

Integrative Approach Analysis Using The Six Sigma and RCA Methods on The Quality of Granule Fertilizer Packaging

[Analisa Pendekatan Integratif Menggunakan Metode Six Sigma dan RCA pada Kualitas Kemasan Pupuk Granule]

Dimas Dwi Saputra¹⁾, Atikha Sidhi Cahyana^{*2)}

¹⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: : atikhasidhi@umsida.ac.id

Abstract. *This research was conducted at a company engaged in product packaging. Companies face one challenge, namely the increasing percentage of defects in fertilizer packaging by 0.5% to 1.7%. This research aims to identify the types of defects in granule fertilizer packaging, find out the causes of defects, and find out the root of the problem of defects and provide recommendations for improvement. The six sigma method is used with integrated root cause analysis (RCA). Six sigma is used to determine the sigma value. RCA to find out the cause and root of the problem. The results of this research show that the company's average sigma value is 3.52. With DMAIC and RCA approaches, it can be seen that the causes and root causes of product defects are caused by 4 factors, namely machines, materials, people and methods, so it is necessary to maintain machines, monitor raw materials and train employees*

Keywords – Fertilizer packaging; Six Sigma; Root Cause Analysis; Fishbone; 5Whys

Abstrak. *Penelitian ini dilakukan pada perusahaan yang bergerak dibidang pengemasan produk. Perusahaan menghadapi salah satu tantangan yaitu meningkatnya presentase kecacatan pada pengemasan pupuk sebanyak 0,5% hingga 1,7%. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi jenis kecacatan pada kemasan pupuk granule, mengetahui penyebab kecacatan, dan mengetahui akar masalah kecacatan serta memberikan rekomendasi perbaikan. Metode six sigma digunakan dengan integrasi root cause analysis (RCA). Six sigma digunakan untuk menentukan nilai sigma. RCA untuk mengetahui penyebab dan akar permasalahan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai rata-rata sigma perusahaan adalah 3,52. Dengan pendekatan DMAIC dan RCA dapat diketahui bahwa faktor penyebab dan akar permasalahan cacat produk disebabkan 4 faktor yaitu mesin, material, manusia, dan metode, sehingga perlu dilakukannya perawatan mesin, pengawasan bahan baku, dan pelatihan terhadap karyawan.*

Kata Kunci – Pengemasan pupuk; Six Sigma; Root Cause Analysis; Fishbone; 5Whys

I. PENDAHULUAN

CV. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pembuatan mesin industri dan pengemasan produk (*packaging*). Pupuk *granule* merupakan salah satu produk yang dikemas oleh perusahaan sejak pertengahan tahun 2023. Pupuk sangat diperlukan untuk pertumbuhan tanaman[1]. Pupuk *granule* sendiri merupakan pupuk anorganik yang berbentuk butiran atau *granula*, umumnya pupuk *granule* mengandung nitrogen, fosfor, dan kalium yang baik untuk pertumbuhan tanaman[2]. Pupuk *granule* disortir berdasarkan ukurannya menggunakan mesin sortir otomatis, kemudian dikemas dengan berbagai variasi (250gr – 1Kg) menggunakan mesin pengemas otomatis dengan wadah plastik berbahan *polypropylene* dengan ketebalan 0,10 mm, kemudian dipress dengan *sealer* bersuhu sekitar 45-55 derajat *celcius*, dan dipotong sesuai ukuran kemasan. Dalam satu *shift* kerja, perusahaan mampu mengemas pupuk *granule* sebanyak 500-700 *pack* untuk setiap variansinya. Pupuk yang sudah dikemas kemudian melalui proses *quality control* untuk mencegah produk kemasan yang rusak atau *reject* jatuh ke tangan konsumen. Produk yang terindikasi *reject* akan dilakukan pengemasan ulang (*repackaging*) dengan mengambil kembali isi pupuk dan dikemas ulang, sementara untuk kemasan plastik yang sudah mengalami *defect* atau *reject* akan dikumpulkan dan dibuang yang dapat menimbulkan pemborosan sumber daya pada aspek material.

Pada proses produksi di bidang *packaging*, perusahaan menghadapi tantangan yang beragam, salah satunya adalah meningkatnya jumlah produk *reject* yang dihasilkan perusahaan, salah satu produk yang mengalami peningkatan adalah produk pupuk *granule* kemasan 500 gram. Pada Januari 2024 perusahaan telah melakukan upaya pengendalian kualitas dengan cara melakukan *set up* mesin setiap 50 *pack* pupuk, namun upaya tersebut belum cukup untuk menekan jumlah *reject* yang dihasilkan perusahaan. Pada 3 bulan terakhir perusahaan kembali mengalami peningkatan presentase *reject* produk pupuk *granule* 500gr, dimana pada bulan Juli perusahaan telah mengemas sebanyak 15448 *pack* dengan jumlah *reject* sebanyak 1296 *pack* dengan persentase 8,4% dan pada bulan Agustus, perusahaan telah mengemas sebanyak 15875 *pack* dengan jumlah *reject* mencapai 1411 *pack* dengan persentase 8,9% sehingga mengalami peningkatan 0,5% dari bulan Juli. Sedangkan pada bulan September, jumlah produksi yang dihasilkan

mencapai 14984 *pack* dengan jumlah *reject* mencapai 1595 *pack* dengan persentase 10,6%. Dengan demikian jumlah produk *reject* mengalami peningkatan sebesar 1,7%. Masalah ini dapat berdampak pada produktivitas perusahaan karena proses pengemasan ulang (*repackaging*) yang menimbulkan pemborosan sumber daya perusahaan pada aspek material, waktu, dan tenaga kerja yang tidak efisien[3]. Peningkatan pengendalian kualitas perusahaan menjadi salah satu langkah yang efektif dalam menyelesaikan masalah ini, pemborosan dapat diminimalisir dengan melakukan peningkatan pada pengendalian kualitas[4]. Pengendalian kualitas bertujuan untuk menganalisa apakah produk yang dihasilkan sudah sesuai dengan yang diharapkan, jika terdapat ketidaksesuaian dengan harapan maka akan dilakukan tindakan perbaikan pada proses produksi agar kualitas yang dihasilkan sesuai dengan harapan atau standar perusahaan[5].

Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai penguat antara lain, Mbarokah [6] melakukan penelitian pada kualitas proses pengemasan produk pupuk *manutta gold*. Metode yang digunakan *Six Sigma* dengan konsep DMAIC, dengan hasil rekomendasi perbaikan memberikan motivasi pada karyawan, karena karyawan memiliki pengaruh yang signifikan pada penyebab kecacatan produk. Pada penelitian Fani [7] membahas tentang pengendalian kualitas pada proses pengemasan minyak, penelitian tersebut menggunakan metode RCA dan di integrasi dengan metode FMEA, dengan tujuan untuk mengetahui *defect* yang terjadi dan penyebab kecacatan tertinggi pada proses pengemasan tersebut. Poppy[8] membahas tentang pengendalian kualitas pada proses pembuatan roti, dengan menggunakan metode *Six Sigma* dan *seven tools*, packa telah mendapatkan kecacatan dan penyebab kecacatan pada proses produksi. Pada penelitian Hidayat [9] membahas tentang perbaikan kualitas roti dengan menggunakan metode FTA digunakan untuk mengetahui akar penyebab dari kecacatan pada proses produksi dan FMEA digunakan untuk menentukan prioritas utama perbaikan yang akan diterapkan oleh perusahaan.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yakni penggunaan metode *six sigma* (DMAIC) yang diintegrasikan dengan metode *Root Cause Analysis* (RCA) untuk mengidentifikasi berbagai faktor yang menyebabkan penurunan kualitas dan mengetahui akar permasalahan penyebab penurunan kualitas pada proses pengemasan pupuk *granule* 500 gram, diharapkan penelitian ini dapat mengidentifikasi akar permasalahan kecacatan serta memberikan usulan perbaikan pada proses *packaging* sehingga mampu meminimalisir kecacatan produk.

Tujuan penelitian: (1) Mengidentifikasi kecacatan yang terjadi pada proses *packaging* produk pupuk *granule*. (2) Mengetahui penyebab kecacatan pada proses *packaging* produk pupuk *granule* di CV. XYZ. (3) Mengidentifikasi akar permasalahan dan memberikan usulan perbaikan pada proses *packaging* sehingga kecacatan produk dapat diminimalisir.

II. METODE

A. Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan di CV. XYZ, yang beralamatkan di Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia. Fokus penelitian berada pada departemen produksi, karena di departemen ini terjadi penurunan kualitas produk. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk pada kemasan pupuk *granule* 500 gram. Penelitian ini berlangsung selama 6 bulan, dari September 2024 hingga Februari 2025.

B. Pengambilan data

Dalam penelitian ini, seluruh sumber data pada penelitian diperoleh dari dalam perusahaan khususnya pada departemen produksi. Jenis data yang digunakan pada penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Untuk data primer, didapat dari wawancara dan observasi. Wawancara dilakukan pada kepala bagian *quality control*, operator produksi, dan operator *maintenance*. Data hasil wawancara meliputi informasi mengenai gambaran umum proses produksi, jenis cacat, serta penyebab terjadinya cacat pada proses pengemasan pupuk *granule* yang akan digunakan dalam metode *root cause analysis* (RCA). Kemudian untuk data sekunder yang digunakan meliputi data histori perusahaan yaitu, jumlah cacat, jumlah produksi dan jenis cacat yang terdapat pada proses pengemasan pupuk *granule* 500 gram di periode Januari 2024 sampai dengan September 2024 yang akan digunakan pada pengolahan data dengan metode *six sigma* pada tahap *define* dan *measure*.

C. *Six sigma* (DMAIC)

Pada pengendalian kualitas metode *Six sigma* dapat digunakan dengan mengukur tingkat kecacatan berdasarkan 6 tingkat *sigma*[5]. Metode ini dapat mengidentifikasi ketidaksesuaian dalam proses produksi yang dapat mengakibatkan bertambahnya variasi produk yang tidak sesuai dengan perusahaan. *Six Sigma* memiliki pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, and Control*). Pendekatan DMAIC ini berfokus pada analisa faktor-faktor penting dalam proses produksi maupun kualitas produk sehingga pendekatan ini mampu mengidentifikasi serta memperbaiki cacat dan ketidaksesuaian yang muncul[10].

D. *Root cause analysis* (RCA)

Penyelesaian masalah memerlukan proses identifikasi penyebab hingga ke akar permasalahannya. Dengan menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA), akar penyebab masalah dapat teridentifikasi dengan jelas. RCA merupakan metode penyelesaian masalah dengan proses investigasi atau analisa yang terstruktur yang bertujuan mengetahui akar masalah atau penyebab utama dari masalah pada suatu kejadian, sehingga solusi yang efektif dapat direncanakan untuk mencegah terjadinya masalah yang berulang[11][12]

E. Alur penelitian

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode *six sigma* (DMAIC) yang akan diintegrasikan dengan metode *root cause analisis* (RCA) dengan pendekatan *fault tree analysis* dan *5 whys analysis*. Adapun tahapan-tahapan tersebut terdiri dari:

A. Define

Tahap *define* mengidentifikasi tujuan untuk aktivitas peningkatan tingkat *sigma*. Pada aspek kualitas produksi tahapan *define* secara umum mengidentifikasi tujuan proses produksi perusahaan atau tujuan perbaikan pada proses produksi sesuai dengan kebutuhan, dengan mengidentifikasi *critical to quality* (CTQ) atau elemen penting pada kualitas, kapasitas produksi[13]. Dalam tahap ini dapat dibantu dengan diagram pareto dengan tujuan mengidentifikasi cacat dengan frekuensi tertinggi, sehingga cacat tersebut dapat diutamakan untuk segera dilakukan perbaikan.

B. Measure

Pada tahap *measure* akan dilakukan pengendalian statistik dengan membuat peta kendali untuk memvalidasi dan menganalisa permasalahan yang muncul, kemudian menghitung DPMO (*Defects Per Million Opportunities*) dan level *sigma*, untuk mengukur tingkat kecacatan yang dihasilkan perusahaan[14]. Setelah melakukan tahap *define* dan *measure* didapatkan data yang kemudian dilanjutkan tahap ketiga dengan mengidentifikasi penyebab masalah pada kualitas produk. Identifikasi ini dapat dilakukan dengan bantuan peta kendali P (*P-Chart*) yang berfungsi untuk mengetahui apakah ada data yang melebihi batas kendali atau tidak[15]. Adapun data yang digunakan yakni jumlah cacat produk berdasarkan CTQ yang diperoleh pada tahap *define*. Langkah-langkah dalam membuat peta kendali dapat didasarkan persamaan berikut ini.

1) Persentase masalah atau cacat

$$P = \frac{X}{N} \quad (1)$$

Sumber: [16]

Keterangan:

- P = Persentase *defect*
 X = Jumlah produk *defect*
 N = Jumlah produk diuji

2) Perhitungan baris (CL)

$$CL = \frac{\sum X}{\sum N} \quad (2)$$

Sumber: [16]

Keterangan:

- $\sum X$ = Jumlah produk cacat
 $\sum N$ = Jumlah produk diperiksa

3) Perhitungan batas kendali atas (UCL)

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (3)$$

Sumber: [16]

Keterangan:

- \bar{p} = Rata-rata produk *defect*
 n = Jumlah Produksi

4) Perhitungan batas kendali bawah (LCL)

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (4)$$

Sumber: [16]

Keterangan:

- \bar{p} = Rata-rata kecacatan produk
 n = Jumlah Produksi

5) Defects Per Million Opportunities (DPMO)

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah Produk cacat}}{\text{Jumlah Produksi} \times \text{CTQ}} \times 1.000.000 \quad (5)$$

Sumber: [5]

Keterangan :

- CTQ = *Critical to quality*

6) Perhitungan Nilai Sigma

Nilai *sigma* dihitung dengan bantuan *Microsoft Excel* dengan persamaan sebagai berikut:

$$=NORMSINV (1-DPMO/1.000.000) + 1,5 \quad (6)$$

Sumber: [14], [17], [18]

7) Klasifikasi Berdasarkan Nilai *Sigma*

Tabel 1. Klasifikasi Nilai *Sigma* [14], [18], [19]

Tingkat Pencapaian <i>Sigma</i>	DPMO (<i>Defect per Millions Opportunity</i>)	CPOQ (<i>Cost of Poor Quality</i>)
1- <i>Sigma</i>	691.462 (sangat tidak komperatif)	Tidak dapat diperhitungkan
2- <i>Sigma</i>	308.538 (rata-rata industri indonesia)	Tidak dapat diperhitungkan
3- <i>Sigma</i>	66.807	25-40% dari penjualan
4- <i>Sigma</i>	6.210 (rata-rata industri USA)	15-25% dari penjualan
5- <i>Sigma</i>	233	5-15% dari penjualan
6- <i>Sigma</i>	3,4 (industri kelas dunia)	< 1% dari penjualan

C. *Analysis*

Tahap ini akan difokuskan pada peningkatan pemahaman mengenai proses dan masalah yang ada, serta mengidentifikasi akar penyebab masalah dengan menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya cacat[5]. Pada tahap ini akan diintegrasikan dengan *root cause analysis* (RCA) konsep *diagram fishbone*. Metode *Fault Tree Analysis* bertujuan untuk mengidentifikasi kegagalan dalam suatu sistem. *Fault Tree Analysis* menggunakan pendekatan "*top down approach*", dimulai dari kejadian awal (*top*) dan kemudian menganalisisnya secara rinci hingga ditemukan penyebab utama dari kejadian tersebut[9].

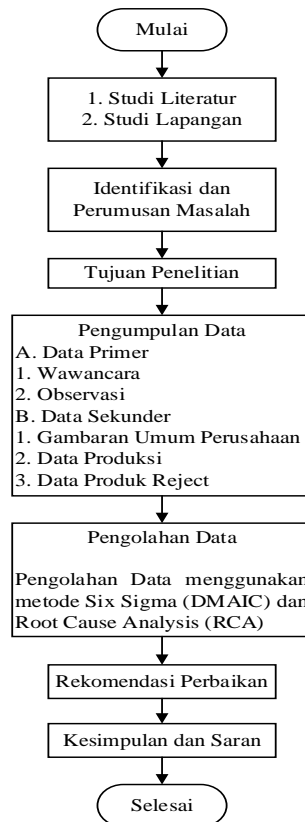
D. *Improve*

Tahap ini akan memberikan solusi-solusi yang dapat dilaksanakan dengan berdasarkan hasil analisa pada tahap *analysis*[5]. Dalam menentukan ide ide untuk menguraikan usulan perbaikan, digunakan konsep *5 Whys Analysis* sebagai dasar dalam memberikan usulan perbaikan. Metode *5 Why's* adalah metode yang digunakan untuk mendapatkan akar dari sebuah masalah yang sedang diangkat metode ini dilakukan dengan menganalisa data yang bersifat kualitatif dengan mengajukan pertanyaan "mengapa" sebanyak lima kali sehingga akan ditemukan akar dari sebuah masalah tersebut [20]. Untuk mengidentifikasi akar permasalahan dilakukan dengan wawancara kepada operator produksi, *quality control*, dan operator *maintenance*[15].

E. *Control*

Pada tahap ini akan didapatkan usulan perbaikan dengan didasarkan akar permasalahan dari tahap *improve* dan dengan wawancara secara langsung kepada operator produksi, *quality control*, operator *maintenance* dan kajian literatur terdahulu. Usulan yang telah diperoleh dapat diterapkan dengan melakukan *monitoring* secara berkala. *Monitoring* dilakukan perusahaan dengan tujuan untuk memantau proses perbaikan, sehingga diharapkan kecacatan dapat diminimalisir[21].

Adapun tahapan dalam penelitian yang dilakukan ditunjukkan oleh diagram alir yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa penelitian ini dilakukan secara langsung pada perusahaan untuk mengidentifikasi permasalahan utama dan mengumpulkan data yang relevan sebagai fokus penelitian. Data yang diperoleh kemudian diolah dengan metode *six sigma* yang diintegrasikan dengan *root cause analysis* (RCA) dalam tahapan DMAIC. Tahapan tersebut dimulai dengan *define*, yaitu mengidentifikasi *critical to quality* (CTQ). Selanjutnya, pada tahap *measure*, dilakukan penentuan nilai *center line* (CL), *upper control limit* (UCL), *lower control limit* (LCL), nilai DPMO, dan tingkat sigma dengan bantuan *Microsoft Excel*. Pada tahap *analyze*, penyebab kecacatan diidentifikasi untuk menemukan akar masalah. Setelah itu, tahap *improve* dilakukan dengan mengidentifikasi akar permasalahan dari penyebab kecacatan kemudian dilanjutkan dengan tahap *control* dengan memberikan usulan perbaikan berdasarkan akar permasalahan yang telah didapatkan. Tahapan akhir penelitian ini adalah menarik kesimpulan dan memberikan saran berdasarkan tujuan yang telah ditetapkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Define

1. Kategori Defect

Kategori *defect* atau cacat mencakup penjelasan mengenai produk pupuk granule kemasan 500 gram yang dikategorikan sebagai produk cacat berdasarkan jenis *Critical to Quality* (CTQ) di CV. XYZ. Data ini diperoleh dari data primer dari data historis perusahaan berupa jenis cacat dan diverifikasi dengan wawancara kepada kepala bagian *quality control* yang terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kategori Defect

No	CTQ	Gambar	Keterangan
1	Kemasan bocor (Leaking)		Kemasan yang dihasilkan mengalami kebocoran pada bagian yang direkatkan dengan <i>sealer</i>

2 Isi pupuk kurang sesuai
(*Filling*)



Isi pupuk yang terdapat pada kemasan tidak sesuai dengan gramasi yang telah ditetapkan

3 Kemasan meleleh
(*Melting*)



Kemasan menjadi menyusut dan rawan bocor akibat meleleh saat proses *sealing*

4 Kemasan miring (*Less Center*)



Kemasan mengalami kemiringan saat proses *filling* dan *sealing* yang dapat mengakibatkan kebocoran pupuk

2. Pengumpulan Data

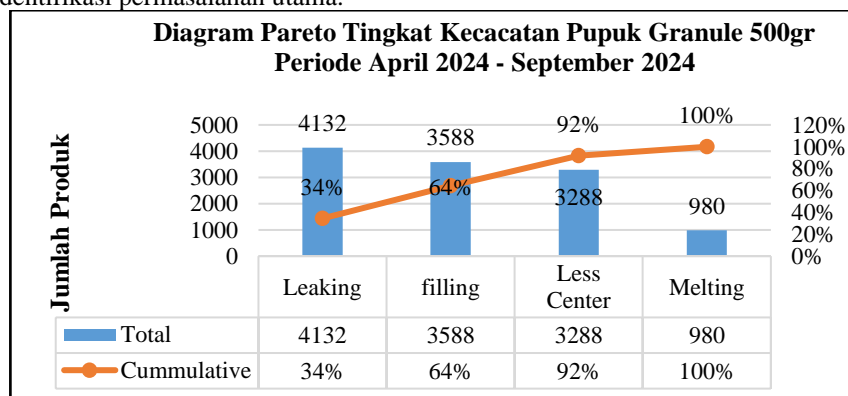
Data yang digunakan pada penelitian ini didapatkan melalui pengamatan langsung setiap langkah proses produksi di perusahaan yang menjadi fokus penelitian, serta dari data historis perusahaan yang mencakup jumlah produksi, jumlah cacat, dan jenis cacat. Tabel 3 merupakan rangkuman data selama periode Januari 2024 hingga September 2024 pada proses pengemasan produk pupuk *granule* 500 gram.

Tabel 3. Data Jumlah Produksi dan Jumlah *Defect*

No	Periode	Jumlah Produksi	Jenis <i>Defect</i>			
			<i>Leaking</i>	<i>Filling</i>	<i>Less center</i>	<i>Melting</i>
1	Januari	15348	418	312	399	154
2	Febuari	14482	365	405	362	144
3	Maret	13698	407	338	337	76
4	April	13951	450	332	303	98
5	Mei	15739	549	416	386	170
6	Juni	14056	402	429	329	105
7	Juli	15448	507	350	337	102
8	Agustus	15875	449	441	454	67
9	September	14984	585	565	381	64
TOTAL		133.581	4132	3588	3288	980

3. Diagram Pareto

Diagram pareto digunakan untuk menyajikan data kecacatan kemasan pada produk pupuk *granule* 500 gram sebagai langkah identifikasi permasalahan utama.



Gambar 2. Diagram Pareto Tingkat Kecacatan Produk

Dari diagram pareto pada gambar 2, terlihat bahwa jenis cacat kemasan bocor (*leaking*) memiliki frekuensi kecacatan yang paling besar yaitu 4132 *pack*, kemudian diikuti dengan jenis cacat isi kemasan kurang (*filling*) sebanyak 3588 *pack*, dan kemasan miring (*less center*) sebanyak 3288 *pack*, dan jenis kecacatan yang paling kecil yaitu kemasan meleleh (*melting*) sebanyak 980 *pack*. Sehingga jenis cacat kemasan bocor (*leaking*) diutamakan untuk segera melakukan perbaikan.

B. Measure

Tahap *measure* bertujuan untuk menentukan tingkat *level sigma* dengan mengumpulkan data dan menghitung nilai DPMO (*Defects Per Million Opportunities*). Data yang digunakan yaitu data *history* perusahaan terdiri dari jumlah kecacatan produk berdasarkan jenis CTQ yang telah diidentifikasi pada tahap *define*. Dalam tahap ini, dilakukan analisis data secara kuantitatif untuk menilai kondisi kualitas produk di perusahaan.

1. Peta Kendali (*P-Chart*)

Pengukuran dilakukan menggunakan data kecacatan dari proses pengemasan selama periode 9 bulan, dengan total produksi sebanyak 133.581 *pack* dan jumlah cacat sebanyak 11.988 *pack*. Selanjutnya, dilakukan perhitungan untuk menentukan apakah terdapat produk yang berada di luar batas kendali dengan menggunakan data yang diolah berdasarkan persamaan berikut.

a) Proporsi produk cacat

Berikut ini merupakan contoh perhitungan proporsi produk cacat pada bulan Januari

$$P = \frac{\text{Jumlah defect bulan Januari}}{\text{Jumlah produksi bulan Januari}}$$

$$P = \frac{1283}{15348}$$

$$P = 0,0836$$

b) Nilai baris pusat atau *Center Line* (CL)

Berikut ini merupakan contoh perhitungan nilai baris pusat pada bulan Januari

$$CL = \frac{\text{Jumlah defect dalam 9 bulan}}{\text{Jumlah produksi dalam 9 bulan}}$$

$$CL = \frac{11.988}{133.581}$$

$$CL = 0,0897$$

c) Batas kendali atas atau *Upper Control Limit* (UCL)

Berikut ini merupakan contoh perhitungan nilai batas kendali atas (UCL) pada bulan Januari

$$UCL = \bar{p} + 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\text{Jumlah Produksi}}$$

$$UCL = 0,0836 + 3 \frac{\sqrt{0,0836(1-0,0836)}}{15.348}$$

$$UCL = 0,0967$$

d) Batas kendali bawah atau *Lower Control Limit* (LCL)

Berikut ini merupakan contoh perhitungan nilai batas kendali bawah (LCL) pada bulan Januari

$$LCL = \bar{p} - 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\text{Jumlah Produksi}}$$

$$LCL = 0,0836 - 3 \frac{\sqrt{0,0836(1-0,0836)}}{15.348}$$

$$LCL = 0,0828$$

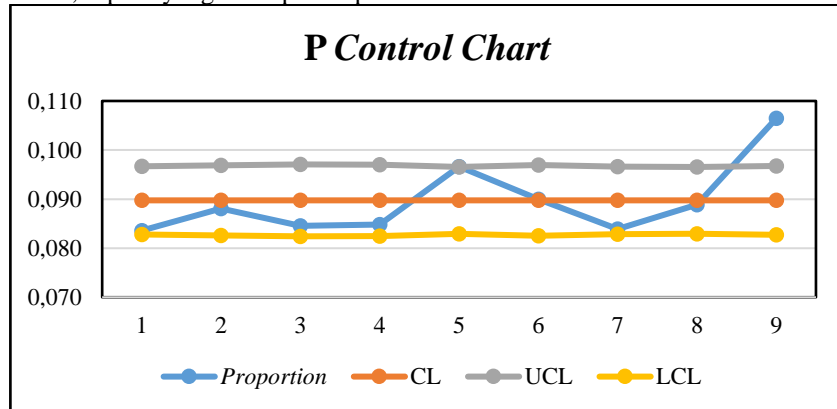
Untuk menegetahui hasil perhitungan nilai P, CL, UCL, dan LCL pada bulan Januari sampai dengan bulan September dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

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

Periode	Jumlah Produksi	Jumlah Defect	Proportion	UCL	CL	LCL
Januari	15348	1283	0,084	0,0967	0,0897	0,0828
Febuari	14482	1276	0,088	0,0969	0,0897	0,0826
Maret	13698	1158	0,085	0,0971	0,0897	0,0824
April	13951	1183	0,085	0,0970	0,0897	0,0825
Mei	15739	1521	0,097	0,09658	0,0897	0,0829
Juni	14056	1265	0,090	0,0970	0,0897	0,0825
Juli	15448	1296	0,084	0,0966	0,0897	0,0828
Agustus	15875	1411	0,089	0,0965	0,0897	0,0829
September	14984	1595	0,106	0,0967	0,0897	0,0827

TOTAL	133.581	11.988
-------	---------	--------

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4, didapatkan rata-rata nilai P sebesar 0,0897, nilai CL sebesar 0,0897, nilai UCL sebesar 0,0968, dan nilai LCL sebesar 0,0827. Hasil pengolahan data tersebut kemudian digunakan untuk menyusun peta kendali P, seperti yang ditampilkan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Grafik Peta Kendali P (*P-Chart*)

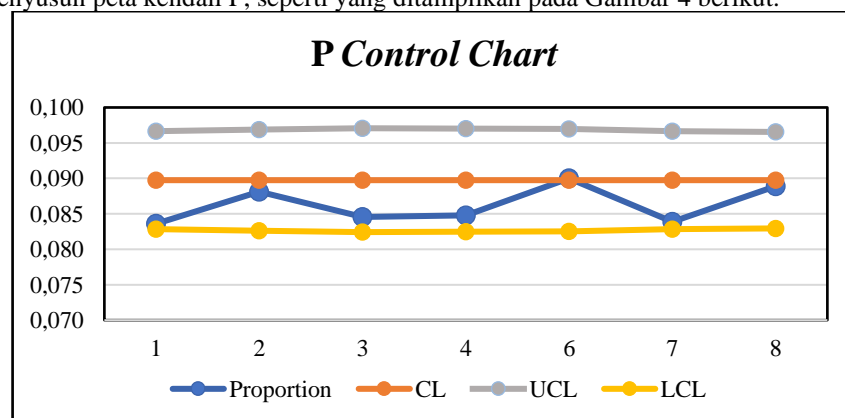
Berdasarkan pada gambar 3 grafik peta kendali, terdapat 2 proporsi yang melebihi batas kendali, yaitu pada periode ke 5 sebesar 0,097 dan periode ke 9 sebesar 0,106 dimana proporsi tertinggi terdapat pada periode ke 9 memiliki nilai sebesar 0,106. Hal tersebut disebabkan oleh banyaknya jumlah produk *defect* yang dihasilkan sebanyak 1595 *pack*. Oleh karena itu data pada periode ke 5 dan periode ke 9 dihilangkan agar data data dalam batas kendali dan melakukan perhitungan kembali untuk mendapatkan data yang berada dalam batas kendali.

Berikut ini merupakan hasil perhitungan dengan membuang data pada bulan Mei dan September.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Ulang Nilai P, CL, UCL, dan LCL

Periode	Jumlah Produksi	Jumlah <i>Defect</i>	<i>Proportion</i>	UCL	CL	LCL
Januari	15348	1283	0,084	0,0967	0,0897	0,0828
Febuari	14482	1276	0,088	0,0969	0,0897	0,0826
Maret	13698	1158	0,085	0,0971	0,0897	0,0824
April	13951	1183	0,085	0,0970	0,0897	0,0825
Juni	14056	1265	0,090	0,0970	0,0897	0,0825
Juli	15448	1296	0,084	0,0966	0,0897	0,0828
Agustus	15875	1411	0,089	0,0965	0,0897	0,0829
TOTAL	102.858	8872				

Berdasarkan hasil perbaikan dan perhitungan ulang pada tabel 5, didapatkan rata-rata nilai P sebesar 0,0863, nilai CL sebesar 0,0897, nilai UCL sebesar 0,0968, dan nilai LCL sebesar 0,0827. Hasil pengolahan data tersebut kemudian digunakan untuk menyusun peta kendali P, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Grafik Peta Kendali P (*P-Chart*) Setelah Perbaikan

Setelah dilakukan perhitungan ulang di atas pada gambar 4 dapat dilihat bahwa keseluruhan data proporsi kecacatan sudah berada pada batas kendali. Namun diperlukan analisa lebih lanjut untuk mengidentifikasi penyebab permasalahan sehingga perusahaan dapat mengurangi variabilitas produk dan meningkatkan optimalisasi produksi, dengan peningkatan tersebut diharapkan produktivitas perusahaan dapat meningkat.

2. Perhitungan DPMO dan *Level Sigma*

Perhitungan nilai DPMO dilakukan untuk mengetahui nilai *level sigma* pada perusahaan. Perhitungan dilakukan pada data *defect* dari proses pengemasan selama 7 bulan dengan jumlah *unit* produksi sebanyak 102.858 *pack* dan ditemukan *defect* sebanyak 8.872 *pack* dengan persamaan berikut:

a) Perhitungan Nilai DPMO

Berikut ini merupakan contoh perhitungan nilai DPMO pada bulan Januari

$$\text{DPMO} = \frac{\text{Jumlah defect bulan Januari}}{\text{Jumlah produksi bulan Januari} \times \text{CTQ}} \times 1.000.000$$

$$\text{DPMO} = \frac{1283}{15348 \times 4} \times 1.000.000$$

$$\text{DPMO} = 20898,49$$

b) Perhitungan Nilai *Sigma*

Berikut ini merupakan perhitungan nilai *sigma* bulan Januari dilakukan dengan bantuan *Microsoft Excel*

$$\text{Nilai sigma} = \text{NORMSINV} (1 - \text{DPMO}/1.000.000) + 1,5$$

$$\text{Nilai sigma} = \text{NORMSINV} (1 - 20898,488/1.000.000) + 1,5$$

$$\text{Nilai sigma} = 3,54$$

Hasil perhitungan nilai DPMO dan *level sigma* dari 7 bulan dengan jumlah *unit* produksi sebanyak 102.858 *pack* dan ditemukan *defect* sebanyak 8.872 *pack* dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini.

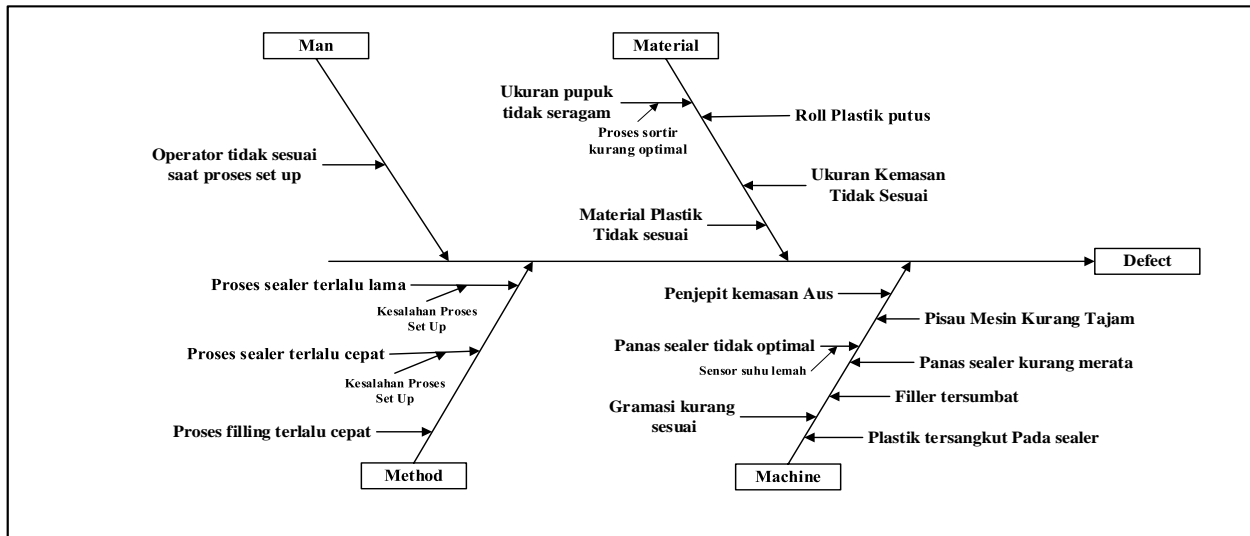
Tabel 6. Hasil Perhitungan Nilai DPMO dan *Level Sigma*

Periode	Unit Produksi	Defect	Opportunities	DPMO	Level Sigma
Januari	15348	1283	4	20898,488	3,54
Februari	14482	1276	4	22027,344	3,51
Maret	13698	1158	4	21134,472	3,53
April	13951	1183	4	21199,197	3,53
Juni	14056	1265	4	22499,289	3,50
Juli	15448	1296	4	20973,589	3,53
Agustus	15875	1411	4	22220,472	3,51
Rata-rata				21564,69	3,52

Pada tabel 5 di atas dapat terlihat bahwa jumlah hasil produksi dan produk cacat pada proses pengemasan selama 7 periode. Dari perhitungan DPMO, diperoleh rata-rata nilai DPMO sebesar 21.564,69, yang menunjukkan bahwa terdapat 21.564,69 produk cacat dalam setiap satu juta unit produksi. Dengan rata-rata tingkat sigma sebesar 3,52, pengendalian kualitas masih tergolong kurang baik karena belum mendekati tingkat 6 sigma yang menetapkan 3,4 DPMO. Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan untuk mengurangi jumlah produk cacat agar perusahaan dapat bersaing dengan perusahaan kelas dunia.

C. Analysis

Tahap ini akan dilakukan analisa lebih mendetail terhadap data yang diperoleh pada tahap *measure*. Dengan menggunakan diagram tulang ikan (*fishbone diagram*) dapat dilakukan identifikasi berbagai faktor yang memengaruhi hasil pengamatan, yang kemudian diverifikasi melalui wawancara. Hasil analisis ini dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 5. Diagram Tulang Ikan Produk *Defect*

Dari hasil pengamatan dari diagram tulang ikan pada gambar 4, dapat diketahui bahwa kecacatan produk disebabkan oleh empat faktor utama yaitu, mesin, material, manusia, dan metode. Pada faktor mesin, kecacatan terjadi karena penjepit kemasan mengalami keausan, pisau pemotong kurang tajam, panas sealer tidak optimal, panas sealer kurang merata, pipa filler tersumbat, gramasi tidak sesuai, dan plastik yang tersangkut pada sealer. Pada faktor material, kecacatan terjadi karena material plastik tidak sesuai, ukuran kemasan tidak sesuai, roll plastik putus, dan ukuran pupuk tidak seragam. Pada faktor manusia, kecacatan terjadi karena operator kurang teliti. Sedangkan pada faktor metode, kecacatan terjadi karena proses filler terlalu cepat, proses sealer terlalu cepat, dan proses sealer terlalu lama.

D. Improve

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar permasalahan guna mengurangi jumlah produk cacat yang dihasilkan oleh perusahaan. Setelah mengidentifikasi faktor penyebab permasalahan melalui analisis menggunakan diagram tulang ikan (*fishbone diagram*), serta menentukan persentase jenis kecacatan tertinggi pada tahap *define*, dilakukan analisis akar masalah menggunakan metode *5 Whys Analysis*. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi akar permasalahan kecacatan produk, sehingga dapat dirumuskan rekomendasi perbaikan yang lebih efektif.

Tabel 7. 5 Whys Method

Faktor	Penyebab	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Machine	Panas sealer kurang merata	Plat sealer tidak panas dibagian tertentu	Pemanas pada bagian tersebut rusak	Kurangnya perawatan pada komponen pemanas	Tidak ada jadwal <i>overhaul</i> mesin	Tidak adanya kebijakan terkait <i>overhaul</i> mesin
	Panas sealer tidak optimal	Suhu panas yang dihasilkan tidak konsisten	Sensor suhu mengalami kerusakan	Kurangnya perawatan pada komponen pemanas	Tidak ada jadwal <i>overhaul</i> mesin	Tidak adanya kebijakan terkait <i>overhaul</i> mesin
	Plastik tersangkut pada sealer	Plastik tidak dapat bergerak lancar pada sealer	Penumpukan plastik yang meleleh pada sealer	Suhu sealer terlalu tinggi	Kerusakan pada termostat sealer	Kurangnya perawatan pada komponen pemanas
	Filler tersumbat	Pupuk granule menyumbat pipa filler	Pupuk granule menggumpal di dalam pipa	Pupuk lembab	Penyimpanan pupuk tidak dilakukan di tempat kering	

	Gramasi kurang sesuai	Sensor berat lemah/rusak	Terjadi penumpukan sisa sisa pupuk pada bagian sensor	Kurangnya perawatan pada komponen sensor berat	Tidak ada jadwal <i>overhaul</i> mesin	Tidak adanya kebijakan terkait <i>overhaul</i> mesin
	Pisau mesin kurang tajam	Terjadi penumpukan sisa-sisa pupuk pada alat potong	Pisau atau alat pemotong sudah digunakan dalam waktu yang lama	Alat potong tidak dibersihkan secara intensif	Operator <i>maintenance</i> sering melewatkan pembersihan pada alat potong (tidak sesuai SOP)	Kurangnya pengawasan pada proses <i>maintenance</i>
	Penjepit tidak bekerja optimal	Penjepit tidak menahan kemasan secara sejajar	Salah satu bagian penjepit mengalami keausan	Kurangnya perawatan pada komponen penjepit	Tidak ada jadwal <i>overhaul</i> mesin	Tidak adanya kebijakan terkait <i>overhaul</i> mesin
	Roll plastik putus	Plastik tidak mampu menahan panas dari <i>sealer</i>	Plastik yang digunakan terlalu tipis	Beberapa plastik yang diberikan supplier tidak sesuai spesifikasi	Tidak adanya pengecekan material yang masuk	Belum ada prosedur terkait inspeksi barang masuk
	Ukuran pupuk tidak seragam	Proses persortiran kurang optimal	Mesin sortir mengalami kerusakan	Saringan pada mesin sortir putus	Terdapat kerikil pada pupuk <i>granule</i>	
Material	Material plastik tidak sesuai	Plastik terlalu tipis/tebal	Plastik yang diterima perusahaan tidak sesuai dengan standar	Tidak adanya pengecekan material yang masuk	Belum ada prosedur terkait inspeksi barang masuk	
	Ukuran kemasan tidak sesuai	ukuran plastik terlalu kecil/besar beberapa mili	Plastik yang diterima perusahaan tidak sesuai dengan standar	Tidak adanya pengecekan material yang masuk	Belum ada prosedur terkait inspeksi barang masuk	
Method	Proses <i>sealer</i> terlalu cepat	Pengaturan kecepatan mesin terlalu cepat	Kesalahan pada proses <i>set up</i>	Pengaturan kecepatan sering terlewat saat proses <i>set up</i>	Operator kurang teliti saat proses <i>set up</i>	Operator tidak mengindahkan SOP yang berlaku
	Proses filling terlalu cepat	Pengaturan kecepatan fillier kurang sesuai	Kesalahan pada proses <i>set up</i>	Pengaturan kecepatan kerap terlewat saat proses <i>set up</i>	Operator kurang teliti saat proses <i>set up</i>	Operator tidak mengindahkan SOP yang berlaku
	Proses <i>sealer</i> terlalu lama	Pengaturan kecepatan mesin terlalu lambat	Kesalahan pada proses <i>set up</i>	Pengaturan kecepatan sering terlewat saat proses <i>set up</i>	Operator kurang teliti saat proses <i>set up</i>	Operator tidak mengindahkan SOP yang berlaku
Man	Operator tidak sesuai dalam <i>set up</i> mesin	Operator sering melewati pengaturan mesin saat <i>set up</i>	Operator kurang teliti saat melakukan <i>set up</i> mesin	Operator tidak memperhatikan SOP proses <i>set up</i>	Operator terlalu jenuh hingga menurunkan fokus pekerja	

Berdasarkan tabel 6 di atas, menggunakan metode *root cause analysis* (RCA) dengan konsep 5 *Why's*, diketahui bahwa penyebab cacat pada proses produksi dipengaruhi oleh empat faktor utama, yaitu mesin, material, manusia, dan metode. Faktor yang paling dominan adalah faktor mesin, yang meliputi suhu sealer yang kurang optimal, pipa filler yang tersumbat, gramasi yang tidak sesuai, serta penjepit yang mengalami keausan. Hal ini terjadi karena tidak adanya jadwal *overhaul* (perawatan besar) pada mesin *sortir* maupun *filling*.

E. Control

Pada tahap pengendalian dalam penelitian ini, disusun usulan langkah-langkah perbaikan yang harus segera diimplementasikan untuk mengatasi penyebab kecacatan. Tahap ini mencakup penyusunan dan implementasi strategi yang bertujuan untuk mengurangi tingkat kecacatan. Perbaikan yang diusulkan dirancang untuk menghasilkan output dengan kualitas tinggi. Usulan perbaikan didapatkan berdasarkan pada wawancara langsung dengan operator produksi, *quality control*, operator *maintenance*, serta kajian literatur dari penelitian sebelumnya. Didapatkan rencana usulan perbaikan sebagai berikut:

Tabel 8. Rekomendasi atau Usulan Perbaikan

Faktor Penyebab	Akar Permasalahan	Rekomendasi Perbaikan
<i>Machine</i>	Tidak adanya kebijakan terkait <i>overhaul</i> mesin	Mengadakan perawatan pada mesin secara rutin, mengganti beberapa komponen mesin yang tidak layak[21]
	Kurangnya perawatan pada komponen mesin	Peningkatan kesadaran pekerja dalam pemeliharaan mesin produksi[8].
<i>Material</i>	Belum ada prosedur terkait inspeksi barang masuk	Melakukan pengecekan bahan baku secara rutin sebelum proses produksi[8]. Melakukan inspeksi/pengawasan lebih teliti terhadap plastik sebelum proses pengemasan dilakukan[22]
	Operator tidak mengindahkan SOP yang berlaku	Menanamkan pentingnya SOP kepada semua pihak yang terlibat dalam proses produksi[3], Membuat program <i>training and development</i> untuk para pekerja[21] Meningkatkan motivasi kerja pada operator[8]
<i>Man</i>	Operator terlalu jenuh hingga menurunkan fokus pekerja	Melakukan pengawasan dan pengarahan terhadap operator muda yang baru bekerja di perusahaan untuk fokus dan teliti dalam bekerja[19].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada kualitas pupuk *granule* 500gram menggunakan metode *six sigma* dengan integrasi metode *root cause analysis* (RCA) yang dilakukan di CV. XYZ pada bulan September 2024 sampai dengan Februari 2025 didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- (1) Berdasarkan pengolahan data pengendalian kualitas menggunakan metode *six sigma* di dapatkan ada empat jenis *defect* yang terjadi pada proses produksi kemasan pupuk *granule* 500 gram, yaitu jenis *defect* berupa kemasan bocor (*leaking*), isi kemasan kurang (*filling*), kemasan meleleh (*melting*), dan kemasan miring (*less center*).
- (2) Dimana kecacatan produk disebabkan oleh 4 faktor yaitu *machine*, *material*, *man*, dan *method*. Pada faktor *machine* kecacatan terjadi yang di sebabkan oleh penjepit kemasan mengalami keausan, pisau pemotong kurang tajam, panas *sealer* tidak optimal, panas *sealer* kurang merata, pipa *filler* tersumbat, gramasi kurang sesuai, dan plastik yang tersangkut pada *sealer*. Pada faktor *material* kecacatan terjadi yang disebabkan oleh material plastik tidak sesuai, ukuran kemasan tidak sesuai, roll plastik putus, dan ukuran pupuk tidak seragam. Pada faktor *man* kecacatan terjadi yang disebabkan oleh operator kurang teliti. Pada faktor *method* kecacatan terjadi yang disebabkan oleh proses *filler* terlalu cepat, proses *sealer* terlalu cepat, dan proses *sealer* terlalu lama.
- (3) Setelah dilakukan analisa menggunakan metode *root cause analysis* (RCA) didapatkan akar penyebab utama dari permasalahan tersebut yaitu pada faktor mesin disebabkan oleh tidak adanya kebijakan *overhaul* mesin dan

kurangnya perawatan pada mesin sehingga didapatkan usulan perbaikan dengan membuat jadwal *maintenance* pada mesin secara rutin, mengganti beberapa bagian mesin yang tidak layak pakai dan peningkatan kesadaran pekerja dalam pemeliharaan mesin produksi. Pada faktor material disebabkan oleh belum adanya prosedur terkait inspeksi barang masuk, sehingga didapatkan usulan perbaikan dengan melakukan pengecekan bahan baku secara rutin sebelum proses produksi dan melakukan inspeksi atau pengawasan lebih teliti terhadap plastik sebelum proses pengemasan dilakukan. Pada faktor metode disebabkan oleh operator yang tidak mengindahkan SOP yang berlaku, sehingga didapatkan usulan perbaikan dengan menanamkan pentingnya SOP kepada semua pihak yang terlibat dalam proses produksi dan membuat program *training and development* untuk para pekerja. Dan pada faktor manusia disebabkan oleh operator terlalu jenuh hingga menurunkan fokus pekerja, sehingga didapatkan usulan perbaikan dengan meningkatkan motivasi kerja pada operator dan meningkatkan pengawasan dan pengarahan untuk fokus dan teliti dalam bekerja terhadap operator yang baru bekerja di perusahaan.

Berdasarkan identifikasi akar permasalahan yang telah dilakukan, diharapkan hasil tersebut dapat menjadi pedoman bagi perusahaan untuk segera mengambil langkah awal perbaikan. Untuk mengurangi risiko terjadinya kegagalan yang berulang, perlu dilakukan perbaikan secepat mungkin terhadap faktor yang menjadi penyebab utama permasalahan. Penelitian ini tidak membahas biaya yang ditimbulkan akibat produk *defect*, data yang digunakan pada tahap *define* hanya 9 bulan, dan tidak menampilkan data terkait keluhan konsumen, maka pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk menyempurnakan kekurangan tersebut, sehingga produktivitas maupun efisiensi dapat dioptimalkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA) serta perusahaan CV. XYZ atas dukungan yang diberikan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- [1] I. Marodiyah, A. S. Cahyana, and I. R. Nurmalasari, "INTEGRASI METODE QRM DAN FMEA DALAM MANAJEMEN RISIKO PETANI TEBU," vol. 02, no. 03, 2022.
- [2] D. Amalia and R. Fajri, "Analisis Kadar Nitrogen Dalam Pupuk Urea Prill Dan Granule Menggunakan Metode KJELDAHL Di Pt Pupuk Iskandar Muda," *QUIMICA J. Kim. Sains Dan Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 28–32, Oct. 2020, doi: 10.33059/jq.v2i1.2639.
- [3] A. Munandar and D. S. Permana, "Analisis Waste Produksi Celana Dengan Metode Lean Six Sigma Pada Area Sewing Line 5 Di PT. XYZ," *Rekayasa Ind. Dan Mesin ReTIMS*, vol. 1, no. 2, p. 89, Feb. 2020, doi: 10.32897/retims.2020.1.2.327.
- [4] W. Khusnayana and A. Susanty, "Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma Pada Hasil Produksi Kain Grey PT. DJOHARTEX". *Industrial Engineering Online Journal*, Vol. 13, No. 1, 2024.
- [5] Wiwik Sulistiyowati and H. C. Wahyuni, *Buku Ajar Pengendalian Kualitas Industri Manufaktur Dan Jasa*. Umsida Press, 2020. doi: 10.21070/2020/978-623-6833-79-7.
- [6] B. L. Mbarokah and achmad Syaichu, "Analisa Pengendalian Kualitas Proses Pengemasan Pupuk Manutta Gold Menggunakan Metode Six Sigma Dengan Konsep DMAIC," *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik-Sistem*, Vol. 15, No. 1. 2019
- [7] F. R. Zani and H. Supriyanto, "Analisis Perbaikan Proses Pengemasan Menggunakan Metode Root Cause Analysis Dan Failure Mode And Effect Analysis Dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Produk Pada CV. XYZ," *J.Sains dan Teknologi Terapan*, Vol. 1, No. 1. 2021.
- [8] P. Rahayu and M. Bernik, "Peningkatan Pengendalian Kualitas Produk Roti dengan Metode Six Sigma Menggunakan New & Old 7 Tools," *Jurnal Bisnis dan Kewirausahaan*, vol. 16, no. 2, 2020.
- [9] M. T. Hidayat and R. Rochmoeljati, "Perbaikan Kualitas Produk Roti Tawar Gandeng Dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) DI PT. XXZ," *Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi*, Vol. 1, No. 4, 2020.
- [10] N. Susendi, A. Suparman, and I. Sopyan, "Kajian Metode Root Cause Analysis yang Digunakan dalam Manajemen Risiko di Industri Farmasi," *Maj. Farmasetika*, vol. 6, no. 4, p. 310, May 2021, doi: 10.24198/mfarmasetika.v6i4.35053.
- [11] I. A. Sidikiyah and K. Muhammad, "Analisis Defect Pada Proses Pembuatan Kayu Lapis Dengan Metode Statistical Process Control (SPC) Dan Root Cause Analysis," *JUTSI Jurnal Sistem dan Teknik Industri*, vol. 3, no. 2, 2022.

- [12] R. De Fretes, “Analisis Penyebab Kerusakan Transformator Menggunakan Metode Rca (Fishbone Diagram And 5-Why Analysis) Di PT. PLN (PERSERO) KANTOR PELAYANAN KIANDARAT,” *ARIKA*, vol. 16, no. 2, pp. 117–124, Aug. 2022, doi: 10.30598/arika.2022.16.2.117.
- [13] D. G. Tambunan, B. Sumartono, and H. Moektiwibowo, “Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Metode Six Sigma Dalam Upaya Mengurangi Kecacatan Pada Proses Produksi Koper Di PT SRG”. *Jurnal Teknik Industri*. Vol. 9, No. 1, 2020.
- [14] N. Nurhayani, S. R. Putri, and A. Darmawan, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Outsole Sepatu Casual menggunakan Metode Six Sigma DMAIC dan Kaizen 6S,” *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. Dan Karya Ilm. Dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 1, p. 248, May 2023, doi: 10.24014/jti.v9i1.22449.
- [15] A. R. Andriansyah and W. Sulistyowati, “Clarisa Product Quality Control Using Methods Lean Six Sigma and Fmeca Method (Failure Mode And Effect Cricitality Analysis) (Case Study: Pt. Maspion Iii),” *PROZIMA Product. Optim. Manuf. Syst. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 47–56, Mar. 2021, doi: 10.21070/prozima.v4i1.1272.
- [16] Moh. R. Rosyidi, *Buku Monograf Penelitian Pengendalian Kualitas Batu Nisan dengan Menggunakan Seven Tools*. Jl. Ki Ageng Gribig, Gang Kaserin MU No.36 Kota Malang: Ahlimedia Press (Anggota IKAPI:264/JTI/2020), 2022.
- [17] D. Rafi Pratama and A. Z. Al Faritsy, “Implementasi Six Sigma Dan Fault Tree Analysis Dalam Peningkatan Kualitas Produk Tahu: (Studi Kasus : UMKM Bapak Sugiono),” *J. Teknol. Dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 3, no. 3, pp. 304–312, Sep. 2024, doi: 10.55826/jtmit.v3i3.451.
- [18] M. Bachtiar, S. S. Dahda, and E. Ismiah, “Analisis Pengendalian Kuitas Produk Pap Hanger Menggunakan Metode Six Sigma Dan FMEA Di PT. RAVANA JAYA MANYAR GRESIK,” *JUSTI J. Sist. Dan Tek. Ind.*, vol. 1, no. 4, p. 609, Jul. 2021, doi: 10.30587/justicb.v1i4.2924.
- [19] Taufik Alfin Ashari and Yohanes Anton Nugroho, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Menggunakan Metode Six Sigma Dan Kaizen (Study Kasus: PT XYZ),” *J. Cakrawala Ilm.*, vol. 1, no. 10, pp. 2505–2516, Jun. 2022, doi: 10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v1i10.2581.
- [20] E. Wirawan and Minto, “Penerapan Metode PDCA dan 5 Why Analysis pada WTP Section di PT Kebun Tebu Mas,” *J. Penelit. Bid. Inov. Pengelolaan Ind.*, vol. 1, no. 01, pp. 1–10, Sep. 2021, doi: 10.33752/invantri.v1i01.1825.
- [21] Nadia Illiyastia, I. Prakoso, and Ari Andriyas Puji, “Implementasi Pengendalian Kualitas pada Proses Pengeringan Teh Hitam (Orthodox) Menggunakan Metode Six Sigma (DMAIC) (Studi Kasus : PT. XY),” *J. Surya Tek.*, vol. 10, no. 1, pp. 564–573, Jun. 2023, doi: 10.37859/jst.v10i1.4469.
- [22] D. Satrio and H. Moektiwibowo, “Analisis Pengendalian Kualitas Pengemasan Kantong Semen Di PT SBI Dengan Metode Six Sigma,” *J. Tek.*, vol. 11, no. 2, Apr. 2022, doi: 10.35968/jtin.v11i2.981.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.