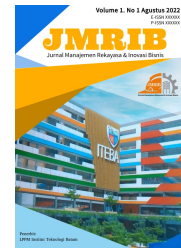




Tersedia secara online di <https://journal.iteba.ac.id/index.php/jmrib>

JMRIB

Jurnal Manajemen Rekayasa dan Inovasi Bisnis



ANALISIS KECACATAN PADA PRODUK R8 COVER MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA DI PT AMTEK ENGINEERING

Rumiris Lestari Rita Silalahi^{*1}, Heri Irwan²,

rumirissilalahi67@gmail.com

^{1,2,3}Program Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Received : 8 – Juli – 2026

Revised : 29 – Agustus– 2026

Accepted : 29 – Agustus– 2026

Kata kunci :

DMAIC;

Six Sigma;

Quality Control;

Abstract

This research examines defect problems occurring in the R8 Cover product manufactured by PT Amtek Engineering through application of the Six Sigma DMAIC framework (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). CTQ characteristics were first identified, after which DPMO and sigma-level calculations were performed and Pareto and fishbone diagrams were applied to trace the dominant sources of defects. Calculations yielded a DPMO of 10,900, equivalent to a process sigma level of 3.8, with missing & damage identification accounting for the largest share of rejects at 33%. Contributing factors were traced to five categories — operators, machines, work methods, raw materials, and the production environment — and the study proposes tightening SOP supervision, expanding operator training, scheduling preventive maintenance, and conducting periodic incoming-material inspection as corrective measures.

Abstrak

Studi ini mengkaji persoalan kecacatan pada produk R8 Cover yang diproduksi PT Amtek Engineering dengan menerapkan kerangka Six Sigma tahapan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Karakteristik CTQ ditetapkan lebih

dahulu, kemudian dilakukan perhitungan DPMO dan level sigma serta pembacaan diagram Pareto dan fishbone untuk menelusuri sumber cacat yang paling dominan. Perhitungan menghasilkan nilai DPMO 10.900 yang setara dengan level sigma 3,8, dengan missing & damage identification menyumbang proporsi reject terbesar yaitu 33%. Penyebab kecacatan ditelusuri ke lima kategori — operator, mesin, metode kerja, bahan baku, dan lingkungan produksi — sehingga studi ini mengusulkan penguatan pengawasan SOP, penambahan pelatihan operator, penjadwalan preventive maintenance, dan pemeriksaan kualitas material masuk secara berkala sebagai langkah perbaikan.

1. Pendahuluan

Daya saing perusahaan manufaktur sangat dipengaruhi oleh kemampuannya menjaga kualitas produk, terlebih pada industri metal stamping yang mensyaratkan presisi tinggi dan toleransi cacat yang sangat ketat. PT Amtek Engineering bergerak di bidang metal stamping, tooling, dan precision part serta memproduksi sejumlah komponen otomotif, di antaranya R8 Cover yang digunakan pada sistem power steering kendaraan. Pada proses produksinya, perusahaan ini masih menghadapi berbagai bentuk kecacatan seperti missing identification, missing lettering, slug mark, dan crack damage, yang berdampak pada naiknya jumlah produk reject dan menurunnya efisiensi produksi. Kondisi tersebut menuntut penerapan metode pengendalian kualitas yang dapat menelusuri akar penyebab kecacatan sekaligus merumuskan langkah perbaikan secara sistematis.

Efektivitas Six Sigma dalam menekan tingkat kecacatan produk pada industri manufaktur telah dikemukakan oleh sejumlah peneliti sebelumnya. Hani Sirine dan Ester P. Kurniawati misalnya mendapati bahwa tahapan DMAIC mendorong peningkatan kualitas produk melalui pengendalian proses produksi yang berkesinambungan. Pada industri metal stamping, Hendrik Parlinggoman menunjukkan bahwa Six Sigma dapat dipakai untuk melacak faktor dominan penyebab cacat sekaligus mengangkat nilai sigma proses produksi. Studi-studi lain juga mencatat bahwa kombinasi diagram Pareto dengan fishbone di dalam kerangka Six Sigma membantu perusahaan menetapkan prioritas perbaikan kualitas dengan lebih terarah.

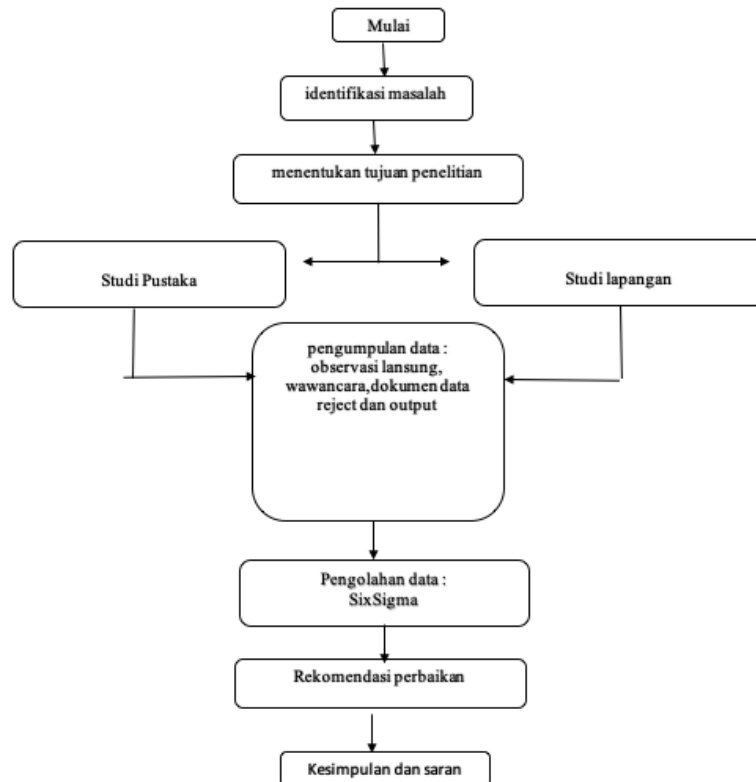
Sayangnya, kajian-kajian tersebut umumnya masih membahas pengendalian kualitas pada tataran umum dan belum menyorot secara khusus persoalan kecacatan produk R8 Cover dengan karakteristik proses stamping berpresisi tinggi sebagaimana dijumpai di lingkungan produksi PT Amtek Engineering. Di samping itu, belum ada penelitian yang memadukan perhitungan DPMO, level sigma, diagram Pareto, dan diagram fishbone secara utuh untuk merumuskan faktor dominan penyebab cacat sekaligus usulan perbaikan yang selaras dengan kondisi aktual perusahaan. Kesenjangan inilah yang mendasari perlunya kajian yang lebih spesifik terhadap jenis-jenis kecacatan produk R8 Cover agar solusi perbaikan yang dihasilkan benar-benar tepat sasaran.

Mengacu pada kesenjangan tersebut, unsur kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan Six Sigma melalui tahapan DMAIC secara terpadu pada lini produksi R8 Cover, mencakup identifikasi jenis kecacatan dominan, perhitungan DPMO dan level sigma, hingga penelusuran akar penyebab cacat melalui diagram fishbone yang disusun berdasarkan kondisi nyata di lapangan. Penelitian ini turut merumuskan usulan perbaikan yang menyorot lima aspek — manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan kerja — sebagai upaya menekan jumlah produk cacat dan mengangkat kualitas proses produksi.

Secara garis besar, penelitian ini disusun untuk mengukur tingkat kecacatan produk R8 Cover melalui pendekatan Six Sigma, mengungkap faktor-faktor utama yang menyebabkan cacat tersebut terjadi, serta menyusun usulan perbaikan yang dapat meningkatkan kualitas produk dan menekan jumlah defect pada proses produksi di PT Amtek Engineering.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dirancang secara kuantitatif dengan memanfaatkan metode Six Sigma melalui lima tahapan DMAIC — Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control — untuk mengukur tingkat kecacatan produk R8 Cover di PT Amtek Engineering. Desain penelitiannya bersifat deskriptif-observasional, diarahkan untuk mengenali jenis cacat yang paling dominan, mengukur kapabilitas proses, dan menelusuri faktor penyebab kecacatan pada lini stamping.



Gambar 2. 1 Metode Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Kajian ini dilaksanakan pada lini produksi R8 Cover di PT Amtek Engineering dengan menerapkan tahapan DMAIC dari metode Six Sigma untuk mengukur tingkat kecacatan produk sekaligus mengenali faktor penyebab utamanya. Data yang digunakan bersumber dari catatan hasil produksi dan data reject selama periode 5–17 Mei 2024.

3.1 Tahap Define

Tahap ini ditempuh dengan memetakan proses melalui pendekatan SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer) sekaligus menetapkan CTQ (Critical to Quality). Cakupannya meliputi pemetaan alur pembuatan produk, penentuan proses-proses kunci, serta identifikasi kebutuhan pelanggan yang diterjemahkan ke dalam karakteristik CTQ.

a. SIPOC

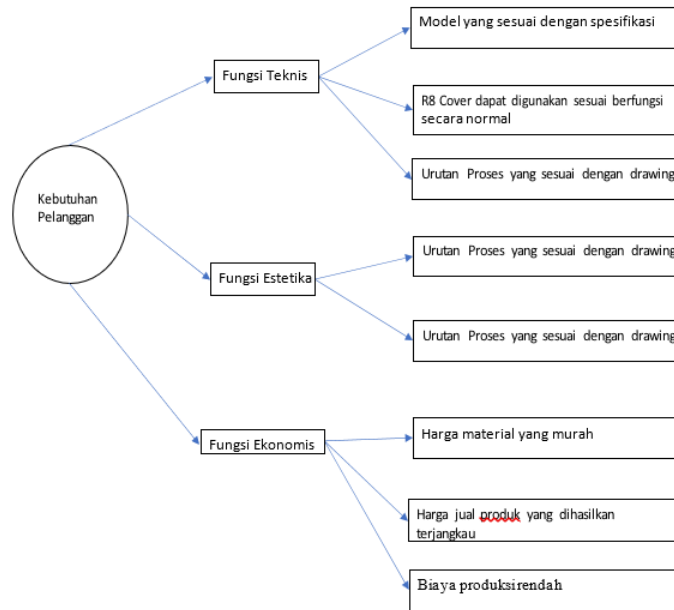
Tabel 3. 1 Alur Supplier-Input-Proses-Output

Supplier	Input	Process	Output	Customer
Ultra Metal (Chinalco Mill)	<i>Coil</i>	Siapkan material <i>coil</i> pada <i>uncoiler</i> dan atur <i>feeder</i> bebas dari <i>roller mark</i>	R8 Cover	Thyssenrupp
Danapac	<i>Coil</i>	Set-up <i>tooling</i> pada <i>progressive press</i> M/C dengan minimum kapasitas 300 T		
AEB	ESD Plastic Tray	Produk R8 Cover keluar dari mesin , kemudian susun kedalam tray		

Tabel 3.1 menggambarkan rangkaian supplier-input-proses-output-customer yang berlaku di PT Amtek Engineering. Komponen yang digunakan berasal dari beberapa supplier berbeda, salah satunya kemudian melalui proses stamping — tahap inilah yang menjadi objek analisis kecacatan pada penelitian ini. Keluaran dari proses produksi berupa produk R8 Cover selanjutnya dikirimkan kepada Thyssenrupp sebagai customer.

b. CTQ TREE

CTQ menggambarkan atribut kualitas yang wajib dipenuhi karena berkaitan langsung dengan kebutuhan spesifik pelanggan, dan diturunkan dari persyaratan output yang telah ditetapkan.



Gambar 3. 1 Critical To Quality (CTQ) Tree

c. Jenis reject pada proses stamping

1) Color NG

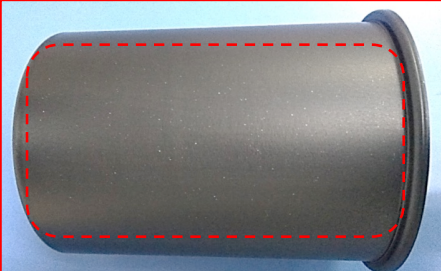
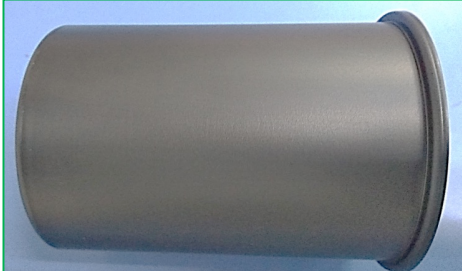
Color NG merujuk pada penyimpangan warna yang tampak pada part atau body R8 Cover, umumnya berupa warna yang tampak lebih pudar dari standar. Kondisi ini diilustrasikan pada Gambar 3.2 berikut.

"QUALITY ALERT"					
QANo.	: 03			CUSTOMER	: THYSSENKRUPP
PART NAME	: COVER			ISSUED DATE	:
PART NO.	: ZG-950454-000			REMARKS/QTY REJECT	: 1 PC
PROBLEM	: COLOR NG				
REJECT SAMPLE			OK SAMPLE		
 COLOR "NG"			 COLOR "OK"		
Distribution to : IQC ☐ IPQC ☒ PROD ☒ OQC ☒ PACKING ☒ OTHERS ☐					

Gambar 3. 2 Color NG

2) *White dots*

White dots adalah bintik-bintik putih yang muncul pada permukaan body R8 Cover, biasanya terdeteksi melalui pemeriksaan visual sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.3.

"QUALITY ALERT"			
QA No.	: 08		
PART NAME	: COVER	CUSTOMER	: THYSSENKRUPP
PART NO.	: ZG-950454-000	ISSUED DATE	: 26/07/2019
PROBLEM	: WHITE DOTS	REMARKS/QTY REJECT	: -
REJECT SAMPLE		OK SAMPLE	
			
"NG" WHITE DOTS		"OK" NO WHITE DOTS	
Distribution to : IQC ☐ IPQC ☐ PROD ☒ OQC ☒ PACKING ☒ OTHERS ☐			
KETERANGAN (REMARKS):			
PREPARED BY: _____ APPROVED BY: _____			

Gambar 3. 3 *white dots*

3) *Slug mark*

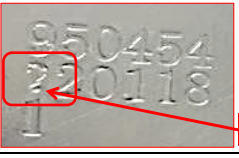
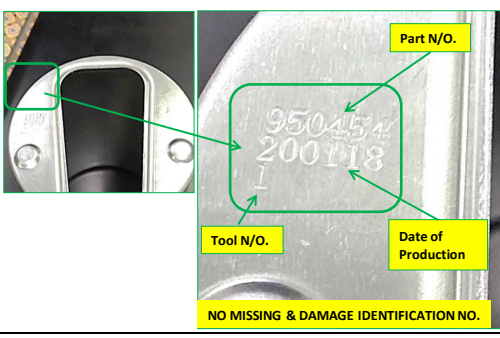
Slug mark merupakan bekas pada permukaan part akibat proses stamping yang tidak sempurna sehingga hasilnya tampak tidak mulus, seperti terlihat pada Gambar 3.4.

"QUALITY ALERT"			
QA No.	: 07		
PART NAME	: COVER	CUSTOMER	: THYSSENKRUPP
PART NO.	: ZG-950454-000	ISSUED DATE	: 28/03/2019
PROBLEM	: SLUG MARK AT FORMING AREA	REMARKS/QTY REJECT	: -
REJECT SAMPLE  "NG" SLUG MARK MARK		OK SAMPLE  "OK" NO SLUG MARK	
Distribution to : IQC ☐ IPQC ☒ PROD ☒ OQC ☒ PACKING ☒ OTHERS ☐			

Gambar 3.4 Slug mark

4) *Missing & damage at identification No.*

Missing & damage at identification no. adalah kondisi reject pada bagian numbering part, ditandai dengan hasil stamp angka yang tidak jelas atau tidak lengkap, sebagaimana tampak pada Gambar 3.5.

"QUALITY ALERT"			
QA No.	: 01	Rev.	: 01
PART NAME	: COVER	CUSTOMER	: THYSSENKRUPP
PART NO.	: ZG-950454-000	ISSUED DATE	: 23/04/2019
PROBLEM	: MISSING & DAMAGE AT IDENTIFICATION NO.	REMARKS/QTY REJECT	: 1 PC
REJECT SAMPLE  MISSING IDENTIFICATION NO.  DAMAGE AT LETTERING		OK SAMPLE  Part N/O. 950454 200118 Tool N/O. Date of Production NO MISSING & DAMAGE IDENTIFICATION NO.	
Distribution to : IQC ☐ IPQC ☒ PROD ☒ OQC ☒ PACKING ☒ OTHERS ☐			

Gambar 3.5 Missing & damage at identification no

5) *Missing lettering*

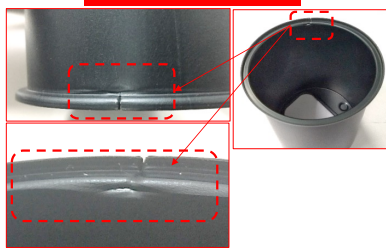
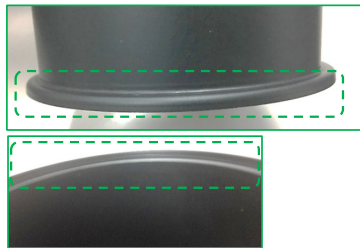
Missing lettering terjadi ketika proses stamp berlangsung tidak sempurna sehingga huruf yang semestinya tercetak di belakang identification number menjadi tidak terlihat, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.6.

"QUALITY ALERT"			
QA No.	: 28		
PART NAME	: ECU COVER	CUSTOMER	: LGIT (THYSSENKRUPP)
PART NO.	: ZG-2059228-000 & 3PRD00291A	ISSUED DATE	: 12/02/2022
PROBLEM	: MISSING LETTERING	REMARKS/QTY REJECT	: -
REJECT SAMPLE		OK SAMPLE	
			
Distribution to : IQC ☐ IPQC ☒ PROD ☒ OQC ☒ PACKING ☒ OTHERS ☐			

Gambar 3.6 Missing lettering

6) Crack and Damage

Crack and Damage menunjukkan adanya retakan atau kerusakan fisik pada body R8 Cover, sebagaimana terlihat pada Gambar 3.7.

"QUALITY ALERT"			
QA No.	: 14		
PART NAME	: COVER	CUSTOMER	: THYSSENKRUPP
PART NO.	: ZG-950454-000	ISSUED DATE	: 04/09/2020
PROBLEM	: CRACK & DAMAGE	REMARKS/QTY REJECT	: 2PCS
REJECT SAMPLE		OK SAMPLE	
			
Distribution to : IQC ☐ IPQC ☒ PROD ☒ OQC ☒ PACKING ☒ OTHERS ☐			
KETERANGAN (REMARKS):			
PREPARED BY:		APPROVED BY:	
SENO		ANUP	

Gambar 3.7 Crack and Damage

3.2 Tahap Measure

Pada tahap ini data diolah secara kuantitatif untuk memotret kondisi kualitas produk yang sesungguhnya di lapangan, dilanjutkan dengan perhitungan nilai sigma serta gambaran arah peningkatannya pada periode-periode berikutnya. Tiga alat analisis yang digunakan pada tahap ini adalah DPMO, level sigma, dan diagram Pareto.

a) DPMO

Selama periode pengamatan, produksi R8 Cover rata-rata mencapai 6.904 unit per hari dengan rata-rata produk cacat sebesar 378 unit per hari, sehingga probabilitas cacatnya berada pada angka 5,5%. Rincian data produksi harian tersaji pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Hasil Produksi R8 Cover

No	Tanggal	Jumlah Produksi	Jumlah Reject
1	05-May	6920	325
2	06-May	6872	300
3	07-May	6930	425
4	08-May	6900	412
5	09-May	6890	350
6	10-May	6918	369
7	12-May	6990	380
8	13-May	6815	350
9	14-May	6917	421
10	15-May	6890	452
11	16-May	6889	380
12	17-May	6912	369
Total		82843	4533
Rata-rata		6904	378

DPMO (Defect per Million Opportunity) berfungsi sebagai ukuran tingkat kegagalan proses dalam kerangka peningkatan kualitas Six Sigma. Perhitungan DPMO pada penelitian ini dilakukan dengan bantuan Six Sigma Calculator, melalui tahapan berikut.

a. *DPU (defect per unit)*

DPU adalah Total cacat dalam sampel dibagi dengan jumlah unit yang dijadikan sampel. $378 / 6904 = 0.0547$

b. *DPO (Defects per Opportunity)*

DPO diperoleh dari jumlah cacat pada sampel dibagi total peluang terjadinya cacat.

$$378(6904 \times 5) = 0.0109$$

c. *DPMO (Defect per million opportunity)*

DPMO dihitung dengan membagi jumlah cacat pada sampel terhadap total peluang cacat, kemudian hasilnya dikalikan satu juta.

$$378 / (6904 \times 5) \times 1.000.000 = 10.900$$

Persentase proses yang bebas dari cacat. Untuk menghitung hasil proses, kami menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{Hasil (\%)} &= (1 - \text{DPO}) \times 100 \\ &= (1 - 0,0109) \times 100 \\ &= 98,91 \end{aligned}$$

b) Level sigma

Hasil perhitungan pada Tabel 3.2 menunjukkan nilai DPMO sebesar 10.900, yang berarti dari setiap satu juta kesempatan produksi berpotensi muncul 10.900 kerusakan. Nilai ini setara dengan level sigma 3,8, mengindikasikan bahwa proses produksi saat ini berada pada kapabilitas menengah dan masih memberi ruang perbaikan menuju level sigma yang lebih tinggi.

Tabel 3. 2 Hasil Perhitungan Kapabilitas DPMO dan Sigma

Produksi	Cacat	Probabilitas Kecacatan (%)	DPMO	Sigma
6904	378	5,5	10900	3,8

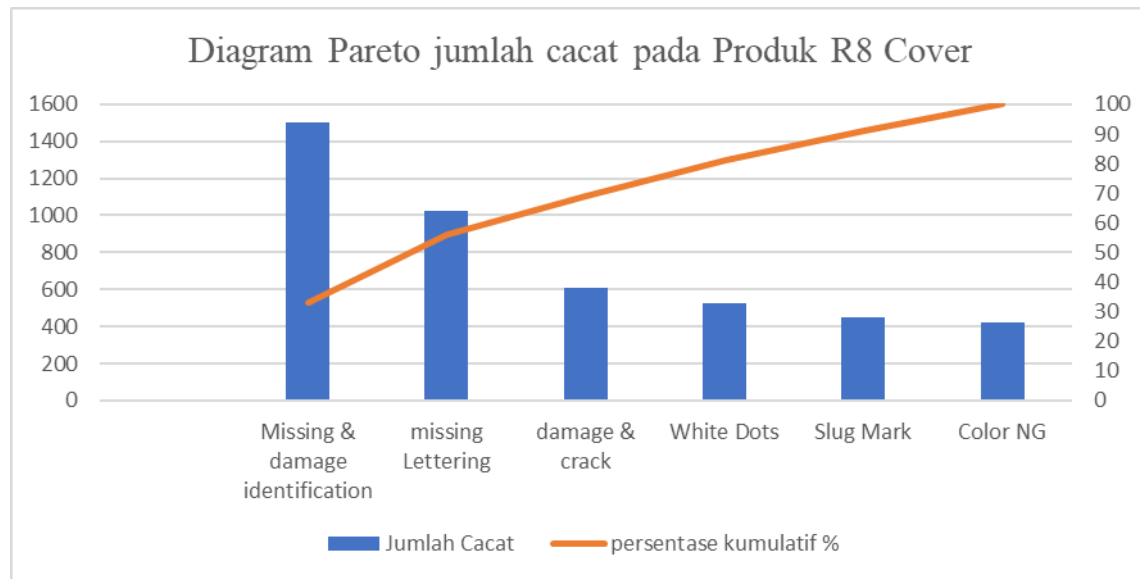
c) Analisis Pareto

Heizer dan Render (2016) menjelaskan bahwa grafik Pareto berfungsi mengelompokkan kesalahan atau cacat agar upaya perbaikan dapat difokuskan pada penyebab yang paling berpengaruh, mengikuti prinsip bahwa sekitar 20% jenis cacat biasanya menyumbang hingga 80% dari total kecacatan proses produksi. Prinsip ini diterapkan dengan merekap jumlah cacat berdasarkan masing-masing penyebabnya. Rekapitulasi data reject selama periode 5–17 Mei 2024 disajikan pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3. 3 Data jumlah Cacat Produk R8 Cover

No	Jenis Cacat	Jumlah Cacat	Kumulatif	Persentase %	Persentase Kumulatif %
1	Missing & damage identification	1,502	1,502	33	33
2	Missing Lettering	1,025	2,527	23	56
3	Damage & Crack	610	3,137	13	69
4	White Dots	525	3,662	12	81
5	Slug Mark	450	4,112	10	91
6	Color NG	421	4,533	9	100
Total		4,533	4,533	100	100

Tabel 3.3 memperlihatkan bahwa missing & damage identification menjadi jenis reject dengan jumlah terbanyak, yaitu 1.502 pcs atau setara 33% dari keseluruhan cacat. Untuk memetakan proporsi tiap jenis cacat pada R8 Cover dari yang paling kecil hingga paling besar, data tersebut kemudian divisualisasikan ke dalam diagram Pareto — alat statistik yang lazim digunakan untuk menyoroti persoalan kualitas utama berdasarkan frekuensi kemunculannya. Diagram Pareto untuk R8 Cover ditampilkan pada Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8 Diagram Pareto jumlah *cacat* pada Produk R8 Cover

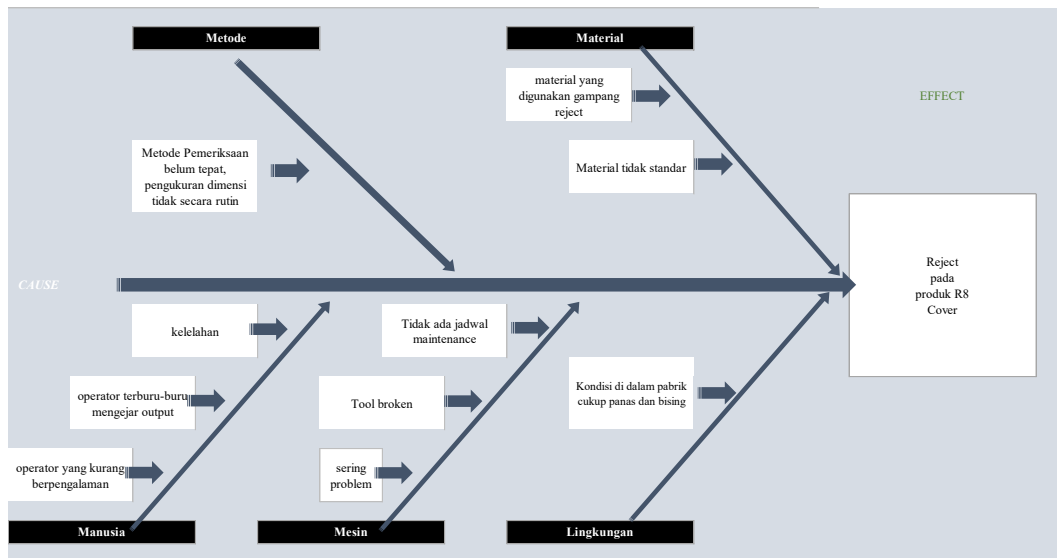
Berdasarkan hasil diagram pareto diatas menunjukkan bahwa faktor penyebab cacat terbesar adalah *missing & damage identification* (33%) yang kedua *missing lettering* (23%) *damage & crack* (13%) *white dots* (12%) *slug mark* (10%) *color NG* (9%) Dikarenakan faktor kesalahan *stamping*.

3.3 Tahap Analyze

Tahap berikutnya adalah analyze. Untuk menelusuri akar penyebab cacat yang paling dominan, digunakan diagram sebab-akibat (fishbone) yang memetakan faktor-faktor pemicu kecacatan. Lima kategori penyebab utama yang menjadi perhatian dalam analisis ini adalah:

- manusia (*man*)
- Metode kerja (*work method*)
- Mesin atau peralatan kerja lainnya (*machine*)
- Bahan-bahan standar (*raw material*)
- Lingkungan kerja (*work environment*)

Berikut Faktor-faktor dalam diagram sebab akibat pada karakteristik produk R8 Cover yaitu



Gambar 3. 9 *fishbone* diagram sebab akibat

Diagram fishbone mengonfirmasi lima faktor yang berkontribusi terhadap kecacatan produk, yaitu manusia, material, mesin, metode, dan lingkungan kerja.

1. Faktor manusia tercatat sebagai penyumbang cacat paling besar, tercermin dari kebiasaan operator bekerja tergesa-gesa demi mengejar target output, kesalahan setting mesin, kelalaian memeriksa part secara rutin, tooling yang jarang dibersihkan, ketidakpatuhan terhadap SOP perusahaan, serta kebiasaan mengobrol saat bekerja yang mengurangi fokus.
2. Material datang dari *supplier* sudah *reject* dan *quality incoming* tidak teliti Dalam pengecekan.
3. Mesin *troubleshooting* sehingga membuat part tidak selalu baik, *tooling* tidak selalu dibersihkan sehingga sisa material tertinggal ditooling sehingga membuat part tergores dan tidak ada jadwal rutin untuk *maintenance*.
4. Metode pemeriksaan kurang tepat sehingga membuat part reject dimensi pengukuran dimensi tidak dilakukan secara rutin.
5. Lingkungan dimana kondisi didalam pabrik cukup panas dan bising sehingga membuat operator tidak nyaman.

3.4 Tahap Improve

Pada tahap improve, usulan perbaikan disusun dengan kerangka 5W+1H (What, Why, Where, When, Who, How) untuk menjawab akar penyebab yang telah ditemukan. Rumusan solusi ini

diarahkan agar perusahaan dapat langsung menyasar dan mengeliminasi akar penyebab utama defect dengan proporsi terbesar pada produk R8 Cover.

3.5 Tahap *Control*

Pada tahap control, setiap perbaikan yang telah dirumuskan perlu diujicobakan atau diverifikasi secara teknis di lapangan, kemudian didokumentasikan secara resmi dan disosialisasikan kepada seluruh karyawan agar konsisten diterapkan pada proses produksi berikutnya.

Terdapat dua cara pandang berbeda dalam menjaga keberlanjutan perbaikan kualitas. Pendekatan kaizen menempatkan perbaikan sebagai proses bertahap yang berjalan terus-menerus, sehingga akumulasi perbaikan kecil pada akhirnya dapat memberikan dampak besar. Sementara itu, pendekatan Six Sigma menitikberatkan pada pengendalian variasi proses agar performa yang telah dicapai tidak menurun kembali seiring berjalannya waktu, sehingga hasil dari setiap proyek perbaikan tetap terjaga dan terukur.

3.6 Usulan Perbaikan

1. Memperketat pengawasan setup mesin agar sesuai SOP, disertai pengecekan visual berkala dan pemeriksaan tooling secara rutin untuk memastikan tidak ada sisa material yang tertinggal.
2. Menyelenggarakan pelatihan berkala bagi karyawan guna meningkatkan keterampilan kerja sekaligus kepatuhan terhadap prosedur kerja yang berlaku.
3. Membentuk tim penelitian yang bertujuan untuk meneliti penyebab kenapa mesin sering terjadi masalah.
4. Menyusun jadwal perawatan mesin secara terstruktur, mencakup perawatan harian, perawatan berkala dalam interval waktu tertentu, dan penggantian suku cadang.
5. Melakukan pemeriksaan dan pembersihan bagian dalam mesin secara konsisten sebelum dan sesudah proses produksi berlangsung.
6. Menerapkan pemeriksaan kualitas bahan baku secara rutin sebelum digunakan untuk memastikan kesesuaiannya dengan spesifikasi yang ditetapkan.

4. Kesimpulan

Penerapan Six Sigma melalui tahapan DMAIC pada lini produksi R8 Cover di PT Amtek Engineering menghasilkan nilai DPMO sebesar 10.900 yang setara dengan level sigma 3,8, angka yang mengonfirmasi bahwa tingkat kecacatan pada proses produksi saat ini masih tergolong tinggi. Missing & damage identification tercatat sebagai jenis cacat paling dominan dengan kontribusi 33%, disusul missing lettering sebesar 23%. Kelima faktor — manusia, mesin, metode, material,

dan lingkungan kerja — teridentifikasi sebagai sumber utama kecacatan, dengan faktor manusia menjadi kontributor terbesar akibat rendahnya disiplin operator dalam mematuhi SOP dan menjalankan pengecekan rutin. Kerangka Six Sigma yang diterapkan terbukti membantu perusahaan menelusuri akar penyebab cacat sekaligus menyusun prioritas perbaikan proses produksi, yang mencakup penguatan pengawasan setup mesin, pelatihan operator, preventive maintenance, pemeriksaan tooling berkala, dan pengendalian kualitas material sebelum digunakan. Penerapan usulan perbaikan tersebut diharapkan dapat menekan jumlah defect dan mengangkat kualitas produk R8 Cover ke tingkat yang lebih optimal.

Daftar Pustaka

- [1] Anthony, M. R. (2021). *Failure mode and effect analysis (FMEA) methodology for risk assessment*. CRC Press.
- [2] Handadi, D. (2020). *Analisis permasalahan produksi menggunakan diagram fishbone*. Mitra Wacana Media.
- [3] McDermott, R., Mikulak, R. J., & Beauregard, M. R. (2018). *The basics of FMEA* (2nd ed.). CRC Press.
- [4] Ningrum, D. (2020). Penerapan diagram fishbone untuk identifikasi masalah kualitas produk. *Jurnal Teknik Industri dan Sistem*, 8(2), 45–52.
- [5] Nugraha, R., & Sari, D. (2019). Analisis produk cacat dalam proses produksi. *Jurnal Rekayasa Industri*, 10(1), 33–40.
- [6] Puspitasari, D., Rachmadi, A., & Setiawan, H. (2018). Penerapan metode FMEA untuk mengurangi risiko kegagalan proses produksi. *Jurnal Sistem dan Industri*, 6(2), 89–96.
- [7] Ririh, F. (2021). *Penggunaan diagram fishbone dalam analisis masalah produksi*. Alfabeta.
- [8] Sofjan, A. (2020). *Manajemen kualitas produksi*. Salemba Empat.
- [9] Vincent, G. (2021). *Quality control and industrial management*. Khanna Publishers.