

Penurunan *Reject* Pengemasan Minuman Serbuk Berskala Industri dengan *Six Sigma* DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, And Control*)

Rizky Ardhi Nurfahri¹, Aminullah^{2*}, Siti Aminah³

¹Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Djuanda, ranurfahri@gmail.com

²Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Djuanda, aminullah@unida.ac.id

³Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Djuanda, sitiaminah@unida.ac.id

ABSTRAK

Perusahaan minuman serbuk mengalami 2000 kasus cacat per batch. Metode Six Sigma DMAIC dipilih untuk mengendalikan mutu produk. Metode ini dimulai dengan tahap Define untuk mengidentifikasi jenis cacat. Pada tahap Measure, dibuat control chart dan tingkat sigma awal untuk mengeliminasi cacat tertinggi, seperti kempes, kemasan berlubang, dan bergaris, melalui Diagram Pareto. Di tahap Analyze, dibuat Diagram Pareto dan analisis sebab-akibat menunjukkan lima faktor penyebab cacat, dilanjutkan dengan uji statistika Independent T-Test. Analisis 5W + 1H untuk pengendalian mutu produk dilakukan pada tahap Improve dan diakhiri dengan saran perbaikan pada tahap Control. Penelitian ini berhasil mengidentifikasi dan mengurangi cacat hingga 46,23%, menurunkan persentase menjadi 2,25%. Tindakan perbaikan diharapkan menjaga mutu dan mencegah cacat berulang melalui penelusuran dokumentasi yang baik.

Kata Kunci: minuman serbuk, pengendalian mutu, *Six Sigma* DMAIC, penurunan cacat, Tindakan perbaikan

PENDAHULUAN

Industri makanan dan minuman di Indonesia tumbuh positif, dengan Badan Pusat Statistik (2023) mencatat pertumbuhan 20,7% pada industri menengah besar dibanding 2021, dengan total industri tercatat 10 pada 2022. 900 usaha mengalami pertumbuhan yang diimbangi dengan peningkatan keamanan dan mutu produk untuk memenuhi tujuan perusahaan. Namun, proses produksi seringkali mengalami produk cacat akibat faktor seperti kerusakan mesin, reject, penyimpanan yang kurang tepat, dan kesalahan manusia (Dewiyani *et al.* 2019).

Metode pengendalian untuk menurunkan cacat produk meliputi beberapa jenis, seperti TQM (Total Quality Management) yang melibatkan seluruh divisi dalam perusahaan (Latief dan Utami 2010), SPC (Statistical Process Control) yang

menggunakan alat statistik untuk memonitor proses produksi (Heizer dan Render 2011), dan Six Sigma yang berfokus pada identifikasi penyebab masalah dan perencanaan perbaikan. (Evans dan Lindays 2007). Metode *Six Sigma* merupakan metode pendekatan perbaikan proses yang tersusun dari 5 fase yaitu *Define* (merumuskan), *Measure* (mengukur), *Analyze* (menganalisis), *Improve* (meningkatkan) dan *Control* (mengendalikan) atau disebut sebagai DMAIC (Bertolaccini et al. 2015; Evans dan Lindays 2007).

Metode Six Sigma berhasil menurunkan tingkat reject di beberapa perusahaan pangan Indonesia, seperti CV Roti Berkah 313 yang mengurangi persentase reject produksi sebesar 37,17% dalam lima bulan setelah penerapan Six Sigma (Shinta Sadiyah et al.). Keberhasilan, ruang lingkup penerapan, dan variasi metode analisa Six Sigma menjadi alasan pemilihannya. Penelitian ini berbeda karena menggunakan Diagram SIPOC dan CTQ Tree, yang menunjukkan perbedaan sebelum dan sesudah penerapan Six Sigma, serta memberikan rencana perbaikan yang belum dianalisis sebelumnya di perusahaan minuman serbuk berperisa.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan penelitian meliputi laptop untuk studi literatur, kertas untuk cetakan daftar pertanyaan wawancara dan catatan observasi, wearpack, serta mesin pengemas sachet sebagai objek penelitian. Bahan penelitian terdiri dari roll alumunium foil dan dokumen/data mentah produksi sebelumnya. Setelah produksi, digunakan laptop dengan program Ms. Menggunakan Word, Ms. Excel, dan SPSS untuk mengolah data dari wawancara dan observasi di perusahaan.

Penelitian dilakukan di perusahaan manufaktur jasa produksi minuman serbuk berperisa yang berdomisili di Kota Tangerang mulai dari bulan Juli 2023 hingga April 2024.

Metode penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dengan mengidentifikasi permasalahan yang terdapat pada objek penelitian hingga merumuskan rencana perbaikan

Data penelitian Terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer didapat secara langsung dari objek penelitian, sedangkan data sekunder didapat secara tidak langsung dari objek penelitian. Digunakan tiga jenis metode pengumpulan data yaitu wawancara, observasi langsung dan kajian literatur.

Metode *Six Sigma* yang dilakukan dalam memecahkan masalah-masalah dalam penelitian dengan pendekatan DMAIC (Gasperz 2002). DMAIC merupakan singkatan dan *Define, Measure, Analyze, Improve* dan *Control* yang juga merupakan urutan langkah analisis.

- a. Tahap *Define*, dalam tahap ini dilakukan identifikasi permasalahan yang ada pada perusahaan terkait produk cacat dan rusak melalui observasi langsung, wawancara dan rekapitulasi data primer/ data mentah dilanjutkan dengan pembuatan Diagram SIPOC dan CTQ Tree. Namun dalam Diagram SIPOC berfokus pada tahap IPO.
- b. Tahap *Measure*, diawali dengan pembuatan *control chart*. Dilanjutkan dengan perhitungan nilai sigma sebelum dan sesudah penerapan metode *Six Sigma*. Data yang diukur pada tahap ini diperoleh dari identifikasi total CTQ dan jenis kerusakan/cacat produksi yang dihasilkan untuk mengetahui jumlah produk cacat pada perusahaan dalam satu juta kemungkinan atau nilai DPMO. Sedangkan nilai *Six Sigma* diperoleh dari konversi nilai DPMO melalui rumus dalam pengolahan data program *Microsoft Excel* atau dengan konversi melalui Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat sigma

Level Sigma	DPMO	Keterangan
1-sigma	691.462	Sangat tidak kompetitif
2-sigma	308.538	Rata-rata Industri Indonesia
3-sigma	66.807	
4-sigma	6.210	Rata-rata Industri USA
5-sigma	233	

6-sigma 3,4 Industri Kelas Dunia

Sumber : Gasperz (2002)

- c. Tahap *Analyze*, dilakukan setelah seluruh data dari tahap *Define* dan *Measure* didapatkan. Dalam tahap *Analyze* dibuat Diagram Pareto, Diagram *Fishbone* dan uji T-Test. 5
- d. Tahap *Improve*, dalam tahap ini dilakukan penentuan rencana perbaikan dari akar penyebab masalah yang telah diketahui terhadap proses yang dianggap berpengaruh signifikan terhadap produk cacat dan rusak.
- e. Tahap *Control*, tahap terakhir yang dilakukan dengan cara memberikan pedoman tertulis dalam bentuk SOP atau instruksi kerja yang telah diperbaiki atau dikembangkan kepada divisi yang bertanggung jawab sesuai hasil temuan.

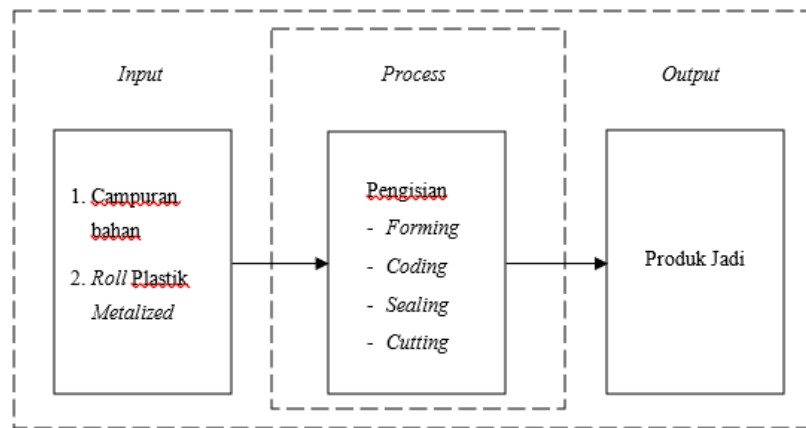
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Define

Tahap ini dimulai dengan penentuan IPO, penentuan CTQ Tree dan identifikasi jenis cacat yang terjadi pada *output*/produk akhir.

a. Penentuan IPO (Input, Process, Output)

Setelah melakukan pengamatan proses produksi pada perusahaan dan melalui studi literatur, didapatkan Diagram IPO (*Input – Process – Output*) yang memberi gambaran elemen-elemen dalam proses pembuatan produk. Penggambaran Diagram IPO terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram IPO produksi

Diagram IPO memberi gambaran pada proses yang menjadi fokus dari penerapan *Six Sigma*. Terdapat tiga elemen dalam Diagram IPO, yaitu :

- *Input* dalam produksi yaitu bahan baku atau isi produk yang sudah tercampur homogen dan *roll plastik metalized* atau aluminium foil dengan digital printing.
- *Process* pada pengemasan primer terdiri dari empat tahapan, diawali dengan pembentukan selongsong sachet (*forming*) lalu pencantuman kode produksi dan tanggal kedaluwarsa (*coding*), dilanjutkan proses pemanasan sealer untuk menyatukan lembaran foil (*sealing*) dan pemotongan sesuai ukuran sachet yang diinginkan (*cutting*).

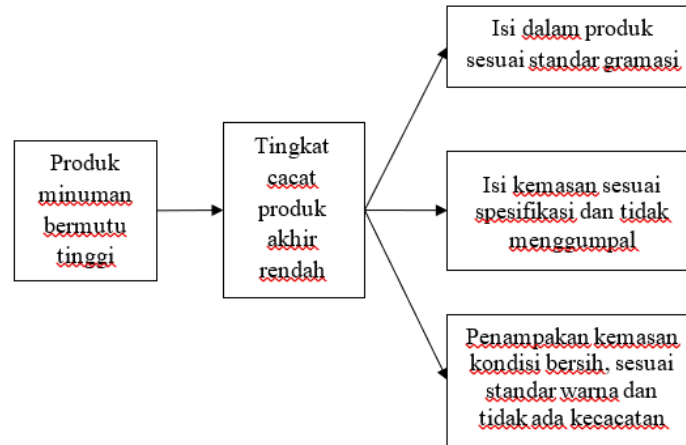
Output didapatkan setelah melalui seluruh proses dengan hasil akhir berupa produk minuman serbuk dengan kemasan sachet.

b. Identifikasi Jenis Cacat (Defect) dan Rusak (Waste)

Hasil dari pengamatan dan wawancara pada personel produksi mengenai hasil yang diinginkan dan timbulnya cacat pada produk akhir secara umum menjadi bahan penyusun Diagram CTQ. Diagram CTQ terlampir pada Gambar 2 dan Identifikasi cacat dan rusak pada kemasan selama proses produksi dilakukan oleh personel QC dengan jenis dan keterangan dapat dilihat pada Tabel 2.

Produk cacat adalah produk yang tidak memenuhi spesifikasi dikatakan juga bahwa produk tidak sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan namun

perlu biaya tambahan untuk diperbaiki. Sebuah produk dianggap cacat apabila tidak aman digunakan, tidak memenuhi spesifikasi maupun standar minimal yang telah ditetapkan serta tidak sesuai keinginan konsumen dengan mempertimbangkan berbagai kondisi (Hansen dan Mowen 2007; Wulandari *et al.* 2022).



Gambar 2. CTQ Tree

Tabel 2. Jenis Cacat

No	Jenis Cacat dan Rusak	Keterangan
1	Berlubang	Permukaan pada lembaran <i>roll</i> plastik aluminium <i>metalized</i> berlubang (mudah dilihat)
2	Kempes	<i>Sachet</i> produk jadi tidak memiliki udara yang terisi dalam <i>sachet</i>
3	Gramasi kurang	Berat bersih produk jadi kurang dari standar
4	<i>Coding</i> buram	Cetak <i>in print coding</i> <i>sachet</i> tidak dapat terbaca dengan baik
5	Potongannya tidak sesuai	Ukuran produk jadi tidak sesuai dengan standar
6	<i>Printing</i> buram	Gambar/tulisan pada cetakan <i>printing</i> label pada lembar <i>roll</i> plastik <i>metalized</i> atau produk jadi tidak terbaca jelas
7	Potensi bocor	Terdapat titik kecil seperti tusukan jarum pada kemasan
8	Kotor	Terdapat kotoran pada kemasan produk jadi

9	Bergaris	Cetakan <i>printing</i> memiliki garis yang seharusnya tidak ada
10	Bercak <i>silver</i>	Cetakan <i>printing</i> label tidak sepenuhnya menutup aluminium <i>foil</i> atau tergores/terkelupas
11	Bintik putih	Bintik warna putih pada kemasan yang tidak dapat dibersihkan dan bertekstur

Tahap Measure

Tahap ini berkaitan erat dengan rangkaian perhitungan dari data yang diperoleh dalam penelitian. Tahap *Measure* pada penelitian ini terdapat tiga perhitungan data yaitu pembuatan peta kendali (*control chart*), perhitungan DPMO (*defect per million object*) dan *Sigma Level*.

a. Peta Kendali (*Control Chart*)

Peta kendali digunakan untuk menentukan suatu proses dikatakan memproduksi secara konsisten atau tidak dan dibuat dengan alasan jumlah produk yang dihasilkan tidak konstan (Fitriani *et al.* 2020). Perhitungan dan tabulasi data peta kendali dibagi menjadi dua agar terdapat gambaran perbandingan sebelum dan sesudah penerapan *Six Sigma* dalam mengatasi cacat hasil produksi.

Tabulasi data dan Peta kendali sebelum dan setelah Penerapan *Six Sigma* DMAIC terlihat pada Tabel 3, Tabel 4, Gambar 3 dan Gambar 4. Berdasarkan gambar sebaran pada *control chart* sebelum penerapan *Six Sigma* diatas menunjukkan terdapat dua *batch* produksi (2 dan 3) memiliki jumlah *reject* diluar batas atas (*Upper Control Limit*) dengan masing-masing diangka 2.112 dan 1.612. Sedangkan setelah penerapan *Six Sigma* terdapat tiga *batch* (4,5, dan 6) dengan masing-masing yaitu 880, 981, 929 dan 891. Pasca penerapan *Six Sigma* terjadi penambahan *batch* yang melebihi *Control Limit* menjadi empat *batch*, namun pada peta kendali yang dihasilkan dari rekapitulasi data terdapat penurunan yang secara kasat mata terlihat signifikan, penurunan *Control Limit* terjadi cukup tinggi dari 1212,50 menjadi 573,29. Terdapat selisih penurunan sebanyak, 639,21 atau 46,23% dari sebelum penerapan *Six Sigma* dan

terjadi penurunan persentase *reject* dengan rata-rata awal 3,68% menjadi 2,25% setelah penerapan metode *Six Sigma*.

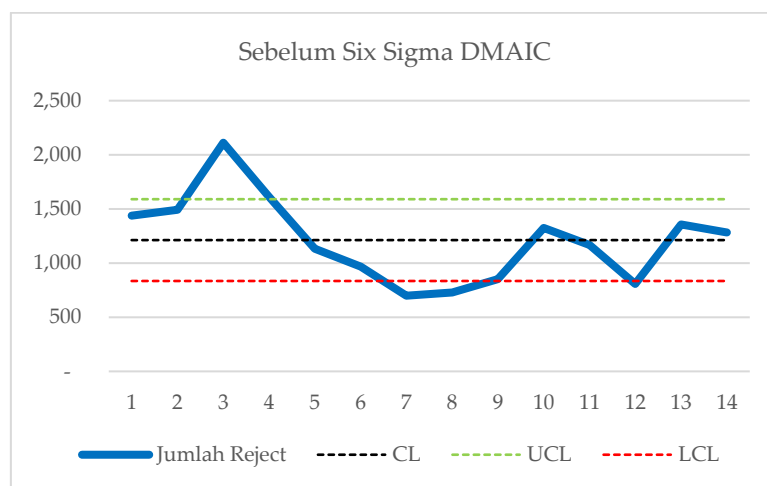
Tabel 3. Sebelum Penerapan Six Sigma DMAIC

No	Kode Batch	Jumlah Produksi	Jumlah Reject	Persen Reject	CL	UCL	LCL
1	220136	35,573	1,438	4,04%	1,212,5	1,590,16	834,84
2	220137	35,366	1,493	4,22%	1,212,5	1,590,16	834,84
3	220138	36,238	2,112	5,83%	1,212,5	1,590,16	834,84
4	220139	35,497	1,612	4,54%	1,212,5	1,590,16	834,84
5	220140	35,008	1,133	3,24%	1,212,5	1,590,16	834,84
6	220141	34,916	968	2,77%	1,212,5	1,590,16	834,84
7	220142	34,791	699	2,01%	1,212,5	1,590,16	834,84
8	220143	34,880	729	2,09%	1,212,5	1,590,16	834,84
9	220144	34,926	851	2,44%	1,212,5	1,590,16	834,84
10	220145	35,354	1,324	3,74%	1,212,5	1,590,16	834,84
11	220146	35,179	1,167	3,32%	1,212,5	1,590,16	834,84
12	220147	34,833	808	2,32%	1,212,5	1,590,16	834,84
13	220148	35,274	1,358	3,85%	1,212,5	1,590,16	834,84
14	220149	35,394	1,283	3,62%	1,212,5	1,590,16	834,84
Jumlah		461,837	16,975	3,68%			
Rata-Rata		32,988	1,212,5				

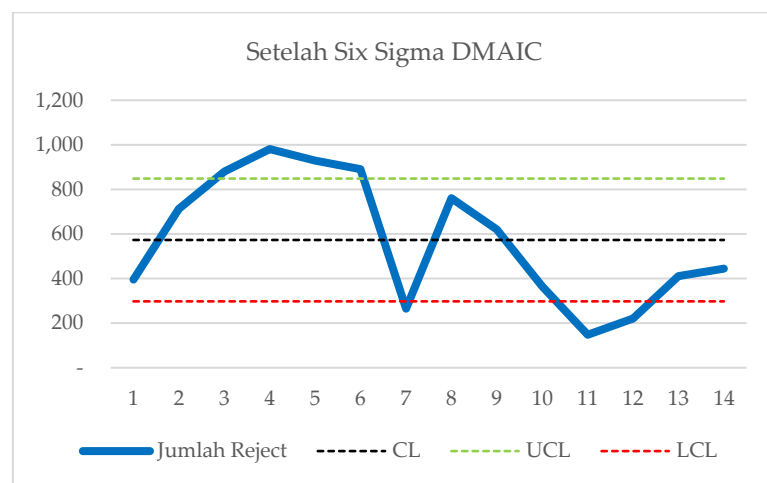
Tabel 4. Sesudah Penerapan Six Sigma DMAIC

No	Kode Batch	Jumlah Produksi	Jumlah Reject	Persen Reject	CL	UCL	LCL
1	230101	34,460	396	1,35%	573,29	848,69	297,88
2	230102	35,320	713	2,14%	573,29	848,69	297,88
3	230103	35,424	880	2,60%	573,29	848,69	297,88
4	230104	34,942	981	3,08%	573,29	848,69	297,88
5	230105	27,401	929	3,53%	573,29	848,69	297,88

6	230106	33,877	891	3,14%	573,29	848,69	297,88
7	230107	10,330	265	3,12%	573,29	848,69	297,88
8	230108	35,021	760	2,22%	573,29	848,69	297,88
9	230109	21,178	621	3,00%	573,29	848,69	297,88
10	230110	32,541	366	1,35%	573,29	848,69	297,88
11	230111	14,917	148	1,13%	573,29	848,69	297,88
12	240101	10,891	221	2,06%	573,29	848,69	297,88
13	240102	15,001	411	2,83%	573,29	848,69	297,88
14	240103	15,048	444	3,08%	573,29	848,69	297,88
Jumlah		356,351	8026	2.25%			
Rata-Rata		25,453.64	573.29				



Gambar 3. Control chart sebelum Six Sigma DMAIC



Gambar 4. Control chart sesudah Six Sigma DMAIC

Bukti lain dari aplikasi *control chart* digunakan sebagai *tools* olah data *Six Sigma* terdapat pada pengendalian mutu proses produksi minuman teh. Dalam penelitian Latief et al. (2017), dari tabulasi jenis dan jumlah produk cacat yang diolah dengan *control chart* menunjukkan hasil jika sebagian besar dari 11 jenis cacat yang teridentifikasi telah melewati batas *UCL* dan *LCL* sehingga dapat dikatakan bahwa kapabilitas proses belum memenuhi spesifikasi batas toleransi.

Karena proporsi cacat sudah di luar kendali/melebihi batas wajar, diperlukan pengendalian mutu agar jumlah produk cacat dapat ditekan dan memenuhi batas maksimum toleransi yang telah ditetapkan perusahaan sebesar 0.5%.

b. Perhitungan Tingkat Sigma (Sigma Level)

Nilai DPMO dilakukan sebelum menghitung tingkat sigma untuk mengetahui pengukuran kinerja dasar, sehingga dapat dievaluasi setiap apakah terdapat kenaikan atau penurunan kinerja. Data pengukuran DPMO sesudah implementasi *Six Sigma* menunjukkan pengurangan angka DPMO menjadi 2.035,45. Dimana penurunan nilai menunjukkan bahwa terjadi pengurangan jumlah cacat produksi setelah penerapan metode *Six Sigma* DMAIC. Setelah didapatkan nilai DPMO dilanjutkan dengan menghitung tingkat *sigma* atau gambaran dalam kemampuan proses produksi. Menurut konsep *Six Sigma* semakin tinggi tingkat sigma semakin baik mutu yang dihasilkan dengan tingkat cacat produksi yang rendah. Berikut ini cara perhitungan tingkat Sigma sebelum dan sesudah dengan formula NORMSINV pada aplikasi Microsoft Excel

- Sebelum implementasi *Six Sigma* DMAIC

$$\begin{aligned}\text{Sigma Level} &= \text{NORMSINV}((1,000,000-\text{DPMO})/1,000,000) + 1,5 \\ &= \text{NORMSINV}((1,000,000-2.868,01)/1,000,000) + 1,5 \\ &= \text{NORMSINV}(0,99713199) + 1,5 \\ &= 2,76 + 1,5 \\ &= 4,26 \text{ (Rata – rata industri USA)}\end{aligned}$$

- Sesudah implementasi *Six Sigma* DMAIC

$$\begin{aligned}
 \text{Sigma Level} &= \text{NORMSINV}((1,000,000-\text{DPMO})/1,000,000) + 1,5 \\
 &= \text{NORMSINV}((1,000,000-2,035,45)/1,000,000) + 1,5 \\
 &= \text{NORM,S,INV } 0,99796455 + 1,5 \\
 &= 2,87 + 1,5 \\
 &= 4,37 \text{ (Rata – rata industri USA)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan tingkat sigma menjadi hal yang wajib dilakukan pada penelitian dalam setiap implementasi Six Sigma. Hasil perhitungan dari beberapa penelitian yang dikaji didapatkan angka yang bervariasi, dalam Sanjaya (2017) didapatkan tingkat sigma pada kecacatan kemasan cup 240 ml masing-masing yaitu tutup (3.64), wadah (3.88) dan volume (4.11). Tingkat sigma perlu dihitung untuk mengetahui keputusan jenis cacat yang belum memenuhi ketentuan 4-sigma. Dalam hal ini cacat pada tutup dan wadah kemasan cup 240 ml perlu dilakukan pengendalian mutu karena berada pada 3-sigma di bawah standar yang sudah ditetapkan oleh perusahaan.

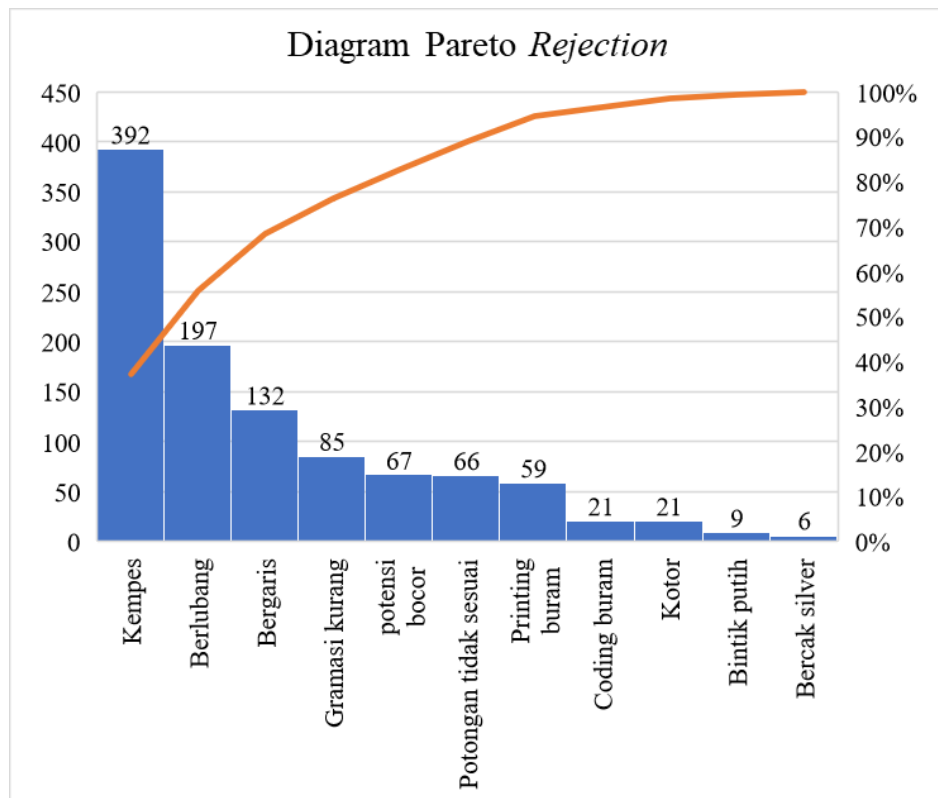
Tahap Analyze

Analisis yang dilakukan pada tahap ini yaitu identifikasi jenis cacat yang dominan melalui Diagram Pareto, Diagram sebab-akibat (*Fishbone*) dan analisa melalui pendekatan statistik dengan tujuan untuk mengetahui dampak penerapan *Six Sigma* terhadap penurunan cacat produk.

a. Identifikasi Jumlah Jenis Cacat (Diagram Pareto)

Tabel Jenis dan akumulasi cacat dari Diagram Pareto pada Gambar 5 dapat diketahui bahwa cacat dominan yang timbul berasal dari tiga jenis cacat produk (kempes, berlubang, dan bergaris) sehingga perlu diperhatikan lebih karena menyumbang kerugian terbesar dari *waste* kemasan primer, tiga cacat produk ini perlu ditindaklanjuti agar dapat berkurang ataupun dieliminasi jika memungkinkan. Kerugian bagi perusahaan dapat bertambah apabila tidak dilakukan perbaikan karena keluhan pelanggan yang menyebabkan penjualan menurun hingga barang dikembalikan oleh konsumen (retur). Menurut penelitian yang dilakukan Widiatma

(2018), penyusunan Diagram Pareto digunakan pada tahap *Analyze* untuk menganalisis tingkat kecacatan dari urutan terbesar dan terkecil.



Gambar 5. Diagram Pareto Rejection

b. Diagram Ishikawa (Fishbone)

Diagram Ishikawa/*Fishbone* dikenal juga dengan analisa akar sebab akibat (root cause analyze) digunakan untuk mengetahui penyebab penyimpangan yang terjadi pada objek yang diteliti. Menurut Gasperz (2002) sumber penyebab masalah mutu berdasarkan prinsip 7 M diantaranya yaitu *man, machine, material, method, money, motivation, dan media*.

Berdasarkan prinsip 80:20 pada Diagram Pareto didapatkan tiga jenis cacat dominan yang menjadi fokus perbaikan untuk diketahui penyebabnya lebih lanjut. Tiga Diagram *Fishbone* yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8. Dalam identifikasi faktor penyebab cacat digunakan konsep 7M dengan hasil wawancara dan pengamatan langsung dengan penanggung jawab yang terkait pada tiap proses dan kejadian permasalahannya.

- Faktor Manusia

Faktor manusia dapat menjadi sumber penyebab cacat karena proses produksi tidak lepas dari peranan tenaga kerja atau sumber daya manusia. Namun, kemungkinan tingkat kesalahan yang dihasilkan di antaranya yaitu kurangnya ketelitian dan konsentrasi, kurangnya penguasaan pada standar operasi dan standar kualitas produk (Fauziah 2009).

- Faktor Mesin

Dalam forming perlu dilakukan setting roll secara terukur agar tidak mudah bergeser, suhu optimal harus dipastikan tercapai saat proses sealing kemasan primer dan perlu dilakukan penjadwalan maintenance secara rutin untuk mesin filling. Kondisi mesin sudah tua, kurang bersih serta tidak ada pemeliharaan rutin untuk proses produksi sangat mempengaruhi mutu akhir dari produk yang dibuat sehingga sering menghasilkan produk yang cacat. (Fauziah 2009; Widiatma 2018; Fitriyani 2022).

- Faktor Material

Mutu aluminium foil yang buruk dengan tidak adanya pengecekan saat kedatangan bahan dan spesifikasi yang tidak diketahui menjadi penyebab cacat. Pengecekan bahan dengan alat ukur atau sampling saat kedatangan penting untuk diperhatikan oleh manajemen dalam mengurangi potensi cacat produksi.

- Faktor Metode

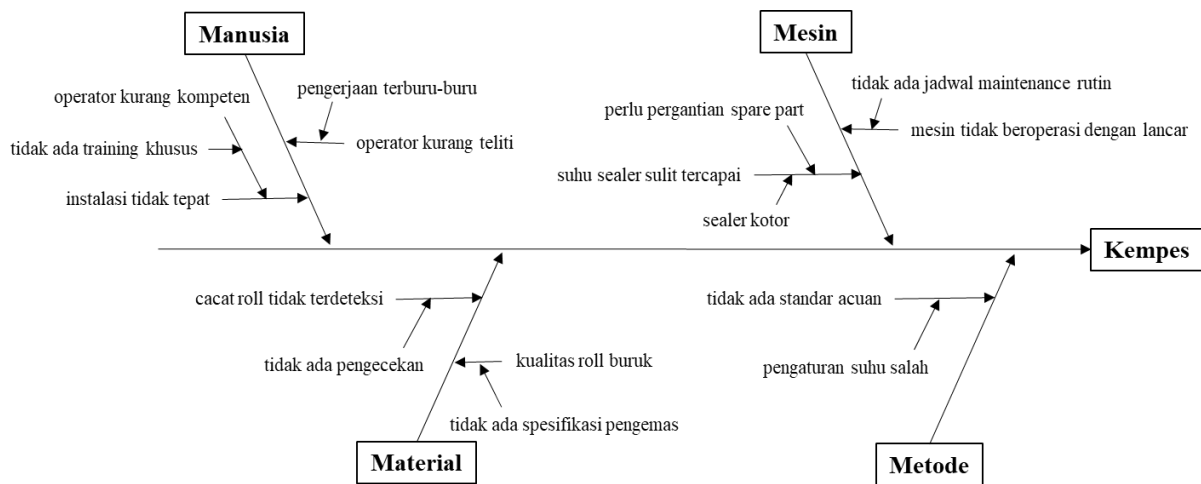
Proses filling dibagi menjadi beberapa langkah, yaitu pembentukan lembar foil menjadi tabung sachet, pencantuman kode produksi dan kadaluwarsa, pemanasan/sealing sachet dan pemotongan sesuai panjang sachet. Setiap langkah harus dibuat standar yang terukur agar presisi dan cacat tidak mudah terjadi dan operator wajib memahami setiap langkah dari persiapan, pemastian dan trial error setting mesin.

Setting mesin menjadi faktor dominan penyebab cacat pada proses produksi. Setting mesin yang salah dan tidak ada aturan standar baku menyebabkan jumlah cacat yang tinggi dan selalu berulang (Ramdhani 2008; Widiatma 2018; Pramono *et al.* 2021).

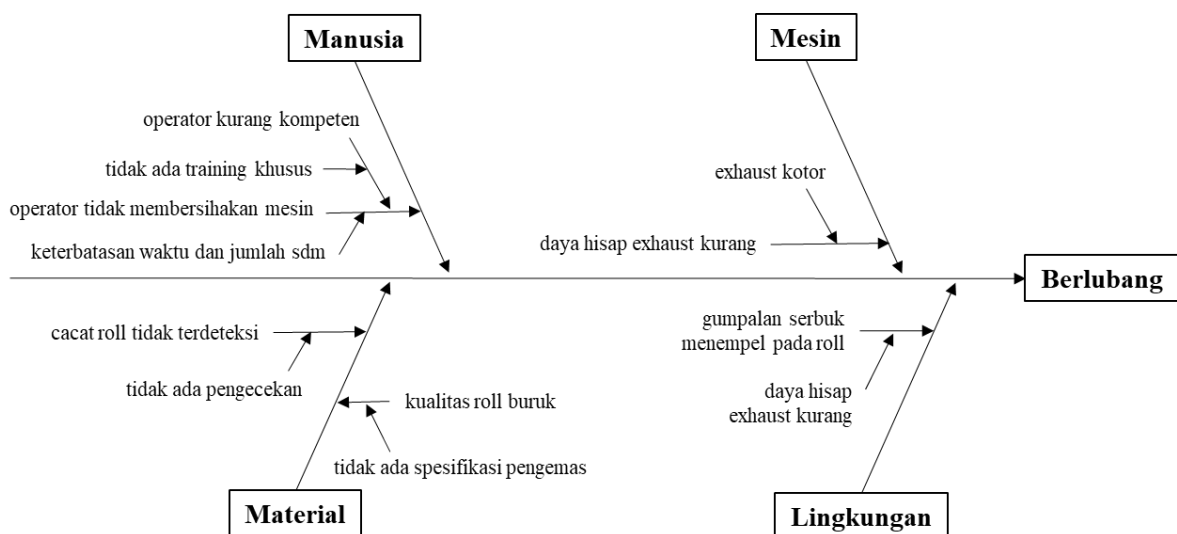
- Faktor Lingkungan

Lingkungan atau ruang produksi kotor karena kinerja rendah penyedot debu menjadi salah satu penyebab cacat berlubang yang mudah maupun sulit dilihat oleh mata.

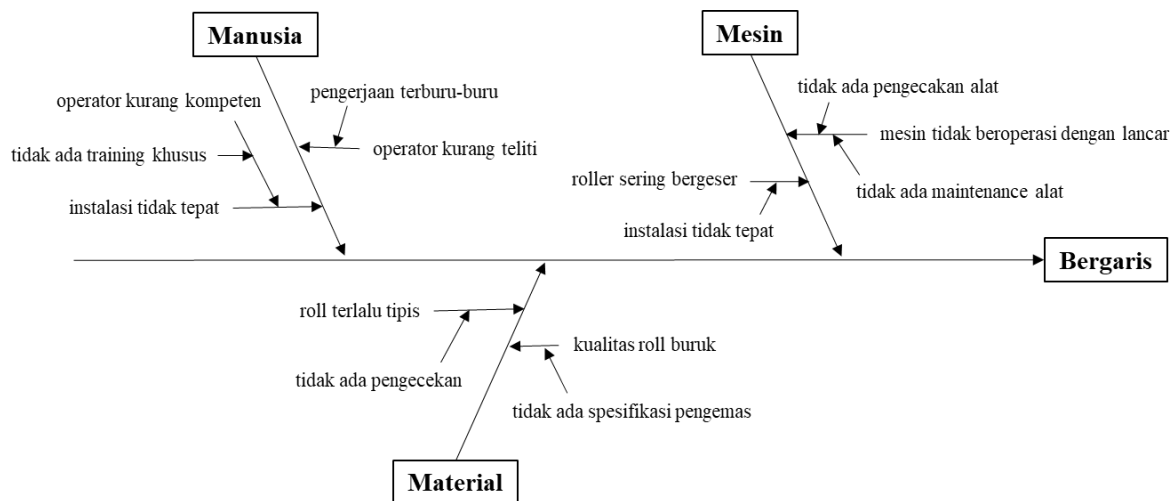
Ruangan yang kurang kondusif dan kotor menyebabkan pekerja kurang nyaman dalam bekerja serta mengurangi semangat dan konsentrasi kerja serta suhu mesin yang tinggi dan suara yang nyaring juga menjadi penyebabnya sehingga mempengaruhi kualitas produksi (Ramdhani 2008; Pramono et al. 2021).



Gambar 6. Diagram Fishbone cacat kempes



Gambar 7. Diagram Fishbone cacat berlubang



Gambar 8. Diagram Fishbone cacat bergaris

c. Uji Independet T-Test

Analisis statistik melalui bentuk olah data Independent T-Test dipilih karena pada data yang diperoleh dalam penelitian memiliki satu perlakuan namun dengan bukan dalam bentuk pasangan atau nilai yang diperoleh bukan dari subjek dengan input serta output yang sama setelah perlakuan. Output dari hasil olah data Independent T-Test dengan aplikasi IBM SPSS Statistic 27 terlampir pada Tabel 5.

Tabel 5. Output olahdata statistic Independent T-Test

Group Statistics					
	Perlakuan	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Persentase Defect	Setelah Six Sigma	14	2.4736	.77511	.20716
	Sebelum Six Sigma	14	3.4307	1.06716	.28521

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	Equal variances assumed	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Persentase Defect	Equal variances assumed	.819	.374	-2.715	26	.012	-.95714	.35250	-1.68173	-.23256

Equal variances not assumed		-2.715	23.730	.012	-.95714	.35250	-1.68511	-.22917
-----------------------------	--	--------	--------	------	---------	--------	----------	---------

Independent Samples Effect Sizes

		Standardizer ^a	Point Estimate	95% Confidence Interval	
				Lower	Upper
Persentase Defect	Cohen's d	.93264	-1.026	-1.809	-.227
	Hedges' correction	.96067	-.996	-1.756	-.220
	Glass's delta	1.06716	-.897	-1.698	-.067

a. The denominator used in estimating the effect sizes.

Cohen's d uses the pooled standard deviation.

Hedges' correction uses the pooled standard deviation, plus a correction factor.

Glass's delta uses the sample standard deviation of the control group.

Dari tabel output tersebut, perlu diperhatikan pada kolom nilai Lavene's Test dan signifikansinya serta nilai-t dan signifikansinya. Karena dari output nilai signifikansi Lavene's Test lebih besar dari 0.05 ($p < 0.05$) menunjukkan bahwa nilai Lavene's Test tidak signifikan atau varians pada kedua kelompok perlakuan sama.

Dikarenakan Lavene's Test tidak signifikan sehingga perlu dilihat nilai-t pada baris pertama (equal variance assumed). Pada nilai-t baris pertama diketahui -2,715 dengan signifikansi 0,000 ($p = 0,000 < 0,005$). Nilai-t ini membuktikan bahwa persentase reject dari penerapan Six Sigma DMAIC berbeda secara signifikan. Dengan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penerapan Six Sigma DMAIC berpengaruh terhadap penurunan timbulnya cacat produk.

Olah data Independent T-Test dalam Magdalena dan Krisanti (2019) digunakan untuk melihat proses yang menjadi penyebab variasi berat produk yang dihasilkan. Hasil olah data dapat menunjukkan penyebab ketimpangan hasil produksi dengan membandingkan antara dua berat jenis produk yang ada dengan hasil ditolak H0 atau berbeda signifikan dari perhitungan nilai t hitung $> t$ tabel.

Tahap Improve

Tahap *Improve* merupakan tahap pada DMAIC yang penting dilakukan untuk meningkatkan mutu penyelesaian masalah. Pada tahap ini digunakan analisis 5W-1H dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Analisis 5W-1H

Jenis Defect (<i>What</i>)	Waktu terjadi (<i>When</i>)	Lokasi terjadi (<i>Where</i>)	Penyebab (<i>Why</i>)		Penanggung-jawab (<i>Who</i>)	Tindakan perbaikan (<i>How</i>)
			Faktor penyebab	Penyebab kejadian		
Kem-pes	Produk akhir	Ruang produksi pengisian	Manusia	Instalasi alat tidak tepat dan operator kurang teliti	Operator produksi	Dilakukan <i>training</i> operator dalam instalasi mesin dan penambahan <i>lead time</i>
			Mesin	Suhu <i>sealer</i> sulit tercapai dan mesin tidak beroperasi dengan lancar	Teknik	Perawatan <i>part</i> lama, pembelian <i>part</i> baru dan melakukan <i>maintenance</i> rutin satu bulan satu kali
			Material	Kualitas roll buruk dan cacat roll tidak terdeteksi	<i>Quality Control</i>	Penetapan spesifikasi <i>rolls sachet</i> dan sampling saat kedatangan material
			Metode	Tidak ada standar acuan pengaturan suhu <i>sealer</i>	<i>Quality Control</i>	Pembuatan standar acuan suhu sesuai spesifikasi <i>roll</i>
Berlu-bang	Saat proses produksi -dan produk akhir	Ruang produksi pengisian	Manusia	Alat tidak dibersihkan	Operator produksi	Operator kurang kompeten, keterbatasan waktu dan jumlah hanya satu operator tanpa asisten
			Mesin	Daya hisap <i>exhaust</i> kurang	Teknik	Pembersih-an <i>exhaust</i> kotor
			Material	Cacat tidak terlihat/terdeteksi dan kualitas <i>roll</i> kurang baik	<i>Quality Control</i>	Tidak ada spesifikasi dan pengecekan saat <i>roll</i> datang
			Lingkung-an	Gumpalan serbuk keras menempel pada <i>roll</i>	Teknik	Perbaikan atau pembersihan <i>exhaust</i>
Berga-ris	Saat proses produksi dan	Ruang produksi	Manusia	Intalasi tidak tepat dan operator kurang teliti	Operator produksi	<i>Training</i> instalasi alat dan penambahan <i>lead time</i> pada produksi

produk akhir	Mesin	<i>Roller bergeser dan mesin tidak beroperasi dengan lancar</i>	Operator produksi dan Teknik	<i>Training instalasi alat, pengecekan dan maintenance rutin</i>
	Material	<i>Kualitas roll tipis dan buruk</i>	<i>Quality Control</i>	<i>Pembuatan spesifikasi roll dan pengecekan saat kedatangan</i>

Menurut Aripardnyani et al. (2020), Pembagian 5W dan 1H (where, when, who, how) membantu dalam mencari usulan perbaikan untuk mengurangi defect. Pelatihan dasar bagi seluruh karyawan penting untuk meningkatkan wawasan dan keterampilan kerja guna menghindari penyimpangan dalam pengendalian mutu. Selain itu, penempatan satu staf QC diusulkan agar pemantauan tidak hanya dilakukan oleh operator produksi.

Tahap Control

Tahap akhir Six Sigma DMAIC adalah Control, yang bertujuan untuk mempertahankan dan memantau proses perbaikan agar produksi berjalan baik dan jumlah cacat sesuai standar. Pada tahap ini, diberikan konsep pengendalian proses untuk menjaga keberlanjutan. Ada dua hal terkait tahap kontrol yang dapat diimplementasikan dalam proses produksi perusahaan.

a. Pengendalian proses

Proses produksi dengan cacat rendah harus dipertahankan, sementara cacat tinggi perlu diperbaiki segera agar tidak terulang. Manajemen harus berkomitmen terhadap pengendalian ini, dan prosedur standar harus dijalankan oleh semua pekerja. Tahap Improve mengidentifikasi penyebab cacat kempes, yaitu sealer yang kurang panas dan pengaturan suhu yang tidak sesuai oleh operator. Diperlukan penambahan SOP dan pencatatan suhu sealer untuk mengendalikan cacat tersebut. Penyesuaian SOP, pelatihan, dan pengawasan karyawan adalah upaya untuk menjaga konsistensi mutu (Yanti et al. 2023).

b. Dokumentasi proses

Dokumentasi terkait proses produksi dan perbaikan dilakukan untuk membantu tim memahami tindakan yang perlu diambil saat menghadapi masalah yang sama, serta mendukung manajemen dalam pengendalian mutu melalui riwayat proses dan perbaikan yang tepat. Dokumentasi improvement penting sebagai panduan proses. Sebaiknya, pembuatan dokumen melibatkan penanggung jawab atau tim operasional, serta harus ringkas, mudah diakses, dimengerti, dan dapat diperbaharui (Ramdhani 2008).

KESIMPULAN

Penerapan metode *Six Sigma* DMAIC dalam penurunan cacat proses pengemasan terbukti secara efektif dalam mengidentifikasi jenis cacat dan berhasil mengurangi jumlah cacat berulang secara signifikan. Melalui analisis data yang didapat dan tindakan perbaikan yang tepat, akumulasi jumlah cacat dapat berkurang sebanyak 46,23% dan persentase jumlah cacat berhasil ditekan dari 3,68% menjadi 2,25%. Menurut analisis statistik *Independent T-Test*, penurunan yang terjadi setelah implementasi *Six Sigma* DMAIC dinyatakan berbeda secara signifikan. Dari hasil penelusuran akar masalah, diketahui tiga faktor yaitu manusia, mesin dan material kemasan menjadi target dalam pengendalian mutu proses pengemasan melalui pemberian saran perbaikan bagi perusahaan sesuai hasil analisis pada tahap *improvement*, pemahaman konsep pengendalian mutu proses pengemasan yang baik dan pemeliharaan dokumentasi atau catatan produksi agar masalah yang terulang kembali dapat segera dilakukan penanganan maupun pencegahan dalam proses pengemasan di waktu mendatang.

REFERENSI

Aripradnyani PA, Widia IW, Arthawan IGKA. 2020. Penerapan Metode Six Sigma untuk Menurunkan Jumlah Defect pada Produksi Fillet Ikan Kakap Putih (*Lates Calcarifer Bloch*). *Jurnal Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)*. 9(1). <http://ojs.unud.ac.id/index.php/beta>.

- Bertolaccini L, Viti A, Terzi A. 2015. The Statistical point of view of Quality: The Lean Six Sigma methodology. *J Thorac Dis.* 7(4):E66–E68.
doi:10.3978/j.issn.2072-1439.2015.04.11.
- Dewiyani L, Mulia Rani A, Angga Wijaya D. 2019. Upaya untuk Menurunkan Defect pada Kemasan Sachet Minuman Berenergi dengan Metode Six Sigma di PT BTJ. 16.
- Evans JR, Lindays WM. 2007. An Introduction to Six Sigma & Process Improvement. Di dalam: *Pengantar Six Sigma*. Jakarta: Salemba Empat.
- Fauziah N. 2009. Aplikasi Fishbone Analysis dalam Meningkatkan Kualitas Produksi Teh pada PT Rumpun Sari Kemuning, Kabupaten Karanganyar [Skripsi]. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Fitriani LK, Aglin D, Putry T. 2020. Pengendalian Kualitas dengan Metode Six Sigma untuk Menekan Tingkat Kerusakan Produk. 5(5).
- Fitriyani A. 2022. Usulan Perbaikan Pengurangan Defect Pada Produksi Wide Flange (H-Beam) Dengan Metode DMAIC [Skripsi]. Jakarta: Institut Sains dan teknologi Nasional.
- Gasperz V. 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP*. Gramedia.
- Hansen DR., Mowen MM. 2007. *Managerial accounting*. 8th Edition. Mason: Thomson Higher Education.
- Latief R, Laga A, Muchtar M. 2017. Strategi Pengendalian Mutu Proses Produksi Minuman Teh menggunakan Metode Six Sigma (Studi Kasus di PT. Dharana Inti Boga). Volume ke-11.
- Magdalena R, Krisanti MA. 2019. Analisis Penyebab dan Solusi Rekonsiliasi Finished Goods Menggunakan Hipotesis Statistik dengan Metode Pengujian Independent Sample T-Test di PT.Merck, Tbk. 16(1):p-ISSN.
- Maharani S. 2022. Analisis Pengendalian Kualitas Produk Garmen dengan Metode Six Sigma untuk Mengurangi Produk Cacat (Studi Kasus: PT X). Surakarta: Universitas Muhammadiyah.

- Pramono A, Pratiwi I, Andalia W. 2021. Analisis Kecacatan Kemasan Bihun dengan Metode Six Sigma. *Jambura Industrial Review*. 1(2). doi:10.37905/jirev.1.2.58-65.
- Ramdhani R. 2008. Peningkatan Kualitas Steel Tube dengan Metode Six Sigma [Skripsi]. Depok: Universitas Indonesia.
- Sanjaya W. 2017. Analisis Kecacatan Kemasan Produk Air Mineral dalam Upaya Perbaikan Kualitas Produk dengan Pendekatan DMAIC Six Sigma (Studi Kasus : PT.Tirta Sibayakindo). Volume ke-3.
- Shinta Sadiyah E, Awaluddin R, Karmela Fitriyani L. 2022. Manajemen Kualitas Produk dengan Metode Six Sigma pada CV. Roti Berkah 313 Kabupaten Kuningan. *Jurnal Agrimanex: Agribusiness, Rural Management, and Development Extension*. 2(2). doi:10.35706/agrimanex.v2i2.6358.
- Sriutami I. 2017. Pendekatan Lean-Six Sigma untuk Meminimasi Waste pada Proses Produksi Kacang Garing Kualitas Medium Grade. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Widiatma A. 2018. Pengendalian Kualitas Produk Cup Air Minum Dalam Kemasan 240 ml di PT. YZ. *Jurnal Teknik Industri Universitas Tanjungpura*. 2(2).
- Wulandari RS, Hakim L, Haris RF. 2022. Journal Knowledge Industrial Engineering Analysis of Product Defects in the Packing Production Process at PT.XYZ Using FTA and FMEA Methods. *Journal Knowledge Industrial Engineering*. 9(1):52–60. doi:10.35891/jkie.v9i1.2981.