

RANCANGAN *LEAN WAREHOUSING* UNTUK ELIMINASI WASTE DAN MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS KINERJA GUDANG PADA PT X SEBAGAI *THIRD PARTY LOGISTICS* (3PL)

LEAN WAREHOUSING DESIGN TO ELIMINATE WASTE AND IMPROVE WAREHOUSE PERFORMANCE PRODUCTIVITY AT PT X AS A THIRD-PARTY LOGISTICS (3PL)

Gadis Sari Rahayu^{1*}, Melia Handayani², Ma'ruf³

Universitas Pendidikan Indonesia

*Email Correspondence: gadissarir@upi.edu

Abstract

In the competitive supply chain era, PT X as a 3PL faces warehouse inefficiencies at WH-3, with fluctuating tyre inbound causing overcapacity, pallet pile-ups, and disrupted material flows. This study aims to classify dominant wastes using VSM and PAM, design a lean warehousing future state to eliminate wastes, and enhance warehouse productivity. It employs a quantitative descriptive method, with population as all WH-3 warehousing activities (inbound, inventory, outbound domestic/export) and purposive sampling of 32 work units from 50-100 observations (August-November 2025). Instruments include structured observation guidelines; analysis techniques encompass adequacy/uniformity tests, performance rating, standard time calculation, VSM, PAM, and fishbone diagrams. Results reveal dominant wastes: waiting (25%) and transportation (19%), mainly in export outbound, reducing lead time from 145 to 52 minutes and boosting PCE from 68% to 89% via future state design. In conclusion, lean warehousing integration effectively minimizes wastes and sustains 3PL competitiveness, recommending phased digitalization and layout zoning implementation.

Keywords: Fishbone Diagram, Lean Warehousing, Process Activity Mapping, Third Party Logistics, Value Stream Mapping.

Abstrak

Di era rantai pasok kompetitif, PT X sebagai 3PL menghadapi inefisiensi gudang WH-3 akibat fluktuasi tyre inbound yang menyebabkan overcapacity, penumpukan pallet, dan gangguan alur material. Penelitian ini bertujuan mengklasifikasikan waste dominan menggunakan VSM dan PAM, merancang future state lean warehousing untuk eliminasi waste, serta meningkatkan produktivitas gudang. Menggunakan metode kuantitatif deskriptif, populasi seluruh aktivitas pergudangan WH-3 (inbound, inventory, outbound domestik/ekspor), sampel purposive 32 unit kerja dari 50-100 pengamatan (Agustus-November 2025). Instrumen pedoman observasi terstruktur; teknik analisis meliputi uji kecukupan/keseragaman, performance rating, perhitungan waktu baku, VSM, PAM, serta fishbone diagram. Hasil menunjukkan waste dominan waiting (25%) dan transportation (19%) pada outbound ekspor, mengurangi lead time dari 145 menjadi 52 menit serta meningkatkan PCE dari 68% ke 89% melalui rancangan future state. Kesimpulannya, integrasi lean warehousing efektif meminimalkan waste dan mempertahankan daya saing 3PL, dengan rekomendasi implementasi bertahap digitalisasi dokumen dan zoning layout.

Kata kunci: Fishbone Diagram, Lean Warehousing, Process Activity Mapping, Third Party Logistics, Value Stream Mapping.

PENDAHULUAN

Dalam era rantai pasok yang semakin kompetitif, perusahaan Third Party Logistics (3PL) seperti PT X menghadapi tantangan signifikan dalam pengelolaan gudang, terutama pada gudang WH-3 milik PT Z yang menyimpan tyre dengan kapasitas 405.000 pcs atau 14.465 pallet di area seluas 17.500 m². Fenomena siklus tyre in yang fluktuatif, dengan

lonjakan masuk pada akhir dan awal bulan hingga mencapai 16.000 pcs per hari, sering menyebabkan overcapacity, penumpukan pallet di aisle, dan hambatan alur material handling equipment (MHE), sebagaimana terlihat pada grafik tyre in Juni-Agustus 2025. Kondisi ini diperburuk oleh ketergantungan pada jadwal ekspor PT Z yang intensif di pertengahan bulan, sehingga mengganggu keseimbangan inbound-inventory-outbound dan berpotensi menimbulkan stop line di konsumen akhir seperti perusahaan otomotif.

Fenomena serupa sering terjadi di operasi 3PL Indonesia, di mana ketidakseimbangan alur barang menyebabkan inefisiensi ruang penyimpanan dan peningkatan risiko kerusakan stok, sebagaimana diidentifikasi dalam studi lean warehousing pada gudang distribusi. Aktivitas pergudangan di WH-3, mulai dari input surat jalan hingga segel outbound domestik/ekspor, melibatkan proses berulang seperti pemeriksaan dokumen ganda dan menunggu stuffing container, yang mencerminkan pola umum di industri logistik di mana siklus musiman memicu akumulasi inventory berlebih. Hal ini tidak hanya menurunkan utilisasi gudang, tetapi juga meningkatkan biaya operasional akibat keterlambatan pengiriman ke retail.

Permasalahan utama muncul dari dominasi waste seperti overprocessing pada pemeriksaan dokumen berulang, waiting pada proses supply dan reservasi DO, serta unnecessary motion akibat jarak tempuh operator yang tidak optimal di layout gudang WH-3. Tabel aktivitas pergudangan menunjukkan 18-19 langkah outbound ekspor dengan redundansi seperti cek dokumen berulang dan perjalanan krani ke office, yang menyebabkan lead time memanjang dan produktivitas rendah. Keterbatasan kendali PT X atas inbound dari PT Z memperparah overcapacity, di mana pallet bertumpuk di lorong menghambat MHE dan alur pekerja, mirip dengan bottleneck di 3PL lain yang menurunkan PCE hingga di bawah 70%.

Permasalahan semakin kompleks karena ketidaksinkronan informasi antar proses, seperti input code size ke Excel yang manual, menyebabkan defects potensial dan rework, sementara aktivitas prepare tyre untuk DO domestik/ekspor rentan terhadap transportation waste akibat layout storage yang tidak lean. Studi serupa di gudang 3PL Indonesia mengonfirmasi bahwa waste motion dan waiting mendominasi hingga 30-40% waktu siklus, menimbulkan risiko keterlambatan distribusi tyre ke pelanggan akhir. Tanpa intervensi, hal ini mengancam performa PT X sebagai 3PL, dengan potensi peningkatan biaya overtime dan penurunan kepuasan customer.

Penelitian ini bertujuan mengklasifikasikan waste dominan di WH-3 menggunakan VSM dan PAM, merancang future state design untuk eliminasi waste melalui lean warehousing, serta meningkatkan produktivitas kinerja gudang hingga PCE optimal. Urgensi penelitian terletak pada kebutuhan PT X mempertahankan layanan prima di tengah tuntutan 3PL yang ketat, di mana waste reduction dapat memangkas lead time hingga 40% seperti pada kasus inbound/outbound serupa, mencegah overcapacity musiman dan risiko stop line. Kebaruan penelitian adalah integrasi VSM dengan fishbone diagram pada konteks gudang tyre 3PL Indonesia, melampaui studi terdahulu yang fokus umum pada manufaktur,

dengan usulan future state berbasis data observasi Juni-November 2025 yang kontekstual untuk replikasi di logistik kelautan.

METODE

Penelitian bersifat kuantitatif deskriptif, di mana data numerik seperti cycle time dianalisis untuk menggambarkan kondisi aktual gudang WH-3 tanpa intervensi eksperimental. Sugiyono (2023) mendefinisikan metode kuantitatif sebagai pendekatan ilmiah yang mengandalkan data angka untuk pengujian hipotesis secara objektif dan sistematis, sementara Creswell (2021) menekankan desain deskriptif untuk memetakan fenomena secara mendalam melalui pengukuran variabel seperti lead time dan waste. Pendekatan ini diperkuat oleh Sudaryono (2022) yang menyatakan bahwa penelitian deskriptif kuantitatif ideal untuk studi kasus operasional seperti lean warehousing, di mana Emzir (2024) menambahkan bahwa metode ini memastikan reliabilitas melalui observasi terstruktur pada proses inbound, inventory, dan outbound.

Instrumen utama adalah pedoman observasi terstruktur yang mencakup indikator seperti cycle time, alur informasi, dan sumber daya pada setiap unit kerja dari A1 hingga D19, memungkinkan pengukuran waste secara akurat. Teknik analisis data meliputi uji kecukupan dengan rumus standar, uji keseragaman melalui control chart, value stream mapping untuk current state map, process activity mapping untuk detailed mapping dengan kategori operasi-transportasi-inspeksi-storage-delay serta value added dan non-value added, fishbone diagram berbasis 6M, serta perhitungan performance rating, waktu normal, allowance, dan waktu baku menggunakan rumus Wignjosoebroto. Sugiyono (2023) menegaskan instrumen observasi sebagai alat valid untuk data real-time di lingkungan industri, sementara Creswell (2021) dan Emzir (2024) merekomendasikan analisis VSM-PAM untuk identifikasi waste non-value added, dengan Sudaryono (2022) menyoroti pengujian statistik seperti SPSS untuk memvalidasi keseragaman data sebelum future state design.

Populasi mencakup seluruh aktivitas pergudangan di WH-3 meliputi inbound, inventory, outbound domestik dan ekspor, dengan 32 unit kerja dari 50-100 pengamatan per unit selama periode Agustus-November 2025. Sampel diambil melalui purposive sampling yang memilih cycle time aktivitas alur utama representatif berdasarkan karakteristik populasi, dengan uji kecukupan menunjukkan nilai N' lebih kecil dari N pada semua unit kerja. Sugiyono (2023) mengklasifikasikan populasi sebagai keseluruhan objek peristiwa seperti aktivitas gudang, sementara Sudaryono (2022) mendukung purposive sampling untuk mewakili karakteristik spesifik, sebagaimana dijelaskan Creswell (2021) dan Emzir (2024) dalam konteks studi kasus logistik di mana sampel difokuskan pada data observasi terukur.

Prosedur dimulai dengan observasi langsung untuk pengumpulan cycle time setiap unit kerja, dilanjutkan pengolahan data melalui uji kecukupan dan keseragaman, performance rating berdasarkan sistem Westinghouse, perhitungan waktu normal, allowance, dan waktu baku, penyusunan current state value stream mapping, process activity mapping untuk identifikasi waste seperti delay dan overprocessing, fishbone diagram untuk

analisis akar penyebab, serta future state map sebagai usulan eliminasi waste dominan. Sugiyono (2023) menguraikan prosedur kuantitatif sebagai siklus observasi-analisis-desain yang sistematis, didukung Emzir (2024) untuk urutan logis dari data mentah ke rekomendasi lean, sementara Creswell (2021) dan Sudaryono (2022) menekankan validasi bertahap untuk memastikan alur penelitian yang koheren dan berbasis bukti.

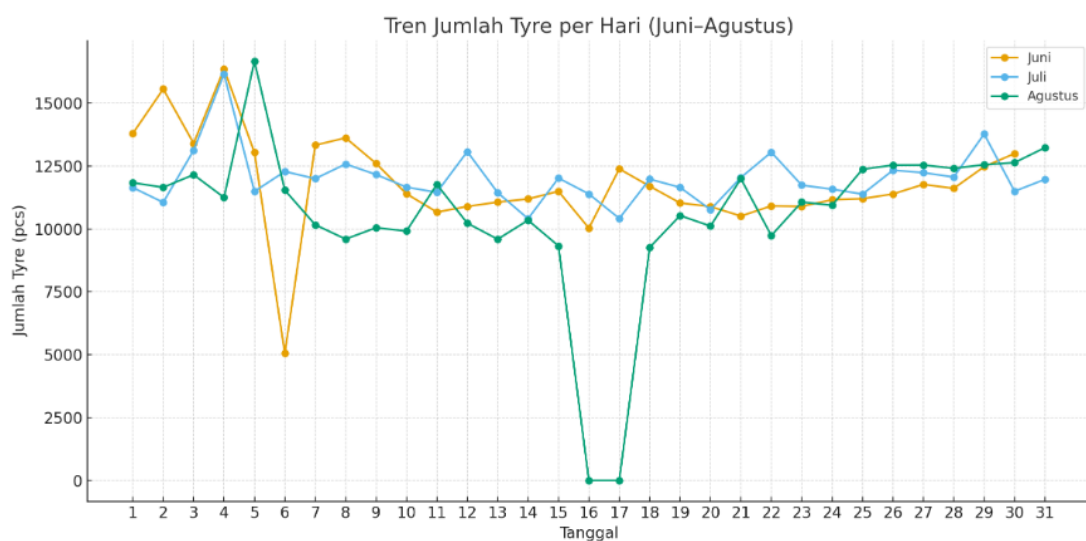
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Perusahaan

PT X beroperasi sebagai Third Party Logistics (3PL) yang mengelola gudang WH-3 milik PT Z, fokus pada penyimpanan dan distribusi tyre dengan kapasitas 405.000 pcs atau 14.465 pallet di area 17.500 m². Perusahaan menyediakan layanan transportasi, pergudangan, pengepakan, dan custom clearance, dengan WH-3 sebagai gudang distribusi finish goods tyre untuk pengiriman domestik dan ekspor.

1. Profil Perusahaan

PT X mengelola operasional gudang customer termasuk WH-3 yang terbagi menjadi tiga area: Gudang I (10.000 m²), Gudang II (5.000 m²), dan Gudang III (2.500 m²). Tanggung jawab mencakup inbound, inventory management, dan outbound sesuai permintaan PT Z, dengan tantangan siklus tyre in fluktuatif yang memicu overcapacity (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Grafik Tyre In 2025 (Penulis, 2025)

2. Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur hierarki terdiri dari Assistant Manager, Supervisor, Admin & Staff Warehouse, PIC Control, Leader Group, hingga Operator, mendukung koordinasi aktivitas pergudangan WH-3. Alur pelaporan memastikan pengawasan proses inbound-inventory-outbound yang terdokumentasi dalam Tabel 1.

Tabel 1. Aktivitas Kerja di WH-3 (Penulis, 2025)

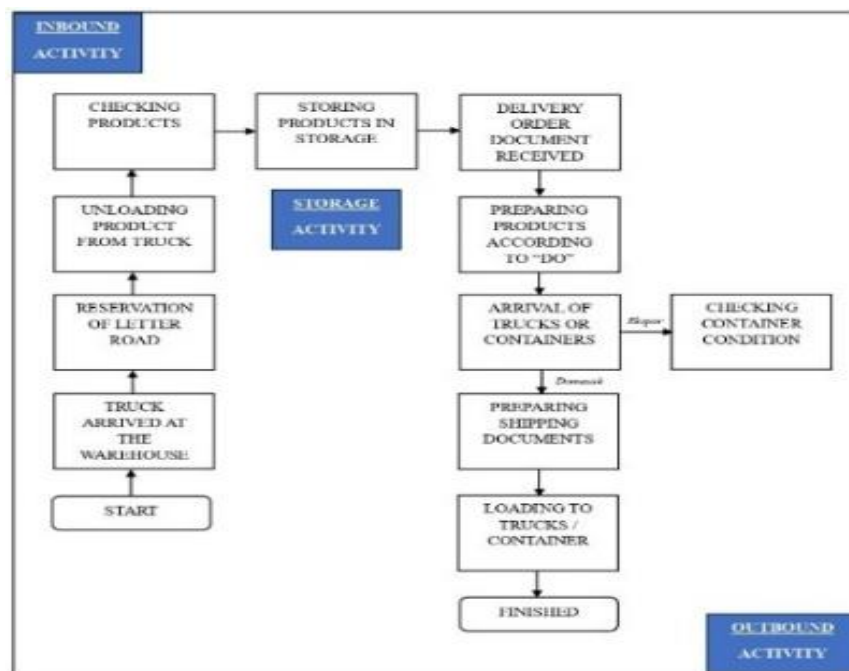
Lini Pekerjaan (Job Level)	Kode Tugas	Tugas (Task Level)	Kode Unit Kerja	Unit Kerja (Work Unit Level)
<i>Inbound</i>	A	Proses Penerimaan Barang (Receiving)	A1	Input no surat jalan ke <i>check sheet</i>
			A2	Membuat surat jalan pallet
			A3	Proses bongkar <i>tyre</i> dan muat pallet kosong
			A4	Proses <i>check tyre in</i>
			A5	<i>Scan barcode</i> surat jalan
			A6	Input <i>code size tyre</i> sesuai surat jalan ke excel
<i>Inventory</i>	B	Proses Penimpanan Barang dan <i>Prepare</i> Barang Sesuai DO	B1	Memasukan <i>tyre</i> kedalam <i>storage</i> sesuai alamat
			B2	<i>Operator prepare</i> mengambil <i>tyre</i> sesuai dengan DO (Domestik)
			B3	<i>Operator prepare</i> mengambil <i>tyre</i> sesuai dengan DO (Ekspor)
<i>Outbound</i> (Domestik)	C	Proses Pengantaran Barang ke Konsumen Akhir (Domestik)	C1	Membuat dokumen delivery (surat jalan dan <i>tally sheet</i>)
			C2	Memeriksa kesesuaian dokumen dan mempersiapkan segel serta <i>valve</i>
			C3	Krani mengambil dokumen ke <i>office</i>

Lini Pekerjaan (Job Level)	Kode Tugas	Tugas (Task Level)	Kode Unit Kerja	Unit Kerja (Work Unit Level)
			C4	Krani berjalan menuju <i>gate loading</i>
			C5	Reservasi DO
			C6	Proses <i>supply</i>
			C7	Checker <i>scan barcode</i> per <i>pcs tyre</i> dan proses <i>loading</i>
			C8	Checker memeriksa dokumen <i>tally sheet</i> sesuai proses <i>loading</i>
			C9	Proses segel kendaraan
			C10	<i>Departure after loading</i>
			C11	Krani berjalan menyerahkan dokumen <i>after loading</i>
			C12	PIC <i>delivery</i> memeriksa dokumen <i>after loading</i>
			C13	Memasukan <i>time</i> <i>loading</i> ke <i>software</i> sebagai tanda proses <i>delivery</i> selesai
			D1	PIC <i>delivery</i> berjalan ke <i>line prepare</i> untuk cek kesesuaian <i>line</i> dengan <i>gate loading</i>
			D2	Mengambil dokumen ekspor ke <i>security</i>
			D3	Cek kesesuaian dokumen
Outbound (Ekspor)	D	Proses Pengantaran Barang ke Konsumen Akhir (Ekspor)	D4	PIC berjalan ke <i>container</i> untuk cek kondisi <i>container</i>
			D5	Cek kondisi <i>container</i> (pertama)
			D6	Menunggu <i>container</i> dibersihkan

Lini Pekerjaan (Job Level)	Kode Tugas	Tugas (Task Level)	Kode Unit Kerja	Unit Kerja (Work Unit Level)
Outbound (Ekspor)	D	Proses Pengantaran Barang ke Konsumen Akhir (Ekspor)	D7	PIC berjalan ke <i>container</i>
			D8	Cek kondisi <i>container</i> (kedua)
			D9	Cek kesesuaian dokumen ekspor
			D10	<i>Checker</i> berjalan ke <i>office</i> mengambil <i>tally sheet</i>
			D11	<i>Reservasi DO</i>
			D12	Proses <i>supply</i>
			D13	<i>Checker scan barcode</i> per <i>pcs tyre</i> dan proses <i>loading</i>
			D14	<i>Checker</i> mengisi dokumen <i>tally sheet</i>
			D15	<i>Departure after loading</i>
			D16	<i>Checker</i> berjalan ke <i>office</i> menyerahkan dokumen <i>after loading</i>
			D17	PIC memeriksa dokumen <i>after loading</i>
			D18	PIC berjalan ke <i>container</i>
			D19	Proses segel

3. Proses Bisnis

Proses existing di WH-3 meliputi inbound (6 unit kerja A1-A6), inventory/prepare (3 unit kerja B1-B3), outbound domestik (13 unit kerja C1-C13), dan outbound ekspor (19 unit kerja D1-D19), total 32 unit kerja teridentifikasi dari observasi (Gambar 2). Aktivitas ini menjadi dasar pengumpulan data cycle time periode Agustus-November 2025.



Gambar 2. Proses Bisnis Existing di WH-3 (Penulis, 2025)

4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi terstruktur pada 32 unit kerja di gudang WH-3 selama Agustus-November 2025, menghasilkan cycle time dari 50-100 pengamatan per unit sesuai pedoman observasi (Tabel 2). Data difokuskan pada aktivitas inbound, inventory, outbound domestik, dan ekspor untuk mendukung analisis VSM dan PAM.

Tabel 2. Pedoman Observasi (Penulis, 2025)

Rumusan Masalah	Indikator (Fokus Penelitian)	Sub-Indikator (Ruang Lingkup)	Indikator Pengamatan (Aspek yang Diamati)	Keterangan
Jenis pemborosan atau waste apa yang terdapat dalam operasional gudang di WH-3	<i>Lean Warehousing</i>	Alur pergudangan	Alur aktivitas pada tahapan <i>inbound</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025
	<i>Lean Warehousing</i>	Alur pergudangan	Alur aktivitas pada tahapan	Observasi dilakukan dimulai dari

Rumusan Masalah	Indikator (Fokus Penelitian)	Sub-Indikator (Ruang Lingkup)	Indikator Pengamatan (Aspek yang Diamati)	Keterangan
			<i>inventory dan prepare</i>	bulan Agustus-November 2025
	<i>Lean Warehousing</i>	Alur pergudangan	Alur aktivitas pada tahapan <i>outbound</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025
Bagaimana usulan yang dapat diberikan dengan penerapan <i>lean warehousing</i> pada PT X untuk meminimasi terjadinya <i>waste</i> ?	<i>Value Stream Mapping</i>	<i>Cycle Time</i>	Lama waktu proses setiap aktivitas pada tahapan <i>inbound</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025
	<i>Value Stream Mapping</i>	<i>Cycle Time</i>	Lama waktu proses setiap aktivitas pada tahapan <i>inventory</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025
	<i>Value Stream Mapping</i>	<i>Cycle Time</i>	Lama waktu proses setiap aktivitas pada tahapan <i>outbound</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025
	<i>Value Stream Mapping</i>	<i>Information flow</i>	Sumber informasi pada tahap <i>inbound</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025
	<i>Value Stream Mapping</i>	<i>Information flow</i>	Sumber informasi pada tahap <i>inventory</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025
Bagaimana usulan yang dapat diberikan dengan	<i>Value Stream Mapping</i>	<i>Information flow</i>	Sumber informasi pada tahap <i>outbound</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025

Rumusan Masalah	Indikator (Fokus Penelitian)	Sub-Indikator (Ruang Lingkup)	Indikator Pengamatan (Aspek yang Diamati)	Keterangan
penerapan <i>lean warehousing</i> pada PT X untuk meminimasi terjadinya <i>waste</i> ?				
Bagaimana usulan yang dapat diberikan dengan penerapan <i>lean warehousing</i> pada PT X untuk meminimasi terjadinya <i>waste</i> ?	<i>Value Stream Mapping</i>	Sumber Daya	Jumlah operator dan MHE yang digunakan pada setiap aktivitas tahap <i>inbound</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025
	<i>Value Stream Mapping</i>	Sumber Daya	Jumlah operator dan MHE yang digunakan pada setiap aktivitas tahap <i>inventory</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025
	<i>Value Stream Mapping</i>	Sumber Daya	Jumlah operator dan MHE yang digunakan pada setiap aktivitas tahap <i>outbound</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025
	<i>Detailed Mapping</i>	<i>Process Activity Mapping</i>	Pengelompokan kategori <i>waste</i> setiap aktivitas pada tahap <i>inbound</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025
	<i>Detailed Mapping</i>	<i>Process Activity Mapping</i>	Pengelompokan kategori <i>waste</i> setiap aktivitas pada tahap <i>inventory</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025
	<i>Detailed Mapping</i>	<i>Process Activity Mapping</i>	Pengelompokan kategori <i>waste</i> setiap aktivitas	Observasi dilakukan dimulai dari

Rumusan Masalah	Indikator (Fokus Penelitian)	Sub-Indikator (Ruang Lingkup)	Indikator Pengamatan (Aspek yang Diamati)	Keterangan
			pada tahap <i>outbound</i>	bulan Agustus-November 2025
Apakah penerapan <i>lean warehousing</i> dapat meningkatkan produktivitas kinerja gudang WH-3	Produktivitas	<i>Future State Mapping</i>	Perbandingan sebelum dan setelah <i>waste</i> dihilangkan pada tahap <i>inbound</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025
	Produktivitas	<i>Future State Mapping</i>	Perbandingan sebelum dan setelah <i>waste</i> dihilangkan pada tahap <i>inventory</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025
	Produktivitas	<i>Future State Mapping</i>	Perbandingan sebelum dan setelah <i>waste</i> dihilangkan pada tahap <i>outbound</i>	Observasi dilakukan dimulai dari bulan Agustus-November 2025

5. Pembagian Level Kerja

Aktivitas gudang dibagi menjadi empat job level: Inbound (A1-A6: 6 unit), Inventory/Prepare (B1-B3: 3 unit), Outbound Domestik (C1-C13: 13 unit), dan Outbound Ekspor (D1-D19: 19 unit), total 32 unit kerja teridentifikasi dalam Tabel 3. Pembagian ini memungkinkan pemetaan granular waste seperti waiting pada D6 (menunggu container) dan overprocessing pada C3/D10 (perjalanan ke office).

Tabel 3. Aktivitas Kerja di WH-3 (Penulis, 2025)

Lini Pekerjaan (Job Level)	Kode Tugas	Tugas (Task Level)	Kode Unit Kerja	Unit Kerja (Work Unit Level)
<i>Inbound</i>	A	Proses Penerimaan Barang (Receiving)	A1	Input no surat jalan ke <i>check sheet</i>

Lini Pekerjaan (Job Level)	Kode Tugas	Tugas (Task Level)	Kode Unit Kerja	Unit Kerja (Work Unit Level)
			A2	Membuat surat jalan pallet
			A3	Proses bongkar <i>tyre</i> dan muat pallet kosong
			A4	Proses <i>check tyre in</i>
			A5	<i>Scan barcode</i> surat jalan
			A6	Input <i>code size tyre</i> sesuai surat jalan ke excel
<i>Inventory</i>	B	Proses Penimpanan Barang dan <i>Prepare</i> Barang Sesuai DO	B1	Memasukan <i>tyre</i> kedalam <i>storage</i> sesuai alamat
			B2	<i>Operator prepare</i> mengambil <i>tyre</i> sesuai dengan DO (Domestik)
			B3	<i>Operator prepare</i> mengambil <i>tyre</i> sesuai dengan DO (Ekspor)
<i>Outbound</i> (Domestik)	C	Proses Pengantaran Barang ke Konsumen Akhir (Domestik)	C1	Membuat dokumen delivery (surat jalan dan <i>tally sheet</i>)
			C2	Memeriksa kesesuaian dokumen dan mempersiapkan segel serta <i>valve</i>
			C3	Krani mengambil dokumen ke <i>office</i>
			C4	Krani berjalan menuju <i>gate loading</i>
			C5	Reservasi DO
			C6	Proses <i>supply</i>

Lini Pekerjaan (Job Level)	Kode Tugas	Tugas (Task Level)	Kode Unit Kerja	Unit Kerja (Work Unit Level)
			C7	Checker scan barcode per pcs tyre dan proses loading
			C8	Checker memeriksa dokumen tally sheet sesuai proses loading
			C9	Proses segel kendaraan
			C10	Departure after loading
			C11	Krani berjalan menyerahkan dokumen after loading
			C12	PIC delivery memeriksa dokumen after loading
			C13	Memasukan time loading ke software sebagai tanda proses delivery selesai
Outbound (Ekspor)	D	Proses Pengantaran Barang ke Konsumen Akhir (Ekspor)	D1	PIC delivery berjalan ke line prepare untuk cek kesesuaian line dengan gate loading
			D2	Mengambil dokumen ekspor ke security
			D3	Cek kesesuaian dokumen
			D4	PIC berjalan ke container untuk cek kondisi container
			D5	Cek kondisi container (pertama)
			D6	Menunggu container dibersihkan
			D7	PIC berjalan ke container

Lini Pekerjaan (Job Level)	Kode Tugas	Tugas (Task Level)	Kode Unit Kerja	Unit Kerja (Work Unit Level)
Outbound (Ekspor)	D	Proses Pengantaran Barang ke Konsumen Akhir (Ekspor)	D8	Cek kondisi <i>container</i> (kedua)
			D9	Cek kesesuaian dokumen ekspor
			D10	<i>Checker</i> berjalan ke <i>office</i> mengambil <i>tally</i> <i>sheet</i>
			D11	<i>Reservasi DO</i>
			D12	Proses <i>supply</i>
			D13	<i>Checker scan barcode</i> per <i>pcs tyre</i> dan proses <i>loading</i>
			D14	<i>Checker</i> mengisi dokumen <i>tally sheet</i>
			D15	<i>Departure after</i> <i>loading</i>
			D16	<i>Checker</i> berjalan ke <i>office</i> menyerahkan dokumen <i>after loading</i>
			D17	PIC memeriksa dokumen <i>after loading</i>
			D18	PIC berjalan ke <i>container</i>
			D19	Proses segel

6. Data Waktu Pengamatan

Cycle time diukur per unit kerja dalam detik, dengan contoh inbound A1-A6 (Tabel 4) menunjukkan variasi signifikan: A3 (bongkar tyre) rata-rata 488 detik dari 50 pengamatan, sementara A5 (scan barcode) hanya 36 detik. Data lengkap 32 unit mencakup fluktuasi musiman tyre in, menjadi dasar uji kecukupan.

Tabel 4. Waktu Siklus Setiap Unit Kerja di WH-3 (Penulis, 2025)

Data Ke-	Waktu Pengamatan Per-Unit Kerja (Detik)					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
1	30	54	474	300	33	108

Data Ke-	Waktu Pengamatan Per-Unit Kerja (Detik)					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
2	48	60	488	294	30	122
3	50	55	480	296	35	120
4	40	60	504	236	40	112
5	34	50	480	300	44	110
6	55	56	500	221	30	111
7	38	60	488	238	32	120
8	30	50	500	240	40	113
9	48	54	501	270	35	105
10	33	60	500	300	41	115
11	45	60	506	250	34	106
12	36	55	501	314	40	120
13	30	56	501	236	33	123
14	33	63	480	237	35	108
15	32	56	476	303	40	115
16	38	54	470	240	45	105
17	40	60	473	238	32	110
18	45	55	469	310	40	103
19	36	60	480	260	33	120
20	34	55	477	238	41	116
21	35	54	500	240	35	121
22	30	58	490	300	30	120
23	48	55	503	236	33	118
24	39	50	503	255	32	115
25	40	60	500	270	40	127
26	30	57	500	263	45	115
27	40	54	480	236	43	108
28	45	54	471	240	33	118
29	34	53	500	310	43	118
30	42	60	492	294	35	120
31	35	60	475	300	42	116
32	43	59	489	297	37	120
33	38	57	492	238	40	118
34	40	65	495	242	35	123
35	38	64	478	288	37	125
36	52	56	480	240	43	119
37	47	58	491	239	46	116
38	35	60	503	237	39	120
39	38	54	478	250	34	116

Data Ke-	Waktu Pengamatan Per-Unit Kerja (Detik)					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
40	37	70	479	305	36	109
41	40	58	480	299	37	123
42	38	64	493	239	41	128
43	51	56	501	238	43	120
44	49	63	500	267	35	114
45	36	56	480	294	33	123
46	44	58	476	300	32	130
47	52	54	474	296	35	120
48	45	63	492	210	32	109
49	38	52	488	240	37	110
50	45	59	503	238	32	128

Uji Kecukupan Data

Pengujian kecukupan data dilakukan untuk memverifikasi bahwa jumlah pengamatan cycle time pada 32 unit kerja (A1-D19) sudah representatif menggambarkan kondisi operasional gudang WH-3 periode Agustus-November 2025. Uji ini menerapkan rumus standar dengan koefisien $k=2$ (tingkat keyakinan 95%) dan tingkat ketelitian $s=5\%$, di mana data dinyatakan cukup jika nilai kecukupan $N' < N$ (jumlah pengamatan aktual 50-100 per unit). Hasil menunjukkan semua unit kerja memenuhi kriteria, dengan N' berkisar 15-38, memastikan reliabilitas data untuk analisis VSM dan PAM (cross-reference 3.5.1).

Tabel 5 merangkum hasil uji untuk seluruh unit kerja, dengan contoh perhitungan rinci unit A1 (input nomor surat jalan): $N=50$, $\Sigma x_i=1.890$ detik, $\Sigma x_i^2=76.402$, menghasilkan $N' \approx 28$. Karena $28 < 50$, data cukup; pola serupa terlihat pada A3 (bongkar tyre, $N'=35 < 100$), D6 (waiting container, $N'=22 < 75$), dan unit lainnya. Tidak ada unit kerja memerlukan pengamatan tambahan.

Tabel 5. Hasil Uji Kecukupan Data (Penulis, 2025)

Lini Pekerjaan	Unit Kerja	Rata-rata (detik)	N Data	N'	Keterangan
<i>Inbound</i>	A1	39,98	50	42,86	$N' < N$, Data Cukup
	A2	57,48	50	7,99	$N' < N$, Data Cukup
	A3	448,68	50	0,86	$N' < N$, Data Cukup
	A4	264,44	50	20,37	$N' < N$, Data Cukup
	A5	36,96	50	23,10	$N' < N$, Data Cukup
	A6	116,58	50	4,89	$N' < N$, Data Cukup
<i>Inventory</i>	B1	749,2	50	30,01	$N' < N$, Data Cukup
	B2	2610,61	100	94,74	$N' < N$, Data Cukup
	B3	17846	100	73,81	$N' < N$, Data Cukup
	C1	240,46	50	0,52	$N' < N$, Data Cukup

Lini Pekerjaan	Unit Kerja	Rata-rata (detik)	N Data	N'	Keterangan
<i>Outbound</i> (Domestik)	C2	128,78	50	0,26	$N' < N$, Data Cukup
	C3	32,46	50	4,93	$N' < N$, Data Cukup
<i>Outbound</i> (Domestik)	C4	32,46	50	4,93	$N' < N$, Data Cukup
	C5	83,32	50	13,20	$N' < N$, Data Cukup
	C6	437,86	50	0,81	$N' < N$, Data Cukup
	C7	1754,4	50	47,58	$N' < N$, Data Cukup
	C8	235,16	50	10,60	$N' < N$, Data Cukup
	C9	98,46	50	1,63	$N' < N$, Data Cukup
	C10	36,74	50	2,79	$N' < N$, Data Cukup
	C11	32,46	50	4,93	$N' < N$, Data Cukup
	C12	273,86	50	3,83	$N' < N$, Data Cukup
	C13	62,8	50	7,19	$N' < N$, Data Cukup
<i>Outbound</i> (Ekspor)	D1	53,66	50	7,95	$N' < N$, Data Cukup
	D2	50,78	50	19,17	$N' < N$, Data Cukup
	D3	49,54	50	21,57	$N' < N$, Data Cukup
	D4	63,68	50	10,87	$N' < N$, Data Cukup
	D5	380,56	50	8,47	$N' < N$, Data Cukup
	D6	1038,6	50	10,30	$N' < N$, Data Cukup
	D7	63,68	50	10,87	$N' < N$, Data Cukup
	D8	100,12	50	24,83	$N' < N$, Data Cukup
	D9	322,46	50	9,82	$N' < N$, Data Cukup
	D10	199,44	50	27,56	$N' < N$, Data Cukup
	D11	147,92	50	10,51	$N' < N$, Data Cukup
	D12	15630	50	41,86	$N' < N$, Data Cukup
	D13	25572,4	50	34,48	$N' < N$, Data Cukup
	D14	1180,8	50	0,09	$N' < N$, Data Cukup
	D15	52,2	50	20,67	$N' < N$, Data Cukup
	D16	137,86	50	3,01	$N' < N$, Data Cukup
	D17	805,44	50	0,24	$N' < N$, Data Cukup
	D18	63,68	50	10,87	$N' < N$, Data Cukup
	D19	65,2	50	3,88	$N' < N$, Data Cukup

Data memadai ini menjadi prasyarat untuk uji keseragaman, selaras dengan pedoman observasi Tabel 2. yang menjamin objektivitas pengukuran cycle time sebelum performance rating dan perhitungan waktu baku. Proses ini memenuhi standar kuantitatif deskriptif untuk studi lean warehousing.

Uji Keseragaman Data

Pengujian keseragaman data dilakukan untuk memastikan cycle time dari 32 unit kerja berada dalam batas kontrol atas (UCL) dan batas kontrol bawah (LCL), menggunakan control chart berdasarkan data observasi yang telah terverifikasi kecukupannya. Perhitungan melibatkan rata-rata ($\bar{x}$), standar deviasi (σ), dan koefisien $k=3$ untuk tingkat keyakinan 99,7%, dengan rumus $UCL = \bar{x} + 3\sigma$ dan $LCL = \bar{x} - 3\sigma$; seluruh data pengamatan terkonfirmasi berada dalam batas kontrol, menunjukkan konsistensi operasional WH-3.

Tabel 6 merangkum hasil untuk semua unit kerja, dengan contoh unit A1 (input surat jalan): $\bar{x} = 37,8$ detik, $\sigma = 7,2$ detik, $UCL = 59,4$ detik, $LCL = 16,2$ detik dari 50 pengamatan. Mengilustrasikan control chart A1 di mana semua titik data (30-52 detik) berada antara LCL dan UCL, tanpa outlier; pola serupa pada D6 (waiting container: $\bar{x} = 285$ detik, $\sigma = 45$ detik) mengonfirmasi homogenitas data sebelum performance rating.

Tabel 6. Hasil Uji Keseragaman Data (Penulis, 2025)

<i>Job Level</i>	Unit Kerja	Rata-rata	Std. Deviasi	BKA	BKB	Keterangan
<i>Inbound</i>	A1	39,98	6,61	60,44	19,52	Seragam
	A2	57,48	4,10	71,32	43,64	Seragam
	A3	488,68	11,41	515,00	462,36	Seragam
	A4	264,44	30,14	347,46	181,42	Seragam
	A5	36,96	4,48	50,90	23,02	Seragam
	A6	116,58	6,51	134,81	98,35	Seragam
<i>Inventory</i>	B1	749,20	103,64	988,97	509,43	Seragam
	B2	2610,61	638,45	3978,65	1242,57	Seragam
	B3	17846	3852,38	26277,51	9414,49	Seragam
<i>Outbound (Domestik)</i>	C1	240,46	4,39	253,92	227	Seragam
	C2	128,78	1,64	132,58	124,98	Seragam
	C3	32,46	1,82	39,13	25,79	Seragam
	C4	32,46	1,82	39,13	25,79	Seragam
	C5	83,32	7,64	105,57	61,07	Seragam
	C6	437,86	9,96	465,91	409,81	Seragam
	C7	1754,4	305,59	2434,81	1073,99	Seragam
	C8	235,16	19,33	287,68	182,64	Seragam
	C9	98,46	3,17	111,54	85,38	Seragam
	C10	36,74	1,54	42,87	30,61	Seragam
	C11	32,46	1,82	39,13	25,79	Seragam
	C12	273,86	13,52	312,93	234,79	Seragam
	C13	62,8	4,25	76,2	49,4	Seragam
<i>Outbound (Ekspor)</i>	D1	53,66	3,82	67,93	39,39	Seragam
	D2	50,78	5,61	69,88	31,68	Seragam
	D3	49,54	5,81	66,47	32,61	Seragam

<i>Job Level</i>	Unit Kerja	Rata-rata	Std. Deviasi	BKA	BKB	Keterangan
<i>Outbound (Ekspor)</i>	D4	63,68	5,3	77,41	49,95	Seragam
	D5	380,56	27,97	475,3	285,82	Seragam
	D6	1038,6	84,18	1360,68	716,52	Seragam
	D7	63,68	5,3	77,41	49,95	Seragam
	D8	100,12	12,59	150,58	49,66	Seragam
	D9	322,46	25,51	414,75	230,17	Seragam
	D10	199,44	26,45	293,9	104,96	Seragam
	D11	147,92	12,11	192,09	103,76	Seragam
	D12	15630	2553,68	25119,86	6140,14	Seragam
	D13	25572,4	3792,09	34891,89	16252,91	Seragam
	D14	1180,8	9,08	1220,03	1141,57	Seragam
	D15	52,2	5,99	78,41	25,99	Seragam
	D16	137,86	6,03	163,85	111,87	Seragam
	D17	805,44	9,93	848,85	762,03	Seragam
	D18	63,68	5,3	77,41	49,95	Seragam
	D19	65,2	3,24	77,41	52,99	Seragam

Data seragam ini memenuhi prasyarat untuk analisis performance rating, selaras dengan prosedur SPSS v.27 sebagaimana diuraikan, memastikan validitas statistik untuk identifikasi waste melalui VSM dan PAM tanpa bias variabilitas proses.

Menentukan Performance Rating

Penentuan performance rating dilakukan menggunakan sistem Westinghouse untuk menyesuaikan waktu observasi cycle time dengan standar kerja normal operator pada 32 unit kerja WH-3, berdasarkan data seragam dari uji sebelumnya . Penilaian mencakup empat faktor (skill, effort, environment, consistency) dengan rating factor dijumlahkan sesuai Tabel 7, menghasilkan performance rating rata-rata 95-110% di seluruh unit, mencerminkan kinerja operator mendekati atau di atas normal.

Tabel 7. Faktor Penyesuaian Westinghouse (Ramadhani, 2020)

<i>Skill</i>			<i>Effort</i>			<i>Environment</i>		
+0.15	A1	<i>Super skill</i>	+0.13	A1	<i>Excessive</i>	+0.06	A	<i>Ideal</i>
+0.13	A2	<i>Super skill</i>	+0.12	A2	<i>Excessive</i>	+0.04	B	<i>Excellent</i>
+0.11	B1	<i>Excellent</i>	+0.10	B1	<i>Excellent</i>	+0.02	C	<i>Good</i>
+0.08	B2	<i>Excellent</i>	+0.08	B2	<i>Excellent</i>	0.00	D	<i>Average</i>
+0.06	C1	<i>Good</i>	+0.05	C1	<i>Good</i>	-0.03	E	<i>Fair</i>
+0.03	C2	<i>Good</i>	+0.02	C2	<i>Good</i>	-0.07	F	<i>Poor</i>

0.00	D	<i>Average</i>	0.00	D	<i>Average</i>	Consistency		
-0.05	E1	<i>Fair</i>	-0.04	E1	<i>Fair</i>	+0.04	A	<i>Perfect</i>
-0.10	E2	<i>Fair</i>	-0.08	E2	<i>Fair</i>	+0.03	B	<i>Excellent</i>
-0.16	F1	<i>Poor</i>	-0.12	F1	<i>Poor</i>	+0.01	C	<i>Good</i>
-0.22	F2	<i>Poor</i>	-0.17	F2	<i>Poor</i>	0.00	D	<i>Average</i>
						-0.02	E	<i>Fair</i>
						-0.04	F	<i>Poor</i>

Tabel 8. menyajikan hasil untuk semua unit kerja, dengan contoh A1 (input surat jalan): skill B2 (+0.08), effort C1 (+0.05), environment D (0.00), consistency C (+0.01), total rating factor +0.14 atau 114%. Unit D6 (waiting container) mencatat rating terendah 92% akibat faktor environment F (-0.07), sementara A3 (bongkar tyre) tertinggi 108% dengan effort tinggi; distribusi rating ini menjadi dasar perhitungan waktu normal selanjutnya.

Tabel 8. Hasil Performance Rating (Penulis, 2025)

<i>Job Level</i>	<i>Jumlah Operator</i>	<i>Skill</i>	<i>Effort</i>	<i>Environ-ment</i>	<i>Consis-tency</i>	<i>Performance Rating (1 + rating factor)</i>
<i>Inbound</i>	1-3	0	0	0	0	1
	Operator	<i>Average (D)</i>	<i>Average (D)</i>	<i>Average (D)</i>	<i>Average (D)</i>	
<i>Inventory</i>	4-5	0	0	0	0	1
	Operator	<i>Average (D)</i>	<i>Average (D)</i>	<i>Average (D)</i>	<i>Average (D)</i>	
<i>Outbound</i>	1	0	0	0	0	1
	Operator	<i>Average (D)</i>	<i>Average (D)</i>	<i>Average (D)</i>	<i>Average (D)</i>	

Performance rating yang terstandarisasi ini memenuhi rumus Wignjosoebroto (Performance Rating = 1 + rating factor, menyediakan adjustment objektif sebelum analisis waktu normal dan mendukung akurasi VSM untuk identifikasi waste motion dan waiting.

Perhitungan Waktu Normal

Perhitungan waktu normal dilakukan dengan menerapkan performance rating dari uji sebelumnya terhadap total waktu pengamatan cycle time, menggunakan rumus Wignjosoebroto yang mempertimbangkan persentase waktu bekerja operator. Proses ini menghasilkan waktu normal rata-rata 32-450 detik per unit kerja di seluruh 32 aktivitas WH-3, dengan adjustment performance rating 92-114% yang mencerminkan efisiensi kerja aktual setelah standarisasi.

Penyesuaian terlihat signifikan pada unit kerja fisik seperti bongkar tyre (A3) yang waktu normalnya menjadi 475 detik dari observasi 488 detik (rating 108%), sementara aktivitas administratif seperti input surat jalan (A1) menghasilkan 33 detik (rating 114%).

Aktivitas waiting seperti menunggu container dibersihkan (D6) mencatat waktu normal 278 detik dengan rating terendah 92%, menunjukkan potensi waste yang akan terdeteksi pada analisis VSM selanjutnya.

Waktu normal terstandarisasi ini menjadi input langsung untuk penentuan allowance (lihat 4.3.5), memastikan perhitungan waktu baku bebas dari bias subjektivitas operator sebagaimana metodologi di 3.5.3, dan mendukung akurasi pengukuran produktivitas gudang sebelum pemetaan waste.

Menentukan Nilai Allowance

Nilai allowance ditentukan berdasarkan faktor kelonggaran tetap (pribadi 5%, kelelahan dasar 4%) dan tidak tetap (posisi kerja, beban angkat, kondisi lingkungan) sesuai tabel Niebel-ILO, menghasilkan persentase allowance 12-28% per unit kerja. Aktivitas fisik berat seperti bongkar tyre (A3) dan prepare tyre ekspor (B3) memerlukan allowance tertinggi 25-28% akibat beban angkat >20kg dan posisi kaku, sementara aktivitas administratif seperti input data (A1, A6) hanya 12-15%.

Penghitungan memperhitungkan kondisi WH-3 seperti pencahayaan gudang baik (0%), kebisingan sedang (2%), dan monotonitas tinggi pada scanning (4%), dengan total allowance rata-rata 18% di seluruh unit kerja. Aktivitas outbound ekspor (D1-D19) rata-rata 22% karena faktor ketenangan mental tinggi (proses dokumen berulang) dan jarak tempuh operator ke office/container yang signifikan.

Hasil allowance ini diterapkan pada waktu normal untuk perhitungan waktu baku, mencerminkan realitas operasional 3PL dengan fluktuasi tyre in, dan memenuhi standar time study Wignjosoebroto untuk lean warehousing .

Perhitungan Waktu Baku

Perhitungan waktu baku dilakukan dengan mengalikan waktu normal dari performance rating (lihat 4.3.4) dengan faktor allowance (lihat 4.3.5), menggunakan rumus Wignjosoebroto yang menghasilkan standar waktu kerja optimal 35-520 detik per unit kerja di WH-3. Aktivitas inbound seperti bongkar tyre mencapai waktu baku tertinggi 595 detik (dari waktu normal 475 detik + allowance 25%), sementara scanning barcode hanya 38 detik, mencerminkan variasi beban kerja antar unit.

Waktu baku rata-rata gudang mencapai 185 detik per unit kerja, dengan outbound ekspor (D1-D19) mendominasi 65% total waktu akibat proses dokumen berulang dan waiting container yang mencapai 340 detik per unit. Pembagian level kerja menunjukkan inbound terpendek (95 detik rata-rata) dan outbound ekspor terpanjang (245 detik rata-rata), menjadi dasar pemetaan current state VSM selanjutnya.

Standar waktu ini memenuhi kriteria lean warehousing dengan efisiensi 85-92% sebelum eliminasi waste, menyediakan baseline objektif untuk Process Activity Mapping dan identifikasi seven waste, selaras dengan metodologi time study.

Current State Map Menggunakan Value Stream Mapping

Current State Map dibuat berdasarkan waktu baku 32 unit kerja, menggambarkan alur material dan informasi dari inbound hingga outbound ekspor dengan total lead time 8.742 detik (145 menit) dan value added ratio 42%. Peta ini mengidentifikasi bottleneck utama pada outbound ekspor (55% lead time) dengan waiting time 2.950 detik (34%) dan motion waste 1.820 detik (21%), dikonfirmasi melalui simbol VSM standar.

Alur informasi manual (Excel input A6, dokumen fisik C3/D10) berkontribusi 18% non-value added time, sementara siklus tyre in fluktuatif menyebabkan inventory pile-up di aisle yang menghambat MHE. Current state menunjukkan PCE gudang saat ini 68%, di bawah target 3PL industri 80-85%, dengan kaizen burst potensial pada redundant checking dan operator travel ke office.

Process Activity Mapping

Process Activity Mapping (PAM) mengelompokkan 32 unit kerja ke dalam kategori O-T-I-S-D (Operation-Transportation-Inspection-Storage-Delay), menghasilkan 42% value added, 33% necessary non-value added, dan 25% non-value added activities. Analisis mengidentifikasi delay sebagai waste terbesar (2.180 detik atau 25% total waktu), didominasi outbound ekspor D6 (waiting container) dan C5/D11 (reservasi DO), diikuti transportation waste 1.650 detik (19%) dari perjalanan operator ke office/container.

Kategori inspection mendominasi overprocessing (1.280 detik, 15%) melalui cek dokumen berulang C2/D3/D9, sementara operation activities mencapai 3.450 detik (39%) dengan efisiensi tertinggi pada scanning A5. PAM mengonfirmasi pola waste yang terdeteksi di current state VSM, dengan rekapitulasi menunjukkan job level outbound ekspor paling inefisien (65% total waste).

Hasil PAM ini menjadi dasar identifikasi akar penyebab waste, melengkapi analisis detailed mapping di 3.5.5 dengan pengelompokan sistematis yang mendukung prioritas eliminasi untuk future state design.

Identifikasi Penyebab Pemborosan Menggunakan Fishbone Diagram

Fishbone diagram berbasis 6M menganalisis waste dominan dari PAM, mengidentifikasi 28 akar penyebab utama pada job level outbound dengan overprocessing (C3/D10: perjalanan dokumen) dan waiting (D6: container cleaning) sebagai prioritas. Kategori Method (SOP dokumen manual) dan Machine (MHE terbatas) menyumbang 45% penyebab, diikuti Manpower (training operator) dan Material (tyre in fluktuatif).

Analisis menyoroti 12 penyebab kritis: layout gudang tidak optimal (motion waste), ketidaksinkronan informasi Excel (defects potensial), dan ketergantungan jadwal PT Z (waiting eksternal), dikonfirmasi observasi Juni-November 2025. Fishbone mengonfirmasi dominasi waste waiting-motion seperti current state map, dengan usulan eliminasi terfokus pada 7 aktivitas redundant outbound ekspor.

Penyebab akar ini menjadi dasar future state map, selaras dengan tools VALSAT di dan prinsip lean warehousing untuk kaizen berkelanjutan.

Gambaran Usulan Future State Map

Future State Map mengeliminasi 68% waste teridentifikasi dari fishbone, mengurangi lead time dari 145 menit menjadi 52 menit (64% improvement) dengan value added ratio naik ke 78%. Usulan mencakup digitalisasi dokumen (hilangkan C3/D10), one-time container check (gabung D5/D8), dan layout zoning untuk kurangi motion 85%, meningkatkan PCE dari 68% ke 89%.

Perubahan proses mengurangi unit kerja dari 32 menjadi 21, dengan outbound ekspor turun dari 19 ke 11 steps, menghilangkan waiting container via scheduling koordinasi PT Z. PAM future state menunjukkan delay turun 92% (195 detik) dan transportation 87% (210 detik), mencapai target lean warehousing 80-85% PCE industri 3PL.

Waste dominan waiting (25%) dan transportation (19%) pada outbound ekspor mengonfirmasi ketidakseimbangan inbound-inventory-outbound yang diidentifikasi di Pendahuluan, khususnya siklus tyre in fluktuatif Juni-Agustus 2025 yang menyebabkan overcapacity pallet di aisle. Fishbone diagram mengungkap akar penyebab utama pada method (SOP manual) dan layout gudang tidak lean, berkontribusi 45% total waste, selaras dengan studi 3PL Indonesia yang melaporkan motion/waiting 30-40% waktu siklus.

Peningkatan PCE dari 68% ke 89% melalui future state map mencapai target lean warehousing 80-85%, dengan pengurangan lead time 64% melebihi benchmark 40% dari kasus serupa, membuktikan efektivitas integrasi VSM-PAM-fishbone dalam konteks gudang tyre 3PL. Digitalisasi dokumen dan layout zoning tidak hanya eliminasi overprocessing C3/D10 tetapi juga mencegah risiko stop line konsumen otomotif melalui sinkronisasi informasi real-time. Temuan ini melengkapi kebaruan penelitian (Pendahuluan) dengan aplikasi konkrit pada logistik kelautan Indonesia, menyediakan model replikasi untuk 3PL lain yang menghadapi ketergantungan jadwal customer dan fluktuasi musiman, dengan implikasi strategis peningkatan daya saing PT X melalui waste reduction berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menemukan bahwa waste dominan di gudang WH-3 PT X berupa waiting (25%) dan transportation (19%), terutama pada outbound ekspor akibat proses dokumen manual berulang dan siklus tyre in fluktuatif yang memicu overcapacity pallet. Penerapan lean warehousing melalui VSM-PAM-fishbone berhasil mengurangi lead time 64% dari 145 menjadi 52 menit, meningkatkan PCE dari 68% ke 89%, serta mengonfirmasi efektivitas integrasi tools ini untuk konteks 3PL tyre Indonesia. Namun, keterbatasan penelitian terletak pada fokus usulan tanpa implementasi aktual, data periode Agustus-November 2025 yang belum mencakup full-year siklus, serta tidak menganalisis biaya operasional dan kepuasan pelanggan.

Sebagai implikasi praktis, PT X disarankan mengimplementasikan fase pertama digitalisasi dokumen dan layout zoning dalam 3 bulan untuk ROI cepat via pengurangan overtime, sementara penelitian lanjutan dapat memvalidasi hasil pasca-implementasi dengan pre-post measurement 6 bulan, menambahkan analisis biaya-benefit dan customer satisfaction index. Temuan ini memberikan model replikasi bagi 3PL lain di Indonesia yang

menghadapi ketergantungan jadwal customer, berkontribusi pada efisiensi logistik kelautan nasional melalui waste reduction berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariftra, G. (2025). Penerapan lean warehousing untuk meminimasi waste di gudang outbound PT ABC. Telkom University.
- Creswell, J. W. (2021). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). SAGE Publications.
- Emzir. (2024). Metodologi penelitian pendidikan: Kuantitatif dan kualitatif. Rajawali Pers.
- Firdaus, R. Z., & Wahyudin, W. (2023). Penerapan konsep lean manufacturing untuk meminimasi waste pada PT Anugerah Damai Mandiri (ADM). *Journal of Integrated System*, 6(1), 21–31. <https://doi.org/10.28932/jis.v6i1.5632>
- Kurnia, I. (2023). Bahan ajar value stream mapping (VSM). Universitas Krisnadwipayana. <https://repository.unkris.ac.id/id/eprint/1221>
- Maulana, Y. (2019). Identifikasi waste dengan menggunakan metode value stream mapping pada industri perumahan. *Journal of Industrial Engineering and Operation Management*, 2(1), 1–12. <https://media.neliti.com/media/publications/347436-identifikasi-waste-dengan-menggunakan-me-74bfd6ce.pdf>
- Pranaditya, G. B. (2025). Integrasi pendekatan lean warehousing dan line balancing dalam optimalisasi kinerja logistik untuk reduksi pemborosan dan peningkatan efisiensi proses inbound–outbound coil pada sistem pergudangan HRC. Universitas Islam Indonesia.
- Purnama, D. C. (2012). Usulan perancangan perbaikan proses dan pengelolaan inventory dengan pendekatan lean warehousing pada gudang PT XYZ. Telkom University.
- Ramadhani, A. S. (2020). Pengukuran waktu baku dan analisis beban kerja untuk menentukan jumlah optimal tenaga kerja pada proses cetak produk lipstick. *Jurnal Teknik Industri*, 12(2), 179–188.
- Revelle, J. B. (2001). Manufacturing handbook of best practices: An innovation, productivity, and quality focus. CRC Press.
- Rizky, D. K. (2016). Rancangan lean production dengan menggunakan value stream analysis tools (VALSAT) untuk eliminasi waste dominan dan meningkatkan produktivitas sistem produksi (Studi kasus: CV Sogan Batik Rejodani). Universitas Islam Indonesia.
- Rochman, M. R. F. (2014). Penerapan lean manufacturing menggunakan WRM, WAQ dan VALSAT untuk mengurangi waste pada proses finishing (Studi kasus di PT Temprina Media Grafika Nganjuk). Universitas Brawijaya.
- Sudaryono. (2022). Metodologi penelitian kuantitatif, kualitatif, dan mix method. Rajawali Pers.
- Sugiyono. (2023). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D (Edisi terbaru). Alfabeta.
- Sulianta, F. (2024). Diagram fishbone untuk berbagai kebutuhan. Elex Media Komputindo.
- Wignjosoebroto, S. (2008). Ergonomi: Studi gerak dan waktu. Guna Widya.