

ISSN (ONLINE) 2598-9936



INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES
PUBLISHED BY
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 27 No. 3 (2026): July
DOI: 10.21070/ijins.v27i3.2008

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>

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 27 No. 3 (2026): July
DOI: 10.21070/ijins.v27i3.2008

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

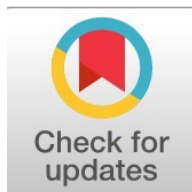
Complete list of editorial team ([link](#))

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 Evaluation of Melamine Paint Delivery Quality
Performance: Evaluasi Lean Six Sigma terhadap Kinerja Kualitas
Pengiriman Cat Melamine

Nurul Amalliyah, nurulamalliyah1113@gmail.com (*)

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

Dira Ernawati, dira.ti@upnjatim.ac.id

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

(*) Corresponding author

Abstract

General Background Supply chain quality control is essential for ensuring that distributed products reach customers on time and in acceptable condition. **Specific Background** Melamine paint delivery involves several packaging types, including bottles, jericans, gallons, and pails, yet shipment defects still occur in the form of leaking gallons, burst gallons, dented pails, and broken bottles. **Knowledge Gap** Delivery quality studies still require integrated defect measurement and improvement prioritization that combines Lean Six Sigma, Root Cause Analysis, and Analytical Hierarchy Process in finishing material distribution. **Aims** This study evaluates the sigma level of melamine paint delivery defects and determines prioritized improvement actions to reduce shipment defects. **Results** Using Lean Six Sigma with the DMAIC approach, the study identified four Critical to Quality categories: leaking gallons, burst gallons, dented pails, and broken bottles. Pareto analysis showed that broken bottles were the dominant defect, with 463 cases or 66% of total defects, followed by dented pails at 15%, burst gallons at 13%, and leaking gallons at 6%. The average DPMO was 20,848, with a sigma level of 3.54. AHP weighting placed broken bottles as the highest-priority CTQ with a weight of 0.62. **Novelty** This study integrates Lean Six Sigma, RCA, and AHP to measure delivery defects and prioritize corrective actions. **Implications** Adding plywood bases to truck beds, stacking bottles by size, and arranging paint by delivery sequence can support better shipment quality control.

Highlights:

- One packaging failure type accounted for 66% of total cases.
- Average DPMO reached 20,848 with a sigma level of 3.54.
- Top corrective actions focused on truck base protection and loading sequence.

Keywords: Analytical Hierarchy Process, Defect, Lean Six Sigma, Melamine Paint, Root Cause Analysis

Published date: 2026-06-22

Pendahuluan

Manajemen rantai pasok berperan dalam menciptakan nilai dengan memastikan aliran produk berjalan secara efisien dan terkendali. Dalam era globalisasi, rantai pasok menjadi bagian penting dari operasional perusahaan karena mencakup proses dari pengadaan bahan baku hingga pengiriman produk ke konsumen. Manajemen rantai pasok memastikan setiap tahapan berjalan dengan baik, sehingga efisiensi meningkat, biaya dapat ditekan, dan kualitas tetap terjaga. Koordinasi antara pemasok, produsen, distributor, dan pengecer membantu memperlancar aliran produk serta mengurangi waktu tunggu dan potensi kesalahan, sehingga produk dapat sampai ke konsumen tepat waktu dan dalam kondisi baik [1]. Hal ini mendorong setiap perusahaan untuk terus mengoptimalkan kinerja manajemen rantai pasok, salah satunya pada proses distribusi yang memiliki peran besar dalam menjaga kualitas produk agar tetap sesuai standar hingga sampai ke tangan konsumen.

PT XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang penyediaan dan distribusi bahan *finishing*. PT XYZ memiliki beberapa armada pengiriman berupa truk yang melayani wilayah berbeda, salah satunya armada pengiriman yang mencakup area Tulungagung, Ponorogo, Madura, dan Solo. Armada ini secara rutin mengirimkan produk cat melamine ke berbagai *retailer* di wilayah tersebut. Cat melamine adalah produk utama dalam aktivitas distribusi perusahaan di wilayah tersebut dengan intensitas pengiriman yang lebih tinggi dibandingkan produk lainnya. Cat melamine didistribusikan dalam berbagai ukuran dan kemasan, yaitu botol 1 liter, botol 1,5 liter, dan jerigen 5 liter dengan kemasan berbahan plastik, serta galon 5 liter dan *pail* 20 liter dengan kemasan berbahan besi.

Dalam proses pengiriman cat melamine, terdapat kendala yang ditemukan, yaitu berupa galon bocor, galon meletus, *pail* penyok, dan botol pecah. Kendala yang terjadi berdampak terhadap kualitas proses pengiriman, sehingga menyebabkan adanya *defect* atau cacat. *Defect* yang terjadi adalah galon bocor, yaitu cat melamine mengalami kebocoran lebih dari 3% per cat dan sejumlah 1% dari total muatan truk; galon meletus yaitu cat melamine mengalami kerusakan berupa tutup galon terbuka sehingga isi cat keluar lebih dari 30% per cat dan sejumlah 2% dari total muatan truk; *pail* penyok yaitu cat melamine mengalami kerusakan berupa penyok pada badan *pail*; dan botol pecah yaitu cat melamine mengalami kerusakan berupa pecahnya botol plastik sehingga isi cat keluar lebih dari 20% per cat apabila pecah di bagian atas, lebih dari 70% per cat apabila pecah di bagian bawah, dan sejumlah 2% dari total muatan truk. Data yang digunakan yaitu data pengiriman cat melamine dan rekapitulasi *defect* pengiriman cat melamine pada area Tulungagung, Ponorogo, Madura, dan Solo pada periode Januari 2025 hingga Juni 2025.

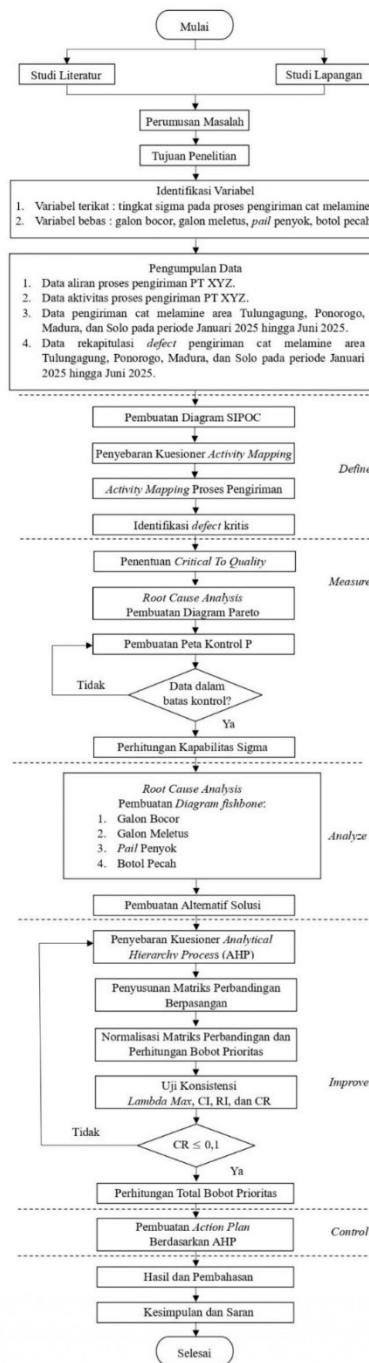
Dalam upaya untuk menganalisis dan meminimasi *waste* berupa *defect* atau cacat pada proses pengiriman, metode yang digunakan adalah *lean six sigma*. *Lean Six Sigma* merupakan kombinasi dari konsep *Lean* dan *Six Sigma* yang digunakan sebagai pendekatan bisnis yang terstruktur dan sistematis untuk mengidentifikasi serta mengurangi pemborosan atau aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah melalui proses perbaikan berkelanjutan. Tujuannya adalah mencapai tingkat kinerja *six sigma*, yaitu memproduksi hanya 3,4 kesempatan cacat untuk setiap satu juta kesempatan atau 99,9% produk yang berhasil [2]. *Lean Six Sigma* lebih ditujukan sebagai upaya perbaikan proses dengan memanfaatkan data dan informasi yang ada kemudian dilakukan analisa dengan konsep DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), sehingga berhasil merekognisi permasalahan yang terjadi dengan mengetahui penyebab permasalahan, serta dilakukan tindakan untuk sebuah perbaikan [3]. *Lean six sigma* menggunakan metode DMAIC dalam mengeliminasi pemborosan, cacat, dan mengidentifikasi akar masalah dalam lima fase sehingga tercapainya peningkatan efisiensi proses dan *zero defect* [4].

Untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya *defect* atau cacat pada cat melamine dalam proses pengiriman, digunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA). RCA adalah metode untuk menelusuri dan memahami sumber suatu masalah hingga ditemukan penyebab utamanya melalui tahapan dan alat tertentu. Dalam penerapannya, RCA didukung oleh berbagai alat bantu seperti analisis 5 *Whys*, *diagram fishbone*, diagram Pareto, dan lainnya [5]. Berdasarkan hasil identifikasi akar masalah, dilakukan perankingan rekomendasi perbaikan dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). AHP digunakan sebagai bagian dari integrasi proses perbaikan dalam *Lean Six Sigma* untuk menganalisis dan menentukan prioritas tindakan perbaikan yang telah disusun sebelumnya [6]. Dibandingkan dengan metode multikriteria lain seperti *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), *Simple Additive Weighting* (SAW), dan *Analytical Process Network* (ANP), metode AHP dipilih karena memiliki struktur hierarki yang jelas, mulai dari penentuan kriteria hingga subkriteria yang paling detail. Selain itu, AHP mampu menilai tingkat konsistensi dalam penetapan kriteria dan alternatif oleh pengambil keputusan sesuai dengan batas toleransi yang ditentukan. Metode ini membantu perusahaan atau organisasi dalam menyelesaikan permasalahan, baik yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif, berdasarkan pengetahuan yang dimiliki, serta dapat mengurangi unsur subjektivitas dalam pemberian bobot [7].

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat membantu perusahaan dalam memperbaiki kualitas pada proses pengiriman cat melamine di PT XYZ agar lebih efektif dan efisien, sehingga produk dapat diterima konsumen dengan kondisi tetap terjaga. Penelitian ini difokuskan untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya *defect* pada proses pengiriman cat melamine serta memberikan usulan perbaikan yang dapat diterapkan. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar evaluasi, sekaligus perbaikan pada proses pengiriman di masa mendatang.

Metode

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data primer yang dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara, dan kuesioner kepada Kepala Distribusi dan Kepala Gudang, serta data sekunder yang diperoleh dari dokumen resmi perusahaan. Selanjutnya, data diolah menggunakan metode *Lean Six Sigma* dengan tahapan DMAIC. Pada tahap *define* dilakukan pembuatan diagram SIPOC, penyusunan *activity mapping*, serta identifikasi *defect* kritis. Tahap *measure* meliputi penentuan *Critical to Quality* (CTQ), pembuatan diagram Pareto dengan metode *Root Cause Analysis* (RCA), pembuatan peta kontrol P, dan perhitungan kapabilitas sigma. Tahap *analyze* dilakukan dengan metode RCA menggunakan diagram *fishbone* untuk mengidentifikasi akar penyebab *defect*, kemudian ditentukan penyebab yang paling kritis. Berdasarkan penyebab kritis tersebut, disusun usulan perbaikan yang selanjutnya diprioritaskan pada tahap *improve* menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan alternatif solusi terbaik. Tahap *control* dilakukan dengan menyusun *action plan* sebagai upaya perbaikan pada proses pengiriman. Pada Gambar 1 terdapat diagram alir penelitian yang menggambarkan tahapan pelaksanaan penelitian secara keseluruhan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Hasil dan Pembahasan

A. Define

Tahap ini merupakan langkah awal dalam penerapan *six sigma*. Pada tahap ini akan dilakukan observasi untuk mengidentifikasi titik-titik kritis di perusahaan yang berpotensi menyebabkan terjadinya cacat produk [8]. Pada tahap ini dilakukan identifikasi permasalahan pada proses pengiriman cat melamine wilayah Tulungagung, Ponorogo, Madura, dan Solo di PT XYZ. Tahapan diawali dengan penyusunan diagram SIPOC, dilanjutkan *activity mapping* pada proses pengiriman, serta identifikasi *defect* kritis.

1. Diagram SIPOC

Berikut merupakan diagram SIPOC pada proses pengiriman cat melamine wilayah Tulungagung, Ponorogo, Madura, dan Solo di PT XYZ, yang terdiri dari *Supplier*, *Input*, *Process*, *Output*, dan *Customer* yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Diagram SIPOC

Supplier	Input	Process	Output	Customer
<ul style="list-style-type: none"> • PT XYZ 	<ul style="list-style-type: none"> • Cat Melamine Kemasan Botol 1 Liter • Cat Melamine Kemasan Botol 1,5 Liter • Cat Melamine Kemasan Jerigen 5 Liter • Cat Melamine Kemasan Galon 5 Liter • Cat Melamine Kemasan Pail 20 Liter 	<ul style="list-style-type: none"> • Proses Pemesanan • Proses Pengiriman • Proses Penerimaan • Proses Pengembalian 	<ul style="list-style-type: none"> • Surat Jalan • Nota Penjualan • Surat Retur 	<ul style="list-style-type: none"> • Warna Gemilang • Tunggal 6Jaya • Enggal Jaya • Barokah BJN • Sinar Jepara • Niaga Jaya • Karya Indah • Sumber Rejeki • Tagdir Sentosa • Salam Prima • Jaya Mulya • Sinar Bangunan • Salim Jaya • Muebel Idola • Moro Seneng II • Mohtamar Prayugi • Wardoyo • Moch Nurul Huda • Rasyid • Budi Dongko • Edi Setiawan

2. Activity Mapping Proses Pengiriman

Berikut merupakan *activity mapping* proses pengiriman cat melamine di PT XYZ berdasarkan hasil kuesioner. *Activity Mapping* mengelompokkan setiap aktivitas ke dalam kategori *value added* (VA), *non value added* (NVA), dan *non necessary value added* (NNVA) yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Activity Mapping Proses Pengiriman

No.	Aktivitas	Jenis Aktivitas
Proses Pemesanan		
1.	Penerimaan <i>purchase order</i> (PO) dari pihak <i>retailer</i>	NNVA
2.	Pembuatan surat jalan dan nota penjualan	NNVA
3.	Penyimpanan cat di gudang sebelum pengiriman	NNVA
Proses Pengiriman		
4.	Pemeriksaan kualitas dan kelengkapan pesanan cat sebelum dikirim	VA
5.	Pemuatan cat ke truk pengiriman secara manual	NNVA
6.	Penyusunan cat dalam truk	NNVA
7.	Pengiriman cat ke <i>retailer</i>	VA
Proses Penerimaan		
8.	Pemeriksaan nota penjualan	NNVA
9.	Pembongkaran cat dari truk ke area penerimaan <i>retailer</i>	NNVA
10.	Pemeriksaan kualitas dan kelengkapan pesanan cat	VA

No.	Aktivitas	Jenis Aktivitas
11.	Penandatanganan surat jalan dan nota penjualan	NNVA
12.	Pembuatan surat retur (<i>cat defect</i>)	NVA
13.	Penanganan <i>cat defect</i>	NVA
14.	Pembersihan tumpahan <i>cat</i> di dalam truk	NVA
Proses Pengembalian		
15.	Pengembalian <i>cat defect</i> ke perusahaan	NVA
16.	Pengiriman ulang <i>cat pengganti</i> ke <i>retailer</i>	NVA

Selanjutnya, terdapat hubungan antara aktivitas NVA dengan CTQ dalam proses pengiriman *cat melamine* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hubungan Aktivitas *Non Value Added* (NVA), Jenis *Waste*, dan CTQ

Aktivitas <i>Non Value Added</i> (NVA)	Jenis <i>Waste</i>	Critical To Quality (CTQ)
Pembuatan surat retur (<i>cat defect</i>)	<i>Defect</i>	Galon Bocor, Galon Meletus, <i>Pail</i> Penyok, Botol Pecah
Penanganan <i>cat defect</i>		
Pembersihan tumpahan <i>cat</i> di dalam truk		
Pengembalian <i>cat defect</i> ke perusahaan		
Pengiriman ulang <i>cat pengganti</i> ke <i>retailer</i>		

Tabel 3 menunjukkan hubungan antara aktivitas NVA, *waste* berupa *defect*, dan CTQ pada proses pengiriman *cat melamine*. Aktivitas NVA tersebut termasuk dalam *waste defect* karena berkaitan dengan adanya kerusakan produk selama proses pengiriman. Produk *defect* yang ditunjukkan melalui CTQ berupa galon bocor, galon meletus, *pail* penyok, dan botol pecah menyebabkan munculnya aktivitas tambahan yang tidak memberikan nilai tambah. Kondisi ini menunjukkan adanya pemborosan dalam proses pengiriman yang perlu diminimalkan.

3. Identifikasi *Defect* Kritis

Identifikasi *defect* kritis diperoleh melalui wawancara dengan Kepala Distribusi dan Kepala Gudang PT XYZ terkait proses pengiriman *cat melamine*, adapun penjelasannya adalah sebagai berikut:

a. Galon Bocor

Cat melamine mengalami kebocoran lebih dari 3% per *cat* dan sejumlah 1% dari total muatan truk.

b. Galon Meletus

Cat melamine mengalami kerusakan berupa tutup galon terbuka sehingga isi *cat* keluar lebih dari 30% per *cat* dan sejumlah 2% dari total muatan truk.

c. *Pail* Penyok

Cat melamine mengalami kerusakan berupa penyok pada badan *pail*.

d. Botol Pecah

Cat melamine mengalami kerusakan berupa pecahnya botol plastik sehingga isi *cat* keluar lebih dari 20% per *cat* apabila pecah di bagian atas, lebih dari 70% per *cat* apabila pecah di bagian bawah, dan sejumlah 2% dari total muatan truk.

B. *Measure*

Tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan data sebagai dasar dalam mengukur kinerja proses [9]. Pengukuran ini bertujuan untuk memperoleh gambaran kuantitatif terkait tingkat kecacatan produk [10]. Pada tahap ini dilakukan analisis tingkat *defect* pada proses pengiriman *cat melamine* di PT XYZ. Tahapan diawali dengan pembuatan diagram Pareto, pembuatan peta kontrol P, serta perhitungan kapabilitas sigma.

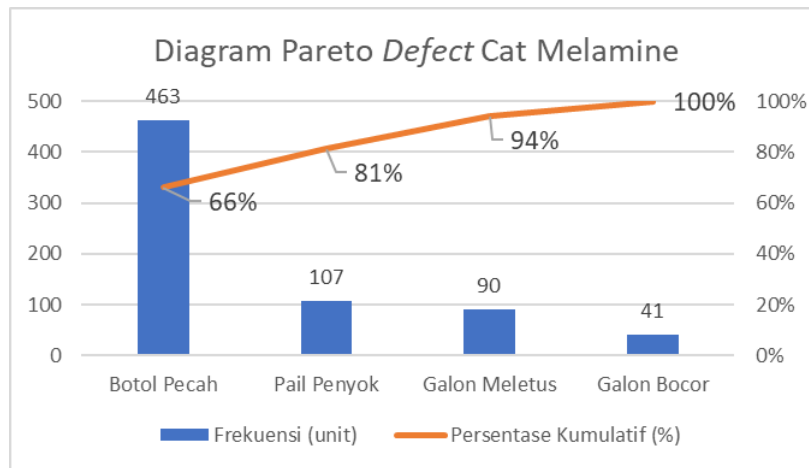
1. Pembuatan Diagram Pareto

Tahapan ini diawali dengan melakukan analisis untuk mengidentifikasi jenis *defect* dengan tingkat kejadian tertinggi menggunakan diagram Pareto sebagai berikut:

Tabel 4. Frekuensi Kumulatif *Defect* Cat Melamine

No	Jenis <i>Defect</i>	Frekuensi (unit)	Persentase Kecacatan (%)	Persentase Kumulatif (%)
1	Botol Pecah	463	66%	66%
2	<i>Pail</i> Penyok	107	15%	81%
3	Galon Meletus	90	13%	94%
4	Galon Bocor	41	6%	100%
Total		701	100%	

Berdasarkan hasil perhitungan frekuensi kumulatif *defect* cat melamine pada Tabel 4, data tersebut selanjutnya divisualisasikan dalam bentuk diagram pareto sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Pareto *Defect* Cat Melamine

Berdasarkan diagram Pareto pada Gambar 2, *defect* botol pecah merupakan jenis cacat dengan persentase tertinggi sebesar 66%, sehingga persentase kumulatif mencapai 66%. *Defect pail* penyok berada pada urutan kedua dengan persentase 15%, sehingga persentase kumulatif meningkat menjadi 81%. *Defect* galon meletus memiliki persentase 13%, sehingga persentase kumulatif meningkat menjadi 94%. Sementara itu, *defect* galon bocor memiliki persentase paling rendah, yaitu 6%, sehingga persentase kumulatif mencapai 100%.

2. Pembuatan Peta Kontrol P

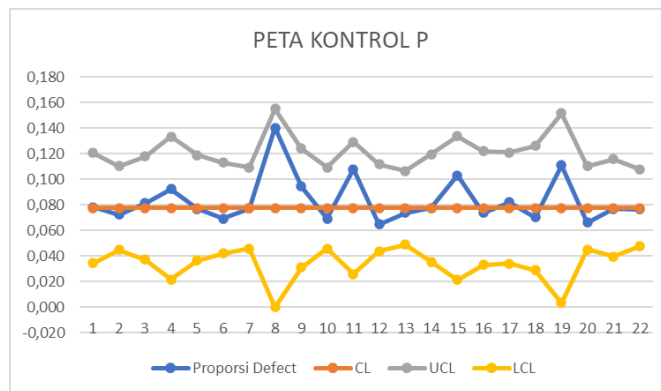
Selanjutnya, dilakukan perhitungan proporsi cacat (p), *Lower Control Line* (LCL), *Control Line* (CL), dan *Upper Control Line* (UCL) sebagai dasar penyusunan peta kontrol P untuk memastikan data berada dalam batas kendali.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Peta Kontrol P

Periode	Total Pengiriman	Total Defect	Proporsi Defect	CL	UCL	LCL
Januari / Minggu I	345	27	0,078	0,078	0,121	0,034
Januari / Minggu II	595	43	0,072	0,078	0,110	0,045
Januari / Minggu III	393	32	0,081	0,078	0,118	0,037
Januari / Minggu IV	206	19	0,092	0,078	0,133	0,022
Februari / Minggu I	378	29	0,077	0,078	0,119	0,036
Februari / Minggu II	506	35	0,069	0,078	0,113	0,042
Februari / Minggu III	634	49	0,077	0,078	0,109	0,046
Februari / Minggu IV	107	15	0,140	0,078	0,155	0,000
Maret / Minggu I	297	28	0,094	0,078	0,124	0,031
Maret / Minggu II	634	44	0,069	0,078	0,109	0,046
Maret / Minggu III	241	26	0,108	0,078	0,129	0,026

Periode	Total Pengiriman	Total Defect	Proporsi Defect	CL	UCL	LCL
Maret / Minggu IV	556	36	0,065	0,078	0,112	0,044
April / Minggu II	774	57	0,074	0,078	0,106	0,049
April / Minggu III	362	28	0,077	0,078	0,120	0,035
April / Minggu IV	204	21	0,103	0,078	0,134	0,021
Mei / Minggu I	325	24	0,074	0,078	0,122	0,033
Mei / Minggu II	341	28	0,082	0,078	0,121	0,034
Mei / Minggu III	271	19	0,070	0,078	0,126	0,029
Mei / Minggu IV	117	13	0,111	0,078	0,152	0,003
Juni / Minggu I	604	40	0,066	0,078	0,110	0,045
Juni / Minggu II	442	34	0,077	0,078	0,116	0,039
Juni / Minggu IV	706	54	0,076	0,078	0,108	0,047
Total	9038	701				

Selanjutnya, peta kontrol P disusun berdasarkan data pada Tabel 5. Adapun peta kontrol P dari proses pengiriman cat melamine wilayah Tulungagung, Ponorogo, Madura, dan Solo di PT XYZ dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Kontrol P

Berdasarkan peta kontrol P pada Gambar 3, seluruh proporsi *defect* berada dalam batas kendali. Oleh karena itu, data yang digunakan dapat dilanjutkan ke tahap analisis berikutnya.

3. Perhitungan Kapabilitas Sigma

Perhitungan kapabilitas sigma dilakukan untuk mengetahui tingkat sigma pada proses pengiriman cat melamine wilayah Tulungagung, Ponorogo, Madura, dan Solo di PT XYZ. Perhitungan kapabilitas sigma terdiri dari nilai DPO, DPMO, dan tingkat sigma yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Kapabilitas Sigma

Periode	Total Pengiriman	Total Defect	CTQ	DPO	DPMO	Sigma
Januari / Minggu I	345	27	4	0,0196	19565	3,56
Januari / Minggu II	595	43	4	0,0181	18067	3,60
Januari / Minggu III	393	32	4	0,0204	20356	3,55
Januari / Minggu IV	206	19	4	0,0231	23058	3,49
Februari / Minggu I	378	29	4	0,0192	19180	3,57
Februari / Minggu II	506	35	4	0,0173	17292	3,61
Februari / Minggu III	634	49	4	0,0193	19322	3,57
Februari / Minggu IV	107	15	4	0,0350	35047	3,31

Maret / Minggu I	297	28	4	0,0236	23569	3,49
Maret / Minggu II	634	44	4	0,0174	17350	3,61
Maret / Minggu III	241	26	4	0,0270	26971	3,43
Maret / Minggu IV	556	36	4	0,0162	16187	3,64
April / Minggu II	774	57	4	0,0184	18411	3,59
April / Minggu III	362	28	4	0,0193	19337	3,57
April / Minggu IV	204	21	4	0,0257	25735	3,45
Mei / Minggu I	325	24	4	0,0185	18462	3,59
Mei / Minggu II	341	28	4	0,0205	20528	3,54
Mei / Minggu III	271	19	4	0,0175	17528	3,61
Mei / Minggu IV	117	13	4	0,0278	27778	3,41
Juni / Minggu I	604	40	4	0,0166	16556	3,63
Juni / Minggu II	442	34	4	0,0192	19231	3,57
Juni / Minggu IV	706	54	4	0,0191	19122	3,57
Total	9038	701	Rata-Rata	0,0208	20848	3,54

Berdasarkan perhitungan kapabilitas sigma pada periode Januari hingga Juni 2025 menunjukkan bahwa proses pengiriman cat melamine di wilayah Tulungagung, Ponorogo, Madura, dan Solo di PT XYZ memiliki nilai rata-rata *Defect per Opportunity* (DPO) sebesar 0,0208, *Defect per Million Opportunity* (DPMO) sebesar 20,848, dan tingkat sigma sebesar 3,54. Menurut [11], proses dikatakan berada pada kondisi yang baik apabila nilai sigma minimal mencapai 4 sigma. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan pada proses pengiriman cat melamine untuk menurunkan tingkat cacat dan memperbaiki kinerja proses.

C. Analyze

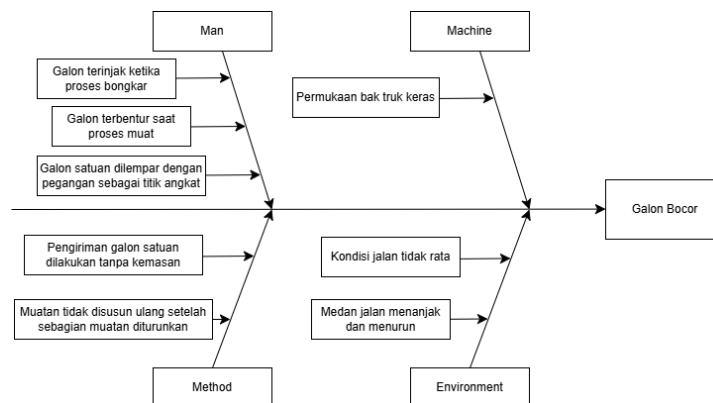
Tahap *analyze* berfokus pada analisis permasalahan untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang perlu dikendalikan [12]. Pada tahap ini, data yang telah dikumpulkan dianalisis untuk melihat keterkaitan antar data guna menemukan penyebab utama terjadinya cacat produk [13]. Analisis akar masalah pada tahap ini dilakukan menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA) terhadap *defect* pada proses pengiriman cat melamine di wilayah Tulungagung, Ponorogo, Madura, dan Solo di PT XYZ. Analisis dimulai dengan penyusunan diagram *fishbone* untuk masing-masing *Critical To Quality* (CTQ) guna mengidentifikasi penyebab utama *defect* secara sistematis. Berdasarkan hasil identifikasi, alternatif solusi disusun dengan fokus pada penyebab yang paling kritis dari masing-masing *defect*.

1. Diagram Fishbone

Adapun diagram *fishbone* dari *defect* pada proses pengiriman cat melamine, antara lain:

a. Diagram Fishbone Galon Bocor

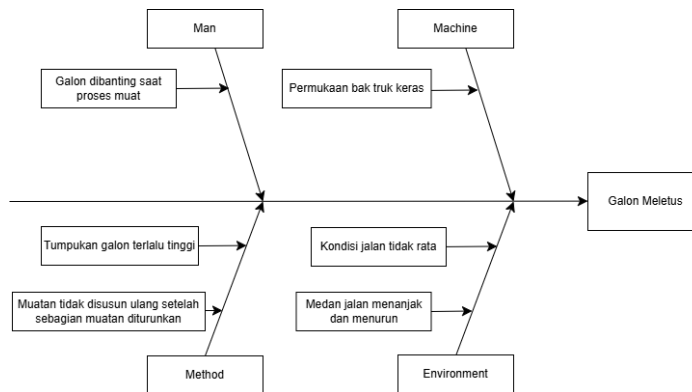
Berdasarkan hasil analisis dan wawancara, *defect* pengiriman pada *Critical To Quality* (CTQ) galon bocor memiliki beberapa penyebab utama, antara lain manusia, mesin, metode, dan lingkungan, yang dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Diagram *Fishbone* Galon Bocor

b. Diagram *Fishbone* Galon Meletus

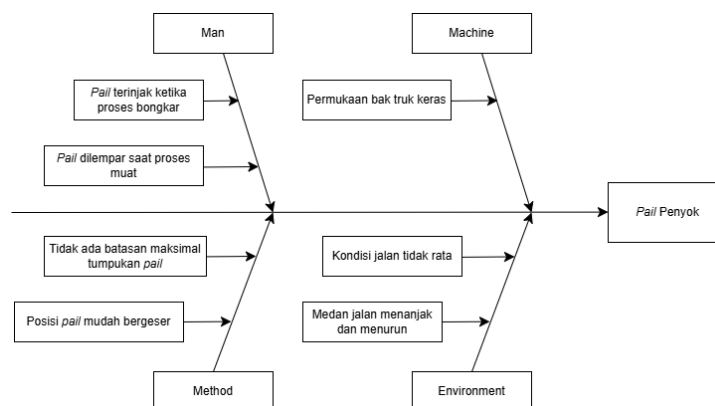
Berdasarkan hasil analisis dan wawancara, *defect* pengiriman pada *Critical To Quality* (CTQ) galon meletus memiliki beberapa penyebab utama, antara lain manusia, mesin, metode, dan lingkungan, yang dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Diagram *Fishbone* Galon Meletus

c. Diagram *Fishbone* Pail Penyok

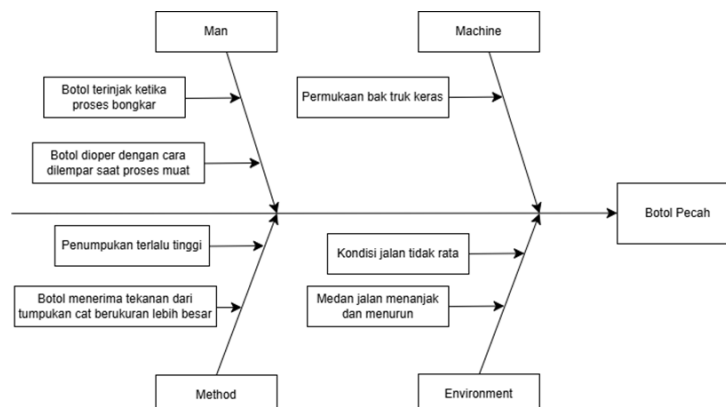
Berdasarkan hasil analisis dan wawancara, *defect* pengiriman pada *Critical To Quality* (CTQ) pail penyok memiliki beberapa penyebab utama, antara lain manusia, mesin, metode, dan lingkungan, yang dapat dilihat pada Gambar 6 berikut:



Gambar 6. Diagram *Fishbone* Pail Penyok

d. Diagram *Fishbone* Botol Pecah

Berdasarkan hasil analisis dan wawancara, *defect* pengiriman pada *Critical To Quality* (CTQ) botol pecah memiliki beberapa penyebab utama, antara lain manusia, mesin, metode, dan lingkungan, yang dapat dilihat pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7. Diagram *Fishbone* Botol Pecah

2. Hasil Alternatif Usulan Perbaikan *Defect* Proses Pengiriman

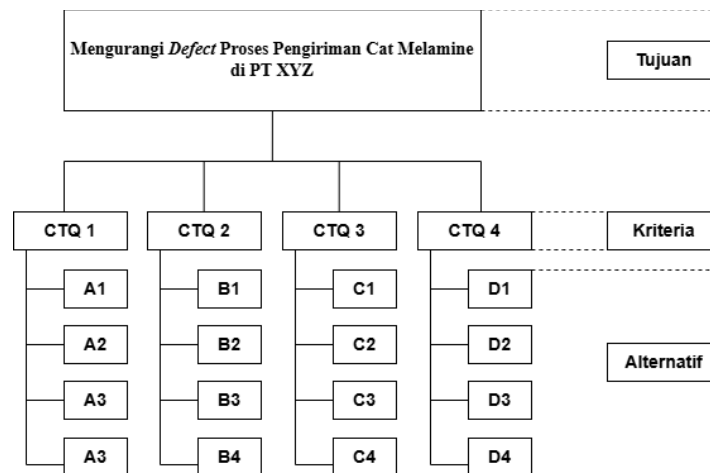
Selanjutnya, dilakukan penentuan penyebab paling kritis pada masing-masing *Critical to Quality* (CTQ) melalui wawancara dengan Kepala Distribusi dan Kepala Gudang. Berdasarkan penyebab paling kritis tersebut, disusun alternatif perbaikan yang dapat diterapkan pada proses pengiriman cat melamine di wilayah Tulungagung, Ponorogo, Madura, dan Solo di PT XYZ. Adapun hasil alternatif usulan perbaikan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Alternatif Usulan Perbaikan *Defect* Proses Pengiriman

Critical To Quality (CTQ)	Major Cause	Usulan perbaikan
Galon Bocor	<i>Man</i>	Melakukan pengawasan saat proses pemuatan galon
	<i>Method</i>	Penyediaan kardus untuk pengiriman galon satuan
	<i>Machine</i>	Penambahan alas triplek pada bak truk
	<i>Environment</i>	Mengurangi kecepatan kendaraan saat melewati jalan rusak
Galon Meletus	<i>Man</i>	Melakukan pengawasan saat proses pemuatan galon
	<i>Method</i>	Menetapkan SOP batas maksimal penumpukan galon
	<i>Machine</i>	Penambahan alas triplek pada bak truk
	<i>Environment</i>	Mengurangi kecepatan kendaraan saat melewati jalan rusak
<i>Pail</i> Penyok	<i>Man</i>	Melakukan pengawasan saat proses pemuatan <i>pail</i>
	<i>Method</i>	<i>Pail</i> dirapatkan dengan muatan lain di sekelilingnya
	<i>Machine</i>	Penambahan alas triplek pada bak truk
	<i>Environment</i>	Mengurangi kecepatan kendaraan saat melewati jalan rusak
Botol Pecah	<i>Man</i>	Penyusunan cat berdasarkan urutan pengiriman
	<i>Method</i>	Penumpukan botol disesuaikan berdasarkan ukuran
	<i>Machine</i>	Penambahan alas triplek pada bak truk
	<i>Environment</i>	Mengurangi kecepatan kendaraan saat melewati jalan rusak

D. Improve

Pada tahap ini dilakukan penyebaran kuesioner *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan peringkat kriteria (*waste*) serta alternatif solusi yang diajukan [14]. Metode AHP digunakan untuk menentukan kriteria (CTQ) dan usulan perbaikan yang menjadi prioritas utama. Alternatif perbaikan yang dianalisis merupakan hasil dari solusi yang telah diperoleh pada tahap *Root Cause Analysis* sebelumnya. Adapun struktur hierarki AHP dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 8 sebagai berikut:



Gambar 8. Struktur Hierarki Pembobotan AHP

Keterangan:

- CTQ 1 : Galon Bocor
- CTQ 2 : Galon Meletus
- CTQ 3 : *Pail* Penyok
- CTQ 4 : Botol Pecah
- A1 : Melakukan pengawasan saat proses pemuatan galon
- A2 : Penyediaan kardus untuk pengiriman galon satuan
- A3 : Penambahan alas triplek pada bak truk
- A4 : Mengurangi kecepatan kendaraan saat melewati jalan rusak
- B1 : Melakukan pengawasan saat proses pemuatan galon
- B2 : Menetapkan SOP batas maksimal penumpukan galon

- B3 : Penambahan alas triplek pada bak truk
- B4 : Mengurangi kecepatan kendaraan saat melewati jalan rusak
- C1 : Melakukan pengawasan saat proses pemuatan *pail*
- C2 : *Pail* dirapatkan dengan muatan lain di sekelilingnya
- C3 : Penambahan alas triplek pada bak truk
- C4 : Mengurangi kecepatan kendaraan saat melewati jalan rusak
- D1 : Penyusunan cat berdasarkan urutan pengiriman
- D2 : Penumpukan botol disesuaikan berdasarkan ukuran
- D3 : Penambahan alas triplek pada bak truk
- D4 : Mengurangi kecepatan kendaraan saat melewati jalan rusak

1. Perhitungan Bobot Kriteria

Tahapan ini diawali dengan pengisian kuesioner AHP yang diisi oleh Kepala Distribusi dan Kepala Gudang berdasarkan perbandingan berpasangan antar kriteria (CTQ) dan alternatif. Hasil perbandingan berpasangan tersebut kemudian dinormalisasi untuk memperoleh bobot prioritas masing-masing kriteria (CTQ) dan alternatif. Setelah bobot diperoleh, dilakukan uji konsistensi untuk memastikan bahwa penilaian yang diberikan bersifat konsisten. Uji konsistensi dilakukan melalui perhitungan vektor bobot, nilai λ maksimum, *Consistency Index* (CI), *Random Index* (RI), dan *Consistency Ratio* (CR). Data dinyatakan konsisten apabila nilai $CR \leq 0,1$. Berikut merupakan hasil pembobotan dan uji konsistensi antar kriteria yang dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Analisis Bobot dan Konsistensi Antar Kriteria

Kriteria	Bobot	Vektor Bobot	λ maks, CI & RI	CR
CTQ 1	0,07	0,89	λ maks = 4,17	0,06
CTQ 2	0,10	1,08	CI = 0,06	
CTQ 3	0,20	1,25	RI = 0,9	
CTQ 4	0,62	0,96		

Berdasarkan hasil uji konsistensi AHP antar kriteria, diperoleh *Lambda Max* sebesar 4,17, *Consistency Index* (CI) sebesar 0,06, *Random Index* (RI) sebesar 0,9, dan *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0,06. Nilai $CR \leq 0,1$ menunjukkan bahwa penilaian perbandingan berpasangan antar kriteria dinyatakan konsisten dan hasil pembobotan dapat diterima.

2. Perhitungan Bobot Alternatif

Pembobotan alternatif dengan metode AHP dilakukan pada masing-masing CTQ untuk menentukan prioritas alternatif perbaikan, yaitu galon bocor, galon meletus, *pail* penyok, dan botol pecah.

a. CTQ 1 (Galon Bocor)

Berikut merupakan hasil pembobotan dan uji konsistensi antar alternatif pada CTQ 1 (galon bocor) yang dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil Analisis Bobot dan Konsistensi Antar Alternatif CTQ 1

Alternatif	Bobot	Vektor Bobot	λ maks, CI & RI	CR
A1	0,09	1,10	λ maks = 4,22	0,08
A2	0,24	1,30	CI = 0,07	
A3	0,61	0,94	RI = 0,9	
A4	0,06	0,88		

Berdasarkan hasil uji konsistensi AHP antar alternatif CTQ 1, diperoleh *Lambda Max* sebesar 4,22, *Consistency Index* (CI) sebesar 0,07, *Random Index* (RI) sebesar 0,9, dan *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0,08. Nilai $CR \leq 0,1$ menunjukkan bahwa penilaian perbandingan berpasangan antar alternatif CTQ 1 dinyatakan konsisten dan hasil pembobotan dapat diterima.

b. CTQ 2 (Galon Meletus)

Berikut merupakan hasil pembobotan dan uji konsistensi antar alternatif pada CTQ 2 (galon meletus) yang dapat dilihat pada Tabel 10 sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil Analisis Bobot dan Konsistensi Antar Alternatif CTQ 2

Alternatif	Bobot	Vektor Bobot	λ maks, CI & RI	CR
B1	0,11	1,08	λ maks = 4,20	0,08
B2	0,23	1,28	CI = 0,07	
B3	0,60	0,94	RI = 0,9	
B4	0,06	0,90		

Berdasarkan hasil uji konsistensi AHP antar alternatif CTQ 2, diperoleh *Lambda Max* sebesar 4,20, *Consistency Index* (CI) sebesar 0,07, *Random Index* (RI) sebesar 0,9, dan *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0,08. Nilai $CR \leq 0,1$ menunjukkan bahwa penilaian perbandingan berpasangan antar alternatif CTQ 2 dinyatakan konsisten dan hasil pembobotan dapat diterima.

c. CTQ 3 (Pail Penyok)

Berikut merupakan hasil pembobotan dan uji konsistensi antar alternatif pada CTQ 3 (*pail* penyok) yang dapat dilihat pada Tabel 11 sebagai berikut:

Tabel 11. Hasil Analisis Bobot dan Konsistensi Antar Alternatif CTQ 3

Alternatif	Bobot	Vektor Bobot	λ maks, CI & RI	CR
C1	0,11	1,07	λ maks = 4,04	0,02
C2	0,30	1,06	CI = 0,01	
C3	0,52	0,97	RI = 0,9	
C4	0,07	0,94		

Berdasarkan hasil uji konsistensi AHP antar alternatif CTQ 3, diperoleh *Lambda Max* sebesar 4,04, *Consistency Index* (CI) sebesar 0,01, *Random Index* (RI) sebesar 0,9, dan *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0,02. Nilai $CR \leq 0,1$ menunjukkan bahwa penilaian perbandingan berpasangan antar alternatif CTQ 3 dinyatakan konsisten dan hasil pembobotan dapat diterima.

d. CTQ 4 (Botol Pecah)

Berikut merupakan hasil pembobotan dan uji konsistensi antar alternatif pada CTQ 4 (botol pecah) yang dapat dilihat pada Tabel 12 sebagai berikut:

Tabel 12. Hasil Analisis Bobot dan Konsistensi Antar Alternatif CTQ 4

Alternatif	Bobot	Vektor Bobot	λ maks, CI & RI	CR
D1	0,18	1,09	λ maks = 4,16	0,06
D2	0,26	1,20	CI = 0,05	
D3	0,52	0,93	RI = 0,9	
D4	0,05	0,94		

Berdasarkan hasil uji konsistensi AHP antar alternatif CTQ 4, diperoleh *Lambda Max* sebesar 4,16, *Consistency Index* (CI) sebesar 0,05, *Random Index* (RI) sebesar 0,9, dan *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0,06. Nilai $CR \leq 0,1$ menunjukkan bahwa penilaian perbandingan berpasangan antar alternatif CTQ 4 dinyatakan konsisten dan hasil pembobotan dapat diterima.

3. Perhitungan Total Bobot Prioritas

Setelah bobot kriteria dan alternatif diperoleh, dilakukan perhitungan total bobot prioritas dengan mengalikan bobot alternatif dan bobot kriteria yang dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Perhitungan Total Bobot Prioritas

Kriteria (Lv.1)	Alternatif (Lv.2)	Bobot (Lv.2)	Rank (Lv.2)	Total Bobot	Rank
Galon Bocor (0,07)	Melakukan pengawasan saat proses pemuatan galon (A1)	0,09	3	0,01	14
	Galon satuan dikirim menggunakan kardus (A2)	0,24	2	0,02	11
	Penambahan alas triplek pada bak truk (A3)	0,61	1	0,04	7
	Mengurangi kecepatan kendaraan saat melewati jalan rusak (A4)	0,06	4	0,00	16
Galon Meletus (0,10)	Melakukan pengawasan saat proses pemuatan galon (B1)	0,11	3	0,01	13
	Menetapkan SOP batas maksimal penumpukan galon (B2)	0,23	2	0,02	9
	Penambahan alas triplek pada bak truk (B3)	0,60	1	0,06	5

Kriteria (Lv.1)	Alternatif (Lv.2)	Bobot (Lv.2)	Rank (Lv.2)	Total Bobot	Rank
	Mengurangi kecepatan kendaraan saat melewati jalan rusak (B4)	0,06	4	0,01	15
Pail Penyok (0,20)	Melakukan pengawasan saat proses pemuatan pail (C1)	0,11	3	0,02	10
	Pail dirapatkan dengan muatan lain di sekelilingnya (C2)	0,30	2	0,06	6
	Penambahan alas triplek pada bak truk (C3)	0,52	1	0,11	4
	Mengurangi kecepatan kendaraan saat melewati jalan rusak (C4)	0,07	4	0,01	12
Botol Pecah (0,62)	Penyusunan cat berdasarkan urutan pengiriman (D1)	0,18	3	0,11	3
	Penumpukan botol disesuaikan berdasarkan ukuran (D2)	0,26	2	0,16	2
	Penambahan alas triplek pada bak truk (D3)	0,52	1	0,32	1
	Mengurangi kecepatan kendaraan saat melewati jalan rusak (D4)	0,05	4	0,03	8

Berdasarkan Tabel 13, tiga alternatif usulan perbaikan dengan bobot tertinggi berasal dari kriteria botol pecah. Urutan prioritas tersebut terdiri atas penambahan alas triplek pada bak truk, penumpukan botol disesuaikan berdasarkan ukuran, dan penyusunan cat berdasarkan urutan pengiriman. Adapun ranking terakhir pada setiap kriteria (CTQ) adalah mengurangi kecepatan kendaraan saat melewati jalan rusak, yang termasuk ke dalam faktor eksternal dan tidak dapat sepenuhnya dikendalikan oleh perusahaan.

E. Control

Tahap *control* merupakan tahap analisis terakhir dalam proses *six sigma* yang berfokus pada pengendalian rencana tindakan peningkatan kualitas [13]. Tujuan dari tahap ini adalah memastikan setiap aktivitas berjalan sesuai rencana sehingga hasil yang diperoleh dapat meminimalkan waktu, ketidakefisienan, dan biaya yang tidak diperlukan [15]. Tahap *control* menjadi tahap penutup dalam penerapan metode *Lean Six Sigma* yang digunakan untuk menyusun usulan tindakan perbaikan guna mengurangi *defect* pada proses pengiriman cat melamine wilayah Tulungagung, Ponorogo, Madura, dan Solo di PT XYZ. *Action plan* pada tahap ini disusun berdasarkan hasil pembobotan tahap *improve* menggunakan metode AHP yang dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Action Plan Usulan Perbaikan

No.	Critical To Quality (CTQ)	Priority of CTQ	Action Plan	Who's
1.	Botol Pecah	4	Penambahan alas triplek pada bak truk	PT XYZ
2.	Botol Pecah	4	Penumpukan botol disesuaikan berdasarkan ukuran	PT XYZ
3.	Botol Pecah	4	Penyusunan cat berdasarkan urutan pengiriman	PT XYZ

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, tingkat sigma pada proses pengiriman cat melamine wilayah Tulungagung, Ponorogo, Madura, dan Solo di PT XYZ dengan jenis *defect* berupa galon bocor, galon meletus, *pail* penyok, dan botol pecah menunjukkan nilai rata-rata *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) sebesar 20,848 dengan tingkat sigma sebesar 3,54. Adapun usulan perbaikan yang dapat direkomendasikan dengan pendekatan *root cause analysis* (RCA) dan *analytical hierarchy process* (AHP) terdiri dari tiga *action plan* utama untuk mengurangi *defect* dalam pengiriman cat melamine di PT XYZ dengan bobot prioritas terbesar adalah botol pecah. Ketiga *action plan* tersebut meliputi penambahan alas triplek pada bak truk, penumpukan botol disesuaikan berdasarkan ukuran, dan penyusunan cat berdasarkan urutan pengiriman yang dilakukan oleh PT XYZ. Perusahaan diharapkan mampu menerapkan rekomendasi perbaikan yang telah disusun sebagai upaya pengendalian kualitas pada proses pengiriman cat melamine. Pada penelitian selanjutnya, diharapkan dapat melakukan evaluasi tingkat sigma setelah penerapan perbaikan sehingga dapat dibandingkan dengan tingkat sigma sebelum perbaikan.

References

- S. P. D. Nasution et al., "Analisis Kinerja Rantai Pasok Dan Pengaruhnya Terhadap Pemenuhan Pesanan Pada PT Sentosa Tata Multi Sarana," *Jurnal Ekonomi dan Bisnis Dharma Andalas*, vol. 26, no. 2, pp. 368–378, 2024, doi: 10.47233/jebd.v26i2.1408.
- A. Kurniawan, "Implementasi Lean Six Sigma pada Industri Manufaktur Obat untuk Minimasi Pemborosan di PT X," *Jurnal Logic: Logistics & Supply Chain Center*, vol. 3, no. 2, pp. 38–49, 2025, doi: 10.33197/jlsc.v3i2.2493.
- W. A. Krisnanda and F. Pulansari, "Analisa Pengendalian Kualitas Produk Cacat pada T-Valve Menggunakan Metode Lean Six Sigma (DMAIC)," *Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi*, vol. 4, no. 1, pp. 13–24, 2023, doi: 10.33005/juminten.v4i1.470.

4. K. Adrian, W. Kosasih, and L. L. Salomon, "Penerapan Lean Six Sigma Dalam Pengendalian Kualitas Produk: Studi Kasus Perusahaan Tekstil," *Jurnal Mitra Teknik Industri*, vol. 3, no. 1, pp. 82–93, 2024, doi: 10.24912/jmti.v3i1.29818.
5. A. N. Rouf and K. Muhammad, "Analisis Perbaikan Penulisan List of Material Program Preservasi Menggunakan Metode Root Cause Analysis (RCA)," *JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, vol. 4, no. 4, pp. 452–459, 2023.
6. M. I. Maulana and H. C. Wahyuni, "Improving the Quality of the Goods Delivery Supply Chain System with the Integration of Lean Six Sigma and AHP Methods," *Procedia of Engineering and Life Science*, vol. 1, no. 1, 2021, doi: 10.21070/pels.v1i1.848.
7. F. Romadhoni, A. P. Sari, and F. A. Akbar, "Analytical Hierarchy Process dan Weighted Product dalam Pemilihan Tempat Wisata di Jombang Berbasis Web," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 4, pp. 4356–4363, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i4.9918.
8. A. Waruwu, V. R. Tampubolon, M. A. Pratama, and D. Putri, "Pengendalian Kualitas Metode Six Sigma untuk Mengurangi Tingkat Kerusakan Produk Kalender di PT. KLM," *IMTechno: Journal of Industrial Management and Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 82–90, 2022.
9. R. Firmansyah, N. A. Khofiyah, and Suhendra, "Pengendalian Kualitas dengan Menggunakan Metode Six Sigma DMAIC untuk Menurunkan Cacat Produk Block Mesin 4TNV," *Matrik: Jurnal Manajemen dan Teknik Industri Produksi*, vol. 26, no. 1, 2025, doi: 10.350587/Matrik.
10. E. Mulya, K. Verawati, L. Prima, M. R. Zuldani, and R. J. S., "Penerapan Six Sigma dalam Pengendalian Mutu," vol. 8, no. 10, pp. 2978–2985, 2024.
11. S. W. Hia, "Studi Literatur Lean Six Sigma dan Implementasi di Perusahaan Manufaktur Indonesia," *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, vol. 23, no. 2, pp. 136–140, 2024, doi: 10.20961/performa.23.2.85250.
12. 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. 1, no. 12, pp. 3295–3315, 2022, doi: 10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v1i12.3193.
13. D. Safitriani, K. A. Nugraha, and A. Irmawanti, "Analisis Penerapan Six Sigma dalam Pengendalian Kualitas Green Supply Chain Penyaluran Minyak Solar," *Sebatik*, vol. 27, no. 2, pp. 525–534, 2023, doi: 10.46984/sebatik.v27i2.2410.
14. G. A. K. Sa'idan, D. Ernawati, and S. Dewi, "Analisis Pemborosan Supply Chain Pengadaan Beras Luar Negeri Menggunakan Metode Lean Six Sigma pada Perum BULOG Kancab Sidoarjo," *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, vol. 12, no. 1, pp. 23–34, 2025, doi: 10.24853/jisi.12.1.23-34.
15. R. Islamia and S. Asy'ari, "Usulan Penerapan Six Sigma DMAIC pada Produk Batu Split (Studi Kasus PT MBP)," *Matrik: Jurnal Manajemen dan Teknik Industri Produksi*, vol. 24, no. 1, pp. 63–72, 2023, doi: 10.30587/matrik.v24i1.5845.