

ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PEMASANGAN SUNROOF MENGGUNAKAN METODE POKA-YOKE DI PERUSAHAAN XYZ

Nevi Arniyati¹, Hasbi Deni Al², Fendi Andriawan³, Muhammad Sobirin⁴
neviarniyati7@gmail.com¹, hasbideni999@gmail.com², fendiandriawan2020@gmail.com³,
muhhammadshobirin806@gmail.com⁴

Universitas Pelita Bangsa

Abstrak

Perusahaan XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi pemasangan Sunroof pada kendaraan roda empat. Setiap harinya perusahaan XYZ memproduksi sebanyak 114 unit pemasangan sunroof, dalam produksinya terdapat permasalahan yang tidak sesuai standarnya NG (No Good) dan mencapai angka sebesar 8,77% dari total produksi. Permasalahan ini disebabkan adanya human error, karena operator tidak berhati-hati dalam memberikan instruksi pada mesin robot saat pemasangan sunroof. Analisis ini menerapkan metode poka-yoke untuk menganalisis dan mengendalikan kualitas pada temuan cacat produksi tersebut, menggunakan pendekatan DMAIC yang diintegrasikan dengan FMEA dan diagram sebab-akibat, ditemukan bahwa faktor human error operator menjadi kontributor utama (43,3%) dari seluruh kecacatan. Hasil implementasi Poka-Yoke berupa sistem panduan robot semi-otomatis berhasil menurunkan tingkat NG dari 8,77% menjadi 1,75%, menghasilkan penghematan biaya sebesar Rp 1,86 miliar per tahun.

Kata Kunci: Poka-Yoke, Pengendalian Kualitas, Sunroof, Robot Industri, Human Error, FMEA.

Abstract

XYZ Company is a company that produces sunroof installations on four-wheeled vehicles. Every day, XYZ Company produces 114 units of sunroof installations. In its production process, there are problems that do not meet standards, referred to as NG (No Good), which reach 8.77% of total production. This problem is caused by human error, as operators are not careful in providing instructions to the robot machine during sunroof installation. This analysis applies the Poka-Yoke method to analyze and control quality based on the production defect findings, using a DMAIC approach integrated with FMEA and a cause-and-effect diagram. It was found that the human error factor of operators is the main contributor (43.3%) of all defects. The results of the Poka-Yoke implementation, in the form of a semi-automatic robot guidance system, successfully reduced the NG rate from 8.77% to 1.75%, generating cost savings of IDR 1.86 billion per year.

Keywords: Poka-Yoke, Quality Control, Sunroof, Industrial Robot, Human Error, FMEA

PENDAHULUAN

Perusahaan XYZ merupakan perusahaan manufaktur otomotif yang berlokasi di Kawasan Industri Cikarang, Jawa Barat. Perusahaan ini memproduksi kendaraan roda empat dengan kapasitas produksi harian sebesar 114 unit pada lini pemasangan sunroof. Proses pemasangan sunroof di perusahaan ini telah menggunakan robot industri yang dikendalikan secara semi-otomatis, di mana operator manusia berperan memberikan arahan dan instruksi kepada robot selama proses berlangsung. Permasalahan kritis yang teridentifikasi adalah tingginya jumlah produk NG (Not Good) pada proses pemasangan sunroof, yaitu rata-rata 10 unit per hari dari total 114 unit yang diproduksi, atau setara dengan tingkat kecacatan 8,77%. Hasil investigasi awal menunjukkan bahwa penyebab utama kecacatan ini adalah operator yang kurang hati-hati dalam memberikan arahan kepada robot pemasang sunroof, sehingga menyebabkan misposisi, kesalahan torsi, dan ketidaksesuaian sealant yang berujung pada produk NG. Kondisi ini menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan. Dengan asumsi biaya rework sebesar Rp 850.000 per unit dan biaya produksi harian

yang terbangun, perusahaan menanggung kerugian sekitar Rp 155 juta per bulan. Selain itu, produk NG yang tidak terdeteksi dan lolos ke konsumen berpotensi menimbulkan klaim garansi dan kerusakan reputasi merek. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Poka-Yoke sebagai solusi sistematis yang mencegah terjadinya human error operator dalam proses pengarahan robot pemasangan sunroof.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Konsep Poka-Yoke dalam Lingkungan Robot Industri

Poka-Yoke (防ミス) adalah metodologi rekayasa yang dikembangkan oleh Shigeo Shingo (1986) sebagai bagian dari Toyota Production System. Dalam konteks penggunaan robot industri, Poka-Yoke bertujuan untuk merancang mekanisme yang mencegah atau mendeteksi kesalahan operator dalam berinteraksi dengan robot, sehingga potensi human error yang berakibat pada produk cacat dapat dieliminasi. Terdapat dua pendekatan utama: (1) Prevention Poka-Yoke yang mencegah operator melakukan kesalahan secara fisik/prosedural; dan (2) Detection Poka-Yoke yang mendeteksi kesalahan segera setelah terjadi sebelum berdampak pada kualitas produk.

2. Human Error dalam Sistem Manusia-Robot

Interaksi antara manusia dan robot industri (Human-Robot Interaction/HRI) menghadirkan risiko khusus terkait human error. Menurut Reason (1990), kesalahan manusia dapat dikategorikan menjadi:

- a. Slip – tindakan tidak sengaja yang menyimpang dari yang direncanakan
- b. Lapse – kegagalan memori yang menyebabkan kelalaian, dan
- c. Mistake – kesalahan dalam perencanaan atau penilaian.

Dalam konteks pengarahan robot pemasangan sunroof, ketiga jenis human error ini dapat terjadi dan berpotensi menghasilkan produk NG.

3. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA adalah alat analisis sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dalam proses, beserta penyebab dan dampaknya. Risk Priority Number (RPN) dihitung dengan rumus:

$$RPN = \text{Severity (S)} \times \text{Occurrence (O)} \times \text{Detection (D)}$$

di mana masing-masing parameter dinilai pada skala 1–10. Mode kegagalan dengan $RPN \geq 200$ diprioritaskan untuk tindakan perbaikan segera.

METODOLOGI

Objek dan Periode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di lini produksi pemasangan sunroof Perusahaan XYZ selama periode April–Juni 2025. Objek penelitian adalah proses pemasangan sunroof yang melibatkan robot industri 6-axis dengan operator sebagai pemberi arahan. Data produksi harian dikumpulkan selama 20 hari kerja pada fase pra-implementasi (April 2025) sebagai baseline, dan 20 hari kerja pada fase pasca-implementasi (Juni 2025) sebagai evaluasi.

Metode Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui tiga cara:

1. Pencatatan harian produksi dan jumlah NG oleh petugas QC di setiap shift
2. Wawancara mendalam dengan 5 operator, 3 supervisor, dan 2 insinyur proses, serta
3. Observasi langsung menggunakan lembar pengamatan terstruktur yang mencatat jenis kesalahan operator, frekuensi, dan kondisi saat kejadian.

Tahapan Analisis

Analisis dilakukan mengikuti kerangka DMAIC: Define (pendefinisian masalah menggunakan data produksi harian), Measure (pengukuran baseline defect rate dan identifikasi mode kegagalan), Analyze (FMEA dan Diagram Pareto), Improve (perancangan solusi Poka-Yoke), dan Control (pemantauan efektivitas menggunakan P-Chart).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Produksi Harian dan Tingkat NG

Berikut adalah data produksi harian selama 20 hari kerja pada periode April 2025. Perusahaan XYZ secara konsisten memproduksi 114 unit per hari, dengan rata-rata NG sebesar 10 unit per hari yang disebabkan oleh operator yang kurang hati-hati dalam mengarahkan robot pemasang sunroof.

Tabel 1. Data Produksi Harian Pemasangan Sunroof dan Jumlah NG (April 2025)

No	Tgl	Prd	NG	OK	% NG	Kod
1	1	114	10	104	8,77	OP_A
2	2	114	9	105	7,89	OP_B
3	3	114	11	103	9,65	OP_A
4	4	114	10	104	8,77	OP_C
5	5	114	9	105	7,89	OP_B
6	8	114	12	102	10,5	OP_A
7	9	114	10	104	8,77	OP_C
8	10	114	8	106	7,02	OP_B
9	11	114	11	103	9,65	OP_A
10	12	114	10	104	8,77	OP_B
11	15	114	9	105	7,89	OP_A
12	16	114	13	101	11,4	OP_C
13	17	114	10	104	8,77	OP_B
14	18	114	9	105	7,89	OP_A
15	19	114	11	103	9,65	OP_C
16	22	114	10	104	8,77	OP_B
17	23	114	8	106	7,02	OP_A
18	24	114	10	104	8,77	OP_C
19	25	114	9	105	7,89	OP_B
20	26	114	10	104	8,77	OP_A
Total		2280	199	2081	8,73	

Penyebab:

Tgl	Kod	Penyebab
1	OP_A	Kurang memperhatikan posisi frame
2	OP_B	Terlambat memberi sinyal henti robot
3	OP_A	Distraksi saat kalibrasi awal shift
4	OP_C	Koordinasi robot tidak optimal
5	OP_B	Kelelahan pada akhir shift
8	OP_A	Pergantian operator terlambat
9	OP_C	Kurang hati-hati saat arahkan robot
10	OP_B	Kondisi normal, lebih fokus
11	OP_A	Kesalahan input parameter robot
12	OP_C	Keterlambatan respons alarm
15	OP_B	Kurang hati-hati memandu robot
16	OP_A	Slip perintah manual ke robot
17	OP_C	Posisi berdiri tidak sesuai SOP
18	OP_B	Komunikasi kurang dengan tim
19	OP_A	Abai terhadap indikator robot
22	OP_C	Kurang hati-hati saat arahkan robot
23	OP_B	Lebih teliti setelah briefing kualitas
24	OP_A	Pengawasan supervisor kurang
25	OP_C	Kecepatan robot terlalu tinggi
26	OP_B	Kurang hati-hati memandu robot

Sumber: Data Produksi Perusahaan XYZ, April 2025

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa selama 20 hari kerja pengamatan, Perusahaan XYZ secara konsisten memproduksi 114 unit per hari, dengan total produksi 2280 unit. Jumlah NG tertinggi terjadi pada tanggal 16 April 20245 sebanyak 13 unit (11,40%), yang disebabkan oleh slip perintah manual operator kepada robot. Jumlah NG terendah sebanyak 8 unit (7,02%) terjadi pada dua hari kerja di mana supervisor secara aktif melakukan pendampingan. Rata-rata NG harian adalah 9.9 unit (8.73%) dari total produksi.

Tabel 2. Ringkasan Statistik Data Produksi Periode April 2025

No.	Parameter	Nilai	Satuan
1	Total hari pengamatan	20	hari kerja
2	Total produksi	2280	Pcs
3	Total produk OK	2079	Pcs
4	Total produk NG	201	Pcs

5	Rata-rata produksi per hari	114	pcs/hari
6	Rata-rata NG per hari	10,05	pcs/hari
7	Tingkat NG rata-rata	8,77	%
8	NG minimum harian	8	pcs (7,02%)
9	NG maksimum harian	13	pcs (11,40%)
10	Biaya kerugian per bulan	±Rp 155.000.000	Rp/bulan

Sumber: Olahan Data Peneliti, 2025

Analisis Pareto Penyebab NG

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi lapangan, penyebab NG dikategorikan dan dianalisis menggunakan diagram Pareto untuk mengidentifikasi penyebab dominan yang perlu mendapat prioritas penanganan.

Tabel 3. Analisis Pareto Penyebab Produk NG pada Proses Pemasangan Sunroof

No.	Penyebab NG	Frekuensi	Proporsi (%)	Kumulatif (%)
1	Operator kurang hati-hati memandu robot	87	43,3	43,3
2	Kelelahan & distraksi operator	41	20,4	63,7
3	Koordinasi operator-robot tidak sesuai SOP	32	15,9	79,6
4	Keterlambatan sinyal henti robot	25	12,4	92
5	Kesalahan input parameter robot	16	8	100
	Total	201	100	-

Sumber: Data Observasi dan Wawancara, April 2025

Analisis Pareto pada Tabel 3 mengonfirmasi bahwa penyebab dominan NG adalah operator yang kurang hati-hati dalam memandu robot (43,3%). Tiga penyebab teratas (kurang hati-hati memandu robot, kelelahan/distraksi, dan koordinasi tidak sesuai SOP) secara kumulatif menyumbang 79,6% dari seluruh kejadian NG, sejalan dengan prinsip Pareto 80/20. Hasil ini menegaskan bahwa intervensi yang berfokus pada human error operator menjadi prioritas utama dalam perancangan solusi Poka-Yoke.

Analisis FMEA

Berdasarkan data pada Tabel 3, dilakukan analisis FMEA untuk menilai risiko setiap mode kegagalan. Tabel 4 menyajikan hasil analisis FMEA terhadap lima mode kegagalan utama yang berkaitan dengan human error operator dalam pengarahan robot.

Tabel 4. Hasil Analisis FMEA Proses Pemasangan Sunroof

No.	Mode Kegagalan	Dampak	S	O	D	RPN	Prioritas
1	Operator distraksi saat kalibrasi awal shift	Sunroof tidak terpasang rata/miring	8	9	4	288	Sangat Tinggi
2	Operator terlambat/keliru memberi sinyal henti robot	Robot terus bergerak → benturan komponen	9	7	3	189	Tinggi
3	Operator distraksi saat kalibrasi awal shift	Parameter kalibrasi salah → cacat batch awal	7	6	4	168	Tinggi
4	Koordinasi operator-robot tidak mengikuti SOP	Inkonsistensi torsi pemasangan	7	8	3	168	Tinggi
5	Kelelahan operator pada akhir shift	Penurunan kecermatan instruksi robot	6	7	5	210	Sangat Tinggi

Sumber: Hasil Analisis FMEA, 2025

Mode kegagalan dengan RPN tertinggi adalah ketidakhati-hatian operator dalam memperhatikan posisi frame sebelum instruksi robot (RPN = 288) dan kelelahan operator pada akhir shift (RPN = 210). Kedua mode kegagalan ini menjadi fokus utama dalam perancangan solusi Poka-Yoke.

Solusi Poka-Yoke yang Dirancang

Berdasarkan temuan FMEA, dirancang dua solusi Poka-Yoke utama:

1. Robot Guidance Lock System – sistem pengorunci otomatis yang mencegah robot bergerak sebelum sensor mengonfirmasi posisi frame sunroof sudah tepat. Operator hanya bisa mengaktifkan gerakan robot setelah lampu hijau menyala, yang berarti semua kondisi prasyarat telah terpenuhi. Ini merupakan Prevention Poka-Yoke tipe Contact Method.
2. Operator Alertness Monitoring System – sistem pemantau kewaspadaan operator berbasis sensor eye-tracking yang mendeteksi tanda-tanda distraksi atau kelelahan. Apabila terdeteksi, sistem secara otomatis menjeda operasi robot dan membunyikan alarm, memberi waktu operator untuk kembali fokus. Ini merupakan Detection Poka-Yoke tipe Motion-Step Method.

Hasil Implementasi

Setelah implementasi kedua solusi Poka-Yoke selama bulan Mei 2024 dan evaluasi pada Juni 2024, terjadi penurunan tingkat NG yang signifikan dari rata-rata 10 unit/hari (8,77%) menjadi 2 unit/hari (1,75%). Penurunan ini setara dengan pengurangan NG sebesar 80% dari kondisi awal, yang melampaui target penurunan 60% yang ditetapkan dalam Project Charter penelitian ini.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi bahwa akar penyebab utama tingginya produk NG (rata-rata 10 pcs/hari dari 114 pcs produksi) pada proses pemasangan sunroof di Perusahaan XYZ adalah human error operator yang kurang hati-hati dalam memberikan arahan kepada robot industri. Melalui penerapan metode Poka-Yoke berupa Robot Guidance Lock System dan Operator Alertness Monitoring System, tingkat NG berhasil diturunkan dari 8,77% menjadi 1,75%, menghasilkan penghematan biaya sebesar ±Rp 1,86 miliar per tahun sekaligus meningkatkan keselamatan dan kepuasan

Saran

Disarankan agar Perusahaan XYZ: (1) mereplikasi pendekatan Poka-Yoke ini pada proses-proses lain yang melibatkan interaksi manusia-robot; (2) mengintegrasikan sistem pemantauan operator dengan platform Manufacturing Execution System (MES) untuk analisis data real-time; dan (3) melakukan kajian ergonomi untuk mengurangi faktor kelelahan operator yang terbukti berkontribusi signifikan terhadap kejadian NG.

DAFTAR PUSTAKA

- Antony, J. (2006). Six Sigma for service processes. *Business Process Management Journal*, 12(2), 234–248.
- Cudney, E.A., & Agustiadhy, T.K. (2016). *Design for Six Sigma: A Practical Approach through Innovation*. CRC Press.
- Dudek-Burlikowska, M., & Szewieczek, D. (2009). The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 36(1), 95–102.
- Liker, J.K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill Education.
- Montgomery, D.C. (2019). *Introduction to Statistical Quality Control* (8th ed.). John Wiley & Sons.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge University Press.
- Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*. Productivity Press.
- Stamatis, D.H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution* (2nd ed.). ASQ Quality Press.
- Vinodh, S., & Bhatt, K.V. (2012). Application of poka yoke technique in a manufacturing organization. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(1), 23–35.
- Womack, J.P., & Jones, D.T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* (Revised ed.). Free Press.