

Lean Six Sigma with the DMAIC Concept as an Effort to Control Powder Production

[Lean six sigma Dengan Konsep DMAIC Sebagai Upaya Pengendalian Produksi Powder]

M Farit Rusdiawan¹⁾, Inggit Marodiyah²⁾

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

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

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

Abstract. *PT XYZ, a powder-based food manufacturing company, is facing quality issues with 1,056 defective units out of 16,570 total production units, resulting in a defect rate of 9%, exceeding the company's tolerance of 5%. This study aims to identify the dominant defect types, analyze root causes, determine the six sigma level, and propose improvement recommendations. The method used is Lean Six Sigma with the DMAIC approach. The results indicate that the dominant defect is hold lumpy with 305 units, caused by uncontrolled moisture content and suboptimal drying processes. The DPMO value of 12,745.93 and a sigma level of 3.7 indicate that the process performance is not optimal. In addition, defects are identified as the largest waste in the production process. Improvement efforts focus on process control, machine maintenance, work standardization, raw material control, and operator training to improve quality and production efficiency.*

Keywords – *Lean Six Sigma, DMAIC, Quality Control, Powder, Product Defects*

Abstrak. *PT XYZ sebagai perusahaan manufaktur pengolahan pangan berbasis powder masih menghadapi permasalahan kualitas dengan jumlah kecacatan sebesar 1.056 unit dari total produksi 16.570 unit atau sebesar 9%, yang melebihi batas toleransi perusahaan sebesar 5%. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis cacat tertinggi, menganalisis penyebab kecacatan, menentukan level six sigma, serta menyusun rekomendasi perbaikan. Metode yang digunakan adalah Lean Six Sigma dengan pendekatan DMAIC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa defect dominan adalah hold lumpy sebanyak 305 unit yang disebabkan oleh kadar air tidak terkontrol dan proses pengeringan yang kurang optimal. Nilai DPMO sebesar 12.745,93 dan level sigma 3,7 menunjukkan kinerja proses belum optimal. Selain itu, defect merupakan waste terbesar dalam proses produksi. Rekomendasi perbaikan difokuskan pada peningkatan kontrol proses, perawatan mesin, standarisasi kerja, pengendalian bahan baku, dan pelatihan operator guna meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi.*

Kata Kunci – *Lean Six Sigma, DMAIC, Pengendalian Kualitas, Powder, Kecacatan Produk*

I. PENDAHULUAN

PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur di bidang pengolahan pangan yang berfokus pada pengembangan serta produksi bahan baku makanan dan minuman (*food ingredients*). Pada kondisi proses produksi yang fluktuatif tersebut sering menimbulkan berbagai permasalahan kualitas, terutama munculnya beberapa jenis *defect* pada produk *powder*, seperti *defect hold bulk density* (ketidaksesuaian kerapatan massa serbuk), *hold blackspot* (munculnya titik hitam akibat partikel gosong), *hold browning* (perubahan warna menjadi lebih gelap), *hold lumpy* (biasanya terbentuk karena ada gumpalan pada *powder*), serta *hold moisture content* atau kadar air yang melebihi standar. *Defect-defect* ini tidak hanya menurunkan kualitas produk, tetapi juga berdampak pada meningkatnya *rework*, penurunan efisiensi proses, serta risiko tidak terpenuhinya spesifikasi pelanggan[1].

Permasalahan utama yang dihadapi perusahaan terletak pada ketidakstabilan proses operasional mesin *spray dryer* yang berdampak langsung pada meningkatnya tingkat kecacatan produk. Dari total produksi sebanyak 16.570 *unit*, tercatat persentase *defect* sebesar 9%, angka ini melampaui batas toleransi yang telah ditetapkan perusahaan yaitu sebesar 5%.

Jenis kecacatan yang muncul tidak hanya disebabkan oleh satu faktor, melainkan melibatkan berbagai elemen dalam sistem produksi yang saling berhubungan. Berdasarkan hasil pengamatan selama lima bulan, ditemukan sebanyak 1056 *unit* cacat dari 16.570 sampel yang diperiksa, dengan jenis cacat meliputi *hold lumpy*, *hold browning*, dan *hold blackspot*. Hasil analisis menunjukkan bahwa cacat paling dominan adalah *hold lumpy* dengan persentase 29%. Sementara itu, *hold bulk density* (BD) menyumbang 23%, *hold blackspot* (BS) sebesar 21%, *hold browning*

(BR) sebesar 20% dan hold *mouisture content* (MC) sebanyak 7%. Operator produksi memiliki peran penting dalam mengatur serta memantau parameter proses, sementara bagian *Quality Control* bertanggung jawab dalam melakukan pengujian dan menetapkan status mutu produk. Di sisi lain, kondisi mesin *spray dryer* dan peralatan pendukung turut memengaruhi kestabilan proses produksi. Faktor lingkungan kerja seperti suhu dan kelembapan juga berkontribusi terhadap variasi proses. Selain itu, kebijakan, pengawasan, dan penerapan standar operasional oleh manajemen menjadi faktor pendukung dalam menjaga konsistensi kualitas[3].

Penerapan *Lean six sigma* dengan pendekatan DMAIC telah banyak dilakukan pada berbagai industri untuk mengurangi tingkat cacat dan meningkatkan stabilitas proses. *Lean Six sigma* merupakan salah satu metode perbaikan kualitas yang dirancang khusus untuk menurunkan tingkat *defect* dalam proses produksi. Metode ini mengintegrasikan prinsip *Lean*, yang berfokus pada pengurangan *waste* dan peningkatan aliran proses, dengan *Six sigma* yang menekankan pengendalian variasi dan peningkatan kapabilitas proses[4]. Konsep DMAIC dipilih karena terbukti efektif dalam memecahkan masalah yang sistematis, terukur, dan berbasis data dalam upaya menurunkan *defect* pada proses produksi serbuk di PT XYZ. Dalam penelitian ini, penggunaan DMAIC menunjukkan bahwa setiap tahap mulai dari *Define* untuk mengidentifikasi masalah kualitas, *Measure* untuk mengumpulkan dan memvalidasi data *defect*, *Analyze* untuk menemukan akar penyebab, *Improve* untuk merancang solusi perbaikan, hingga *Control* untuk memastikan hasil perbaikan tetap stabil berkontribusi langsung terhadap penurunan variasi proses dan perbaikan kualitas produk. Harapan saya menggunakan metode *lean six sigma* menggunakan konsep DMAIC adalah Mengidentifikasi akar penyebab secara lebih detail dibanding penelitian sebelumnya dengan mempertimbangkan mesin, lingkungan, operator, dan metode QC secara bersamaan[5].

Penelitian terdahulu yang digunakan untuk memperkuat antara lain, oleh Hafizh dan Prabowo menerapkan metode *Lean Six sigma* untuk mengidentifikasi dan mengurangi *waste* pada proses produksi obat nyamuk bakar. Melalui analisis VSM dan DMAIC, ini relevan karena menunjukkan bahwa *Lean Six sigma* efektif untuk menganalisis pemborosan dalam proses manufaktur[6]. Penelitian oleh Putri mengimplementasi perbaikan terstruktur. Studi ini menggunakan VSM dan fishbone untuk menemukan penyebab akar masalah dan memberikan rekomendasi perbaikan yang berdampak signifikan terhadap pengurangan waktu proses[7]. Jurnal lain oleh Syarif juga menerapkan prinsip *Lean Six sigma* dalam industri makanan dan minuman, menunjukkan bahwa integrasi VSM, DMAIC, dan 5S dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses produksi dan distribusi. Penelitian ini mendukung pencapaian SDGs poin 9 (*Industry, Innovation, and Infrastructure*) melalui peningkatan kapabilitas dan keandalan sistem produksi berbasis inovasi proses. Metode *Lean Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC diterapkan untuk mengidentifikasi, mengukur, dan mengendalikan variasi pada proses *spray drying* yang berdampak pada tingkat *defect* produk *powder*. Parameter kritis proses seperti suhu *inlet-outlet*, tekanan udara, dan kelembapan lingkungan dianalisis *sebagai critical to quality* (CTQ) dalam upaya meningkatkan stabilitas proses. Implementasi perbaikan dan standarisasi pengendalian proses diharapkan mampu meningkatkan performa mesin *spray dryer*, menurunkan tingkat kecacatan, serta memperkuat daya saing dan keberlanjutan sistem manufaktur[8].

Penelitian ini diharapkan mampu mengetahui jenis cacat tertinggi dan mengidentifikasi akar penyebab *defect* pada produk *powder*, bertujuan untuk mengetahui berapa nilai sigma melalui penerapan *Lean Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC, sehingga tingkat kecacatan dapat ditekan di bawah batas toleransi perusahaan. Penelitian ini diharapkan meningkatkan kapabilitas dan stabilitas proses produksi serta menghasilkan rekomendasi perbaikan yang berkelanjutan untuk pengendalian kualitas produk.

II. METODE

A. Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. XYZ yang berlokasi di desa Sambisirah, Kecamatan Wonorejo, Kabupaten Pasuruan. Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan dari bulan Oktober 2025 sampai bulan Januari 2026.

B. Pengumpulan Data

Ada dua jenis data yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu data primer dan sekunder:

1. Data Primer

Data primer diperoleh secara langsung dari sumber di lapangan melalui observasi, wawancara kepada Manager produksi dan Supervisor produksi untuk mengetahui faktor apa saja yang mempengaruhi produktivitas, seperti penyebab *defect powder*, jenis *defect powder* dan pengamatan langsung untuk memperkuat pemahaman kondisi aktual proses produksi.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang diambil dalam penelitian yaitu data jumlah uji sampel dan data jumlah cacat produk bulanan mulai bulan Februari hingga Oktober 2025 yang digunakan sebagai variabel *output*.

C. Pengolahan Data

Tahap pengolahan Data, pada penelitian ini diterapkan menggunakan metode *Lean Six sigma* merupakan salah satu metode perbaikan kualitas yang dirancang khusus untuk menurunkan tingkat *defect* dalam proses produksi. Metode ini mengintegrasikan prinsip *Lean*, yang berfokus pada pengurangan *waste* dan peningkatan aliran proses, dengan *Six sigma* yang menekankan pengendalian variasi dan peningkatan kapabilitas proses. Dalam penelitian ini, penggunaan DMAIC menunjukkan bahwa setiap tahap mulai dari *Define* untuk mengidentifikasi masalah kualitas, *Measure* untuk mengumpulkan dan memvalidasi data *defect*, *Analyze* untuk menemukan akar penyebab, *Improve* untuk merancang solusi perbaikan, hingga *Control* untuk memastikan hasil perbaikan tetap stabil berkontribusi langsung terhadap penurunan variasi proses dan perbaikan kualitas produk. Pemilihan metode ini didasarkan pada kemampuannya dalam memberikan analisis yang terstruktur untuk mengidentifikasi, mengukur, mengevaluasi, serta memperbaiki permasalahan kualitas pada proses produksi *powder* di PT.XYZ.

1. *Define*

Pada tahap *Define* dilakukan pengumpulan data untuk mengidentifikasi jumlah *defect powder* pada proses uji sampel dan dilakukan penentuan nilai CTQ dan dalam CTQ adalah sebagai dasar penentuan fokus perbaikan pada penerapan *Lean Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC[9].

2. *Measure*

pada tahap *Measure*, pengumpulan data kuantitatif dilakukan untuk mengetahui kondisi aktual proses produksi *powder*. Data yang dikumpulkan mencakup jumlah uji sampel, jumlah cacat, jenis cacat, frekuensi cacat tiap bulan, serta parameter proses seperti suhu *spray dryer*, tekanan udara, kelembapan ruangan, dan standarisasi metode sampling. Pada tahap ini juga dilakukan perhitungan DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) dan *level sigma* untuk mengetahui performansi awal proses[10].

a. Persentase masalah atau cacat

$$\bar{p} = \frac{n}{np} \dots\dots\dots (1)$$

Sumber: [11],[12], [13].

Keterangan:

n = jumlah sampel

np = jumlah kecacatan

\bar{p} = rata-rata proporsi kecacatan

b. Perhitungan baris (CL)

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

Sumber: [14],[15],[16].

Keterangan:

$\sum X$ = Jumlah total yang rusak

$\sum N$ = Jumlah total yang diperiksa

c. Perhitungan batas kendali atas (UCL)

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

Sumber:[14],[15],[16].

Keterangan:

\bar{p} = Rata-rata kecacatan produk

n = Jumlah produksi

d. Perhitungan batas kendali bawah (LCL)

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

Sumber: [14],[15],[16].

Keterangan:

\bar{p} : Rata-rata kecacatan produk

n : Jumlah Produksi

- e. Pengukuran *Defect per Opportunities* (DPO)

$$DPO = \frac{\text{Total Defect}}{\text{Total Produk} \times \text{CTQ}} \dots\dots\dots (5)$$

Sumber: [17],[18],[19].

- f. Menentukan (DPMO) *Defects Per Million Opportunities*

$$DPMO = \frac{\text{jumlah defect}}{\text{jumlah produksi} \times \text{CTQ}} \times 1.000.000 \dots\dots\dots (6)$$

Sumber: [17],[18],[19].

- g. Tingkat sigma menggunakan bantuan *microsoft excel*

$$\text{Nilai } \sigma = \text{NORMSINV} (1 - (\text{DPMO}/1.000.000)) + 1,5 \dots\dots\dots (7)$$

Sumber: [17],[18],[19].

Tabel 1. Level Sigma [16].

Presentase yang memasuki spesifikasi	DPMO	Level Sigma	Keterangan
31%	691.162	1-sigma	Sangat tidak kompetitif
69,2%	308.538	2-sigma	Rata-rata industri Indonesia
93,32%	66.807	3-sigma	
99,379%	6.210	4-sigma	Rata-rata industri USA
99,977%	233	5-sigma	
99,9997%	3,4	6-sigma	Industri kelas dunia

- h. Mengidentifikasi *Waste* dengan menggunakan *Value Stream Mapping* (VSM)

Dalam penelitian ini, identifikasi waste dilakukan menggunakan *Value Stream Mapping* (VSM) untuk memetakan aliran proses sehingga dapat terlihat *bottleneck*, aktivitas yang memperpanjang lead time, serta area proses yang menimbulkan variasi dan berpotensi menyebabkan kecacatan[20].

3. Analysis

Tahap analisis melibatkan penggunaan *fishbone* diagram untuk mengidentifikasi faktor dan penyebab. Diagram sebab dan akibat berfungsi sebagai alat yang menganalisis cacat dalam suatu perusahaan. Dengan memanfaatkan *fishbone* diagram, dapat secara efektif menampilkan faktor dan penyebab cacat, melakukan analisis menyeluruh hingga akar penyebab masalahnya ditentukan[21].

4. Improve

Tahap *improve* adalah fase peningkatan kualitas *Lean six sigma* melalui *Five M-Checklist*, berfokus pada lima elemen pada proses, yaitu *man* (operator), *milieu* (lingkungan), *method* (metode), *machine* (mesin), dan *material* (bahan). Perbaikan ini dilakukan dengan mengkaji berbagai aspek proses pertimbangan peluang, kekurangan, kemampuan, perbaikan, analisis, dan tindakan untuk perbaikan lebih lanjut[22].

5. Control

Tahap *control* adalah langkah terakhir dalam tahap peningkatan kualitas dengan menjamin tingkat kinerja yang sesuai dengan standar, yang kemudian dicatat dan dilaksanakan serta berguna sebagai langkah korektif untuk menyelesaikan proses selanjutnya[23].

D. Analisa Dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap upaya pengendalian *defect powder* dianggap relevan menggunakan *Lean six sigma* menggunakan konsep DMAIC.

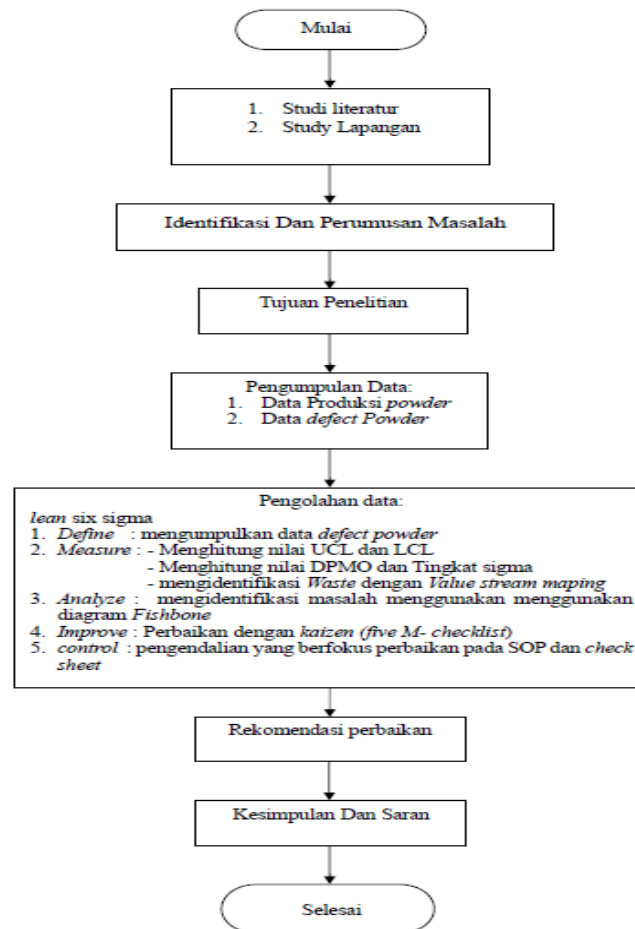
E. Rekomendasi Perbaikan

Pada tahap rekomendasi perbaikan, penyusunan usulan dilakukan berdasarkan hasil analisis akar penyebab defect serta melibatkan beberapa pihak pakar yang berkompeten di bidang produksi dan pengendalian kualitas. Pakar yang dilibatkan meliputi *Supervisor* Produksi, *Supervisor Quality Control* (QC), teknisi mesin, serta *Manager* Produksi. Keterlibatan para pakar tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa rekomendasi perbaikan yang diusulkan sesuai dengan kondisi aktual proses produksi, dapat diterapkan secara teknis, serta mampu mendukung peningkatan kualitas dan efisiensi proses produksi *powder* secara berkelanjutan.

F. Kesimpulan

Tahap kesimpulan berikut digunakan untuk menyajikan inti dari hasil analisis yang telah dilakukan, sehingga pembaca dapat memahami kontribusi penelitian terhadap peningkatan kualitas proses produksi. Kesimpulan juga menjadi dasar dalam pengambilan keputusan serta acuan dalam penyusunan rekomendasi perbaikan yang diharapkan dapat diimplementasikan oleh perusahaan. Dengan demikian, tahap kesimpulan memiliki peran penting dalam memastikan bahwa hasil penelitian tersampaikan secara sistematis, objektif, dan mudah dipahami.

Kemudian langkah-langkah dalam penelitian ini disusun secara sistematis dan digambarkan dalam bentuk diagram alir (*flow chart*) sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1. Diagram tersebut menjelaskan urutan kegiatan penelitian yang dilakukan mulai dari studi literatur dan lapangan, perumusan masalah dan batasannya, pengolahan data, analisis dan pembahasan, dan penarikan kesimpulan.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian tersebut digunakan untuk menggambarkan urutan tahapan penelitian secara sistematis, mulai dari studi literatur dan studi lapangan, identifikasi dan perumusan masalah, hingga pengumpulan dan pengolahan data. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan pendekatan *Lean Six Sigma* melalui tahapan DMAIC untuk mengidentifikasi waste, menentukan penyebab utama permasalahan, serta merumuskan perbaikan. Hasil analisis tersebut menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi perbaikan, yang selanjutnya diakhiri dengan penarikan kesimpulan dan saran, sehingga penelitian dapat berjalan secara terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan sebagai dasar untuk menentukan nilai *Critical to Quality* (CTQ) serta mengidentifikasi jumlah dan jenis kecacatan (*defect*) pada proses produksi. Data yang diperoleh digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual kualitas produk dan mengevaluasi kinerja proses produksi. Selain itu, data tersebut menjadi landasan dalam analisis menggunakan pendekatan *Lean Six Sigma* pada tahap *Define* dan *Measure* dalam siklus DMAIC. Dengan demikian, pengumpulan data berperan penting dalam memastikan analisis

dilakukan secara objektif, terukur, dan berbasis data aktual sehingga dapat mendukung penyusunan rekomendasi perbaikan yang tepat.

1. Tahap Define

Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan kualitas produk serta wawancara dengan pihak produksi dan *Quality Control*, diperoleh beberapa karakteristik kualitas yang menjadi *Critical To Quality* (CTQ) pada proses produksi powder. CTQ ini merupakan parameter penting yang harus dikendalikan karena berpengaruh langsung terhadap kualitas produk akhir. Adapun jenis CTQ yang teridentifikasi dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 2. Jenis Kecacatan

Jenis CTQ	Keterangan
<i>Hold Moisture Content (MC)</i>	Kadar air pada produk <i>powder</i> yang harus sesuai standar agar tidak mempengaruhi kualitas dan daya simpan
<i>Hold Bulk Density (BD)</i>	Tingkat kerapatan massa serbuk yang menentukan kesesuaian volume dan karakteristik produk
<i>Hold Blackspot (BS)</i>	Adanya titik hitam akibat partikel gosong yang dapat menurunkan kualitas visual produk
<i>Hold Browning (BR)</i>	Perubahan warna produk menjadi lebih gelap akibat proses yang tidak optimal
<i>Hold Lumpy</i>	Terbentuknya gumpalan pada <i>powder</i> yang menyebabkan produk tidak homogen

Berdasarkan tabel 2, diperoleh 5 *Critical To Quality* (CTQ) yang menjadi parameter utama dalam pengendalian kualitas, yaitu *hold moisture content (MC)*, *hold bulk density (BD)*, *hold blackspot (BS)*, *hold browning (BR)*, dan *hold lumpy*. Kelima CTQ tersebut merupakan karakteristik kualitas yang paling kritis karena secara langsung mempengaruhi mutu produk akhir. Dari kelima CTQ tersebut, *hold lumpy* menjadi CTQ paling dominan sehingga menjadi prioritas utama dalam upaya perbaikan kualitas proses produksi.

Data dalam penelitian ini diperoleh melalui pengamatan langsung pada setiap tahapan proses produksi di perusahaan yang menjadi objek penelitian, serta didukung oleh data historis perusahaan yang mencakup jumlah produksi pada bulan februari sampai oktober 2025. Dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Data yang Diperoleh Periode februari -Oktober 2025

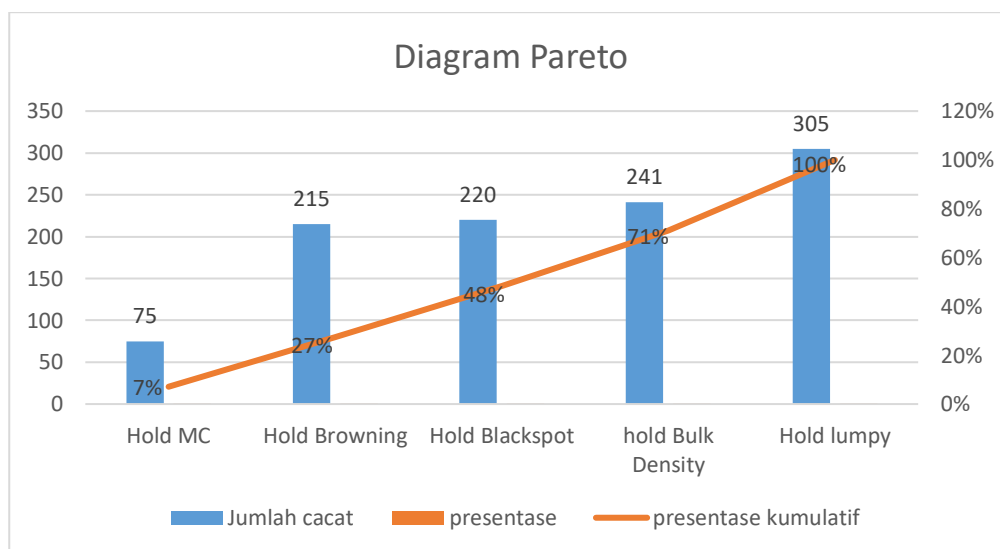
Bulan	total sampel	<i>Hold MC</i>	<i>Hold Bulk Density</i>	<i>Hold BS</i>	<i>Hold BR</i>	<i>Hold lumpy</i>	jumlah total kecacatan
februari	1288	1	34	75	2	8	120
maret	1348	8	15	40	20	35	118
april	958	15	10	30	35	51	141
mei	3207	2	20	21	18	63	124
juni	2206	0	106	0	5	18	129
juli	3030	10	19	20	50	25	124
agustus	317	0	5	15	30	20	70
september	1827	38	28	19	10	25	120
oktober	2389	1	4	0	45	60	110
total	16570	75	241	220	215	305	1056

Berdasarkan Tabel 3 total *output* yang dihasilkan perusahaan mencapai 16.570 sampel per *unit* dengan jumlah kecacatan sebanyak 1.056 sampel per *unit*. Jika dihitung, tingkat kecacatan produk sebesar 9%, angka ini melebihi standar toleransi perusahaan yang telah ditetapkan sebesar 5%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses produksi masih mengalami variasi yang cukup tinggi sehingga belum sepenuhnya berada dalam kondisi terkendali.

Tabel 4. Presentase Data *Reject* cacat

bulan	total sampel	jenis defect					jumlah total kecacatan	presentase
		<i>hold MC</i>	<i>hold Bulk density</i>	<i>Hold blackspot</i>	<i>Hold browning</i>	<i>hold lumpy</i>		
februari	1288	1	34	75	2	8	120	9%
maret	1348	8	15	40	20	35	118	9%
april	958	15	10	30	35	51	141	15%
mei	3207	2	20	21	18	63	124	4%
juni	2206	0	106	0	5	18	129	6%
juli	3030	10	19	20	50	25	124	4%
agustus	317	0	5	15	30	20	70	22%
september	1827	38	28	19	10	25	120	7%
oktober	2389	1	4	0	45	60	110	5%
total	16570	75	241	220	215	305	1056	9%

Gambar 3 menunjukkan diagram Pareto yang digunakan untuk menyajikan data kecacatan pada proses produksi *powder*, dengan tujuan mengidentifikasi permasalahan utama yang paling dominan.



Gambar 2 Diagram Pareto

Diagram Pareto pada gambar 2 hasil tersebut divisualisasikan dalam diagram Pareto untuk memperjelas perbandingan kontribusi masing-masing jenis cacat. Diagram menunjukkan bahwa *Hold lumpy* menjadi penyumbang terbesar terhadap total kecacatan, diikuti oleh *hold Bulk Density* dan *Hold Blackspot*. Garis persentase kumulatif pada diagram memperkuat bahwa lebih dari setengah total kecacatan berasal dari tiga jenis cacat utama.

Tabel 5. Analisis Pareto

Jenis cacat	Jumlah cacat	presentase	presentase kumulatif
<i>Hold MC</i>	75	7%	7%
<i>Hold Browning</i>	215	20%	27%
<i>Hold Blackspot</i>	220	21%	48%
<i>hold Bulk Density</i>	241	23%	71%
<i>Hold lumpy</i>	305	29%	100%
total	1056	100%	

Berdasarkan tabel 5, total kecacatan pada proses produksi *powder* mencapai 1.056 unit yang terbagi ke dalam lima jenis cacat. Cacat dengan jumlah tertinggi adalah *Hold lumpy* sebanyak 305 unit (29%), diikuti oleh *hold Bulk Density* sebesar 241 unit (23%), *Hold Blackspot* sebanyak 220 unit (21%), *Hold Browning* sebesar 215 unit (20%), dan yang paling rendah adalah *Hold MC* sebanyak 75 unit (7%).

B. Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan untuk mengubah data mentah menjadi informasi yang terstruktur dan siap dianalisis. Data yang telah dikumpulkan diolah menggunakan pendekatan Lean Six Sigma pada tahapan *Measure*. Proses pengolahan meliputi perhitungan LCL dan UCL selanjutnya menghitung nilai DPMO dan nilai *sigma*.

2. Measure

Tahap *measure* diawali dengan penentuan batas kendali (UCL dan LCL) untuk memverifikasi stabilitas proses produksi. Selanjutnya, metodologi *Lean* diintegrasikan melalui penyusunan *Value Stream Mapping (VSM)* guna memetakan alur proses sekaligus mengeliminasi aktivitas *non-value added*. Rangkaian evaluasi ini ditutup dengan pengukuran kinerja *Six Sigma* melalui perhitungan DPMO dan penentuan *sigma level* sebagai parameter kapabilitas proses.

Perhitungan UCL dan LCL

Pada perhitungan UCL dan LCL ini menggunakan P-Chart untuk menentukan ada tidaknya faktor-faktor yang berada luas batas *control*. Menghitung Proporsi Produk :

1. Menghitung (CL)

$$\bar{p} = \frac{\text{jumlah sampel bulan februari}}{\text{jumlah kecacatan bulan februari}}$$

$$\bar{p} = \frac{120}{1288}$$

$$= 0,093$$

2. Menghitung Control Level (CL)

$$CL = \bar{p} = \frac{\text{jumlah total rusak}}{\text{jumlah total yang di terima}}$$

$$CL = \bar{p} = \frac{1056}{16570}$$

$$= 0,064$$

3. Menghitung Upper Control Level (UCL)

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\text{jumlah total kecacatan bulan februari}}}$$

$$UCL = 0,064 + 3 \sqrt{\frac{0,064(1-0,064)}{1288}}$$

$$UCL = 0,084$$

4. Menghitung Lower Control Level (LCL)

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\text{jumlah total kecacatan bulan februari}}}$$

$$LCL = 0,064 - 3 \sqrt{\frac{0,064(1-0,064)}{1288}}$$

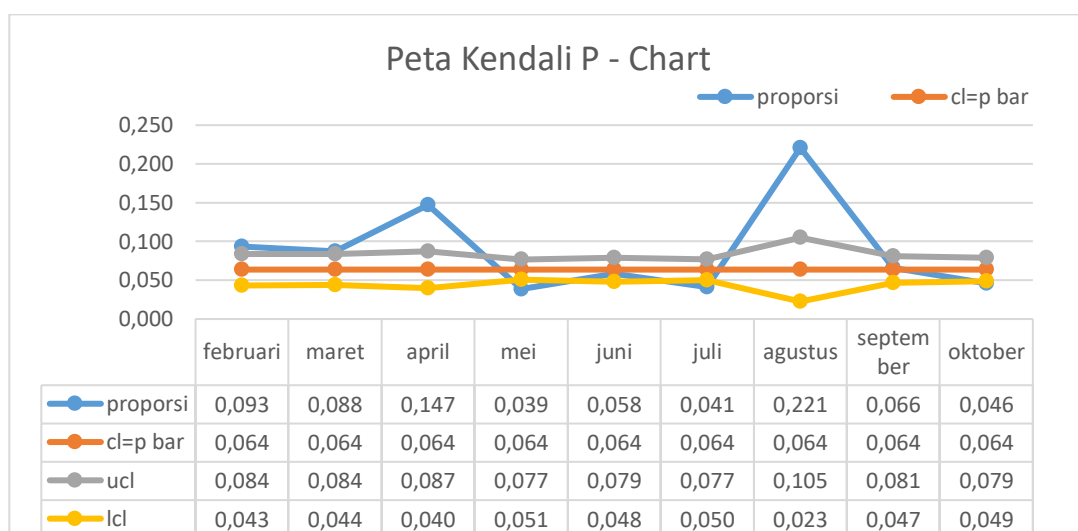
$$LCL = 0,043$$

Tabel 6. Hasil Perhitungan Nilai P, CL, UCL, dan LCL

Bulan	Total Sampel	Jumlah Defect	proporsi	ucl	cl=p bar	lcl
februari	1288	120	0,093	0,084	0,064	0,043
maret	1348	118	0,088	0,084	0,064	0,044
april	958	141	0,147	0,087	0,064	0,040
mei	3207	124	0,039	0,077	0,064	0,051
juni	2206	129	0,058	0,079	0,064	0,048

juli	3030	124	0,041	0,077	0,064	0,050
agustus	317	70	0,221	0,105	0,064	0,023
september	1827	120	0,066	0,081	0,064	0,047
oktober	2389	110	0,046	0,079	0,064	0,049
Total	16570	1056				

Berdasarkan tabel 6, pada bulan februari didapatkan nilai CL sebesar 0,064, nilai UCL sebesar 0,084, nilai LCL sebesar 0,043. Kemudian pada bulan Maret nilai CL sebesar 0,064, nilai UCL sebesar 0,084, nilai LCL sebesar 0,044. Kemudian pada bulan april nilai CL sebesar 0,064, nilai UCL sebesar 0,087, nilai LCL sebesar 0,040, Kemudian pada bulan mei nilai CL sebesar 0,064, nilai UCL sebesar 0,077, nilai LCL sebesar 0,051, Kemudian pada bulan juni nilai CL sebesar 0,064, nilai UCL sebesar 0,079, nilai LCL sebesar 0,048, Kemudian pada bulan juli nilai CL sebesar 0,064, nilai UCL sebesar 0,077, nilai LCL sebesar 0,050, Kemudian pada bulan agustus nilai CL sebesar 0,064, nilai UCL sebesar 0,105, nilai LCL sebesar 0,023. Kemudian pada bulan september nilai CL sebesar 0,064, nilai UCL sebesar 0,081, nilai LCL sebesar 0,047. Kemudian pada bulan oktober nilai CL sebesar 0,064, nilai UCL sebesar 0,079, nilai LCL sebesar 0,049.



Gambar 3 Peta Kendali p – chart

Pada Gambar 3 tersebut menunjukkan Peta Kendali p – chart dengan nilai proporsi produk cacat dari bulan Februari hingga Oktober dengan garis tengah (CL) sebesar 0,064, serta batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) yang berbeda pada setiap periode. Secara umum, sebagian besar nilai proporsi cacat berada di dalam batas kendali, sehingga proses produksi dapat dikatakan terkendali secara statistik. Namun, pada bulan Agustus terjadi lonjakan proporsi cacat sebesar 0,221 yang melebihi batas kendali atas (0,105), sehingga menunjukkan kondisi tidak terkendali (*out of control*) akibat kemungkinan adanya penyebab khusus. Sementara itu, bulan Mei dan Juli memiliki nilai proporsi yang relatif rendah dan mendekati batas kendali bawah, tetapi masih dalam batas yang diizinkan. Dengan demikian, proses produksi secara keseluruhan cukup stabil, namun perlu dilakukan analisis lebih lanjut terhadap penyimpangan pada bulan Agustus agar kejadian serupa tidak terulang.

Perhitungan DPMO dan Level Sigma

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui hasil perhitungan DPMO dan menentukan nilai level sigma perusahaan. Analisis dilakukan berdasarkan data kecacatan (*defect*) yang diperoleh dari proses produksi selama periode 9 bulan.

- a. Menghitung *Defect Per Opportunitie* (DPO)

$$\begin{aligned}
 \text{DPO} &= \frac{\text{jumlah defect bulan februari}}{\text{Total Produk februari} \times \text{CTQ}} \\
 &= \frac{120}{1288 \times 5} \\
 &= 0,46584
 \end{aligned}$$

- b. Menghitung *Defect Per Milion Opportunities* (DPMO)

$$\begin{aligned}
 \text{DPMO} &= \frac{\text{jumlah defect bulan februari}}{\text{Total Produk februari} \times \text{CTQ}} \times 1.000.000 \\
 &= \frac{120}{1288 \times 5} \times 1.000.000 \\
 &= 18633,54
 \end{aligned}$$

c. Menghitung *Level Sigma*

$$\text{NORMSINV} (1 - \text{DPMO}/1.000.000) + 1,5 = \text{NORMSINV} \left(\frac{1.000.000 - 18633,54}{1.000.000} \right) + 1,5 = 3,6$$

Tabel 7. Perhitungan DPO,DPMO dan *level sigma*

Bulan	total sampel	total defect	CTQ	DPO	DPMO	Level sigma
februari	1288	120	5	0,46584	18633,54	3,6
maret	1348	118	5	0,43769	17507,42	3,6
april	958	141	5	0,73591	29436,33	3,4
mei	3207	124	5	0,19333	7733,08	3,9
juni	2206	129	5	0,29238	11695,38	3,8
juli	3030	124	5	0,20462	8184,82	3,9
agustus	317	70	5	1,10410	44164,04	3,2
september	1827	120	5	0,32841	13136,29	3,7
oktober	2389	110	5	0,23022	9208,87	3,9
Rata Rata					17744,42	3,7

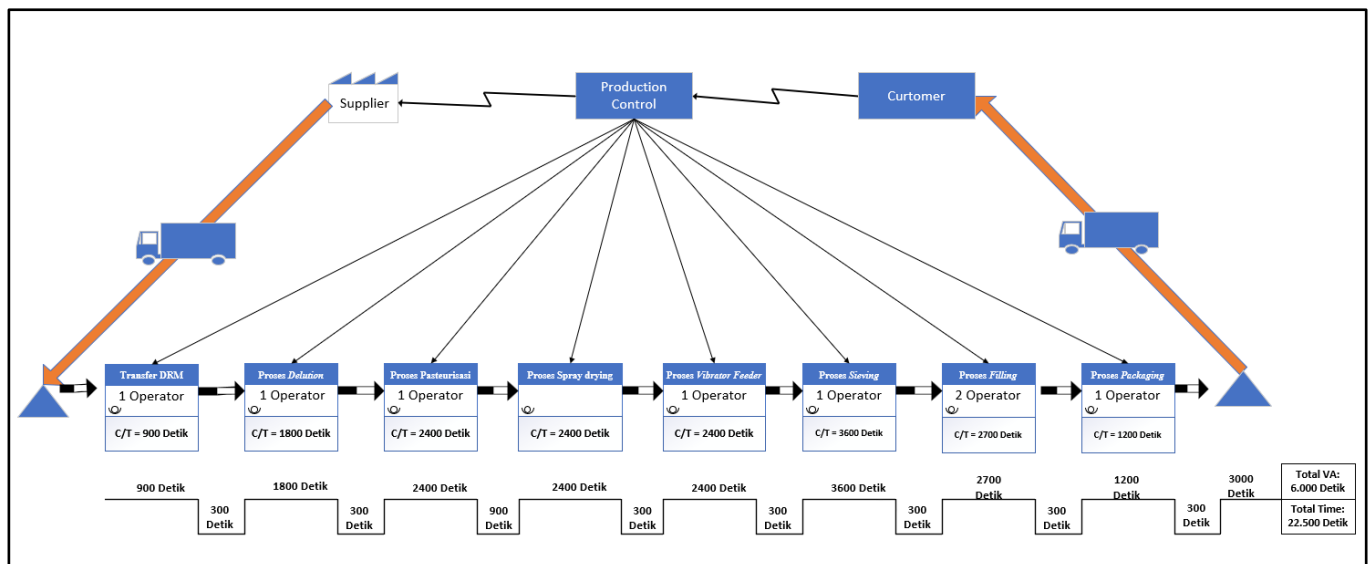
Bedasarkan tabel 7 diatas rata rata *level sigma* yang diperoleh yaitu sebesar 3,7 menunjukkan bahwa *level sigma* perusahaan saat ini masih belum mampu mendekati enam sigma. Oleh sebab itu perlu melakukan pengendalian kualitas guna melakukan perbaikan dan meningkatkan kualitas proses produksi *powder* sehingga mampu meningkatkan nilai *level sigma* dan menurunkan nilai DPMO.

C. Analisa dan pembahasan

Tahap analisa dan pembahasan diawali dengan identifikasi pemborosan (*waste*) menggunakan metode VSM untuk mengetahui aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses produksi. Selanjutnya, dilakukan analisis akar penyebab menggunakan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*) dengan mengelompokkan faktor ke dalam kategori *man, machine, method, material, dan environment*.

Identifikasi Waste Menggunakan Value Stream Mapping

Untuk mengidentifikasi aliran proses serta pemborosan yang terjadi, dilakukan pemetaan menggunakan *Value Stream Mapping* (VSM). VSM digunakan untuk menggambarkan seluruh aktivitas produksi mulai dari *supplier* hingga produk sampai ke customer, termasuk waktu proses (*cycle time*) dan waktu tunggu pada setiap tahapan.



Gambar 4. *Current stream mapping*

Berdasarkan Gambar 4, aliran proses produksi *powder* dimulai dari supplier yang kemudian diteruskan ke bagian *production control* sebelum masuk ke proses utama produksi. Tahapan proses meliputi *transfer DRM*, proses *dissolution*, *pasteurisasi*, *spray drying*, *vibrator feeder*, *sieving*, *filling*, hingga *packaging* sebelum akhirnya dikirim ke customer.

selanjutnya dilakukan *VA/NVA Mapping*, yang digunakan untuk memetakan seluruh tahapan mulai proses penerimaan bahan baku hingga menjadi produk jadi yang siap diserahkan kepada *customer*.

Tabel 5. *Process Activity Mapping (PAM)*

No	Proses	Aktivitas	VA	NNVA	NVA	Waktu (detik)	Operator
1	<i>Transfer DRM</i>	Pemindahan bahan			✓	900	1
2	<i>Transfer</i>	pemindahan ke area <i>Dissolution</i>			✓	300	0
3	<i>Dissolution</i>	Proses pelarutan	✓			1800	1
4	<i>Transfer</i>	pemindahan ke area <i>Pasteurisasi</i>			✓	300	0
5	<i>Pasteurisasi</i>	Pemanasan bahan	✓			2400	1
6	<i>Transfer</i>	pemindahan ke area <i>Spray Drying</i>			✓	300	0
7	<i>Spray Drying</i>	Proses pengeringan	✓			2400	1
8	<i>Transfer</i>	pemindahan ke area <i>Vibrator Feeder</i>			✓	300	0
9	<i>Vibrator Feeder</i>	Pengaturan aliran <i>powder</i>	✓			2400	1
10	<i>Transfer</i>	pemindahan ke area <i>sieving</i>			✓	300	0
11	<i>Sieving</i>	Penyaringan <i>powder</i>	✓			3600	1
12	<i>Waiting</i>	pemindahan ke area <i>Filling</i>			✓	300	0
13	<i>Filling</i>	Pengisian produk	✓			2700	2
14	<i>Waiting</i>	pemindahan ke area <i>packaging</i>			✓	300	0
15	<i>Packaging</i>	Pengemasan produk	✓			1200	1
16	<i>Storage</i>	Penyimpanan produk		✓		3000	1
Total			7	1	8	22.500 detik	17

Berdasarkan Tabel 5, Berdasarkan hasil *Process Activity Mapping*, Aktivitas *waiting* yang teridentifikasi dalam proses ini tidak hanya berdampak pada pemborosan waktu, tetapi juga berpotensi langsung menyebabkan *defect*. Dalam konteks produksi *powder*, waktu tunggu ini dapat mengakibatkan perubahan karakteristik produk, menimbulkan produk menjadi gosong dan peningkatan kadar air, penggumpalan, hingga terjadinya *defect hold lumpy*. Hal ini menunjukkan bahwa *waiting* termasuk *waste of defect*, tetapi juga menjadi faktor penyebab utama penurunan kualitas produk.

Tabel 6. Presentase VA,NVA Dan NNVA

Kategori	Waktu (detik)	Persentase (%)
VA	16.500	73,33%
NVA	6.000	13,33%
NNVA	3.000	13,33%
Total	27.000	100%

Berdasarkan tabel 6, hasil perhitungan persentase aktivitas, diketahui bahwa aktivitas *value added* (VA) sebesar 73,33%, *non value added* (NVA) sebesar 13,33%, dan *necessary non value added* (NNVA) sebesar 13,33%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar waktu proses digunakan untuk aktivitas yang memberikan nilai tambah, masih terdapat pemborosan yang cukup signifikan pada aktivitas *non value added*, khususnya pada aktivitas *transfer*. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan untuk mengurangi aktivitas yang tidak bernilai tambah guna meningkatkan efisiensi proses produksi.

Berdasarkan hasil berikut terlihat bahwa aktivitas *non value added* mendominasi proses produksi. Oleh karena itu, dilakukan identifikasi *waste* untuk mengklasifikasikan dan menentukan pemborosan yang paling dominan, yang kemudian disajikan dalam Tabel Skor Jenis *Waste*.

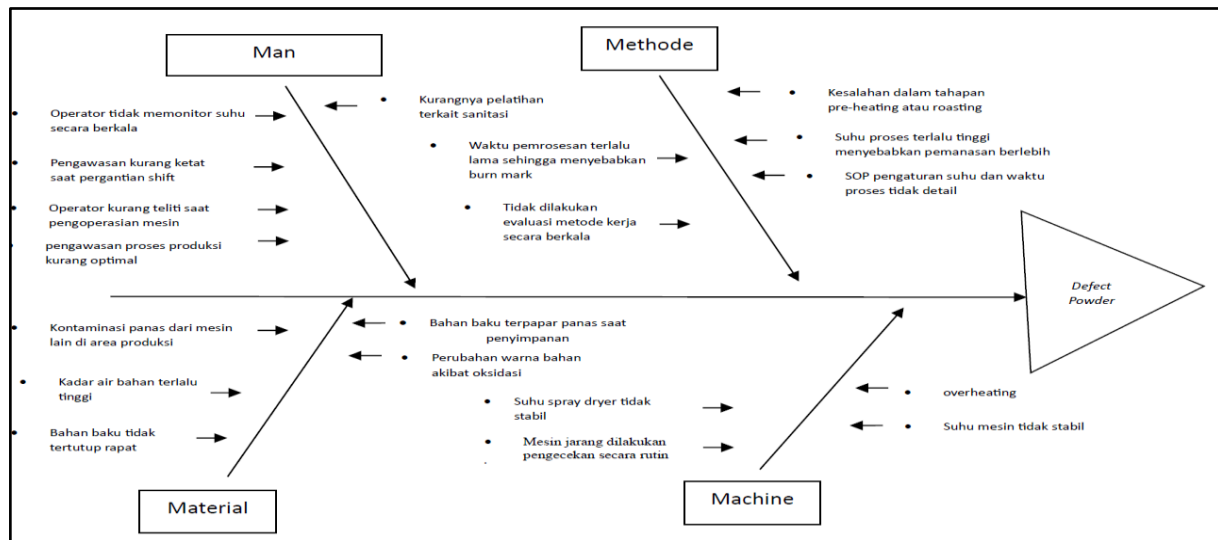
Tabel 8. Identifikasi *waste*

jenis <i>Waste</i>	Skor
<i>Waste of Defect</i>	4
<i>waste of Inventory</i>	3
<i>waste of Waiting</i>	2
<i>waste of Transportation</i>	1
<i>waste of Overprocessing</i>	1
<i>waste of Motion</i>	1

Berdasarkan tabel 7 *waste*, diketahui bahwa *waste of defect* merupakan pemborosan paling dominan dengan skor tertinggi yaitu 4, diikuti oleh *waste of inventory* dengan skor 3, serta *waste of waiting* dengan skor 2. Sementara itu, *waste* lainnya seperti *transportation*, *overprocessing*, dan *motion* memiliki skor yang relatif rendah yaitu 1. Hal ini menunjukkan bahwa permasalahan utama dalam proses produksi terletak pada kecacatan produk (*defect*) yang menyebabkan terjadinya *rework* serta meningkatkan waktu dan biaya produksi. Selain itu, tingginya *inventory* dan waktu tunggu juga menjadi indikasi adanya ketidakseimbangan dalam aliran produksi. Oleh karena itu, prioritas perbaikan sebaiknya difokuskan pada Pengurangan *defect* melalui peningkatan kontrol kualitas.

3. *Analysis*

Pada tahap analisis ini menggunakan *fishbone* diagram untuk mengidentifikasi faktor dan penyebab. Diagram sebab dan akibat berfungsi sebagai alat yang menganalisis cacat dalam suatu perusahaan. Di lakukan analisis menyeluruh hingga akar penyebab masalahnya ditentukan. kemudian diverifikasi melalui wawancara. Hasil dari analisis tersebut selanjutnya disajikan pada Gambar Gambar 3.



Gambar 3. Fishbone Diagram

Berdasarkan analisis pada gambar 3, diketahui bahwa penyebab terjadinya *defect* pada produk *powder* dipengaruhi oleh beberapa faktor utama yaitu *man*, *method*, *material*, dan *machine*. Pada faktor *man*, *defect* disebabkan oleh kurangnya ketelitian operator dalam memonitor suhu proses serta pengawasan yang kurang optimal saat pergantian shift. Pada faktor *method*, penyebabnya adalah kesalahan dalam tahapan proses seperti *pre-heating* serta SOP pengaturan suhu dan waktu proses yang belum detail sehingga berpotensi menyebabkan pemanasan berlebih. Pada faktor *material*, *defect* dapat terjadi karena kadar air bahan baku yang tinggi serta penyimpanan bahan yang kurang baik sehingga mempengaruhi kualitas bahan. Sementara itu, pada faktor *machine*, *defect* disebabkan oleh kondisi mesin yang tidak stabil, *overheating*, serta kurangnya pengecekan mesin secara rutin. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa *defect powder* terjadi akibat kombinasi beberapa faktor dalam proses produksi sehingga diperlukan perbaikan pada aspek operator, metode kerja, bahan baku, dan mesin.

D. Rekomendasi perbaikan

Tahap rekomendasi perbaikan mengacu pada fase *Improve* dan *Control* dalam metode *Lean Six Sigma*. Pada tahap *Improve*, dilakukan penerapan usulan perbaikan untuk mengatasi akar penyebab kecacatan dan pengurangan *waiting* untuk menyelaraskan kecepatan antar stasiun kerja dengan menambahkan mesin dan operator. Selanjutnya, pada tahap *Control*, dilakukan pengendalian untuk memastikan perbaikan berjalan secara konsisten.

4. Improve

Tahap *Improve* dilakukan untuk merumuskan usulan perbaikan berdasarkan hasil analisis penyebab *defect* yang telah diidentifikasi pada tahap sebelumnya menggunakan *fishbone* diagram. Perbaikan difokuskan pada faktor-faktor utama yang mempengaruhi munculnya *defect* pada proses produksi *powder* dengan menggunakan pendekatan 5M (*Man*, *Machine*, *Method*, *Material*, dan *Milieu/Environment*). Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengurangi tingkat kecacatan serta meningkatkan stabilitas proses produksi.

Tabel 9. Five M Checklist

Faktor	Penyebab Masalah	Analisis	Usulan Perbaikan
<i>Man</i>	Operator kurang memonitor suhu proses	Monitoring proses tidak dilakukan secara berkala sehingga parameter proses tidak stabil	Memberikan pelatihan kepada operator terkait pengendalian suhu dan monitoring proses
<i>Man</i>	Pengawasan saat pergantian <i>shift</i> kurang optimal	Terjadi perbedaan pengoperasian mesin antar operator	Melakukan briefing dan serah terima informasi sebelum pergantian shift
<i>Machine</i>	waktu <i>waiting</i> , dan kestabilan proses produksi	Analisis kebutuhan kapasitas mesin serta pengaturan jadwal	Melakukan penambahan mesin atau kapasitas mesin.

Method	SOP pengaturan suhu belum detail	Operator memiliki interpretasi berbeda dalam menjalankan proses	Melakukan revisi dan standarisasi SOP proses produksi
Material	Kadar air bahan baku tinggi	Bahan baku belum melalui pengecekan kualitas secara optimal	Melakukan pengecekan kadar air sebelum proses produksi
Material	Penyimpanan bahan baku kurang baik	Bahan baku terpapar panas dan kelembapan	Memperbaiki sistem penyimpanan bahan baku di gudang
Milieu	Suhu dan kelembapan lingkungan tidak stabil	Lingkungan produksi mempengaruhi kualitas <i>powder</i>	Mengontrol suhu dan kelembapan area produksi

Berdasarkan tabel 9, hasil analisis tabel 5M *Checklist* di atas, diketahui bahwa penyebab *defect* pada proses produksi *powder* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu *man*, *machine*, *method*, *material*, dan *milieu*. Pada faktor *man*, *defect* terjadi karena operator kurang melakukan monitoring proses dan pengawasan saat pergantian *shift*. Pada faktor *machine*, kondisi mesin yang kurang stabil serta kurangnya perawatan mesin dapat mempengaruhi kualitas produk. Pada faktor *method*, SOP pengaturan suhu dan waktu proses belum dijelaskan secara detail sehingga proses tidak berjalan konsisten. Pada faktor *material*, kadar air bahan baku yang tinggi serta penyimpanan bahan yang kurang baik dapat mempengaruhi kualitas *powder*. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan melalui peningkatan pelatihan operator, perbaikan SOP, pengendalian bahan baku, serta penerapan perawatan mesin secara rutin.

Sebagai implementasi dari usulan perbaikan tersebut, disusun *future state value stream mapping* yang menggambarkan kondisi aliran proses produksi setelah dilakukan perbaikan. *Future state* ini menunjukkan bagaimana perubahan yang diusulkan mampu mengurangi pemborosan, meningkatkan stabilitas proses, serta menurunkan *lead time* secara keseluruhan. Gambar berikut menunjukkan *future state value stream mapping* setelah dilakukan perbaikan.

5. Control

Tahap Control dilakukan untuk memastikan bahwa perbaikan yang telah diusulkan dapat berjalan secara konsisten dan mampu menurunkan tingkat *defect* pada proses produksi *powder*. Pengendalian dilakukan dengan melakukan monitoring parameter proses seperti suhu *inlet-outlet*, tekanan udara, serta kelembapan ruangan secara berkala agar tetap sesuai dengan standar proses. Selain itu, dilakukan penerapan SOP yang telah diperbaiki, pengecekan kadar air bahan baku sebelum proses produksi, serta pengawasan operator dalam mengoperasikan mesin. Perusahaan juga perlu menerapkan perbaikan secara rutin pada mesin dan melakukan evaluasi data *defect* secara berkala menggunakan peta kendali agar proses produksi tetap stabil dan tingkat kecacatan produk *powder* dapat diminimalkan.

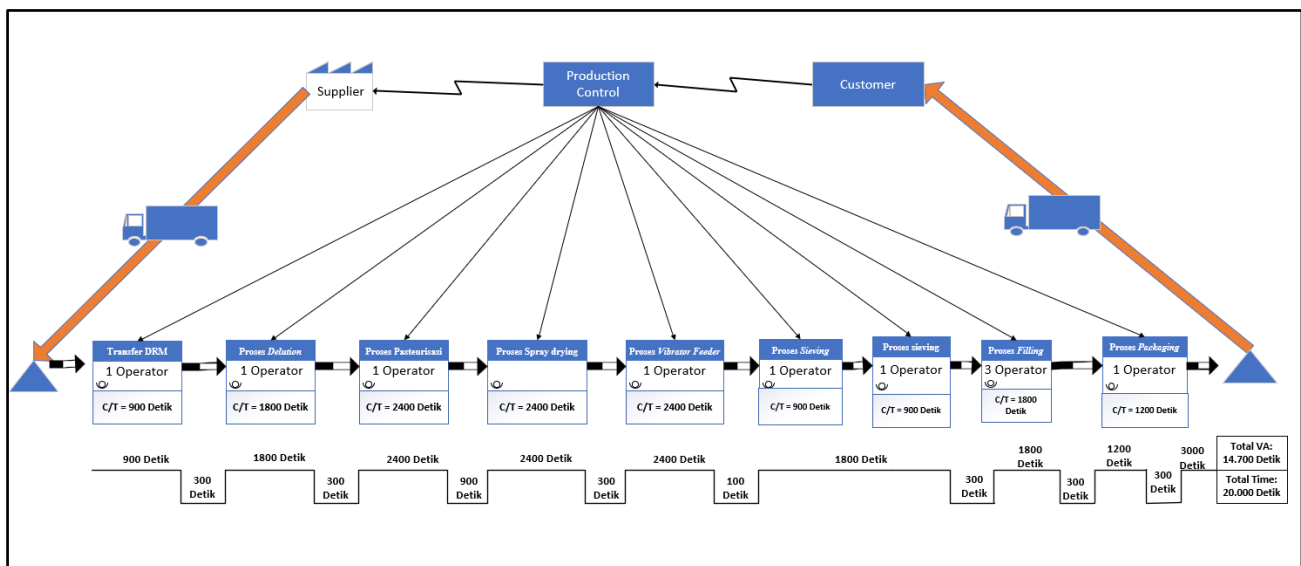
Tabel.10 Rekomendasi perbaikan

Faktor	Rekomendasi Perbaikan	Aspek yang Harus Diperhatikan	Tindakan Pengendalian	Control yang Dilakukan
Man (Operator)	Memberikan pelatihan operator terkait pengoperasian mesin	Ketelitian operator dan pemahaman SOP	Monitoring proses produksi secara berkala	Evaluasi kinerja operator dan briefing sebelum shift
Machine (Mesin)	Melakukan penambahan mesin atau kapasitas mesin	waktu <i>waiting</i> , dan kestabilan proses produksi	Analisis kebutuhan kapasitas mesin serta pengaturan jadwal.	Monitoring efektivitas penggunaan mesin dan evaluasi.

Method (Metode)	Melakukan revisi dan standarisasi SOP proses produksi	Pengaturan suhu dan waktu proses	Penerapan SOP secara konsisten	Audit proses produksi secara berkala
Material (Bahan Baku)	Melakukan pengecekan kualitas bahan baku sebelum produksi	Kadar air dan kualitas bahan baku	Pengujian bahan baku sebelum digunakan	Pencatatan hasil pengujian bahan baku
Milieu (Lingkungan)	Mengontrol kondisi lingkungan area produksi	Suhu dan kelembapan ruang produksi	Monitoring kondisi lingkungan produksi	Pengecekan suhu dan kelembapan secara berkala

Berdasarkan tabel 10 tersebut, dari hasil diskusi dengan pihak supervisor QC dan pihak manajer produksi upaya pengendalian dilakukan dengan memperhatikan faktor utama yang mempengaruhi kualitas produk *powder* yaitu operator, mesin, metode, bahan baku, dan lingkungan produksi. Setiap faktor memiliki rekomendasi perbaikan yang diikuti dengan tindakan pengendalian serta kontrol yang harus dilakukan secara berkala agar proses produksi tetap stabil. Dengan adanya pengendalian tersebut diharapkan tingkat *defect* pada produk *powder* dapat diminimalkan serta kualitas produk yang dihasilkan menjadi lebih konsisten[23].

Sebagai implementasi dari usulan perbaikan tersebut, disusun *future state value stream mapping* yang menggambarkan kondisi aliran proses produksi setelah dilakukan perbaikan.



Gambar 4. Future Stream Mapping.

Berdasarkan Gambar 4 *Future Stream Mapping*, dilakukan perbaikan pada beberapa tahapan proses untuk mengurangi *waiting time* yang sebelumnya mendominasi aliran produksi. Pada proses *sieving*, kapasitas ditingkatkan melalui penambahan mesin dari satu menjadi dua unit, masing-masing dengan waktu proses 900 detik. Sementara itu, pada proses *filling*, dilakukan penambahan tenaga kerja menjadi tiga operator sehingga waktu proses dapat dipangkas menjadi 1800 detik. Perbaikan tersebut berdampak signifikan terhadap penurunan *waiting time*, sehingga aliran produksi menjadi lebih lancar dan lini produksi berada dalam kondisi *balanced*. Hal ini ditunjukkan dengan beban kerja antar stasiun yang berada pada rentang waktu yang relatif seragam. Keseimbangan lini ini tidak hanya meningkatkan kapasitas output harian, tetapi juga mengurangi potensi kelelahan operator akibat penumpukan material di titik tertentu.

VII. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode *Lean Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC, diketahui bahwa proses produksi *powder* di PT XYZ masih memiliki tingkat kecacatan sebesar 9% atau sebanyak 1.056 unit

dari total produksi 16.570 unit, yang melebihi batas toleransi perusahaan sebesar 5%. Jenis cacat dominan adalah *hold lumpy* sebesar 29%, yang menunjukkan bahwa permasalahan utama terletak pada ketidakstabilan proses produksi, khususnya terkait kadar air dan proses pengeringan. Hasil pengukuran kinerja proses menunjukkan nilai DPMO sebesar 17.744,42 dengan *level sigma* sebesar 3,7, yang mengindikasikan bahwa kapabilitas proses masih belum optimal dan masih memerlukan perbaikan berkelanjutan. Selain itu, hasil identifikasi *waste* menggunakan *Value Stream Mapping* (VSM) menunjukkan bahwa *waste of defect* merupakan pemborosan paling dominan, yang diperkuat dengan adanya aktivitas *waiting* yang tidak hanya memperpanjang *lead time* tetapi juga berkontribusi langsung terhadap munculnya *defect*. Implementasi perbaikan yang divisualisasikan melalui *future stream mapping* menunjukkan adanya peningkatan efisiensi proses, ditandai dengan berkurangnya *waiting time* melalui penambahan mesin pada proses *sieving* dan penambahan operator pada proses *filling*. Perbaikan ini menghasilkan kondisi lini produksi yang lebih seimbang (*balanced*), meningkatkan kapasitas *output*, serta menjaga stabilitas kualitas produk. Dengan demikian, penerapan *Lean Six Sigma* terbukti efektif dalam mengidentifikasi akar permasalahan, mengurangi *waste*, serta meningkatkan efisiensi dan kualitas proses produksi *powder* secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA) serta perusahaan PT XYZ atas kesempatan, bantuan, dan penyediaan data selama proses penelitian ini berlangsung.

REFERENSI

- [1] A. Kusumastuti *et al.*, “Pemberdayaan Produsen Batik melalui Inovasi Spray Dryer dalam Pengolahan Pewarna Alami di Gunungpati, Semarang,” *J. Inov. Pengabd. dan Pemberdaya. Masy.*, vol. 5, no. 2, pp. 299–310, 2025, doi: 10.54082/jippm.886.
- [2] W. E. Mulyani, L. Wardani, and A. N. Fitriyanti, “Metode Pengeringan Zat Warna Bubuk Ekstraksi Kulit Bawang Merah menggunakan Convection Oven-drying dan Spray-drying,” *Texere*, vol. 19, no. 2, pp. 83–93, 2021, doi: 10.53298/texere.v19i2.02.
- [3] Suparyati, E. Utami, and A. H. Muhammad, “Applying Different Resampling Strategies In Random Forest Algorithm To Predict Lumpy Skin Disease,” *J. RESTI*, vol. 6, no. 4, pp. 555–562, 2022, doi: 10.29207/resti.v6i4.4147.
- [4] R. C. Lestari, K. F. M. C. P. D. I. M. L. S. S. Handayani, G. G. Firmansah, and M. Fauzi, “Upaya Meminimalisasi Cacat Produk Dengan Implementasi Metode Lean Six Sigmas,” *J. Bayesian J. Ilm. Stat. dan Ekon.*, vol. 2, no. 1, pp. 82–92, 2022, doi: 10.46306/bay.v2i1.31.
- [5] O. Sutaarga and F. Amiza, “MENGUNAKAN METODE SIX SIGMA DMAIC PADA AREA DEPOSITOR DI PT MAYORA INDAH TBK QUALITY CONTROL ANALYSIS OF KOPIKO CAPPUCCINO USING THE SIX SIGMA DMAIC METHOD IN THE DEPOSITOR AREA,” vol. 10, no. 2, pp. 133–144, 2025.
- [6] M. A. Hafizh, R. Prabowo, and S. Artikel, “Implementasi Lean Six Sigma untuk Meminimasi Waste Proses Produksi Obat Nyamuk Bakar,” *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 9, no. 1, pp. 1–12, 2023, [Online]. Available: <https://e-jurnal.lppmunsera.org/index.php/INTECH/article/view/4583>
- [7] N. Safa, R. Putri, K. Dewi, and D. Marsetiya Utama, “Peningkatan Efisiensi Produksi Dengan Pendekatan Lean Six Sigma di Industri Makanan,” *J. Ind. View*, vol. 7, no. 1, pp. 50–64, 2025.
- [8] Muhammad Shidqa Irahman and Muhammad Shaquille Rayhan, “Implementasi Prinsip Lean Six Sigma Dalam Meningkatkan Efisiensi Dan Efektivitas Proses Produksi Dan Distribusi Pada Makanan Dan Minuman,” *LANDMARK J. Pengabd. Masy.*, vol. 2, no. 2, pp. 31–36, 2024, [Online]. Available: <http://ejournal.unisi.ac.id/index.php/landmark/article/view/3000/1665>
- [9] A. Saefulhadi, C. B. Hakim, A. Ridwan, A. N. Firmansyah, F. M. Hana, and Muadzah, “Analisa Pengendalian Kualitas Produk Dengan Metode Six Sigma PT. XYZ,” *Metod. J. Tek. Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 36–50, 2025.
- [10] S. H. Probokusumo, Aries Susanti, “Journal Of Industrial Engineering Management DRINKS USING THE SIX SIGMA METHOD ON MULTILANE,” *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 7, no. 3, pp. 195–202, 2022.
- [11] 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 (Productivity, Optim. Manuf. Syst. Eng.)*, vol. 4, no. 1, pp. 47–56, 2021, doi: 10.21070/prozima.v4i1.1272.
- [12] . Saleh, M., Dharma, D.G.S., Banjarnahor, M.J., Nugroho, M.K.F and S. P, “Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Lean Six Sigma Produk Tahu Mentah (Studi Kasus Tahu Sumedang Permata),” *J. Logist.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–10, 2023.

- [13] M. R. Firmansyah and A. S. Cahyana, "Analysis of an Integrative Approach Using the Six Sigma Method and DMAIC on the Quality of Tablet Medicine Stripping Packaging Analisa Pendekatan Integratif Menggunakan Metode Six Sigma dan DMAIC Pada Kualitas Kemasan Stripping Obat Tablet," pp. 1–11, 2024.
- [14] N. A. Syarif and A. Profita, "Analisis Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Kernel Losses Dengan Menerapkan Metode Statistical Procces Control (SPC)," *J. Tek. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 11–23, 2023, doi: 10.30872/jatri.v1i2.883.
- [15] O. Dogan and O. Areta Hiziroglu, "Empowering Manufacturing Environments with Process Mining-Based Statistical Process Control," *Machines*, vol. 12, no. 6, pp. 1–18, 2024, doi: 10.3390/machines12060411.
- [16] N. L. O. Jaya, Ipal rahmat, Nuha Agusyarif Rezka, "Penerapan Metode Six Sigma DMAIC dengan Pendekatan Failure Mode and Effect Analysis pada Produk Roti Alfitra Bakerry," vol. 4, no. 1, 2025.
- [17] D. H. P. Himawan and D. Herwanto, "Pengendalian Kualitas Produk Cacat Spun pile di PT. X dengan Menggunakan Metode Six Sigma," *Ind. J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 3, pp. 624–634, 2024, doi: 10.37090/indstrk.v8i3.1450.
- [18] Y. P. Winata and K. Rosyidi, "Quality Control Analysis Using Six Sigma Method and Root Cause Analysis on 100ml Bottles at PT. XYZ Pandaan," *J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 8, no. 3, pp. 2763–2773, 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i3.46883.
- [19] H. A. Sinaga and S. Suseno, "Upaya Meningkatkan Kualitas Produk Manhole Menggunakan Metode Six Sigma Di PT XYZ," *ULIL ALBAB J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 2, no. 9, pp. 4270–4282, 2023, doi: 10.56799/jim.v2i9.2125.
- [20] N. S. Permata and M. S. P. A. Suroso, "Supply Chain Management Efficiency Measurement Using Value Stream Mapping Method to Reduce Production Waste PT Tirta Investama," *J. Akuntansi, Ekon. dan Manaj. Bisnis*, vol. 12, no. 2, pp. 103–110, 2024, doi: 10.30871/jaemb.v12i2.8435.
- [21] J. A. Zulkhulaifah and F. Apriliani, "Penerapan Six Sigma dan Metode Define, Measure, Analyze, Improve, Control (DMAIC) untuk Analisis Green Tyre Shortage di PT Merpati Putih," *Fact. J. Ind. Manaj. dan Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 2, no. 3, pp. 119–133, 2024, doi: 10.56211/factory.v2i3.495.
- [22] R. Permadi, O. Mulya, M. Agung Trijayadi, A. Maulana Yusuf, H. Kurnia, and U. Pelita Bangsa, "Implementasi Six Sigma (DMAIC) Untuk Mengurangi Cacat Produksi: Tinjauan Literatur Dan Rekomendasi Studi Kasus," *J. Collab. Ind. Manag.*, no. 1, pp. 149–155, 2025, [Online]. Available: <https://publikatif.com/index.php/jcim>
- [23] Y. Setiawannie, "Pengendalian Kualitas Produk Besi Baja Dengan Metode Six Sigma DMAIC dan Kaizen di PT. Growth Sumatra Industry Quality Control of Steel Products With Six Sigma DMAIC Method and Kaizen in PT. Growth Sumatra Industry," *IESM J.*, vol. 2, no. 1, pp. 54–66, 2021.

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.