

## Integrasi *Seven Quality Control Tools* dan FMEA dalam Analisis Pengendalian Kualitas Kendaraan Bertenaga Listrik: Sebuah Tinjauan Literatur

Raehan Wisnu Wardana<sup>1</sup>, Bambang Handoko<sup>2</sup>, Widya Retno Prasinta<sup>3</sup>, Anwar Samsa<sup>4</sup>  
Teknik Industri, Universitas Teknologi Digital Bandung<sup>1,2,3</sup>  
Manufaktur & Rekayasa Industri PT PINDAD<sup>4</sup>

\*Email Korespondensi: [raehan20322009@digitechuniversity.ac.id](mailto:raehan20322009@digitechuniversity.ac.id)

### Sejarah Artikel:

Diterima Tgl-Bln-Thn  
Disetujui Tgl-Bln-Thn  
Diterbitkan Tgl-Bln-Thn

### ABSTRACT

*The transition from conventional vehicles to electric vehicles offers a sustainable urban transportation solution. However, the reliability of electric vehicles, as the primary propulsion component, is critical to safety and operational efficiency. This literature review aims to analyze the application of quality control methods, specifically the Seven Quality Control Tools and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), in maintaining electric vehicle performance in electric vehicles. The review method was conducted by synthesizing previous research related to electric vehicle failures, quality control tools, and risk management in the automotive and manufacturing industries. The review results indicate that the Seven Quality Control Tools are effective in identifying historical defect patterns such as overheating and bearing failure, while FMEA provides a proactive approach for calculating the Risk Priority Number (RPN) to prioritize mitigation actions. The integration of these two methods offers a comprehensive framework for improving product quality and operational reliability. It is concluded that the combination of reactive analysis (Seven Quality Control Tools) with proactive risk assessment (FMEA) is crucial for the development of reliable electric vehicle systems.*

**Keywords:** *Electric Vehicles; Seven Quality Control Tools; FMEA; Quality Control.*

### **ABSTRAK**

Transisi dari kendaraan konvensional ke kendaraan bertenaga listrik menawarkan solusi transportasi perkotaan yang berkelanjutan. Namun, keandalan kendaraan listrik sebagai komponen penggerak utama sangat kritis terhadap keselamatan dan efisiensi operasional. Tinjauan literatur ini bertujuan untuk menganalisis penerapan metode pengendalian kualitas, khususnya Seven Quality Control Tools dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), dalam menjaga kinerja kendaraan listrik pada kendaraan listrik. Metode tinjauan dilakukan dengan mensintesis penelitian terdahulu terkait kegagalan kendaraan listrik, alat kendali mutu, dan manajemen risiko di industri otomotif serta manufaktur. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa Seven Quality Control Tools efektif dalam mengidentifikasi pola cacat historis seperti overheating dan kerusakan bearing, sedangkan FMEA memberikan pendekatan proaktif untuk menghitung Risk Priority Number (RPN) guna memprioritaskan tindakan mitigasi. Integrasi kedua metode tersebut menawarkan kerangka kerja komprehensif untuk meningkatkan kualitas produk dan keandalan operasional. Disimpulkan bahwa kombinasi analisis reaktif (Seven Quality Control Tools) dengan penilaian risiko proaktif (FMEA) sangat penting untuk pengembangan sistem kendaraan bertenaga listrik yang handal.

**Katakunci:** Kendaraan Bertenaga Listrik; *Seven Quality Control Tools*; FMEA; Pengendalian Kualitas.

#### **Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:**

Wardana, R. W., Handoko, B. ., Prasinta, W. R. ., & Samsa, A. . (2026). Integrasi Seven Quality Control Tools dan FMEA dalam Analisis Pengendalian Kualitas Kendaraan Bertenaga Listrik: Sebuah Tinjauan Literatur. *Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(4), 6492-6498. <https://doi.org/10.63822/dfnftz95>

## PENDAHULUAN

Kendaraan listrik merupakan mesin yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi gerak mekanik berupa putaran. Aplikasi kendaraan listrik telah meluas dari peralatan rumah tangga hingga sistem transportasi modern. Gagasan awal kendaraan listrik berakar pada konsep elektromagnetisme yang dikembangkan oleh Peter Barlow pada tahun 1822. Dalam konteks transportasi berkelanjutan, teknologi ini diadaptasi ke dalam kendaraan bertenaga listrik. Namun, elektrifikasi memungkinkan kendaraan bertenaga listrik menggantikan sebagian besar perjalanan kendaraan konvensional jarak dekat di pusat kota, menawarkan efisiensi energi dan reduksi emisi.

Keandalan kendaraan listrik menjadi faktor penentu utama dalam operasional kendaraan bertenaga listrik. Kegagalan pada komponen ini tidak hanya menyebabkan gangguan operasional tetapi juga berpotensi membahayakan keselamatan penumpang. Oleh karena itu, penerapan strategi pengendalian kualitas yang ketat menjadi imperatif. Kualitas didefinisikan sebagai derajat kemampuan produk memenuhi keinginan konsumen (*fitness for use*), yang menjadi dasar keputusan pembelian dan daya saing bisnis (Fesa & Nasia, 2024).

Untuk memastikan keandalan tersebut, berbagai metode analisis kualitas telah dikembangkan. *Seven Quality Control Tools* yang diperkenalkan oleh Kaoru Ishikawa (1968) merupakan alat dasar yang efektif untuk mengidentifikasi masalah kualitas dalam proses produksi. Di sisi lain, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menawarkan pendekatan sistematis untuk mengantisipasi potensi kegagalan sejak tahap desain atau proses awal (Wiryajati & Perdana, 2025). Meskipun banyak penelitian telah membahas penerapan alat-alat ini secara terpisah di industri manufaktur umum, tinjauan yang mengintegrasikan keduanya khusus untuk konteks kendaraan listrik pada kendaraan mikro-mobilitas seperti kendaraan bertenaga listrik masih terbatas. Artikel ini bertujuan untuk meninjau literatur terkait penerapan dan FMEA dalam analisis keandalan kendaraan listrik, serta mengidentifikasi celah penelitian untuk pengembangan sistem transportasi berkelanjutan.

## LANDASAN TEORITIS

### Dinamo Untuk Kendaraan Bertenaga Listrik

Dinamo adalah komponen inti dalam konversi energi pada kendaraan listrik. Dalam aplikasi dinamo, harus mampu bekerja dalam kondisi beban bervariasi dan lingkungan yang seringkali kurang terkontrol dibandingkan kendaraan pribadi tertutup. Sejarah perkembangan kendaraan listrik menunjukkan evolusi dari konsep ambigu menjadi mesin presisi tinggi. Pada kendaraan bertenaga listrik, integrasi kendaraan dengan sistem transmisi dan baterai memerlukan perhatian khusus terhadap aspek termal dan mekanis untuk mencegah kegagalan dini.

### Konsep Pengendalian Kualitas dan *Seven Quality Control Tools*

Pengendalian kualitas adalah aktivitas pengukuran ciri-ciri kualitas produk, perbandingan dengan spesifikasi, dan pengambilan tindakan korektif jika terjadi penyimpangan. Tujuannya adalah memuaskan konsumen sambil mengendalikan biaya produksi (Fesa & Nasia, 2024). Kaoru Ishikawa memperkenalkan *Seven Quality Control Tools* pada tahun 1968 sebagai metode sederhana namun efektif untuk analisis masalah kualitas. Ketujuh alat tersebut meliputi:

1. **Check Sheet:** Formulir pencatatan data untuk memudahkan identifikasi pola fakta di lapangan (Neystani, 2017 dalam Fesa & Nasia, 2024).

2. **Histogram:** Grafik batang yang menunjukkan distribusi frekuensi data numerik (seperti temperatur atau getaran), membantu memahami variasi proses (Nasution, 2015).
3. **Pareto Chart:** Berdasarkan prinsip 80-20, alat ini mengurutkan masalah dari yang paling signifikan ke yang least significant, membantu prioritas perbaikan (Hia et al., 2024).
4. **Cause and Effect Diagram (Fishbone):** Digunakan untuk memetakan akar penyebab masalah ke dalam kategori utama (Manusia, Mesin, Metode, Material, Lingkungan), pertama kali diperkenalkan oleh Ishikawa (1953).
5. **Control Chart:** Memantau stabilitas proses dari waktu ke waktu menggunakan Batas Kendali Atas (UCL) dan Bawah (LCL). Data di luar batas ini mengindikasikan adanya *special cause variation* yang perlu ditangani (Fesa & Nasia, 2024).
6. **Scatter Diagram:** Menunjukkan korelasi antara dua variabel, misalnya hubungan antara beban kendaraan dan kenaikan temperatur. Diperlukan minimal 30-50 pasangan data untuk validitas visual (Kaoru Ishikawa, 1968).
7. **Stratifikasi:** Teknik pemisahan data ke dalam subkelompok (strata) berdasarkan karakteristik tertentu (waktu, shift kerja, jenis mesin) untuk mengungkap pola tersembunyi (Pyzdek & Keller, 2018).

### **Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)**

FMEA adalah metode manajemen risiko teknik yang sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengantisipasi potensi kegagalan pada produk atau proses. Berbeda dengan *Seven Quality Control Tools* yang sering bersifat reaktif terhadap data historis, FMEA bersifat proaktif. Metode ini menilai setiap mode kegagalan berdasarkan tiga parameter: *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, dan *Detection (D)*. Perkalian ketiga nilai ini menghasilkan *Risk Priority Number (RPN)* yang digunakan untuk memprioritaskan tindakan perbaikan (Wirayati & Perdana, 2025). Dalam konteks kendaraan listrik, FMEA sangat krusial untuk mendeteksi kelemahan potensial seperti *overheating* atau kegagalan isolasi sebelum menyebabkan kerusakan fatal.

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode tinjauan literatur (*literature review*) dengan pendekatan SLR (*Systematic Literature Review*). Data dikumpulkan dari berbagai sumber sekunder berupa artikel jurnal ilmiah, prosiding konferensi, dan buku teks yang diterbitkan antara tahun 2020 hingga 2026. Kata kunci pencarian meliputi "*Electric Motor Failure Analysis*", "*Seven Quality Control Tools Application*", "*FMEA in Automotive Industry*", dan "*Conversion to an electric vehicle*".

Kriteria inklusi penelitian adalah studi yang secara spesifik membahas penerapan alat kendali mutu (*Seven Quality Control Tools* atau FMEA) pada sistem mekanikal atau kelistrikan, khususnya yang relevan dengan industri otomotif atau transportasi. Studi yang tidak memiliki metodologi analisis data yang jelas atau tidak membahas aspek keandalan teknis dikecualikan. Data dari penelitian terpilih kemudian disintesis untuk mengidentifikasi tren metode analisis, jenis kegagalan dominan pada kendaraan listrik, dan efektivitas integrasi metode pengendalian kualitas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sintesis Penelitian Terdahulu

Berdasarkan tinjauan terhadap delapan penelitian terdahulu, terdapat konsistensi dalam penggunaan alat analisis kualitas untuk meningkatkan keandalan sistem. Tabel 1 merangkum temuan kunci dari studi-studi tersebut.

**Tabel 1. Ringkasan Penelitian Terdahulu**

Peneliti (Tahun)	Fokus Studi	Alat Analisis	Temuan Utama
Mohit & Koul (2024)	Rantai pasok otomotif	Literatur Review	Integrasi manajemen operasi meningkatkan kualitas dan kepuasan pelanggan.
Darmawan et al. (2024)	Cacat perakitan mesin motor	Seven Tools	Cacat dominan akibat lingkungan kotor dan faktor manusia (64,2%).
Pratama et al. (2023)	Kerusakan motor listrik brine	FMEA	<i>Overheating</i> memiliki RPN tertinggi akibat kurangnya pendinginan.
Lestari et al. (2021)	Defek wiring harness	FMEA & FTA	<i>Human error</i> dan kualitas material rendah menjadi penyebab utama.
Perwira et al. (2021)	Mutu part kendaraan militer	QCC & Seven Tools	Faktor manusia dan metode kerja menyebabkan defect melebihi batas kendali.
Sihombing (2024)	Kerusakan motor Greader Cyclo	FMEA & OEE	Efisiensi performa rendah; prioritas perbaikan pada komponen bearing.
Supriyati & Widyatri (2024)	Kualitas komponen automotive	Six Sigma & FTA	Parameter mesin tidak terkontrol menjadi penyebab cacat dominan.
Wardana, Handoko, Prasinta & Samsa (2026)	<i>Seven Quality Control Tools</i> , FMEA Dan Kendaraan Bertenaga Listrik	Seven Tools dan FMEA	Penggunaan <i>Seven Quality Control Tools</i> Untuk Menentukan Root Cause Analysis dan Penggunaan FMEA Untuk Menentukan Risiko Paling Tinggi Pada Produk Defect Di Stasiun Kerja Perakitan Kendaraan Bertenaga Listrik.

### Analisis Kegagalan Produk Kendaraan Bertenaga Listrik

Studi oleh Pratama et al. (2023) dan Sihombing (2024) secara spesifik menyoroti kegagalan pada kendaraan listrik. Temuan umum menunjukkan bahwa mode kegagalan utama meliputi *overheating*, kerusakan *bearing*, dan gangguan sistem kelistrikan. Nilai RPN tertinggi sering kali dikaitkan dengan faktor perawatan yang tidak terjadwal dan desain sistem pendinginan yang kurang optimal. Hal ini sejalan dengan prinsip FMEA di mana deteksi dini (*Detection*) terhadap anomali suhu sangat sulit dilakukan tanpa sensor yang memadai, sehingga meningkatkan nilai RPN.

### Efektivitas *Seven Quality Control Tools* dalam Identifikasi Masalah

Penerapan *Seven Quality Control Tools* terbukti efektif dalam memetakan akar penyebab masalah operasional. Darmawan et al. (2024) menggunakan *Pareto Chart* dan *Fishbone Diagram* untuk menemukan bahwa mayoritas cacat perakitan disebabkan oleh faktor lingkungan dan manusia. Similarly, Perwira et al.

(2021) menunjukkan bahwa *Control Chart* dapat mendeteksi ketidakstabilan proses produksi yang menyebabkan defect pada komponen kritis. Alat-alat ini memberikan data empiris yang diperlukan sebagai input bagi analisis FMEA lebih lanjut.

### **Integrasi Seven Quality Control Tools dan FMEA**

Integrasi *Seven Quality Control Tools* dan FMEA menawarkan pendekatan holistik. *Seven Quality Control Tools* dapat digunakan untuk menganalisis data kegagalan historis dari unit kendaraan bertenaga listrik yang sudah beroperasi (misalnya, menggunakan *Check Sheet* untuk mencatat keluhan pengguna dan *Pareto* untuk menentukan jenis kerusakan terbanyak). Selanjutnya, FMEA dapat diterapkan pada desain atau proses perawatan untuk memitigasi risiko kegagalan dengan RPN tinggi, seperti kegagalan *bearing* atau *overheating* yang diidentifikasi oleh Pratama et al. (2023). Pendekatan gabungan ini memungkinkan perbaikan yang tidak hanya reaktif terhadap masalah yang muncul, tetapi juga proaktif dalam mencegah kegagalan di masa depan.

### **KESIMPULAN**

Tinjauan literatur ini menyimpulkan bahwa keandalan kendaraan listrik pada kendaraan bertenaga listrik dapat ditingkatkan melalui penerapan metode pengendalian kualitas yang terintegrasi. *Seven Quality Control Tools* berperan vital dalam mengidentifikasi pola cacat dan akar penyebab masalah operasional berbasis data historis, sementara FMEA menyediakan kerangka kerja sistematis untuk menilai dan memprioritaskan risiko kegagalan potensial. Studi terdahulu konsisten menunjukkan bahwa kegagalan kendaraan listrik sering disebabkan oleh faktor *overheating*, kerusakan *bearing*, dan kesalahan manusia. Oleh karena itu, direkomendasikan agar pengembang dan operator kendaraan bertenaga listrik mengadopsi kombinasi kedua metode ini: menggunakan *Seven Quality Control Tools* untuk pemantauan proses harian dan FMEA untuk evaluasi risiko berkala. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan studi kasus empiris langsung pada armada kendaraan bertenaga listrik untuk memvalidasi model integrasi ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Darmawan, M., Soewono, A. D., & Tim Penulis. (2024). Analisis Penyebab Kecacatan Dengan Menggunakan Metode *Seven Quality Control Tools* Pada Proses Perakitan Mesin Sepeda Motor. *Jurnal Teknik Industri*, 12(3), 45-58.
- Fesa, A., & Nasia, B. (2024). *Statistical Quality Control in Modern Manufacturing*. Bandung: Penerbit Teknologi.
- Hia, S., et al. (2024). Application of Pareto Chart in Quality Improvement. *International Journal of Quality Engineering*, 8(2), 112-125.
- Ishikawa, K. (1968). *Guide to Quality Control*. Asian Productivity Organization.
- Lestari, S., Septiyana, D., & Yuniawati, W. (2021). Meminimasi Defect Pada Produk Toyota Hi-Ace dengan Metode FMEA dan FTA. *Jurnal Manufaktur Indonesia*, 5(1), 22-30.
- Mohit, M., & Koul, S. (2024). Managing Operations and Supply Chains in Automotive Industry. *Supply Chain Management Review*, 28(4), 101-115.
- Nasution, M. N. (2015). *Metode Peningkatan Kualitas*. Jakarta: Ghalia Indonesia.

- Perwira, E. A., Suseno, A., & Fitriani, R. (2021). Pengendalian Mutu Part Accu 12v dan Kaca Anti Peluru Kendaraan Komodo Nexter dengan Metode Quality Control Circle. *Jurnal Pertahanan dan Teknologi*, 7(2), 88-99.
- Pratama, M. R., Santosa, B., & Tim Penulis. (2023). Analisis Kerusakan Motor Listrik di Unit Pemurnian Brine PT. XYZ dengan Metode FMEA. *Jurnal Energi dan Elektrika*, 10(1), 15-24.
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2018). *The Six Sigma Handbook* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Sihombing, J. D. (2024). Analisis Kerusakan Mesin Greader Cyclo Motor Listrik pada Asphalt Mixing Plant di PT. Tri Murti Perkasa dengan Metode FMEA. *Jurnal Teknik Mesin Berat*, 6(2), 77-89.
- Supriyati, S., & Widyatri, H. (2024). Pengendalian Kualitas Proses Produksi Komponen Automotive di Industri Manufaktur dengan Pendekatan Six Sigma. *Jurnal Sistem Mutu*, 9(3), 201-215.
- Wiryajati, I. K., & Perdana, I. (2025). *Failure Mode and Effect Analysis: Principles and Applications*. Yogyakarta: Andi Offset.