



Minimasi Defect pada Proses Loading-Unloading Galon Menggunakan Pendekatan Lean Manufacturing dan Value Stream Mapping

Ratna Diah Yuniawati¹

⁽¹⁾Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Nahdlatul Ulama Pasuruan

DOI: 10.31004/jutin.v9i1.53746

Corresponding author:

[ratna.diah@unupasuruan.ac.id]

Article Info

Kata kunci:

Defect;
Lean Manufacturing;
Loading-Unloading;
Value Stream Mapping

Abstrak

Proses logistik khususnya pada area loading-unloading, menjadi tantangan krusial bagi industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) karena menimbulkan potensi menurunnya profitabilitas akibat pemborosan (waste). Penelitian ini bertujuan untuk mengeliminasi aktivitas yang tidak produktif pada lini distribusi PT XYZ menggunakan pendekatan Lean Manufacturing. Melalui integrasi metode Value Stream Mapping (VSM) untuk memetakan aliran proses dan Waste Assessment Model (WAM) untuk pembobotan masalah, penelitian ini membahas permasalahan operasional perusahaan. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa Defect (produk cacat) merupakan pemborosan paling dominan dengan kontribusi sebesar 24,37% dari total variabilitas waste, yang secara signifikan menghambat kelancaran distribusi. Analisis Root Cause Analysis (RCA) menyoroti faktor kedisiplinan dan instruksi kerja operasional sebagai penyebab utama timbulnya cacat tersebut. Sebagai strategi mitigasi, penelitian ini merumuskan rekomendasi perbaikan berbasis penataan ulang instruksi kerja dan peningkatan standar kedisiplinan karyawan untuk menekan rasio cacat dan mempercepat lead time pelayanan.

Keywords:

Defect;
Lean Manufacturing;
Loading-Unloading;
Value Stream Mapping

Abstract

Logistics processes, particularly in the loading and unloading area, pose a critical challenge for the Bottled Drinking Water (AMDK) industry, as they have the potential to reduce profitability due to waste. This study aims to eliminate non-productive activities in the distribution line of PT XYZ using a Lean Manufacturing approach. By integrating Value Stream Mapping (VSM) to map process flows and the Waste Assessment Model (WAM) to weight operational issues, this study examines the company's operational problems. The identification results indicate that defect is the most dominant form of waste, contributing 24.37% of the total waste variability, which significantly hampers distribution flow. Root Cause Analysis (RCA) highlights employee discipline and operational work instructions as the

primary factors causing these defects. As a mitigation strategy, this study formulates improvement recommendations based on restructuring work instructions and strengthening employee discipline standards to reduce defect rates and accelerate service lead time.

1. PENDAHULUAN

Industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) di Indonesia menghadapi tekanan kompetisi yang semakin ketat, di mana efisiensi rantai pasok menjadi kunci utama daya saing perusahaan. Industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) di Indonesia beroperasi dalam lingkungan pasar yang sangat dinamis dengan keuntungan yang tipis. Efisiensi rantai pasok menjadi penentu utama daya saing perusahaan. Sementara banyak perusahaan fokus pada efisiensi di lini produksi filling dan packing, aktivitas logistik hilir—khususnya proses loading (pemuatan) dan unloading (bongkar) seringkali terabaikan. Padahal, ketidakefisienan pada tahap ini berdampak *meningkatkan lead time* pengiriman ke konsumen dan memperbesar risiko kerusakan produk jadi yang telah siap jual. Dalam pendistribusian AMDK, kelancaran aliran produk dari gudang ke armada transportasi sangat menentukan *lead time* pelayanan kepada pelanggan (Nurhayati, 2021). Namun, aktivitas logistik, khususnya pada tahap *loading* dan *unloading*, seringkali menjadi titik hambatan (*bottleneck*) yang signifikan. Ketidakteraturan pada proses ini tidak hanya berdampak pada keterlambatan pengiriman, tetapi juga meningkatkan risiko kerusakan produk dan biaya operasional yang tidak perlu (Mapping et al., n.d.). Oleh karena itu, pemetaan aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non-value added activities*) dibutuhkan oleh perusahaan yang ingin mempertahankan keuntungan.

PT XYZ, sebagai salah satu produsen AMDK yang sedang berkembang, menghadapi tantangan serius dalam operasional distribusinya. Berdasarkan observasi awal di area gudang barang jadi, proses pemindahan galon ke armada distribusi masih dilakukan secara manual dan semi-otomatis yang rentan terhadap pemborosan (*waste*). Pemborosan (*waste*) terlihat dari tingginya frekuensi produk cacat (*defect*) saat pemuatan dan waktu tunggu (*waiting*) armada yang fluktuatif. Data perusahaan menunjukkan tingginya angka produk cacat (*defect*) berupa galon pecah atau retak justru terjadi pada saat proses pemuatan, bukan produksi. Kerusakan ini memaksa operator melakukan pengerjaan ulang (*rework*) atau penggantian barang, yang secara langsung menghentikan aliran distribusi dan menyebabkan waktu tunggu (*waiting*) bagi armada truk. Kondisi ini menciptakan efek domino: jadwal pengiriman terganggu, biaya operasional membengkak akibat lebur dan penggantian produk, serta potensi komplain dari distributor akibat keterlambatan. Jika pemborosan (*waste*) ini tidak segera dieliminasi, perusahaan berisiko kehilangan momentum pertumbuhan pasar akibat inefisiensi internal. Kondisi ini mengindikasikan bahwa aliran nilai (*value stream*) perusahaan belum berjalan optimal, jika dibiarkan akan menggerus produktivitas dan kepuasan konsumen secara terus menerus.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pendekatan *Lean Manufacturing* menawarkan kerangka kerja sistematis untuk mengidentifikasi dan mereduksi pemborosan. Salah satu perangkat *Lean* yang paling efektif dalam memetakan aliran informasi dan material adalah *Value Stream Mapping* (VSM) (Wofuru-nyenke et al., 2019). Meskipun VSM sangat kuat dalam visualisasi, metode ini memiliki keterbatasan dalam mengukur bobot keterkaitan antar jenis pemborosan secara kuantitatif. Oleh karena itu, integrasi VSM dengan *Waste Assessment Model* (WAM) diperlukan untuk memberikan Gambaran yang lebih presisi mengenai akar penyebab (Pawagung et al., 2024)]. WA M melengkapi VSM dengan cara menyederhanakan hubungan antar waste, sehingga prioritas perbaikan dapat ditentukan secara objektif.

Penelitian terdahulu banyak membahas penerapan *Lean* pada lini produksi manufaktur, namun studi yang secara spesifik menggunakan integrasi VSM dan WAM pada area loading-unloading produk AMDK masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan melakukan analisis mendalam terhadap aliran proses distribusi di PT XYZ (Songkhwan, 2025). Fokus utama penelitian adalah mengidentifikasi waste yang paling berpengaruh, menganalisis faktor penyebab utamanya menggunakan *Root Cause Analysis*, dan merumuskan strategi perbaikan untuk meminimalkan *defect* serta mempercepat proses loading-unloading. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi perbaikan sistem logistik perusahaan dan referensi akademis dalam penerapan *Lean* di sektor distribusi AMDK.

2. METODE

Penelitian ini akan memetakan proses *loading* dan *unloading* untuk mengidentifikasi waste dengan pendekatan *lean manufacturing*. Metode utama yang digunakan *value stream mapping* dengan beberapa tahapan, yaitu :

1. *Current State Mapping*

Current State Mapping digunakan untuk melihat seluruh aktivitas pada proses loading dan unloading, dengan memetakan seluruh aktivitas fisik serta informasi yang berjalan kemudian menghitung waktu pada setiap aktivitas yang berjalan (*cycle time*). Dari *cycle time* dapat diidentifikasi *value adding activity (VA)*, *Non value adding activity (NVA)*. (Migo-Sumagang et al., 2022)(Lu & Aidil, 2024)

2. *Waste Assessment Model (WAM)*

Untuk mengukur tingkat keparahan masing-masing waste yang terdiri dari *Overproduction, Defect, Motion, Transportation, Waiting, Inventory, dan Overprocessing* diberikan bobot menggunakan skala faktor WAM dengan mengurutkan *waste* dari terbesar ke terkecil.

3. *Process Activity Mapping*

adalah metode analisis proses dalam pendekatan Lean untuk memetakan seluruh aktivitas aktual yang terjadi dalam suatu proses kerja, lalu mengidentifikasi pemborosan (*waste*) secara objektif. Dengan tujuan untuk Mengetahui ke mana waktu dan sumber daya habis, serta aktivitas mana yang benar-benar memberi nilai dan mana yang tidak. (Tiara & Siagian, 2024)

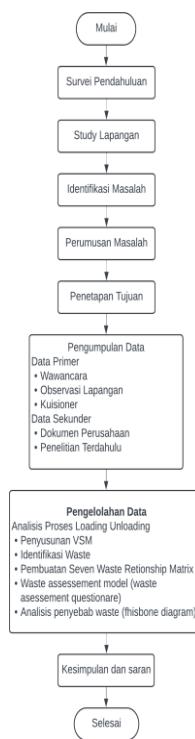
4. *Root Cause Analysis (RCA)*

Setelah *waste* terbesar teridentifikasi, dilakukan RCA menggunakan *Fishbone diagram* dan *5 Why Analysis* menemukan akar penyebab dan memberikan rekomendasi perbaikan.

5. *Future State Mapping (FSM)*

Future State Mapping disusun berdasarkan hasil RCA dengan tahapan :

- Merancang proses baru yang lebih efisien.
- Menghilangkan aktivitas NVA.
- Mengurangi *cycle time* pada aktivitas VA.
- Menyusun peta aliran baru yang minim *waste*.



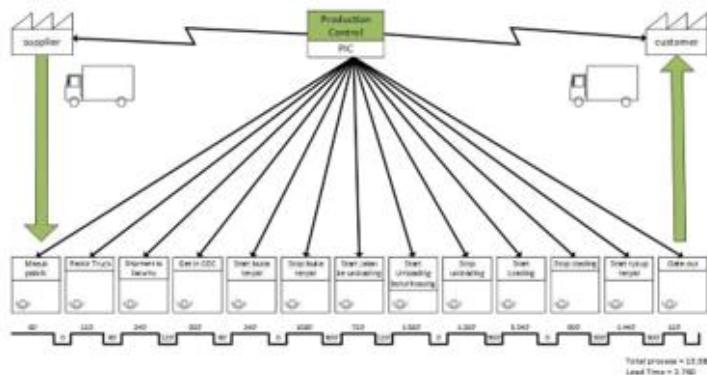
Gambar 1. Diagram Alir penelitian

Dari diagram diatas penyusunan VMS mempermudah identifikasi 7 jenis pemborosan lebih maksimal yaitu produksi berlebih, menunggu, transportasi, pemrosesan berlebih, persediaan, pergerakan, dan cacat. Setiap *waste* ditunjukan dengan indikator dan pengukuran yang spesifik sehingga *waste* dengan mudah teridentifikasi (Lluch-cerezo et al., 2020).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah awal dalam penelitian ini adalah memetakan aliran fisik dan informasi pada proses *loading-unloading* di PT XYZ menggunakan *Current State Mapping* (CSM). Berdasarkan observasi lapangan, proses distribusi dimulai dari penerimaan pesanan (order), pengambilan barang di gudang barang jadi (*finished goods*), hingga pemuatan ke armada.

Analisis CSM pada gambar 2 mengungkapkan adanya aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*Non-Value Added atau NVA*) yang signifikan di sepanjang jalur distribusi. Total waktu siklus (*cycle time*) proses *loading* teridentifikasi memiliki variabilitas yang tinggi, yang disebabkan oleh seringnya terjadi penghentian jalur akibat penumpukan material dan kesalahan penanganan manual. Rasio aktivitas bernilai tambah (*Value Added*) saat ini tercatat sebesar 63%, sementara sisanya didominasi oleh aktivitas *Necessary but Non-Value Added* (NNVA) dan *Non-Value Added* (NVA) murni. Hal ini mengindikasikan adanya inefisiensi dalam aliran logistik yang perlu segera direduksi.



Gambar 2. Current State Mapping

Setelah didapatkan kondisi *Current State Mapping* maka dapat dilakukan Identifikasi Pemborosan dengan Langkah sebagai berikut :

1. Identifikasi Pemborosan Kritis dengan Waste Assessment Model (WAM)

Untuk menentukan prioritas perbaikan yang paling objektif. Pada tabel 1 *waste* terbesar yang dapat mengakibatkan mulunculnya pemborosan lainnya adalah *waste from Defect* sebesar 8,13% dan *waste* terbesar yang diakibatkan oleh pemborosan lainnya adalah *waste to Waiting* sebesar 9,57%.

Tabel 1. Waste Assessment Model

	Overproduction	Inventory	Defect	Motion	Transportation	Process	Waiting	Score	%
Overproduction	10	4	4	4	4	0	4	30	7,18
Inventory	4	10	2	6	4	0	0	26	6,70
Defect	2	4	10	6	6	0	6	34	8,13
Motion	0	2	4	10	0	8	4	30	6,70
Transportation	2	4	6	4	10	0	8	34	8,18
Process	2	2	4	8	0	10	8	34	8,18
Waiting	4	2	6	0	0	0	10	22	5,26
Score	24	28	36	38	24	18	40	418	
%	6,22	6,70	8,61	9,09	5,57	4,31	9,57		

Hasil rekapitulasi nilai akhir WAM menunjukkan bahwa *Defect* (Cacat Produk) merupakan pemborosan yang paling dominan dengan persentase kontribusi sebesar 24,37%. Tingginya angka *defect* ini terjadi terutama pada tahap pemindahan galon dari konveyor ke truk, di mana galon seringkali mengalami benturan, retak, atau pecah. Pemborosan dominan kedua adalah aktivitas yang tidak perlu (*waste of motion* dan *waiting*) yang berkontribusi sebesar 8% terhadap total inefisiensi. Temuan ini mengkonfirmasi bahwa fokus utama perbaikan harus diarahkan pada pengurangan tingkat kerusakan produk untuk meningkatkan efisiensi keseluruhan.

2. Process Activity Mapping

Untuk mendalami struktur inefisiensi yang teridentifikasi pada *Current State Mapping*, dilakukan analisis lebih rinci menggunakan *Process Activity Mapping* (PAM). PAM membedah setiap langkah kerja dalam proses *loading-unloading* ke dalam lima elemen aktivitas: Operasi (*Operation*), Transportasi (*Transportation*), Inspeksi (*Inspection*) Menunggu (*Delay*), dan Penyimpanan (*Storage*) (Lubis et al., 2025). Berdasarkan tabel 2. hasil pemetaan terhadap total aktivitas yang terjadi di lantai kerja, ditemukan komposisi aktivitas sebagai berikut:

Tabel 2. Process Activity Mapping

Aktivitas	Jumlah	Waktu
Operation	13	136
Transportation	6	27
Inspection	3	4
Storage	1	15
Delay	8	60
VA	8	153
NNVA	18	70
NVA	5	19
TOTAL WAKTU (menit)	242	
%VA	63%	
%NNVA	29%	
%NVA	8%	

- *Value Added* – VA : Tercatat sebesar 63% dari total waktu proses. Ini meliputi aktivitas inti seperti pengambilan galon dari palet dan penyusunan ke dalam truk. Meskipun mendominasi, angka ini menunjukkan bahwa hampir 40% waktu kerja operator masih terbuang untuk hal yang tidak produktif.
- *Non-Value Added* – NVA : Teridentifikasi cukup signifikan, terutama didominasi oleh elemen Transportasi dan Delay. Transportasi merupakan jarak angkut manual yang cukup jauh antara ujung konveyor dan bibir bak truk memaksa operator melakukan banyak gerakan berjalan (walking) yang tidak perlu.
- *Necessary but Non-Value Added* – NNVA : Meliputi kegiatan inspeksi visual sesaat dan penataan ulang galon yang miring. Aktivitas ini tidak menambah nilai produk di mata konsumen, namun "terpaksa" dilakukan karena keterbatasan sistem kerja saat ini

PAM ini mengonfirmasi hasil temuan Waste Assessment Model (WAM) sebelumnya. Tingginya porsi aktivitas NVA (khususnya transportasi dan *waiting*) berkorelasi kuat dengan temuan *waste defect*. Kelelahan operator akibat aktivitas transportasi manual yang berlebihan (*fatigue*) terbukti menjadi faktor laten yang menurunkan fokus kerja. Sehingga meningkatkan risiko galon tergelincir atau pecah saat proses pemuatan (*rough handling*). Oleh karena itu, strategi perbaikan tidak hanya fokus pada perbaikan mesin, tetapi juga re-layout posisi kerja untuk memangkas jarak transportasi dan mengeliminasi gerakan yang tidak perlu (Ansyah & Kustiwan, 2025).

3. Root Cause Analysis

Setelah mengidentifikasi *Defect* (Cacat Produk) sebagai pemborosan paling kritis dengan bobot kontribusi 24,37% melalui metode WAM, langkah selanjutnya adalah mendiagnosis akar penyebab masalah tersebut. Analisis dilakukan menggunakan diagram Sebab-Akibat untuk membedah faktor-faktor yang berkontribusi terhadap tingginya rasio kerusakan galon saat proses loading.

- *Manusia (Man)*: Faktor manusia teridentifikasi sebagai kontributor dominan dalam variabilitas proses (Issue et al., 2023). Berdasarkan observasi dan wawancara, ditemukan dua isu krusial yaitu, Kelelahan Fisik (*Fatigue*) Akibat Beban Kerja: Tingginya aktivitas Transportasi (memindahkan galon secara manual) yang terungkap dalam analisis PAM menyebabkan akumulasi kelelahan pada operator. Kelelahan ini menurunkan tingkat konsentrasi dan kontrol motorik saat mengangkat galon, sehingga memicu penanganan kasar (*rough handling*) yang berujung pada galon tergelincir atau membentur sisi bak truk. Kurangnya Kedisiplinan dan Fokus adanya inkonsistensi operator dalam menjaga kecepatan kerja yang stabil. Pada jam-jam kritis menjelang istirahat atau

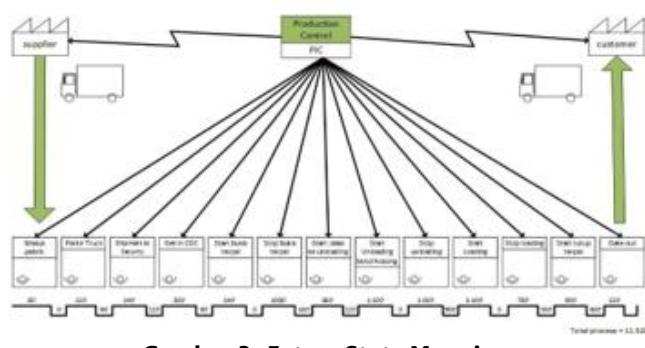
pergantian shift, fokus operator cenderung menurun, meningkatkan frekuensi kesalahan penanganan produk.

- Metode (*Method*): Sistem kerja dan prosedur yang berlaku saat ini memiliki celah yang memungkinkan terjadinya variasi cara kerja antar-operator seperti Instruksi Kerja (SOP) yang Tidak Ergonomis: SOP *loading* yang ada saat ini bersifat terlalu umum dan belum mengatur teknik pengangkatan (*lifting technique*) yang ergonomis untuk kecepatan tinggi. Hal ini menyebabkan setiap operator mengembangkan "gaya" angkat sendiri-sendiri, yang seringkali tidak aman bagi produk maupun kesehatan operator. Tidak adanya prosedur baku untuk penanganan cepat saat terjadi kemacetan di konveyor membuat operator sering mengambil tindakan impulsif (seperti menarik paksa galon yang macet), yang justru memperparah risiko kerusakan
- Mesin : Infrastruktur pendukung, khususnya konveyor, menjadi faktor teknis yang menghambat kelancaran aliran material seperti Instabilitas *Conveyor Belt*, Kinerja motor konveyor yang fluktuatif sering menyebabkan sentakan mendadak (*jerking*). Hal ini mengakibatkan galon yang berada di atas jalur saling berbenturan (*collision*) satu sama lain sebelum sampai ke ujung *loading dock*, menyebabkan keretakan halus pada bodi gallon dan Kurangnya Perawatan Preventif: Frekuensi downtime minor akibat kemacetan mekanis menunjukkan bahwa jadwal pemeliharaan mesin belum berjalan optimal untuk mengantisipasi keausan komponen
- Lingkungan : Kondisi fisik area kerja turut memperburuk potensi terjadinya *defect*, Keterbatasan Ruang Gerak Area *loading dock* yang sempit membatasi manuver operator saat memindahkan barang. Ruang yang terbatas ini memaksa operator melakukan gerakan memutar tubuh (*twisting*) yang berisiko, serta meningkatkan potensi benturan antara galon dengan dinding atau tiang penyangga. Di beberapa titik, kondisi lantai yang tidak rata dan pencahayaan yang kurang optimal di area dalam bak truk menyulitkan operator untuk menyusun galon dengan presisi, meningkatkan risiko tumpukan galon roboh

Dari hasil *root case analysis* *Defect* di PT XYZ bukanlah kejadian tunggal, melainkan hasil dari interaksi sistemik antara kelelahan operator (akibat metode kerja manual yang berat) dan kondisi mesin yang kurang presisi. (Horsthofer-rauch et al., 2023). Oleh karena itu, solusi parsial seperti "menegur operator" tidak akan efektif. Diperlukan intervensi menyeluruh yang mencakup perbaikan ergonomi kerja (*re-layout* untuk mengurangi jarak angkut) dan perbaikan teknis pada konveyor untuk menjaga kestabilan aliran produk.

4. Future State Mapping

Future State Mapping dirancang dengan menerapkan tiga intervensi utama untuk memperbaiki aliran material dan informasi.



Gambar 3. Future State Mapping

Berdasarkan hasil dari Future State Mapping usulan perbaikan yang diberikan berdasarkan hasil dari PAM yaitu :

- Perbaikan Teknis Jalur Konveyor (*Machine Reliability*): Dalam peta masa depan, diusulkan penerapan jadwal pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*) khusus untuk penyangga dan motor konveyor. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan insiden "konveyor macet" yang selama ini menjadi penyebab utama

tumpukan galon dan benturan antar-produk. Dengan mesin yang andal, aliran material menjadi kontinu (*continuous flow*), sehingga waktu tunggu (*waiting*) akibat downtime mesin dapat direduksi menjadi nol

- Standardisasi Kerja dan Manajemen Istirahat (*Standardized Work*): Kondisi aktual menunjukkan adanya variabilitas kerja akibat kelelahan operator dan pengaturan jam istirahat yang tidak optimal. Pada rancangan *Future State*, diterapkan pengaturan jadwal istirahat bergilir yang lebih terstruktur untuk memastikan stasiun kerja *loading* tidak pernah kosong atau kekurangan tenaga, namun operator tetap memiliki waktu pemulihan yang cukup. Selain itu, SOP baru diperkenalkan untuk teknik pengangkatan manual yang ergonomis guna mencegah penanganan kasar (*rough handling*) penyebab galon pecah.
- Pengendalian Kualitas di Hulu (*Quality at Source*): Untuk mengatasi masalah galon bocor atau tidak steril yang lolos ke area *loading*, sistem inspeksi diperketat di area produksi sebelum masuk ke gudang barang jadi. Ini memastikan bahwa input material yang masuk ke proses *loading* adalah 100% produk baik (*defect-free*), sehingga operator *loading* tidak perlu lagi membuang waktu untuk melakukan penyortiran atau penggantian produk cacat di atas truk.

Implementasi rancangan *Future State* ini diproyeksikan memberikan dampak signifikan terhadap indikator kinerja utama logistik Perusahaan. Dengan perbaikan konveyor dan manajemen istirahat, penumpukan material di jalur distribusi dapat diurai. Aliran produk menjadi lebih lancar (mengubah sistem *push* yang macet menjadi *pull* yang stabil (Utami et al., 2023).

Menghilang aktivitas NVA seperti "menunggu konveyor diperbaiki" atau "menukar galon pecah", proporsi waktu kerja efektif operator meningkat. Aktivitas yang sebelumnya hanya bernilai tambah 63% diproyeksikan meningkat seiring dengan berkurangnya gangguan operasional. Total waktu pelayanan pemuatan armada (*loading time*) menjadi lebih singkat dan konsisten, meningkatkan kepuasan distributor dan perputaran armada logistik.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengidentifikasi dan menganalisis sumber inefisiensi pada proses *loading-unloading* di PT XYZ menggunakan pendekatan integratif *Lean Manufacturing*. Melalui pemetaan *Value Stream Mapping* (VSM) dan pembobotan *Waste Assessment Model* (WAM), terungkap bahwa aliran distribusi perusahaan terhambat oleh dominasi aktivitas yang tidak bernilai tambah (*Non-Value Added*). Temuan kunci penelitian ini menyimpulkan bahwa Defect (Cacat Produk) adalah pemborosan paling kritis dengan kontribusi sebesar 24,37% terhadap total variabilitas waste. Tingginya rasio cacat ini berkorelasi langsung dengan pemborosan waktu tunggu (*waiting*) dan gerakan (*motion*) yang tidak perlu. Analisis akar masalah (*Root Cause Analysis*) menegaskan bahwa faktor kelelahan operator akibat penanganan manual yang repetitif, instruksi kerja yang kurang ergonomis, serta instabilitas kinerja konveyor menjadi penyebab utama kerusakan produk saat pemuatan. Sebagai solusi strategis, perancangan *Future State Mapping* merekomendasikan implementasi pemeliharaan preventif pada infrastruktur konveyor, standardisasi metode kerja yang ergonomis, serta perbaikan manajemen jadwal istirahat operator. Implementasi rekomendasi ini diproyeksikan mampu mengeliminasi *bottleneck*, meminimalkan risiko produk cacat, dan secara signifikan meningkatkan efisiensi waktu siklus distribusi. Penelitian ini memberikan landasan praktis bagi manajemen PT XYZ untuk bertransformasi menuju sistem logistik yang ramping dan berdaya saing tinggi.

5. REFERENSI

- Ansyah, E., & Kustiwan, S. (2025). *Analisis Lean Manufacturing untuk Mengurangi Cycle Time dengan Menggunakan Metode Value Stream Mapping*. 5(3), 2153–2162.
- Horsthofer-rauch, J., Schumann, M., Milde, M., Vernim, S., & Reinhart, G. (2023). ScienceDirect Digitalized value stream mapping: review and outlook. *Procedia CIRP*, 112(March), 244–249. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.09.079>
- Issue, V., Anshori, M. L., Muttaqin, A. Z., & Susanto, D. (2023). *JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi Lean Manufacturing Analysis Using the Value Stream Mapping Method in the Paving Block Production Process at PT . SMX East Java*. 6(4), 967–974.
- Lluch-cerezo, J., Benavente, R., Meseguer, M. D., Gutiérrez, S. C., & Meseguer, M. D. (2020). ScienceDirect ScienceDirect Study of samples geometry to analyze mechanical properties in Fused

- Deposition Modeling (FDM) Study of samples geometry to analyze process mechanical properties in Fused Deposition Modeling process (FDM). *Procedia Manufacturing*, 41, 890–897. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.012>
- Lu, S., & Aidil, J. (2024). *Implementation of Lean Manufacturing Approach Using Value Stream Mapping to Optimize Cycle Time and Reduce Process Waste (Case Study: CV . Teguh Jaya Mandiri)*. 5(2), 589–599. <https://doi.org/10.22441/ijiem.v5i2.22440>
- Lubis, M. F., Syahputra, Y. H., & Hasibuan, A. (2025). *VALUE STREAM MAPPING (VSM) ANALYSIS IN WASTE REDUCTION EFFORTS IN THE PRODUCTION LINE*. 1(2), 306–314.
- Mapping, S., Wicaksono, S. R., Setiawan, R., Liu, W., Li, Y., Mapping, S., Ikatrinasari, Z. F., Hasibuan, S., & Kosasih, K. (n.d.). *Improving the Loading and Unloading Process Efficiency with Lean Manufacturing Approach using Value Stream Mapping in Jakarta Container* *Improving the Loading and Unloading Process Efficiency with Lean Manufacturing Approach using Value Stream Mapping in Jakarta Container Yard*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1003/1/012042>
- Migo-Sumagang, M. V., Tan, R. R., Tapia, J. F. D., & Aviso, K. B. (2022). Fuzzy mixed-integer linear and quadratic programming models for planning negative emissions technologies portfolios with synergistic interactions. *Cleaner Engineering and Technology*, 9(April), 100507. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100507>
- Nurhayati, E. (2021). *Identifikasi Waste dengan Pendekatan Value Stream Mapping (VSM) di CV. DS*. 5(2).
- Pawagung, G. S., Aprilyanti, S., Mz, H., & Sianipar, T. P. O. (2024). *PENERAPAN LEAN MANUFACTURING DENGAN METODE VALUE STREAM MAPPING (VSM) UNTUK MEMINIMALKAN WASTE (Studi Kasus PT . Selatan Agro Makmur Lestari)*. 12, 42–47.
- Songkhwan, S. (2025). *The influence of lean manufacturing and green supply chain management on firm performance: the mediating role of supply chain resilience*. 31(1), 41–53. <https://doi.org/10.30657/pea.2025.31.4>
- Tiara, W., & Siagian, W. (2024). *ANALISIS PENERAPAN LEAN MANUFACTURING DENGAN METODE VSM (VALUE STREAM MAPPING) GUNA MENGURANGI WASTE DAN CYCLE TIME PADA PROSES PRODUKSI KERAMIK*. 19(2), 242–253.
- Utami, E. Y., Rijal, S., & Iwang, B. (2023). *Application of Lean Manufacturing Principles in Increasing Factory Productivity*. 1(10), 450–456.
- Wofuru-nyenke, O. K., Nkoi, B., & Oparadike, F. E. (2019). *Waste and Cost Reduction for a Water Bottling Process Using Lean Six Sigma*. 4(12), 71–77.