
Academia Open



By Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Academia Open

Vol. 11 No. 1 (2026): June
DOI: 10.21070/acopen.11.2026.14053

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	7

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/licenses/by/4.0/legalcode>

Academia Open

Vol. 11 No. 1 (2026): June
DOI: 10.21070/acopen.11.2026.14053

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

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

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

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](#))

Academia Open

Vol. 11 No. 1 (2026): June
DOI: 10.21070/acopen.11.2026.14053

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

Waste Analysis in Herbal Oil Product Packaging Using the Lean Six Sigma Method: Analisis Pemborosan pada Pengemasan Produk Minyak Herbal Menggunakan Metode Lean Six Sigma

Alviani Dama Yanti, alvianidamayanti2103@gmail.com (*)

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

Rochmoeljati Rochmoeljati, rochmoeljati@gmail.com

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

(*) Corresponding author

Abstract

General Background: Production inefficiencies in pharmaceutical manufacturing are frequently associated with process waste and packaging defects that reduce operational performance and product quality. **Specific Background:** In herbal oil production, the outer packaging stage exhibited recurring defects, motion waste, and overprocessing activities that increased lead time and generated non-value-added activities. **Knowledge Gap:** Previous studies on Lean, Six Sigma, and Lean Six Sigma have predominantly focused on general manufacturing industries and rarely integrated Value Stream Mapping, VALSAT, Fishbone Diagram, and Failure Mode and Effect Analysis within a comprehensive DMAIC framework for pharmaceutical herbal packaging processes. **Aims:** This study aims to identify dominant waste types, analyze the root causes of packaging defects, and formulate improvement recommendations using an integrated Lean Six Sigma DMAIC approach. **Results:** The findings indicate that the dominant wastes were defect, motion, and overprocessing. The major packaging defects consisted of wrinkled labels, untidy individual bottle wrapping, and perforated group packaging, with untidy individual bottle wrapping showing the highest Risk Priority Number of 294. The proposed improvements eliminated non-value-added activities and reduced necessary non-value-added activities, decreasing production lead time from 7,497.4 minutes to 5,382.4 minutes while increasing Process Cycle Efficiency from 26.89% to 37.46%. The process achieved a sigma level of 3.59 with an average DPMO of 18,016. **Novelty:** This study integrates Lean Six Sigma DMAIC with VSM, VALSAT, PAM, Fishbone Diagram, and FMEA to provide a structured risk-based evaluation of waste and defects in herbal oil packaging operations. **Implications:** The results demonstrate that systematic waste reduction and defect mitigation support higher production efficiency and operational performance in pharmaceutical manufacturing.

Highlights:

- Defect, motion, and overprocessing emerged as the dominant production waste categories.
- Risk evaluation identified untidy individual bottle wrapping as the highest-priority failure mode.
- Proposed process changes shortened manufacturing duration and raised Process Cycle Efficiency.

Keywords: Lean Six Sigma, DMAIC, FMEA, Herbal Oil Packaging, Process Cycle Efficiency

Published date: 2026-05-12

Pendahuluan

Indonesia memiliki sekitar 7.000 dari 30.000 spesies tanaman yang diyakini memiliki khasiat obat. Dengan potensi alam yang sangat besar, tidak mengherankan jika masyarakat masih mengandalkan pengobatan tradisional untuk mengatasi berbagai penyakit. Hingga saat ini, penggunaan obat tradisional masih tetap populer karena dianggap memiliki manfaat yang lebih banyak dibandingkan obat kimia dan lebih terjangkau. Obat tradisional juga sering disebut sebagai obat herbal karena seluruh bahan yang digunakan berasal dari bahan alami [1]. Pengobatan tradisional umumnya memanfaatkan berbagai bahan alami seperti tanaman, akar, daun, kulit kayu, dan bagian tanaman lainnya, serta bahan alami lain seperti madu, rempah-rempah, dan mineral. Seluruh bahan tersebut diyakini mampu menjaga kesehatan dan membantu memulihkan kondisi tubuh [2]. Perkembangan ini memberikan peluang besar bagi industri obat herbal untuk terus berkembang. Namun demikian, kondisi ini juga menuntut peningkatan standar kualitas produksi agar tetap mampu bersaing di pasar yang semakin kompetitif.

Pada salah satu industri farmasi yang memproduksi minyak herbal, produk ini dikategorikan sebagai Cairan Obat Luar (COL). Proses produksi minyak herbal terdiri dari tiga tahapan utama, yaitu proses pengolahan, pengemasan utama, dan pengemasan luar. Oleh karena itu, perusahaan harus memastikan seluruh tahapan dilakukan sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) untuk menjaga kualitas produk. Namun, proses tersebut masih belum optimal karena masih ditemukan cacat pada tahap pengemasan luar. Tahap ini dipilih karena memiliki tingkat cacat yang lebih tinggi dibandingkan pengemasan utama sehingga berpotensi lebih besar menimbulkan pemborosan. Kondisi ini menyebabkan munculnya aktivitas tambahan seperti rework serta memicu jenis pemborosan lain, seperti waktu menunggu, gerakan yang tidak perlu, dan aktivitas tambahan berupa penyortiran, pemindahan, serta pemeriksaan ulang yang tidak memberikan nilai tambah. Selain cacat produk, ditemukan pula jenis pemborosan lain, yaitu motion berupa pergerakan operator yang tidak bernilai tambah. Pemborosan overprocessing juga terjadi akibat pengulangan langkah kerja serta kebutuhan pengumpulan botol sebelum proses pengemasan kelompok.

Meskipun berbagai penelitian sebelumnya telah menerapkan pendekatan Lean, Six Sigma, maupun Lean Six Sigma dalam meningkatkan efisiensi proses produksi di industri manufaktur, sebagian besar penelitian tersebut lebih berfokus pada industri umum dan belum secara spesifik mengkaji penerapan metode ini pada industri farmasi, khususnya pada produk herbal dengan karakteristik proses yang unik. Selain itu, penelitian terdahulu umumnya hanya menggunakan satu atau dua alat analisis seperti Value Stream Mapping (VSM) atau Fishbone Diagram tanpa mengintegrasikannya secara komprehensif dengan metode analisis risiko seperti Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Oleh karena itu, masih terdapat celah penelitian dalam hal penerapan pendekatan Lean Six Sigma yang terintegrasi secara sistematis dengan berbagai tools analisis untuk mengidentifikasi pemborosan sekaligus menentukan prioritas perbaikan berbasis risiko pada proses pengemasan luar produk herbal. Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada integrasi metode Lean Six Sigma dengan pendekatan DMAIC yang dikombinasikan secara menyeluruh dengan VSM, VALSAT (PAM), Fishbone Diagram, dan FMEA untuk menganalisis pemborosan serta cacat produk secara lebih komprehensif dan terstruktur, khususnya pada proses pengemasan luar minyak herbal di industri farmasi. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan efisiensi proses produksi sekaligus menjaga kualitas produk agar tetap kompetitif di pasar.

Berdasarkan permasalahan yang diidentifikasi pada proses pengemasan luar, metode yang diusulkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan Lean Six Sigma. Metode ini dipilih karena mampu mengurangi pemborosan sekaligus meningkatkan kualitas secara bersamaan. Selain itu, pendekatan ini lebih komprehensif dan sistematis melalui tahapan DMAIC sehingga lebih efektif dalam perbaikan proses produksi. Lean Six Sigma merupakan kombinasi konsep Lean dan Six Sigma yang bertujuan untuk mengidentifikasi serta menghilangkan pemborosan atau aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (non-value-added activities) [3]. Salah satu alat yang digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan adalah Value Stream Mapping (VSM) yang memetakan aliran fisik dan informasi pada setiap stasiun kerja sehingga memudahkan identifikasi aktivitas non-value-added [4]. Selain itu, Value Stream Analysis Tools (VALSAT) dengan menggunakan Process Activity Mapping (PAM) digunakan untuk memetakan setiap tahapan aktivitas dalam proses produksi, mulai dari operasi hingga penyimpanan, kemudian mengelompokkannya ke dalam kategori aktivitas [5]. Berdasarkan hasil analisis tersebut, diagram *fishbone* digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab pemborosan, dan metode FMEA diterapkan untuk menentukan prioritas risiko serta merumuskan rekomendasi perbaikan yang paling tepat.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Lean Six Sigma* yang merupakan integrasi antara *Lean* dan *Six Sigma*. Pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan atau aktivitas yang tidak bernilai tambah melalui perbaikan berkelanjutan dan signifikan, guna mencapai tingkat kinerja *six sigma* [6]. Implementasi metode dilakukan melalui tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), sedangkan penyusunan usulan perbaikan dilakukan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengurangi pemborosan sekaligus meningkatkan kualitas proses secara sistematis.

Dalam pelaksanaannya, pada tahap *Define* dilakukan pemetaan proses menggunakan CVSM, identifikasi pemborosan dengan VALSAT, serta pemetaan aktivitas melalui PAM. Tahap *Measure* berfokus pada perhitungan DPMO dan level sigma apabila belum mencapai *six sigma*, analisis dilanjutkan ke tahap *Analyze* melalui analisis kapabilitas proses, diagram pareto, dan *fishbone*. Selanjutnya, tahap *Improve* menyusun usulan perbaikan menggunakan FMEA serta merancang FVSM sebagai gambaran kondisi proses yang diusulkan.

1. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dari proses produksi melalui observasi lapangan pada setiap tahapan produksi minyak herbal, khususnya pada proses pengemasan luar. Selain itu, wawancara dilakukan dengan operator dan pihak terkait untuk memperoleh informasi mengenai alur kerja, kendala yang dihadapi, serta aktivitas yang berpotensi menimbulkan pemborosan. Data sekunder diperoleh dari dokumen perusahaan, seperti data historis produksi, data cacat produk, waktu proses, serta standar operasional prosedur (SOP) yang berlaku.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung untuk memetakan aliran proses menggunakan Current Value Stream Mapping (CVSM), pencatatan waktu proses pada setiap aktivitas untuk analisis Process Activity Mapping (PAM), serta pengumpulan data jumlah cacat untuk perhitungan Defects Per Million Opportunities (DPMO) dan level sigma. Wawancara terstruktur digunakan untuk mendukung identifikasi pemborosan melalui VALSAT serta analisis akar penyebab menggunakan diagram fishbone.

2. Instrumen Penelitian dan Validitas Data

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi lembar observasi proses, format pencatatan waktu siklus, checklist identifikasi pemborosan, serta formulir analisis FMEA untuk penilaian tingkat risiko berdasarkan severity, occurrence, dan detection. Untuk menjaga validitas data, dilakukan triangulasi metode dengan membandingkan hasil observasi, wawancara, dan data historis perusahaan. Selain itu, verifikasi data dilakukan melalui diskusi dengan pihak perusahaan untuk memastikan kesesuaian antara kondisi aktual di lapangan dengan data yang digunakan dalam analisis.

3. Lean Six Sigma

Konsep *Lean Six Sigma* bertujuan untuk mengurangi tujuh jenis pemborosan dalam proses produksi sekaligus menurunkan jumlah produk cacat. Dalam penerapannya, *Lean Six Sigma* mengombinasikan eliminasi tujuh pemborosan dengan metodologi DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) [7]. DMAIC merupakan tahapan perbaikan berkelanjutan sebagai kerangka kerja sistematis untuk mengidentifikasi masalah, mengukur kinerja, menganalisis akar penyebab, menerapkan perbaikan, dan menjaga kestabilan hasil [8].

a. Define

Pada tahap ini, permasalahan yang terjadi dijelaskan dan didefinisikan secara jelas. Tujuannya untuk mengidentifikasi proses serta mengenali permasalahan dalam proses produksi [9][10].

b. Measure

Tahap ini bertujuan mengevaluasi kinerja proses. Tahap ini juga meliputi analisis data cacat dengan penentuan nilai *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) dan level sigma [10][11].

Defect per unit (DPU)

$$DPU = \frac{\text{Cacat}}{\text{Total Produksi}} \quad (1)$$

Defect per Opportunity (DPO)

$$DPO = \frac{DPU}{CTQ} \quad (2)$$

Total Defect

$$DPMO = \frac{\text{Total Cacat}}{\text{Total Produksi} \times CTQ} \times 1.000.000 \quad (3)$$

Level Sigma

$$= \text{NORMSINV}\left(\frac{1000000 - DPMO}{1000000}\right) + 1.5 \quad (4)$$

c. Analyze

Tahap *Analyze* merupakan tahap ketiga yang berfokus pada identifikasi dan penentuan akar penyebab permasalahan berdasarkan data yang telah dikumpulkan [10][11]. Selain menentukan akar penyebab masalah, dilakukan analisis mengenai peta kendali P dan kapabilitas proses.

d. Improve

Tahap *Improve* berfokus terhadap akar penyebab yang telah diidentifikasi. Setelah akar penyebab diketahui disusun rekomendasi perbaikan untuk mencegah atau menghilangkan kegagalan [9][11].

e. Control

Tahap *Control* bertujuan memastikan penyebab utama kegagalan tidak terjadi kembali. Pada tahap ini, setiap aktivitas dikendalikan untuk menjaga konsistensi hasil [11].

4. Value Stream Mapping (VSM)

Value Stream Mapping (VSM) digunakan untuk menggambarkan aliran produksi suatu produk, termasuk aliran material dan informasi [4]. Dalam *Value Stream Mapping* terdapat dua jenis peta, yaitu *Current Value Stream Mapping* (CVSM) dan *Future Value Stream Mapping* (FVSM). CVSM menggambarkan kondisi aliran material dan informasi saat ini sehingga jenis pemborosan yang terjadi dapat diidentifikasi. Sementara itu, FVSM menggambarkan kondisi masa depan sebagai hasil dari perbaikan. Setiap proses kemudian diklasifikasikan ke dalam *Value Added* (VA), *Non-Value Added* (NVA), atau *Necessary Non-Value Added* (NNVA) [12]. *Value Added* (VA) adalah aktivitas yang menciptakan nilai tambah sehingga harus dipertahankan. *Non-Value Added* (NVA) merupakan aktivitas yang tidak diperlukan sehingga dapat dihilangkan [13]. *Necessary Non-Value Added* (NNVA) adalah aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah tetapi masih dapat ditingkatkan agar efisien [14].

5. Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

Value Stream Analysis Tools (VALSAT) digunakan untuk memahami aliran material dan informasi sepanjang proses produksi sekaligus mengidentifikasi tujuh jenis pemborosan. Dalam penerapannya, setiap jenis pemborosan diberikan bobot kemudian dikalikan dengan faktor skala ordinal yang terdiri dari rendah, sedang, dan tinggi dengan nilai masing-masing 1, 3, dan 9 [5]. Terdapat tujuh alat pemetaan yang masing-masing memiliki fungsi dan keunggulan untuk mengidentifikasi pemborosan, yaitu *Process Activity Mapping* (PAM), *Supply Chain Response Matrix* (SCRM), *Production Variety Funnel* (PVF), *Quality Filter Mapping* (QFM), *Demand Amplification Mapping* (DAM), *Decision Point Analysis* (DPA), dan *Physical Structure* (PS) [15].

6. Diagram Fishbone

Diagram *fishbone* digunakan untuk menggambarkan berbagai penyebab atau faktor yang berkaitan dengan suatu permasalahan secara terstruktur. Dengan penyajian visual terhadap kemungkinan penyebab sehingga dapat lebih mudah mengidentifikasi faktor yang perlu ditangani atau diperbaiki untuk menyelesaikan permasalahan [17].

7. Failure Mode and Effect Analysis

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) digunakan untuk mendefinisikan, mengidentifikasi, memprioritaskan, dan menghilangkan kegagalan yang diketahui sebelum produk sampai ke pelanggan [18]. FMEA disajikan dalam bentuk tabel dan digunakan untuk mengidentifikasi dampak kegagalan proses serta menganalisis prioritas penanganannya menggunakan Risk Priority Number (RPN) [19]. Tingkat prioritas kegagalan ditentukan dengan memberikan penilaian pada severity, occurrence, dan detection yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai RPN sebagai dasar penentuan prioritas mode kegagalan [20].

$$RPN = S \times O \times D \quad (5)$$

Hasil dan Pembahasan

A. Define

1. Current Value Stream Mapping

Current Value Stream Mapping (CVSM) digunakan untuk memetakan aliran fisik dan informasi pada proses produksi minyak herbal yang kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori VA, NNVA, dan NVA. Berikut disajikan CVSM pada Gambar 1.

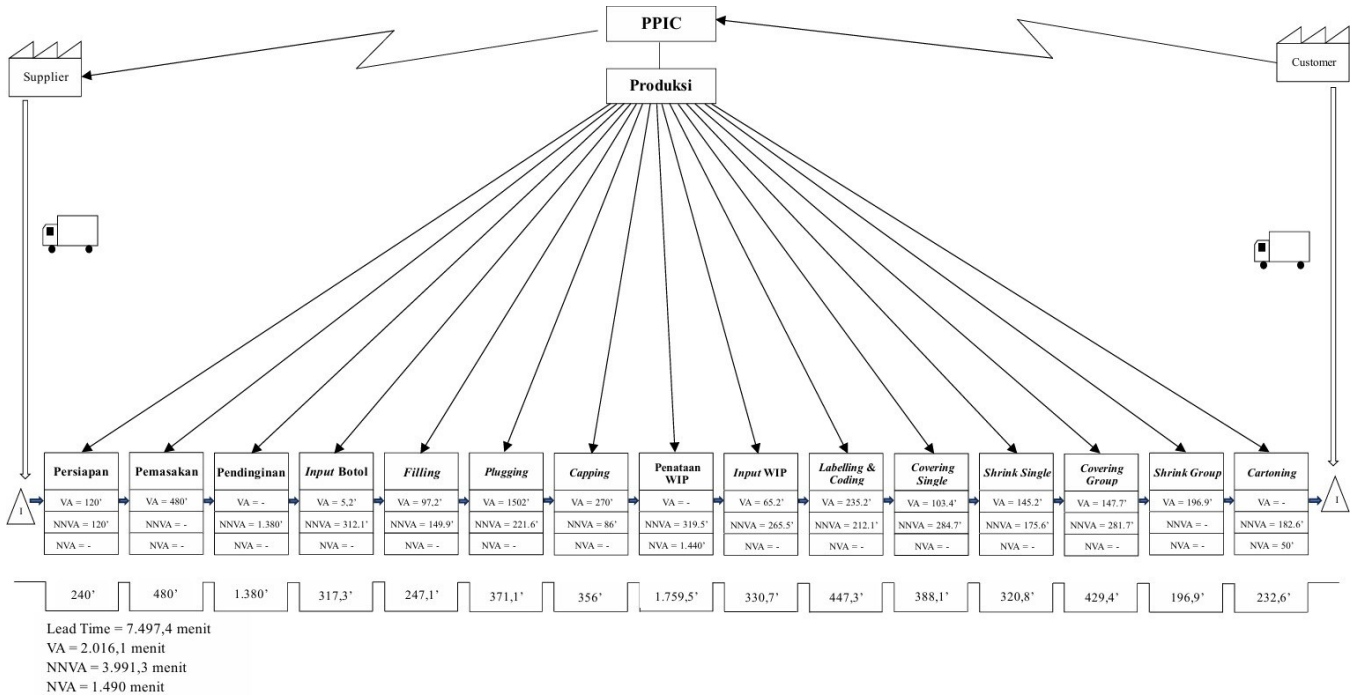


Figure 1. Current Value Stream Mapping Proses Produksi Minyak Herbal

Berdasarkan Gambar 1, total waktu produksi (*lead time*) adalah 7.497,4 menit yang terdiri dari 2.016,1 menit aktivitas *Value Added* (VA), 1.490 menit aktivitas *Non-Value Added* (NVA), dan 3.991,3 menit aktivitas *Necessary Non-Value Added* (NNVA). Berdasarkan data waktu tersebut, nilai *Process Cycle Efficiency* (PCE) dapat dihitung sebesar 26,89% menunjukkan proses produksi belum optimal sehingga diperlukan perbaikan untuk meningkatkan efisiensi proses.

2. Penetapan Waste Kritis

Untuk mengidentifikasi pemborosan, dilakukan pengisian kuesioner melalui wawancara dengan staf yang memiliki pengetahuan dan pengalaman di bidangnya (*expert judgement*). Berdasarkan hasil wawancara terhadap lima responden, diperoleh peringkat *waste* pada proses produksi minyak herbal seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pembobotan Waste

Jenis Pemborosan	Bobot	Ranking
<i>Defect</i>	3,6	1
<i>Motion</i>	3,2	2
<i>Overprocessing</i>	3	3
<i>Transportation</i>	2,8	4
<i>Waiting</i>	2,6	5
<i>Inventory</i>	2,2	6
<i>Overproduction</i>	1,2	7

Berdasarkan tabel di atas, jenis *waste* paling kritis adalah *defect* dengan bobot 3,6, *motion* dengan bobot 3,2, dan *overprocessing* dengan bobot 3,0.

3. Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

Setelah peringkat jenis *waste* diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah mengalikan bobot *waste* dengan nilai pembobotan pada tabel VALSAT menggunakan faktor skala *High* (H) = 9, *Medium* (M) = 3, dan *Low* (L) = 1. Berikut disajikan Tabel 2 VALSAT yang telah disesuaikan.

Tabel 2. Perhitungan Hasil Skor VALSAT

Jenis Pemborosan	Bobot	PAM	SCRM	PVF	QFM	DAM	DPA	PS
<i>Defect</i>	3,6	3,6	-	-	32,4	-	-	-
<i>Overproduction</i>	1,2	1,2	3,6	-	1,2	3,6	3,6	-
<i>Waiting</i>	2,6	23,4	23,4	2,6	-	7,8	7,8	-
<i>Overprocessing</i>	3	27	-	9	3	-	3	-
<i>Motion</i>	3,2	28,8	3,2	-	-	-	-	3,2
<i>Inventory</i>	2,2	6,6	19,8	6,6	-	19,8	6,6	2,2
<i>Transportation</i>	2,8	25,2	-	-	-	-	-	-

Jenis Pemborosan	Bobot	PAM	SCRM	PVF	QFM	DAM	DPA	PS
Total Skor		115,8	50	18,2	36,6	31,2	21	5,4
Ranking		1	2	5	3	4	6	7

Berdasarkan Tabel 2, *tools Process Activity Mapping* (PAM) memiliki skor tertinggi sebesar 115,8 sehingga PAM dipilih untuk analisis karena mencakup seluruh jenis *waste*.

B. Process Activity Mapping (PAM)

PAM digunakan untuk memetakan seluruh tahapan proses produksi ke dalam kategori aktivitas seperti pada Tabel 3. Aktivitas paling dominan adalah operasi dan transportasi yang menunjukkan sebagian besar digunakan untuk proses pengolahan produk dan perpindahan material antar stasiun kerja.

Tabel 3. Rekapitulasi Aktivitas Proses Produksi Menggunakan PAM

Aktivitas	Jumlah	Persentase	Waktu (Menit)	Persentase
<i>Operation</i> (O)	18	38%	2.262,3	30%
<i>Transportation</i> (T)	14	30%	2.076,6	28%
<i>Inspection</i> (I)	9	19%	169,1	2%
<i>Storage</i> (S)	4	9%	1.789,5	24%
<i>Delay</i> (D)	2	4%	1.200	16%
Total	47	100%	7.497,4	100%

Selain itu, aktivitas proses produksi juga diklasifikasikan menjadi *Value Added* (VA), *Non-Value Added* (NVA), dan *Necessary Non-Value Added* (NNVA). Berdasarkan Tabel 4, NNVA merupakan paling dominan karena aktivitas yang tidak menambah nilai tetapi masih diperlukan ini digunakan untuk mendukung kelancaran proses produksi.

Tabel 4. Rekapitulasi Aktivitas Proses Produksi Berdasarkan VA, NVA, dan NNVA

Aktivitas	Jumlah	Persentase	Waktu (Menit)	Persentase
<i>Value Added</i> (VA)	12	26%	2.016,1	27%
<i>Non-Value Added</i> (NVA)	3	6%	1.520	20%
<i>Necessary Non-Value Added</i> (NNVA)	32	68%	3.961,3	53%
Total	47	100%	7.497,4	100%

C. Measure

1. Perhitungan Level Sigma

Perhitungan ini dilakukan untuk mengevaluasi tingkat kecacatan proses produksi sekaligus menggambarkan kondisi mutu pada proses pengemasan produk Minyak Herba. Nilai sigma dihitung berdasarkan data jumlah cacat setiap periode yang mencakup jenis cacat, jumlah produksi, serta total cacat selama enam periode.

Contoh perhitungan periode ke-1:

a. Perhitungan DPO dan DPMO

$$\begin{aligned}
 \text{DPO} &= \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Jumlah Produksi} \times \text{CTQ}} & (6) \\
 &= \frac{23.537}{466.166 \times 3} \\
 &= 0,01683
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{DPMO} &= \text{DPO} \times 1.000.000 & (7) \\
 &= 0,01683 \times 1.000.000 \\
 &= 16.830
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Level Sigma

Karena dalam tabel konversi DPMO ke nilai sigma dengan nilai DPMO 16.830 tidak ada, maka menggunakan interpolasi:

DPMO= 17.003 (X1), nilai konversi sigma = 3,62 (Y1)

DPMO= 16.586 (X2), nilai konversi sigma = 3,63 (Y2)

DPMO= 16.830 (X), nilai konversi sigma (Y) adalah?

Maka,

$$\frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1} \quad (8)$$

$$\frac{16.830 - 17.003}{16.586 - 17.003} = \frac{y - 3,62}{3,63 - 3,62}$$

$$\frac{-173}{-417} = \frac{y - 3,62}{0,01}$$

$$Y = \frac{-1.511,27}{-417} = 3,62$$

Jadi, perhitungan nilai sigma pada periode ke-1 dengan nilai DPMO sebesar 16.830 didapatkan nilai konversi *Six Sigma* sebesar 3,62. Tabel 5 di bawah ini menyajikan rekapitulasi nilai DPO, DPMO, dan level sigma pada proses pengemasan minyak herbal selama enam periode.

Tabel 5. Rekapitulasi DPO, DPMO, dan Level Sigma Pada Proses Pengemasan Minyak Herba Selama 6 Periode

Periode	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Defect (Pcs)	CTQ	DPO	DPMO	Level Sigma
1	466.166	23.537	3	0,01683	16.830	3,62
2	535.264	31.728		0,019758	19.758	3,55
3	567.666	34.085		0,020015	20.015	3,55
4	661.664	36.517		0,018397	18.397	3,58
5	377.139	20.651		0,018252	18.252	3,60
6	335.642	14.949		0,014846	14.846	3,67

Berdasarkan Tabel 5, diperoleh nilai rata-rata DPMO dan level sigma selama enam periode sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Rata - Rata DPMO} &= \frac{\text{Total DPMO selama 6 periode}}{6} \quad (9) \\ &= \frac{108.098}{6} \\ &= 18016 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata - Rata Level Sigma} &= \frac{\text{Total Sigma selama 6 periode}}{6} \quad (10) \\ &= \frac{21,57}{6} \\ &= 3,59 \end{aligned}$$

Proses mencapai level sigma sebesar 3,59 (3-sigma) dengan rata-rata DPMO sebesar 18.016 per 1.000.000 unit. Meskipun lebih baik dibandingkan rata-rata industri di Indonesia, nilai ini masih berada di bawah standar Amerika Serikat dan global sehingga diperlukan analisis akar penyebab lebih lanjut untuk meningkatkan kinerja proses.

D. Analyze

1. Peta Kendali P

Peta kendali p digunakan untuk memantau proporsi produk cacat dan memastikan bahwa proses tetap berada dalam batas kendali statistik selama enam periode, dengan komponen p, UCL, CL, dan LCL. Disajikan Tabel 6 mengenai hasil rekapitulasi perhitungan p, UCL, CL, dan LCL.

Tabel 6. Rekapitulasi UCL, CL, dan LCL Selama Enam Periode

Periode	Proporsi	UCL	CL	LCL
1	0,050491	0,055856	0,054855	0,053855
2	0,059275	0,055789	0,054855	0,053921
3	0,060044	0,055762	0,054855	0,053948
4	0,055191	0,055695	0,054855	0,054015
5	0,054757	0,055967	0,054855	0,053743
6	0,044539	0,056034	0,054855	0,053676

Setelah dilakukan perhitungan seperti pada Tabel 6, kemudian perhitungan tersebut dituangkan dalam bentuk gambar seperti pada Gambar 2.

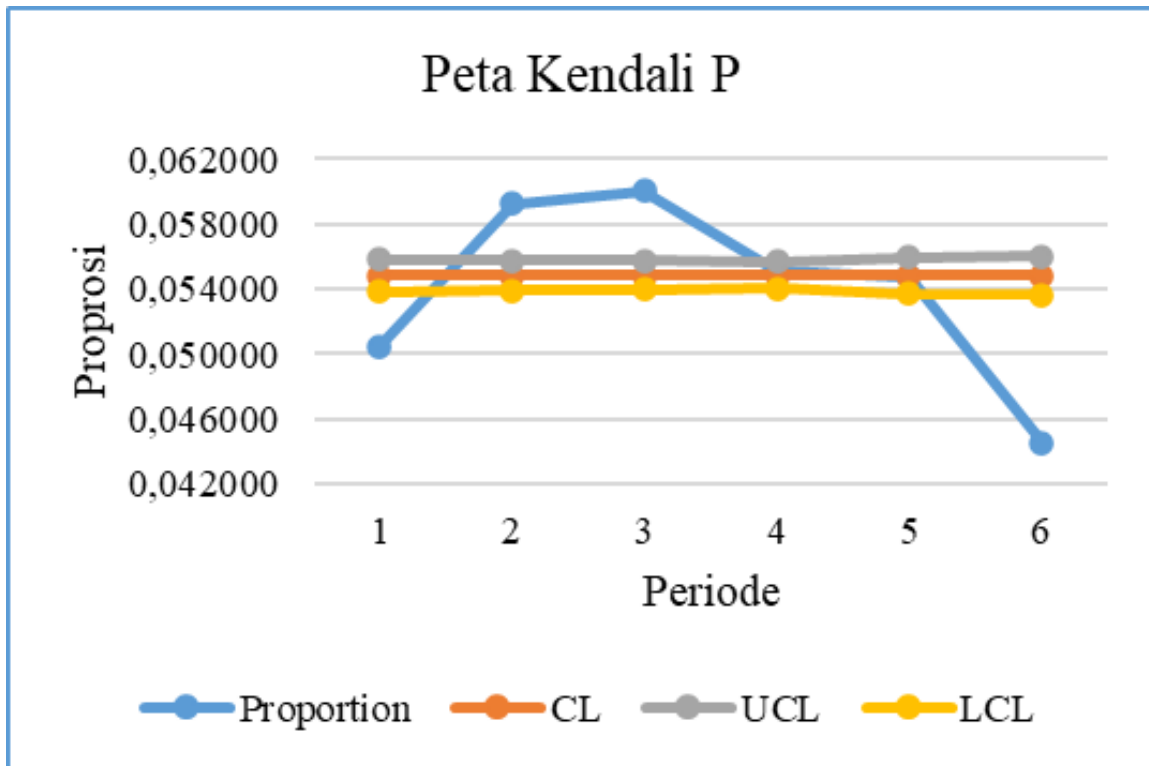


Figure 2. Peta Kendali P

Berdasarkan Gambar 2, proses produksi minyak herbal berada dalam kondisi tidak terkendali secara statistik karena terdapat empat periode berada di luar batas kendali (UCL/LCL). Titik-titik yang berada di luar batas kendali menunjukkan adanya variasi penyebab khusus sehingga diperlukan analisis akar penyebab untuk menentukan tindakan perbaikan yang tepat.

2. Kapabilitas Proses

Perhitungan kapabilitas proses digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi minyak herbal telah memenuhi standar kualitas yang diinginkan atau masih memerlukan perbaikan untuk mengurangi jumlah cacat. Berikut adalah perhitungan kapabilitas proses pada produksi minyak herbal.

$$Cp = \frac{UCL-LCL}{6\sigma} \quad (11)$$

$$Cp = \frac{0,055253-0,054456}{6 \times 0,00013} = 1$$

Nilai kapabilitas proses (Cp) sebesar 1 menunjukkan bahwa proses mampu menghasilkan produk sesuai spesifikasi, namun masih memerlukan pengendalian dan peningkatan lebih lanjut. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap variabilitas serta upaya untuk menjaga stabilitas proses guna mencapai target kualitas mendekati nol cacat.

3. Diagram Pareto

Berdasarkan CTQ cacat pada kemasan produk minyak herbal, dilakukan analisis untuk mengidentifikasi jenis cacat yang paling dominan menggunakan diagram Pareto. Berdasarkan Gambar 3, urutan jenis cacat dari frekuensi tertinggi hingga terendah adalah sebagai berikut: kemasan botol individual yang tidak rapi sebesar 65%, kemasan botol kelompok yang berlubang sebesar 25%, dan label yang berkerut sebesar 10%.

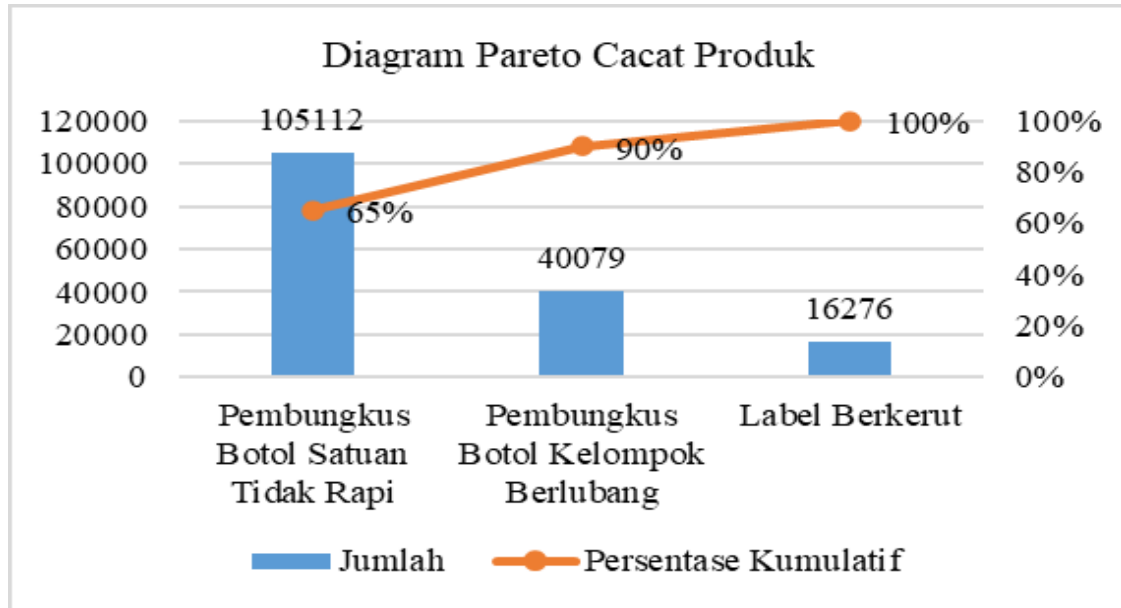


Figure 3. Diagram Pareto

4. Diagram Fishbone

Diagram *fishbone* digunakan untuk mencari akar penyebab masalah dari permasalahan yang diangkat yaitu pemborosan pada proses produksi minyak herbal. Setiap jenis pemborosan yang paling dominan nantinya akan dicari akar penyebabnya menggunakan diagram *fishbone*. Pada diagram *fishbone* akar penyebab masalah dikelompokkan ke dalam beberapa aspek kategori seperti manusia, mesin, material, metode, dan lingkungan. Berikut ini disajikan diagram *fishbone* dari tiap-tiap pemborosan.

a. Pemborosan Defect

Pemborosan *defect* atau cacat produk merupakan jenis pemborosan yang paling utama karena dalam proses produksinya masih terdapat jenis cacat produk yang menimbulkan kerugian dan menimbulkan adanya jenis pemborosan yang lain. Berikut ini akar penyebab masalah cacat produk yang diidentifikasi dalam penelitian.

1) Defect Label Berkerut

Cacat produk label berkerut disebabkan oleh dua aspek utama, yaitu aspek mesin dan material. Berikut ini diagram *fishbone* cacat produk label berkerut pada Gambar 4.

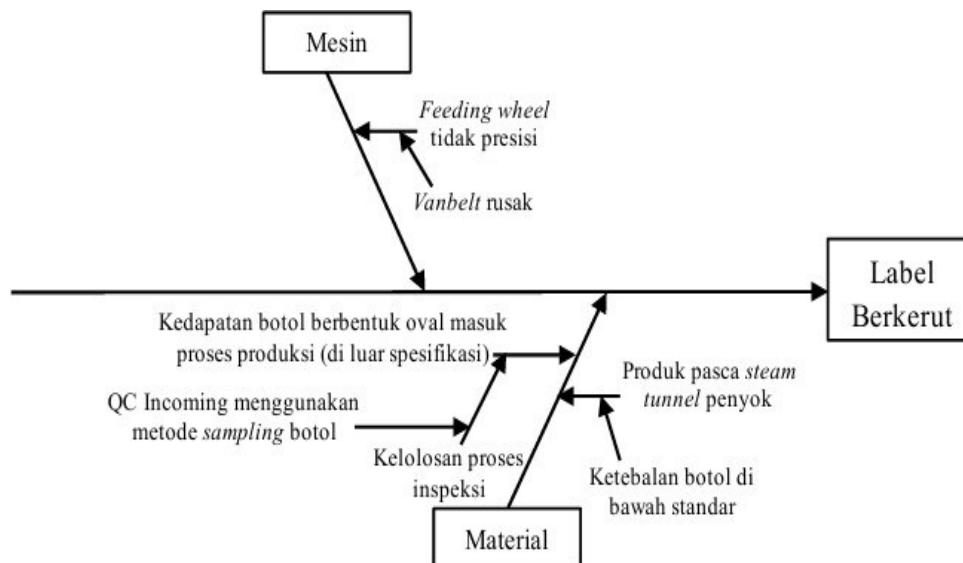


Figure 4. Diagram Fishbone Cacat Produk Label Berkerut

2) Defect Pembungkus Botol Satuan Tidak Rapi

Cacat produk pembungkus botol satuan tidak rapi disebabkan oleh tiga aspek utama, yaitu aspek manusia, mesin, dan material. Berikut ini disajikan diagram *fishbone* cacat produk pembungkus botol satuan tidak rapi pada Gambar 5.

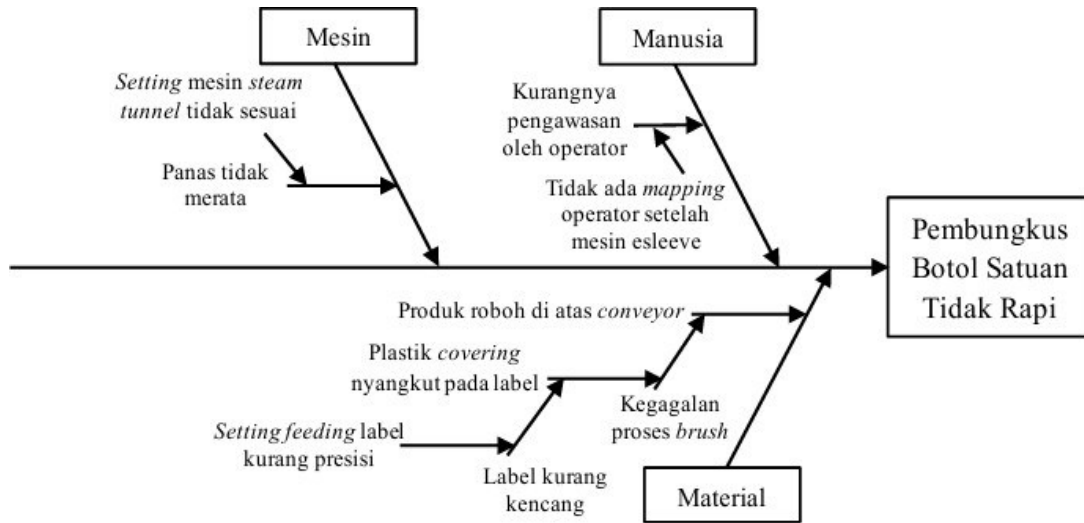


Figure 5. Diagram *Fishbone* Cacat Produk Pembungkus Botol Satuan Tidak Rapi

3) Defect Pembungkus Botol Kelompok Berlubang

Cacat produk pembungkus botol kelompok berlubang disebabkan oleh dua aspek utama, yaitu aspek, mesin dan aspek material. Berikut ini diagram *fishbone* cacat produk pembungkus botol kelompok berlubang pada Gambar 6.

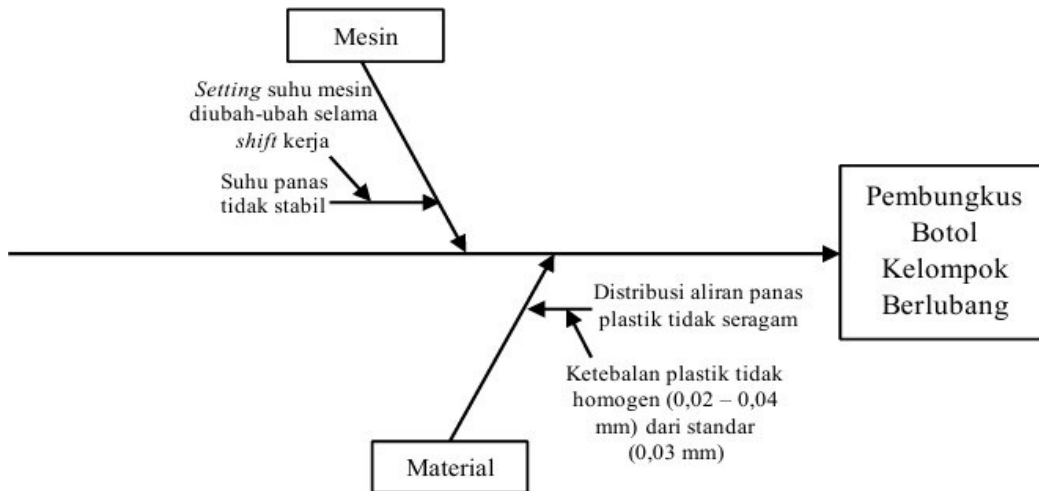


Figure 6. Diagram *Fishbone* Cacat Produk Pembungkus Botol Kelompok Berlubang

a. Pemborosan Motion

Pemborosan *motion* terjadi karena adanya gerakan tambahan yang tidak diperlukan dalam proses produksi minyak herba. Pemborosan ini disebabkan oleh empat aspek utama, yaitu aspek manusia, metode, mesin, dan lingkungan. Diagram *fishbone* di bawah ini menunjukkan akar penyebab masalah dari pemborosan *motion* seperti pada Gambar 7.

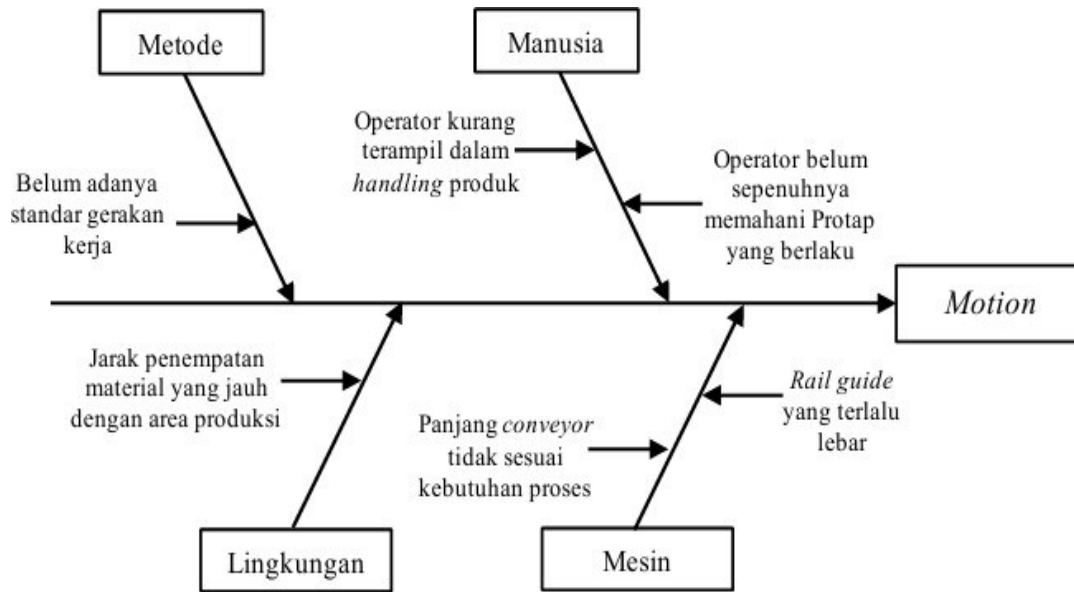


Figure 7. Diagram Fishbone Pemborosan Motion

b. Pemborosan Overprocessing

Pemborosan *overprocessing* terjadi karena adanya langkah kerja atau urutan kerja yang dilakukan secara berulang. Pemborosan ini disebabkan oleh tiga aspek utama, yaitu aspek metode, manusia, dan aspek mesin. Berikut ini disajikan gambar diagram *fishbone* untuk pemborosan *overprocessing* pada Gambar 8.

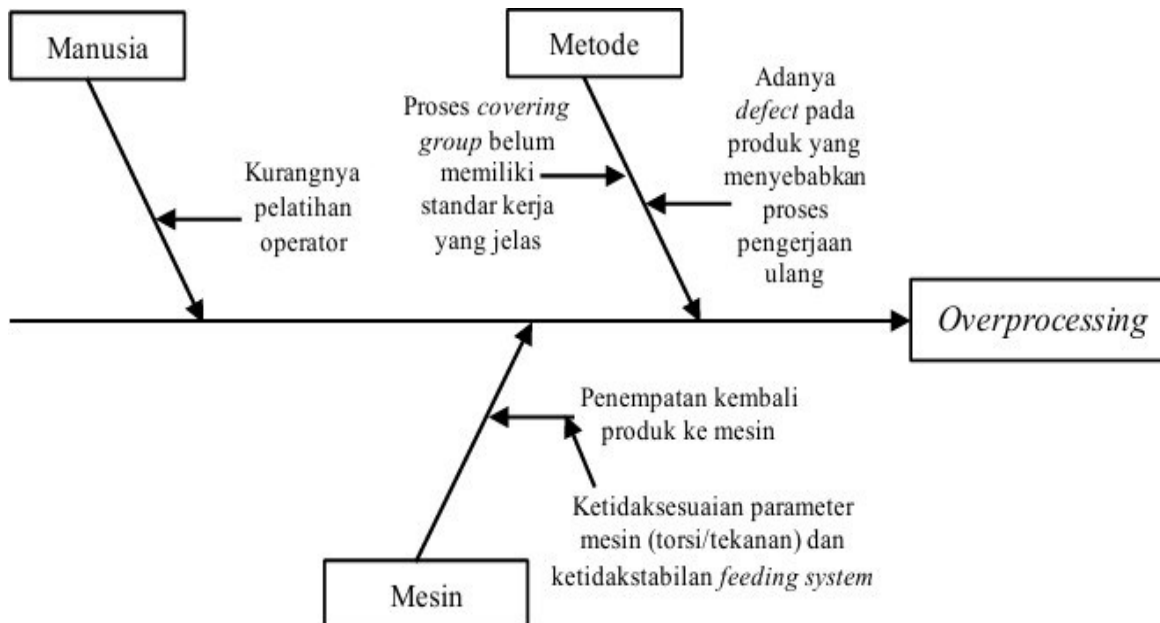


Figure 8. Diagram Fishbone Pemborosan Overprocessing

E. Improve

1. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Metode FMEA diterapkan pada proses pengemasan minyak herbal untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada setiap tahapan terhadap cacat produk serta mengevaluasi dampaknya terhadap kualitas produk dan kinerja proses. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) dihitung dengan mengalikan *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) untuk menentukan risiko yang paling kritis dalam upaya perbaikan demi meningkatkan kualitas produk. Pada Tabel 7 menyajikan tabel hasil perhitungan RPN beserta rekomendasi perbaikan tiap kegagalan.

Tabel 7. Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dan Rekomendasi Perbaikan

Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	RPN	Calculation Level	Rekomendasi Perbaikan
Pembungkus Botol Satuan Tidak Rapi	<i>Setting</i> mesin <i>tunnel</i> tidak sesuai	294	<i>Very High</i>	Standarisasi <i>setting nozzle steam</i> dan menambahkan <i>curtain</i> pada mesin <i>steam tunnel</i> untuk menjaga kestabilan suhu.
Pembungkus Botol Satuan Tidak Rapi	<i>Setting feeding</i> label kurang presisi	210	<i>Very High</i>	Melakukan pemeriksaan dan perawatan pencegahan pada komponen <i>feeding</i> melalui pembersihan rutin, serta penggantian komponen aus.
Pembungkus Botol Kelompok Berlubang	Ketebalan plastik tidak homogen	210	<i>Very High</i>	Melakukan penggantian material pembungkus botol dari plastik PVC menjadi plastik PETG karena PETG memiliki stabilitas terhadap panas yang lebih baik.
Pembungkus Botol Satuan Tidak Rapi	Tidak ada <i>mapping</i> operator setelah mesin <i>esleeve</i>	175	<i>High</i>	Tetapkan <i>PIC monitoring</i> pada area <i>output esleeve</i> melalui <i>mapping</i> tugas.
Pembungkus Botol Kelompok Berlubang	<i>Setting</i> suhu mesin dirubah-rubah selama <i>shift</i> kerja	150	<i>High</i>	Melakukan penggantian atau perbaikan komponen untuk <i>heater</i> yang sudah tidak optimal atau melakukan pemeliharaan rutin dan kalibrasi suhu mesin secara berkala.
Label Berkerut	QC Incoming menggunakan metode <i>sampling</i>	100	<i>Medium</i>	Melakukan pengecekan label secara keseluruhan dan melakukan audit <i>supplier</i> secara rutin.
Label Berkerut	Ketebalan botol di bawah standar	75	<i>Low</i>	Melakukan audit ke <i>supplier</i> botol secara rutin.
Label Berkerut	<i>Vanbelt</i> rusak	60	<i>Low</i>	Memastikan bahwa <i>vanbelt</i> diperiksa secara rutin dan diganti jika ditemukan kerusakan untuk menjaga kelancaran proses produksi.

2. Rekomendasi Perbaikan Terhadap Pemborosan

Usulan rekomendasi pemborosan dibuat untuk mengidentifikasi dan mengurangi aktivitas yang tidak bernilai tambah. Perbaikan difokuskan pada sumber pemborosan paling dominan yang telah ditemukan agar proses menjadi lebih efisien dan kualitas produk meningkat. Rekomendasi perbaikan terhadap pemborosan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekomendasi Perbaikan Pemborosan

Jenis Pemborosan		Rekomendasi Perbaikan
<i>Defect</i>	Label berkerut	Melakukan pengecekan kualitas label menyeluruh, audit rutin <i>supplier</i> label dan botol, serta pemeriksaan dan penggantian <i>vanbelt</i> secara berkala.
	Pembungkus botol satuan tidak kencang	Melakukan standarisasi <i>setting nozzle</i> serta menambahkan <i>curtain</i> pada mesin <i>steam tunnel</i> , disertai perawatan pencegahan komponen <i>feeding</i> melalui pembersihan, kalibrasi, dan penggantian komponen aus, serta menetapkan <i>PIC monitoring</i> di area <i>output esleeve</i> .
	Pembungkus botol berkelompok berlubang	Melakukan penggantian material pembungkus botol dari PVC ke PETG karena memiliki stabilitas panas lebih baik, serta melakukan penggantian atau perbaikan <i>heater</i> yang tidak optimal disertai pemeliharaan dan kalibrasi suhu mesin.
<i>Motion</i>	Operator menata ulang botol yang jatuh di <i>conveyor</i>	Buat <i>guide rail conveyor</i> lebih rapat dan lakukan pemeriksaan secara rutin untuk mesin <i>feeding</i> label.
	Setelah proses <i>labelling</i> dan operator mengambil produk dari <i>conveyor</i> , mengumpulkannya, dan meletakkannya kembali ke <i>conveyor</i>	Tambahkan sensor ketika <i>conveyor</i> sudah penuh dengan produk maka proses <i>labelling</i> dan <i>coding</i> berhenti.
	Operator mengambil kekurangan material di area <i>staggering</i>	Membuat tempat khusus di dekat mesin/ <i>line</i> untuk material penting.
<i>Overprocessing</i>	Proses <i>capping</i> ulang dilakukan pada botol yang keluar dari mesin tanpa tutup	Menambahkan <i>conveyor rework</i> pendek dan sensor <i>cap missing</i> agar botol tanpa tutup dialihkan ke jalur <i>rework</i> untuk <i>capping</i> ulang manual, dan menambahkan sensor deteksi <i>cap missing</i> dan jalur <i>conveyor</i> balik, sehingga botol tanpa tutup dialihkan kembali ke <i>conveyor</i> sebelum mesin <i>capping</i> untuk diproses ulang.
	Proses pengumpulan produk yang sudah di bungkus satuan di meja sebelum masuk ke proses selanjutnya	Mengusulkan penerapan alur proses di mana produk hasil botol satuan langsung masuk ke proses pembungkus botol kelompok tanpa melalui tahap pengumpulan di meja dan diberi pelatihan guna meminimalisir adanya <i>overprocessing</i> .
	Proses pengerjaan ulang di ruang kemas luar karena adanya <i>defect</i>	Menghilangkan akar penyebab <i>defect</i> pada proses sebelumnya (label, pembungkus botol satuan, pembungkus botol kelompok) sehingga produk tidak perlu mengalami pengerjaan ulang di ruang kemas luar.

Selain rekomendasi terhadap pemborosan yang telah diidentifikasi, juga diberikan usulan perbaikan pada aktivitas-aktivitas yang tergolong tidak bernilai tambah. Aktivitas tersebut dapat direduksi atau dieliminasi untuk mengurangi waktu produksi, sehingga proses produksi menjadi lebih cepat, efisien, dan mampu meningkatkan produktivitas secara keseluruhan. Berikut

ini disajikan tabel mengenai usulan perbaikan terhadap aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terdapat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekomendasi Perbaikan untuk Aktivitas yang di Eliminasi

Aktivitas	Rekomendasi Perbaikan
Pendinginan	Pengurangan waktu pendinginan dilakukan dengan menggunakan sistem <i>heat exchanger</i> yang memindahkan panas antar fluida tanpa kontak langsung. Pada usulan perbaikan, seluruh proses pendinginan dialihkan ke tangki penyimpanan dengan bantuan <i>heat exchanger</i> sehingga pendinginan di dalam kualii dihilangkan.
Pemindahan ruahan dari kualii ke <i>storage tank</i>	Proses pemindahan ruahan ditingkatkan dengan menerapkan sistem perpipaan langsung (<i>direct piping</i>), sehingga waktu transfer berkurang.
Penyimpanan di area <i>staging</i> dan penyimpanan sementara di RAB	Penyimpanan WIP di <i>staging area</i> terjadi akibat keterlambatan pemindahan produk ke proses pengemasan luar. Untuk mengatasi hal ini, diusulkan penjadwalan ulang produksi agar proses pengemasan utama dan luar lebih sinkron sehingga waktu penyimpanan WIP dapat dihilangkan. Selain itu, penyimpanan sementara di area RAB dihilangkan dengan menerapkan sistem pemindahan langsung ke gudang karantina.
Pemasangan label identitas pada karton	Perbaikan dilakukan dengan menghilangkan proses pemasangan label secara manual pada karton, yaitu dengan meminta pemasok untuk mencetak label identifikasi langsung pada permukaan karton.

F. Future Value Stream Mapping

Berdasarkan Tabel 9 terkait pengurangan aktivitas pada proses produksi minyak herbal, kemudian dilakukan penyusunan *Future Value Stream Mapping* (FVSM) yang menunjukkan aliran proses produksi lebih efisien dibandingkan dengan proses produksi sebelumnya atau pada *Current Value Stream Mapping* (CVSM). Perbedaan antara FVSM dan CVSM terletak pada total waktu produksi (*lead time*) yang lebih kecil pada FVSM. Gambar 13. menunjukkan *Futre Value Stream Mapping* (FVSM) dengan proses produksi yang lebih efisien.

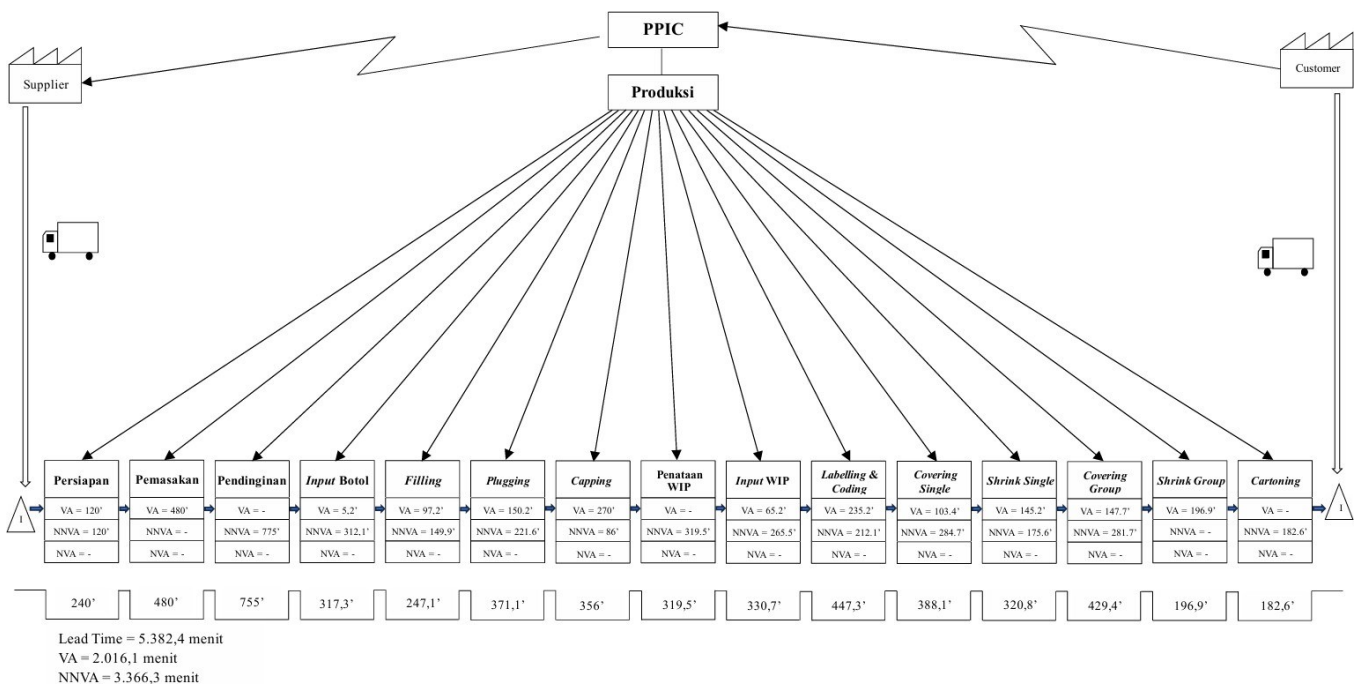


Figure 9. Future Value Stream Mapping (FVSM) Proses Produksi Minyak Herbal

Berdasarkan Gambar 9. waktu proses produksi minyak herba menunjukkan penurunan dari 7.497,4 menit menjadi 5.382,3 menit. Dengan penurunan tersebut, aktivitas *Non-Value Added* (NVA) yang sebelumnya sebesar 1.520 menit berhasil dieliminasi menjadi 0 menit. Sementara itu, aktivitas *Necessary Non-Value Added* (NNVA) menurun dari 3.961,3 menit menjadi 3.366,3 menit, sedangkan aktivitas *Value Added* (VA) tetap sebesar 2.016,1 menit. Berdasarkan hasil data waktu tersebut, dapat dihitung nilai *Process Cycle Efficiency* (PCE) yang menunjukkan adanya peningkatan menjadi sebesar 37,46% dari yang sebelumnya 26,89%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa proses produksi menjadi lebih efisien apabila rekomendasi perbaikan terhadap aktivitas yang dieliminasi diterapkan.

G. Control

Tahap *control* bertujuan untuk memastikan keberlanjutan perbaikan dalam pengurangan pemborosan pada proses produksi minyak herbal. Namun, tahap ini belum diterapkan dalam penelitian ini karena keputusan implementasinya berada pada pihak perusahaan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan beberapa studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa penerapan Lean Six Sigma efektif dalam mengidentifikasi dan mengurangi pemborosan serta meningkatkan efisiensi proses produksi. Misalnya, penelitian oleh Karuna et al. menunjukkan bahwa dominasi waste seperti defect dan motion merupakan faktor utama yang mempengaruhi kinerja produksi pada industri manufaktur. Temuan dalam penelitian ini juga memperkuat hasil tersebut, di mana defect, motion, dan overprocessing menjadi pemborosan paling dominan pada proses pengemasan minyak herbal. Selain itu, penggunaan Value Stream Mapping (VSM) dalam penelitian ini terbukti efektif dalam mengidentifikasi aktivitas non-value-added, sebagaimana juga dilaporkan oleh Firdaus dan Putro yang menyatakan bahwa VSM mampu memetakan aliran proses secara komprehensif sehingga memudahkan identifikasi inefisiensi.

Namun demikian, penelitian ini memberikan kontribusi lebih lanjut dengan mengintegrasikan analisis risiko melalui FMEA untuk menentukan prioritas perbaikan secara kuantitatif. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya berhenti pada identifikasi waste, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis risiko mampu menghasilkan rekomendasi perbaikan yang lebih terarah, terutama pada cacat pembungkusan botol satuan tidak rapi dengan nilai RPN tertinggi. Secara kritis, meskipun nilai sigma sebesar 3,59 menunjukkan kinerja proses yang cukup baik dibandingkan rata-rata industri di Indonesia, hasil ini masih berada di bawah standar global sehingga mengindikasikan bahwa sistem pengendalian kualitas belum optimal. Oleh karena itu, diperlukan implementasi berkelanjutan, khususnya pada tahap control, untuk memastikan stabilitas proses dan keberlanjutan peningkatan kinerja produksi.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh tingkat sigma sebesar 3,59 dari tiga Critical to Quality (CTQ) pada proses pengemasan produk minyak herbal. Analisis pemborosan menunjukkan bahwa jenis waste yang paling dominan adalah defect, motion, dan overprocessing. Setelah dilakukan eliminasi aktivitas Non-Value Added (NVA) dan pengurangan Necessary Non-Value Added (NNVA), terjadi penurunan lead time produksi dari 7.497,4 menit menjadi 5.382,4 menit serta peningkatan Process Cycle Efficiency (PCE) dari 26,89% menjadi 37,46%. Selain itu, hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa mode kegagalan dengan risiko tertinggi terdapat pada pembungkusan botol satuan yang tidak rapi dengan nilai Risk Priority Number (RPN) sebesar 294, yang diatasi melalui standarisasi parameter mesin dan peningkatan kontrol proses.

Secara praktis, penelitian ini memberikan implikasi bahwa penerapan Lean Six Sigma yang terintegrasi dengan FMEA mampu menjadi pendekatan efektif dalam mengurangi pemborosan, meminimalkan cacat produk, serta meningkatkan efisiensi proses produksi pada industri farmasi, khususnya pada tahap pengemasan. Rekomendasi yang dihasilkan dapat dijadikan acuan bagi perusahaan dalam melakukan perbaikan berkelanjutan, terutama dalam pengendalian kualitas dan optimalisasi alur produksi.

Dari sisi kontribusi ilmiah, penelitian ini memperkaya penerapan Lean Six Sigma dengan mengintegrasikan berbagai tools analisis seperti VSM, VALSAT, PAM, fishbone, dan FMEA secara komprehensif dalam satu kerangka DMAIC. Pendekatan ini tidak hanya mampu mengidentifikasi pemborosan, tetapi juga menentukan prioritas perbaikan berbasis risiko secara lebih sistematis. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan analisis pada tahap pengemasan utama serta mengimplementasikan tahap control guna memastikan keberlanjutan hasil perbaikan dalam jangka panjang.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyelesaian penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih banyak kepada salah satu perusahaan manufaktur di bidang industri farmasi yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian secara langsung terhadap proses produksi minyak herbal. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada staf dan karyawan atas dukungan yang diberikan berupa diskusi (*brainstorming*), arahan, serta informasi selama proses penelitian berlangsung.

References

1. M. R. Adiyasa and M. Meiyanti, "Pemanfaatan Obat Tradisional di Indonesia: Distribusi dan Faktor Demografis yang Berpengaruh," *Jurnal Biomedika dan Kesehatan*, vol. 4, no. 3, pp. 130–138, Sep. 2021, doi: 10.18051/JBiomedKes.2021.v4.130-138.
2. R. Novita, S. M. E. Purwani, and I. G. A. M. R. Jayantiari, "Analisis Hukum Peredaran Obat Tradisional: Menjaga Keamanan dan Keberlanjutan dalam Masyarakat," *Jurnal Interpretasi Hukum*, vol. 4, no. 3, pp. 595–607, 2023, doi: 10.22225/JUINHUM.4.3.8305.595-607.
3. R. Karuna, H. J. Kristina, and W. Sukania, "Peningkatan Kualitas dan Minimasi Waste pada Produksi Kawat Tembaga Dengan Metode Lean Six Sigma," *Jurnal Muara Teknik Industri*, vol. 5, no. 2, pp. 101–110, 2023. [Online]. Available: <https://journal.untar.ac.id/index.php/JMTI/article/download/28418/16952>
4. W. H. Firdaus and B. E. Putro, "Analisis Lean Manufacturing Menggunakan Metode Value Stream Mapping (VSM) pada Pabrik Kerajinan Sangkar Burung," in *Seminar Nasional Teknologi Informasi*, 2023. [Online]. Available: <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/SENASTI/article/view/8008>
5. E. Febianti, Y. Muharni, L. D. Prameswari, S. K. Anggraeni, R. Ekawati, and N. Wahyuni, "Minimasi Pemborosan pada Proses Produksi Tahu dengan Menggunakan Metode AHP dan VALSAT," *Journal of Systems Engineering and Management*, vol. 2, no. 1, pp. 89–95, 2023, doi: 10.36055/joseam.v2i1.19401.
6. V. Gaspersz, *Lean Six Sigma*. Jakarta, Indonesia: Gramedia Pustaka Utama, 2007.
7. M. Y. Muchsinin and W. Sulistiyowati, "Analisis Pengendalian Kualitas untuk Mengurangi Kecacatan Produk Dengan Metode Lean Six Sigma dan Fault Tree Analysis," *Proceeding of Engineering and Life Science*, vol. 2, no. 1, 2022. [Online]. Available: <https://pels.umsida.ac.id/index.php/PELS/article/view/1323>

8. O. A. Juwito and A. Z. Al-Faritsy, "Analisis Pengendalian Kualitas untuk Mengurangi Cacat Produk dengan Metode Six Sigma di UMKM Makmur Santosa," *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, vol. 2, no. 3, pp. 1125–1134, 2022. [Online]. Available: <http://bajangjournal.com/index.php/JCI>
9. I. K. Hidayat and Suseno, "Analisis Pengendalian Kualitas Bracket Dengan Menggunakan Metode Six Sigma (DMAIC)," *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, vol. 2, no. 10, pp. 3981–3990, 2023, doi: 10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v2i10.5830.
10. S. F. Utami, M. F. Almatsir, I. Mashabai, and N. Hudaningsih, "The Analysis of Arabica Coffee Quality in Matano Coffee Using the Six Sigma DMAIC Method," *JENIUS: Jurnal Terapan Teknik Industri*, vol. 4, no. 2, pp. 212–226, Nov. 2023, doi: 10.37373/jenius.v4i2.570.
11. R. Islamia and S. Asy'ari, "Usulan Penerapan Six Sigma DMAIC pada Produk Batu Split (Studi Kasus PT MBP)," *Jurnal Manajemen dan Teknik Industri*, vol. 24, no. 1, pp. 63–72, 2023, doi: 10.350587/Matrik.
12. I. Komariah, "Penerapan Lean Manufacturing untuk Mengidentifikasi Pemborosan (Waste) pada Produksi Wajan Menggunakan Value Stream Mapping (VSM) pada Perusahaan Primajaya Aluminium Industri di Ciamis," *Jurnal Media Teknologi*, vol. 8, no. 1, pp. 45–54, 2022. [Online]. Available: <https://www.ojs.unigal.ac.id/index.php/jmt/article/view/2668>
13. Jusmani and Oktariansyah, "Activity Based Management Sebagai Instrumen bagi Manajemen dalam Efisiensi Biaya," *Jurnal Ekonomika*, vol. 14, no. 2, pp. 87–96, 2021. [Online]. Available: <https://jurnal.univpgrিপalembang.ac.id/index.php/Ekonomika/index>
14. W. T. W. Siagian and J. A. Saifudin, "Analisis Penerapan Lean Manufacturing Dengan Metode VSM (Value Stream Mapping) Guna Mengurangi Waste dan Cycle Time pada Proses Produksi Keramik di PT XYZ," *Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 19, no. 1, pp. 55–66, 2024. [Online]. Available: <http://tekmapro.upnjatim.ac.id/index.php/tekmapro>
15. S. Y. Situmeang, M. Afifuddin, and H. A. Rani, "Analisis Waste Menggunakan Metode Value Stream Analysis Tools pada Proyek Pembangunan Instalasi Gawat Darurat RSUD Pidie Jaya," *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, vol. 4, no. 2, pp. 80–89, Jun. 2021, doi: 10.24815/jarisp.v4i2.16728.
16. Sutarmin, *Total Quality Management*. Yogyakarta, Indonesia: Wawasan Ilmu, 2025.
17. N. I. N. Ilmi, V. A. J. Semnasti, and M. C. P. I. Semnasti, "Penggunaan Metode HIRARC dan Diagram Fishbone dalam Analisis Risiko K3 pada Industri Baja Karbon," *Waluyo Jatmiko Proceeding*, pp. 431–440, Nov. 2023, doi: 10.33005/wj.v16i1.65.
18. W. Amalia et al., "Analisis Kerusakan Mesin Sterilizer Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*, vol. 8, no. 2, pp. 77–84, 2022. [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/118251411/8475.pdf>
19. E. Aristriyana and R. A. Fauzi, "Analisis Penyebab Kecacatan Produk Dengan Metode Fishbone Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) pada Perusahaan Elang Mas Sindang Kasih Ciamis," *Jurnal Industrial Galuh*, vol. 4, no. 2, pp. 55–64, 2022. [Online]. Available: <https://www.ojs.unigal.ac.id/index.php/jig/article/view/3021>
20. M. B. Anthony, "Analisis Penyebab Kerusakan Unit Pompa Pendingin AC dan Kompresor Menggunakan Metode FMEA," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 11, no. 1, pp. 5–13, 2021. [Online]. Available: <https://jitekin-upiypk.org/ojs>