

## Desain Model Pengendalian Kualitas produk Radiator berbasis Six Sigma dan Acceptance Sampling

<sup>1</sup>Paduloh Paduloh, <sup>2</sup>Akbar Adjie Pratama, <sup>3</sup>Annisa Ayu Salsabilla,

<sup>1,2</sup> Universitas Bhayangkara Jakarta Raya / Teknik Industri, Jakarta, 17143.

<sup>3</sup>Universitas Negeri Malang / Pendidikan Ekonomi, Malang, Jawa Timur, 65145.

e-mail: [paduloh@dsn.ubharajaya.ac.id](mailto:paduloh@dsn.ubharajaya.ac.id)

### Abstrak

PT KJI merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi radiator mobil. Produk yang dihasilkan menjadi fokus utama dalam menjaga kualitas untuk memenuhi standar pelanggan. Perusahaan menghadapi masalah tingginya tingkat cacat produk yang melebihi batas toleransi sebesar 3%, yang berdampak pada efisiensi proses dan kepuasan pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama cacat produk, menghitung nilai sigma, dan merancang perbaikan untuk menurunkan tingkat cacat. Metode Six Sigma dengan pendekatan DMAIC digunakan untuk menganalisis dan mengendalikan kualitas proses produksi, ditambah dengan penerapan acceptance sampling berbasis standar AQL. Analisis dilakukan terhadap proses produksi, sistem inspeksi, serta kondisi perawatan mesin. Ditemukan bahwa kurangnya inspeksi bahan baku dan produk akhir serta ketidakteraturan perawatan mesin menjadi faktor utama tingginya tingkat cacat. Usulan perbaikan meliputi peningkatan inspeksi material masuk dan produk keluar sesuai AQL, serta penerapan jadwal perawatan mesin yang lebih konsisten. Setelah implementasi usulan perbaikan, terjadi penurunan signifikan pada jumlah produk cacat. Nilai rata-rata level sigma meningkat dari 3,8 menjadi 4,7. Peningkatan ini berdampak positif terhadap mutu produk, efisiensi proses produksi, dan keandalan sistem pengendalian kualitas di PT KJI.

**Kata kunci:** Pengendalian Kualitas, Six Sigma, Acceptance Sampling

### Abstract

PT KJI is a manufacturing company engaged in the production of car radiators. The quality of the products is the main focus to meet customer standards. The company faces a high Defect rate that exceeds the tolerance limit of 3%, affecting both process efficiency and customer satisfaction. This study aims to identify the root causes of product defects, calculate the sigma level, and design improvements to reduce the defect rate. The Six Sigma method with a DMAIC approach is used to analyse and control the quality of the production process, supported by the application of acceptance sampling based on AQL standards. The analysis covers the production process, inspection systems, and machine maintenance conditions. It was found that the lack of inspection on incoming materials and finished products, as well as irregular maintenance schedules, are the main factors contributing to the high defect rate. Proposed improvements include enhancing inspections of incoming and outgoing products according to AQL and implementing a more consistent machine maintenance schedule. After the implementation of the proposed improvements, there was a significant reduction in the number of Cacative products. The average sigma level increased from 3.8 to 4.7. This improvement had a positive impact on product quality, production process efficiency, and the reliability of the quality control system at PT KJI.

**Keywords:** Quality Control, Six Sigma, Acceptance Sampling

Diterima : April 2025  
Disetujui : Mei 2025  
Dipublikasi : Juni 2025

©2025 Paduloh Paduloh, Akbar Adjie Pratama, Annisa Ayu Salsabilla  
Under the license CC BY-SA 4.0

### Pendahuluan

PT. KJI merupakan salah satu industri manufaktur bidang otomotif yang didalamnya terdiri beberapa proses dan menghasilkan beberapa produk. Produk dari

perusahaan ini seperti *sub radiator*, *pull radiator*, dan suku cadang. Manufaktur, sebagai salah satu pilar industri, memainkan peran penting dalam ekonomi dengan menghasilkan produk seperti radiator. diketahui bahwa produk cacat dalam proses produksi sampai dengan *packing* yang ada di PT. KJI berfluktuasi dari waktu ke waktu dibuktikan pada tabel 1. persentase produk cacat masing-masing proses melebihi batas toleransi sebesar 3% dan dari tabel 1.1 persentase kecacatan tertinggi pada bulan Januari dan Februari yaitu 5% dan tingkat produk terendah pada bulan Juli, Agustus, dan Oktober yaitu 3%. Tingginya produk cacat sebesar 5% seharusnya dapat ditekan dibuktikan dengan adanya tingkat produk cacat terendah sebesar 3% berarti perusahaan seharusnya mampu melakukan proses produksi dengan tingkat cacat yang rendah. Dalam proses produksinya PT. KJI melakukan pengendalian kualitas dengan menetapkan batas maksimum toleransi kerusakan sebesar 3%. Hal ini mengakibatkan target produksi tidak tercapai.

Tabel 1. Data Produksi, Data Barang Cacat Periode Januari-Desember 2023

Periode	Jumlah Produk Ditolak	Target Produksi	Presentase
Januari	157	3.227	5%
Februari	146	3.238	5%
Maret	124	3.108	4%
April	143	3.178	4%
Mei	121	3.255	4%
Juni	133	3.236	4%
Juli	101	3.247	3%
Agustus	98	3.175	3%
September	114	3.223	4%
Oktober	95	3.232	3%
November	131	3.179	4%
Desember	142	3.218	4%
<b>Total</b>	<b>1.505</b>	<b>38.516</b>	<b>4%</b>

Penelitian terdahulu (Mohan Kumar et al., 2025; Pongboonchai-Empl et al., 2025; Zulkhulaifah & Apriliani, 2024) berupa perusahaan manufaktur yang mengalami peningkatan *Cacat* yang disebabkan oleh banyaknya permintaan sehingga menimbulkan *Cacat*. Setelah dilakukan analisa terjadinya penyebab *Cacat* Berdasarkan hasil dari identifikasi sumber terjadinya dari cacat yang terjadi dikarenakan faktor manusia, metode, material dan *tools*. Dari perhitungan tingkat *sigma* dan DPMO didapatkan hasil rata-rata level *sigma* yaitu 3,92 dengan nilai DPMO 13166,43. Berdasarkan Pareto Diagram, perbaikan difokuskan pada 3 jenis cacat yang terjadi dengan persentase masalah yang harus dituntaskan 80% sesuai hukum pareto yaitu Sagging dengan persentase (38,16%), Orange Peel dengan persentase (25,65%) dan Low DFT dengan persentase (19,06%). (Krisnaningsih & Hadi, 2020), (Mahardhika & Al-Faritsy, 2023) menggunakan penerapan metode dari enam tahap *kaizen* beserta alat *kaizen* (5W+1H dan 5S) dan *six sigma*. Hasil perbaikan dari penelitian ini menunjukkan

bahwa yang dimana hasil nilai level sigma mengalami peningkatan yaitu dari 3.43 menjadi 3.76.

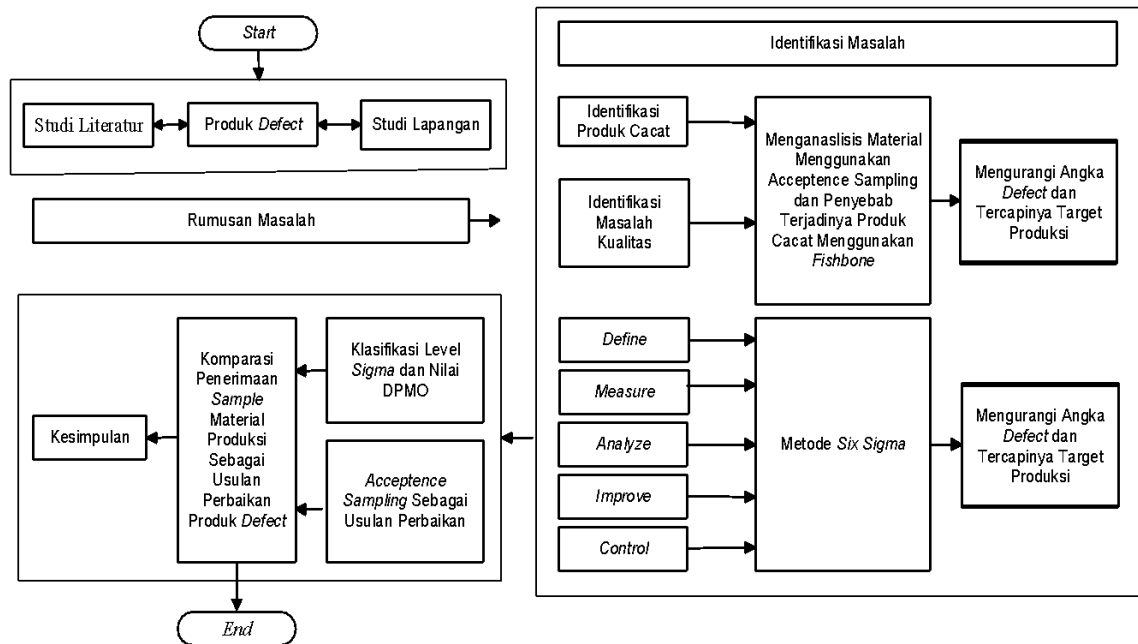
Berdasarkan permasalahan yang terjadi di PT Koyorad Jaya Indonesia, khususnya pada bagian produksi radiator, diketahui bahwa masih terdapat tingkat cacat produk yang melebihi standar kualitas yang telah ditetapkan perusahaan. Hal ini berdampak pada efektivitas proses produksi dan kepuasan pelanggan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu pendekatan sistematis yang mampu mengidentifikasi akar penyebab cacat dan memberikan solusi yang tepat.

Penelitian ini menawarkan pendekatan berbasis metode Six Sigma dengan tahapan DMAIC sebagai alat analisis dan perbaikan kualitas yang terukur. Keunggulan pendekatan ini terletak pada kemampuannya dalam mengintegrasikan data statistik dan proses manajerial untuk menurunkan tingkat Cacat secara signifikan. Selain itu, penelitian ini juga menggabungkan metode acceptance sampling berbasis AQL dalam pengendalian kualitas, yang belum banyak diterapkan secara bersamaan dalam konteks industri manufaktur radiator.

State of the art dari penelitian ini adalah penerapan kombinasi metode Six Sigma dan acceptance sampling dalam konteks industri radiator otomotif di Indonesia, yang bertujuan meningkatkan nilai level sigma sebagai indikator performa kualitas. Pendekatan ini belum banyak dikaji dalam studi sebelumnya, sehingga memberikan kontribusi baru dalam pengembangan strategi pengendalian kualitas secara berkelanjutan di sektor manufaktur.

## **Metode**

Penelitian ini mengkaji secara mendalam tentang pengendalian kualitas produk dengan menggunakan metode *Six Sigma* pada PT. Koyorad Jaya Indonesia yang bertujuan untuk menjelaskan objek yang diteliti secara menyeluruh, dengan hasil analisis dibandingkan sebelum dan sesudah penelitian dilakukan. Dengan demikian, peneliti mengikuti alur metode *six sigma* dimulai dari identifikasi masalah hingga penerapan perbaikan kualitas secara menyeluruh (Esmaili et al., 2024; Imansuri et al., 2024; Fayomi & Khan, 2024).



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Gambar 1 menggambarkan alur penelitian yang dirancang untuk menurunkan angka produk cacat (Cacat) dalam proses produksi dengan menggunakan pendekatan Six Sigma. Penelitian dimulai dengan studi literatur dan studi lapangan untuk mengidentifikasi jenis produk cacat serta faktor-faktor penyebab yang terjadi di lapangan. Informasi dari tahapan awal ini digunakan untuk merumuskan permasalahan utama terkait mutu produk yang tidak sesuai dengan standar perusahaan.

Selanjutnya, dilakukan identifikasi mendalam terhadap jenis-jenis produk cacat dan masalah kualitas yang mempengaruhi hasil produksi. Untuk memastikan kualitas material sebelum diproses, digunakan metode acceptance sampling, yaitu teknik pengambilan sampel berdasarkan standar AQL (Acceptable Quality Level) untuk menilai apakah material yang diterima layak digunakan (Hussain et al., 2024).

Metode Six Sigma diterapkan menggunakan pendekatan DMAIC, yang terdiri dari lima tahapan. Pada tahap Define, masalah kualitas didefinisikan secara spesifik berdasarkan temuan awal di lapangan. Tahap Measure dilakukan dengan mengumpulkan data kuantitatif mengenai tingkat cacat yang terjadi, termasuk frekuensi dan jenis Cacat. Pada tahap Analyze, dilakukan analisis akar penyebab cacat menggunakan tools seperti diagram sebab-akibat dan 5 Why Analysis untuk mengetahui faktor utama penyebab kerusakan produk. Tahap Improve berfokus pada pelaksanaan solusi perbaikan, seperti peningkatan pengawasan kualitas, pelatihan operator, dan perbaikan prosedur kerja. Terakhir, pada tahap Control, dilakukan pengendalian terhadap proses baru dengan cara monitoring berkelanjutan dan penyusunan SOP

untuk menjaga konsistensi kualitas (Pong Boonchai-Empl et al., 2024) (Saad et al., 2024).

Setelah implementasi perbaikan, dilakukan pengukuran keberhasilan dengan menghitung nilai DPMO (Cacat per Million Opportunities) dan level sigma untuk menilai peningkatan kualitas produksi (Inah et al., 2025; Study et al., 2025; Tannady & Jiddan, 2024). Langkah akhir dari penelitian ini adalah melakukan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah perbaikan, serta menyusun usulan perbaikan jangka panjang yang dapat menekan angka cacat secara berkelanjutan dan mendukung pencapaian target produksi perusahaan.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil

#### a. Data Cacat Produksi

Pada proses produksi pembuatan radiator di PT. KJIJI yang dihasilkan terdapat empat jenis *Cacat* yaitu Cacat fin, Cacat tube, Kebocoran, Cacat solder, berikut merupakan tabel data cacat produksi radiator:

Tabel 2. Data *Cacat* Produksi Radiator

Periode	Jumlah Cacat	Jenis Produk Cacat			
		Fine NG	Tube NG	Assy	Kebocoran
Januari	157	57	43	32	25
Februari	146	49	44	30	23
Marelt	124	51	37	19	17
April	143	49	36	24	34
Meli	121	42	31	26	22
Juni	133	47	37	25	24
Juli	101	36	27	18	20
Agustus	98	33	26	17	22
September	114	42	31	22	19
Oktober	95	34	27	16	18
November	131	42	37	28	24
Desember	142	54	39	27	22
<b>Jumlah</b>	<b>1.505</b>	<b>536</b>	<b>415</b>	<b>284</b>	<b>270</b>
		<b>35,61</b>	<b>27,50</b>	<b>18,87</b>	<b>17,94</b>
		<b>36%</b>	<b>27%</b>	<b>19%</b>	<b>18%</b>

#### b. Data Material Produksi

Pada proses produksi untuk pembuatan radiator membutuhkan beberapa material yang digunakan terdapat 3 jenis material yaitu coil kuning, coil tembaga, timah.

Tabel 3. Data Material

Nol	Jenis Material	Jumlah
1	Coil Kuningan	1464
2	Coil Tembaga	1464
3	Timah	488

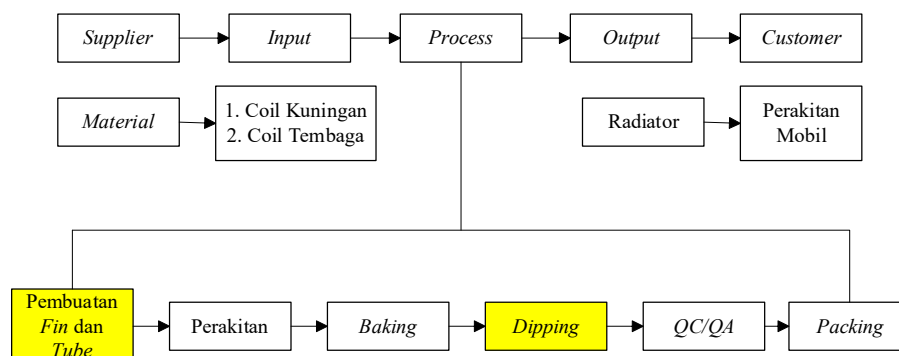
### c. Tahap Define

Aliran Proses produksi radiator, terdapat tahapan dalam membuat radiator yaitu:

1. Proses pembuatan tube dengan bahan dasar material coil kuningan menggunakan mesin produksi TFM-005.
2. Proses pembuatan pin dengan bahan dasar coil tembaga 100% menggunakan mesin CRFM-07.
3. Proses pelrakitan, menggabungkan finel dan tube dengan cara menyusun atas dan bawah serta memasang HP dan SP untuk bagian atas dan bawah.
4. Proses baking atau pemanasan untuk radiator yang telah dirakit agar radiator melekat dengan cara dipanaskan dengan suhu 320<sup>o</sup>C
5. Proses dipping proses penyolderan pada bagian samping radiator dengan cara mencelupkan pada bak timah yang telah dicairkan.
6. Proses QC melakukan inspeksi pada visual barang dan pengukuran pada radiator.
7. Proses Packing, Melakukan pelngelmasan radiator keldalam bolx kelrdus delngan menempelkan labell pelngiriman.

### d. Diagram SIPOC

Diagram SIPOC merupakan diagram yang digunakan untuk mengetahui dan menguraikan bagian penting dari suatu proses. Diagram SIPOC mampu mengidentifikasi, menentukan *input*, *output*, serta memahami aliran proses produksi radiator secara keseluruhan (Management, 2025; Trubetskaya et al., 2023), Berikut adalah diagram SIPOC pada proses pembuatan radiator.



Gambar 2. Diagram SIPOC

Diagram SIPOC menganalisis kecacatan produk yang terjadi pada dua tahapan yaitu sebagai berikut:

#### 1. Pembuatan *Tube* dan *Fin*

Pada proses ini sering menjadi penyebab *Cacat*. Kecacatan ini terjadi karena pemotongan hasil *fin* dan *tube* yang tidak sempurna yang mengakibatkan permukaan menjadi kasar atau tajam, dan hasil produk menjadi tidak sempurna.

## 2. Proses *Dipping*

Pada proses ini sering menjadi penyebab *Cacat*. Kecacatan ini terjadi karena saat proses pencelupan solder cair tidak sempurna sehingga radiator bisa terjadi kebocoran karena radiator tidak rapat akibat pencelupan tidak sempurna.

### e. Critical To Quality

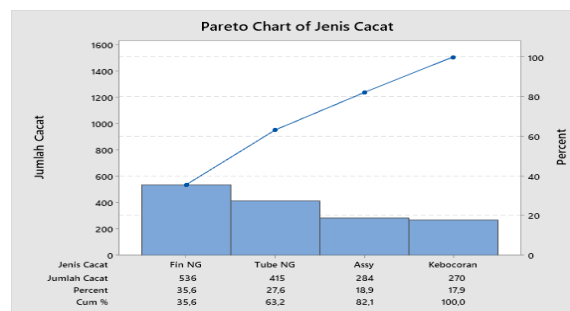
Perusahaan memiliki kriteria terhadap produk yang dihasilkan yaitu:

1. Radiator tidak ada kebocoran.
2. Tube tidak gepeng atau tidak rapat.
3. Panjang Fin yang dihasilkan tidak lebih dan tidak kurang dari 20 mm serta hasil potongan yang bagus.
4. Radiator yang dihasilkan tidak ada ada kecacatan fisik.

### f. Tahap Measure

#### f.1 Diagram Pareto

Penggunaan diagram paralel adalah untuk mengetahui angka *Cacat* terbesar dengan cara mengurutkan *Cacat* dengan persentase terbesar sampai terkecil. Berikut ini persentase jenis-jenis *Cacat* produk yang ditampilkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 3 Pareto Jenis *Cacat*

Dapat dilihat dari gambar 4.7, bahwa *Cacat* dengan persentase tertinggi adalah *Cacat* Fin dan Tube dengan masing-masing presentasi adalah 35,61% dan 27,57% dengan total *Cacat* masing-masing sebesar 536 pcs dan 415 pcs.

#### f.2 Nilai Sigma dan DPMO

##### Tahap Analisis Diagram Kontrol (*P-Chart*)

Pengukuran dilakukan dengan *Statistical Quality Control* jenis *P-Chart* terhadap produk akhir dari bulan januari sampai dengan desember 2023 Menghitung rata-rata ketidaksesuaian, Dihitung rata-rata ketidaksesuaian (P), yaitu jumlah produk cacat (np) dibagi jumlah produksi (N). Bulan Januari N = 3.227, dan np = 157. Berikut hasil perhitungan dengan pengambilan sampel pada bulan Januari sampai Desember 2023 untuk menetapkan nilai UCL dan LCL

Tabel 4. Perhitungan Nilai CL, UCL,LCL, dan P

NO	PERIODE	UCL	CL	LCL
1	Januari	0,049201365	0,03897	0,028758635
2	Februari	0,049183989	0,03897	0,028776011
3	Marelt	0,049395206	0,03897	0,028564794
4	April	0,049279863	0,03897	0,028680137
5	Meli	0,049157307	0,03897	0,028802693
6	Juni	0,049187141	0,03897	0,028772859
7	Juli	0,049169837	0,03897	0,028790163
8	Agustus	0,049284728	0,03897	0,028675272
9	September	0,049207706	0,03897	0,028752294
10	Oktober	0,049193456	0,03897	0,028766544
11	November	0,049278243	0,03897	0,028681757
12	Desember	0,049215649	0,03897	0,028744351
	Rata-rata	0,049229541	0,03897	0,028730459

1. Menghitung Nilai DPO

$$DPO = \frac{\text{Total Defect}}{\text{Jumlah Produksi} \times CTQ}$$

$$DPO = \frac{157}{3.227 \times 4}$$

$$DPO = 0,01216$$

2. Menghitung Nilai DPMO

$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

$$DPMO = 0,01216 \times 1.000.000$$

$$DPMO = 12.163$$

3. Melnghitung Nilai Sigma

$$\text{Level Sigma} = \text{NORMSINV} \left( \frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5$$

$$\text{Level Sigma} = \text{NORMSINV} \left( \frac{1.000.000 - 44192,841}{1.000.000} \right) + 1,5$$

$$\text{Level Sigma} = 3,75194102$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan DPO, DPMO dan Level Sigma

NO	PERIODE	DPO	DPMO	LEVEL SIGMA
1	Januari	0,0121630	12163	3,75194102
2	Februari	0,0112724	11272,39	3,78106196
3	Marelt	0,0099743	9974,26	3,82731474
4	April	0,0112492	11249,21	3,78184612
5	Meli	0,0092934	9293,39	3,85371632
6	Juni	0,0102750	10275,03	3,81615034
7	Juli	0,0077764	7776,41	3,91924367
8	Agustus	0,0077165	7716,53	3,92205367
9	September	0,0088427	8842,69	3,87214004
10	Oktober	0,0073484	7348,39	3,9397659
11	November	0,0103020	10301,98	3,81516391
12	Desember	0,0110317	11031,7	3,78927476
	Rata-rata	0,0097704	9770,416	3,83913937

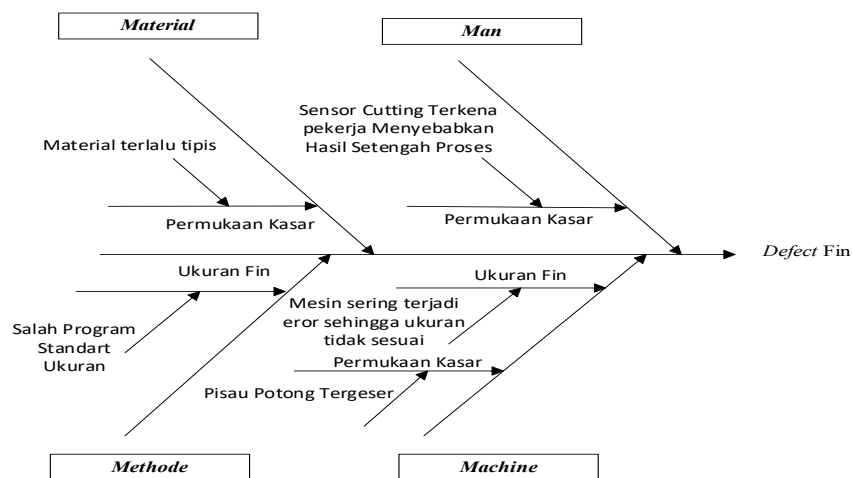
Dilihat dari hasil perhitungan DPMO dan Level Sigma, didapatkan rata-rata DPMO sebesar 9770,416 sehingga didapatkan jika terjadi produk Cacat sebanyak



38,516 dari 1.000.000 kali kesempatan dalam proses produksi radiator pada PT. Koyorad Jaya Indonesia. Sedangkan untuk level sigma memiliki rata-rata 3,83913937 dimana berarti PT. KJI memiliki level sigma yaitu pada level 3 Sehingga diperlukannya perbaikan pada proses produksi pembuatan radiator untuk dapat mengurangi dihasilkannya produk Cacat.

#### g. Brainstorming

Hasil brainstorming menunjukkan bahwa Cacat pada komponen Fin disebabkan oleh empat faktor utama. Dari sisi material, ditemukan masalah ketebalan yang terlalu tipis dan visual material yang serupa. Faktor manusia meliputi kurangnya ketelitian, pekerja yang menyentuh sensor cutting, dan tidak melakukan pengecekan komponen. Pada aspek metode, terdapat kesalahan dalam pemrograman mesin, penempatan komponen yang tidak tepat, serta kurangnya kepatuhan terhadap SOP. Sedangkan dari mesin, sering terjadi error, pergeseran pisau cutting, dan perawatan yang kurang optimal. *Cacat Fin* adalah *Cacat* yang paling banyak terjadi pada proses produksi radiator. Dilihat pada gambar 4. yang menjadi penyebab *Cacat Fin* adalah faktor *man*, *machinel*, *meltholdel*, dan *material*



Gambar 4. Diagram *Fishbone* Cacat Fin

#### h. Tahap *Improve*

Berdasarkan analisis menggunakan pendekatan 5W+1H pada proses produksi, ditemukan sejumlah sumber Cacat yang terjadi pada dua komponen utama, yaitu fin dan tube. Untuk Cacat pada fin, penyebabnya berasal dari berbagai faktor. Dari sisi material, ditemukan bahwa bahan yang digunakan terlalu tipis, sehingga solusinya adalah menetapkan AQL sebagai standar penerimaan bahan melalui metode acceptance sampling, yang menjadi tanggung jawab bagian QC. Dari faktor manusia (man), Cacat disebabkan oleh kurangnya fokus dan kelalaian karyawan. Untuk mengatasinya, disarankan pemberian pelatihan khusus mengenai proses pembuatan fin, yang menjadi

tanggung jawab HRD. Pada aspek metode (method), kesalahan terjadi akibat penginputan program mesin yang tidak tepat. Solusi yang diajukan adalah pembuatan SOP khusus untuk nomor seri model mesin agar tidak terjadi kekeliruan dalam pemrograman, yang akan dijalankan oleh supervisor dan leader. Dari sisi mesin (machine), pisau pemotong mengalami pergeseran, sehingga perlu dijadwalkan perawatan rutin dan dilakukan uji coba mesin secara berkala oleh tim maintenance.

i. Tahap *Control*

Pada tahap *control* ini dilakukan pemeriksaan perbaikan-perbaikan yang sudah direkomendasikan. Melakukan proses perbaikan untuk meminimalisir cacat produk yang dihasilkan. Perbaikan yang dirancang adalah pengaplikasian metode *acceptance sampling*.

Pengukuran Untuk Mengevaluasi Kinerja Sampel Material

1. *Operating Characteristic Curve* (Kurva Karakteristik Operasi)

Merupakan kurva probabilitas penerimaan ( $P_a$ ) terhadap produk yang dihasilkan.

Rumus :  $P_a (d \leq c)$

Dik:  $N$  : 1464 Unit (Lot Size)

$n$  : 125 unit (Sample Size)

$c$  : 5 Unit

2. *AOQ Curve* (Kurva Kualitas Output Rata-rata)

Rumus yang digunakan adalah:

$$AOQ = \frac{P_a \times P (N-1)}{N}$$

3. *ATI Curve* (Kurva Inspeksi Total Rata-rata)

ATI menunjukkan rata-rata jumlah sampel yang diinspeksi setiap unit yang dihasilkan. Dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$ATI = n + (1 - P_a) (N - n)$$

**Generated Plans (S)**

Sample Size 125

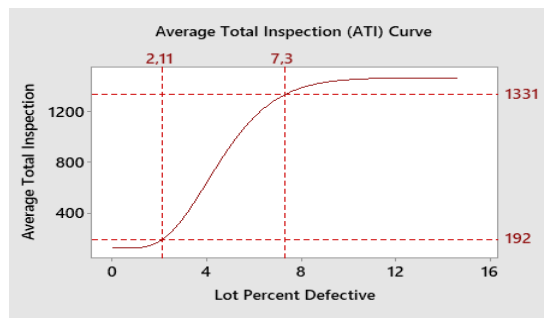
Acceptance Number 5

Accept if defective items in 125 samples  $\leq 5$ ; otherwise, reject.

Tabel 6. Perhitungan ATI

Proportion Defective	$P_a$	AOQ	ATI
0,001	1,000	0,0009	125,0000
0,005	1,000	0,0046	125,0590
0,01	0,998	0,0091	127,2813
0,015	0,988	0,0136	140,7628
0,0211	0,950	0,0183	191,8549
0,03	0,826	0,0227	358,4156
0,035	0,726	0,0232	491,8447
0,04	0,616	0,0225	639,1961

0,045	0,505	0,0208	787,5507
0,05	0,401	0,0184	926,4326
0,055	0,310	0,0156	1049,0044
0,06	0,233	0,0128	1152,0206
0,065	0,171	0,0102	1235,0952
0,073	0,100	0,0066	1330,7404
0,08	0,059	0,0044	1384,3494
0,085	0,040	0,0031	1410,0111
0,0923	0,022	0,0019	1434,2743
0,095	0,018	0,0015	1440,3555



Gambar 5. Grafik ATI

#### Acceptance Quality Level (AQL)

Tabel 7. Konversi Ukuran Sampel

For Specified AQL Value	Use This AQL Value
0,049	0,04
0,050 To 0,069	0,05
0,070 To 0,109	0,1
0,110 To 0,164	0,15
0,165 To 0,279	0,25
0,280 To 0,439	0,4
0,440 To 0,699	0,65
0,700 To 1,09	1
1,10 to 1,64	1,5
1,65 To 2,79	2,5
2,80 to 4,39	4
4,40 To 6,99	6,5
7,00 To 10,9	10
11,00 To 16,4	15

Tabel 8. Penetapan AQL *Acceptance Sampling*

No	Komponen	QTY	Kode	Value	AQL	AC/RJ
1	Coil Kuningan	1464	K	3,446	1,5	5/6
2	Coil Tembaga	1464	K	3,446	1,5	5/6
3	Timah	488	H	1,65	1,5	2/3

#### j. Hasil Pengukuran Penerimaan Sampel Material

Berdasarkan hasil inspeksi kualitas menggunakan metode acceptance sampling, dilakukan pengujian terhadap tiga jenis komponen, yaitu coil kuningan, coil tembaga, dan timah. Pada coil kuningan dengan total jumlah 1.464-unit dan ukuran sampel sebanyak 125 unit, ditetapkan batas acuan penerimaan (AC) sebanyak 5 dan penolakan

(RJ) sebanyak 6 dengan SQL yang telah ditentukan. Hasil inspeksi menunjukkan adanya Cacat berupa ketebalan tidak sesuai, sobekan, dan penyok dengan total 3 reject, sehingga komponen ini dinyatakan diterima.

Untuk coil tembaga yang juga berjumlah 1.464-unit dengan ukuran sampel yang sama, ditemukan total 7 reject dari berbagai jenis cacat, seperti ketebalan tidak sesuai, sobekan, dan penyok. Karena jumlah reject melebihi batas maksimum penerimaan (AC), maka komponen ini ditolak. Sementara itu, pada timah dengan jumlah 488-unit dan ukuran sampel 50 unit, ditemukan 4 Cacat (ketebalan, sobekan, dan jamur), namun jumlah total reject hanya 4 dengan batas penerimaan 2 dan penolakan 3. Dengan nilai AQL yang sesuai dan jumlah reject tidak melebihi batas kritis, komponen timah dinyatakan diterima

#### k. Pengukuran Untuk Kinerja Sampel Produk Akhir

##### 1. *Operating Characteristic Curve* (Kurva Karakteristik Operasi)

Merupakan kurva probabilitas penerimaan ( $P_a$ ) terhadap produk yang dihasilkan.

Rumus:  $P_a (d \leq c)$

Kurva ini dilakukan untuk mencari hubungan antara probabilitas penerimaan ( $P_a$ ) dengan bagian kel kesalahan dalam produk yang dihasilkan ( $P$ ).

Dik:

$N$  : 3227 Unit (Lot Size)

$n$  : 200 Unit (Sample Size)

$c$  : 10 Unit

##### **Generated Plans (S)**

*Sample Size*                      200

*Acceptance Number*        10

*Acceptance if defective items in 200 sampled  $\leq 10$ ; otherwise, reject..*

##### 2. *AOQ Curve* (Kurva Kualitas Output Rata-rata)

Rumus yang digunakan adalah:

$$AOQ = \frac{P_a \times P (N-1)}{N}$$

##### 3. *ATI Curve* (Kurva Inspeksi Total Rata-rata)

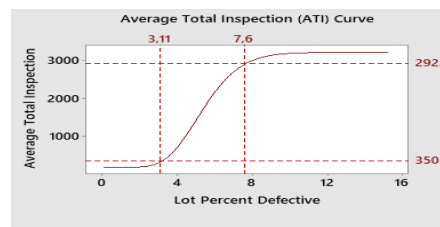
Dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$ATI = n + (1-P_a) (N-n)$$

Tabel 9. Perhitungan ATI

Proportion Defective	$P_a$	AOQ	ATI
0,001	1,000	0,0009	200,000
0,005	1,000	0,0047	200,000
0,0112	1,000	0,0105	200,059
0,015	1,000	0,0141	200,762

0,019	0,998	0,0178	205,169
0,0311	0,950	0,0277	350,040
0,035	0,905	0,0297	486,724
0,04	0,820	0,0308	744,924
0,045	0,709	0,0299	1081,551
0,05	0,583	0,0273	1462,056
0,055	0,456	0,0236	1845,178
0,06	0,341	0,0192	2195,673
0,065	0,243	0,0148	2491,385
0,07	0,166	0,0109	2724,135
0,076	0,100	0,0071	2924,576
0,085	0,042	0,0034	3098,950
0,09	0,025	0,0021	3151,100
0,095	0,014	0,0013	3183,333
0,1	0,008	0,0008	3202,568



Gambar 6. Grafik ATI

#### l. Acceptance Quality Level (AQL)

Table 11. Penetapan AQL Acceptance Sampling

No	Bulan	QTY	Kode	Value	AQL	Lot Size	AC/RJ
1	Januari	3227	L	3,11	4,0	200	10/11
2	Februari	3238	L	3,11	4,0	200	10/11
3	Maret	3108	K	3,22	4,0	125	7/8
4	April	3178	K	3,22	4,0	125	7/8
5	Mei	3255	L	3,11	4,0	200	10/11
6	Juni	3236	L	3,11	4,0	200	10/11
7	Juli	3247	L	3,11	4,0	200	10/11
8	Agustus	3175	K	3,22	4,0	125	7/8
9	September	3223	L	3,11	4,0	200	10/11
10	Oktober	3232	L	3,11	4,0	200	10/11
11	November	3179	K	3,22	4,0	125	7/8
12	Desember	3218	L	3,11	4,0	200	10/11

#### m. Hasil Pengukuran Penerimaan Sampel Produk Akhir

Berdasarkan hasil inspeksi kualitas material produksi dari bulan Januari hingga Desember, secara umum mayoritas sampel dinyatakan diterima berdasarkan standar Acceptance Quality Level (AQL) yang ditetapkan. Pada bulan Januari hingga Juli, seluruh sampel dengan ukuran bervariasi antara 125 hingga 200-unit dan batas AC/RJ sesuai, menunjukkan jumlah reject masih di bawah ambang batas. Total reject bulanan berada pada kisaran 5 hingga 10 unit, terdiri dari Cacat seperti bocor, retak, penyok, dan jamur.

Namun, pada bulan Agustus dan November, hasil inspeksi menunjukkan jumlah total reject mencapai batas maksimum atau melebihi Reject Point (RJ), yakni masing-

masing 8 dan 9 Cacat, dengan ukuran sampel hanya 125-unit dan batas toleransi AC/RJ sebesar 7/8. Akibatnya, kedua bulan tersebut dinyatakan ditolak. Sementara itu, pada bulan September, Oktober, dan Desember, meskipun terdapat Cacat, jumlahnya masih dalam batas yang dapat diterima sesuai AQL, sehingga material untuk ketiga bulan tersebut dinyatakan diterima. Secara keseluruhan, proses pengendalian kualitas menunjukkan bahwa mayoritas produksi masih memenuhi standar kualitas, dengan hanya dua bulan mengalami penolakan karena melebihi batas toleransi cacat.

n. Perbaikan Model Pengendalian Kualitas

Alur proses yang telah dilakukan perbaikan dengan menambahkan *accel prancel sampling* pada kedatangan material dan produk jadi dengan menetapkan AQL sebagai standar penerimaan sampel inspeksi. Dengan melakukan perbaikan pada proses produksi diharapkan dapat menurun angka *Cacat* pada produksi.

o. Nilai Sigma dan DPMO Setelah Perbaikan

Berdasarkan dari hasil analisis, dengan begitu *colntroll* yang dilakukan adalah penelrapan *accelptancel sampling* pada material dan hasil akhir produksi agar pada saat produksi material yang digunakan sudah sesuai dengan standar dan barang yang dikirim telah sesuai keinginan *customer*. Setelah melakukan perhitungan pada kinerja produk akhir maka selanjutnya melakukan inspeksi penarikan sampel untuk mengetahui lot produk akhir yang mengalami permasalahan pada kualitasnya.

Tabel `12. Data Produksi Setelah Perbaikan

NOI	Bulan	Qty	Pengecekan				Total Reject
			Fin	Bocor	Tube	Assy	
1	Januari	3227	1	1	2	1	5
2	Februari	3238	2	2	3	2	9
3	Marelt	3108	3	0	2	2	7
4	April	3178	2	1	1	1	5
5	May	3255	3	1	3	2	9
6	Junel	3236	3	0	2	4	9
7	July	3247	3	1	3	3	10
8	August	3175	3	2	1	2	8
9	September	3223	4	2	2	2	10
10	October	3232	3	1	3	2	9
11	November	3179	4	1	2	2	9
12	Descrambler	3218	3	0	1	1	5
Jumlah		38.516	34	12	25	24	95

Tabel 13. Jumlah Cacat Setelah Perbaikan

Nol	Jenis Cacat	Jumlah Cacat	Presentase	Kumulatif
1	Fin	34	36%	36%
2	Tube	25	26%	62%
3	Assy	24	25%	87%
4	Kebocoran	12	13%	100%
Total		95	100%	

p. Tahap Analisis Diagram Kontrol (*P-Chart*)

Pengukuran dilakukan dengan *Statistical Quality Control* jenis *P-Chart* (Chang et al., 2024). Jumlah radiator yang dihasilkan selama bulan Januari sampai dengan Desember 2023 setelah dilakukan *improves* besar 38.516 pcs dan ditemukan produk Cacat sebesar 95 pcs dari data tersebut dapat dihitung sebagai berikut:

1. Menghitung rata-rata ketidaksesuaian  
Dihitung rata-rata ketidaksesuaian ( $P$ ), yaitu jumlah produk cacat ( $np$ ) dibagi jumlah produksi ( $N$ ), Bulan Januari  $N = 3.227$  dan  $np = 5$

$$P = \frac{np}{N}$$

$$P = \frac{5}{3227}$$

$$P = 0,00155$$

2. Menentukan nilai melan ( $CL$ )

$$CL = p = \frac{\sum np}{\sum n}$$

$$CL = p = \frac{\sum 95}{\sum 38516}$$

$$CL = 0,002466507$$

3. Menentukan batas kendali atas ( $UCL$ ) dan batas kendali bawah ( $LCL$ ) karena jumlah bervariasi maka batas kendali dihitung per parodel dengan rumus sebagai berikut:

$$UCL = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{N}}$$

$$LCL = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{N}}$$

**Januari (N) 3.227**

$$UCL = 0,00246 + 3\sqrt{\frac{0,00246(1-0,00246)}{3227}}$$

$$UCL = 0,005076101$$

$$UCL = 0,00246 - 3\sqrt{\frac{0,00246(1-0,00246)}{3227}}$$

$$UCL = -0,000156101$$

4. Menghitung Nilai DPO

$$DPO = \frac{\text{Total Defect}}{\text{Jumlah Produksi X CTQ}}$$

$$DPO = \frac{5}{3227 \times 4}$$

$$DPO = 0,0003874$$

5. Menghitung Nilai DPMO

$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

$$DPMO = 0,0003874 \times 1.000.000$$

$$DPMO = 387,35668$$

#### 6. Melnghitung Nilai Sigma

$$\text{Level Sigma} = \text{NORMSINV} \left( \frac{1.000.000 - 387,35668}{1.000.000} \right) + 1,5$$

$$\text{Level Sigma} = 4,86167469$$

Tabel 14. Hasil Perhitungan DPO, DPMO, dan Level Sigma Setelah Improve

NO	PERIODE	DPO	DPMO	LEVEL SIGMA
1	Januari	0,0003874	387,3567	4,86167469
2	Februari	0,0006949	694,8734	4,69677211
3	Marelt	0,0005631	563,0631	4,75695921
4	April	0,0003933	393,3291	4,85744698
5	Meli	0,0006912	691,2442	4,69828235
6	Juni	0,0006953	695,3028	4,69659387
7	Juli	0,0007699	769,9415	4,66706047
8	Agustus	0,0006299	629,9213	4,72497368
9	September	0,0007757	775,6748	4,66490242
10	Oktober	0,0006962	696,1634	4,69623704
11	November	0,0007078	707,7697	4,6914636
12	Desember	0,0003884	388,44	4,86090335
	Rata-rata	0,0006161	616,09	4,73943915

#### Pembahasan

Dari hasil penelitian yang dilakukan sebelum dilakukannya perbaikan pada model pengendalian kualitas menunjukan kasus *Cacat* yang cukup tinggi dan rendahnya level *sigma* yang diperoleh yaitu rata-rata 3,8 level *sigma*, Setelah melakukan improve dapat dihasilkan perubahan yang cukup baik, dilihat dari hasil hasil perhitungan DPMO dan Level Sigma, didapatkan rata-rata DPMO sebesar 616,09. Untuk level sigma didapatkan perubahan yang bagus dengan meningkatnya level tersebut menjadi rata-rata 4,73943915 dimana pada penelitian ini berhasil untuk mengurangi angka *Cacat* dan menaikkan level sigma pada Perusahaan.

Sebelum dilakukan perbaikan, proses produksi radiator mengalami tingkat *Cacat* yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan oleh kurangnya identifikasi akar masalah kualitas serta belum diterapkannya pendekatan analisis seperti Six Sigma. Setelah perbaikan dilakukan melalui penerapan model Six Sigma, angka *Cacat* menurun secara signifikan. Selain itu, pada tahap awal, inspeksi terhadap material memang dilakukan, namun belum disertai standar Acceptance Quality Level (AQL) sebagai acuan penerimaan. Setelah perbaikan, inspeksi material sudah mengikuti standar AQL melalui penerapan acceptance sampling saat kedatangan material, sehingga kualitas bahan baku dapat dipastikan sebelum digunakan dalam proses produksi.

Lebih lanjut, sebelumnya perusahaan tidak memiliki standar AQL untuk penerimaan material maupun produk akhir yang akan dikirim. Setelah adanya pembaruan sistem kualitas, kini perusahaan menetapkan AQL sebagai standar baku untuk menjamin konsistensi mutu baik pada saat penerimaan maupun pengiriman



produk. Hasil dari semua perbaikan ini berdampak positif terhadap peningkatan level sigma, dari sebelumnya rata-rata 3,8 menjadi 4,7. Peningkatan ini menunjukkan adanya perbaikan signifikan dalam proses produksi dan efektivitas dari usulan yang telah diterapkan.

Setelah melakukan *improve* dapat dihasilkan perubahan yang cukup baik, dilihat dari hasil perhitungan DPMO dan Level *Sigma*, Maka dapat disimpulkan perbaikan model dengan menambahkan *acceptance sampling* sebagai usulan perbaikan pada kedatangan dan pengiriman dengan penetapan AQL sebagai standarisasi cukup berhasil dengan berkurangnya angka *Cacat* pada produksi.

## Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan angka Cacat dalam proses produksi radiator menggunakan pendekatan Six Sigma. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat empat jenis Cacat utama, yaitu pada fin sebesar 44%, tube sebesar 26%, solder sebesar 26%, dan assy sebesar 13%. Identifikasi akar masalah melalui diagram fishbone mengungkapkan lima faktor penyebab utama yaitu man, machine, method, material, dan environment. Sebelum dilakukan perbaikan, rata-rata nilai sigma berada pada 3,839, dan setelah penerapan tindakan perbaikan, nilai sigma meningkat menjadi 4,739, menandakan adanya peningkatan kualitas produksi. Salah satu tindakan perbaikan yang diusulkan adalah penerapan acceptance sampling dengan standar AQL saat inspeksi material dan produk akhir, yang terbukti mampu menurunkan jumlah Cacat.

Sebagai saran, perusahaan disarankan untuk mempertimbangkan usulan perbaikan guna mengoptimalkan proses produksi. Selain itu, penting bagi perusahaan untuk terus melakukan perbaikan secara berkelanjutan melalui tahapan-tahapan kecil yang konsisten agar dapat mengurangi angka cacat dan meningkatkan kualitas produk secara keseluruhan.

## Daftar Pustaka

- Chang, M. C., Faruqui, S. H. A., Alaeddini, A., & Wan, H. Da. (2024). Evaluation and improvement of student learning experience in the post-COVID world: A lean six-sigma DMAIC study. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 52(3), 315–335. <https://doi.org/10.1177/03064190231192853>
- Esmaili, H., Bornak, R., Shahrokhi, A., & Jadidi, H. (2024). *Improving production efficiency by implementing DMAIC phases on the Six Sigma method : a case study on the oil industry*. 15(4), 1–26.
- Fayomi, A., & Khan, K. (2024). A group acceptance sampling plan for 'Another Generalized Transmuted-Exponential Distribution' based on truncated lifetimes. *Quality and Reliability Engineering International*, 40(1), 145–153. <https://doi.org/10.1002/qre.3246>

- Hussain, N., Tahir, M. H., Jamal, F., Ameerq, M., Shafiq, S., & Mendy, J. T. (2024). An acceptance sampling plan for the odd exponential-logarithmic Fréchet distribution: applications to quality control data. *Cogent Engineering*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2304497>
- Imansuri, F., Chayatunnufus, T., Safril, S., Sumasto, F., Purwojatmiko, B. H., & Salati, D. (2024). Reducing Cacats Using DMAIC Methodology in an Automotive Industry. *Spektrum Industri*, 22(1), 1–13. <https://doi.org/10.12928/si.v22i1.171>
- Inah, O. I., Ofem, M. I., Abam, F. I., Effiom, S. O., & Jimmy, O. O. (2025). Trend and Causative Factors of Road Traffic Crashes in Nigeria: A Six Sigma (DMAIC) Approach. *Journal of Road Safety*, 36(1), 53–65. <https://doi.org/10.33492/JRS-D-25-1-2460893>
- Krisnaningsih, E., & Hadi, F. (2020). Strategi Mengurangi Produk Cacat Pada Pengecatan Boiler Steel Structure Dengan Metode Six Sigma Di Pt. Cigading Habeam Center. *Jurnal Intent: Jurnal Industri Dan Teknologi Terpadu*, 3(1), 11–24. <https://doi.org/10.47080/intent.v3i1.796>
- Mahardhika, S. E., & Al-Faritsy, A. Z. (2023). Meminimalisir Produk Cacat Pada Produksi Batik Cap Menggunakan Penerapan Metode Six Sigma Dan Kaizen. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 9(2), 464. <https://doi.org/10.24014/jti.v9i2.23442>
- Management, I. E. (2025). *for Enhanced Product Consistency and Quality in the Field of*. 5(1), 37–51.
- Mohan Kumar, T. S., Joladarashi, S., & Kulkarni, S. M. (2025). Comprehensive review of modeling and material selection for hybrid sandwich composites for ballistic impact application using Six Sigma DMAIC methodology. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 239(10), 3703–3724. <https://doi.org/10.1177/09544062251315327>
- Pongboonchai-Empl, T., Antony, J., Garza-Reyes, J. A., Komkowski, T., & Tortorella, G. L. (2024). Integration of Industry 4.0 technologies into Lean Six Sigma DMAIC: a systematic review. *Production Planning and Control*, 35(12), 1403–1428. <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2188496>
- Pongboonchai-Empl, T., Antony, J., Garza-Reyes, J. A., Tortorella, G. L., Komkowski, T., & Stemann, D. (2025). DMAIC 4.0 - innovating the Lean Six Sigma methodology with Industry 4.0 technologies. *Production Planning and Control*, 0(0), 1–22. <https://doi.org/10.1080/09537287.2025.2477724>
- Saad, S., Bahadori, R., Khamkham, M., & Adi, K. (2024). the Impact of the Digital Era on the Implementation of the Traditional Six-Sigma Dmaic- a New Dmaise Cycle Development. *International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice*, 31(1), 84–100. <https://doi.org/10.23055/ijietap.2024.31.1.9383>
- Study, C., Craft, R., & Plant, B. (2025). *Integrating DMAIC Six Sigma for Systematic Cacat Analysis and Quality Improvement in Manufacturing*. 11(1), 44–55.
- Tannady, H., & Jiddan, F. (2024). The Application of Six Sigma Framework (Define-Measure-Analyse-Improve-Control) to Improve Product Quality in Water Dispenser Manufacturing Company. *Jurnal Sistim Informasi Dan Teknologi*, 6, 7–12. <https://doi.org/10.60083/jsisfotek.v6i1.339>
- Trubetskaya, A., Ryan, A., Powell, D. J., & Moore, C. (2023). Utilising a hybrid DMAIC/TAM model to optimise annual maintenance shutdown performance in the dairy industry: a case study. *International Journal of Lean Six Sigma*, 15(8), 70–92. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2023-0083>
- Zulkhulaifah, J. A., & Apriliani, F. (2024). Penerapan Six Sigma dan Metode Define, Measure, Analyze, Improve, Control (DMAIC) untuk Analisis Green Tyre Shortage di PT Merpati Putih. *Factory Jurnal Industri, Manajemen Dan Rekayasa Sistem Industri*, 2(3), 119–133. <https://doi.org/10.56211/factory.v2i3.495>