
Academia Open



By Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Table Of Contents

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

Originality Statement

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

Conflict of Interest Statement

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

Copyright Statement

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

Academia Open

Vol. 11 No. 2 (2026): December
DOI: 10.21070/acopen.11.2026.13805

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

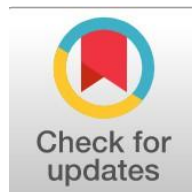
Complete list of editorial team ([link](#))

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

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

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

Implementation of Lean Supply Chain Management to Identify and Reduce Waste at PT XYZ: Implementasi Lean Supply Chain Management Untuk Mengidentifikasi dan Mengurangi Pemborosan di PT XYZ

Natalia Calysta, 22032010199@student.upnjatim.ac.id (*)

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 The manufacturing industry demands highly efficient operational systems to maintain global competitiveness and ensure resource optimization. **Specific Background** PT XYZ, a prominent national ceramic manufacturer producing millions of square meters annually, currently experiences severe operational inefficiencies, particularly involving excessive inventory, waiting periods, and transportation redundancies. **Knowledge Gap** Despite recognizing these operational bottlenecks, structured interventions utilizing data-driven methodologies to identify root causes and systematically eliminate non-value-added activities in this specific production setting remain unaddressed. **Aims** This study seeks to identify critical operational inefficiencies and minimize production redundancies using the Define, Measure, Analyze, Improve, and Control methodology. **Results** Initial capability measurements revealed a Process Cycle Efficiency of 8.8% alongside a baseline of 3.55 sigma level. By mapping activities and employing Failure Mode and Effect Analysis, the proposed corrective actions, including standardized operational procedures and digital tracking, successfully minimized total lead time from 32,315 minutes to 13,085 minutes, thereby raising the Process Cycle Efficiency to 21.8%. **Novelty** This research integrates Process Activity Mapping and Risk Priority Number evaluations to specifically target and quantify defect variables within a localized large-scale manufacturing environment. **Implications** Adopting these targeted corrective measures allows manufacturing enterprises to significantly minimize operational costs, stabilize product quality, and sustain long-term market competitiveness.

Highlights:

- ♦ Initial capability measurements revealed a process cycle efficiency of eight point eight percent.
- ♦ Risk priority assessments identified excessive movement and defective outputs as primary operational bottlenecks.
- ♦ Targeted corrective procedures successfully compressed overall production lead times to thirteen thousand eighty-five minutes.

Keywords: Process Activity Mapping, Process Cycle Efficiency, Risk Priority Number, Continuous Improvement, DMAIC Methodology

I. Pendahuluan

Dalam era globalisasi dan persaingan industri yang semakin ketat, perusahaan manufaktur dituntut untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses produksinya guna mempertahankan daya saing. Dalam proses pembuatan keramik tidak lepas dari aktivitas rantai pasok (supply chain) yang didefinisikan sebagai serangkaian aktivitas dalam proses transformasi dan distribusi bahan baku sampai menjadi produk jadi kepada para pelanggan ataupun konsumen akhir [1]. Salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh industri manufaktur, termasuk industri keramik, adalah adanya pemborosan (waste) dalam berbagai tahapan produksi dan rantai pasok. Waste atau dapat dikenal dengan pemborosan didefinisikan sebagai semua aktivitas yang tidak menambah nilai tambah dalam aliran proses rantai pasok. Pemborosan pada supply chain management dapat berupa overproduction yang terjadi karena informasi permintaan tidak akurat atau koordinasi buruk antar entitas supply chain, waiting yang terjadi karena adanya waktu tunggu sehingga membuat seluruh aktivitas berhenti, transportation terjadi karena adanya pergerakan barang, material, atau informasi yang tidak efisien antar titik rantai pasok, overprocessing yang terjadi karena terdapat aktivitas tambahan yang tidak menambah nilai bagi pelanggan, inventory terjadi karena menyimpan persediaan melebihi kebutuhan aktual, motion terjadi karena terdapat aktivitas atau pergerakan manusia yang tidak efisien di dalam fasilitas supply chain, dan defect yang terjadi karena kualitas produk yang dihasilkan tidak sesuai standar [2].

PT XYZ, merupakan perusahaan yang dikenal sebagai salah satu produsen keramik terkemuka di Indonesia, yang berdiri sejak tahun 1990. Perusahaan ini dikenal karena perannya sebagai produsen ubin keramik terbesar di Indonesia, dengan kapasitas produksi mencapai lebih dari 87 juta meter persegi per tahun. Produk-produknya dipasarkan dengan berbagai merek seperti Mulia, Accura, Spectrum, dan Signature, produk yang dihasilkan kemudian diekspor ke lebih dari 40 negara. Dalam menjalankan operasionalnya, PT XYZ memiliki fasilitas produksi yang terintegrasi.

Seiring dengan meningkatnya kapasitas produksi, berbagai masalah mengenai efisiensi rantai pasok mulai muncul dan perlu segera ditangani. PT XYZ menghadapi tantangan yang sama dalam mengelola sistem rantai pasok agar tetap efisien dan responsif terhadap permintaan pasar. Alur rantai pasok di PT XYZ melibatkan proses mulai dari pemasok, pengolahan bahan baku, produksi, hingga distribusi produk jadi kepada pelanggan. Masalah utama yang dihadapi oleh PT XYZ teridentifikasi melalui aktivitas di setiap titik rantai pasok, dimulai dari hulu yang merupakan pengadaan bahan baku, hingga hilir yang merupakan pengiriman produk jadi. Proses rantai pasok ini diidentifikasi dengan pembuatan keramik jenis Accura, yang memiliki motif elegan dan estetis. Selain itu, keramik ini juga anti-rembes, tahan cuaca, dan noda, serta memiliki permukaan presisi dan anti selip untuk varian outdoor. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1 yang menyajikan identifikasi pemborosan dalam alur rantai pasok yang sudah terdeteksi mengalami pemborosan di alur rantai pasok PT XYZ.

Tabel 1. Identifikasi Pemborosan

Tahap Rantai Pasok	Kondisi Aktual	Jenis Pemborosan (waste)	Dampak terhadap Kinerja Rantai Pasok
Supplier	Terdapat <i>supplier</i> yang <i>on time</i> , namun sebagian lainnya mengalami keterlambatan pengiriman bahan baku	Inventory	Penumpukan bahan baku terjadi karena perusahaan menyimpan stok ekstra agar produksi tidak berhenti saat <i>supplier</i> terlambat.
Manufaktur	Pemeriksaan terhadap bahan baku dan produk dilakukan secara berulang untuk memastikan kualitas	Overprocessing	Waktu siklus kerja meningkat, sehingga menyebabkan keterlambatan <i>output</i>
Distribusi	Terjadi peralihan rute distribusi dari perusahaan ke retail yang menambah biaya logistik	Transportation	Meningkatkan biaya operasional dan waktu pengiriman, menurunkan efisiensi distribusi
Pelanggan	Terdapat keterlambatan konfirmasi dari pelanggan	Waiting	Menyebabkan ketidakpastian permintaan dan keterlambatan perencanaan produksi

Berdasarkan hasil observasi awal, ditemukan adanya berbagai pemborosan (waste) yang terjadi sepanjang alur rantai pasok tersebut. Mulai dari hulu hingga hilir, pada tahap supplier, terdapat 2 dari 5 supplier yang teridentifikasi seringkali terjadi keterlambatan pengiriman bahan baku dari pemasok sehingga memicu terjadinya penumpukan bahan baku pada perusahaan dikarenakan perusahaan melakukan antisipasi supaya produksi tidak berhenti. Pada tahap manufaktur terdapat pemeriksaan lebih lanjut kepada bahan baku dan produk yang dilakukan secara berulang untuk memastikan kualitas sudah sesuai standar spesifikasi sehingga memicu meningkatkan waktu siklus kerja. Pada tahap distribusi, terjadi peralihan rute pengiriman dari gudang pusat PT XYZ di Cikarang yang semula melalui gudang distribusi regional di Semarang sebelum diteruskan ke retail di wilayah Jawa Timur, khususnya Kota Surabaya. Namun, perusahaan mengubah rute tersebut menjadi pengiriman langsung dari Cikarang ke Surabaya tanpa melalui gudang regional. Kondisi ini mengakibatkan peningkatan biaya operasional dan waktu pengiriman, karena jarak tempuh menjadi lebih jauh, penggunaan bahan bakar meningkat, serta diperlukan penyesuaian jadwal dan armada, sehingga secara keseluruhan menurunkan efisiensi dan penurunan kualitas produk. Perubahan ini dilakukan untuk menyesuaikan fluktuasi permintaan pasar, namun justru menimbulkan peningkatan biaya logistik dan waktu pengiriman karena jarak tempuh yang lebih jauh dan frekuensi pengiriman yang meningkat. Pada tahap pelanggan ditemukan adanya keterlambatan konfirmasi pemesanan produk dari pelanggan ke perusahaan sehingga menyebabkan ketidakpastian permintaan. Dari hasil identifikasi pemborosan diatas, berikut merupakan data persentase serta target perusahaan yang dapat mendukung identifikasi awal pemborosan di setiap alur rantai pasok periode Bulan April – Sept 2025 yang disajikan pada tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Data Persentase Waste

		Mei-25	Jun-25	Jul-25	Agust-25	Sept-25
Waste	Overprocessing	11.1%	11.8%	12.2%	12.6%	12.9%

		Mei-25	Jun-25	Jul-25	Agust-25	Sept-25
	<i>Waiting</i>	14.0%	12.0%	13.5%	15.0%	14.0%
	<i>Transportation</i>	12.8%	13.5%	12.7%	13.2%	13.0%
	<i>Inventory</i>	11.5%	13.0%	12.5%	12.0%	11.0%
Target Waste	<i>Overprocessing</i>	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
	<i>Waiting</i>	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
	<i>Transportation</i>	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
	<i>Inventory</i>	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%

Berdasarkan data pemborosan PT XYZ periode April - September 2025, terlihat bahwa setiap jenis waste memiliki keterkaitan erat dengan alur rantai pasok (supply chain flow) dalam konteks lean supply chain management. Pemborosan waiting yang mencapai (12–15%) mencerminkan ketidakefektifan pada tahap hilir rantai pasok, khususnya akibat keterlambatan konfirmasi order pelanggan dan ketidakpastian permintaan, sehingga menghambat arus informasi dari pelanggan ke produsen. Pemborosan overprocessing (11,1–12,9%) muncul pada tahap manufaktur, di mana pemeriksaan berulang terhadap bahan dan produk menunjukkan kurangnya sinkronisasi antara pasokan bahan dari supplier dan kebutuhan aktual produksi. Selanjutnya, transportation waste (12,7–13,5%) terkait dengan tahap distribusi, yang menunjukkan adanya peralihan rute dan biaya logistik tambahan akibat ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan pasar. Sementara itu, inventory waste (11,0–11,5%) mencerminkan dampak dari aliran material yang tidak efisien di tahap supplier dimana kualitas bahan baku menyebabkan penumpukan stok.

Berdasarkan permasalahan yang ditemukan, maka terdapat metode yang diusulkan untuk menyelesaikan masalah yaitu menggunakan pendekatan Lean Supply Chain Management (Lean SCM) yang digunakan sebagai solusi untuk menciptakan aliran proses yang ramping dan minim waste. [3] mendefinisikan lean sebagai suatu filosofi bisnis yang berlandaskan pada minimasi penggunaan sumber-sumber daya (termasuk waktu) dalam berbagai aktivitas perusahaan. Lean berfokus pada identifikasi dan eliminasi aktifitas-aktifitas tidak bernilai tambah (non-value adding activities) dalam desain produksi atau operasi, dan supply chain management. Metode lean digunakan untuk menghilangkan pemborosan dalam proses sehingga dapat mengurangi biaya dan meningkatkan produktivitas. Manfaat yang dapat dirasakan setelah menggunakan metode lean adalah mengurangi pemborosan raw material, mengurangi proses, meningkatkan kinerja, penggunaan infrastruktur atau utilitas yang lebih baik dan mengurangi lead time. Lean juga didefinisikan sebagai suatu sistem yang bertujuan untuk melakukan produksi dengan tenaga kerja minimum, menggunakan area produksi minimum, mengkonsumsi sumber daya minimum, memegang persediaan pada tingkat minimum, defect minimum, memproduksi produk dalam waktu singkat, dan meminimalkan ketidakpuasan pelanggan [4]. Namun, agar pendekatan lean lebih terstruktur dan berbasis data, maka integrasi dengan metode six sigma menjadi penting. Lean six sigma, yang menggabungkan prinsip efisiensi lean dan ketetapan six sigma, lean six sigma atau lean sigma merupakan kombinasi antara lean dan six sigma sehingga didefinisikan sebagai filosofi bisnis, pendekatan sistemik, dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (waste) atau aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah. Lean six sigma dan lean supply chain management merupakan dua pendekatan efisiensi yang saling berkaitan namun memiliki fokus berbeda. Lean six sigma berorientasi pada peningkatan kualitas proses internal dengan cara menghilangkan pemborosan dan mengurangi variasi melalui pendekatan berbasis data dan statistik [5]. Sementara itu, lean supply chain management berfokus pada efisiensi aliran material, informasi, dan produk di setiap tahapan alur rantai pasok mulai dari supplier hingga pelanggan untuk menciptakan alur rantai pasok yang minim pemborosan.

Dalam penerapan metode lean six sigma, tahapan yang sering digunakan dalam proses penelitian dan analisa kasus adalah pendekatan DMAIC yaitu Define, Measure, Analyze, Improve, Control. Tahap define berfokus pada penentuan permasalahan serta batasan kegiatan perbaikan, termasuk ruang lingkup tindakan korektif yang perlu dilakukan. Pada tahap ini, proses produksi dijelaskan melalui diagram SIPOC (Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customers) untuk memberikan gambaran menyeluruh dan CTQ atau critical to quality yang digunakan untuk mengidentifikasi area atau aktivitas yang secara langsung memengaruhi performa rantai pasok dan menjadi titik kritis munculnya pemborosan (waste). Selanjutnya, tahap measure digunakan untuk mengukur kondisi aktual dalam program peningkatan kualitas six sigma, antara lain dengan Process Activity Mapping (PAM), perhitungan Defects Per Million Opportunities (DPMO), serta konversi nilai sigma. Tahap analyze kemudian dilakukan untuk menelaah akar permasalahan dengan bantuan fishbone diagram (diagram sebab-akibat) sehingga sumber utama penyebab dapat diidentifikasi. Setelah itu, tahap improve difokuskan pada upaya perbaikan kualitas menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) yang berfungsi untuk mengenali serta memprioritaskan potensi kegagalan dalam proses. Tahap terakhir, tahap control dijalankan untuk memastikan hasil perbaikan yang diperoleh dapat dipertahankan melalui penerapan standar perusahaan, sehingga permasalahan serupa tidak muncul kembali di kemudian hari.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa penerapan konsep Lean Supply Chain menjadi salah satu langkah strategis dalam meningkatkan efisiensi operasional di PT XYZ. Penelitian ini berfokus pada implementasi Lean Six Sigma dengan pendekatan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya pemborosan pada proses produksi dan memberikan usulan perbaikan. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh [6] tahap define pada pendekatan DMAIC menggunakan SIPOC Diagram bertujuan untuk menentukan pokok permasalahan yang akan diteliti. Sedangkan tahap measure pada pendekatan DMAIC menggunakan PAM yang bertujuan untuk meringkas aktivitas dan perhitungan DPMO serta perhitungan konversi nilai sigma. Pada penelitian sebelumnya juga menggunakan FMEA yang bertujuan untuk memberikan usulan perbaikan yang sistematis berdasarkan risk priority number (RPN). Oleh karena itu, muncul kombinasi 2 tools yang dapat digunakan pada tahapan pendekatan DMAIC ini yaitu SIPOC Diagram untuk menentukan pokok permasalahan berdasarkan proses produksi dan PAM untuk meringkas aktivitas proses produksi [2] dan

dilanjutkan dengan FMEA sebagai tools usulan perbaikan. Melalui pendekatan tersebut, permasalahan dapat dianalisis secara sistematis sehingga menghasilkan usulan perbaikan yang terukur, tepat sasaran, dan berkelanjutan. Hasil penelitian diharapkan mampu meminimalkan tingkat waste dan PT XYZ dapat meningkatkan kualitas serta efisiensi sistem rantai pasok, dan pada akhirnya memperkuat daya saing di industri keramik baik di pasar domestik maupun internasional.

II. Metode

A. Metode Pengumpulan data

Dalam penelitian di PT XYZ, pengumpulan data untuk mengurangi pemborosan (waste) pada proses pergudangan dilakukan melalui data primer dan sekunder. Data primer diperoleh secara langsung melalui observasi aktivitas produksi, wawancara dengan kepala divisi operasional, penyebaran kuesioner kepada kepala divisi operasional dan lima responden yang terlibat dalam alur rantai pasok untuk menilai tingkat keparahan, probabilitas, dan kemampuan kontrol terhadap pemborosan, serta studi kepustakaan dari artikel, buku, dan jurnal yang relevan. Sementara itu, data sekunder yang didapatkan saat peneliti melakukan observasi sehingga dapat diperoleh dari dokumen internal perusahaan yang mencakup data aliran rantai pasok dan persentase tingkat pemborosan.

B. Identifikasi Variabel

Dalam penelitian tugas akhir di PT XYZ, dilakukan identifikasi variabel yang mempengaruhi terjadinya pemborosan (waste) dengan mengacu pada permasalahan penelitian. Variabel terikat (dependent) dalam penelitian ini adalah persentase pemborosan pada proses produksi keramik, sedangkan variabel bebas (independent) terdiri dari tujuh jenis waste, yaitu Transportation, Inventory, Waiting, Processing, Defect, Motion, dan Overproduction, yang diduga memengaruhi tingkat pemborosan tersebut.

C. Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian di PT XYZ menggunakan metode Lean Six Sigma dengan pendekatan DMAIC (define, measure, analyze, improve, control) untuk mengurangi pemborosan pada proses produksi. Tahap define dilakukan melalui penyusunan SIPOC diagram, penentuan CTQ (critical to quality), pembuatan Value Stream Mapping (VSM), serta pengelompokan aktivitas rantai pasok. Tahap measure mencakup Process Activity Mapping (PAM) untuk mengklasifikasikan aktivitas menjadi VA, NVA, dan NNVA, identifikasi dan perangkingan waste kritis berdasarkan kuesioner, serta perhitungan DPO, DPMO, dan level sigma guna mengevaluasi kapabilitas proses. Tahap analyze menggunakan fishbone diagram untuk mengidentifikasi akar penyebab waste dari aspek manusia, metode, lingkungan, dan mesin. Selanjutnya, tahap improvement dilakukan dengan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) melalui perhitungan Risk Priority Number (RPN) berdasarkan severity, occurrence, dan detection, yang kemudian menghasilkan prioritas perbaikan dan penyusunan future value stream mapping sebagai usulan peningkatan berkelanjutan.

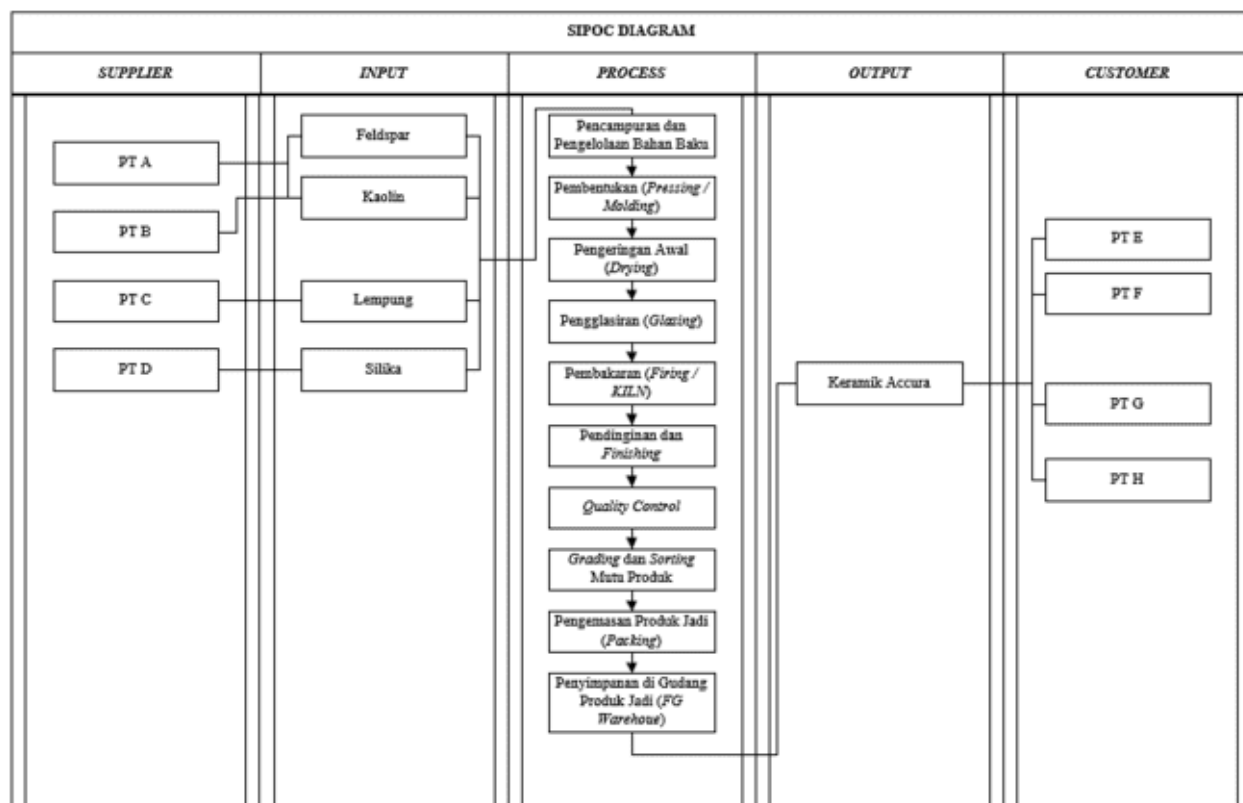
III. Hasil dan Pembahasan

A. Tahap Define

Pada tahap ini dilakukan identifikasi permasalahan yang terjadi pada alur rantai pasok di PT XYZ. Berdasarkan data aliran rantai pasok serta aktivitas perusahaan dari input hingga output, permasalahan tersebut dianalisis melalui tahap define. Pada tahap define, digunakan alat bantu berupa SIPOC Diagram untuk menentukan pokok permasalahan yang akan diteliti. Setelah itu, dilakukan penentuan CTQ (Critical to Quality) untuk mengidentifikasi area atau aktivitas yang secara langsung memengaruhi kinerja rantai pasok dan berpotensi menjadi titik kritis munculnya pemborosan (waste). Selanjutnya pada tahap define dilakukan pembuatan VSM yang bertujuan untuk dapat memahami dan mengukur aliran proses rantai pasok dengan mengidentifikasi aktivitas yang bernilai tambah dan pemborosan. Tahap ini diakhiri dengan pengelompokan waktu dan aktivitas rantai pasok sesuai dengan jenis aktivitas yang ada.

Diagram SIPOC adalah suatu alat untuk mengidentifikasi seluruh elemen proses yang dimulai dari awal atau supplier hingga akhir atau customer yang berkaitan dengan proses perbaikan [7]. SIPOC diagram ini menyajikan identifikasi komponen Supplier, Input, Process, Output, dan Customer pada alur rantai pasok pembuatan keramik jenis Accura. Dengan adanya pemetaan SIPOC, proses dapat dipahami secara menyeluruh sehingga memudahkan penentuan area kritis yang berpotensi menimbulkan pemborosan dan membutuhkan perbaikan. SIPOC diagram disajikan pada gambar 1 dibawah ini.

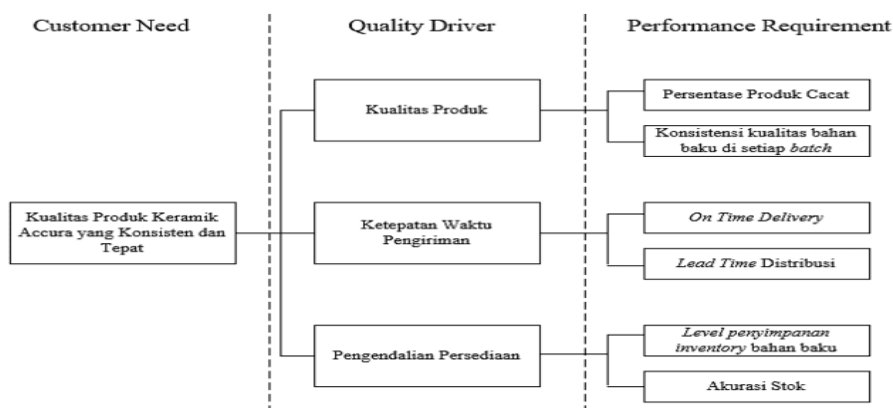
Gambar 1. SIPOC Diagram



Pada tahap define, dilakukan juga penentuan critical to quality (CTQ) sebagai aktual utama kualitas dan kinerja rantai pasok. Analisis critiqal to quality digunakan untuk mengidentifikasi berbagai macam kecacatan yang dicatat dalam suatu produksi produk. CTQ merupakan aktual awal guna membatasi perbaikan kualitas yang akan dilanjutkan pada perbaikan. Critiqal to Quality merupakan bagian dari aktual define [8]. CTQ ditentukan berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan customer, pemetaan proses melalui SIPOC diagram, serta kondisi aktual alur

rantai pasok perusahaan. Penetapan CTQ ini bertujuan untuk mengidentifikasi area kritis yang memengaruhi efektivitas dan efisiensi supply chain. CTQ disajikan pada gambar 2 dibawah ini.

Gambar 2. Critiqal to Quality



Pada gambar 2 dapat diketahui bahwa setiap jenis waste dalam penelitian ini dikaitkan dengan dua CTQ yang paling relevan. Penentuan dua CTQ untuk setiap waste dilakukan untuk menjaga keseimbangan antara kelengkapan analisis dan kejelasan model pengukuran, serta untuk memastikan bahwa setiap waste dapat didefinisikan sebagai defect dalam perspektif Six Sigma. Berikut merupakan tabel yang meringkas keterkaitan 7 Waste dengan CTQ yang menunjukkan hubungan langsung antara jumlah CTQ dengan kategori waste dominan dalam studi lean six sigma, di mana tiap kategori waste memiliki CTQ, yang terasosiasi secara numerik dalam analisisnya [9]. Pemetaan pemborosan (waste) terhadap CTQ dapat dilihat pada tabel 3 yang menyajikan jenis pemborosan dengan CTQ yang terkait.

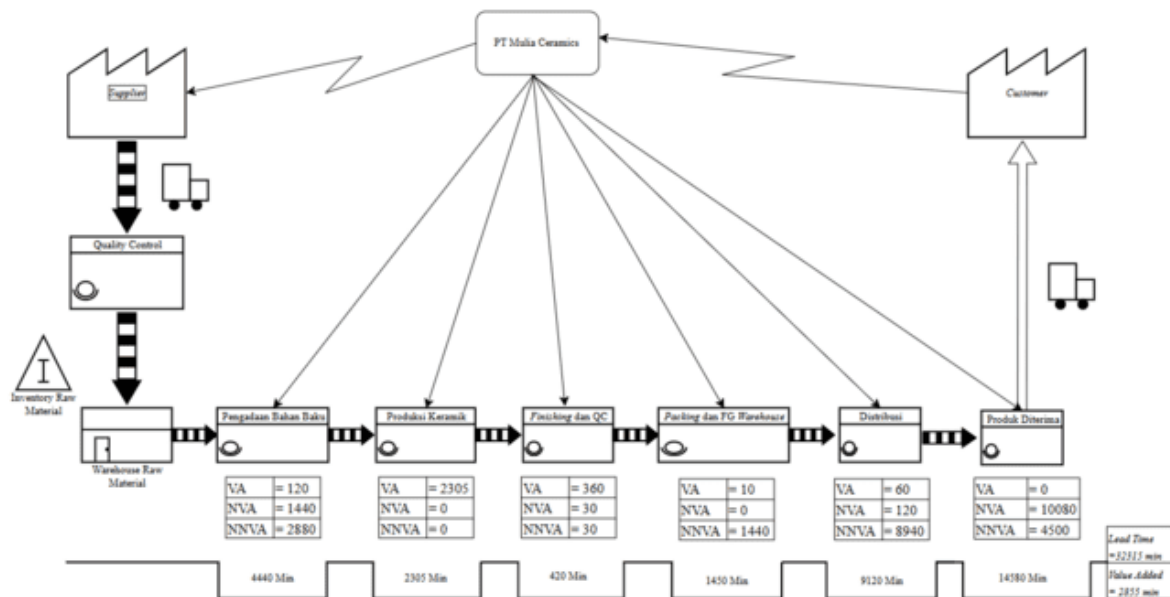
Tabel 3. Pemetaan Pemborosan (Waste) terhadap CTQ

No	Jenis Pemborosan (Waste)	CTQ Terkait	Jumlah CTQ
1	Defect	Persentase produk cacat dan konsistensi kualitas bahan baku di setiap <i>batch</i>	2
2	Overproduction	Level penyimpanan <i>inventory</i> bahan baku dan akurasi stok	2

No	Jenis Pemborosan (Waste)	CTQ Terkait	Jumlah CTQ
3	Waiting	On time delivery dan lead time distribusi	2
4	Transportation	On time delivery dan lead time distribusi	2
5	Inventory	Level penyimpanan inventory bahan baku dan akurasi stok	2
6	Motion	On time delivery dan lead time distribusi	2
7	Overprocessing	Konsistensi kualitas bahan baku di setiap batch dan lead time proses	2

Penggambaran big picture mapping dilakukan untuk mengidentifikasi masing-masing aliran dan aktivitas alur rantai pasok produksi keramik Accura. Lalu setelah itu dibuat tabel untuk memuat keseluruhan aktivitas value added, necessary non-value added, dan non value added. Berikut adalah big picture mapping dari alur rantai pasok produksi keramik yang disajikan pada gambar 3.

Gambar 3. Big Picture Mapping Awal



Pada gambar 3 dapat diketahui bahwa total lead time yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh aktivitas rantai pasok adalah sebesar 32.315 menit. Proses ini mencakup lima tahapan utama yaitu pengadaan bahan baku, proses produksi keramik, finishing dan QC, packing dan FG warehouse, dan proses distribusi hingga produk diterima. Setiap tahapan dianalisis berdasarkan jenis aktivitas, yaitu value added (VA), non-value added (NVA), dan necessary non-value added (NNVA). Total waktu value added (VA) selama 2855 Menit, total waktu necessary non-value added selama 17790 Menit, total waktu non value added selama 11670 menit. Sehingga dapat ditentukan permasalahan yang terjadi pada aliran proses aktivitas rantai pasok yaitu total lead time yang terlalu lama sebesar 14580 menit pada tahap produk diterima kosnumen yang dimana banyak terdapat waktu menunggu. Sehingga perhitungan nilai process cycle efficiency (PCE) didapatkan hasil sebesar 8,8%. Masuk ke tahap selanjutnya untuk merincikan detail aktivitas dengan waktu yang diperlukan sehingga dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis aktivitas yang diringkas pada tabel 4, berikut merupakan tabel waktu proses rantai pasok.

Tabel 4. Waktu Proses Rantai Paso

No	Detail Aktivitas	Waktu (Menit)	Jenis Aktivitas
Pengadaan Bahan Baku			
1	Pemesanan bahan baku sesuai kebutuhan produksi	1440	NNVA
2	Pengiriman bahan baku dari supplier ke pabrik	1440	NNVA
3	Penerimaan bahan baku di pabrik (incoming inspection)	120	VA
4	Penyimpanan awal bahan baku (raw material storage)	1440	NVA
Proses Produksi Keramik			
5	Pencampuran dan pengelolaan bahan baku	120	VA
6	Pembentukan (pressing / molding)	15	VA
7	Pengeringan awal (drying)	720	VA
8	Pengglasiran (glazing)	10	VA
9	Pembakaran (firing / KILN)	1440	VA
Proses Finishing dan QC			
10	Pendinginan dan finishing	360	VA
11	Quality Control	30	NNVA
12	Grading dan sorting mutu produk	30	NVA
Proses Packing dan FG Warehouse			
13	Pengemasan produk jadi (packing)	10	VA

No	Detail Aktivitas	Waktu (Menit)	Jenis Aktivitas
14	Penyimpanan di gudang produk jadi (FG Warehouse)	1440	NNVA
Proses Distribusi			
15	Perencanaan pengiriman dan pengelolaan stok FG	120	NVA
16	Penyusunan rute distribusi (<i>routing</i> dan <i>scheduling</i>)	180	NNVA
17	Muat barang ke kendaraan pengiriman (<i>loading</i>)	120	NNVA
18	Pengiriman ke distributor	4320	NNVA
19	<i>Handling Check</i> khusus (karena keramik mudah pecah)	60	VA
20	<i>Monitoring</i> transportasi dan <i>tracking</i> pengiriman	4320	NNVA
Produk Diterima Konsumen			
21	Produk tiba di distributor	120	NNVA
22	Pembelian atau penggunaan oleh konsumen akhir	60	NNVA
23	Layanan purna jual, komplain, atau retur jika terjadi cacat	10080	NVA
24	<i>Feedback</i> pelanggan untuk perbaikan kualitas	4320	NNVA
TOTAL		32315	

B. Tahap Measure

Pada tahap Measure dilakukan pengolahan data lanjutan berdasarkan hasil identifikasi permasalahan pada proses produksi yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya melalui SIPOC Diagram. Tahap ini bertujuan untuk mengukur kinerja proses secara lebih rinci dengan meringkas dan memetakan seluruh aktivitas produksi menggunakan metode Process Activity Mapping (PAM). Kemudian dilanjutkan dengan identifikasi pemborosan dan penentuan waste kritis melalui pembobotan. Selain itu, pada tahap Measure juga dilakukan perhitungan Defects Per Million Opportunities (DPMO) yang selanjutnya dikonversikan ke dalam nilai sigma sebagai indikator tingkat kapabilitas proses.

Penyusunan PAM dilakukan berdasarkan hasil observasi langsung di lapangan serta data internal perusahaan. Aktivitas proses yang telah diidentifikasi kemudian dikelompokkan ke dalam lima kategori aktivitas, yaitu operation, transportation, inspection, storage, dan delay. Pengenalan jenis-jenis aktivitas menjadi bagian kunci, di mana aktivitas dibagi menjadi lima kategori yaitu operasi, transportasi, inspeksi, delay, dan penyimpanan. Dalam hal ini, operasi dan inspeksi dianggap bernilai tambah, sementara transportasi dan penyimpanan dianggap penting tetapi tidak menambah nilai. Sedangkan, delay adalah jenis aktivitas yang diupayakan untuk dihindari agar proses tidak terhambat, sehingga masuk ke kategori non-bernilai tambah [10]. Seluruh aktivitas tersebut selanjutnya diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu aktivitas bernilai tambah (Value Added/VA), aktivitas tidak bernilai tambah (Non-Value Added/NVA), serta aktivitas tidak bernilai tambah namun tetap diperlukan dalam proses (Necessary Non-Value Added/NNVA). Tabel ringkasan hasil pengolahan data PAM diringkaskan pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Process Activity Mapping

No	Detail Aktivitas	Waktu (Menit)	Aktivitas					Jenis Aktivitas
			O	T	I	S	D	
Pengadaan Bahan Baku								
1	Pemesanan bahan baku sesuai kebutuhan produksi	1440	O	T	I	S	D	NNVA
2	Pengiriman bahan baku dari <i>supplier</i> ke pabrik	1440	O	T	I	S	D	NNVA
3	Penerimaan bahan baku di pabrik (<i>incoming inspection</i>)	120	O	T	I	S	D	VA
4	Penyimpanan awal bahan baku (<i>raw material storage</i>)	1440	O	T	I	S	D	NVA
Proses Produksi Keramik								
5	Pencampuran dan pengelolaan bahan baku	120	O	T	I	S	D	VA
6	Pembentukan (<i>pressing / molding</i>)	15	O	T	I	S	D	VA
7	Pengeringan awal (<i>drying</i>)	720	O	T	I	S	D	VA
8	Pengglasiran (<i>glazing</i>)	10	O	T	I	S	D	VA
9	Pembakaran (<i>firing / KILN</i>)	1440	O	T	I	S	D	VA
Proses Finishing dan QC								
10	Pendinginan dan <i>finishing</i>	360	O	T	I	S	D	VA
11	<i>Quality Control</i>	30	O	T	I	S	D	NNVA
12	<i>Grading</i> dan <i>sorting</i> mutu produk	30	O	T	I	S	D	NVA
Proses Packing dan FG Warehouse								
13	Pengemasan produk jadi (<i>packing</i>)	10	O	T	I	S	D	VA
14	Penyimpanan di gudang produk jadi (FG Warehouse)	1440	O	T	I	S	D	NNVA
Proses Distribusi								
15	Perencanaan pengiriman dan pengelolaan stok FG	120	O	T	I	S	D	NVA
16	Penyusunan rute distribusi (<i>routing</i> dan <i>scheduling</i>)	180	O	T	I	S	D	NNVA
17	Muat barang ke kendaraan pengiriman (<i>loading</i>)	120	O	T	I	S	D	NNVA
18	Pengiriman ke distributor	4320	O	T	I	S	D	NNVA
19	<i>Handling Check</i> khusus (karena keramik mudah pecah)	60	O	T	I	S	D	VA
20	<i>Monitoring</i> transportasi dan <i>tracking</i> pengiriman	4320	O	T	I	S	D	NNVA
Produk Diterima Konsumen								
21	Produk tiba di distributor	120	O	T	I	S	D	NNVA
22	Pembelian atau penggunaan oleh konsumen akhir	60	O	T	I	S	D	NNVA
23	Layanan purna jual, komplain, atau retur jika terjadi cacat	10080	O	T	I	S	D	NVA
24	<i>Feedback</i> pelanggan untuk perbaikan kualitas	4320	O	T	I	S	D	NNVA
TOTAL		32315	9	3	7	2	3	

Hasil pengolahan Process Activity Mapping (PAM) menghasilkan pemetaan rinci mengenai pengelompokan jenis aktivitas beserta total waktu yang dibutuhkan pada seluruh rangkaian aktivitas pergudangan, mulai dari proses pengadaan bahan baku hingga produk diterima oleh konsumen. Selanjutnya, dilakukan perhitungan persentase waktu pada masing-masing kelompok aktivitas untuk mengetahui kontribusi setiap aktivitas terhadap total lead time. Hasil setiap persentase frekuensi dan waktu aktivitas rantai pasok disajikan pada tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Persentase Frekuensi dan Waktu Aktivitas Rantai Pasok

No	Aktivitas	Frekuensi	Persentase Frekuensi	Waktu (Menit)	Persentase Waktu
1	Operation	9	37.5%	2.855	8.8%
2	Transportation	3	12.5%	5.880	18.2%
3	Inspection	7	29.2%	18.960	58.7%
4	Storage	2	8.3%	2.880	8.9%
5	Delay	3	12.5%	1.740	5.4%
Total		24	100.0%	32.315	100.0%

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan frekuensi aktivitas tertinggi yakni pada aktivitas operation dengan frekuensi sebesar 37,5% dan waktu yang dibutuhkan sebesar 8,8% dari keseluruhan aktivitas rantai pasok. Setelah itu terdapat aktivitas inspection dengan frekuensi sebesar 29,2% dan waktu yang dibutuhkan sebesar 58,7%; aktivitas transportation dengan frekuensi sebesar 12,5% dan waktu yang dibutuhkan sebesar 18,2%; aktivitas delay dengan frekuensi sebesar 12,5% dan waktu yang dibutuhkan sebesar 5,4% dan aktivitas storage dengan frekuensi sebesar 8,3% dan waktu yang dibutuhkan sebesar 8,9%. Berdasarkan hasil perhitungan diatas terdapat persentase aktivitas operation sebesar 37,5% yang bersifat dominan dan persentase waktu pada aktivitas inspection sebesar 58,7% yang bersifat dominan pada golongan aktivitas serta waktu yang dibutuhkan dalam setiap tahapan alur rantai pasok. Selanjutnya terdapat perhitungan hasil persentase frekuensi dan waktu aktivitas rantai pasok awal yang disajikan pada tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Persentase Frekuensi dan Waktu Aktivitas Rantai Pasok Awal

No	Aktivitas	Frekuensi	Persentase Frekuensi (%)	Waktu (Menit)	Persentase Waktu (%)
1	Value Added	9	37.5	2855	8.8
2	Non-Value Added	4	16.7	11670	36.1
3	Necessary Non-Value Added	11	45.8	17790	55.1
Total		24	100	32315	100

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa frekuensi dari setiap jenis aktivitas value added sebesar 9 dengan persentase 37,5%, aktivitas non-value added sebesar 4 dengan persentase 16,7% dan necessary non-value added sebesar 11 dengan persentase 45,8%. Sementara itu untuk waktu di setiap jenis aktivitas diantaranya pada aktivitas value added sebesar 2.855 menit dengan persentase 8,8%, aktivitas non-value added sebesar 11.670 menit dengan persentase 36,1%, dan necessary non-value added sebesar 17.790 menit dengan persentase 55,1%. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan persentase frekuensi pada aktivitas necessary non-value added memiliki persentase paling besar yaitu 45,8%, kemudian pada persentase waktu pada aktivitas necessary non-value added memiliki persentase paling besar yaitu 55,1%. Sehingga dapat dilihat aktivitas yang tergolong NNVA bersifat dominan pada aktivitas rantai pasok di PT XYZ.

Untuk mengidentifikasi pemborosan yang terjadi, digunakan kuesioner yang disusun berdasarkan konsep seven waste. Kuesioner ini didistribusikan kepada responden yang terdiri dari satu orang kepala operasional serta lima orang karyawan yang terlibat langsung dalam kegiatan operasional perusahaan, yang pemilihannya dilakukan secara langsung oleh kepala operasional. Selain itu, kuesioner berisi sejumlah pertanyaan yang mengacu pada konsep seven waste sebagai dasar dalam mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya pemborosan. Berdasarkan hasil pengolahan kuesioner yang telah diisi oleh para responden, rekapitulasi pembobotan berdasarkan ranking terhadap jenis pemborosan yang terjadi dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Pembobotan Berdasarkan Ranking

No	Pemborosan	Responden						Bobot	Ranking
		1	2	3	4	5	6		
1	Motion	3	3	4	3	4	4	3.5	1
2	Defect	3	4	3	3	3	4	3.3	2
3	Overproduction	3	4	3	3	3	3	3.2	3
4	Waiting	4	3	2	2	4	3	3.0	4
5	Processing	3	3	2	3	3	2	2.7	5
6	Transportation	2	2	3	2	3	3	2.5	6
7	Inventory	2	2	2	3	2	3	2.3	7

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh tingkat pemborosan tertinggi dari ranking 1 sampai dengan 3 adalah motion dengan bobot sebesar 3,5; defect dengan bobot sebesar 3,3; dan overproduction dengan bobot sebesar 3,3.

Perhitungan DPMO merupakan metrik dalam six sigma yang mengukur jumlah cacat yang terjadi per satu juta kesempatan (opportunities) untuk cacat. Semakin rendah nilai DPMO, maka semakin baik tingkat mutu atau proses karena berarti sedikit cacat dibandingkan dengan total kesempatan. Setelah itu, DPMO dikonversi ke dalam sigma level (tingkat sigma) untuk memberikan gambaran yang lebih mudah dibandingkan standar six sigma. Langkah berikutnya adalah menghitung nilai DPO, DPMO, dan level sigma pada setiap periode guna mengukur kemungkinan terjadinya defect dalam sejuta kesempatan. Rekapitulasi keseluruhan nilai DPMO dan level sigma pada setiap periode disajikan pada tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Keseluruhan Nilai DPMO dan Nilai Sigma

Jenis Waste	Jumlah Hasil Produksi (Pcs)	Jumlah Waste (Pcs)	CTQ	DPMO	Nilai Sigma
Defect	216.241	24.782	2	57300,77	3,59
Processing		25.995		60106,63	3,56
Waiting		28.666		66282,95	3,51
Overproduction		26.221		60629,95	3,56
Transportation		27.360		63262,79	3,54
Inventory		26.296		60802,05	3,56
Motion		27.863		64425,98	3,53

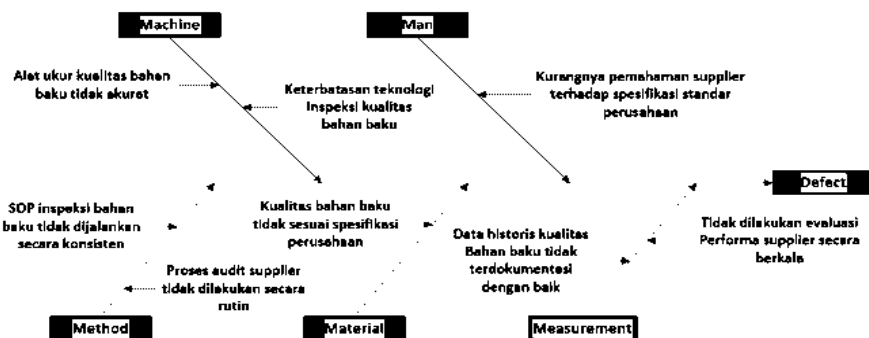
Berdasarkan tabel 9 di atas dapat diketahui nilai rata-rata DPMO dan nilai rata-rata sigma pada seluruh waste yang terjadi adalah sebagai berikut:

Berdasarkan hasil perhitungan di atas dan tabel konversi nilai sigma, PT XYZ berada pada level 3,55 sigma atau bisa dikatakan berada pada level 3 sigma dengan nilai rata-rata DPMO sebesar 61.830 setiap 1.000.000 produksi yang dilakukan oleh PT XYZ. Berdasarkan penjelasan tersebut maka dapat dikatakan perusahaan belum mencapai kualitas proses yang baik. Oleh karena itu diperlukan perbaikan dengan menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya pemborosan di setiap alur rantai pasok agar nilai sigma pada perusahaan dapat mendekati nilai standar baik.

C. Tahap Analyze

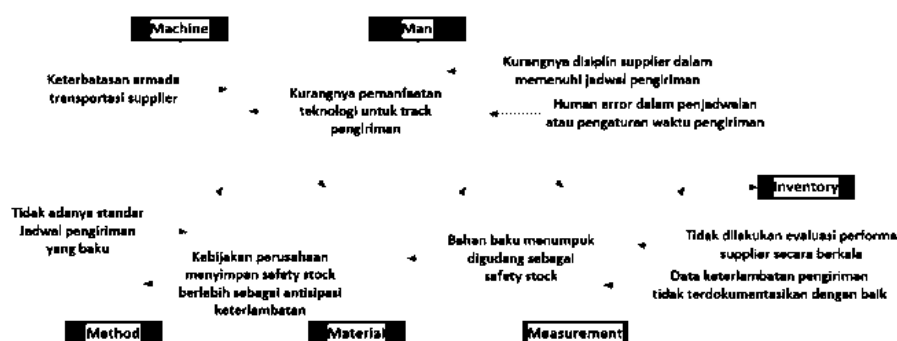
Pada tahap analyze akan dilakukan analisis mengenai besarnya tingkat pemborosan yang terjadi dan pengaruh dampak negatif bagi perusahaan. Dari analisis tersebut dapat ditentukan usulan perbaikan yang efektif dan efisien untuk dapat menghilangkan pemborosan yang ada. Pada tahap analyze dilakukan analisis menggunakan fishbone diagram. Fishbone diagram atau cause effect diagram merupakan salah satu metode dari seven quality tools yang digunakan untuk mencari penyebab dari timbulnya suatu masalah [11]. Identifikasi akar masalah dilakukan melalui kegiatan sharing dan brainstorming bersama pihak perusahaan dengan menggunakan diagram sebab-akibat (cause and effect diagram). Berdasarkan hasil diskusi tersebut, diperoleh beberapa akar penyebab masalah pada masing-masing jenis pemborosan. Hasil identifikasi akar penyebab yang diawali dari waste defect disajikan pada gambar 4.

Gambar 4. Diagram Sebab Akibat Waste Defect



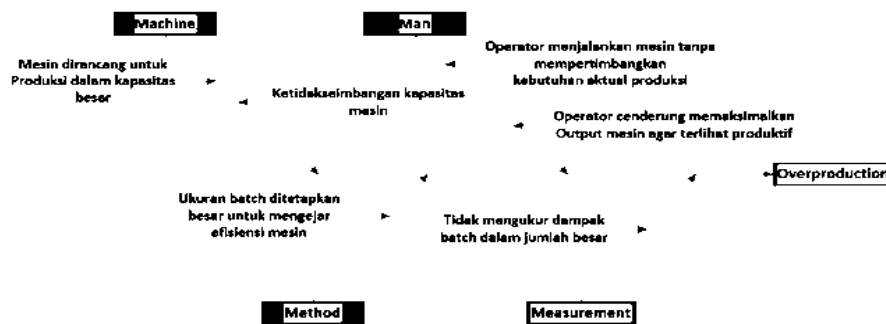
Berdasarkan analisis diagram sebab akibat terhadap waste defect, ditemukan lima faktor utama yaitu man, machine, method, material, dan measurement. Dari sisi manusia, kurangnya pemahaman supplier terhadap spesifikasi standar perusahaan menyebabkan bahan baku yang dikirim tidak sesuai standar. Dari sisi mesin, keterbatasan teknologi inspeksi dan ketidakakuratan alat ukur membuat bahan baku yang tidak memenuhi kualitas tetap diterima. Dari sisi metode, SOP inspeksi yang tidak dijalankan secara konsisten serta audit supplier yang tidak rutin mengakibatkan ketidakconsistenan kualitas bahan baku dan memicu defect pada produk. Dari sisi material, kualitas bahan baku yang tidak sesuai spesifikasi menjadi penyebab utama terjadinya defect pada keramik Accura. Sementara itu, dari sisi pengukuran, kurangnya dokumentasi data historis kualitas dan tidak adanya evaluasi performa supplier secara berkala menyebabkan kesalahan yang sama terus berulang. Selanjutnya identifikasi akar penyebab pada waste inventory yang disajikan pada gambar 5.

Gambar 5. Diagram Sebab Akibat Waste Inventory



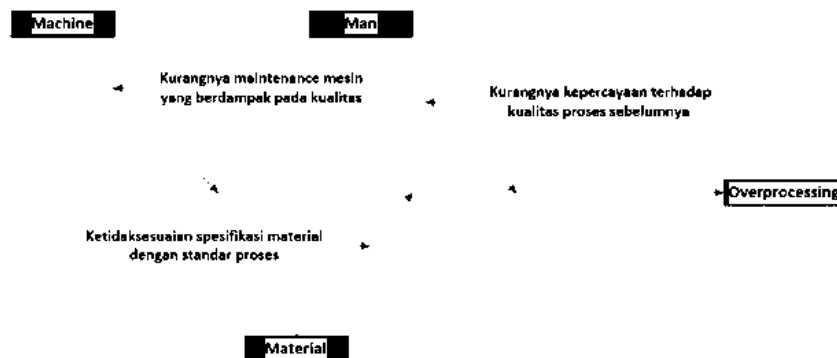
Berdasarkan analisis diagram sebab akibat terhadap waste inventory, ditemukan lima faktor utama yaitu man, machine, method, material, dan measurement. Dari sisi manusia, kurangnya disiplin supplier dalam memenuhi jadwal pengiriman serta human error dalam penjadwalan menyebabkan keterlambatan bahan baku. Dari sisi mesin, kurangnya pemanfaatan teknologi untuk tracking pengiriman dan keterbatasan armada transportasi supplier turut memperparah keterlambatan. Dari sisi metode, tidak adanya standar jadwal pengiriman yang baku serta kebijakan penyimpanan safety stock berlebih mendorong terjadinya penumpukan bahan baku di gudang. Dari sisi material, penumpukan bahan baku sebagai safety stock menyebabkan waktu simpan yang terlalu lama dan berpotensi menurunkan kualitas produk. Sementara itu, dari sisi pengukuran, tidak adanya evaluasi performa supplier secara berkala dan dokumentasi data keterlambatan yang kurang baik menyebabkan kesalahan pengiriman terus berulang. Selanjutnya identifikasi akar penyebab pada waste overproduction yang disajikan pada gambar 6.

Gambar 6. Diagram Sebab Akibat Waste Overproduction



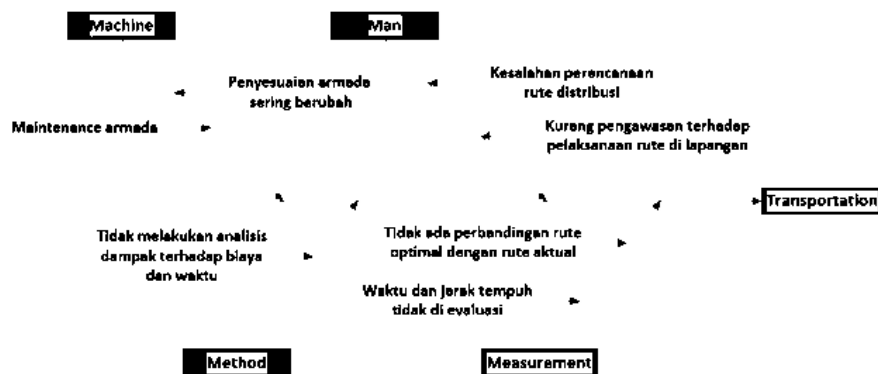
Berdasarkan analisis diagram sebab akibat terhadap waste overproduction, terdapat empat faktor utama yaitu man, machine, method, dan measurement. Dari sisi manusia, operator menjalankan mesin tanpa mempertimbangkan kebutuhan aktual produksi dan cenderung memaksimalkan output agar terlihat produktif, sehingga menghasilkan produksi berlebih. Dari sisi mesin, desain mesin dengan kapasitas besar serta ketidakseimbangan kapasitas antar mesin menyebabkan output terus dihasilkan dalam jumlah besar tanpa menyesuaikan kebutuhan. Dari sisi metode, penetapan ukuran batch yang besar demi efisiensi mesin mendorong produksi dalam skala besar tanpa mempertimbangkan permintaan aktual. Sementara itu, dari sisi pengukuran, tidak adanya evaluasi terhadap dampak produksi batch besar menyebabkan output melebihi kebutuhan sebenarnya dan memicu terjadinya overproduction. Selanjutnya identifikasi akar penyebab pada waste overprocessing yang disajikan pada gambar 7.

Gambar 7. Diagram Sebab Akibat Waste Overprocessing



Berdasarkan analisis diagram sebab akibat terhadap waste overprocessing, terdapat tiga faktor utama yaitu man, machine, dan material. Dari sisi manusia, kurangnya kepercayaan terhadap kualitas proses sebelumnya menyebabkan proses yang sama dilakukan berulang kali untuk memastikan mutu, sehingga terjadi overprocessing. Dari sisi mesin, kurangnya maintenance berdampak pada penurunan kualitas output sehingga operator harus melakukan pengecekan tambahan untuk memastikan hasil sesuai standar. Sementara itu, dari sisi material, ketidaksesuaian spesifikasi material dengan standar proses menyebabkan kualitas yang kurang konsisten dan mendorong dilakukannya proses tambahan guna mencapai mutu yang diharapkan. Selanjutnya identifikasi akar penyebab pada waste transportation yang disajikan pada gambar 8.

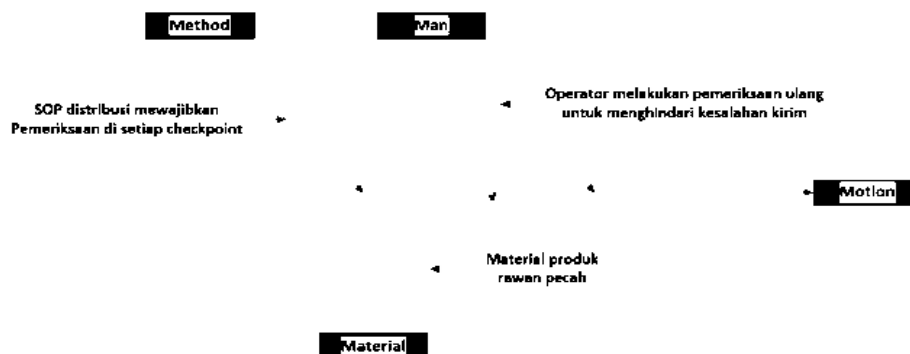
Gambar 8. Diagram Sebab Akibat Waste Transportation



Berdasarkan analisis diagram sebab akibat terhadap waste transportation, terdapat empat faktor utama yaitu man, machine, method, dan measurement. Dari sisi manusia, kesalahan perencanaan rute distribusi serta kurangnya pengawasan pelaksanaan di lapangan menyebabkan perubahan rute yang meningkatkan biaya dan waktu pengiriman.

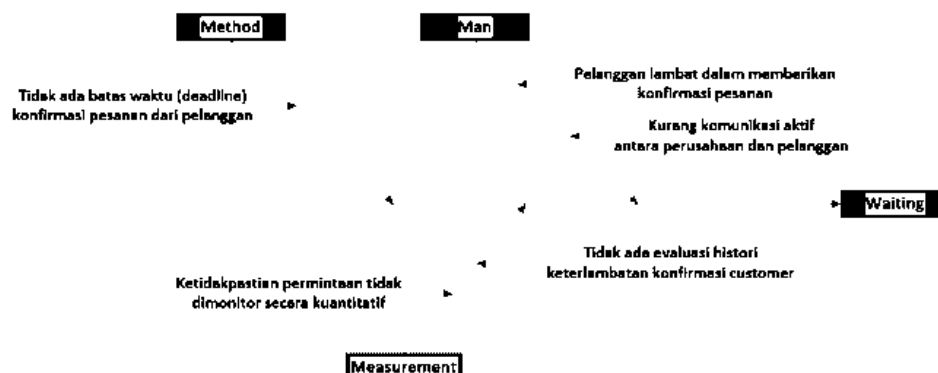
Dari perspektif mesin, perubahan armada dan perawatan yang kurang optimal menyebabkan perbedaan kapasitas muat dan jangkauan, yang mengakibatkan penyesuaian rute yang meningkatkan biaya operasional. Dari perspektif metodologis, kurangnya analisis dampak biaya dan waktu menyebabkan inefisiensi dalam distribusi. Secara bersamaan, dari perspektif pengukuran, kurangnya perbandingan antara rute optimal dan aktual, serta tidak adanya evaluasi waktu dan jarak, mengakibatkan masalah berulang yang terus meningkatkan biaya dan waktu pengiriman.. Selanjutnya identifikasi akar penyebab pada waste motion yang disajikan pada gambar 9.

Gambar 9. Diagram Sebab Akibat Waste Motion



Berdasarkan analisis diagram sebab akibat terhadap waste motion, terdapat tiga actor utama yaitu man, method, dan material. Dari sisi manusia, operator melakukan pemeriksaan ulang untuk menghindari kesalahan kirim sehingga menimbulkan pergerakan bolak-balik yang tidak bernilai tambah. Dari sisi metode, SOP distribusi yang mewajibkan pemeriksaan di setiap checkpoint menyebabkan adanya aktivitas tambahan dalam proses distribusi. Sementara itu, dari sisi material, karakteristik produk yang rawan pecah mendorong dilakukannya pengecekan ulang di setiap checkpoint, sehingga meningkatkan frekuensi pergerakan dan menimbulkan waste motion. Selanjutnya identifikasi akar penyebab pada waste waiting yang disajikan pada gambar 10.

Gambar 10. Diagram Sebab Akibat Waste Waiting



Berdasarkan analisis diagram sebab akibat terhadap waste motion, terdapat tiga faktor utama yaitu man, method, dan measurement. Dari sisi manusia, lambatnnya pelanggan dalam memberikan konfirmasi pesanan serta kurangnya komunikasi aktif antara perusahaan dan pelanggan menyebabkan keterlambatan perencanaan produksi. Dari sisi metode, tidak adanya batas waktu (deadline) konfirmasi pesanan menimbulkan ketidakpastian sehingga proses produksi menjadi tertunda. Sementara itu, dari sisi pengukuran, ketidakpastian permintaan tidak dimonitor secara kuantitatif dan tidak adanya evaluasi histori keterlambatan konfirmasi pelanggan menyebabkan permasalahan yang sama terus berulang tanpa adanya kebijakan perbaikan yang tegas dari perusahaan.

D. Tahap Improve

Pada tahap Improve, dilakukan upaya perbaikan untuk meminimalkan pemborosan pada setiap aktivitas rantai pasok. Kegiatan yang dilakukan meliputi perancangan perbaikan alur rantai pasok pada produksi keramik Accura, penetapan prioritas perbaikan, serta penyusunan mitigasi risiko sebagai rekomendasi bagi perusahaan.

Setelah mengetahui akar permasalahan yang terjadi pada aktivitas produksi keramik, selanjutnya akan dilakukan analisa menggunakan FMEA. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan sebuah metode yang berfungsi untuk mengenali serta memprioritaskan potensi kegagalan dalam proses. Manfaat dalam menggunakan metode FMEA diantaranya dapat menentukan prioritas untuk setiap Tindakan perbaikan, menyediakan dokumen yang lengkap tentang perubahan proses untuk membantu perkembangan selanjutnya, meningkatkan kualitas, keandalan, dan keamanan produk dan meminimalkan waktu dan biaya [12]. Manfaat yang akan diperoleh apabila menggunakan FMEA desain adalah dapat meringkas waktu siklus dari rencana pembuatan atau perancangan produk, dapat emnghemat bahan baku dan biaya yang dikeluarkan untuk perencanaan dan perancangan, dan meningkatkan reputasi organisasi [13]. Terdapat tiga variabel utama dalam FMEA yaitu severity, occurance, dan detection. Nilai ataupun rating dari tiga variabel tersebut didapatkan dari wawancara dan pembagian kuesioner secara langsung dengan kepala operasional dan lima karyawan yang terlibat dalam operasional di PT XYZ. Selanjutnya tiga variabel tersebut di akumulasikan untuk mengetahui risk priority number atau RPN. Dalam penelitian operasional yang dilakukan sebelumnya penilaian severity, occurance, dan detection pada metode FMEA diperoleh dari beberapa responden yang kemudian dirata-ratakan sebelum dianalisis menjadi nilai RPN [14]. RPN inilah yang akan digunakan untuk menentukan pemborosan yang menjadi prioritas untuk ditangani terlebih dahulu oleh perusahaan. Berikut perhitungan risk priority number yang disajikan pada tabel 10.

Tabel 10. Perhitungan Risk Priority Number (RPN)

Waste	Jenis Pemborosan	Sebab Pemborosan	Efek Pemborosan	Severity	Occurance	Detection	RPN
Inventory	Terdapat <i>supplier</i> mengalami keterlambatan pengiriman bahan baku.	kurangnya disiplin <i>supplier</i> , human error, kurangnya <i>track</i> pengiriman dan keterbatasan transportasi, tidak ada standar jadwal pengiriman bahan baku dan kebijakan perusahaan yang menuntut untuk menyimpan <i>safety stock</i> , dan tidak dilakukan evalasi performa <i>supplier</i> secara berkala.	Menimbulkan penumpukkan bahan baku karena perusahaan menyimpan <i>safety stok</i> dan menimbulkan ketidakpastian dalam akurasi stok saat dikirim oleh <i>supplier</i> dengan stok bahan baku dalam gudang perusahaan	7	4	6	168
Defect	Terdapat kualitas bahan baku yang tidak memenuhi spesifikasi standar perusahaan dan ketidak konsistenan dalam pengiriman bahan baku yang tidak sesuai standar kualitas	Kurangnya pemahaman <i>supplier</i> terhadap spesifikasi standar perusahaan, keterbatasan teknologi inspeksi kualitas bahan baku dan alat ukur kualitas bahan baku tidak akurat, SOP inspeksi bahan baku tidak dijalankan secara konsisten dan proses audit <i>supplier</i> tidak dilakukan secara rutin, dan data historis kualitas bahan baku tidak terdokumentasi dengan baik dan perusahaan tidak melakukan evaluasi performa <i>supplier</i> secara berkala	Menimbulkan terjadinya penolakan atau pengambilan bahan yang memicu pemeriksaan ulang dan menghambat kelancaran proses produksi yang menimbulkan produk cacat. Konsistensi kualitas yang tidak konsisten meningkatkan persentase produk cacat	7	5	8	280
Overproduction	Terdapat mesin produksi yang menghasilkan <i>output</i> lebih banyak karena ukuran <i>batch</i> besar	Operator menjalankan mesin tanpa mempertimbangkan kebutuhan aktual produksi dan operator cenderung memaksimalkan <i>output</i> mesin, mesin dirancang untuk produksi dalam kapasitas besar dan ketidakseimbangan kapasitas mesin, ukuran <i>batch</i> ditetapkan besar untuk mengejar efisiensi mesin, dan perusahaan tidak mengukur dampak <i>batch</i> dalam jumlah besar.	Menimbulkan barang atau produk yang dikerjakan menumpuk dan akurasi stok bahan baku yang digunakan untuk produksi kurang akurat	8	5	6	240
Overprocessing	Terdapat pemeriksaan terhadap bahan baku dan produk yang dilakukan secara berulang untuk memastikan kualitas yang konsisten	Kurangnya kepercayaan terhadap kualitas proses sebelumnya, kurangnya <i>maintenance</i> mesin yang berdampak pada kualitas, dan ketidaksesuaian spesifikasi material dengan standar proses.	Menimbulkan waktu siklus kerja atau <i>lead time</i> meningkat, sehingga menyebabkan keterlambatan <i>output</i>	7	4	7	196
Transportation	Terdapat peralihan rute distribusi dari perusahaan ke retail yang menambah biaya logistik	Kesalahan perencanaan rute distribusi, kurangnya pengawasan terhadap pelaksanaan rute di lapangan, penyesuaian armada sering berubah, kurangnya <i>maintenance</i> armada,	Menimbulkan peningkatan biaya operasional dan waktu pengiriman sehingga menurunkan efisiensi distribusi	6	5	6	180

Waste	Jenis Pemborosan	Sebab Pemborosan	Efek Pemborosan	Sev erit	Occ ura	Def ecti	RPN
		tidak melakukan analisis dampak terhadap biaya dan waktu, tidak ada perbandingan rute optimal dengan rute aktual.					
Motion	Terdapat aktivitas tambahan seperti pemuatan ulang dan pemeriksaan barang di <i>checkpoint</i> setiap kota distribusi	Operator melakukan pemeriksaan ulang untuk menghindari kesalahan kirim, SOP distribusi mewajibkan pemeriksaan di setiap <i>checkpoint</i> , dan material produk rawan pecah.	Menimbulkan waktu siklus kerja meningkat sehingga terjadi keterlambatan <i>output</i> dan peningkatan beban kerja operator	7	6	7	294
Waiting	Terdapat customer yang terlambat konfirmasi terhadap pesannya	Pelanggan lambat dalam memberikan konfirmasi pesanan dan kurangnya komunikasi aktif antara perusahaan dan pelanggan, tidak ada batas waktu konfirmasi pesanan dari pelanggan, ketidakpastian permintaan tidak dimonitor secara kuantitatif, dan tidak ada evaluasi histori keterlambatan konfirmasi customer	Menimbulkan ketidakpastian permintaan dan keterlambatan perencanaan produksi	5	6	7	210

Setelah dilakukan perhitungan RPN pada setiap jenis pemborosan, tahap selanjutnya adalah mengelompokkan nilai RPN yang dihasilkan kemudian digunakan untuk menentukan tingkat risiko dengan mengacu pada penentuan kategori risiko [15]. Hasil perhitungan tersebut disajikan dalam tabel perhitungan RPN untuk mengetahui prioritas risiko yang memerlukan penanganan dan usulan perbaikan. Hasil perhitungan RPN dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Perhitungan RPN

Waste	SubWaste	RPN	Level
Motion	Operator melakukan pemeriksaan ulang untuk menghindari kesalahan kirim, SOP distribusi mewajibkan pemeriksaan di setiap <i>checkpoint</i> , dan material produk rawan pecah.	294	Tinggi
Defect	Kurangnya pemahaman <i>supplier</i> terhadap spesifikasi standar perusahaan, keterbatasan teknologi inspeksi kualitas bahan baku dan alat ukur kualitas bahan baku tidak akurat, SOP inspeksi bahan baku tidak dijalankan secara konsisten dan proses audit <i>supplier</i> tidak dilakukan secara rutin, dan data historis kualitas bahan baku tidak terdokumentasi dengan baik dan perusahaan tidak melakukan evaluasi performa <i>supplier</i> secara berkala	280	Tinggi
Overproduction	Operator menjalankan mesin tanpa mempertimbangkan kebutuhan aktual produksi dan operator cenderung memaksimalkan <i>output</i> mesin, mesin dirancang untuk produksi dalam kapasitas besar dan ketidakseimbangan kapasitas mesin, ukuran <i>batch</i> ditetapkan besar untuk mengejar efisiensi mesin, dan perusahaan tidak mengukur dampak <i>batch</i> dalam jumlah besar.	240	Tinggi
Waiting	Pelanggan lambat dalam memberikan konfirmasi pesanan dan kurangnya komunikasi aktif antara perusahaan dan pelanggan, tidak ada batas waktu konfirmasi pesanan dari pelanggan, ketidakpastian permintaan tidak dimonitor secara kuantitatif, dan tidak ada evaluasi histori keterlambatan konfirmasi customer	210	Tinggi
Overprocessing	Kurangnya kepercayaan terhadap kualitas proses sebelumnya, kurangnya <i>maintenance</i> mesin yang berdampak pada kualitas, dan ketidaksesuaian spesifikasi material dengan standar proses.	196	Sedang
Transportation	Kesalahan perencanaan rute distribusi, kurangnya pengawasan terhadap pelaksanaan rute di lapangan, penyesuaian armada sering berubah, kurangnya <i>maintenance</i> armada, tidak melakukan analisis dampak terhadap biaya dan waktu, tidak ada perbandingan rute optimal dengan rute aktual.	180	Sedang
Inventory	kurangnya disiplin <i>supplier</i> , human error, kurangnya <i>track</i> pengiriman dan keterbatasan transportasi, tidak ada standar jadwal pengiriman bahan baku dan kebijakan perusahaan yang menuntut untuk menyimpan <i>safety stock</i> , dan tidak dilakukan evalasi performa <i>supplier</i> secara berkala.	168	Sedang

Berdasarkan hasil pengolahan data yang diperoleh dari perusahaan, dilakukan analisis untuk mengidentifikasi dan menentukan pemborosan yang perlu diprioritaskan dalam upaya perbaikan. Prioritas penanganan pemborosan ditetapkan dengan mengacu pada nilai Risk Priority Number (RPN) yang diurutkan berdasarkan tingkat risikonya. Selanjutnya, usulan perbaikan yang dihasilkan dari analisis tersebut dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Usulan Perbaikan

Waste	SubWaste	RPN	Level	Rekomendasi Perbaikan
Motion	Operator melakukan pemeriksaan ulang untuk menghindari kesalahan kirim, SOP distribusi mewajibkan pemeriksaan di setiap <i>checkpoint</i> , dan material produk rawan pecah.	294	Tinggi	Mengembangkan teknologi untuk inspeksi produk di setiap <i>checkpoint</i> (contoh : <i>X-Ray Scanners</i>) sehingga dapat meminimasi pergerakan bolak balik, SOP tetap berjalan dengan baik, tidak ada keterlambatan <i>output</i> .
Defect	Kurangnya pemahaman <i>supplier</i> terhadap spesifikasi standar perusahaan, keterbatasan teknologi inspeksi kualitas bahan baku dan alat ukur kualitas bahan baku tidak akurat, SOP inspeksi bahan baku tidak dijalankan secara konsisten dan proses audit <i>supplier</i> tidak dilakukan secara rutin, dan data historis kualitas bahan baku tidak terdokumentasi dengan baik dan perusahaan tidak melakukan evaluasi performa <i>supplier</i> secara berkala	280	Tinggi	Meninjau kembali SOP inspeksi bahan baku kepada seluruh divisi yang terkait termasuk <i>supplier</i> . Perusahaan juga harus membangun sistem pencatatan dan dokumentasi data historis kualitas bahan baku secara terintegrasi berbasis digital. Perusahaan juga disarankan untuk melakukan evaluasi performa <i>supplier</i> secara berkala dengan menggunakan SOP yang sudah diterapkan
Overproduction	Operator menjalankan mesin tanpa mempertimbangkan kebutuhan aktual produksi dan operator cenderung memaksimalkan <i>output</i> mesin, mesin dirancang untuk produksi dalam kapasitas besar dan ketidakseimbangan kapasitas mesin, ukuran <i>batch</i> ditetapkan besar untuk	240	Tinggi	Perusahaan disarankan untuk menyesuaikan produksi dengan kebutuhan aktual, melakukan pengecekan pada kapasitas mesin, serta mengendalikan <i>output</i> yang dihasilkan oleh mesin melalui SOP operasional. Selain itu,

Waste	SubWaste	RPN	Level	Rekomendasi Perbaikan
	mengejar efisiensi mesin, dan perusahaan tidak mengukur dampak <i>batch</i> dalam jumlah besar.			perusahaan perlu mengukur dampak ukuran <i>batch</i> besar terhadap kinerja produksi apabila terjadi <i>overproduction</i> .
Waiting	Pelanggan lambat dalam memberikan konfirmasi pesanan dan kurangnya komunikasi aktif antara perusahaan dan pelanggan, tidak ada batas waktu konfirmasi pesanan dari pelanggan, ketidakpastian permintaan tidak dimonitor secara kuantitatif, dan tidak ada evaluasi histori keterlambatan konfirmasi customer	210	Tinggi	Melakukan evaluasi terhadap SOP pemesanan produk, menetapkan batas waktu konfirmasi pesanan dari pelanggan. Perusahaan juga perlu meningkatkan komunikasi serta koordinasi yang baik dengan pelanggan sehingga proses konfirmasi pesanan dapat berjalan lebih cepat dan jelas
Overprocessing	Kurangnya kepercayaan terhadap kualitas proses sebelumnya, kurangnya <i>maintenance</i> mesin yang berdampak pada kualitas, dan ketidaksesuaian spesifikasi material dengan standar proses.	196	Sedang	Perusahaan perlu menerapkan pengendalian kualitas, kemudian melakukan perawatan mesin secara rutin dengan menggunakan jadwal yang sudah dibuat, serta memperketat pengendalian spesifikasi material yang dikirim dalam proses produksi.
Transportation	Kesalahan perencanaan rute distribusi, kurangnya pengawasan terhadap pelaksanaan rute di lapangan, penyesuaian armada sering berubah, kurangnya <i>maintenance</i> armada, tidak melakukan analisis dampak terhadap biaya dan waktu, tidak ada perbandingan rute optimal dengan rute aktual.	180	Sedang	Perusahaan perlu menyusun perencanaan rute distribusi yang efektif, kemudian meningkatkan pengawasan pelaksanaan rute di lapangan, dan mengendalikan serta mengevaluasi penyesuaian armada untuk dapat bisa menjaga efisiensi biaya dan waktu distribusi.
Inventory	kurangnya disiplin <i>supplier</i> , human error, kurangnya <i>track</i> pengiriman dan keterbatasan transportasi, tidak ada standar jadwal pengiriman bahan baku dan kebijakan perusahaan yang menuntut untuk menyimpan <i>safety stock</i> , dan tidak dilakukan evaluasi performa <i>supplier</i> secara berkala.	168	Sedang	Perusahaan perlu menetapkan standar kinerja dan aturan pengiriman bagi <i>supplier</i> , melakukan standarisasi prosedur dan pelatihan untuk mengurangi terjadinya <i>human error</i> , menetapkan jadwal pengiriman bahan baku yang jelas, serta mengevaluasi performa <i>supplier</i> secara berkala.

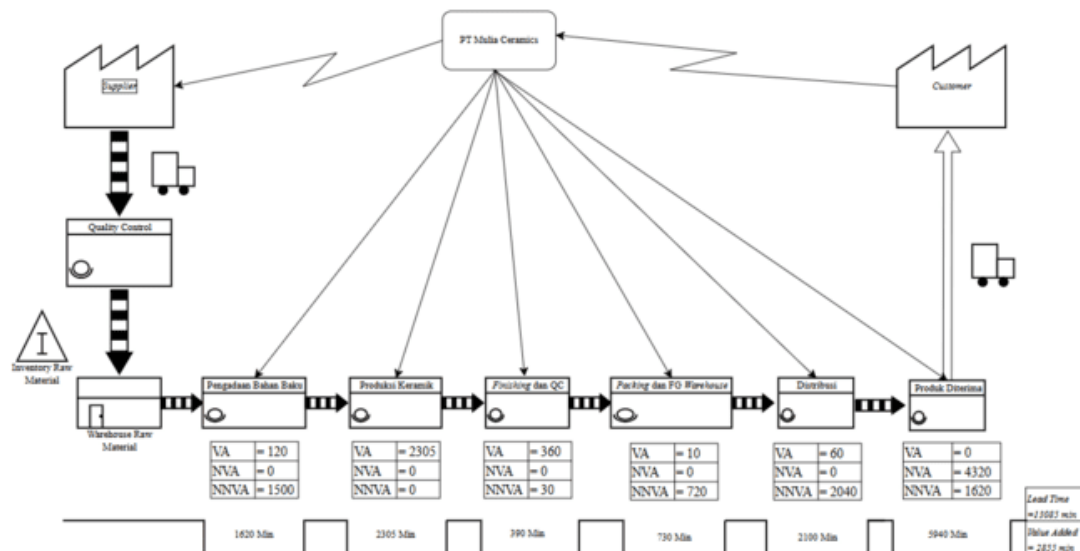
Dengan mengetahui permasalahan yang terdapat pada PT XYZ, selanjutnya aktivitas yang tidak terlalu berdampak dapat di minimalisir atau di hilangkan. Selanjutnya perlu dilakukan perhitungan value added, non-value added, dan necessary non value added pada tabel 13.

Tabel 13. Waktu Proses Rantai Pasok Usulan

No	Detail Aktivitas	Waktu (Menit)	Jenis Aktivitas
Pengadaan Bahan Baku			
1	Pemesanan bahan baku sesuai kebutuhan produksi	60	NNVA
2	Pengiriman bahan baku dari <i>supplier</i> ke pabrik	1440	NNVA
3	Penerimaan bahan baku di pabrik (<i>incoming inspection</i>)	120	VA
Proses Produksi Keramik			
4	Pencampuran dan pengelolaan bahan baku	120	VA
5	Pembentukan (<i>pressing / molding</i>)	15	VA
6	Pengeringan awal (<i>drying</i>)	720	VA
7	Pengglasiran (<i>glazing</i>)	10	VA
8	Pembakaran (<i>firing / KILN</i>)	1440	VA
Proses Finishing dan QC			
9	Pendinginan dan <i>finishing</i>	360	VA
10	<i>Quality Control</i>	30	NNVA
Proses Packing dan FG Warehouse			
11	Pengemasan produk jadi (<i>packing</i>)	10	VA
12	Penyimpanan di gudang produk jadi (FG Warehouse)	720	NNVA
Proses Distribusi			
13	Penyusunan rute distribusi (<i>routing dan scheduling</i>)	120	NNVA
14	Muat barang ke kendaraan pengiriman (<i>loading</i>)	120	NNVA
15	Pengiriman ke distributor	900	NNVA
16	<i>Handling Check</i> khusus (karena keramik mudah pecah)	60	VA
17	<i>Monitoring</i> transportasi dan <i>tracking</i> pengiriman	900	NNVA
Produk Diterima Konsumen			
18	Produk tiba di distributor	120	NNVA
19	Pembelian atau penggunaan oleh konsumen akhir	60	NNVA
20	Layanan purna jual, komplain, atau retur jika terjadi cacat	4320	NVA
21	<i>Feedback</i> pelanggan untuk perbaikan kualitas	1440	NNVA
TOTAL		13085	

Selanjutnya akan dibuat usulan value stream mapping dalam big picture mapping dengan menggunakan hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada alur rantai pasok. Hasil perbaikan akan divisualisasikan pada gambar 11.

Gambar 11. Big Picture Mapping Usulan



Dari gambar 11 di atas, diperoleh klasifikasi aktivitas yang termasuk dalam value added, non-value added, dan necessary non-value added. Selanjutnya, perlu dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai dari masing-masing kategori yang dapat dilihat pada tabel 14 yang menyajikan persentase frekuensi dan waktu aktivitas rantai pasok usulan.

Tabel 14. Persentase Frekuensi dan Waktu Aktivitas Rantai Pasok Usulan

No	Aktivitas	Frekuensi	Persentase Frekuensi (%)	Waktu (Menit)	Persentase Waktu (%)
1	Value Added	9	42.9	2855	21.8
2	Non Value Added	1	4.8	4320	33.0
3	Necessary Non-Value Added	11	52.4	5910	45.2
Total		21	100.0	13085	100.0

Di atas merupakan hasil waktu setelah dilakukannya perbaikan. Sehingga perbedaan waktu proses sebelum dan sesudah perbaikan yaitu sebelum perbaikan waktu proses sebesar 32315 menit dan sesudah perbaikan waktu proses sebesar 13085 menit. Sehingga perhitungan nilai process cycle efficiency (PCE) dengan menggunakan rumus yang ada pada 2.1 didapatkan hasil sebesar 21,8%.

E. Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis alur rantai pasok, teridentifikasi tujuh jenis pemborosan utama, yaitu inventory, defect, overproduction, overprocessing, transportation, motion, dan waiting, yang masing-masing memiliki akar penyebab baik dari sisi internal maupun eksternal perusahaan. Pemborosan pada inventory dan defect menunjukkan lemahnya pengendalian pada sisi hulu, khususnya terkait kinerja supplier, yang ditandai dengan keterlambatan pengiriman, ketidakonsistenan kualitas, serta belum terintegrasinya sistem evaluasi performa. Sementara itu, pemborosan seperti overproduction dan overprocessing mencerminkan ketidakseimbangan antara kapasitas produksi dan kebutuhan aktual, serta rendahnya keandalan proses yang memicu inspeksi berulang. Di sisi hilir, transportation, motion, dan waiting mengindikasikan belum optimalnya perencanaan distribusi, standarisasi operasional, serta koordinasi dengan pelanggan.

Berdasarkan hasil pengukuran kinerja proses dengan pendekatan Six Sigma, diperoleh rata-rata DPMO sebesar 61.830,10 dengan level sigma 3,55, dengan nilai tersebut cenderung proses masih pada level menengah kapabilitasnya, masih terdapat variasi proses yang cukup tinggi serta potensi cacat. Karena umumnya industri manufaktur kelas dunia memiliki tingkat sigma di atas 5 sigma, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa akan terdapat gap antara kondisi proses aktual tingkat kapabilitasnya. Hasil ini konsisten dengan berbagai penelitian lean sebelumnya yang menunjukkan bahwa perusahaan dengan tingkat sigma di rentang angka 3–4 masih menghadapi pemborosan dominan pada aktivitas non-value added dan belum mencapai efisiensi optimal.

Selain itu, analisis risiko yang dilakukan menggunakan FMEA berdasarkan akar penyebab mengungkapkan bahwa di antara isu-isu merek sebelumnya, isu kualitas bahan baku, ketidak-konsistensi supplier, dan kesalahan perencanaan distribusi adalah risiko prioritas tinggi, yang pastinya memiliki nilai RPN besar. Risiko-risiko tersebut memiliki dampak signifikan terhadap kelangsungan produksi dan efisiensi distribusi, sehingga memerlukan penanganan yang terstruktur dan berkelanjutan. Dalam konteks ini, pendekatan Lean Supply Chain Management menekankan pentingnya integrasi antar tahapan rantai pasok untuk mengurangi variasi dan meningkatkan mutu proses secara menyeluruh.

Usulan perbaikan yang dikemukakan tidak hanya berkaitan dengan peningkatan operasional, tetapi juga berpotensi pada penyempurnaan sistem dan pengelolaan proses. Penerapan teknologi inspeksi untuk meminimalkan pergerakan, standarisasi dan digitalisasi dalam pengendalian kualitas untuk menekan cacat, serta pengendalian produksi yang merujuk pada kebutuhan nyata untuk mengurangi produksi berlebihan adalah langkah-langkah strategis yang secara langsung

menyinggung penyebab utama pemborosan. Selain itu, perencanaan distribusi yang terstandar, penguatan komunikasi dengan pelanggan, serta penetapan standar kinerja supplier menjadi faktor kunci dalam meningkatkan koordinasi dalam rantai pasok.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi Lean Supply Chain Management tidak hanya ditentukan oleh eliminasi pemborosan, tetapi juga oleh kemampuan perusahaan dalam membangun sistem yang terintegrasi, disiplin terhadap standarisasi, serta konsisten dalam melakukan continuous improvement. Dengan mengurangi variasi proses dan meningkatkan kapabilitas menuju level sigma yang lebih tinggi, perusahaan memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi operasional, menjaga konsistensi kualitas, dan memperkuat daya saing secara berkelanjutan.

IV. Simpulan

Penelitian ini mengidentifikasi tujuh jenis pemborosan utama dalam sistem produksi dan rantai pasok, yaitu inventory, defect, overproduction, overprocessing, transportation, motion, dan waiting, yang berdampak signifikan terhadap inefisiensi operasional. Pemborosan dominan pada aspek waiting, motion, dan transportation menunjukkan bahwa terdapat kurang efisien dalam koordinasi aliran material, distribusi, serta reaksi terhadap permintaan, sementara defect dan inventory menunjukkan bahwa perlu ada peningkatan pengendalian kualitas dan kinerja supplier.

Penerapan Lean Supply Chain Management dengan menghilangkan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (NVA) dan mengurangi nilai tambah yang tidak perlu (NNVA) terbukti berhasil dalam meningkatkan efisiensi, yang ditunjukkan dengan penurunan lead time dari 32.315 menit (23 hari) menjadi 13.085 menit (9 hari). Pada tahap perbaikan, metode FMEA memberikan rekomendasi prioritas yang mencakup standarisasi SOP, pengendalian proses produksi, peningkatan mutu dan pemeliharaan mesin, optimalisasi distribusi, serta penguatan manajemen hubungan dengan supplier. Secara strategis, temuan penelitian ini menegaskan pentingnya integrasi antara proses internal dan eksternal dalam rantai pasok serta penerapan keberlangsungan performa. Pelaksanaan lean secara konsisten memberi kesempatan bagi perusahaan untuk meningkatkan efisiensi biaya, kestabilan proses, dan ketepatan waktu dalam memenuhi permintaan, yang pada gilirannya dapat memperkuat daya saing dalam jangka panjang.

References

1. K. D. Yuliesti, Suripin, and Sudarno, "Strategi Pengembangan Pengelolaan Rantai Pasok Dalam Pengelolaan Sampah Plastik," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 18, no. 1, pp. 126–132, 2020, doi: 10.14710/jil.18.1.126-132.
2. Cholifaturchmah, D. Widyaningrum, and M. Jufriyanto, "Upaya Mengurangi Waste pada Produksi Kerudung dengan Penerapan Metode Lean Six Sigma di UMKM Arryna Raya," *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, vol. 9, no. 1, pp. 37–45, 2022, doi: 10.24853/jisi.9.1.37-45.
3. A. Johan and D. Soediantono, "Literature Review of the Benefits of Lean Manufacturing on Industrial Performance and Proposed Applications in the Defense Industries," *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, vol. 3, no. 2, pp. 13–23, 2022, doi: 10.7777/jiemar.v3i2.272.
4. R. H. Suherman and C. B. Nawangpalupi, "Penerapan Lean Manufacturing untuk Perbaikan Proses Inspeksi di Area Coordinate Measuring Machine," *Jurnal Integrasi Sistem*, vol. 6, no. 1, pp. 1–20, 2023, doi: 10.28932/jis.v6i1.6159.
5. M. B. Setiawan, S. W. Prasetyo, S. Mujanah, and A. Y. A. Fianto, "Penerapan Lean Six Sigma untuk Meningkatkan Kualitas Layanan dalam Proses Rantai Pasok di PT X," *Al-Kharaj: Jurnal Ekonomi*, vol. 7, no. 4, pp. 1199–1200, 2025, doi: 10.47467/alkharaj.v7i4.6183.
6. P. I. Piay, H. J. Kristina, and C. O. Doaly, "Pengurangan Jumlah Produk Cacat pada Produksi Glasses Box dengan Metode Lean Six Sigma," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 9, no. 1, pp. 81–92, 2021, doi: 10.24912/jitiuntar.v9i2.12654.
7. W. Widhiarso and R. Ernawati, "Analisis Penyebab Ketidakcocokan Stock Opname Komponen Sparepart di Gudang Sparepart," *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, vol. 10, no. 1, pp. 181–191, 2022, doi: 10.37971/radial.v10i1.279.
8. Y. Utomo, M. A. Jumali, and D. N. Salsabila, "Analisis Critical to Quality (CTQ) pada Percetakan Koran di PT Temprina Media Grafika (Jawa Pos Group)," *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, vol. 20, no. 2, 2022, doi: 10.36456/waktu.v20i02.5876.
9. R. R. Renggarsari, A. K. Garside, T. Y. Rosiani, and T. E. Saputro, "Integration of Lean Six Sigma and Theory of Inventive Problem Solving for Minimizing Waste in Shuttlecock Industry," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 22, no. 2, pp. 239–250, 2023, doi: 10.23917/jiti.v22i2.23012.
10. R. A. Mahen, H. Batubara, and D. Wijayanto, "Identifikasi Waste Melalui Process Activity Mapping dan Pendekatan Lean Manufacturing pada CV. Kreatifika Harapan Terbang Abadi," *Jurnal Teknik Industri Universitas Tanjungpura*, vol. 7, no. 2, pp. 114–121, 2023. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtinUNTAN/article/view/68861>
11. Y. A. Sujarwo and A. Ratnasari, "Aplikasi Reservasi Parkir Inap Menggunakan Metode Fishbone Diagram dan QR-Code," *Jurnal SISFOKOM (Sistem Informasi dan Komputer)*, vol. 9, no. 3, pp. 302–309, 2020, doi: 10.32736/sisfokom.v9i3.808.
12. Y. Hisprastin and I. Musfiroh, "Ishikawa Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) sebagai Metode yang Sering Digunakan dalam Manajemen Risiko Mutu di Industri," *Majalah Farmasetika*, vol. 6, no. 1, pp. 1–9, 2021, doi: 10.24198/mfarmasetika.v6i1.27106.
13. 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 Industri Galuh*, vol. 4, no. 2, pp. 75–85, 2023, doi: 10.25157/jig.v4i2.3021.
14. L. M. C. Wulandari and B. A. Nainggolan, "Analisis Risiko Operasional Menggunakan Metode FMEA di CV. Gamarends Marine Supply Surabaya," in *Prosiding Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan*, 2021. Available: [ISSN 2714-7444 \(online\)](https://acopen.umsida.ac.id), <https://acopen.umsida.ac.id>, published by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

<https://journal.unpar.ac.id/index.php/ritektra/article/view/4988>

15. M. Gani, A. R. Histriarini, A. Ahistasari, and R. Wariori, "Analisis Resiko Kebakaran di Bandara RR Menggunakan Metode FMEA," *Jurnal Metodika*, vol. 9, no. 1, pp. 21–33, 2023, doi: 10.33506/mt.v9i1.2205.