

Analisis Penerapan Metode Lean Warehouse dengan Value Stream Mapping (VSM) untuk Peningkatan Efisiensi Waktu Proses Gudang di PT. Mein

Sulistya Praba Utama^{1*}, Tri Ngudi W², Firda Anisah³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa, Bekasi, Indonesia

Email: sulistyautama@gmail.com, tringudi@pelitabangsa.ac.id, firda@pelitabangsa.ac.id

Email Penulis Korespondensi: sulistyautama@gmail.com

Info Artikel	Abstrak
Kata Kunci: Lean Warehouse; Pemetaan Aliran Nilai; Efisiensi Waktu.	PT MEIN adalah perusahaan yang menghadapi masalah efisiensi waktu proses gudang yang disebabkan oleh aktivitas non-nilai tambah. Studi ini bertujuan menganalisis implementasi Lean Warehouse menggunakan Pemetaan Aliran Nilai (VSM) untuk mengidentifikasi limbah, menentukan akar penyebabnya, dan mengembangkan proposal perbaikan untuk meningkatkan efisiensi waktu proses gudang. Studi ini menggunakan pendekatan deskriptif yang menggabungkan data kualitatif dan kuantitatif. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan tinjauan pustaka. Analisis terdiri dari pemetaan VSM Status Saat Ini, klasifikasi Nilai Tambah dan Non-Nilai Tambah, perhitungan Efisiensi Siklus Proses (PCE), Analisis Fishbone dan Mengapa, serta pengembangan VSM Status Masa Depan. Hasilnya menunjukkan bahwa proses gudang memiliki PCE sebesar 46,43%, dengan Overprocessing diidentifikasi sebagai sumber limbah terbesar, menyumbang 57,3% dari total aktivitas Non-Nilai Tambah, diikuti oleh Menunggu sebesar 32,1% dan Motion and Transportation sebesar 10,5%. Penyebab utama meliputi penggunaan tiga sistem secara bersamaan, prosedur persetujuan multi-pihak, peralatan penanganan material yang terbatas, dan pengaturan penyimpanan yang tidak mempertimbangkan frekuensi akses. VSM Future State yang diusulkan mengurangi waktu tunggu dari 674 menit menjadi 468 menit dan meningkatkan PCE menjadi 66,88%. Temuan ini menunjukkan bahwa Lean Warehouse dan VSM dapat meningkatkan efisiensi waktu proses gudang dengan mengurangi pemborosan dan menyederhanakan aliran informasi serta proses kerja.
Keywords: Lean Warehouse; Value Stream Mapping; Time Efficiency.	Abstract PT MEIN is a company facing warehouse process time efficiency problems caused by non-value-added activities. This study aims to analyze the implementation of Lean Warehouse using Value Stream Mapping (VSM) to identify waste, determine its root causes, and develop improvement proposals to increase warehouse process time efficiency. The study employed a descriptive approach combining qualitative and quantitative data. Data were collected through observation, interviews, documentation, and literature review. The analysis consisted of Current State VSM mapping, Value Added and Non-Value Added classification, Process Cycle Efficiency (PCE) calculation, Fishbone and Why-Why Analysis, and Future State VSM development. The results show that the warehouse process has a PCE of 46.43%, with Overprocessing identified as the largest source of waste, accounting for 57.3% of total Non-Value Added activities, followed by Waiting at 32.1% and Motion and Transportation at 10.5%. The main root causes include the simultaneous use of three systems, multi-party approval procedures, limited material-handling equipment, and storage arrangements that do not consider access frequency. The proposed Future State VSM reduces lead time from 674 minutes to 468 minutes and increases PCE to 66.88%. These findings indicate that Lean Warehouse and VSM can improve warehouse process time efficiency by reducing waste and simplifying information flow and work processes.

JuKSIT is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License



1. PENDAHULUAN

Dalam persaingan bisnis yang semakin kompetitif, efisiensi operasional menjadi salah satu faktor yang memengaruhi kemampuan perusahaan dalam memberikan pelayanan secara cepat dan tepat. Salah satu fungsi yang

berperan dalam mendukung efisiensi tersebut adalah warehouse management atau manajemen pergudangan, yang menghubungkan proses penerimaan, penyimpanan, pengambilan, hingga pengiriman barang. Pengelolaan gudang yang efisien dapat mempercepat aliran barang, mendukung ketepatan waktu pengiriman, meningkatkan kepuasan pelanggan, serta mengendalikan biaya operasional [1]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa inefisiensi gudang dapat muncul melalui waktu tunggu yang panjang, perpindahan material yang berlebihan, pencarian barang, serta prosedur administrasi yang berulang. Aktivitas tersebut termasuk non-value-added (NVA), yaitu aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah bagi pelanggan tetapi tetap menggunakan waktu, tenaga, dan sumber daya perusahaan [2]. Konsep lean memandang aktivitas semacam ini sebagai waste yang perlu dikurangi melalui identifikasi sumber pemborosan dan perbaikan aliran proses [3].

Dalam pergudangan, waste dapat berbentuk waiting, transportation, motion, overprocessing, inventory, dan defect yang berpotensi memperpanjang lead time serta menurunkan produktivitas. [4] menunjukkan bahwa pemborosan dalam aktivitas gudang dapat meningkatkan waktu siklus dan menurunkan pemanfaatan sumber daya. Oleh sebab itu, penerapan Lean Warehouse diperlukan untuk melihat aktivitas gudang secara menyeluruh dan mengarahkan proses menuju aliran material serta informasi yang lebih efisien. Salah satu alat yang dapat digunakan adalah Value Stream Mapping (VSM), yaitu pemetaan proses yang menggambarkan aliran material dan informasi serta membedakan aktivitas bernilai tambah dan tidak bernilai tambah. VSM memungkinkan perusahaan melihat kondisi current state, mengidentifikasi waste, menganalisis akar penyebab, kemudian merancang future state yang lebih efisien. Permasalahan efisiensi tersebut juga ditemukan di PT MEIN. Berdasarkan laporan aktivitas pergudangan periode 2024-2025, rata-rata lead time proses inbound mencapai lebih dari 4 jam, sedangkan proses outbound membutuhkan rata-rata 5 jam. Waktu tersebut dipengaruhi oleh lamanya proses picking, keterlambatan administrasi, serta kebutuhan pengecekan ulang akibat potensi kesalahan input data. Hasil observasi Februari 2026 juga menemukan aktivitas NVA berupa waktu tunggu konfirmasi ketersediaan barang, pencarian lokasi barang, pengulangan prosedur administrasi, serta multiple mandatory approval yang harus dikonfirmasi oleh beberapa pihak. Permasalahan tersebut terlihat pula dari survei kepuasan pelanggan PT MEIN.

Dari 60 responden yang terdiri atas 50 pelanggan eksternal dan 10 pelanggan internal, tingkat ketidakpuasan terhadap kecepatan inbound mencapai 58,30%, sedangkan ketidakpuasan terhadap kecepatan outbound mencapai 50,00%. Ketidakpuasan terhadap kemudahan prosedur administrasi juga mencapai 56,70%. Sebaliknya, akurasi pengambilan barang memperoleh tingkat kepuasan 100,00% dan responsivitas petugas memperoleh kepuasan 70,00%. Data tersebut memperlihatkan bahwa persoalan utama tidak terletak pada akurasi picking, tetapi terutama pada kecepatan aliran proses inbound dan outbound serta prosedur administrasi. Pelanggan juga mengharapkan proses outbound selesai kurang dari 4 jam atau 240 menit. Temuan tersebut menunjukkan adanya hubungan antara aktivitas NVA, lead time, dan kualitas pelayanan gudang. Penelitian terdahulu telah membuktikan efektivitas Lean Warehouse dan VSM dalam meningkatkan efisiensi. [5], misalnya, memperoleh peningkatan Process Cycle Efficiency (PCE) dari 64,56% menjadi 83,92%. [6] mengurangi aktivitas NVA dari 31 menjadi 25 aktivitas serta menurunkan waktu proses dari 338 menit menjadi 243 menit. [7] mengidentifikasi transportation, waiting, dan motion sebagai waste dominan pada gudang spare parts. Namun, penelitian-penelitian tersebut masih berfokus terutama pada aliran material dan indikator internal seperti PCE, lead time, serta jumlah aktivitas NVA. Berdasarkan penelitian terdahulu dan kondisi PT MEIN, terdapat tiga research gap yang menjadi dasar penelitian ini. Pertama, penelitian terdahulu belum mengintegrasikan aliran informasi dan aliran material secara simultan melalui VSM. Padahal, PT MEIN memiliki proses konfirmasi dan administrasi berlapis yang dapat menimbulkan waiting serta overprocessing. Kedua, penelitian terdahulu belum menghubungkan hasil perbaikan proses dengan kepuasan pelanggan sebagai indikator kinerja pelayanan gudang. Ketiga, kajian VSM pada gudang dengan kompleksitas administrasi tinggi dan multiple mandatory approval masih terbatas. Ketiga celah tersebut terlihat secara empiris di PT MEIN melalui tingginya ketidakpuasan terhadap kecepatan inbound sebesar 58,30% dan prosedur administrasi sebesar 56,70%, serta keberadaan multiple mandatory approval yang melibatkan banyak pihak.

Penelitian ini menawarkan novelty melalui integrasi pemetaan aliran material dan informasi, identifikasi aktivitas NVA yang berasal dari proses administrasi, serta pengaitan hasil analisis VSM dengan kepuasan pelanggan. Pendekatan tersebut digunakan untuk menggambarkan current state, mengidentifikasi waste dan akar penyebabnya, menghitung PCE, kemudian menyusun future state yang dapat mengurangi waktu proses serta menyederhanakan aliran material dan informasi. Dengan demikian, penelitian tidak hanya melihat perpindahan barang, tetapi juga memperhatikan aliran informasi yang mendukung setiap proses gudang. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk membahas mengenai “Analisis Penerapan Metode Lean Warehouse dengan Value Stream Mapping (VSM) untuk Peningkatan Efisiensi Waktu Proses Gudang di PT MEIN.” Penelitian ini diarahkan untuk memetakan

kondisi aktual proses inbound, outbound, dan administrasi, mengidentifikasi aktivitas non-value-added yang menyebabkan pemborosan waktu, serta merancang future state sebagai usulan perbaikan proses gudang PT MEIN.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif dengan pendekatan mixed-method, yaitu menggabungkan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai efisiensi proses gudang PT MEIN. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual aliran proses gudang tanpa melakukan manipulasi terhadap variabel penelitian [8]. Pendekatan kualitatif digunakan untuk memetakan aliran material dan informasi melalui Value Stream Mapping (VSM), mengidentifikasi aktivitas value-added (VA) dan non-value-added (NVA), serta menemukan akar penyebab pemborosan. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menghitung lead time, waktu NVA, Process Cycle Efficiency (PCE), serta persentase kepuasan pelanggan. Penelitian dilaksanakan di area operasional gudang PT MEIN yang mencakup proses inbound, storage, picking, outbound, dan administrasi gudang. Data penelitian terdiri atas data primer dan sekunder.

Data primer diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara semi-terstruktur. Observasi dilakukan selama dua minggu pada Februari 2026 untuk mencatat urutan aktivitas, waktu proses, waiting time, pergerakan material, aktivitas VA dan NVA, serta hubungan aliran material dengan aliran informasi. Wawancara dilakukan kepada pihak yang terlibat dalam operasional gudang, meliputi operator, supervisor, administrator, serta pelanggan internal dan eksternal. Pemilihan narasumber menggunakan purposive sampling dan mempertimbangkan kecukupan informasi melalui prinsip data saturation [9]. Data sekunder diperoleh dari laporan aktivitas pergudangan PT MEIN, SOP, alur persetujuan dokumen, data kepuasan pelanggan, serta literatur mengenai Lean Warehouse dan VSM. Teknik pengumpulan data meliputi observasi langsung, wawancara semi-terstruktur, studi dokumentasi, dan studi literatur. Observasi dilakukan pada alur inbound, storage, picking, dan outbound menggunakan pencatatan waktu aktivitas untuk memperoleh data aktual proses. Wawancara digunakan untuk menggali hambatan operasional, aktivitas berulang, prosedur persetujuan, serta faktor penyebab terjadinya pemborosan. Studi dokumentasi digunakan untuk memperoleh data lead time, volume transaksi, SOP, approval workflow, serta data kepuasan pelanggan. Studi literatur digunakan sebagai dasar penyusunan kerangka teori dan pembandingan hasil penelitian.

Tahap pertama adalah penyusunan Current State Value Stream Mapping untuk menggambarkan aliran material dan informasi dari proses inbound hingga outbound. Setiap aktivitas diklasifikasikan sebagai VA atau NVA, kemudian NVA dianalisis berdasarkan jenis waste, seperti waiting, motion, overprocessing, dan transportation.

Tahap kedua adalah analisis akar penyebab menggunakan Fishbone Diagram dengan kategori 4M1E (Man, Machine, Method, Material, dan Environment) yang dilanjutkan dengan Why-Why Analysis untuk menelusuri akar masalah secara bertahap.

Tahap ketiga adalah analisis kuantitatif melalui perhitungan PCE dengan rumus

$$PCE = \text{Value-Added Time} / \text{Total Lead Time} \times 100\%$$

Selain itu, dihitung selisih lead time aktual terhadap target, total waktu NVA, serta kontribusi setiap jenis waste terhadap total waktu proses. Data kepuasan pelanggan kemudian dibandingkan dengan temuan NVA dan lead time untuk melihat keterkaitan antara efisiensi proses dan kualitas pelayanan. Hasil analisis current state selanjutnya digunakan untuk menyusun Future State VSM berupa usulan perbaikan aliran material, aliran informasi, dan proses administrasi guna meningkatkan efisiensi waktu proses gudang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

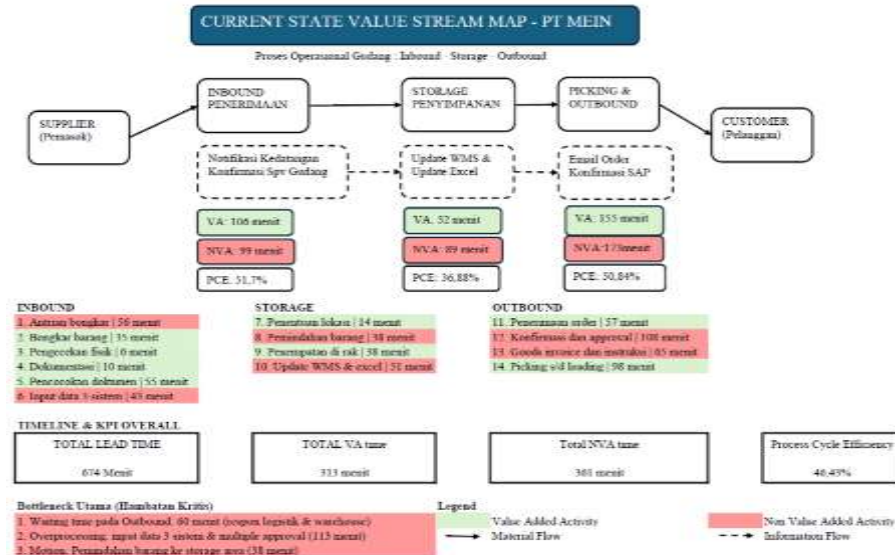
Penelitian Pemetaan Aliran Proses *Current State Value Stream Mapping* (VSM)

a. Aliran Material (*Material Flow*)

Aliran material dalam proses operasional gudang PT MEIN dimulai dari penerimaan barang dari supplier (*inbound*), dilanjutkan dengan penyimpanan barang di area *storage*, kemudian proses *picking* barang sesuai permintaan pelanggan, dan diakhiri dengan pengiriman barang ke pelanggan (*outbound*). Aliran material dapat diuraikan pada empat tahap berikut.

1. *Inbound* (Penerimaan Barang):

Aliran material dimulai dari kedatangan kendaraan pengangkut di area *receiving* (utara gudang). Barang diturunkan menggunakan forklift, dibongkar dari *packing* kayu/karton, dilakukan pengecekan fisik, dan selanjutnya dipindahkan menuju area *storage* dengan jarak rata-rata ± 30 meter. Total *lead time* fase *inbound* adalah 205 menit, dengan waktu tunggu antrian bongkar selama 56 menit menjadi *bottleneck* utama pada tahap ini.



Gambar 1. Current State Value Stream Mapping Gudang PT MEIN

2. Storage (Penyimpanan):

Barang dipindahkan ke area penyimpanan seluas 2.607 m² yang terbagi menjadi area pallet lantai dan area rak (5 tingkat). Penentuan lokasi penyimpanan dilakukan berdasarkan sistem WMS dengan prinsip FIFO/random. Total *lead time* fase storage adalah 141 menit, dengan aktivitas update data lokasi barang di dua sistem (WMS dan Excel) selama 51 menit menjadi aktivitas NVA terlama pada fase ini.

3. Picking & Packing:

Barang diambil dari lokasi penyimpanan setelah *picking* list disiapkan dan disetujui supervisor, dengan jarak rata-rata ± 35 meter per order. Setelah *picking*, barang di-*packing* dan diberi stiker garansi per item. Proses *picking* membutuhkan waktu rata-rata 35 menit dan *packing* 35 menit, keduanya dikategorikan sebagai VA karena secara langsung berkontribusi pada pemenuhan pesanan pelanggan.

4. Outbound - Loading & Pengiriman:

Setelah pengecekan *packing* secara visual oleh supervisor, barang di-*loading* ke kendaraan pengiriman dengan waktu rata-rata 11 menit setelah mendapatkan final *approval* dari supervisor gudang dan kepala gudang.

Secara keseluruhan, aliran material dari *inbound* hingga *outbound* menempuh total jarak pergerakan fisik rata-rata ± 65 meter per siklus transaksi. Tata letak gudang saat ini berkontribusi pada *motion waste*, terutama karena sistem penyimpanan yang bersifat random belum mengklasifikasikan barang berdasarkan kategori *fast moving* dan *slow moving*, sehingga barang yang sering dibutuhkan tidak selalu ditempatkan di lokasi yang paling mudah dijangkau.

b. Aliran Informasi (Information Flow) dan Multiple Mandatory Approval

1. Aliran Informasi Proses Inbound:

Dimulai ketika admin gudang mengirimkan notifikasi kedatangan barang kepada admin logistik melalui email (5 menit). Selanjutnya, supervisor gudang dan admin logistik melakukan inspeksi fisik dan *approval* kesesuaian barang dengan Purchase Order (15 menit). Admin logistik melakukan validasi dokumen — pencocokan PO, Delivery Note, dan Invoice — dengan persetujuan Spv Logistik (55 menit).

2. Aliran Informasi Proses Storage:

Admin gudang mengupdate data lokasi penyimpanan pada sistem WMS, diikuti update paralel pada dokumen Ms. Excel oleh admin logistik, kemudian dilaporkan kembali melalui email sebagai konfirmasi.

3. Aliran Informasi Proses Outbound (Kondisi Normal):

Diawali dengan penerimaan sales order dari pelanggan melalui email oleh admin user, yang kemudian membuat Delivery Order di SAP (65 menit, NVA-Overprocessing) dan mengirimkan permintaan melalui email kepada tim logistik.

4. Aliran Informasi Proses *Outbound* (Kasus Khusus):

Pada kondisi tertentu credit limit block di SAP, klaim garansi, atau sales order free of charge — aliran informasi *outbound* memerlukan *approval* tambahan dari Manager User, Head of Department User, dan Manager Finance sebelum barang dapat di-loading.

Peta aliran informasi yang terintegrasi dalam *Current State* VSM ini secara visual menunjukkan bahwa keterlambatan aliran informasi merupakan penyumbang *waste* yang setara bahkan lebih besar dibandingkan keterlambatan aliran material itu sendiri.

Ringkasan kondisi *lead time*, waktu VA/NVA, dan nilai PCE parsial per fase proses disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kondisi Lead Time Aktual vs Target

Fase Proses	Total Lead Time (menit)	VA Time (menit)	NVA Time (menit)	PCE Parsial (%)	Target (menit)	Status
<i>Inbound</i>	205	106	99	51,70%	< 240	Tercapai
<i>Storage</i>	141	52	89	36,88%	-	-
<i>Outbound</i>	328	155	173	50,84%	< 240	Melebihi 85 mnt
TOTAL	674	313	361	46,43%	< 480	Melebihi

Berdasarkan Tabel 1, total *lead time* keseluruhan proses gudang PT MEIN adalah 674 menit per siklus transaksi, dengan *Process Cycle Efficiency* (PCE) keseluruhan sebesar 46,43%. Nilai ini menunjukkan bahwa lebih dari separuh total waktu proses merupakan aktivitas *non-value added*. Dibandingkan dengan target *lead time* pelanggan sebesar <240 menit per fase

c. Hubungan *Current State* VSM dengan Kepuasan Pelanggan

Untuk menilai keterkaitan antara kondisi aktual proses gudang dengan persepsi pelanggan, sebagaimana disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hubungan *Current State* VSM dengan Kepuasan Pelanggan

Aspek Kepuasan Pelanggan	Puas (%)	Tidak Puas (%)	Temuan VSM yang Berkorelasi
Kecepatan proses <i>inbound</i>	41,70%	58,30%	<i>Waiting waste</i> 56 menit (antrian bongkar) + aliran informasi 125 menit (61% dari <i>lead time inbound</i>)
Kecepatan proses <i>outbound</i>	50,00%	50,00%	<i>Lead time outbound</i> 326 menit melebihi ekspektasi 240 menit (<i>gap</i> 86 menit); variasi tinggi akibat <i>approval</i> kondisi khusus
Ketepatan waktu pengiriman	58,30%	41,70%	Keterlambatan <i>inbound</i> dan <i>outbound</i> berdampak tidak langsung pada ketepatan pengiriman
Akurasi pengambilan barang	100,00%	0,00%	Aktivitas <i>verification/QC picking</i> (VA) berjalan efektif, tidak ada NVA teridentifikasi
Kemudahan prosedur administrasi	43,30%	56,70%	<i>Overprocessing</i> 207 menit (57,3% dari total NVA) akibat duplikasi <i>input</i> 3 sistem dan <i>multiple mandatory approval</i>
Responsivitas petugas gudang	70,00%	30,00%	Relatif baik, namun <i>waiting waste</i> 116 menit pada titik-titik <i>approval</i> masih membatasi responsivitas

Berdasarkan Tabel 2, terdapat korelasi yang konsisten antara temuan *Current State* VSM dengan data ketidakpuasan pelanggan. Ketidakpuasan terhadap kecepatan *inbound* (58,30%) sejalan dengan proporsi *waiting waste* yang signifikan pada fase tersebut, khususnya antrian bongkar (56 menit) dan aliran informasi yang menyumbang 61% dari total *lead time inbound*. Ketidakpuasan terhadap kemudahan prosedur administrasi (56,70%) sejalan dengan dominasi *waste overprocessing* sebesar 207 menit atau 57,3% dari total waktu NVA, yang bersumber dari duplikasi *input* data di tiga sistem (Ms. Excel, SAP, WMS) dan mekanisme *multiple mandatory approval*.

Sebaliknya, akurasi pengambilan barang mencapai kepuasan 100%, konsisten dengan tidak teridentifikasinya NVA yang signifikan pada aktivitas *verification* dan *quality control* saat *picking* mengindikasikan bahwa aktivitas ini telah berjalan efektif dan perlu dipertahankan dalam perancangan *Future State* VSM.

Analisis Current State Value Stream Mapping

- a. Klasifikasi NVA per Area Proses Berdasarkan Kerangka 8 *Waste Lean*
1. Area *Inbound* (7 aktivitas): dari 7 aktivitas, 5 aktivitas dikategorikan VA (109 menit) dan 2 aktivitas NVA (96 menit). NVA terbesar adalah menunggu antrian bongkar (56 menit, *waste Waiting*) akibat keterbatasan alat handling (1 forklift, 2 hand pallet), disusul *input* data barang ke sistem (43 menit, *waste Overprocessing*) akibat *input* paralel ke tiga sistem berbeda (Excel, SAP, WMS).
2. Area *Storage* (4 aktivitas): dari 4 aktivitas, 2 aktivitas VA (52 menit) dan 2 aktivitas NVA (89 menit). NVA terbesar adalah update lokasi barang di WMS dan Excel disertai pelaporan email (51 menit, *waste Overprocessing*) akibat duplikasi pencatatan di dua sistem, disusul pemindahan barang ke *storage* area (38 menit, *waste Motion*) akibat jarak tempuh ±30 meter dan tata letak yang belum optimal.
3. Area *Outbound* (17 aktivitas): dari 17 aktivitas, 9 aktivitas VA (165 menit) dan 8 aktivitas NVA (161 menit). NVA didominasi oleh *waste Overprocessing* (pembuatan delivery order di SAP 65 menit, pengecekan ketersediaan barang 14 menit, goods invoice 14 menit, *picking* list 10 menit, email konfirmasi 10 menit — total 113 menit) dan *waste Waiting* pada tiga titik *bottleneck* approval: menunggu respon tim logistik (24 menit), menunggu respon tim *warehouse* (23 menit), dan menunggu *approval* supervisor (13 menit).

b. Kuantifikasi Waktu NVA

Secara keseluruhan, dari total 674 menit *lead time* operasional gudang PT MEIN, waktu aktivitas VA adalah 313 menit (46,43%) dan waktu aktivitas NVA adalah 361 menit menghasilkan nilai *Process Cycle Efficiency* (PCE) keseluruhan sebesar 46,43 %. Nilai ini dihitung menggunakan rumus $PCE = VA \text{ Time} / \text{Total Lead Time} \times 100\%$

Tabel 3. PCE Current Condition

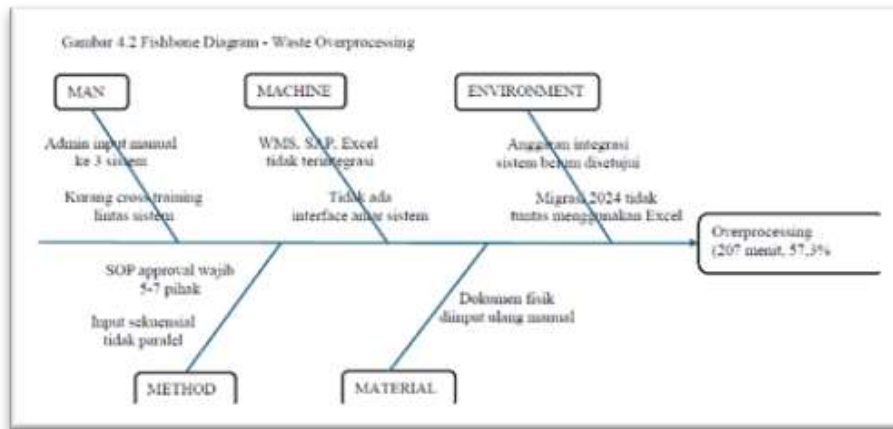
Fase Proses	Lead Time (mnt)	VA Time (mnt)	NVA Time (mnt)	PCE Parsial (%)	Kategori PCE
<i>Inbound</i>	205	106	99	51,70%	Sedang
<i>Storage</i>	141	52	89	36,88%	Sedang
<i>Outbound</i>	328	155	173	50,84%	Sedang
TOTAL	674	313	361	46,43%	Sedang

Fase *Storage* mencatat PCE parsial terendah (36,88%), menjadikannya fase dengan proporsi NVA tertinggi (63,12%) di antara ketiga fase, disebabkan oleh duplikasi *input* data dan *motion waste* akibat tata letak yang belum optimal. Fase *Outbound* memiliki durasi *lead time* terpanjang (328 menit) dengan proporsi NVA 50,84%, bersumber dari *multiple mandatory approval* dan *input* data berulang di SAP dan WMS. Fase *Inbound* mencatat PCE parsial tertinggi (51,70%), namun masih menyisakan waktu NVA yang didominasi oleh *waiting* (antrian bongkar) dan *overprocessing* (*input* tiga sistem).

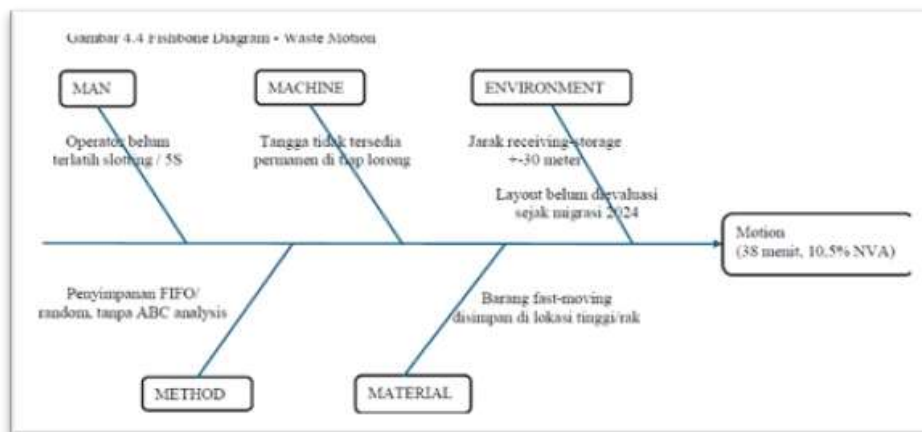
Nilai PCE keseluruhan sebesar 46,43% ini lebih rendah dibandingkan PCE awal yang diperoleh Rusadi dan Sumiati (2025) sebelum perbaikan, yaitu 64,56%, menunjukkan bahwa kompleksitas prosedur administrasi dan sistem multi-aplikasi yang tidak terintegrasi pada PT MEIN menghasilkan proporsi NVA yang lebih besar dibandingkan objek penelitian terdahulu, sehingga memerlukan intervensi *lean* yang lebih komprehensif — khususnya pada dimensi aliran informasi.

c. Analisis Akar Penyebab (Root Cause Analysis)

- a. Root Cause *Overprocessing*: integrasi sistem belum terealisasi karena membutuhkan tambahan anggaran dan persetujuan manajemen puncak, serta belum adanya *approval matrix* berbasis risiko transaksi. Analisis fishbone memperkuat temuan ini, dengan faktor Machine (tidak ada integrasi API/interface antar sistem) dan Method (proses *input* sekuensial, SOP *approval* mewajibkan 5–7 pihak tanpa jalur delegasi) sebagai kontributor paling dominan.

**Gambar 3** Fishbone diagram - Waste Overprocessing

- b. Root Cause *Waiting*: sistem penjadwalan kedatangan kendaraan (delivery scheduling) dan mekanisme koordinasi terstruktur antar departemen. Analisis fishbone menegaskan faktor Machine (keterbatasan alat handling) dan Method (tidak ada SOP penjadwalan maupun SLA) sebagai penyebab utama.
- c. Root Cause *Motion*: penyimpanan berbasis FIFO/random tanpa analisis ABC/velocity-based *slotting*, serta layout gudang yang belum dievaluasi ulang sejak migrasi sistem 2024. Analisis fishbone menunjukkan faktor Method (prinsip penyimpanan tanpa mempertimbangkan frekuensi akses) dan Environment (jarak ± 30 meter, layout belum dievaluasi) sebagai penyebab dominan.

**Gambar 4** Fishbone diagram - Waste Motion

- d. Dampak NVA terhadap Lead Time dan Kepuasan Pelanggan

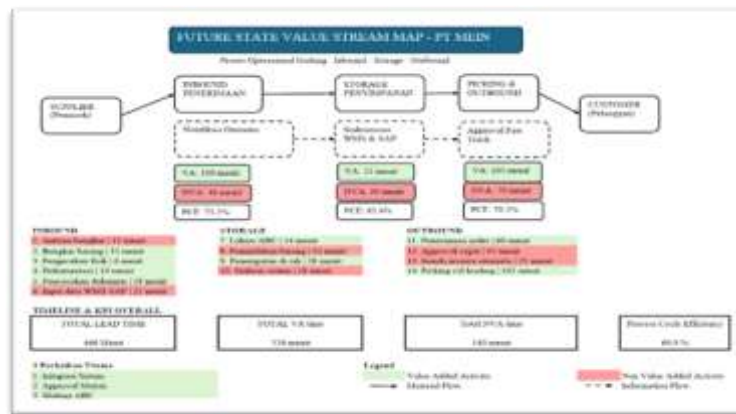
Tabel 4 Jenis waste dan dampaknya

Ranking	Jenis Waste	Total Waktu (mnt)	Proporsi dari Total NVA (%)	Dampak Utama
1	Overprocessing	207	57,3%	Duplikasi input 3 sistem + multiple mandatory approval 5-7 pihak → lead time panjang, beban admin tinggi; berkorelasi dengan ketidakpuasan kemudahan administrasi (56,70%, Tabel 1.1)

2	Waiting	116	32,1%	Antrian bongkar + <i>bottleneck approval</i> → keterlambatan <i>inbound</i> dan <i>outbound</i> ; berkorelasi dengan ketidakpuasan kecepatan <i>inbound</i> (58,30%, Tabel 1.1)
3	Motion	38	10,5%	Jarak perpindahan ±30 m + sistem penyimpanan random → <i>cycle time storage</i> bertambah

Berdasarkan Tabel di atas, *Overprocessing* menjadi prioritas utama perbaikan karena mengonsumsi lebih dari separuh total waktu NVA (57,3%). Temuan ini secara langsung menjawab *gap* penelitian pertama yang diidentifikasi dalam penelitian ini, yaitu perlunya integrasi analisis aliran informasi dalam VSM — karena mayoritas *overprocessing* bersumber dari ketidakefisienan aliran informasi, bukan dari aliran material. *Waste Waiting* menjadi prioritas kedua, dengan korelasi langsung terhadap 58,30% ketidakpuasan pelanggan pada aspek kecepatan *inbound* (Tabel 1.1), memperkuat argumen perlunya kepuasan pelanggan sebagai indikator kinerja perbaikan proses (*gap* penelitian kedua). Prioritas ketiga adalah *Motion & Transportation*, yang meski proporsinya lebih kecil, berkontribusi pada perpanjangan *cycle time fase storage* yang memiliki PCE parsial terendah.

Perancangan *Future State VSM* (Usulan Perbaikan)



Gambar 5. Future State VSM - PT MEIN

a. Redesign Aliran Material

1. *Slotting* berbasis *ABC analysis*: barang kategori *fast-moving* ditempatkan di zona dekat area *receiving* dan pada rak yang mudah dijangkau (bukan rak atas), sehingga mengurangi jarak tempuh dari rata-rata ±30-meter dan menghilangkan kebutuhan naik-turun tangga untuk barang yang sering diambil.
2. Penambahan tangga portabel di setiap lorong rak tinggi, sehingga operator tidak perlu mencari dan memindahkan tangga dari lorong lain saat mengambil barang *slow-moving* yang tetap disimpan di rak atas.

Pada *Future State VSM* (Gambar 4.5), rute perpindahan barang dari area *receiving* ke *storage* dipersingkat melalui *realokasi* zona penyimpanan *fast-moving* mendekati area *receiving*, serta penambahan alat bantu pada lorong-lorong dengan aktivitas *picking* tinggi. Perubahan ini menjadi tanggung jawab Supervisor Gudang dan bersifat layout/fisik dengan kompleksitas implementasi rendah–sedang.

b. Redesign Aliran Informasi

Tabel 5. Usulan Perbaikan Pada Aliran Informasi

Waste	Masalah	Solusi	Kategori	PIC
<i>Overprocessing</i>	Duplikasi input data ke 3 sistem (Excel, SAP, WMS) — 207 menit	Integrasi WMS-SAP menjadi <i>single-entry system</i> dengan sinkronisasi otomatis; penghapusan Ms. Excel sebagai sistem paralel	Sistem/IT	Tim IT & Manajer Gudang
<i>Overprocessing Approval</i>	kasus khusus <i>outbound</i> membutuhkan 5–7 pihak, 240–480 menit	Penyusunan <i>approval matrix</i> berjenjang: <i>fast-track</i> (1–2 pihak) untuk transaksi risiko rendah, <i>approval</i> penuh hanya untuk risiko tinggi	Prosedur/SOP	Manajer Finance & Logistik

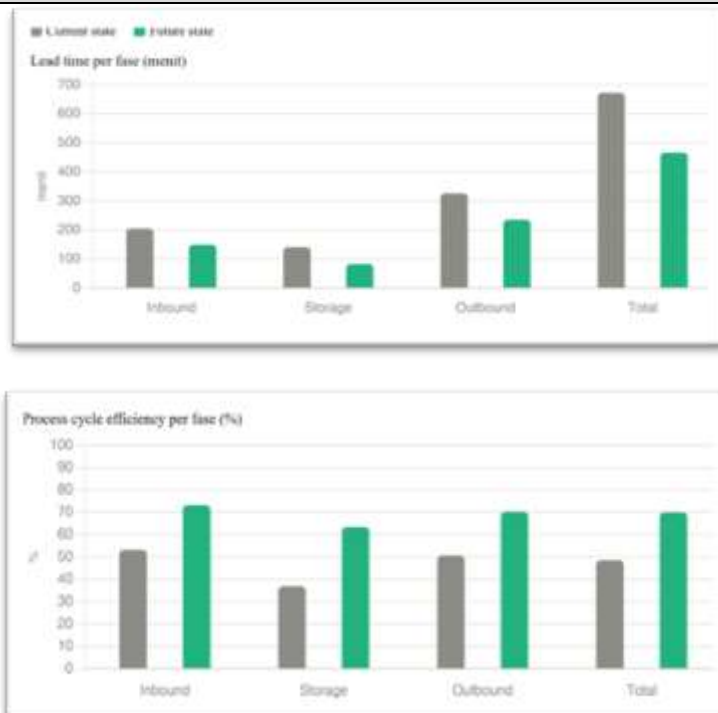
Waiting	Antrian bongkar muat rata-rata 56 menit akibat keterbatasan alat handling	Penambahan 1 unit forklift/hand pallet; penerapan sistem appointment/slot booking kedatangan kendaraan	Fisik/Prosedur	Manajer Gudang
Waiting	Bottleneck respon tim logistik (24 mnt) dan warehouse (23 mnt)	Penetapan SLA waktu respon maksimal (misal 10 menit) disertai sistem notifikasi otomatis melalui WMS terintegrasi	Prosedur /Sistem	Tim Logistik & Warehouse

Pada *Future State* VSM (Gambar 4), sambungan *input* data ke tiga sistem terpisah pada *Current State* digantikan oleh satu jalur *input* terintegrasi menuju WMS yang terhubung otomatis ke SAP, menghilangkan tahapan *re-entry* data pada setiap fase. Jalur *approval* yang bercabang 5–7 pihak pada *Current State* disederhanakan menjadi dua jalur (*fast-track* dan *approval* penuh) yang dipilih otomatis oleh sistem berdasarkan kategori risiko transaksi. Usulan integrasi sistem informasi merupakan solusi dengan dampak terbesar karena secara langsung menyasar 57,3% dari total waktu NVA, namun bersifat jangka menengah–panjang karena memerlukan koordinasi dengan tim IT serta persetujuan investasi dari manajemen puncak. Sebaliknya, penyederhanaan *approval matrix* dan penetapan SLA bersifat prosedural sehingga dapat diimplementasikan dalam jangka pendek tanpa investasi sistem tambahan.

c. Target Lead Time dan PCE Future State

Tabel 6. Perbandingan Current State dan Future State.

Fase Proses	Lead Time Current (mnt)	VA Time (mnt)	NVA Current (mnt)	NVA Future (mnt)	Lead Time Future (mnt)	PCE Future (%)
Inbound	205	106	99	36	142	74,65%
Storage	141	52	89	52	104	50,00%
Outbound	328	155	173	67	222	69,82%
TOTAL	674	313	361	155	468	66,88%



Berdasarkan Tabel 6, total *lead time* keseluruhan diproyeksikan menurun dari 674 menit menjadi 468 menit (berkurang 206 menit atau 30,6%), sementara PCE keseluruhan meningkat dari 46,43% (kategori sedang) menjadi 66,88% (kategori baik) — melewati ambang 60% yang menjadi batas efisiensi tinggi menurut klasifikasi. Peningkatan

PCE paling signifikan secara poin terjadi pada fase *inbound*, dari 51,70% menjadi 74,65% (naik 22,95 poin), diikuti fase *outbound* yang naik dari 50,84% menjadi 69,82% (naik 18,98 poin).

Fase *storage* justru mencatat peningkatan PCE yang relatif lebih kecil, dari 36,88% menjadi 50,00% (naik 13,12 poin), karena NVA pada fase ini didominasi oleh *waste Motion & Transportation* (38 menit) yang bersumber dari faktor layout fisik — jenis *waste* yang secara inheren memerlukan intervensi fisik/operasional bertahap (*slotting*, penataan ulang layout) dan tidak dapat direduksi secepat *waste Overprocessing* maupun *Waiting* yang bersumber dari sistem informasi dan prosedur administrasi. Meski demikian, proyeksi PCE keseluruhan 66,88% ini tetap berada pada kategori efisiensi tinggi, menunjukkan bahwa usulan perbaikan yang dirancang dalam penelitian ini secara agregat mampu membawa PT MEIN mendekati tingkat efisiensi yang dicapai Rusadi dan Sumiati sebesar 64,56% sebelum perbaikan, meskipun kompleksitas administrasi awal PT MEIN jauh lebih tinggi. Implementasi usulan perbaikan dikelompokkan ke dalam tiga horizon waktu berdasarkan tingkat dampak dan kompleksitas, sebagaimana disajikan pada tabel berikut

Tabel 7. Usulan Perbaikan Future State Berdasarkan Jangka waktunya

Horizon	Usulan Perbaikan	Kompleksitas	Estimasi Waktu
Jangka Pendek (<i>Quick Win</i>)	<i>Approval matrix</i> berbasis risiko; SLA & notifikasi otomatis; <i>slotting</i> ABC <i>analysis</i> ; penambahan tangga portabel	Rendah– Sedang	1–3 bulan
Jangka Menengah	Penambahan alat handling; sistem penjadwalan kedatangan kendaraan	Sedang	3–6 bulan
Jangka Panjang	Integrasi sistem WMS-SAP-Excel menjadi <i>single-entry system</i>	Tinggi	6–12 bulan

Pengelompokan ini memungkinkan PT MEIN memperoleh manfaat perbaikan secara bertahap, dimulai dari solusi *quick win* yang tidak memerlukan investasi besar, sambil menyiapkan implementasi solusi jangka panjang yang memberikan dampak paling signifikan terhadap efisiensi proses secara keseluruhan.

d. Estimasi Peningkatan Kepuasan Pelanggan

Tabel berikut merangkum proyeksi reduksi *waste* utama dan keterkaitannya dengan aspek kepuasan pelanggan yang relevan.

Tabel 8. Estimasi Reduksi Waste dan Keterkaitan dengan Kepuasan Pelanggan

Jenis Waste	Current (mnt)	Future Estimasi (mnt)	Reduksi	Aspek Kepuasan yang Terdampak (Tabel 1.1)
<i>Overprocessing</i>	207	≈ 90	117 mnt (56,5%)	Kemudahan prosedur administrasi (saat ini 56,70% tidak puas)
<i>Waiting</i>	116	≈ 35	81 mnt (69,8%)	Kecepatan proses <i>inbound</i> (saat ini 58,30% tidak puas)
<i>Motion & Transportation</i>	38	≈ 30	8 mnt (≈21%)	Kecepatan proses <i>outbound</i> (saat ini 50% tidak puas)
TOTAL NVA	361	155	206 mnt (57,1%)	-

Penurunan *waste Waiting* sebesar 69,8% — yang bersumber dari antrian bongkar muat dan *bottleneck approval* secara konseptual menjawab langsung ketidakpuasan terhadap kecepatan proses *inbound* (58,30%). Penurunan *waste Overprocessing* sebesar 56,5% (117 menit) yang bersumber dari duplikasi *input* dan *multiple mandatory approval* secara konseptual menjawab langsung ketidakpuasan terhadap kemudahan prosedur administrasi (56,70%). Sementara itu, reduksi *waste Motion & Transportation* relatif lebih moderat (21,1%) karena solusinya bersifat fisik/layout yang implementasinya lebih bertahap dibandingkan perbaikan sistem informasi dan prosedur. Dengan demikian, usulan perbaikan yang dirancang tidak hanya berdampak pada indikator internal (*lead time* dan PCE), tetapi juga secara konseptual selaras dengan ekspektasi pelanggan yang telah teridentifikasi sejak awal

Secara ringkas, perancangan *Future State* VSM pada sub-bab ini menghasilkan tiga capaian utama yang saling terkait: (1) efisiensi waktu *lead time* keseluruhan berpotensi berkurang 30,6% (206 menit), dari 674 menit menjadi 468 menit; (2) efisiensi proses PCE keseluruhan berpotensi meningkat 20,45 poin, dari 46,43% menjadi 66,88%; dan (3) reduksi *waste* total waktu NVA berpotensi berkurang 57,1% (206 menit), dengan reduksi terbesar secara proporsional pada *waste Waiting* (69,8%), diikuti *Overprocessing* (56,5%) dan *Motion & Transportation* (21,1%). Ketiga capaian ini menjadi bukti empiris atas kontribusi pendekatan VSM yang mengintegrasikan aliran material dan aliran informasi secara simultan.

3.2. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses operasional gudang PT MEIN masih memiliki pemborosan yang memengaruhi efisiensi waktu pelayanan. Nilai *Process Cycle Efficiency* (PCE) awal sebesar 46,43% menunjukkan bahwa waktu yang digunakan untuk aktivitas yang memberikan nilai tambah masih lebih rendah dibandingkan keseluruhan waktu proses. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa sebagian besar waktu proses masih terserap oleh aktivitas *Non-Value Added* (NVA). Kondisi ini berbeda dengan hasil penelitian Rusadi dan Sumiati (2025) yang memperoleh PCE awal sebesar 64,56%. Perbedaan tersebut tidak semata-mata menunjukkan rendahnya kemampuan operasional PT MEIN, tetapi berkaitan dengan karakteristik proses gudang yang memiliki aliran informasi dan administrasi lebih kompleks. Artinya, sumber pemborosan PT MEIN tidak cukup dianalisis melalui perpindahan barang, sebab sebagian besar waktu yang hilang berasal dari aktivitas administratif dan informasi. Hal ini sejalan dengan prinsip *Lean* yang dikemukakan [10], [11], bahwa pengurangan pemborosan perlu diarahkan terhadap aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah bagi pelanggan.

Berdasarkan pemetaan *Current State Value Stream Mapping* (VSM), *waste* yang paling dominan adalah *Overprocessing*. Pemborosan tersebut berasal dari penginputan data secara berulang ke tiga sistem, yaitu Microsoft Excel, SAP, dan WMS, serta proses *multiple mandatory approval* yang melibatkan beberapa pihak. Aktivitas tersebut tidak memberikan nilai tambah terhadap barang maupun layanan yang diterima pelanggan, tetapi tetap mengonsumsi waktu tenaga kerja. Total *Overprocessing* mencapai 207 menit atau 57,3% dari keseluruhan NVA. Temuan ini menjadi jawaban bahwa sumber utama ketidakefisienan gudang PT MEIN bukan hanya berasal dari aktivitas fisik seperti pemindahan atau pencarian barang, tetapi juga berasal dari aliran informasi yang belum terintegrasi. [11] menjelaskan VSM sebagai alat untuk melihat keseluruhan aliran proses serta mengidentifikasi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah. Hasil penelitian ini memperluas penerapan VSM dengan memasukkan aliran informasi sebagai bagian yang dianalisis secara bersamaan dengan aliran material. Tanpa pemetaan informasi tersebut, pemborosan akibat duplikasi data dan persetujuan berjenjang berpotensi tidak terlihat.

Selain *Overprocessing*, *Waiting* menjadi pemborosan terbesar berikutnya dengan kontribusi 116 menit atau 32,1% dari total NVA. Waktu tunggu terutama muncul akibat antrian proses bongkar muat serta keterlambatan respons antarbagian selama proses *outbound*. Temuan ini menunjukkan bahwa aliran proses gudang tidak hanya dipengaruhi oleh aktivitas operator, tetapi juga oleh ketergantungan antarbagian. Proses yang membutuhkan konfirmasi atau persetujuan dari pihak lain dapat menciptakan antrian sebelum aktivitas berikutnya berjalan. *Motion* dan *Transportation* juga ditemukan dengan kontribusi 10,5%, terutama akibat pencarian barang dan tata letak penyimpanan yang belum mempertimbangkan frekuensi akses. Sementara itu, *Inventory*, *Defect*, dan *Overproduction* tidak ditemukan sebagai pemborosan yang dominan selama observasi. Pola tersebut memperlihatkan bahwa karakter pemborosan PT MEIN lebih banyak bersifat administratif dan sistemik dibandingkan pemborosan fisik. Temuan tersebut berbeda dengan [7] yang menemukan *Transportation*, *Waiting*, dan *Motion* sebagai pemborosan dominan di gudang *spare parts*. Perbedaan ini menunjukkan bahwa jenis *waste* sangat dipengaruhi oleh karakteristik proses dan sistem yang digunakan masing-masing gudang.

Hasil analisis *Fishbone Diagram* dan *Why-Why Analysis* memperlihatkan bahwa akar masalah utama tidak berhenti pada kesalahan operator. *Overprocessing* berakar dari penggunaan beberapa sistem secara bersamaan setelah proses migrasi sistem serta belum tersedianya *approval matrix* yang membedakan tingkat persetujuan berdasarkan risiko transaksi. *Waiting* berkaitan dengan keterbatasan alat *handling*, belum tersedianya sistem penjadwalan kedatangan kendaraan, serta belum adanya standar waktu respons antarbagian. Sementara itu, *Motion* dan *Transportation* berkaitan dengan metode penyimpanan yang belum mempertimbangkan frekuensi akses barang. Penggunaan *Fishbone Diagram* membantu mengelompokkan penyebab melalui unsur *Man*, *Machine*, *Method*, *Material*, dan *Environment*, sedangkan *Why-Why Analysis* digunakan untuk menelusuri penyebab hingga tingkat akar masalah [12]. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbaikan tidak cukup dilakukan melalui arahan kerja kepada operator, tetapi perlu menyentuh sistem informasi, prosedur persetujuan, pengaturan fasilitas, dan metode penyimpanan.

penelitian juga memperlihatkan hubungan antara pemborosan internal dengan persepsi pelanggan. Ketidakpuasan terhadap kecepatan *inbound* sebesar 58,30% sejalan dengan temuan *Waiting* yang muncul selama proses penerimaan barang. Ketidakpuasan terhadap kemudahan prosedur administrasi sebesar 56,70% juga sejalan dengan dominasi *Overprocessing* yang berasal dari penginputan data berulang dan persetujuan berjenjang. Wawancara dengan pelanggan internal menunjukkan bahwa penggunaan beberapa sistem yang belum tersinkronisasi memperlambat proses, sedangkan pelanggan eksternal menyampaikan adanya ketidakpastian waktu *outbound*. Temuan tersebut memberikan gambaran bahwa pemborosan yang terlihat melalui VSM tidak hanya menjadi persoalan internal gudang, tetapi turut

dirasakan oleh pengguna layanan. Dengan demikian, kepuasan pelanggan dapat digunakan sebagai indikator tambahan untuk melihat dampak pemborosan terhadap kualitas pelayanan.

Berdasarkan hasil *Future State VSM*, usulan perbaikan diarahkan kepada sumber pemborosan terbesar. Perbaikan *Overprocessing* dilakukan melalui integrasi sistem WMS, SAP, dan Excel serta penyederhanaan alur *approval* melalui *approval matrix* berbasis risiko. Pemborosan *Waiting* diarahkan melalui penetapan SLA respons antarbagian, pengaturan jadwal kedatangan kendaraan, dan perbaikan koordinasi proses *receiving* serta *outbound*. Pemborosan *Motion* dan *Transportation* diarahkan melalui penataan lokasi penyimpanan berdasarkan frekuensi akses barang. Rangkaian usulan tersebut diproyeksikan menurunkan *lead time* dari 674 menit menjadi 468 menit atau sebesar 30,6%, sekaligus meningkatkan PCE dari 46,43% menjadi 66,88%. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa penerapan *Lean Warehouse* melalui VSM mampu memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai sumber ketidakefisienan proses gudang PT MEIN. Perbaikan tidak diarahkan semata-mata terhadap aktivitas pemindahan barang, tetapi juga terhadap aliran informasi dan administrasi yang menjadi sumber pemborosan terbesar. Temuan tersebut sekaligus memperluas hasil penelitian [5], [6], [7] yang lebih banyak memusatkan analisis VSM terhadap aliran material. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi aliran material, aliran informasi, akar penyebab *waste*, serta kepuasan pelanggan menghasilkan dasar perbaikan yang lebih menyeluruh bagi gudang dengan administrasi kompleks.

5. KESIMPULAN

PT MEIN menunjukkan bahwa proses pergudangan masih memiliki pemborosan yang memengaruhi efisiensi waktu. Hasil analisis menggunakan *Lean Warehouse* dan *Value Stream Mapping (VSM)* menunjukkan bahwa nilai *Process Cycle Efficiency (PCE)* sebesar 46,43%, sehingga aktivitas yang memberikan nilai tambah masih lebih rendah dibandingkan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah. Pemborosan terbesar berupa *Overprocessing* sebesar 207 menit atau 57,3% dari total aktivitas *Non-Value Added (NVA)*. Pemborosan tersebut terutama berasal dari penginputan data secara berulang melalui Ms. Excel, SAP, dan WMS serta proses persetujuan yang melibatkan beberapa pihak. *Waiting* menjadi pemborosan berikutnya sebesar 116 menit atau 32,1%, terutama akibat antrean proses bongkar muat, keterlambatan respons bagian logistik, dan respons gudang. *Motion and Transportation* mencapai 38 menit atau 10,5%, yang berkaitan dengan tata letak serta penyimpanan barang yang belum mempertimbangkan frekuensi akses. Sementara itu, *Inventory, Defect, dan Overproduction* tidak menunjukkan pemborosan yang dominan selama pengamatan.

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN BUATAN (ARTIFICIAL INTELLIGENCE)

Dalam penyempurnaan naskah ini, penulis menggunakan kecerdasan artifisial generatif sebagai bantuan penyuntingan bahasa, penataan struktur, dan peningkatan kejelasan uraian berdasarkan naskah penelitian serta komentar reviewer. AI tidak digunakan untuk menghasilkan data eksperimen, memanipulasi hasil pengukuran, membuat replikasi fiktif, atau menetapkan temuan yang tidak didukung data. Seluruh data, angka, interpretasi, dan isi akhir naskah menjadi tanggung jawab penulis.

REFERENCES

- [1] P. Batwara, S. Sharma, S. Makkar, and A. Giallanza, 'Towards smart sustainable development through value stream mapping: A systematic literature review', *Sustainability*, vol. 15, no. 7, p. 6001, 2023, doi: 10.3390/su15076001.
- [2] K. N. Anisa and D. M. A. Pramesti, 'A lean warehousing approach for waste reduction: A case-based analysis using value stream mapping and VALSAT', *Journal of Applied Technology and Management*, vol. 14, no. 1, pp. 45–56, 2025.
- [3] Yahya, 'Penerapan lean warehouse untuk reduksi non value added activities', *Jurnal Teknik Operasional*, vol. 6, no. 1, 2024.
- [4] D. A. Dhika, A. Witonohadi, and A. D. Akbari, *The proposed warehouse improvement using lean approach to eliminate waste at the main warehouse of PT XYZ*. Jurnal UPN Veteran Yogyakarta, 2023.
- [5] R. A. Rusadi and S. Sumiati, 'Integrasi lean warehouse dan VSM untuk efisiensi waktu gudang distribusi', *Jurnal Logistik Kontemporer*, vol. 3, no. 1, pp. 12–21, 2025.
- [6] S. P. Nabila and S. Sumiati, *Warehousing process flow analysis using lean warehousing approach for waste minimization at PT XYZ*. Academia Open, 2025.
- [7] Riyadi, 'Penerapan VSM pada gudang spare parts', *Jurnal Teknik Operasional*, vol. 5, no. 2, 2025.

-
- [8] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta, 2019.
 - [9] U. Sekaran and R. Bougie, *Research methods for business: A skill-building approach*, 8th edn. John Wiley & Sons, 2021.
 - [10] T. Y. M. Zagloel and R. A. Sofyan, 'Penerapan lean warehouse dan VSM untuk peningkatan efisiensi pergudangan', *Jurnal Teknik Industri UI*, vol. 15, no. 1, pp. 40–52, 2024.
 - [11] I. P. Yuda, D. T. Wibowo, M. T. Thofanni, A. Tiyo, D. Apriyani, and T. N. Wiyatno, 'Pengurangan aktivitas tidak bernilai tambah dengan pendekatan lean manufacturing melalui metode value stream mapping', *Jurnal Riset Teknologi Industri*, vol. 19, no. 1, 2025.
 - [12] S. Syaproni and Hartini, 'Implementasi WMS untuk efisiensi proses gudang', *Jurnal Teknologi Informasi dan Industri*, vol. 11, no. 1, pp. 55–64, 2024.