme di balik kebisingan panel instrumen dan menyoroti pentingnya pengendalian proses holistik dan strategi perbaikan berkelanjutan untuk mencapai kinerja NVH yang berkelanjutan.

Kata kunci: Suara pada panel instrumen, Analisis Why-Why, Diagram tulang ikan, NVH otomotif, Peningkatan 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

Kenyamanan berkendara merupakan aspek penting dalam industri otomotif modern karena berpengaruh langsung terhadap persepsi kualitas, keselamatan, dan kepuasan pengguna kendaraan. Salah satu gangguan yang sering muncul pada kendaraan adalah noise atau bunyi tidak normal yang bersumber dari instrument panel atau dashboard, yang kerap menurunkan kenyamanan dan menimbulkan keluhan berulang dari konsumen. Permasalahan noise pada dashboard tidak hanya berkaitan dengan aspek mekanis, tetapi juga mencerminkan kompleksitas sistem perakitan, material,

serta interaksi antarkomponen kendaraan. Pendekatan analitis yang sistematis dibutuhkan agar permasalahan ini dapat dipahami secara menyeluruh dan tidak berhenti pada gejala permukaan, sebagaimana ditegaskan dalam kajian manajemen mutu oleh Sharma (2025).

Noise pada instrument panel sering kali muncul secara tidak konsisten sehingga menyulitkan proses identifikasi penyebabnya di lini produksi maupun pada tahap evaluasi kualitas pascaproduksi. Kondisi ini memperlihatkan bahwa permasalahan kualitas pada industri otomotif memerlukan metode analisis akar masalah yang mampu menelusuri hubungan sebab akibat secara mendalam. Studi mengenai penerapan metode analisis kualitas menunjukkan bahwa kegagalan dalam mengidentifikasi akar masalah berpotensi memunculkan pemborosan waktu, biaya perbaikan berulang, serta penurunan produktivitas (Qulub, 2025). Pendekatan sistematis yang menekankan pemahaman sebab fundamental menjadi kebutuhan utama agar perbaikan yang dilakukan bersifat berkelanjutan.

Why-Why Analysis dikenal sebagai metode yang efektif dalam menggali penyebab utama suatu masalah melalui proses penelusuran berlapis yang logis dan terstruktur. Metode ini memungkinkan peneliti maupun praktisi industri untuk menghindari asumsi dangkal dan fokus pada faktor yang benar-benar memicu terjadinya permasalahan. Penerapan pendekatan analitis serupa telah terbukti membantu peningkatan kualitas dan keandalan sistem di berbagai sektor, termasuk bidang otomotif dan manufaktur berbasis teknologi tinggi (MEEMAK & Choomlucksana, 2025). Keunggulan Why-Why Analysis terletak pada kemampuannya mengaitkan permasalahan teknis dengan faktor manusia, metode kerja, dan lingkungan produksi.

Fishbone Diagram melengkapi proses analisis akar masalah dengan memvisualisasikan hubungan sebab akibat secara komprehensif melalui kategori yang sistematis. Pendekatan visual ini membantu tim lintas fungsi dalam memahami kompleksitas permasalahan kualitas secara kolektif dan objektif. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Fishbone Diagram mampu meningkatkan efektivitas diskusi teknis dan mempercepat pengambilan keputusan berbasis data (Nugraha et al., 2025). Integrasi antara pendekatan analitis dan visual ini memberikan kerangka kerja yang kuat dalam menguraikan permasalahan noise pada instrument panel kendaraan.

Isu kualitas pada komponen interior kendaraan juga berkaitan erat dengan perkembangan teknologi antarmuka dan kebutuhan pengguna yang semakin kompleks. Dashboard tidak lagi berfungsi sebagai panel mekanis semata, melainkan sebagai pusat interaksi antara pengemudi dan sistem kendaraan. Penelitian mengenai desain antarmuka kabin truk dan kendaraan otonom menunjukkan bahwa gangguan akustik dapat memengaruhi persepsi informasi dan respons pengemudi terhadap sistem kendaraan (Nilsson, 2025; Praticò et al., 2025). Kondisi ini mempertegas bahwa noise pada instrument panel bukan sekadar masalah kenyamanan, tetapi juga berkaitan dengan aspek keselamatan dan pengalaman pengguna.

Pendekatan analisis akar masalah juga telah banyak diterapkan pada sektor non-otomotif sebagai bagian dari upaya peningkatan mutu dan efisiensi operasional. Studi di bidang kesehatan, logistik, dan sistem informasi menunjukkan bahwa analisis penyebab mendasar mampu mendorong perbaikan proses yang lebih akurat dan berkelanjutan (Sheehan et al., 2025; Syarifa & Imaroh, 2026). Praktik lintas sektor ini memperlihatkan bahwa metode analisis kualitas bersifat universal dan adaptif terhadap berbagai konteks permasalahan. Hal tersebut memberikan dasar konseptual yang kuat untuk mengadopsi pendekatan serupa dalam analisis noise kendaraan.

Integrasi prinsip perbaikan berkelanjutan dalam analisis kualitas juga sejalan dengan kerangka Lean dan Six Sigma yang banyak diterapkan pada industri manufaktur. Pendekatan ini menekankan pengurangan variasi, eliminasi pemborosan, serta peningkatan stabilitas proses produksi. Berbagai kajian literatur menunjukkan bahwa kombinasi alat analisis mutu mampu meningkatkan efektivitas perbaikan teknis dan pengambilan keputusan strategis (Sancho et al., 2025). Hal ini menguatkan relevansi penggunaan Why-Why Analysis dan Fishbone Diagram sebagai bagian dari sistem pengendalian mutu yang terintegrasi.

Berdasarkan uraian tersebut, analisis akar masalah noise pada instrument panel kendaraan menjadi penting untuk dilakukan secara sistematis dan berbasis pendekatan ilmiah. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi praktis dalam mengidentifikasi penyebab utama noise secara akurat serta mendukung perbaikan kualitas produk yang berkelanjutan. Selain itu, pendekatan analitis yang digunakan selaras dengan kebutuhan industri modern yang mengandalkan data, visualisasi, dan pemikiran sistemik dalam pengelolaan mutu (Burevik & Lennartsson, 2025; Kayyali,

2025). Dengan kerangka tersebut, penelitian ini diharapkan memberikan nilai tambah baik bagi pengembangan keilmuan maupun praktik industri otomotif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan fokus pada analisis akar masalah noise pada instrument panel kendaraan melalui kajian literatur dan analisis dokumen teknis yang relevan. Data penelitian bersumber dari publikasi ilmiah, standar industri otomotif, serta laporan studi kasus yang membahas permasalahan NVH, khususnya fenomena squeak and rattle pada komponen dashboard. Informasi yang dikumpulkan mencakup karakteristik noise, desain dan spesifikasi komponen instrument panel, serta proses perakitan yang umum diterapkan di industri otomotif. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh pemahaman menyeluruh mengenai pola permasalahan dan faktor penyebab yang berulang berdasarkan temuan terdokumentasi.

Analisis data dilakukan secara sistematis dengan mengintegrasikan metode Why-Why Analysis dan Fishbone Diagram sebagai kerangka utama analisis akar penyebab. Why-Why Analysis digunakan untuk menelusuri hubungan sebab akibat secara berjenjang hingga diperoleh penyebab mendasar yang berpotensi ditindaklanjuti, sedangkan Fishbone Diagram dimanfaatkan untuk memetakan faktor penyebab secara komprehensif berdasarkan aspek manusia, mesin, material, metode, pengukuran, dan lingkungan. Hasil analisis kemudian digunakan sebagai dasar dalam merumuskan rekomendasi perbaikan yang berorientasi pada peningkatan desain, stabilitas proses perakitan, dan efektivitas pengendalian kualitas. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan rekomendasi yang aplikatif dan relevan dengan kebutuhan industri otomotif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Masalah Noise pada Instrument Panel

Permasalahan noise pada instrument panel kendaraan merepresentasikan isu kualitas yang bersifat multidimensional karena melibatkan interaksi simultan antara desain produk, material, proses manufaktur, serta kondisi operasional kendaraan. Instrument panel berfungsi sebagai struktur integratif yang menampung sistem informasi, kontrol kendaraan, dan elemen interior, sehingga memiliki tingkat kompleksitas perakitan yang tinggi. Literatur manajemen mutu menunjukkan bahwa cacat berbasis suara sering kali muncul sebagai konsekuensi dari akumulasi deviasi kecil yang tidak terdeteksi pada tahap awal proses produksi (Sharma, 2025; Mecheri et al., 2025). Karakteristik ini menjadikan noise sebagai indikator penting dalam mengevaluasi kestabilan sistem dan efektivitas pengendalian kualitas.

Identifikasi jenis noise pada instrument panel secara umum mengarah pada dua kategori utama, yaitu rattle dan squeak, yang masing-masing memiliki karakteristik sumber dan mekanisme pembentukan yang berbeda. Rattle umumnya dihasilkan oleh kontak berulang antar komponen keras akibat getaran, sedangkan squeak muncul dari gesekan antar material dengan karakteristik elastis dan koefisien gesek tertentu. Studi lintas industri manufaktur menunjukkan bahwa kedua jenis noise tersebut sering berkaitan dengan variasi toleransi, degradasi material, serta inkonsistensi metode perakitan (Qulub, 2025; Nugraha et al., 2025). Pemahaman terhadap klasifikasi noise menjadi dasar penting dalam proses identifikasi masalah yang lebih terarah.

Kondisi operasional kendaraan memiliki peran signifikan dalam memunculkan noise yang sebelumnya tidak teridentifikasi pada tahap inspeksi pabrik. Perubahan suhu lingkungan, beban dinamis saat kendaraan melaju di permukaan jalan tidak rata, serta efek penuaan material memperbesar kemungkinan terjadinya perubahan dimensi pada komponen instrument panel. Penelitian mengenai desain sistem dan interaksi pengguna menunjukkan bahwa gangguan akustik sering muncul setelah kendaraan beroperasi dalam rentang waktu tertentu, bukan pada fase awal penggunaan (Nilsson, 2025; Praticò et al., 2025). Kondisi ini menunjukkan bahwa identifikasi masalah noise perlu mempertimbangkan siklus hidup produk secara menyeluruh.

Lokasi kritis noise pada instrument panel cenderung terkonsentrasi pada area dengan kepadatan sambungan dan variasi material yang tinggi. Area glove box, housing ventilasi, sambungan A-pillar, serta titik mounting antara dashboard dan struktur bodi sering dilaporkan sebagai sumber utama gangguan suara. Kompleksitas desain antarmuka dan kebutuhan ergonomi modern meningkatkan jumlah interface antar komponen, yang secara tidak langsung memperbesar potensi terjadinya interaksi mekanis yang tidak diinginkan (Burevik & Lennartsson, 2025; Zhang et al., 2025). Pola ini

memperlihatkan bahwa lokasi noise bukan bersifat acak, melainkan mengikuti karakteristik desain sistem.

Dari perspektif proses manufaktur, noise pada instrument panel sering berkaitan dengan variabilitas proses perakitan dan kestabilan peralatan produksi. Fixture yang mengalami keausan, alat ukur yang tidak presisi, serta perbedaan interpretasi prosedur kerja antar operator dapat menciptakan variasi kecil yang berdampak signifikan pada kualitas akhir produk. Studi mengenai Lean dan pengurangan downtime menunjukkan bahwa deviasi kecil pada tahap perakitan dapat terakumulasi menjadi cacat fungsional maupun non-fungsional pada produk akhir (MEEMAK & Choomlucksana, 2025; Siahaan et al., 2025). Kondisi ini memperkuat pentingnya identifikasi masalah noise sebagai bagian dari evaluasi sistem produksi secara menyeluruh:

Tabel 1. Ringkasan Faktor Dominan Penyebab Noise Instrument Panel Berdasarkan Literatur

Faktor Penyebab	Dampak terhadap Noise	Referensi
Variasi toleransi komponen	Terbentuknya celah mikro antar bagian	Sharma (2025); Mecheri et al. (2025)
Ketidakstabilan proses perakitan	Kontak berulang saat vibrasi	MEEMAK & Choomlucksana (2025)
Perubahan sifat material	Penurunan efektivitas peredaman	Qulub (2025)
Kompleksitas desain antarmuka	Sensitivitas terhadap gangguan akustik	Nilsson (2025); Zhang et al. (2025)
Lingkungan operasional	Ekspansi dan kontraksi material	Burevik & Lennartsson (2025)

Keberadaan data terstruktur seperti pada Tabel 1 menunjukkan bahwa masalah noise memiliki pola penyebab yang konsisten dan dapat dipetakan secara sistematis. Pendekatan berbasis literatur memungkinkan identifikasi faktor dominan tanpa bergantung pada satu studi kasus tunggal. Metode ini sejalan dengan praktik peningkatan mutu yang menekankan penggunaan data sekunder sebagai dasar analisis komprehensif (Sancho et al., 2025; Retikasari et al., 2025). Identifikasi awal yang kuat memberikan landasan yang kokoh untuk analisis akar penyebab pada tahap berikutnya.

Dari sudut pandang sistem kualitas, noise pada instrument panel juga mencerminkan keterbatasan metode inspeksi konvensional yang masih banyak diterapkan. Inspeksi visual dan pengujian statis tidak selalu mampu merepresentasikan kondisi dinamis kendaraan saat digunakan oleh konsumen. Penelitian di bidang sistem informasi dan dokumentasi kualitas menunjukkan bahwa kesenjangan antara metode evaluasi dan kondisi aktual penggunaan sering menjadi sumber kegagalan deteksi dini (Sheehan et al., 2025; Metternich et al., 2025). Hal ini menegaskan perlunya pendekatan analisis yang lebih mendalam dan berbasis sebab-akibat.

Aspek pengelolaan data dan pengambilan keputusan juga berperan dalam proses identifikasi masalah noise. Ketika data cacat tidak terdokumentasi secara konsisten atau tidak dianalisis secara sistematis, organisasi cenderung melakukan tindakan korektif yang bersifat reaktif. Literatur mengenai business intelligence dan manajemen berbasis data menunjukkan bahwa kualitas keputusan sangat ditentukan oleh kualitas dan keterlacakkan informasi yang tersedia (Kayyali, 2025; Silva, 2025). Noise menjadi contoh nyata bagaimana keterbatasan informasi dapat memperpanjang siklus perbaikan.

Identifikasi masalah noise pada instrument panel juga dapat dipandang sebagai bagian dari tantangan human-centered system, di mana persepsi pengguna menjadi faktor penting dalam menilai kualitas produk. Gangguan suara yang secara teknis dianggap kecil dapat berdampak besar pada persepsi kenyamanan dan kepercayaan pengguna terhadap kendaraan. Penelitian mengenai sistem interaktif dan respons berbasis kepercayaan menunjukkan bahwa pengalaman pengguna sangat sensitif terhadap gangguan sensorik seperti suara (Claborn et al., 2026; Zhang et al., 2025). Hal ini memperkuat urgensi identifikasi noise sebagai isu strategis, bukan sekadar cacat minor.

Permasalahan ini merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor teknis, proses, manusia, dan sistem pengelolaan kualitas. Noise tidak hanya mencerminkan kegagalan komponen, tetapi juga menunjukkan area perbaikan pada desain, proses manufaktur, dan sistem evaluasi kualitas. Pemahaman

mendalam terhadap karakteristik masalah pada tahap ini menjadi prasyarat penting bagi penerapan Why-Why Analysis dan Fishbone Diagram secara efektif pada sub bahasan berikutnya.

Why-Why Analysis pada Masalah Noise Instrument Panel

Penerapan Why-Why Analysis pada permasalahan noise instrument panel memberikan kerangka berpikir sistematis untuk menelusuri hubungan sebab akibat secara berlapis hingga mencapai akar masalah yang bersifat fundamental. Metode ini digunakan secara luas dalam praktik manajemen mutu karena mampu menghindari pendekatan perbaikan yang hanya berfokus pada gejala permukaan. Literatur kualitas menunjukkan bahwa kegagalan dalam menelusuri penyebab mendasar sering menyebabkan tindakan korektif bersifat sementara dan tidak berkelanjutan (Sharma, 2025; Sancho et al., 2025). Dalam konteks noise kendaraan, pendekatan ini menjadi relevan karena gejala suara sering kali merupakan hasil akumulasi dari berbagai deviasi kecil.

Tahap awal Why-Why Analysis dimulai dari perumusan problem statement yang spesifik dan terobservasi, yaitu munculnya suara rattle dari area instrument panel saat kendaraan melintasi permukaan jalan tidak rata. Definisi masalah yang jelas diperlukan agar proses penelusuran tidak melebar ke area yang tidak relevan. Studi peningkatan kualitas di berbagai sektor menunjukkan bahwa ketepatan perumusan masalah sangat menentukan efektivitas analisis akar penyebab (Syarifa & Imaroh, 2026; Retikasari et al., 2025). Permasalahan noise dipilih karena memiliki dampak langsung terhadap persepsi kualitas dan kenyamanan pengguna kendaraan.

Penelusuran Why pertama mengarah pada temuan bahwa suara rattle muncul akibat adanya kontak berulang antar komponen instrument panel yang dipicu oleh getaran kendaraan. Kontak ini menunjukkan bahwa komponen tidak berada dalam kondisi stabil saat menerima beban dinamis. Penelitian manufaktur menunjukkan bahwa fenomena serupa sering terjadi pada sistem dengan toleransi perakitan yang tidak terkendali secara konsisten (MEEMAK & Choomlucksana, 2025). Tahap ini menegaskan bahwa noise merupakan manifestasi mekanis dari ketidakstabilan sistem.

Why kedua mengungkap bahwa kontak berulang tersebut terjadi karena adanya celah atau gap antar komponen yang tidak sesuai dengan spesifikasi desain. Cela ini memungkinkan pergerakan relatif antar bagian saat terjadi vibrasi. Studi mengenai pengendalian kualitas multi-stage manufacturing menunjukkan bahwa gap kecil sekalipun dapat berdampak signifikan pada performa produk ketika berada pada kondisi operasional dinamis (Mecheri et al., 2025). Temuan ini mempersempit fokus analisis pada aspek dimensional dan perakitan.

Why ketiga menelusuri penyebab ketidaksesuaian gap dan menemukan bahwa toleransi dimensi komponen sering kali melebihi batas yang direncanakan. Variasi ini dapat berasal dari proses manufaktur komponen, variasi material, maupun akumulasi deviasi selama proses perakitan. Literatur Six Sigma dan pengendalian variasi menunjukkan bahwa toleransi yang tidak dikendalikan merupakan sumber utama cacat laten pada produk manufaktur (Nugraha et al., 2025; Siahaan et al., 2025). Pada tahap ini, masalah mulai mengarah pada kestabilan proses produksi:

Tabel 2. Rangkuman Tahapan Why-Why Analysis dan Temuan Utama

Level Why	Fokus Analisis	Temuan Utama	Referensi Pendukung
Why 1	Gejala	Kontak berulang akibat getaran	Sharma (2025)
Why 2	Kondisi fisik	Gap antar komponen	Mecheri et al. (2025)
Why 3	Dimensi	Toleransi melebihi spesifikasi	Nugraha et al. (2025)
Why 4	Proses	Perakitan tidak konsisten	MEEMAK & Choomlucksana (2025)
Why 5	Sistem	Lemahnya kontrol dan SOP	Metternich et al. (2025)

Why keempat memperdalam analisis dengan mengaitkan variasi toleransi terhadap ketidakstabilan proses perakitan dan presisi fixture yang digunakan. Fixture yang tidak terkalibrasi secara berkala menyebabkan posisi komponen bergeser dari titik referensi yang direncanakan.

Penelitian mengenai digital daily management menunjukkan bahwa ketidakakuratan alat bantu produksi sering kali luput dari perhatian karena dianggap sebagai deviasi kecil (Metternich et al., 2025). Padahal, deviasi ini memiliki dampak berantai terhadap kualitas akhir produk:

Why kelima mengarah pada akar masalah yang bersifat sistemik, yaitu lemahnya penerapan program preventive maintenance dan rendahnya kepatuhan terhadap Standard Operating Procedure perakitan. Ketergantungan pada pengalaman operator tanpa dukungan sistem verifikasi yang kuat memperbesar variasi hasil perakitan. Literatur manajemen kualitas menegaskan bahwa disiplin terhadap standar kerja merupakan fondasi utama dalam menjaga konsistensi proses (Sharma, 2025; Sancho et al., 2025). Temuan ini menunjukkan bahwa masalah noise tidak dapat dilepaskan dari aspek manajerial dan sistem pengendalian.

Analisis Why-Why juga mengungkap bahwa sistem quality control yang ada belum mampu mendeteksi deviasi dimensi yang bersifat mikro namun kritis. Alat ukur dengan resolusi terbatas dan kriteria penerimaan yang longgar menyebabkan unit bermasalah tetap lolos ke tahap berikutnya. Studi di bidang pengelolaan data dan pengambilan keputusan menunjukkan bahwa keterbatasan data akurat menghambat proses perbaikan berbasis bukti (Kavyali, 2025; Silva, 2025). Kondisi ini memperpanjang siklus munculnya masalah di lapangan.

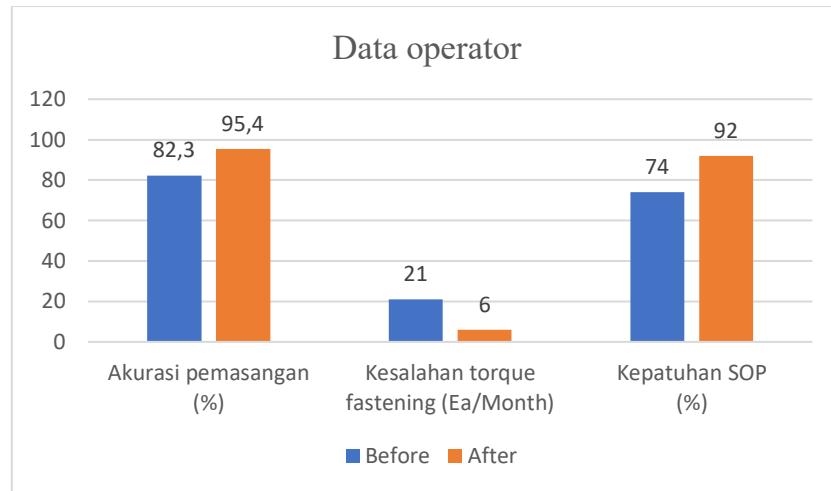
Pendekatan Why-Why memberikan keunggulan karena mampu menghubungkan aspek teknis dengan faktor manusia dan sistem organisasi. Permasalahan noise tidak lagi dipandang sebagai kegagalan komponen semata, melainkan sebagai refleksi dari ketidaksempurnaan sistem kerja secara keseluruhan. Penelitian lintas sektor menunjukkan bahwa pendekatan analisis sebab-akibat berlapis efektif dalam mengidentifikasi area perbaikan yang memiliki dampak luas (Syarifa & Imaroh, 2026; Retikasari et al., 2025). Hal ini memperkuat relevansi Why-Why Analysis dalam studi ini.

Akar masalah noise pada instrument panel bersumber pada kombinasi ketidakstabilan proses, lemahnya kontrol sistem, dan disiplin penerapan standar kerja. Temuan ini sejalan dengan literatur yang menyatakan bahwa sebagian besar cacat kualitas bersifat sistemik dan memerlukan perbaikan menyeluruh, bukan tindakan parsial. Hasil analisis ini menjadi dasar penting untuk pemetaan faktor penyebab secara komprehensif melalui Fishbone Diagram pada sub bahasan berikutnya.

Fishbone Diagram pada Permasalahan Noise Instrument Panel

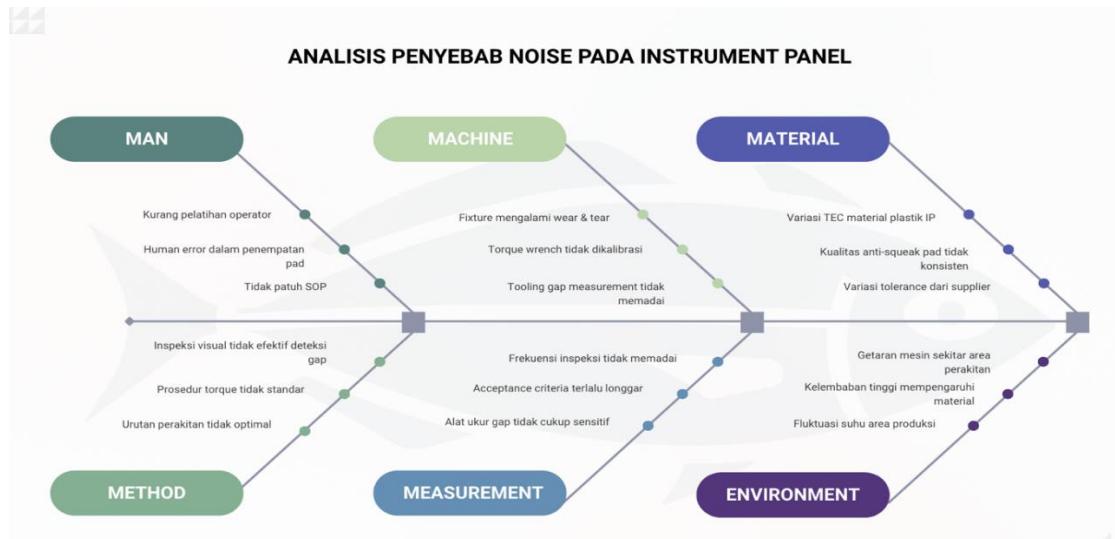
Fishbone Diagram digunakan dalam penelitian ini untuk memetakan secara komprehensif seluruh faktor penyebab yang berkontribusi terhadap munculnya noise pada instrument panel kendaraan. Metode ini memungkinkan visualisasi hubungan sebab akibat secara sistematis sehingga setiap potensi sumber masalah dapat dianalisis secara terstruktur. Pendekatan ini relevan dalam konteks kualitas otomotif karena permasalahan squeak and rattle umumnya dipengaruhi oleh kombinasi faktor teknis dan nonteknis. Dengan kerangka 6M, analisis menjadi lebih menyeluruh dan tidak terfokus pada satu aspek semata.

Kategori Man (Manusia) menyoroti peran kompetensi operator dalam proses perakitan instrument panel. Variasi keterampilan, tingkat kelelahan, serta perbedaan interpretasi terhadap instruksi kerja berkontribusi terhadap inkonsistensi hasil perakitan. Literatur manajemen kualitas menunjukkan bahwa human error sering muncul pada proses yang bergantung pada aktivitas manual dengan toleransi ketat. Kondisi ini memperbesar risiko munculnya gap antar komponen yang memicu noise selama kendaraan beroperasi:



Gambar 1. Perbandingan data operator Before dan After penelitian

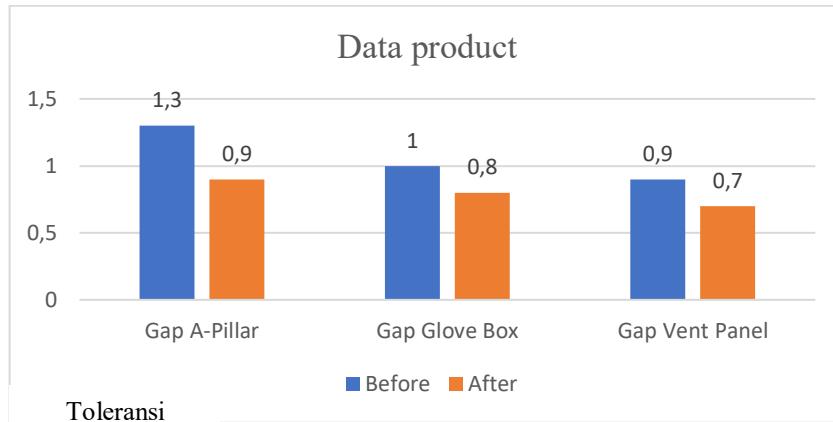
Kategori Machine (Mesin) berkaitan dengan kondisi peralatan, fixture, dan tooling yang digunakan dalam proses produksi instrument panel. Fixture yang aus atau tidak presisi dapat menyebabkan posisi komponen bergeser dari referensi desain meskipun prosedur kerja telah diikuti. Studi manufaktur menegaskan bahwa degradasi alat produksi yang tidak terpantau secara berkala berkontribusi terhadap variasi dimensi produk akhir. Masalah ini sering bersifat laten dan baru teridentifikasi setelah produk digunakan oleh konsumen:



Gambar 2. Fishbone Diagram Faktor Mesin dan Manusia

Kategori Material mencakup spesifikasi bahan, sifat mekanis, serta konsistensi kualitas komponen instrument panel. Variasi kekakuan material plastik, perbedaan koefisien muai, dan kualitas komponen peredam dapat memengaruhi respons terhadap getaran. Penelitian terkait NVH menunjukkan bahwa material dengan karakteristik yang tidak seragam cenderung menghasilkan interaksi mekanis yang tidak stabil. Hal ini memperkuat potensi terjadinya squeak and rattle pada kondisi jalan tertentu.

Kategori Method (Metode) berfokus pada prosedur perakitan, urutan kerja, serta standar torque yang diterapkan. Perbedaan urutan pemasangan dapat mengubah distribusi tegangan pada sambungan komponen instrument panel. Literatur kualitas menyebutkan bahwa ketidakkonsistensi metode kerja sering kali menjadi sumber variasi yang sulit dideteksi melalui inspeksi akhir. Faktor metode ini menjadi penghubung penting antara desain dan pelaksanaan di lini produksi:



Gambar 3. Perbandingan data Before dan After standarisasi toleransi poroduct

Kategori Measurement (Pengukuran) menyoroti keterbatasan sistem inspeksi dan alat ukur yang digunakan dalam pengendalian kualitas. Resolusi alat ukur yang tidak memadai menyebabkan deviasi kecil pada dimensi atau celah antar komponen tidak terdeteksi. Penelitian pengambilan keputusan berbasis data menunjukkan bahwa kualitas data inspeksi sangat menentukan efektivitas tindakan perbaikan. Ketidaktepatan pengukuran pada tahap awal produksi memperbesar kemungkinan cacat terakumulasi hingga produk akhir.

Kategori Environment (Lingkungan) mencakup pengaruh suhu, kelembaban, serta kondisi getaran di area produksi dan penggunaan kendaraan. Perubahan suhu dapat memengaruhi dimensi material plastik dan elastomer pada instrument panel. Studi NVH menunjukkan bahwa lingkungan operasional memiliki peran signifikan dalam memunculkan noise yang sebelumnya tidak terdeteksi saat inspeksi statis. Faktor lingkungan ini sering menjadi variabel eksternal yang sulit dikendalikan namun perlu diantisipasi dalam desain:

Tabel 3. Identifikasi Faktor Penyebab Noise Berdasarkan Fishbone Diagram (6M)

Kategori	Faktor Penyebab Utama	Dampak terhadap Noise
Man	Variasi keterampilan operator	Ketidakstabilan perakitan
Machine	Fixture aus, tooling tidak presisi	Posisi komponen bergeser
Material	Variasi sifat material	Respons getaran tidak stabil
Method	Urutan kerja tidak konsisten	Distribusi tegangan tidak merata
Measurement	Alat ukur resolusi rendah	Deviasi mikro tidak terdeteksi
Environment	Suhu dan getaran	Perubahan dimensi komponen

Fishbone Diagram membantu mengintegrasikan temuan Why-Why Analysis ke dalam peta penyebab yang lebih luas dan sistematis. Akar masalah yang bersifat sistemik dapat ditelusuri kembali ke kombinasi faktor manusia, proses, dan pengendalian kualitas. Pendekatan ini memperlihatkan bahwa permasalahan noise tidak berdiri sendiri, melainkan merupakan hasil interaksi kompleks antar elemen sistem produksi. Visualisasi ini memudahkan penentuan prioritas perbaikan yang memiliki dampak paling signifikan.

Pengendalian noise pada instrument panel memerlukan pendekatan multidimensional yang melibatkan desain, proses, dan sistem manajemen mutu. Fokus perbaikan tidak cukup diarahkan pada satu faktor tunggal, melainkan pada harmonisasi seluruh elemen 6M. Hasil analisis ini menjadi dasar kuat dalam merumuskan rekomendasi perbaikan yang terintegrasi dan berorientasi pencegahan. Dengan demikian, Fishbone Diagram berperan strategis dalam mendukung peningkatan kualitas dan kenyamanan kendaraan secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa permasalahan noise pada instrument panel kendaraan merupakan fenomena multifaktorial yang tidak dapat dijelaskan hanya dari sisi desain produk, melainkan dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara manusia, metode, mesin, material, sistem pengukuran, dan lingkungan. Identifikasi awal menegaskan bahwa rattle dan squeak muncul akibat ketidakkonsistenan gap antarkomponen yang berkembang selama proses perakitan dan penggunaan kendaraan. Pendekatan Why-Why Analysis berhasil menelusuri jalur kausalitas hingga akar masalah yang bersifat sistemik, terutama pada lemahnya konsistensi proses manufaktur, kalibrasi peralatan, dan kepatuhan terhadap prosedur kerja. Fishbone Diagram memperluas pemahaman dengan memetakan kontribusi setiap kategori penyebab secara terstruktur, sekaligus menunjukkan bahwa variasi kecil pada satu aspek dapat memicu dampak berantai pada kualitas NVH. Temuan ini menegaskan bahwa upaya pengendalian noise instrument panel memerlukan strategi perbaikan yang terintegrasi dan berkelanjutan, dengan penekanan pada stabilitas proses, penguatan sistem kualitas, serta peningkatan kompetensi operator.

DAFTAR PUSTAKA

Burevik, M., & Lennartsson, C. (2025). Designing for Football: Creating the Future of Analysis. <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1975420&dsid=8066>

Claborn, K., McCormick, K., Samora, J., & Benzer, J. (2026). "Moving at the Speed of Trust": Implementing a Digital Tool to Improve Data-driven Response to the Opioid Crisis. <https://doi.org/10.55732/jrt.v1i1.1646>

Kayyali, M. (2025). Introduction to Business Intelligence in Talent Management. In *Harnessing Business Intelligence for Modern Talent Management* (pp. 1-26). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-1942-1.ch001>

Mecheri, C., Nguyen, N. Q., Ouazene, Y., Yalaoui, F., & Scaglia, T. (2025). Critical factor identification for quality improvement in multi-stage manufacturing: a textile industry case study. *Production & Manufacturing Research*, 13(1), 2542175. <https://doi.org/10.1080/21693277.2025.2542175>

MEEMAK, J., & CHOOMLUCKSANA, J. (2025). *Improving the Effectiveness of Automotive Stamping Machines by Reducing Downtime using Lean principles* (Doctoral dissertation, King Mongkut's University of Technology North Bangkok). <http://202.44.33.99/dspace/handle/123456789/81>

Metternich, J., Müller, M., Hertle, C., Longard, L., & Wang, Y. (2025). *Digital Daily Management: Transforming Data to Improvement*. CRC Press.

Nilsson, J. (2025). Designing Touch Interface for Truck Cabs:-A study of Driver Needs in a Digitalising world. <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dsid=8066&pid=diva2%3A1955099>

Nugraha, I., Kirana, I. W., Ramadhan, G., & Aryanti, F. (2025). Total Quality Control (TQC) Analysis of Paris Hijab Products at the Wholesale Center of Dodolan Hijab Surabaya Using Six Sigma, New Seven Tools and Kaizen Methods. *Journal of Research and Technology*, 11(1), 68-84.

Pratticò, F. G., Valente, L., & Lamberti, F. (2025, March). Crying Jaywalker! Notifying Take-Over-Requests and Critical Events in Operational Driving Domain of Autonomous Vehicles via Multimodal Interfaces. In *Proceedings of the 30th International Conference on Intelligent User Interfaces* (pp. 463-476). <https://doi.org/10.1145/3708359.3712126>

Qulub, I. S. (2025). Implementation of condition-based maintenance (CBM) with FMEA approach to improve productivity of the auto insert machine in electronic component manufacturing. *Journal of Applied Research in Technology & Engineering*, 6(2), 11-22. <https://doi.org/10.4995/jarte.2025.22952>

Retikasari, F. V., Abd Ghani, D., Maghfiroh, A. L., & Finishia, F. (2025). Analysis Of The Quality Improvement Management Process Through PDSA At Puskesmas Sidoarjo Sidoarjo District. *Medical Technology and Public Health Journal*, 9(2), 175-188. <https://doi.org/10.33086/mtphj.v9i2.6792>

Sancho, D., Rezusta, A., & Acero, R. (2025, April). Integrating Lean Six Sigma into Microbiology Laboratories: Insights from a Literature Review. In *Healthcare* (Vol. 13, No. 8, p. 917). MDPI. <https://doi.org/10.3390/healthcare13080917>

Sharma, S. (2025). Tools and Techniques in Quality Management and Quality Management Models. In *Quality Demystified: A Comprehensive Guide to Quality Improvement, Patient Safety, and*

Clinical Audit in Healthcare (pp. 123-206). Singapore: Springer Nature Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-95-0339-1_11

Sharma, S. (2025). Tools and Techniques in Quality Management and Quality Management Models. In *Quality Demystified: A Comprehensive Guide to Quality Improvement, Patient Safety, and Clinical Audit in Healthcare* (pp. 123-206). Singapore: Springer Nature Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-95-0339-1_11

Sheehan, O. M., Greene, R. A., Corcoran, P., McKernan, J., & Murphy, B. (2025). Improving the quality of newborn feeding documentation in an EHR using a mixed methods approach. *Journal of Neonatal Nursing*, 31(1), 170-177. <https://doi.org/10.1016/j.jnn.2024.07.025>

Siahaan, M. P., Simanjuntak, F. D. C., Sihombing, F. J., Pandiangan, J. H., & Sinuraya, R. K. (2025, July). Penerapan Metode Six Sigma pada Pengendalian Kualitas Produksi Ragum di PT. XYZ. In *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)* (Vol. 8, No. 1, pp. 256-265). <https://doi.org/10.32734/ee.v8i1.2590>

Silva, I. I. R. (2025). *Optimising Order-to-Cash Process: A BPM Approach for the Construction Retail Industry* (Master's thesis, Universidade NOVA de Lisboa (Portugal)).

Syarifa, A., & Imaroh, T. S. (2026). Problem Analysis and Manual Warehouse System Improvement Strategy Towards Smart & Sustainable Warehouse. *International Journal of Indonesian Business Review*, 5(1). <https://doi.org/10.54099/ijibr.v5i1.1520>

Zhang, Y., An, J., Wang, B., Zhang, Y., & Liu, J. (2025). Human-Centered Explainability in Interactive Information Systems: A Survey. *arXiv preprint arXiv:2507.02300*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2507.02300>