

ISSN (ONLINE) 2598-9936



INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES
PUBLISHED BY
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 27 No. 1 (2026): January

DOI: 10.21070/ijins.v27i1.1895

Table Of Contents

Journal Cover	1
Author[s] Statement	3
Editorial Team	4
Article information	5
Check this article update (crossmark)	5
Check this article impact	5
Cite this article.....	5
Title page	6
Article Title	6
Author information	6
Abstract	6
Article content	8

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licences/by/4.0/legalcode>

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 27 No. 1 (2026): January
DOI: 10.21070/ijins.v27i1.1895

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

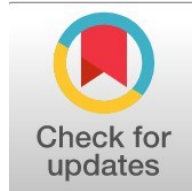
Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

How to submit to this journal ([link](#))

Article information

Check this article update (crossmark)



Check this article impact (*)



Save this article to Mendeley



(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

Lean Six Sigma and FMEA for Pesticide Production Waste Reduction: Lean Six Sigma dan FMEA untuk Mengurangi Limbah Produksi Pestisida

Muhammad Afif Ramadhan, 22032010191@student.upnjatim.ac.id (*)

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Indonesia

Rr. Rochmoeljati, rochmoeljati@gmail.com

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Indonesia

(*) Corresponding author

Abstract

General Background Pesticide manufacturing plays a critical role in supporting agricultural productivity, yet complex production systems frequently generate operational waste and product defects. **Specific Background** PT XYZ produces multiple pesticide variants, with powder pesticides showing the highest defect proportion during the October 2024–September 2025 period, indicating inefficiencies within the production process. **Knowledge Gap** Despite recurring defects and extended lead time, systematic waste identification and structured failure risk prioritization had not been comprehensively applied in this production context. **Aims** This study aimed to identify dominant wastetypes, evaluate process performance, and formulate improvement recommendations using Lean Six Sigma integrated with Failure Mode and Effect Analysis. **Results** The analysis identified defects, waiting, transportation, and environmental health and safety as dominant wastes. Lead time was reduced from 763.11 minutes to 681.38 minutes through the elimination of non-value-added activities. Process performance showed an average DPMO of 37,519.68 with a sigma level of 3.28, alongside an increase in Process Cycle Efficiency from 59.55% to 66.69%. FMEA results indicated the highest Risk Priority Numbers were associated with non-standard product weight and product clumping caused by operator inconsistency and suboptimal machine performance. **Novelty** This study presents an integrated application of Lean Six Sigma and FMEA to map waste sources and prioritize failure risks within a pesticide powder production system. **Implications** The findings provide structured improvement recommendations, including operator training, standardized machine settings, and routine maintenance, offering a data-driven reference for manufacturing process optimization in similar industrial settings.

Highlights:

- ♦ Defect-related losses constituted the largest proportion of inefficiencies in the studied manufacturing flow.
- ♦ Quantitative performance metrics demonstrated measurable reductions in processing time and defect opportunity rates.
- ♦ Risk prioritization revealed machine condition and operator consistency as dominant contributors to quality deviation.

Keywords: Pesticides, Waste, Lean Six Sigma, FMEA

Pendahuluan

Indonesia merupakan sebuah negara agraris karena memiliki kekayaan alam dari hasil pertanian dan perkebunan. Pada sektor pertanian dan perkebunan Indonesia memegang peranan sangat penting dalam menopang ketahanan pangan nasional berkelanjutan [1]. Dalam mendukung produktivitas pertanian dan perkebunan, pestisida berperan signifikan sebagai salah satu faktor penentu dalam menjaga tanaman agar terhindar dari gangguan hama dan penyakit. Pestisida adalah zat kimia, mikroba, atau virus yang digunakan untuk mengendalikan dan mencegah berbagai organisme pengganggu seperti hama, penyakit tanaman, gulma, serta hewan perusak lainnya [2].

Table 1. Hasil Produksi dan Presentase Cacat Jenis Pestisida

Pestisida Cair		Pestisida Tepung		Pestisida Butiran	
Kapasitas Produksi (Liter)	Presentase Cacat	Kapasitas Produksi (Kg)	Presentase Cacat	Kapasitas Produksi (Kg)	Presentase Cacat
922.000	12,18%	1.294.515	25,6%	894.500	9,32%

Pada Tabel 1 menjabarkan PT XYZ memproduksi berbagai jenis pestisida yang terdiri atas pestisida cair, pestisida tepung, dan pestisida butiran. Pada tabel 1 selama periode produksi Oktober 2024 hingga September 2025, kegiatan produksi menghadapi beberapa kendala yang berdampak pada hasil yang kurang optimal. Berdasarkan data produksi, pestisida cair memiliki kapasitas produksi sebesar 922.000 liter dengan persentase produk cacat sebesar 12,18%. Sementara itu, pestisida tepung menghasilkan kapasitas sebesar 1.294.515 kilogram dengan persentase cacat mencapai 25,6%, dan pestisida butiran memiliki kapasitas produksi sebesar 894.500 kilogram dengan persentase cacat sebesar 9,32%. Dari ketiga jenis pestisida yang diproduksi pestisida tepung menunjukkan tingkat cacat tertinggi, sehingga mengindikasikan adanya ketidakefisienan dan ketidaksesuaian dalam proses produksi yang berpotensi mempengaruhi kualitas produk. Pada Tabel 2 dibawah merupakan total cacat produk dan prosentasenya.

Table 2. Hasil Produksi dan Banyak Cacat Pestisida Tepung Periode Oktober 2025 – September 2025

Produk Pestisida	Total Produksi (Kg)	Jumlah Cacat (Kg)	Presentase Cacat
Mipcinta	588.450	88.221	15%
Maron	303.020	17.191	5,9%
Topsin	403.045	19.050	4,7%

Pestisida tepung memiliki 3 jenis merek produk yaitu Mipcinta, Maron dan Topsin, pada tabel 2 menunjukkan bahwa total produksi berturut – turut sebesar 588.450 Kg, 303.020 Kg dan 403.045 Kg. Dalam proses produksi tersebut menunjukkan bahwa Mipcinta memiliki kapasitas produksi paling banyak dan teridentifikasi beberapa bentuk pemborosan yang terjadi pada aliran produksi salah satunya yaitu berupa defect produk sebesar 88.221 Kg dengan rata – rata total presentase sebesar 15%. Jenis cacat yang muncul dalam proses produksi meliputi cacat produk menggumpal, cacat produk kotor, cacat berat produk tidak sesuai standar perusahaan dan cacat produk adonan tidak merata.

Berbagai permasalahan pemborosan yang masih ditemukan pada proses produksi pestisida di PT XYZ, dibutuhkan suatu pendekatan yang tidak terbatas pada aspek pengelolaan, melainkan juga mencakup aspek teknis berlandaskan pada analisis sistematis. Terdapat salah satu strategi untuk mengatasi pemborosan aktivitas di lini produksi adalah dengan menggunakan metode Lean Six Sigma, yang menggabungkan filosofi lean untuk mengidentifikasi pemborosan, menghilangkan pemborosan dan aktivitas yang tidak bernilai, dilanjutkan dengan perbaikan berkelanjutan bersama dengan teknik Six Sigma [3]. Metode ini mampu mendorong efisiensi biaya produksi sekaligus meningkatkan kualitas hasil output, sehingga memberikan kontribusi nyata terhadap perbaikan kinerja finansial perusahaan [4]. Langkah selanjutnya adalah untuk memberikan usulan perbaikan pada proses produksi dengan pengaplikasian metode Failure Mode and Effect Analysis. FMEA adalah alat yang berfungsi untuk merencanakan dan melakukan sistem pemeliharaan preventif di berbagai industri. Penerapan metode tersebut untuk mencegah terjadinya kegagalan baik desain, proses atau sistem baik secara keseluruhan maupun sebagai sesuai kondisi dan tujuan yang telah ditentukan [5].

Melalui penelitian yang akan dilakukan dapat diketahui bahwa, penggunaan metode *Lean Six Sigma* digunakan sebagai pendekatan untuk mengurangi pemborosan yang terjadi dalam proses produksi pestisida. Selanjutnya, dilakukan penyusunan usulan perbaikan dengan menerapkan metode *Failure Mode and Effect Analysis* untuk meminimalkan potensi kegagalan pada proses produksi. Oleh sebab itu, penelitian ini dilaksanakan dengan judul “Analisis Pemborosan Proses Produksi Pestisida Dengan Metode *Lean Six Sigma* Dan *Failure Mode Effect Analysis* Di PT Petrokimia Kayaku” diharapkan dapat memberikan rekomendasi perbaikan yang dapat membantu perusahaan dalam menekan aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah.

Metode

A. Tempat Dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian tugas akhir dilakukan di perusahaan yang berfokus dalam memproduksi pestisid yaitu PT XYZ. Perusahaan ini berlokasi di Kawasan Industri Petrokimia Jl. Tri Dharma, Randuboyo, Gresik. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan September 2025 dan berlanjut hingga seluruh data yang diperlukan berhasil diperoleh secara menyeluruh.

B. Langkah – Langkah Dalam Memecahkan Masalah

Berikut disajikan diagram alur pemecahan masalah dalam penelitian ini yang menerapkan metode *Lean Six Sigma* serta usulan perbaikan metode *Failure Mode Effect Analysis* sebagai berikut:

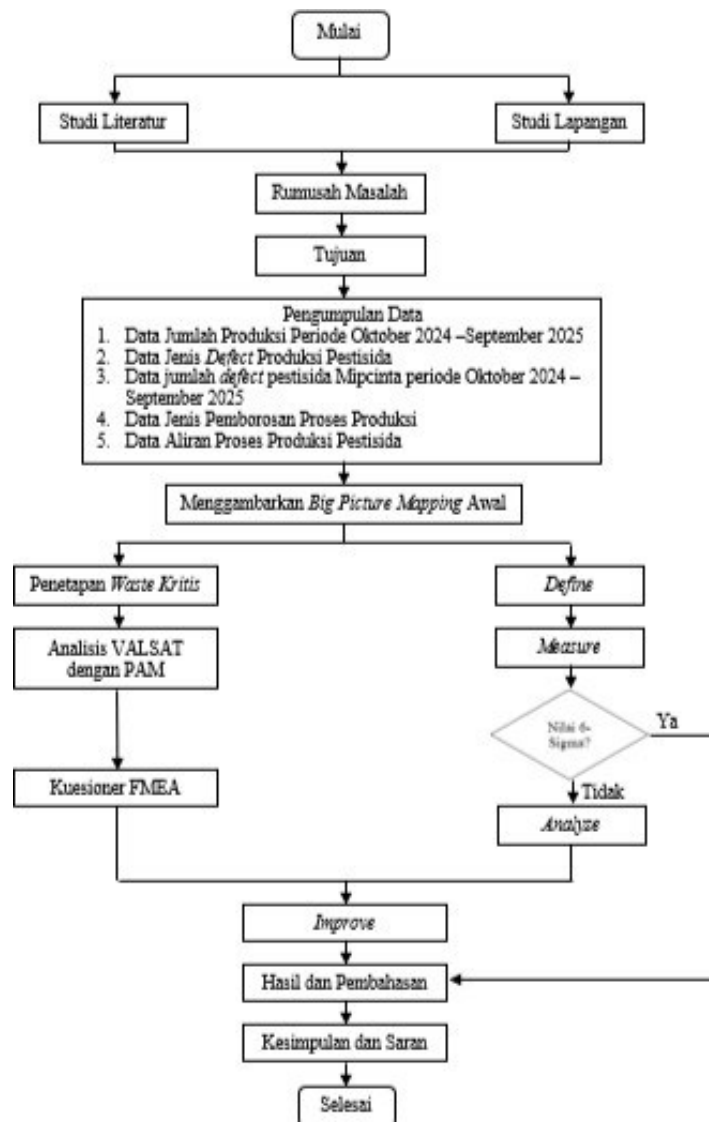


Figure 1. Langkah Pemecahan Masalah

Penjabaran Gambar 1 adalah tahapan pemecahan persoalan yang menjadi fokus penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Data primer merupakan data yang dikumpulkan peneliti secara langsung dari sumber utamanya, tanpa melalui perantara dari objek yang diteliti di lapangan. Pengumpulan data ini umumnya dilakukan melalui berbagai teknik, seperti observasi, wawancara, maupun dokumentasi yang relevan dengan permasalahan penelitian. Data sekunder merupakan data yang didapatkan oleh peneliti dengan melakukan pengumpulan data yang berada di perusahaan atau dokumen internal perusahaan.

2. Pengolahan Data

a. Big Picture Mapping

Big Picture Mapping merupakan alat yang digunakan untuk memudahkan identifikasi letak terjadinya pemborosan (*waste*) dengan menampilkan hubungan antara aliran fisik (*physical flow*) dan aliran informasi secara visual [6]. Tahap menggambar *Big Picture Mapping* awal bertujuan untuk mengidentifikasi serta menganalisis aktivitas pemborosan yang muncul pada proses produksi pestisida.

b. Define

Tahap awal dimulai dengan mengidentifikasi potensi proyek yang akan dijalankan, menetapkan peran serta tanggung jawab setiap individu yang terlibat, serta menetapkan karakteristik mutu utama (*Critical to Quality/CTQ*) yang memiliki hubungan langsung sesuai dengan kebutuhan spesifik yang diinginkan pelanggan [7]. Pada tahap *Define* yaitu mengidentifikasi masalah kualitas yang kemudian diperkuat melalui penyajian histogram persentase cacat sebagai bukti awal terjadinya penyimpangan proses.

c. Penentuan Waste Kritis

Pada tahap ini, identifikasi jenis pemborosan dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan serta wawancara dengan pegawai yang terlibat langsung dalam proses produksi.

d. Analisis VALSAT Dengan PAM

Tahapan VALSAT bertujuan untuk meningkatkan nilai dari suatu produk maupun layanan melalui identifikasi fungsi-fungsi yang esensial serta upaya pengendalian biaya tanpa menurunkan kualitas. Tujuan utama dari penerapan *Process Activity Mapping* (PAM) adalah untuk mengidentifikasi sekaligus menghilangkan berbagai bentuk pemborosan, ketidakkonsistenan, serta praktik yang tidak rasional dalam proses produksi [8].

e. Measure

Pada tahap ini, dilakukan pemetaan detail terhadap proses produksi pestisida PT XYZ melalui pengukuran dan analisis data, dengan fokus pada nilai DPO, DPMO, level Sigma, dan kapabilitas proses. Hasil pengukuran ini memberikan informasi penting mengenai level Sigma dan kapabilitas proses

f. Analyze

Pada tahapan ini bertujuan menganalisis pemetaan detail dengan cara menelaah penyebab utama pemborosan serta faktor-faktor yang berdampak terhadap jalannya proses produksi.

g. Kuesioner FMEA

Proses analisis FMEA dimulai dengan mengevaluasi kemungkinan mode kegagalan yang dapat terjadi pada produk atau sistem selama desain, produksi, dan operasi, kemudian menilai kejadian (*Occurance*), tingkat keparahan (*Saverity*), dan kemampuan deteksi (*Ddetection*) dari berbagai kegagalan, serta menghitung prioritas risiko [9].

Pada tahapan ini dilakukan penyusunan alternatif perbaikan terhadap faktor-faktor yang menjadi penyebab timbulnya pemborosan (*waste*). Selanjutnya, disusun rancangan *Future Big Picture Mapping* yang telah disesuaikan dengan perubahan hasil implementasi perbaikan terhadap pemborosan yang berpengaruh signifikan.

Hasil dan Pembahasan

A. Pengumpulan Data

Jenis dan jumlah kecacatan yang muncul selama proses produksi pestisida Mipcinta di PT XYZ dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Jumlah dan Jenis Cacat Pestisida Mipcinta

Bulan	Total Produksi (Kg)	Cacat Menggumpal	Cacat Kotor	Cacat Berat Tidak Standar	Cacat Adonan Tidak Merata
Oktober 2024	47.300	1.652	1.856	1.731	1.764
November 2024	48.900	1.848	1.560	2.350	1.542
Desember 2024	48.040	2.174	1.542	2.081	1.875
Januari 2025	49.820	1.854	1.610	1.836	2.074
Februari 2025	42.910	1.766	1.461	1.653	1.886
Maret 2025	53.510	1.806	1.670	1.765	2.216
April 2025	48.500	2.142	1.723	2.135	1.850
Mei 2025	49.650	1.774	1.763	2.163	1.654
Juni 2025	49.600	1.780	1.776	1.985	2.243
Juli 2025	51.300	1.753	2.241	2.235	1.775

August 2025	50.550	1.565	1.731	2.350	1.554
September 2025	48.370	1.336	1.606	1.770	1.745
Total	588.450	21.450	20.539	24.054	22.178

B. Pengolahan Data

Pendekatan *Lean Six Sigma* berfokus pada upaya perbaikan proses dengan memanfaatkan data yang dikumpulkan dan selanjutnya diolah berdasarkan tahapan oleh teori dari DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) [10].

1. Big Picture Mapping Awal

Pada tahap ini dilakukan pengenalan terhadap suatu permasalahan yang timbul dalam proses produksi pestisida Mipcinta di PT XYZ. Identifikasi tersebut dilakukan melalui penyusunan *big picture mapping* yang memvisualisasikan peta Aliran informasi serta peta pergerakan fisik dalam suatu proses produksi dipetakan terlebih dahulu, kemudian hasilnya disajikan dalam sebuah tabel yang mengelompokkan setiap aktivitas ke dalam kategori *value added* dan *necessary non-value added*, dan *non-value added*. Deteksi pemborosan dilakukan melalui pemahaman aliran fisik serta aliran informasi dalam perusahaan, yang kemudian digambarkan secara terpadu dalam satu peta proses [11].

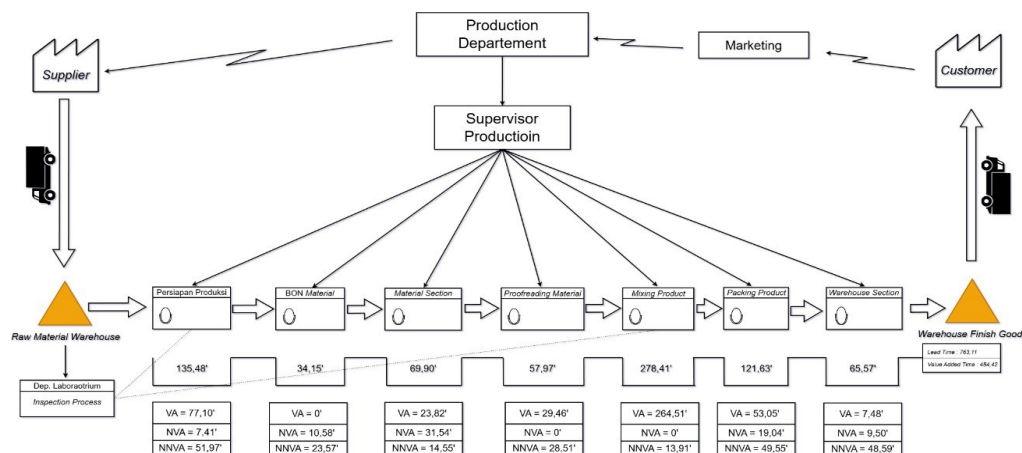


Figure 2. Big Picture Mapping Awal

Berdasarkan Gambar 2 hasil *Big Picture Mapping* awal, diperoleh bahwa total *lead time* proses produksi pestisida mencapai 763,11 menit, dengan total waktu aktivitas *value added* tercatat sebesar 454,42 menit, *necessary non-value added* sebesar 230,64 menit, dan *non-value added* sebesar 78,06 menit.

2. Define

Pada tahapan ini dilakukan suatu identifikasi kondisi awal dan penggambaran masalah utama yang muncul. Langkah ini difokuskan pada penjabaran masalah terkait terjadinya cacat produk. Data awal mengenai tingkat kecacatan dikumpulkan dan disajikan dalam bentuk presentase pada Tabel 4 dan histogram pada Gambar 3.

Tabel 4. Data Persentase Kecacatan Produksi Pestisida Mipcinta

No	Jenis Kecacatan	Jumlah Kecacatan (Kg)	Jumlah Produksi (Kg)	Presentase Kecacatan Produk (%)
1	Cacat Menggumpal	21.450	588450	3,6%
2	Cacat Kotor	20.539	588450	3,5%
3	Cacat Berat Tidak Sesuai Standar	24.054	588450	4,1%
4	Cacat Adonan Tidak Merata	22.178	588450	3,8%

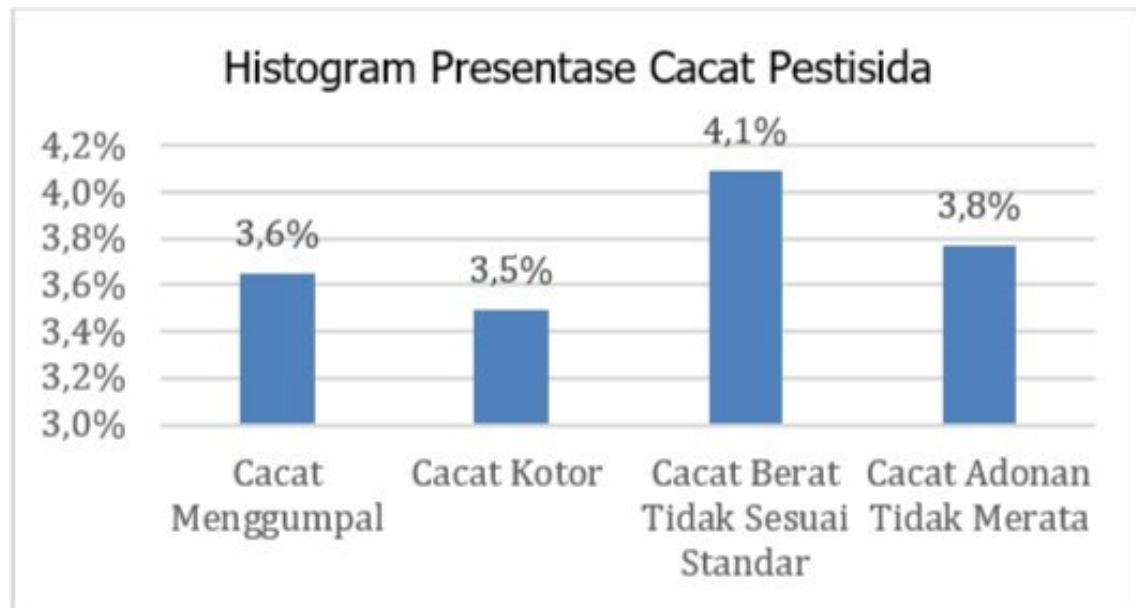


Figure 3. Diagram Histogram Persentase *Defect* Produk Pestisida Mipicinta

3. Measure

Pada tahap measure atau pengukuran, akan diidentifikasi *waste* yang paling kritis berdasarkan hasil pembobotan oleh *expert judgment* yang telah uraikan.

a. Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

Terdapat tujuh jenis detail dari penjabaran *mapping tools* yang umumnya digunakan dalam metode *Value Stream Analysis Tool* (VALSAT) [12]. Nilai bobot yang dihasilkan dari pembobotan melalui *expert judgment* pihak perusahaan kemudian dikombinasikan dengan faktor pengali yang disesuaikan dengan jenis pemborosan dan masing-masing *tools*, sehingga hasil perhitungan akan diperoleh skor evaluatif untuk setiap jenis – jenis *tools*.

Tabel 5. Perhitungan Skor VALSAT

Waste	Bobot	VALSAT						
		PAM	SCRM	PVF	QFM	DAM	DPA	PS
Over Production	2	2	6			6	6	
Waiting	8	72	72	8		24	24	
Transportation	7	63						7
Over Processing	3	27		9	3		3	
Inventory	1	3	9	3		9	3	1
Motion	5	45	5					
Defect	9	9			81			
Enviromental, Health and Safety	6	54			6	18		
Non Utilizing Employe	4	12			36			
Total		287	92	20	128	57	36	8

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 5, diperoleh pembobotan *tools* berdasarkan skor dari nilai terbesar hingga nilai terkecil, yang selanjutnya disusun dalam peringkat pertama sampai dengan peringkat ketujuh. Dengan demikian, hasil pembobotan tersebut menghasilkan urutan alat yang paling sesuai untuk diterapkan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6 berikut:

Table 6. Penentuan Rangking Tools VALSAT

No	VALSAT	Bobot	Ranking
1	Process Activity Mapping	287	1
2	Quality Filter Mapping	128	2
3	Supply Chain Response Matrix	92	3
4	Demand Amplification Mapping	57	4
5	Decision Point Analysis	36	5
6	Product Variety Funnel	20	6
7	Physical Structure	8	7

b. Perhitungan Nilai Sigma

Tabel 7. Nilai DPO, DPMO, dan Level Sigma Pesticida Mipcinta Bulan Oktober 2024 Hingga September 2025

Bulan	Jumlah Produksi (Kg)	Jumlah Defect (Kg)	CTQ	DPO	DPMO	Nilai Sigma
Oktober 2024	47.300	7.003	4	0,0370	37014	3,28
November 2024	48.900	7.300	4	0,0373	37321	3,28
Desember 2024	48.040	7.672	4	0,0399	39925	3,25
Januari 2025	49.820	7.374	4	0,0370	37003	3,28
Februari 2025	42.910	6.766	4	0,0394	39419	3,25
Maret 2025	53.510	7.457	4	0,0348	34839	3,31
April 2025	48.500	7.850	4	0,0404	40463	3,24
Mei 2025	49.650	7.354	4	0,0370	37029	3,28
Juni 2025	49.600	7.784	4	0,0392	39233	3,25
Juli 2025	51.300	8.004	4	0,0390	39005	3,26
August 2025	50.550	7.200	4	0,0356	35608	3,304
September 2025	48.370	6.457	4	0,0333	33372	3,33

Berdasarkan Tabel 7 diatas dapat diketahui nilai rata-rata DPMO dan nilai rata-rata nilai sigma bulan Oktober 2024 hingga September 2025 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Nilai rata-rata DPMO} &= \frac{\text{Total DPMO Bulan Oktober 2024 Hingga September 2025}}{12} \\ &= \frac{450.236}{12} \\ &= 37519,68\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai rata-rata sigma} &= \frac{\text{Total Nilai Sigma Bulan Oktober 2024 Hingga September 2025}}{12} \\ &= \frac{39,36}{12} \\ &= 3,28\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa PT XYZ berada pada nilai sigma 3,28 atau berada pada kategori level 3 sigma dengan nilai rata-rata DPMO sebesar 37519,68 untuk setiap 1.000.000 unit produksi. Kinerja ini tergolong cukup baik apabila dibandingkan dengan rata-rata capaian perusahaan manufaktur di Indonesia. Namun demikian, capaian tersebut masih belum setara dengan standar rata-rata industri di Amerika Serikat maupun standar global.

4. Analyze

a. Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses adalah salah satu instrumen yang digunakan dalam *statistical process control* yang berfungsi untuk menilai apakah suatu proses produksi berada dalam kondisi terkendali dan berpusat [13]. Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh, data yang tersedia merupakan data atribut berupa tingkat kecacatan produk pestisida yang dihasilkan. Adapun nilai kapabilitas proses yang diperoleh disajikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Proporsi (P)} &= \frac{\text{Cacat Produk}}{\text{Jumlah Produk}} = \frac{88.221}{588450} = 0,14992 \\ 3\sigma &= 3 \times \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} = 3 \times \sqrt{\frac{0,14992(1-0,14992)}{588450}} = 0,03866 \\ \text{UCL} &= P + 3\sigma = 0,14992 + 0,03866 = 0,18858 \\ \text{LCL} &= P - 3\sigma = 0,14992 - 0,03866 = 0,11125 \\ \text{Cpm} &= \frac{\text{UCL}-\text{LCL}}{6\sigma} = \frac{0,18858-0,11125}{6 \times 0,01288} = 1\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai Cp sebesar 1 yang menunjukkan bahwa proses produksi pestisida berada pada tingkat kapabilitas yang cukup. Namun demikian, diperlukan upaya peningkatan kualitas untuk mencapai target perusahaan dengan tingkat kegagalan yang sangat rendah hingga mendekati *zero defect*.

b. Diagram Sebab Akibat (*Cause Effect Diagram*)

Diagram sebab-akibat adalah teknik analisis yang digunakan untuk menelusuri dan mengenali berbagai faktor utama maupun faktor turunan yang memicu terjadinya suatu masalah. Alat ini dikenal juga sebagai diagram tulang ikan (*fishbone diagram*) karena tampilannya menyerupai rangka ikan [14].

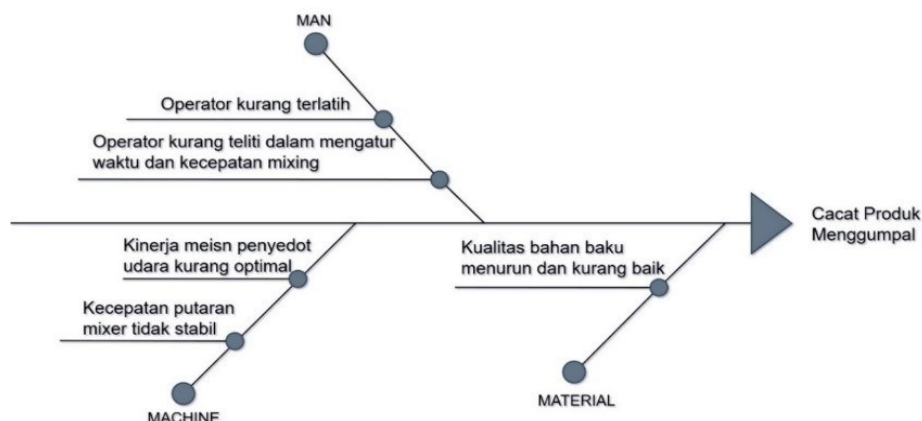


Figure 4. Cacat Produk Menggumpal

Berdasarkan pengolahan data dan hasil analisa dengan menggunakan diagram sebab akibat Gambar 4 pada kecacatan menggumpal, diperoleh tiga faktor utama yang memengaruhi terjadinya kecacatan tersebut, yaitu faktor manusia, material, dan mesin.

c. Mengidentifikasi Faktor – Faktor Penyebab Pemborosan

Diperoleh hasil identifikasi yang sistematis mengenai kategori aktivitas pemborosan yang muncul beserta karakteristik masing-masing aktivitas tersebut disajikan pada Tabel 8:

Tabel 8. Faktor Penyebab Terjadinya Pemborosan Produksi Pestisida Mipicinta

No	Jenis Peborosan	Ranking Prioritas	Akar Penyebab (<i>Root Cause</i>)
1	<i>Defect</i>	1	- Kualitas bahan baku pada pestisida Mipicinta mengalami penurunan kualitas. - Kebersihan area produksi dan penyimpanan bahan baku kurang terjaga. - Alat yang digunakan untuk penimbangan produk tidak bekerja dengan optimal. - Kurangnya <i>maintenance</i> pada alat <i>mixing</i>.
2	<i>Waiting</i>	2	Waktu tunggu pemindahan bahan baku dari gudang material ke produksi yang relatif lama karena kurangnya ketersediaan <i>forklift</i>.
3	<i>Transportation</i>	3	Jarak parkir <i>forklift</i> menuju gudang dan area produksi jauh.
4	<i>Enviromental, Health and Safety</i>	4	- Karyawan kurang sadar dalam menggunakan masker khusus untuk bahan kimia. - Area lantai produksi yang licin dan tangga dalam keadaan korosi
5	<i>Motion</i>	5	Terdapat kegiatan pencatatan secara manual <i>bon material</i> dan <i>material section</i>.
6	<i>Non Utilizing Employe</i>	6	- Pada proses <i>packaging</i> karyawan kurang mahir dalam merakit box. - Karyawan kurang paham mengenai panel kelistrikan mesin
7	<i>Over Processing</i>	7	- Terdapat pencatatan secara manual pada proses persiapan produksi, yang kemudian diinputkan kembali di komputer. <i>Rework</i> produk cacat yang kualitasnya masih bisa diselamatkan.
8	<i>Over Production</i>	8	Produksi ekstra pada pestisida untuk mengantisipasi produk <i>defect</i>.
9	<i>Inventory</i>	9	- Bahan baku di gudang menumpuk karena sistem <i>first in first out</i> (FIFO) yang kurang tertata. - Produk menumpuk di gudang karena vendor logistik telat melakukan pengambilan produk.

5. Improve

Risk Priority Number (RPN) merupakan nilai numerik yang digunakan untuk memberikan peringkat terhadap risiko dari setiap mode atau penyebab kegagalan potensial. Nilai ini diperoleh melalui perkalian antara tingkat keparahan (*severity*/S),

tingkat kemungkinan terjadinya (*occurrence/O*), serta kemampuan pendeteksian (*detection/D*) [15]. Berdasarkan hasil perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN), dapat diidentifikasi penyebab kegagalan proses yang berkontribusi terhadap terjadinya hasil produk cacat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekomendasi Perbaikan Berdasarkan Urutan Hasil Perhitungan RPN

Priority	Potential Failure Mode	Potential Cause	RPN	Rekomendasi Perbaikan
1	Berat Tidak Sesuai Standar	Kurangnya <i>maintenance</i> pada alat <i>packaging</i>	384	Mengembangkan sistem <i>preventive maintenance</i> terjadwal menjadi <i>predictive maintenance</i> berbasis riwayat kerusakan serta pencatatan performa mesin <i>packaging</i>
2	Menggumpal	Kinerja mesin penyedot udara kurang optimal	336	Menetapkan standar performa mesin penyedot udara, melakukan <i>maintenance</i> khusus sistem penyedotan, dan monitoring efektivitasnya sebelum produksi dan setelah produksi
3	Kotor	Prosedur pembersihan area produksi dan peralatan tidak terstandar dengan baik	294	Menyusun SOP pembersihan area dan peralatan produksi yang terstandar serta melakukan sosialisasi kepada seluruh operator
4	Berat Tidak Sesuai Standar	Operator kurang konsisten dalam mengikuti SOP penimbangan	288	Melakukan pengawasan kepatuhan SOP secara berkala dan pemberian sanksi atau evaluasi kinerja bagi operator yang tidak konsisten

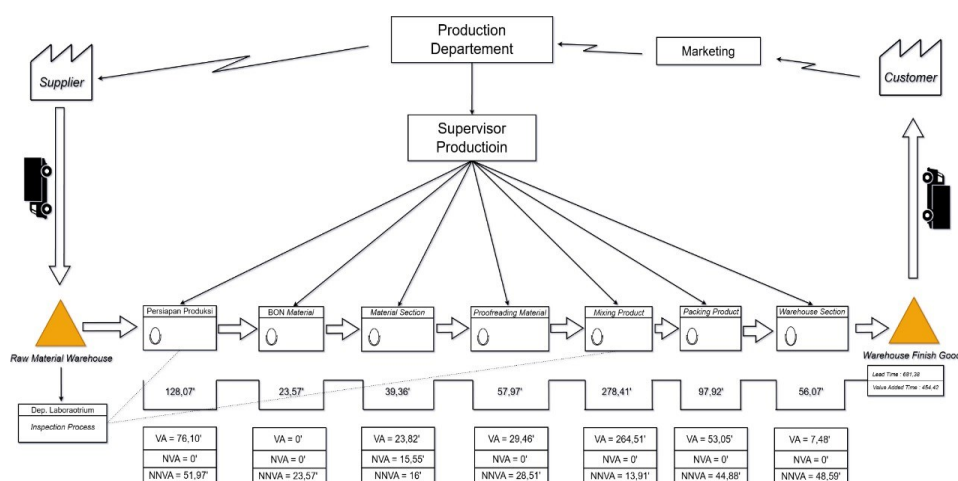


Figure 5. Big Picture Mapping Usulan

Berdasarkan Gambar 5 *Big Picture Mapping* usulan yang telah disusun, diketahui bahwa setelah dilakukan pengolahan data menggunakan pendekatan *Lean Six Sigma* terjadi percepatan pada *lead time* produksi pestisida dibandingkan kondisi awal. *Lead time* produksi pestisida pada kondisi awal teridentifikasi sebesar 763,11 menit, kemudian setelah dilakukan perbaikan mengalami penurunan menjadi 681,38 menit.

6. Control

Tahap *control* bertujuan untuk memantau keberlanjutan perbaikan terhadap pemborosan pada proses produksi pestisida dalam jangka waktu yang panjang. Namun, pada penelitian ini tahap *control* belum dapat dilaksanakan karena keputusan terkait implementasi usulan perbaikan sepenuhnya berada pada pihak perusahaan, sehingga kegiatan pengendalian belum dapat dilakukan.

Simpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) dan tingkat sigma dari proses produksi pestisida Mipicinta. Selain itu, hasil evaluasi efisiensi proses menunjukkan adanya peningkatan nilai *Process Cycle Efficiency* (PCE) dari kondisi awal sebesar 59,55% menjadi 66,69% setelah diterapkannya usulan dan perbaikan pada proses produksi. Selama 12 periode pengamatan, yaitu dari Oktober 2024 hingga September 2025, total produksi tercatat sebesar 588.450 kg dengan jumlah produk cacat sebesar 88.221 kg yang terdiri dari empat jenis CTQ,

yaitu berat tidak sesuai standar, menggumpal, adonan tidak merata, dan produk kotor. Hasil perhitungan menunjukkan nilai rata-rata DPMO sebesar 37519 dengan tingkat kapabilitas proses berada pada level six sigma sebesar 3,28. Berdasarkan hasil identifikasi akar penyebab, proses produksi pestisida dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu faktor manusia berupa kurangnya keterampilan dan ketelitian operator, faktor mesin berupa kondisi peralatan yang kurang optimal akibat minimnya perawatan, faktor metode berupa penerapan prosedur kerja dan sistem pencatatan yang belum berjalan optimal, serta faktor material berupa penurunan kualitas dan penanganan bahan baku yang kurang baik.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada PT XYZ atas dukungan berupa penyediaan data dan informasi operasional yang sangat membantu pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga memberikan apresiasi kepada UPN “Veteran” Jawa Timur atas bantuan dan dukungan akademik yang diberikan, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

References

1. Y. Maulana, “Identification of Waste Using the Value Stream Mapping Method in the Housing Industry,” *Journal of Industrial Engineering and Operations Management*, vol. 2, no. 2, 2019, doi: 10.31602/jieom.v2i2.2934.
2. T. Prajawahyudo, F. K. P. Asiaka, and E. Ludang, “The Role of Pesticide Safety in Agriculture for Farmers and the Environment,” *Journal of Socio-Economic Agriculture*, vol. 17, no. 1, pp. 1–9, 2022, doi: 10.52850/jsea.v17i1.4227.
3. T. N. Arier, R. Rochmoeljati, and I. Nugraha, “Waste Analysis in the Urea Fertilizer Production Process Using Lean Six Sigma and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) at PT Damai Sejahtera,” *Advances in Sustainable Science, Engineering and Technology*, vol. 6, no. 3, pp. 0240303-01–0240303-07, 2024, doi: 10.26877/asset.v6i3.579.
4. A. N. Sitanggang, “Application of Lean Six Sigma and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) to Reduce Waste Defects in the Paper Slitting Production Process on Release Liner at a Paper Manufacturing Company,” *International Journal of Engineering Development and Research*, vol. 6, no. 4, pp. 1813–1832, 2025, doi: 10.37385/ijedr.v6i4.8128.
5. S. Indrawan, “Application of the FMEA Method to Identify Waste: A Literature Review,” *Engineering and Technology International Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 87–93, 2024, doi: 10.55642/eatij.v6i02.770.
6. B. D. Novitasari and R. Rochmoeljati, “Implementation of Value Stream Mapping and Value Stream Analysis to Minimize Distribution Time Waste at PT Nur Jaya Energi,” *Jurnal Ilmiah Manajemen Industri dan Teknologi*, vol. 2, no. 6, pp. 132–143, 2021, doi: 10.33005/juminten.v2i6.336.
7. S. Michelle, I. L. Aggis, H. Sugiharto, and S. Sigma, “Quality Control Analysis in Finishing and MEP Works of Apartment Project X in Surabaya Using the Six Sigma DMAIC Method,” *Journal of Dimensions of Civil Engineering Practice*, vol. 2, pp. 79–86, 2023. [Online]. Available: <https://perpus.petra.ac.id/catalog/digital/detail?id=55843>
8. R. A. Mahen, H. Batubara, and D. Wijayanto, “Waste Identification Through Process Activity Mapping and Lean Manufacturing Approach at CV Kreatifika Harapan Terbang Abadi,” *Integrated Industrial Engineering and Management Systems Journal*, vol. 7, no. 2, pp. 114–121, 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtinUNTAN/issue/view/2162>
9. T. Aized, M. Ahmad, M. H. Jamal, A. Mahmood, S. Ubaid, and J. S. Srai, “Automotive Leaf Spring Design and Manufacturing Process Improvement Using Failure Mode and Effects Analysis (FMEA),” *Journal of Engineering Manufacture*, vol. 12, pp. 1–13, 2020, doi: 10.1177/1847979020942438.
10. D. A. Ridho and S. Suseno, “Product Quality Control Analysis Using the Lean Six Sigma Method at PT Djohartex,” *Journal of Innovation and Creativity*, vol. 2, no. 2, pp. 64–82, 2023, doi: 10.30656/jika.v2i2.6009.
11. O. Ardiansyah, A. N. Zaman, S. R. Nasution, and S. Sundana, “Waste Reduction Analysis in Railway Maintenance Processes,” *Asiimetrik: Journal of Innovative Engineering Research*, vol. 1, no. 1, pp. 34–42, 2019, doi: 10.35814/asiimetrik.v1i1.220.
12. P. A. Y. Pratiwi and N. H. Djanggu, “Implementation of Lean Manufacturing to Minimize Waste Using the Value Stream Mapping (VSM) Method at PT X,” *Journal of Industrial Engineering*, pp. 8–15, 2020. [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtinUNTAN/article/view/42196>
13. D. Rahmawati, H. Asyari, A. Y. Prasetyawan, and M. A. Jamaludin, “Process Capability Analysis of Flour Packaging Machines at PT ISM Bogasari Flour Mills,” *Teknoin Journal*, vol. 26, no. 1, pp. 1–13, 2020, doi: 10.20885/teknoin.vol26.iss1.art1.
14. M. P. D. Surya, M. H. Azizi, M. Iqbal, S. R. Widyahana, F. A. Gumita, and A. A. Aziz, “Application of the Fishbone Diagram Method to Identify Service Quality Problems in the Foxsniff Perfume Startup,” *Lokawati: Journal of Management Research and Innovation*, vol. 3, no. 3, pp. 185–193, 2025, doi: 10.61132/lokawati.v3i3.1766.
15. K. Rahardian, R. Riastuti, and A. Zakiyuddin, “Remaining Useful Life Prediction and Risk Analysis of Power Transformers Using the Weibull Distribution and Risk Priority Number Approach,” *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 4, no. 1, pp. 308–316, 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i1.1068.