

IMPLEMENTASI LEAN MANUFACTURING DENGAN METODE VALUE STREAM MAPPING (VSM) DAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) UNTUK MENGURANGI RISIKO KEGAGALAN

M. Hanifuddin Hakim^{1*}, Noviana Rina Ramadani², Resti Fuji Lestari³

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya, kode pos 60113

*Correspondence : m.hanifuddin.hakim@um-surabaya.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pemborosan (waste) dan meminimalkan risiko kegagalan pada lini produksi air minum dalam kemasan dengan mengintegrasikan metode Lean Manufacturing. Pendekatan yang digunakan adalah Value Stream Mapping (VSM) untuk memetakan aliran proses dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk mengevaluasi prioritas risiko pada aktivitas Necessary Non-Value Added (NNVA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat tujuh aktivitas utama berkategori NNVA dengan total waktu proses sebesar 119,8 detik per siklus. Melalui analisis FMEA, diidentifikasi dua aktivitas dengan nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi, yaitu persiapan botol (RPN 168) yang disebabkan oleh tata letak gudang yang tidak efisien (jarak 20 meter), serta inspeksi volume (RPN 150) yang dipicu oleh faktor kelelahan operator dalam pengamatan visual manual. Rekomendasi perbaikan difokuskan pada perancangan ulang tata letak fasilitas (re-layout) untuk meminimalkan jarak perpindahan material serta implementasi sensor otomatisasi pada tahap inspeksi. Penerapan usulan ini diharapkan dapat mereduksi pemborosan waktu dan gerak, serta meningkatkan akurasi kualitas produk, sehingga tercipta aliran produksi yang lebih ramping dan efisien

Kata Kunci : *Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, FMEA, RPN, Efisiensi Produksi*

IMPLEMENTATION OF LEAN MANUFACTURING USING VALUE STREAM MAPPING (VSM) AND FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS (FMEA) TO REDUCE PRODUCTION FAILURE RISK

Abstract

This study aims to identify waste and minimize failure risks in a bottled water production line by integrating Lean Manufacturing methods. The approach utilizes Value Stream Mapping (VSM) to map process flows and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) to evaluate risk priorities within Necessary Non-Value Added (NNVA) activities. The results

indicate that there are seven main activities categorized as NNVA, with a total process time of 119.8 seconds per cycle. Through FMEA analysis, two activities were identified with the highest Risk Priority Number (RPN) values: bottle preparation (RPN 168), caused by an inefficient warehouse layout (20-meter distance), and volume inspection (RPN 150), triggered by operator fatigue in manual visual observation. Improvement recommendations focus on facility re-layout to minimize material movement distances and the implementation of automated sensors at the inspection stage. The application of these proposals is expected to reduce time and motion waste while improving product quality accuracy, thereby creating a leaner and more efficient production flow.

Keywords: Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, FMEA, RPN, Production Efficiency

PENDAHULUAN

Perkembangan industri manufaktur di era globalisasi menuntut perusahaan untuk mampu meningkatkan efisiensi operasional sekaligus menjaga kualitas produk secara konsisten (Fallah et al., 2025). Persaingan yang semakin ketat menyebabkan perusahaan tidak hanya dituntut untuk memproduksi barang dalam jumlah besar, tetapi juga memastikan bahwa setiap proses produksi berjalan secara efektif, minim pemborosan, serta mampu mengendalikan risiko kegagalan produk. Industri minuman dalam kemasan, khususnya Air Minum Dalam Kemasan (AMDK), merupakan salah satu sektor yang memiliki tingkat kompetisi tinggi dan sangat sensitif terhadap kualitas (Pratiwi et al., 2026). Produk AMDK berkaitan langsung dengan konsumsi masyarakat, sehingga aspek kualitas, kebersihan, dan konsistensi volume menjadi faktor utama yang menentukan kepercayaan pelanggan.

Dalam sistem produksi konvensional, seringkali terdapat aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non value added activity*) namun tetap menyerap waktu, tenaga, dan biaya. Aktivitas tersebut dikenal sebagai pemborosan (*waste*) (Ahmad et al., 2026). Konsep pemborosan dalam sistem produksi pertama kali dipopulerkan oleh Taiichi

Ohno melalui *Toyota Production System* (TPS), yang mengidentifikasi tujuh jenis *waste*, yaitu *overproduction*, *waiting*, *transportation*, *overprocessing*, *inventory*, *motion*, dan *defect* (Hakim & Mubin, 2016). *Waste* yang tidak teridentifikasi dan tidak dikendalikan akan berdampak pada rendahnya produktivitas, meningkatnya biaya produksi, serta menurunnya daya saing perusahaan (Helganurraga & Nurkertamanda, 2025).

Untuk menjawab tantangan tersebut, pendekatan *Lean Manufacturing* berkembang sebagai suatu filosofi manajemen yang berfokus pada eliminasi *waste* dan peningkatan nilai tambah (*value added*). *Lean* merupakan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah melalui perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) (Najah et al., 2025). *Lean* tidak hanya berorientasi pada pengurangan biaya, tetapi juga pada penciptaan aliran proses yang lebih efisien dan responsif terhadap kebutuhan pelanggan (Marcelo & Herlina, 2025).

Salah satu alat utama dalam *Lean Manufacturing* adalah *Value Stream Mapping* (VSM). VSM digunakan untuk memetakan seluruh aliran proses produksi, mulai dari bahan baku hingga produk jadi, sehingga dapat diidentifikasi

aktivitas yang tergolong *Value Added* (VA) maupun *Non Value Added* (NVA) (Saputri, 2025). Dengan pemetaan ini, perusahaan dapat mengetahui proporsi waktu yang benar-benar memberikan nilai tambah dibandingkan dengan waktu yang terbuang akibat pemborosan. VSM juga membantu dalam mengidentifikasi bottleneck serta peluang perbaikan dalam sistem produksi (Marcelo & Herlina, 2025).

Selain pemborosan waktu dan aktivitas yang tidak bernilai tambah, permasalahan lain yang sering terjadi dalam industri manufaktur adalah risiko kegagalan proses produksi. Kegagalan tersebut dapat berupa produk cacat, ketidaksesuaian spesifikasi, maupun gangguan mesin yang menyebabkan penurunan kualitas output. Dalam industri AMDK, risiko kegagalan seperti volume pengisian yang tidak sesuai standar, tutup botol yang tidak rapat, atau label yang tidak presisi dapat berdampak serius terhadap reputasi perusahaan. Produk yang tidak memenuhi standar kualitas berpotensi ditarik dari pasar, menimbulkan kerugian finansial, serta menurunkan kepercayaan konsumen (Rahmawati et al., 2023).

Untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko kegagalan proses, metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) banyak digunakan dalam industri manufaktur (Hakim et al., 2024). FMEA merupakan metode analisis sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan (*failure mode*), menganalisis penyebab dan dampaknya, serta menentukan prioritas perbaikan berdasarkan tingkat risiko (Aprianto et al., 2021). Metode ini menggunakan parameter *Severity* (tingkat keparahan dampak), *Occurrence* (frekuensi kejadian), dan *Detection* (kemampuan deteksi) untuk menghitung *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN yang tinggi menunjukkan bahwa suatu kegagalan

memiliki risiko besar dan perlu segera ditangani (Saputro & Hakim, 2025).

PT. UM Surya Bina Bangsa sebagai salah satu perusahaan yang bergerak di bidang produksi AMDK merek S-Five menghadapi tantangan dalam menjaga efisiensi proses produksi sekaligus meminimalkan risiko kegagalan produk. Berdasarkan hasil observasi awal pada lini produksi AMDK ukuran 600 ml, ditemukan beberapa permasalahan seperti persiapan material, waktu tunggu antar proses, aktivitas inspeksi yang memerlukan waktu cukup lama seperti yang ditampilkan di tabel 4. Kondisi ini menunjukkan bahwa masih terdapat peluang perbaikan dalam sistem produksi yang dapat dioptimalkan melalui pendekatan *Lean Manufacturing*.

Analisis awal menunjukkan bahwa sebagian waktu produksi terserap oleh aktivitas yang tidak secara langsung memberikan nilai tambah terhadap produk. Waktu tunggu antar proses filling dan sealing misalnya, menjadi salah satu penyebab meningkatnya lead time produksi. Selain itu, variasi performa mesin *filling* menyebabkan ketidakkonsistenan volume pengisian, yang pada akhirnya memicu defect produk. Apabila kondisi ini tidak segera diperbaiki, perusahaan berpotensi mengalami peningkatan biaya *rework*, scrap, dan complain pelanggan.

Pendekatan *Lean Manufacturing* melalui *Value Stream Mapping* menjadi relevan untuk diterapkan dalam mengidentifikasi secara menyeluruh aliran proses produksi dan mengukur proporsi aktivitas VA dan NNVA. Dengan mengetahui komposisi waktu yang benar-benar memberikan nilai tambah, perusahaan dapat menentukan strategi perbaikan yang lebih terarah. Namun, identifikasi waste saja belum cukup untuk memastikan kualitas proses. Diperlukan analisis risiko yang sistematis untuk menentukan prioritas

tindakan perbaikan berdasarkan tingkat urgensi kegagalan.

Integrasi antara VSM dan FMEA memberikan pendekatan yang komprehensif dalam meningkatkan kinerja produksi. VSM berperan dalam memetakan dan mengidentifikasi pemborosan secara makro pada aliran proses, sedangkan FMEA berfungsi untuk menganalisis secara mendalam potensi kegagalan pada setiap tahapan proses produksi. Dengan kombinasi kedua metode tersebut, perusahaan tidak hanya mampu mengurangi waste, tetapi juga dapat meminimalkan risiko kegagalan yang berdampak pada kualitas produk.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan Lean Manufacturing mampu meningkatkan efisiensi proses produksi secara signifikan. Implementasi VSM terbukti efektif dalam mengurangi lead time dan mengidentifikasi aktivitas non value added. Sementara itu, penerapan FMEA membantu perusahaan dalam memprioritaskan risiko kegagalan sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan secara lebih sistematis dan terstruktur. Meskipun demikian, penerapan kedua metode tersebut pada industri AMDK skala menengah masih relatif terbatas, khususnya dalam konteks integrasi untuk pengurangan risiko kegagalan proses produksi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan guna memberikan kontribusi praktis bagi perusahaan dalam meningkatkan efisiensi proses produksi serta meminimalkan risiko kegagalan produk. Penelitian ini tidak hanya berfokus pada identifikasi pemborosan, tetapi juga pada penentuan prioritas risiko kegagalan menggunakan pendekatan FMEA. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan mampu memberikan rekomendasi perbaikan yang aplikatif dan berkelanjutan.

Secara akademis, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan penerapan Lean Manufacturing pada industri AMDK, khususnya dalam integrasi antara *Value Stream Mapping* dan *Failure Mode and Effect Analysis*. Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat membantu PT. UMSurya Bina Bangsa dalam meningkatkan kinerja produksi, mengurangi defect, serta memperkuat daya saing perusahaan di tengah persaingan industri minuman dalam kemasan yang semakin kompetitif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode studi kasus pada proses produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) S-Five 600 ml di PT. UMSurya Bina Bangsa. Pendekatan ini dipilih karena penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi pemborosan (*waste*), memetakan aktivitas proses secara detail, serta menganalisis akar penyebab risiko kegagalan pada sistem produksi yang sedang berjalan.

Pendekatan Lean Manufacturing digunakan sebagai kerangka utama penelitian. Lean berfokus pada eliminasi pemborosan dan peningkatan nilai tambah dalam sistem produksi. Konsep pemborosan yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada tujuh jenis waste yang diperkenalkan oleh Taiichi Ohno dalam *Toyota Production System*, yaitu *overproduction*, *waiting*, *transportation*, *overprocessing*, *inventory*, *motion*, dan *defect*.

Penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh melalui observasi langsung, wawancara, penyebaran kuesioner, serta pengukuran waktu proses produksi. Pemilihan responden dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu teknik penentuan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu

dengan memilih individu yang dianggap memiliki pengetahuan, pengalaman, dan keterlibatan langsung terhadap proses produksi di perusahaan (Pangestika & Mawardi, 2025). Responden yang dipilih terdiri atas 1 orang Direktur Perusahaan, 1 orang *Quality Control* (QC), dan 1 orang Operator Produksi. Ketiga responden tersebut dipilih karena memahami kondisi operasional perusahaan, proses pengendalian kualitas, serta aktivitas produksi yang berlangsung secara langsung sehingga mampu memberikan informasi yang akurat terkait pemborosan (*waste*) dan potensi kegagalan proses.

Penelitian dilakukan secara bertahap dan sistematis mulai dari identifikasi *waste*, pemilihan tools analisis menggunakan *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT), hingga analisis akar penyebab menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

Pemilihan *Tools* Menggunakan *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT). Setelah *waste* teridentifikasi, tahap berikutnya adalah menentukan alat analisis yang paling sesuai untuk memetakan pemborosan secara lebih detail. Pemilihan *tools* dilakukan menggunakan pendekatan *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT).

Pengaruh Orientasi Kewirausahaan, Manajemen Pengetahuan Terhadap Kinerja Perusahaan Melalui Inovasi Produk

Process Activity Mapping (PAM)

Process Activity Mapping digunakan untuk memetakan aktivitas proses produksi secara rinci dan mengklasifikasikan setiap aktivitas ke dalam lima kategori yakni: Operation, Transportation, Inspection, Delay, Storage (Ramadhan et al., 2026).

Setiap aktivitas dicatat waktu prosesnya (*cycle time*) dan diklasifikasikan sebagai: *Value Added* (VA), *Necessary Non Value*

Added (NNVA), *Non Value Added* (NVA). Aktivitas dikategorikan sebagai VA jika secara langsung mengubah bentuk atau fungsi produk sesuai kebutuhan pelanggan. Aktivitas dikategorikan sebagai NNVA jika tidak menambah nilai namun masih diperlukan dalam kondisi sistem saat ini. Aktivitas dikategorikan sebagai NVA jika tidak memberikan nilai tambah dan dapat dihilangkan.

Dari hasil PAM, dihitung total waktu VA dan NNVA untuk mengetahui tingkat efisiensi proses produksi. Persentase aktivitas VA dihitung dengan rumus:

Persentase VA =

$$\frac{\text{Total waktu VA}}{\text{Total waktu produksi}} \times 100\%$$

Hasil pemetaan ini memberikan gambaran detail mengenai aktivitas yang menjadi sumber pemborosan waktu serta potensi perbaikan dalam sistem produksi. Setelah aktivitas *waste* teridentifikasi secara detail melalui PAM, tahap berikutnya adalah menganalisis risiko kegagalan proses menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA merupakan metode sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada suatu proses, menganalisis penyebab dan dampaknya, serta menentukan prioritas tindakan perbaikan (Zainunnushhi & Rizqi, 2025).

Perhitungan RPN= S x O x D

Keterangan:

Severity (S): Menilai tingkat keparahan dampak kegagalan dengan skala 1–10.

Occurrence (O): Menilai frekuensi kemungkinan terjadinya kegagalan.

Detection (D): Menilai kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan sebelum produk sampai ke pelanggan.

Analisis Data

Data yang diperoleh dari identifikasi waste, VALSAT, PAM, dan FMEA dianalisis secara kuantitatif untuk:

- Menentukan waste dominan.
- Menghitung persentase aktivitas VA dan NNVA.
- Mengurutkan risiko kegagalan berdasarkan nilai RPN.
- Menentukan rekomendasi perbaikan prioritas.

Analisis dilakukan secara bertahap dan terintegrasi sehingga hasil identifikasi waste dapat dikaitkan langsung dengan risiko kegagalan yang muncul dalam proses produksi

HASIL DAN PEMBAHASAN

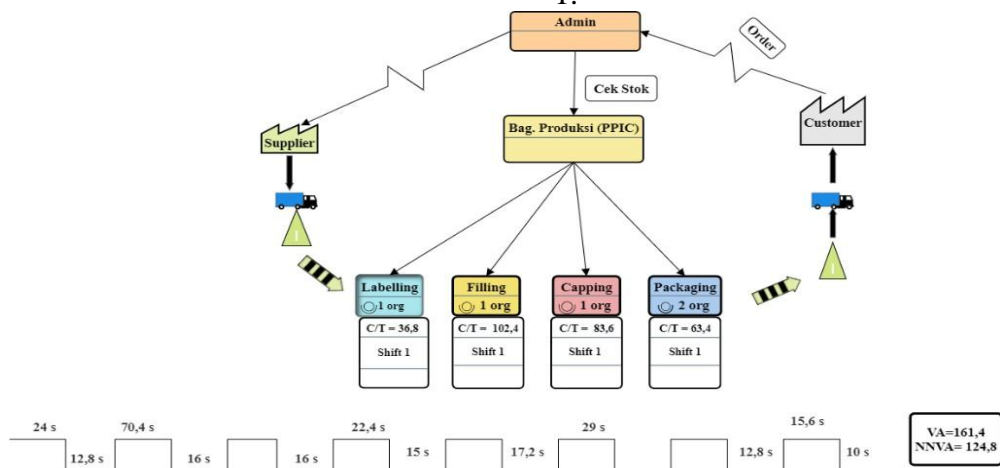
Current State Value Stream Mapping

Current State Value Stream Mapping (CSVSM) merupakan pemetaan kondisi aktual proses produksi yang bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai alur kerja yang sedang berjalan (Ahmad et al., 2026). Peta kondisi saat ini memudahkan seluruh pihak yang terlibat dalam analisis VSM untuk memahami proses secara komprehensif, mulai dari tahapan awal hingga akhir produksi. Dengan adanya pemetaan ini, perusahaan dapat mengevaluasi apakah sistem kerja yang diterapkan sudah

optimal serta mengidentifikasi titik-titik terjadinya pemborosan (*waste*).

Current State Map menampilkan tiga jenis aliran utama yang saling terintegrasi, yaitu aliran proses, aliran material, dan aliran informasi. Ketiga aliran tersebut dianalisis secara simultan karena memiliki keterkaitan yang memengaruhi kinerja keseluruhan sistem produksi. Aliran proses menggambarkan urutan aktivitas produksi, aliran material menunjukkan pergerakan bahan dan produk sepanjang proses, sedangkan aliran informasi merepresentasikan komunikasi dan pengendalian produksi.

Pada tahap penyusunan Current State Value Stream Mapping, dilakukan pemetaan detail terhadap kondisi nyata proses produksi yang berlangsung di perusahaan, termasuk bagaimana informasi dan material mengalir di setiap tahapan proses. Pemetaan ini menjadi langkah awal yang krusial dalam mengidentifikasi pemborosan yang terjadi pada proses produksi. Dengan memahami kondisi aktual secara visual dan sistematis, perusahaan dapat menentukan area yang memerlukan perbaikan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional. Sebagai ilustrasi, visualisasi Current State Value Stream Mapping disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Value Stream Mapping Proses Produksi S-Five 600

Pembobotan *Seven Waste*

Waste merupakan segala bentuk aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk maupun proses. Pemborosan tidak hanya terbatas pada material yang terbuang, tetapi juga mencakup pemanfaatan sumber daya lainnya secara lebih luas, seperti waktu, energi, tenaga kerja, serta penggunaan area kerja yang tidak efisien. Oleh karena itu, dalam konteks *Lean Manufacturing*, pemahaman yang komprehensif mengenai konsep *waste* menjadi hal yang sangat penting bagi perusahaan.

Fokus utama pendekatan lean adalah mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan yang terjadi dalam proses produksi. Untuk memudahkan identifikasi tersebut, *waste* diklasifikasikan ke dalam tujuh kategori utama (*seven waste*), sehingga perusahaan dapat lebih sistematis dalam mengenali dan menganalisis jenis pemborosan yang muncul. Klasifikasi ini membantu organisasi dalam menentukan prioritas perbaikan berdasarkan jenis *waste* yang paling dominan.

Setelah pemetaan proses produksi dilakukan melalui *Value Stream Mapping*, tahap selanjutnya adalah menganalisis pemborosan menggunakan pendekatan *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT). Langkah awal dalam analisis tersebut adalah melakukan pembobotan terhadap masing-masing jenis *waste* berdasarkan kategori *seven waste*.

Pembobotan dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada beberapa karyawan yang terlibat langsung dalam proses produksi. Responden diminta untuk menilai tingkat dominasi atau frekuensi masing-masing jenis *waste* yang terjadi di lapangan. Hasil penilaian tersebut kemudian direkapitulasi dan dihitung nilai rata-ratanya untuk memperoleh bobot masing-masing jenis pemborosan. Bobot inilah yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan *tools* analisis yang paling relevan pada tahap VALSAT. Adapun hasil rekapitulasi kuesioner yang menghasilkan bobot rata-rata masing-masing *waste* disajikan pada tabel berikut

Tabel 1. Bobot Rata-Rata pada Masing-Masing Pemborosan

Pemborosan	1	2	3	4	5	6	7	8	Jml	Bobot
<i>Overproduction</i> (Produksi Berlebih)	1	3	2	2	2	2	3	2	17	2,125
<i>Defect</i> (Kesalahan/Cacat)	5	4	4	3	3	3	5	6	33	4,125
<i>Unnecessary Inventory</i> (Persediaan yang tidak perlu)	1	2	2	1	1	2	0	0	9	1,125
<i>Inappropriate Process</i> (Proses yang tidak sesuai)	3	2	2	4	3	2	3	2	21	2,625
<i>Excessive Transportation</i> (Transportasi Berlebih)	3	4	2	4	2	3	2	3	23	2,875
<i>Waiting Time</i> (Waktu Menunggu)	4	4	3	3	5	6	3	3	31	3,875
<i>Unnecessary Motion</i> (Gerakan yang tidak perlu)	2	1	1	2	2	2	1	3	14	1,75

Pemilihan Tools VALSAT

Value Stream Analysis Tools (VALSAT) merupakan seperangkat alat analisis yang digunakan untuk melakukan pemetaan secara lebih rinci terhadap aliran proses produksi, khususnya yang berkaitan dengan aktivitas yang memberikan nilai tambah (*value added*). Melalui pemetaan yang lebih mendalam ini, perusahaan dapat mengidentifikasi secara lebih jelas sumber dan penyebab terjadinya pemborosan (*waste*) dalam sistem produksi.

Penggunaan VALSAT memungkinkan analisis yang lebih sistematis terhadap setiap tahapan proses sehingga area yang tidak efisien dapat diketahui dengan lebih akurat. Dengan demikian, hasil pemetaan

ini dapat menjadi dasar dalam merumuskan strategi perbaikan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses produksi.

Secara umum, terdapat tujuh jenis *detailed mapping tools* yang sering digunakan dalam pendekatan VALSAT. Pemilihan *tools* tersebut harus disesuaikan dengan karakteristik proses serta kondisi yang ada di perusahaan. Oleh karena itu, untuk menentukan *tools* yang paling relevan, digunakan tabel pemetaan *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT) yang berfungsi sebagai panduan dalam memilih alat analisis yang sesuai. Adapun tabel pemilihan *tools* VALSAT dapat disajikan sebagai berikut.

Tabel 2. Pemetaan VALSAT

<i>Waste</i>	<i>Process Activity Mapping</i>	<i>Supply Chain Response Matrix</i>	<i>Production Variety Funnel</i>	<i>Quality Filter Mapping</i>	<i>Demand Amplification Mapping</i>	<i>Decision Point Analysis</i>	<i>Physical Structure</i>
<i>Overproduction</i>	H	L		M	M	M	
<i>Defect</i>	L			H			
<i>Inventory</i>	L	H	M	M	H	L	M
<i>Inappropriate Processing</i>	M		M	L		M	
<i>Transportation</i>	H						L
<i>Waiting Time</i>	H	H	L		M	M	
<i>Unnecessary Motion</i>	H	M					

Keterangan:

H = Kegunaan dan kolerasi yang tinggi faktor pengali = 9

M = Kegunaan dan kolerasi yang sedang faktor pengali = 3

L = Kegunaan dan kolerasi yang rendah faktor pengali = 1

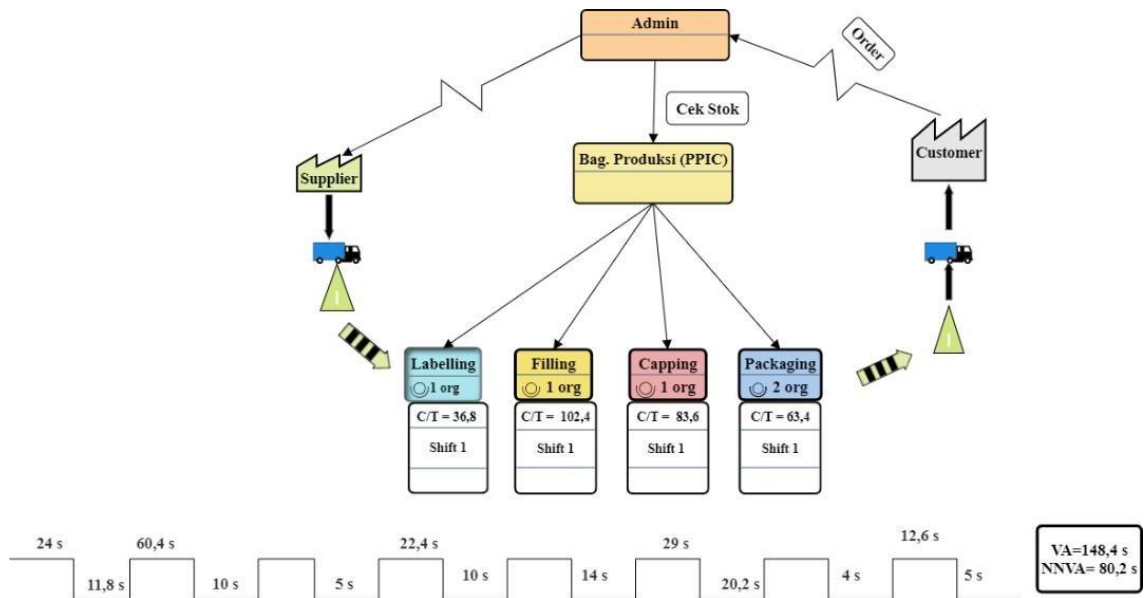
Tabel 3. Bobot Rata-Rata pada Masing-Masing Pemborosan

<i>Waste</i>	<i>Weight</i>	<i>Process Activity Mapping (PAM)</i>	<i>Supply Chain Response Matrix (SCRM)</i>	<i>Product Variety Funnel (PVF)</i>	<i>Quality Filter Mapping (QFM)</i>	<i>Demand Amplification Mapping (DAM)</i>	<i>Decision Point Analysis (DPA)</i>	<i>Physical Structure (PS)</i>
<i>Overproduction</i>	2,125	19,125	6,375	0	12,75	12,75	12,75	0
<i>Defect</i>	4,125	12,375	0	0	37,125	0	0	0
<i>Inventory</i>	1,125	3,375	10,125	6,75	6,75	6,75	3,375	6,75

<i>Inappropriate Processing</i>	2,625	15,75	0	15,75	7,875	0	15,75	0
<i>Transportation</i>	2,875	25,875	0	0	0	0	0	8,625
<i>Waiting Time</i>	3,875	34,875	34,875	11,625	0	23,25	23,25	0
<i>Unnecessary Motion</i>	1,75	15,75	10,5	0	0	0	0	0
Total	127,125	61,875	34,125	64,5	42,75	55,125	15,375	
Peringkat	1	3	6	2	5	4	7	

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 2, diperoleh bahwa tools yang paling dominan dalam analisis *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT) adalah *Process Activity Mapping* (PAM) yang menempati peringkat pertama dengan nilai sebesar

73,59. Sementara itu, *Quality Filter Mapping* (QFM) berada pada peringkat kedua dengan nilai sebesar 41,82. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua tools tersebut paling relevan digunakan untuk menganalisis pemborosan yang terjadi pada proses produksi.



Gambar 2. VSM Current State Mapping

Process Activity Mapping

Process Activity Mapping (PAM) merupakan salah satu alat analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi berbagai jenis pemborosan (*waste*) yang muncul dalam suatu proses produksi melalui pendekatan value stream. Metode ini berfungsi untuk memetakan seluruh aktivitas yang terjadi dalam proses produksi secara rinci sehingga alur kerja dapat dipahami dengan lebih jelas. Selain

itu, PAM juga membantu dalam mengidentifikasi setiap tahapan kegiatan yang berlangsung serta menentukan aktivitas mana yang perlu dilakukan perbaikan, khususnya aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non-value added*) bagi perusahaan.

Dengan menggunakan *Process Activity Mapping*, perusahaan dapat mengevaluasi efisiensi proses secara lebih sistematis

dan menemukan peluang perbaikan yang dapat meningkatkan kinerja operasional

serta mengurangi pemborosan dalam proses produksi.

Tabel 4. Alur Proses Produksi

No	Deskripsi Aktivitas	Area/Mesin/Alat Bantu	Jarak (m)	Waktu (detik)	Man Power (orang)	O	T	D	I	S	Jenis Waste
1	Persiapan Botol	<i>Labelling</i>	20	12,8	1		T				NNVA
2	Pemasangan Label		-	24	1	O					VA
3	<i>Set Up Mesin</i>	<i>Filling (Pengisian Air)</i>	-	16	1			D			NNVA
4	Pengisian Air		2	70,4	1	O					VA
5	Inpeksi Volume		-	16	1				I		NNVA
6	<i>Set Up Mesin Cupping</i>		-	15	1			D			NNVA
7	Persiapan Tutup Botol	<i>Cupping (Penutupan botol)</i>	3	17,2	1	O					NNVA
8	Pemasangan Tutup Botol		-	22,4	1	O					VA
9	Pengepresan Tutup Botol		-	29	1	O					VA
10	Persiapan Bahan Baku (Box)		5	25	1	O					NNVA
11	Inpeksi Akhir	<i>Packaging</i>	-	12,8	1				I		NNVA
12	pengemasan ke dalam <i>box</i>		3	15,6	1	O					VA
13	Penyusunan <i>Box</i> di Gudang		2	10	1					S	NNVA
Total			35	286,2	13	7	1	2	2	1	

Berdasarkan Tabel 4, tahap selanjutnya adalah melakukan klasifikasi terhadap seluruh aktivitas yang telah diidentifikasi ke dalam tiga kategori, yaitu aktivitas yang memberikan nilai tambah (*value added*), aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non-value added*), serta aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah namun masih diperlukan (*necessary non-value added*). Pengelompokan ini bertujuan untuk mengetahui kontribusi masing-masing aktivitas terhadap efisiensi proses produksi.

Selain itu, melalui Tabel 4 juga dapat diidentifikasi aktivitas-aktivitas yang memiliki frekuensi paling tinggi atau

yang paling dominan terjadi dalam proses produksi cat. Informasi ini menjadi dasar dalam menentukan prioritas perbaikan, khususnya pada aktivitas yang berpotensi menimbulkan pemborosan terbesar dalam sistem produksi.

Tabel 5. Prosentase Aktivitas pada PAM

Aktivitas	Jumlah	Waktu (detik)	Prosentase (%)
<i>Operation</i>	7	203,6	71%
<i>Transportation</i>	1	12,8	4%
<i>Delay</i>	2	31	11%
<i>Inspect</i>	2	28,8	10%
<i>Storage</i>	1	10	3%
Total	13	286,2	100%

Dalam penelitian ini, identifikasi pemborosan (*waste*) dilakukan menggunakan pendekatan *Value Stream Mapping* (VSM). Metode ini terbagi menjadi dua tahapan utama, yaitu pemetaan kondisi saat ini (*Current State Mapping*) dan pemetaan kondisi masa depan (*Future State Mapping*).

Current State Mapping digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual proses produksi yang sedang berlangsung, sehingga dapat diidentifikasi jenis dan sumber pemborosan yang terjadi. Selanjutnya, *Future State Mapping* disusun sebagai representasi kondisi yang diharapkan setelah dilakukan perbaikan, dengan tujuan mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi proses. Setelah dilakukan pengamatan terhadap aktivitas pemborosan (*waste*) yang terjadi, tahap selanjutnya adalah melakukan penentuan prioritas waste dengan menggunakan FMEA.

Berdasarkan data pada tabel 6, terdapat dua aktivitas yang memiliki risiko paling besar dan memerlukan tindakan korektif segera:

1. Persiapan Botol (RPN: 168)

Masalah: Jarak tempuh yang jauh (20 meter) menyebabkan risiko botol jatuh atau terkontaminasi sebelum diproses. Analisis: Memiliki nilai *Occurrence* (6) yang cukup tinggi karena tata letak yang tidak efisien membuat risiko ini sering terjadi setiap kali botol dipindahkan secara manual. Ini adalah bentuk *transportation waste* dan *motion waste* yang signifikan.

2. Inspeksi Volume (RPN: 150)

Masalah: Kesalahan pembacaan volume yang bisa berakibat produk *underfill* atau *overflow* sampai ke tangan konsumen.

Analisis: Masalah utamanya ada pada *Detection* (5) dan *Occurrence* (5). Karena kontrol saat ini hanya berupa cek visual manual oleh manusia, potensi kelelahan mata sangat besar, sehingga kesalahan sangat mungkin terjadi dan sulit dideteksi secara konsisten tanpa alat bantu otomatis.

Sehingga aktivitas Persiapan Botol dan Inspeksi Volume harus menjadi fokus utama dalam program perbaikan proses

Tabel 6. Analisa *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

No	Waste (NNVA)	Potensial Failure Mode & Effect	S	Potential Causes	O	Current Control	D	RPN
1	Persiapan Botol	Jarak tempuh (20m) jauh; botol jatuh/terkontaminasi sebelum dilabeli.	7	Tata letak gudang botol ke mesin labelling tidak efisien.	6	Monitoring manual oleh operator.	4	168
2	Set Up Mesin (Filling & Cupping)	Set up tidak presisi; botol miring atau bocor saat pengisian.	7	Kurangnya standar setting (SOP) atau keausan komponen mesin.	4	Kalibrasi rutin sebelum produksi dimulai.	4	112

3	Inspeksi Volume	Kesalahan pembacaan volume; produk tidak sesuai standar (<i>underfill/overflow</i>).	6	Kelelahan mata operator atau pencahayaan kurang.	5	Cek visual berkala setiap batch.	5	150
4	Persiapan Tutup Botol	Stok tutup botol habis di tengah jalan; line produksi berhenti (<i>down time</i>).	5	Kesalahan perhitungan stok harian di area kerja.	3	Pengecekan manual sebelum mesin dinyalakan.	2	30
5	Persiapan Bahan Baku (<i>Box</i>)	Box rusak/lembab; kemasan akhir tidak kokoh saat ditumpuk.	5	Kondisi penyimpanan <i>box</i> di gudang kurang terjaga.	4	Inspeksi visual saat pengambilan <i>box</i> .	3	60
6	Inspeksi Akhir	Lolosnya produk <i>defect</i> ke gudang; klaim dari konsumen.	8	<i>Human error</i> atau kecepatan konveyor terlalu tinggi.	3	Sampling pemeriksaan akhir secara acak.	4	96
7	Penyusunan <i>Box</i> di Gudang	<i>Box</i> jatuh/penyok; kerusakan produk jadi saat pemindahan.	6	Area gudang sempit atau metode penumpukan tidak stabil.	4	Pengawasan oleh supervisor gudang.	2	48

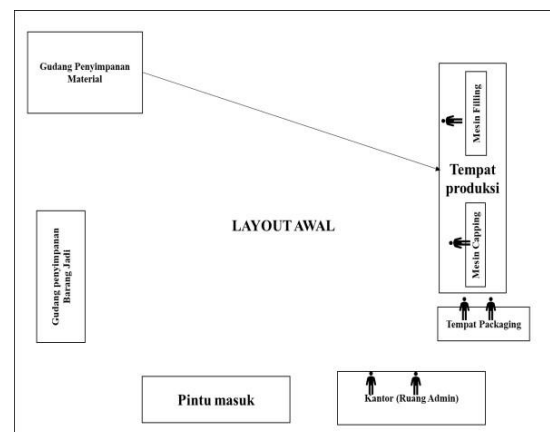
Perbaikan yang diberikan terhadap kedua waste tersebut yaitu:

1. Perbaikan pada Persiapan Botol (RPN: 168)

Masalah utama pada aktivitas ini adalah pemborosan gerak (*motion waste*) akibat jarak tempuh yang jauh (20 meter) dan risiko kontaminasi selama perjalanan.

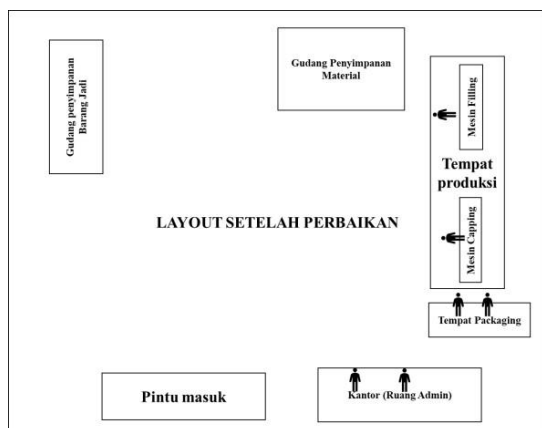
Relayout Area Kerja (U-Shape atau Straight Line): Mendekatkan posisi gudang penyimpanan botol kosong ke area mesin labelling. Targetnya adalah meminimalkan jarak 20m menjadi di bawah 5m. Hal ini secara langsung akan memotong waktu siklus (*cycle time*) persiapan.

Gambar 3 merupakan gambar *layout* sebelum dilakukan usulan perbaikan dimana letak ruang produksi dan gudang material yang cukup jauh.



Gambar 3. *Layout awal*

Dimana letak gudang material berada di atas dan ruang produksi dibawah. Lalu diberikan usulan perbaikan yaitu berupa perubahan *layout*. Berikut merupakan gambar perbaikan *layout* setelah usulan perbaikan.



Gambar 4. *Layout Usulan*

Gambar 4 diatas merupakan *layout* setelah diberikan usulan perbaikan. Dimana ada perubahan letak *layout* yaitu gudang penyimpanan material berada berdekatan dengan ruang produksi sehingga memudahkan untuk pengambilan material

2. Perbaikan pada Inspeksi Volume (RPN: 150)

Masalah utama adalah inspeksi manual yang lambat, subjektif, dan berisiko tinggi terjadi *human error* karena kelelahan mata.

Otomasi dengan *Sensor Level (Auto-Reject)*: Memasang sensor optik atau sensor ultrasonik pada jalur filling untuk mendeteksi volume secara *real-time*. Jika volume tidak sesuai, mesin akan melakukan *auto-reject*. Ini menghilangkan kebutuhan waktu operator untuk berhenti dan mengecek secara visual setiap *batch*.

Standardized Work & Ergonomi: Memperbaiki sistem pencahayaan di area inspeksi dan mengatur tinggi meja kerja agar operator tidak cepat lelah. Operator yang nyaman bekerja lebih cepat dan

akurat, yang secara otomatis mengurangi waktu inspeksi per unit

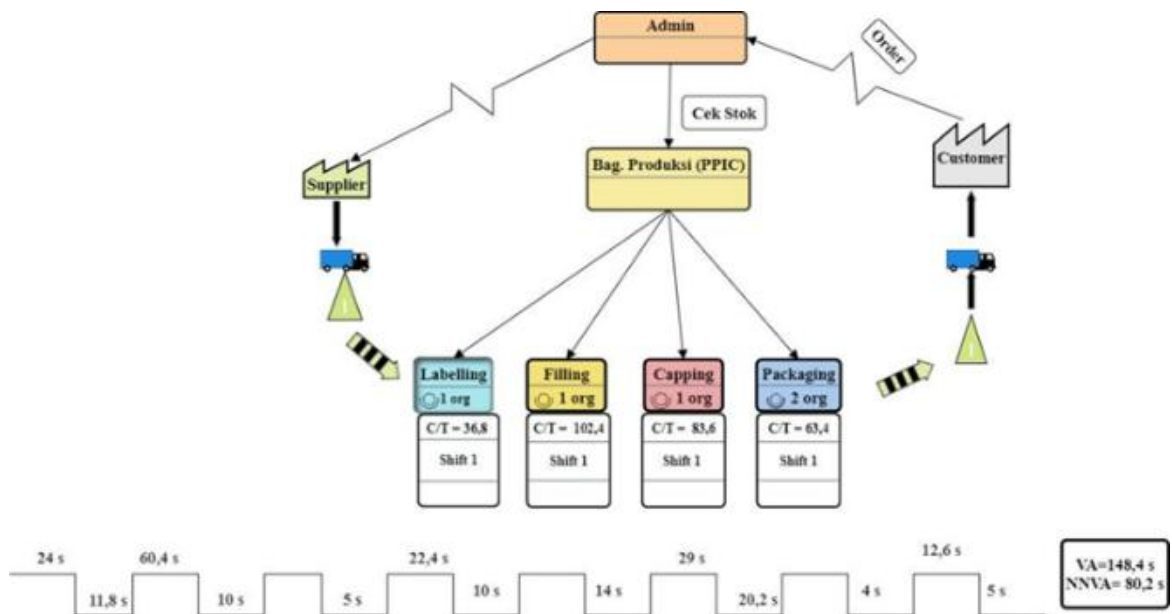
Future State Mapping

Setelah didapatkan penentuan jenis aktivitas VA, NNVA, dan NVA, maka selanjutnya yaitu memilih penyebab permasalahan paling kritis berdasarkan severity, occurrence, dan detection. Langkah yang dilakukan pertama yaitu membuat tabel kriteria dan rangking penilaian untuk masing – masing kriteria. Lalu selanjutnya dilakukan input aktivitas yang termasuk NVA dan NNVA sebagai bentuk kegagalan pada FMEA. Penyebab permasalahan ini akan digunakan untuk menentukan besarnya *effect* (dampak) dan kemampuan terdeteksinya sebuah kegagalan (*detection*) tersebut. Penilaian untuk mendapatkan nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* terhadap semua bentuk kegagalan dilakukan dengan cara brainstorming dengan pihak perusahaan seperti kepala produksi dan manager perusahaan langsung dan pengamatan secara langsung.

Pada tabel FMEA terdapat beberapa kolom yaitu *potential failure mode*, *potential failure effect*, *potential failure cause*, *current control* serta tabel penilaian *severity*, *occurrence* dan *detection*. *Potential failure mode* adalah mode kegagalan yang terjadi, *potential failure effect* adalah akibat yang disebabkan oleh mode kegagalan yang terjadi dan *potential failure cause* merupakan apa yang menyebabkan mode kegagalan tersebut terjadi. Nilai *Risk priority Number (RPN)* didapatkan dengan melakukan perkalian antar nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Berikut ini tabel yang menunjukkan hasil FMEA untuk kedua jenis defect yang terjadi.

Future Value Stream Mapping menggambarkan aliran proses produksi yang direncanakan pada kondisi masa depan setelah dilakukan perbaikan.

Pemetaan ini menunjukkan bagaimana efisien dibandingkan kondisi sistem produksi dapat berjalan lebih sebelumnya.



Gambar 5. Future Value Stream Mapping

Berdasarkan hasil analisis *Future State Value Stream Mapping*, terlihat adanya penurunan waktu pada aktivitas yang termasuk kategori *Necessary Non Value Added (NNVA)*. Pada kondisi awal (*Current State Value Stream Mapping*), waktu NNVA masih relatif tinggi yaitu sebesar 114,8 detik dengan persentase 40,1%. Setelah dilakukan perbaikan, terjadi pengurangan waktu sekitar 37 detik sehingga pada kondisi masa depan waktu NNVA menurun menjadi 80,2 detik dengan persentase sebesar 28%. Penurunan ini menunjukkan adanya peningkatan efisiensi dalam aliran proses produksi.

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa pemborosan yang dominan dalam value stream mapping adalah *waste waiting* dan

waste transportation. *Waste waiting* terjadi akibat berhentinya mesin produksi yang disebabkan oleh kehabisan material saat proses berlangsung. Kondisi ini menyebabkan terhentinya aktivitas produksi dan operator harus menunggu hingga material tersedia kembali.

Sementara itu, *waste transportation* disebabkan oleh tata letak (*layout*) fasilitas produksi yang kurang optimal, di mana jarak antara gudang material dan area produksi cukup jauh. Posisi gudang yang berada di lantai atas dan area produksi di lantai bawah menyebabkan meningkatnya waktu perpindahan material. Kedua jenis pemborosan tersebut berdampak pada meningkatnya waktu proses dan menurunkan efisiensi produksi secara keseluruhan.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi berbagai pemborosan dalam lini produksi menggunakan integrasi metode Lean Manufacturing, khususnya melalui *Value Stream Mapping (VSM)* dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Hasil

pemetaan menunjukkan bahwa seluruh aktivitas yang diamati dikategorikan sebagai *Necessary Non-Value Added (NNVA)* dengan total waktu proses mencapai 119,8 detik. Berdasarkan analisis FMEA, ditemukan dua prioritas utama perbaikan dengan nilai risiko

tertinggi, yaitu aktivitas persiapan botol (RPN 168) yang terkendala oleh jarak tempuh material sejauh 20 meter, serta inspeksi volume (RPN 150) yang masih mengandalkan ketelitian visual manual sehingga rentan terhadap kesalahan manusia dan kelelahan operasional.

Sebagai upaya mitigasi risiko dan optimalisasi waktu proses, penelitian ini merekomendasikan dilakukannya rekayasa tata letak (*re-layout*) area kerja untuk mendekatkan jarak gudang material ke lini produksi guna meminimalkan pemborosan gerak (*motion waste*). Selain itu, penerapan teknologi otomasi berupa sensor pendeteksi volume otomatis sangat disarankan untuk menggantikan inspeksi manual guna meningkatkan akurasi dan kecepatan produksi. Dengan mengimplementasikan rekomendasi tersebut, perusahaan dapat secara signifikan menurunkan nilai risiko kegagalan operasional sekaligus menciptakan aliran produksi yang lebih ramping, cepat, dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Naswa, S., & Rafeal, J. P. (2026). Integrasi Value Stream Mapping Dan Analisis Akar Masalah Untuk Perbaikan Proses Produksi Berkelanjutan Di Industri Otomotif. *Journal of Industrial Engineering and Technology*, 2(1), 157–168.
- Aprianto, T., Setiawan, I., & Purba, H. H. (2021). Implementasi metode Failure Mode and Effect Analysis pada Industri di Asia–Kajian Literature. *Matrik: Jurnal Manajemen Dan Teknik Industri Produksi*, 21(2), 165–174.
- Fallah, D. N., Febriyanti, A. D., Julia, J., Agustin, P., & Ramadhan, M. R. (2025). Tantangan dan Strategi Penerapan Hubungan Industrial dalam Meningkatkan Daya Saing Industri Manufaktur. *Agility: Lentera Manajemen Sumber Daya Manusia*, 3(02), 63–71.
- Hakim, M. H., & Mubin, A. (2016). Analisis Kinerja Lingkungan Dan Produktivitas Dengan Menggunakan Konsep Green And Lean Productivity. *Jurnal Teknik Industri*, 17(1), 31–41.
- Hakim, M. H., Ramadani, N. R., & Wirakusuma, K. W. (2024). Analisis Peningkatan Kualitas Air Minum Dalam Kemasan Menggunakan Integrasi Six Sigma dan Failure Mode and Effect Analysis. *INVENTORY: Industrial Vocational E-Journal On Agroindustry*, 5(2), 63–73.
- Helganurraga, M. A., & Nurkertamanda, D. (2025). Analisis Risiko Terhadap Waste Dalam Proses Produksi Dengan Menerapkan Konsep Lean Manufacturing Di PT Bimuda Karya Teknik. *Industrial Engineering Online Journal*, 14(3).
- Marcelo, A., & Herlina, H. (2025). Analisa dan Perbaikan Bottleneck pada Proses Hot Press. *JURNAL SURYA TEKNIKA*, 12(1), 450–455.
- Najah, F. J., Renota, N., & Amirulloh, M. S. (2025). Upaya Optimalisasi Proses Produksi dengan Pendekatan Value Stream Mapping dan Kaizen untuk Identifikasi Pemborosan di PT XYZ. *Industrial Engineering Journal*, 14(2), 58–68.
- Pangestika, D. W., & Mawardi, W. (2025). *Pengaruh Orientasi Kewirausahaan, Manajemen Pengetahuan Terhadap Kinerja Perusahaan Melalui Inovasi Produk*. UNDIP: Fakultas Ekonomika dan Bisnis.
- Pratiwi, K. A., Widyaningtyas, D., Randikaparsa, I., Astuti, H. J., & Innayah, M. N. (2026). Brand Image, Kualitas Produk dan Persepsi Harga Dalam Membentuk

- Keputusan Pembelian: Bukti Dari Pasar Air Minum Kemasan di Indonesia. *Paradoks: Jurnal Ilmu Ekonomi*, 9(1), 608–622.
- Rahmawati, N., Hakim, M. H., & Akbar, R. (2023). *Peningkatan Kualitas Udang Rebon Kering Multirespon Mengintegrasikan Metode Taguchi Gray Relational Analysis dan Principal Component Analysis*. 4(2), 47–56.
- Ramadhan, R. F., Ernawati, D., & Nugraha, I. (2026). VSM Reduces Lead Time in Fabrication Material Warehouse Operations: VSM Mengurangi Waktu Tunggu dalam Operasi Gudang Bahan Baku Manufaktur. *Academia Open*, 11(1).
- Saputri, Z. A. (2025). Penerapan VSM dan WAM dalam Meningkatkan Efisiensi Operasional Produksi di CV Tahu Bandung NN. *Jurnal ARTI (Aplikasi Rancangan Teknik Industri)*, 20(2), 179–193.
- Saputro, C. M. A., & Hakim, M. H. (2025). Analisis Peningkatan Kualitas Produksi Kemasan Plastik di PT. XYZ dengan Metode Fishbone dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA). *Journal of Manufacturing in Industrial Engineering & Technology*, 4(2), 90–102.
- Zainunnushhi, B. R. H., & Rizqi, A. W. (2025). Analisis Losses atau Penguapan Pada Pengisian Gas Argon Dengan Metode FTA & FMEA:(Studi Kasus: PT Asuka Solusi Gasindo). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan*, 4(4), 1192–1200.