

**PENGUKURAN KINERJA GUDANG DENGAN INTEGRASI
ASPEK GREEN PADA PENDEKATAN FRAZELLE MODEL DI
PT FLEXTECH PACKAGING INDONESIA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Nama : Manik Purbo Ulung
No. Mahasiswa 22522287

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 6 – April - 2026



Manik Purbo Ulung
22522287

SURAT BUKTI PENELITIAN



**FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI**

Gedung KH. Mas Mansur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14.5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext. 4110, 4100
F. (0274) 895007
E. fti@uii.ac.id
W. fti.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor : 313/Ka.lab SIMANTI/20/Lab.SIMANTI/VII/2026

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Dengan hormat,

Yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa:

Nama : Manik Purbo Ulung

Nim : 22522287

Jurusan : Teknik Industri

Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Elisa Kusriani, MT CPIM, CSCP, SCOR_P

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut diatas telah melaksanakan penelitian tugas akhir dengan judul ” **PENGUKURAN KINERJA GUDANG DENGAN INTEGRASI ASPEK GREEN PADA PENDEKATAN FRAZELLE MODEL DI PT FLEXTech PACKAGING INDONESIA**”. Mulai penelitian 10 November 2025 sampai 20 Juli 2026

Demikian surat keterangan penelitian ini kami buat. Atas perhatiannya dan kerja samanya kami mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Yogyakarta, 22 Juli 2026

Kepala Laboratorium
Sistem Manufaktur Terintegrasi


 Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PENGUKURAN KINERJA GUDANG DENGAN INTEGRASI ASPEK GREEN
PADA PENDEKATAN FRAZELLE MODEL DI PT FLEXTech PACKAGING
INDONESIA**



Disusun Oleh :

Nama : Manik Purbo Ulung

No. Mahasiswa : 22522287

Yogyakarta, 27 Juli 2026

Dosen Pembimbing 1

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Elisa Kusrini'.

**(Prof. Dr. Ir. Elisa Kusrini, MT
CPIM, CSCP, SCOR_P)**

Dosen Pembimbing 2

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Putri Dwi Annisa'.

(Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PENGUKURAN KINERJA GUDANG DENGAN INTEGRASI ASPEK GREEN PADA PENDEKATAN FRAZELLE MODEL DI PT FLEXTech PACKAGING INDONESIA

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Manik Purbo Ulung

No. Mahasiswa : 22522287

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 27 Juli 2026

Tim Penguji

Prof. Dr. Ir. Elisa Kusriani, MTCPIM, CSCP, SCOR P

Ketua

Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc

Anggota I

Ir. Muchamad Sugarindra, S.T., M.T.I., IPM

Anggota II





Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Ir. Muhammad Hewan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.

NIK 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat kesehatan, kekuatan, dan kemudahan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Karya ini penulis persembahkan sebagai ungkapan rasa syukur dan terima kasih kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Adhiek Sujayadi dan Ibu Lili Kusmiyati, yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, serta dukungan tanpa henti dalam setiap langkah penulis. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada kakak penulis, Linggi Damar Panuluh, yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan dukungan selama menempuh pendidikan hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Selain itu, tugas akhir ini penulis persembahkan kepada seluruh dosen Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan pengalaman selama masa perkuliahan. Tugas akhir ini juga menjadi wujud rasa terima kasih dan dedikasi penulis atas seluruh proses pembelajaran yang telah dilalui sebagai mahasiswa Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.

.

MOTTO

"Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan."

(Q.S. Al Insyirah: 5-6)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabaraakaatuh

Alhamdulillah rabbil'alam, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat, karunia, dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Pengukuran Kinerja Gudang dengan Integrasi Aspek *Green* pada Pendekatan *Frazelle Model* di PT Flextech Packaging Indonesia". Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya hingga akhir zaman.

Proses penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari berbagai tantangan dan kendala. Namun, berkat doa, dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak, seluruh rangkaian penelitian hingga penyusunan laporan dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng., Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., PhD., IPM selaku Ketua Program Studi Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Kedua orang tua dan kakak penulis yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, perhatian, serta dukungan moral maupun material selama proses perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
4. Prof. Dr. Ir. Elisa Kusrini, M.T., CPIM, CSCP, SCOR_P. dan Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, bimbingan, masukan, serta motivasi kepada penulis selama proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Bapak Ansor Firdaus, selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, serta kesempatan bagi penulis untuk belajar secara langsung mengenai proses kerja di lingkungan industri.
6. Bapak Sholeh, Bapak Farhan, Ibu Putri, dan Bapak Fariz, yang senantiasa membimbing, membantu, serta memberikan dukungan selama proses pengumpulan data di departemen *Production Planning and Inventory Control* (PPIC).
7. Seluruh karyawan dan pihak perusahaan yang telah memberikan kesempatan, informasi, serta bantuan yang sangat berarti dalam pelaksanaan kegiatan kerja praktik ini.
8. Kepala Laboratorium, Laboran serta Asisten Angkatan 2021, 2022, dan 2023 Laboratorium Sistem Manufaktur Terintegrasi (SIMAN) yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, dan motivasi selama proses perkuliahan.
9. *Partner* terdekat penulis yaitu Rylen, Yudhis, Dinda, Aji, Sultan, Fildzah dan Daji yang selalu memberikan dukungan, bantuan, serta kebersamaan selama menjalani perkuliahan hingga proses penyusunan tugas akhir.

Yogyakarta, 29 Juli 2026



Manik Purbo Ulung

22522287

ABSTRAK

Warehouse berperan penting dalam menjaga kelancaran aliran material, sehingga pengukuran kinerja diperlukan untuk meningkatkan efisiensi operasional sekaligus mendukung penerapan *green warehouse*. Penelitian ini bertujuan mengukur kinerja *warehouse* di PT Flextech Packaging Indonesia, mengidentifikasi akar penyebab rendahnya performa serta merumuskan usulan perbaikan. Pengukuran dilakukan menggunakan *frazelle model* yang diintegrasikan dengan indikator *green warehouse*, pembobotan *analytical hierarchy process* (AHP) dan normalisasi SNORM. Analisis akar penyebab dilakukan menggunakan diagram *fishbone* yang diintegrasikan dengan metode *5 why's*. Hasil penelitian menunjukkan nilai performa total *warehouse* sebesar 50% yang termasuk kategori *average*. Aktivitas *order picking* memiliki performa terendah (0,350), terutama pada indikator *finance*, *productivity*, dan *utilitize*. Analisis menunjukkan bahwa permasalahan utama berasal dari belum optimalnya standarisasi proses kerja, sistem identifikasi material, pengukuran kinerja, dan pengelolaan operasional *warehouse*. Berdasarkan hasil tersebut, diusulkan dua prioritas perbaikan, yaitu penyusunan *standard operating procedure* (SOP) aktivitas *order picking* serta pengembangan *SKU management* melalui *remodel* SKU, *visual label* dan *barcode*. Usulan tersebut diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional sekaligus mendukung penerapan *green warehouse* melalui pengurangan pemborosan dan konsumsi energi.

Kata Kunci: Performansi, *Warehouse*, *Frazelle*, KPI

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	9
1.3 Tujuan Penelitian.....	10
1.4 Manfaat Penelitian.....	11
1.4.1 Bagi perusahaan	11
1.4.2 Bagi akademisi	11
1.5 Batasan Penelitian	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1 Kajian Literatur	12
2.2 Landasan Teori.....	16
2.2.1 Warehouse	16
2.2.2 Green Warehouse	17
2.2.3 ISO 14001:2015 Sistem Manajemen Lingkungan	18
2.2.4 ISO 50001:2018 Sistem Manajemen Energi	19
2.2.5 Key Performance Indicator (KPI)	20
2.2.6 Frazelle Model.....	20
2.2.7 SNORM.....	21
2.2.8 Analytical Hierarchy Process (AHP)	22
2.2.9 Fish Bone Diagram.....	25
2.2.10 5 Why's Analysis	25
2.2.11 Plan Do Check Act (PDCA).....	26
2.2.12 Visual Management.....	26
2.2.13 Spaghetti Diagram.....	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Objek dan Subjek Penelitian	28
3.2 Sumber dan Metode Pengumpulan Data	28
3.2.1 Sumber Data	28
3.2.2 Metode Pengumpul Data	29
3.3 Pengolahan Data.....	30
3.3.1 Key Performance Indicator Model Frazelle	30
3.3.2 Pembobotan Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP).....	35
3.3.3 Normalisasi Nilai Menggunakan SNORM.....	35
3.4 Diagram Alur Penelitian.....	35
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	39
4.1 Pemodelan <i>Key Performance Indicator</i> (KPI) dengan Frazelle Model	39

4.1.1	Pembuatan Model KPI	39
4.1.2	Pendefinisian KPI Green	39
4.2	Pengukuran Performa	44
4.2.1	Pengukuran KPI	44
4.2.2	Pembobotan Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP)	55
4.2.3	Normalisasi SNORM	68
4.2.4	Pengukuran Performa Akhir.....	70
BAB V PEMBAHASAN		73
5.1	Analisis Hasil Pengukuran Performa <i>Warehouse</i>	73
5.1.1	Analisis Performa Aktivitas Warehouse	73
5.1.2	Analisis Performa Akhir Warehouse.....	76
5.2	Analisis Akar Penyebab	78
5.2.1	Fishbone dan 5 Why's Aspek Finance	80
5.2.2	Fishbone dan 5 Why's Aspek Productivity	81
5.3	Usulan Perbaikan.....	82
5.3.1	SOP Order Picking	87
5.3.2	Remodel SKU dan Visual Label	91
5.4	Analisis Usulan Perbaikan.....	93
5.4.1	SOP Order Picking	94
5.4.2	Visual Label	95
5.4.3	Dampak Perbaikan	96
BAB VI PENUTUP		98
5.1	Kesimpulan.....	98
5.2	Saran.....	100
5.2.1	Perusahaan.....	100
5.2.2	Penelitian Selanjutnya	101
DAFTAR PUSTAKA		103
LAMPIRAN.....		106

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur	14
Tabel 2. 2 Pengelompokkan KPI Frazelle Model	20
Tabel 2. 3 Kategori <i>Warehouse</i> Berdasarkan Nilai Performa	21
Tabel 2. 4 Tingkat Kepentingan	22
Tabel 2. 5 Indeks Konsistensi Acak	25
Tabel 4. 1 Model KPI <i>Green</i>	41
Tabel 4. 2 Pengukuran KPI Frazelle	54
Tabel 4. 3 Matriks Perbandingan Antar Proses Responden 1	55
Tabel 4. 4 Matriks Perbandingan Antar Proses Responden 2	56
Tabel 4. 5 Matriks Perbandingan Antar Proses Responden 1 dan 2 (<i>Geometric Mean</i>)	56
Tabel 4. 6 Hasil Pembobotan Antar Proses	56
Tabel 4. 7 Matriks Perbandingan Antar Aspek <i>Receiving</i> Responden 1	57
Tabel 4. 8 Matriks Perbandingan Antar Aspek <i>Receiving</i> Responden 2	58
Tabel 4. 9 Matriks Perbandingan Antar Aspek <i>Receiving</i> Responden 1 dan 2 (<i>Geometric Mean</i>)	58
Tabel 4. 10 Hasil Pembobotan <i>Receiving</i>	58
Tabel 4. 11 Matriks Perbandingan Antar Aspek <i>Put Away</i> Responden 1	59
Tabel 4. 12 Matriks Perbandingan Antar Aspek <i>Put Away</i> Responden 2	59
Tabel 4. 13 Matriks Perbandingan Antar Aspek <i>Put Away</i> Responden 1 dan 2 (<i>Geometric Mean</i>)	60
Tabel 4. 14 Hasil Pembobotan <i>Put Away</i>	60
Tabel 4. 15 Matriks Perbandingan Antar Aspek <i>Storage</i> Responden 1	61
Tabel 4. 16 Matriks Perbandingan Antar Aspek <i>Storage</i> Responden 2	61
Tabel 4. 17 Matriks Perbandingan Antar Aspek <i>Storage</i> Responden 1 dan 2 (<i>Geometric Mean</i>)	61
Tabel 4. 18 Hasil Pembobotan <i>Storage</i>	62
Tabel 4. 19 Matriks Perbandingan Antar Aspek <i>Order Picking</i> Responden 1	62
Tabel 4. 20 Matriks Perbandingan Antar Aspek <i>Order Picking</i> Responden 2	63
Tabel 4. 21 Matriks Perbandingan Antar Aspek <i>Order Picking</i> Responden 1 dan 2 (<i>Geometric Mean</i>)	63
Tabel 4. 22 Hasil Pembobotan <i>Order Picking</i>	64
Tabel 4. 23 Matriks Perbandingan Antar Aspek <i>Shipping</i> Responden 1	64
Tabel 4. 24 Matriks Perbandingan Antar Aspek <i>Shipping</i> Responden 2	64
Tabel 4. 25 Matriks Perbandingan Antar Aspek <i>Shipping</i> Responden 1 dan 2 (<i>Geometric Mean</i>)	65
Tabel 4. 26 Hasil Pembobotan <i>Shipping</i>	65
Tabel 4. 27 Rekapitulasi Pembobotan	66
Tabel 4. 28 Normalisasi SNORM	68
Tabel 4. 29 Pengukuran Performa Akhir <i>Warehouse</i>	70
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Performa Aktivitas <i>Warehouse</i>	73
Tabel 5. 2 Rekapitulasi Performa Aktivitas <i>Order Picking</i>	78
Tabel 5. 3 Integrasi <i>Root Cause</i>	83
Tabel 5. 4 Usulan Perbaikan	84
Tabel 5. 5 PDCA SOP	87
Tabel 5. 6 Rekomendasi SOP <i>Order Picking</i>	89
Tabel 5. 7 Prinsip <i>Visual Label</i>	92

Tabel 5. 8 Analisis Usulan SOP	94
Tabel 5. 9 Analisis Usulan <i>Visual Label</i>	95
Tabel 5. 10 Estimasi Dampak Perbaikan <i>Cycle Time</i>	96
Tabel 5. 11 Estimasi Dampak Perbaikan <i>Green</i>	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Perbandingan <i>Book Stock vs Stock Take</i>	4
Gambar 1. 2 Grafik Jumlah Return Tahun 2024	5
Gambar 1. 3 Jumlah Konsumsi Energi Listrik	7
Gambar 3. 1 <i>Layout Warehouse Raw Material</i>	28
Gambar 3. 2 Diagram Alur Penelitian	36
Gambar 4. 1 Model Key <i>Performance Indicator</i>	39
Gambar 4. 2 Rekapitulasi Pembobotan	66
Gambar 4. 3 Grafik Performa <i>Warehouse</i>	72
Gambar 5. 1 <i>Spaghetti Diagram</i>	80
Gambar 5. 2 <i>Fishbone Finance Order Picking</i>	80
Gambar 5. 3 <i>Fishbone Productivity Order Picking</i>	81
Gambar 5. 4 Usulan <i>Visual Label</i>	93
Gambar 5. 5 Usulan Label Identitas Order	93

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi Indonesia yang terus meningkat mendorong persaingan yang semakin ketat di sektor industri manufaktur. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (2025), industri manufaktur masih menjadi kontributor terbesar terhadap produk domestik bruto (PDB) Indonesia dengan kontribusi sebesar 18,98% sedangkan produksi industri manufaktur besar dan sedang mengalami pertumbuhan sebesar 2,61% pada tahun 2024. Pertumbuhan tersebut sejalan dengan pertumbuhan ekonomi nasional yang mencapai 5,03% sehingga menunjukkan bahwa sektor manufaktur masih menjadi salah satu penggerak utama perekonomian nasional. Kondisi tersebut mengharuskan perusahaan manufaktur untuk mampu menghasilkan produk dengan kualitas yang baik, biaya yang kompetitif serta ketepatan waktu pengiriman agar mampu mempertahankan daya saing di tengah persaingan global.

Peningkatan aktivitas manufaktur secara langsung berdampak pada meningkatnya kompleksitas pengelolaan rantai pasok (*supply chain*). Semakin besarnya volume produksi, variasi produk serta tingginya permintaan pasar menyebabkan arus material dan informasi menjadi semakin dinamis sehingga memerlukan sistem logistik yang mampu menjamin kelancaran proses mulai dari pengadaan bahan baku hingga distribusi produk kepada pelanggan. Menurut Christopher (2016), logistik tidak lagi dipandang sebagai aktivitas pendukung melainkan sebagai fungsi strategis yang berperan dalam menciptakan keunggulan kompetitif melalui pengelolaan aliran material, informasi, dan persediaan secara efektif. Sistem logistik yang dikelola dengan baik mampu meningkatkan tingkat pelayanan pelanggan, mengurangi biaya operasional, serta mempercepat respons perusahaan terhadap perubahan permintaan pasar.

Meskipun demikian, sistem logistik Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan dalam mendukung daya saing industri nasional. Organisation for Economic Co-operation and Development (2021) menjelaskan bahwa sistem logistik Indonesia masih dihadapkan pada rendahnya efisiensi operasional, keterbatasan integrasi informasi antar pelaku rantai pasok, serta perlunya modernisasi proses pergudangan dan distribusi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi logistik tidak hanya bergantung pada sistem transportasi, tetapi juga dipengaruhi oleh efektivitas pengelolaan setiap aktivitas di dalam rantai pasok, termasuk aktivitas pergudangan (*warehouse*).

Salah satu elemen penting dalam sistem *supply chain* yang berperan besar dalam mendukung efisiensi operasional perusahaan adalah *warehouse*. Menurut Agustina dan Vikaliana (2021), gudang merupakan area yang berfungsi penyimpanan barang dalam perusahaan. Namun dalam konsep manajemen logistik modern, *warehouse* tidak lagi hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan melainkan telah berkembang menjadi pusat pengendalian arus material dan informasi yang berperan dalam menjaga ketersediaan persediaan, meningkatkan akurasi stok serta memastikan kelancaran proses produksi dan distribusi. *Warehouse* menjadi penghubung antara aktivitas pengadaan, produksi hingga pengiriman produk kepada pelanggan sehingga performansi *warehouse* sangat memengaruhi performansi rantai pasok secara keseluruhan.

Kompleksitas pengelolaan *warehouse* juga terus meningkat seiring bertambahnya variasi produk, jumlah *stock keeping unit* (SKU), volume material serta frekuensi perpindahan barang. Menurut Gu et al (2007), meningkatnya kompleksitas tersebut menyebabkan aktivitas *warehouse* memerlukan sistem pengelolaan yang semakin terintegrasi agar setiap proses dapat berjalan secara efektif dan efisien. Apabila pengelolaannya tidak dilakukan secara optimal, *warehouse* berpotensi menjadi sumber pemborosan berupa meningkatnya biaya operasional, rendahnya produktivitas tenaga kerja, ketidaktepatan persediaan, keterlambatan distribusi hingga menurunnya tingkat pelayanan kepada pelanggan.

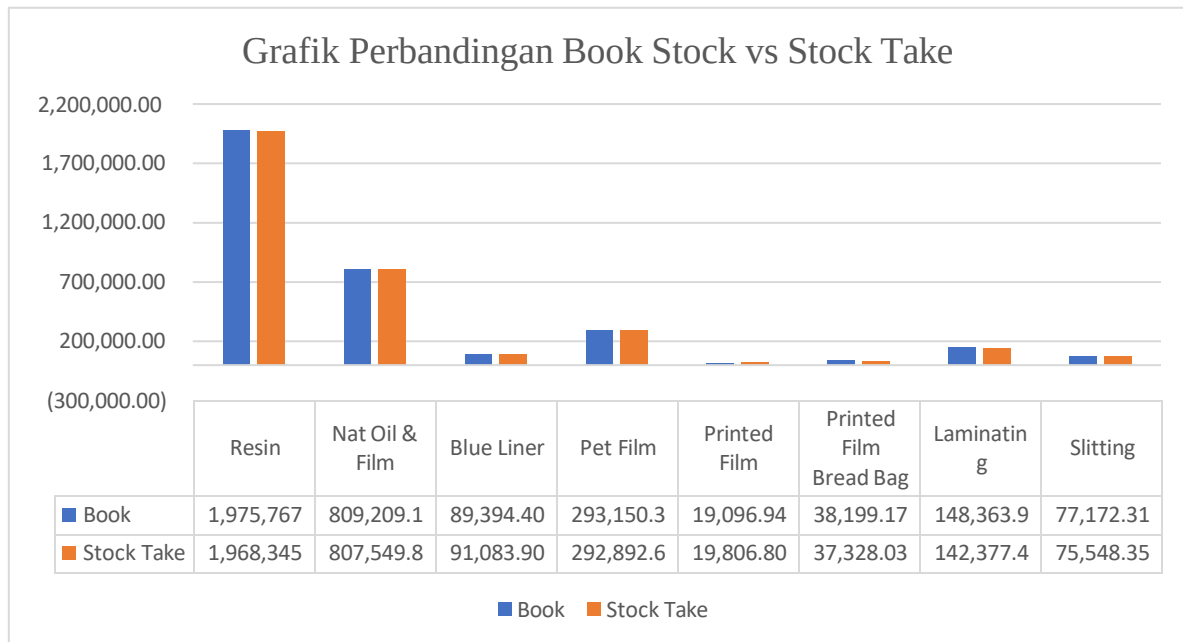
Selain itu, penelitian de Koster et al (2007) menunjukkan bahwa aktivitas operasional *warehouse* memberikan kontribusi yang besar terhadap total biaya logistik perusahaan dimana aktivitas *order picking* sendiri dapat menyumbang sekitar 55% dari total biaya operasional *warehouse*. Hal tersebut menunjukkan bahwa setiap inefisiensi pada aktivitas *warehouse* akan berdampak langsung terhadap peningkatan biaya logistik perusahaan. Oleh karena itu, perusahaan perlu melakukan evaluasi performansi *warehouse* secara berkala untuk mengidentifikasi aktivitas yang masih belum efisien sehingga dapat dilakukan perbaikan secara tepat sasaran.

Salah satu permasalahan yang sering menjadi penyebab menurunnya performansi *warehouse* adalah terjadinya *discrepancy* persediaan. *Discrepancy* merupakan kondisi ketika jumlah stok fisik di gudang tidak sesuai dengan data persediaan yang tercatat pada sistem perusahaan. Ketidaksesuaian tersebut dapat berupa selisih kurang maupun selisih lebih yang umumnya disebabkan oleh kesalahan pencatatan, keterlambatan pembaruan data, kesalahan penempatan material, kerusakan barang maupun kurang optimalnya

proses pengendalian persediaan. Akurasi data persediaan merupakan faktor penting dalam mendukung kelancaran aktivitas logistik. Apabila terjadi perbedaan antara stok fisik dan data pada sistem, perusahaan berisiko mengalami inefisiensi operasional yang ditandai dengan meningkatnya biaya, terganggunya proses perencanaan, menurunnya tingkat pelayanan kepada pelanggan serta berkurangnya kepercayaan terhadap informasi persediaan yang tersedia.

Dampak dari *discrepancy* tidak hanya terbatas pada ketidaksesuaian jumlah stok tetapi juga memicu berbagai aktivitas tambahan (*non-value added activities*) seperti pencarian material, verifikasi ulang stok, proses penyesuaian data (*stock adjustment*) hingga pengulangan proses administrasi. Aktivitas tersebut menyebabkan bertambahnya waktu proses, meningkatnya penggunaan tenaga kerja maupun *material handling equipment* serta pada akhirnya meningkatkan biaya operasional *warehouse*. Dengan demikian, akurasi persediaan menjadi salah satu indikator penting dalam menilai performansi sistem pergudangan.

Permasalahan tersebut menjadi tantangan nyata yang dihadapi oleh PT Flextech Packaging Indonesia yaitu perusahaan yang bergerak pada industri kemasan fleksibel. Sebagai perusahaan manufaktur, ketepatan stok bahan baku seperti resin, film, tinta dan material pendukung lainnya merupakan aspek yang sangat penting karena berhubungan langsung dengan kelancaran proses produksi. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan pada *warehouse* perusahaan, masih ditemukan ketidaksesuaian (*discrepancy*) antara jumlah persediaan yang tercatat pada sistem dengan hasil *stock take*. Berikut merupakan data perbandingan antara *book stock* dan *stock take* pada *warehouse* PT Flextech Packaging Indonesia:

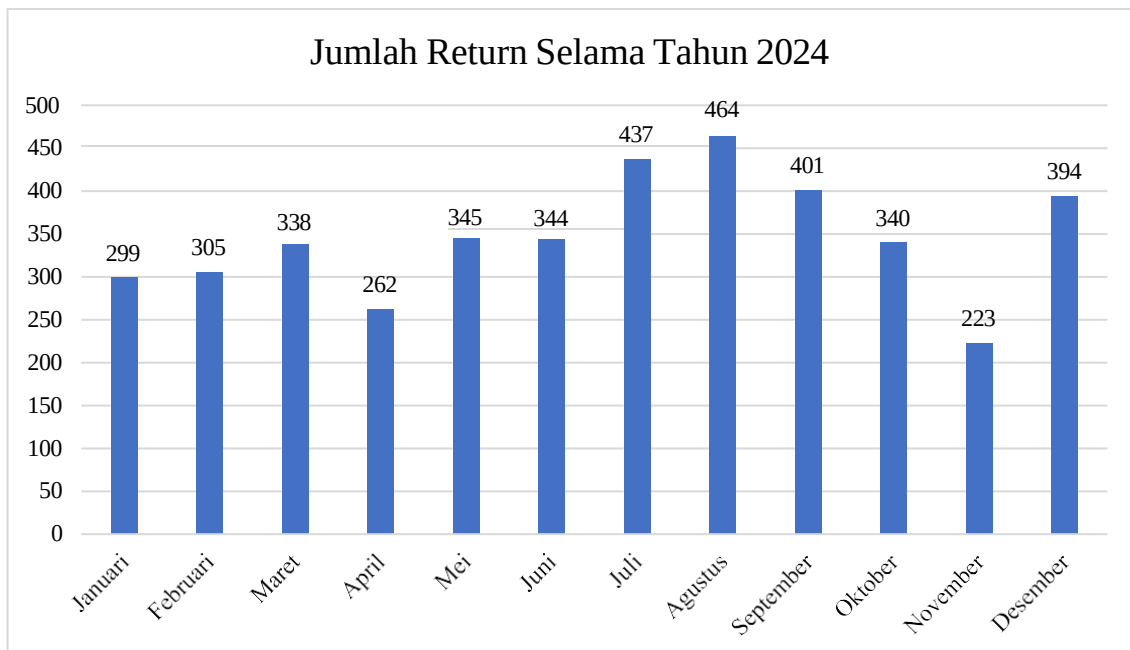


Gambar 1. 1 Grafik Perbandingan *Book Stock* vs *Stock Take*

Berdasarkan Gambar 1.1 diketahui terdapat selisih kurang (*stock shortage*) sebesar 7.422,25 kg dimana selisih terbesar terjadi pada kategori resin sebagai bahan baku utama produksi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem pengendalian persediaan masih belum berjalan secara optimal. Ketidaksesuaian stok tidak hanya berpotensi mengganggu perencanaan kebutuhan material (*material requirement planning*) tetapi juga meningkatkan aktivitas pencarian material, verifikasi ulang stok serta penggunaan *material handling equipment* yang berdampak pada meningkatnya biaya operasional perusahaan. Selain itu, dengan mengacu pada estimasi harga rata-rata resin di industri kemasan plastik sebesar Rp25.000/kg, *stock shortage* tersebut berpotensi menimbulkan kerugian finansial sekitar Rp185.556.250, sehingga menunjukkan bahwa *inventory discrepancy* tidak hanya berdampak pada efisiensi operasional, tetapi juga dapat mengurangi nilai persediaan perusahaan secara signifikan.

Permasalahan serupa juga ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh Irawan et al. (2014) pada PT Cipta Krida Bahari Samarinda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kegiatan *stock opname* ditemukan *discrepancy* sebanyak 1.083 item dengan nilai kerugian sebesar Rp235.055.420 sedangkan kategori *not found* mencapai 912 item dengan kerugian sebesar Rp265.053.540. Secara keseluruhan, total kerugian akibat *discrepancy* mencapai Rp500.108.960 atau sekitar 10,46% dari total nilai aset persediaan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ketidakakuratan persediaan bukan hanya menjadi permasalahan administratif, tetapi juga menimbulkan kerugian finansial yang

signifikan sehingga diperlukan evaluasi performansi *warehouse* secara menyeluruh untuk mengidentifikasi aktivitas yang menjadi sumber inefisiensi.



Gambar 1. 2 Grafik Jumlah Return Tahun 2024

Selain permasalahan *discrepancy*, PT Flextech Packaging Indonesia juga menghadapi tingginya jumlah *return* produk jadi selama tahun 2024. Berdasarkan gambar 1.2 , jumlah *return* tertinggi terjadi pada bulan Agustus sebanyak 464 kejadian. *return* tersebut disebabkan oleh kesalahan pengiriman, kerusakan produk selama distribusi serta produk *defect*. Tingginya angka *return* menunjukkan adanya potensi permasalahan pada aktivitas penyimpanan, *order picking* maupun *shipping*. Kondisi tersebut tidak hanya menyebabkan meningkatnya biaya penanganan produk, tetapi juga berdampak terhadap kepuasan pelanggan dan efektivitas proses distribusi.

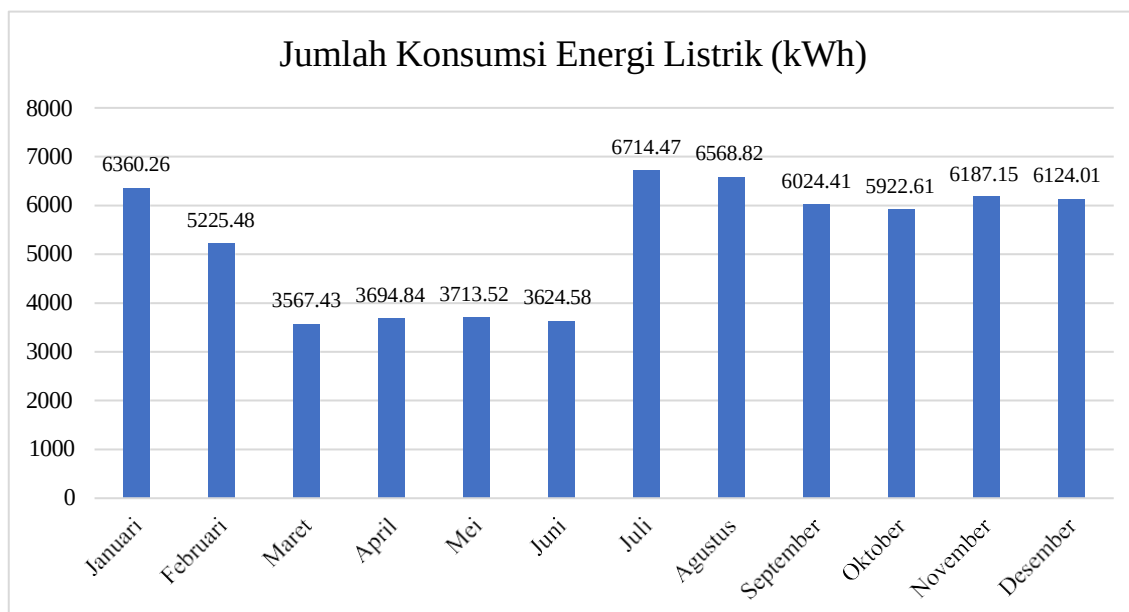
Berdasarkan kedua fenomena tersebut, dapat diketahui bahwa permasalahan *warehouse* di PT Flextech Packaging Indonesia tidak hanya berkaitan dengan akurasi persediaan tetapi juga mencakup efektivitas proses operasional dalam mendukung kelancaran distribusi produk. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang mampu mengevaluasi performansi setiap aktivitas *warehouse* secara komprehensif sehingga aktivitas yang memiliki performansi rendah dapat diidentifikasi beserta akar penyebabnya sebagai dasar dalam penyusunan usulan perbaikan.

Selain permasalahan yang berkaitan dengan efektivitas operasional, perusahaan manufaktur saat ini juga dihadapkan pada tuntutan untuk menerapkan prinsip keberlanjutan (*sustainability*) dalam setiap aktivitas bisnisnya. Konsep keberlanjutan

tidak lagi hanya berorientasi pada aspek ekonomi, tetapi juga mencakup aspek lingkungan sebagai bagian dari upaya meningkatkan daya saing perusahaan. Hal tersebut sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development goals*), khususnya pada tujuan ke-12 mengenai konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab serta tujuan ke-13 mengenai penanganan perubahan iklim. Oleh karena itu, perusahaan dituntut untuk mampu mengelola sumber daya secara lebih efisien tanpa mengurangi kualitas layanan maupun produktivitas operasional.

Dalam konteks sistem logistik, konsep keberlanjutan diwujudkan melalui penerapan *green warehouse*, yaitu pendekatan pengelolaan pergudangan yang bertujuan meminimalkan dampak lingkungan tanpa mengurangi efektivitas operasional. Implementasi *green warehouse* umumnya dilakukan melalui peningkatan efisiensi penggunaan energi, pengelolaan limbah yang lebih baik, optimalisasi penggunaan sumber daya serta penerapan teknologi yang mendukung operasional pergudangan secara berkelanjutan. Salah satu aspek yang menjadi perhatian dalam penerapan *green warehouse* adalah konsumsi energi. Lewczuk et al (2021) menunjukkan bahwa konsumsi energi *warehouse* dipengaruhi oleh berbagai komponen operasional seperti konsumsi energi bangunan, *material handling equipment* dan peralatan pendukung lainnya. Oleh karena itu, pengukuran konsumsi energi dapat digunakan sebagai salah satu indikator dalam mengevaluasi performa lingkungan aktivitas pergudangan.

Salah satu aspek lingkungan yang memiliki kontribusi besar terhadap aktivitas *warehouse* adalah konsumsi energi listrik. Aktivitas seperti *receiving*, *put away*, *storage*, *order picking* dan *shipping* memanfaatkan berbagai fasilitas pendukung seperti sistem penerangan, komputer administrasi, *forklift*, *reach truck* maupun peralatan *material handling* lainnya yang membutuhkan energi listrik selama proses operasional berlangsung. Oleh karena itu, konsumsi energi dapat digunakan sebagai salah satu indikator untuk menggambarkan tingkat efisiensi operasional sekaligus dampak lingkungan dari aktivitas *warehouse*.



Gambar 1. 3 Jumlah Konsumsi Energi Listrik

Berdasarkan gambar 1.3, konsumsi energi listrik *warehouse* selama tahun 2024 menunjukkan pola yang berfluktuasi. Penggunaan energi tertinggi terjadi pada bulan Juli sebesar 6.714,47 kWh sedangkan penggunaan energi terendah terjadi pada bulan Maret sebesar 3.567,43 kWh. Variasi konsumsi energi tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan energi pada aktivitas *warehouse* masih belum konsisten sehingga diperlukan evaluasi lebih lanjut untuk mengetahui aktivitas operasional yang berkontribusi terhadap tingginya penggunaan energi. Selain berdampak pada meningkatnya biaya operasional, konsumsi energi yang tinggi juga berkaitan dengan meningkatnya jejak karbon (*carbon footprint*) perusahaan. Oleh karena itu, indikator konsumsi energi perlu dipertimbangkan sebagai bagian dari pengukuran performansi *warehouse* agar evaluasi yang dilakukan tidak hanya berorientasi pada aspek operasional, tetapi juga mempertimbangkan aspek keberlanjutan.

Pengukuran performansi *warehouse* merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas setiap aktivitas pergudangan secara objektif. Sistem pengukuran performansi memungkinkan perusahaan mengidentifikasi aktivitas yang memiliki performansi rendah, mengetahui akar penyebab terjadinya inefisiensi, serta menentukan prioritas perbaikan yang sesuai dengan kondisi operasional perusahaan. Tanpa adanya sistem pengukuran yang terstruktur, perusahaan akan mengalami kesulitan dalam menentukan area yang memerlukan perbaikan karena evaluasi hanya dilakukan berdasarkan persepsi atau pengalaman operasional.

Salah satu metode yang banyak digunakan dalam pengukuran performansi *warehouse* adalah metode yang dikembangkan oleh Edward H. Frazelle. Metode ini mengevaluasi performansi *warehouse* berdasarkan lima aktivitas utama, yaitu *receiving*, *put away*, *storage*, *order picking* dan *shipping*. Setiap aktivitas diukur menggunakan lima dimensi performansi yang meliputi *financial*, *productivity*, *utilization*, *quality* dan *cycle time* sehingga mampu memberikan gambaran performansi *warehouse* secara lebih komprehensif dibandingkan pengukuran yang hanya berfokus pada satu aspek operasional.

Keandalan metode Frazelle telah dibuktikan dalam berbagai penelitian. Penelitian yang dilakukan oleh Hidayatuloh et al (2022) menggunakan metode Frazelle untuk mengukur performansi *warehouse* pada industri farmasi dan memperoleh nilai performansi sebesar 55,60 yang termasuk dalam kategori *average*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode Frazelle mampu mengidentifikasi aktivitas *warehouse* yang memerlukan prioritas perbaikan berdasarkan hasil pengukuran setiap indikator performansi. Penelitian lain oleh Salva et al (2025) pada gudang bahan baku industri semen juga menunjukkan bahwa metode Frazelle berhasil mengidentifikasi aktivitas *order picking* dan *shipping* sebagai aktivitas dengan performansi terendah melalui integrasi metode Frazelle dengan *best worst method* (BWM) untuk pembobotan indikator.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian yang menggunakan metode Frazelle masih berfokus pada pengukuran performansi operasional konvensional. Dimensi yang digunakan umumnya hanya mencakup aspek *financial*, *productivity*, *utilization*, *quality* dan *cycle time* sedangkan indikator yang berkaitan dengan keberlanjutan lingkungan masih belum menjadi bagian dari sistem pengukuran performansi. Padahal, seiring meningkatnya perhatian terhadap penerapan *green logistics* dan *green warehouse*, aspek lingkungan menjadi salah satu indikator yang perlu dipertimbangkan dalam mengevaluasi performansi operasional *warehouse* secara menyeluruh.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan model pengukuran performansi *warehouse* dengan mengintegrasikan metode Frazelle dan indikator *green* yang disusun berdasarkan prinsip pengelolaan energi pada ISO 50001:2018 serta pengelolaan aspek lingkungan pada ISO 14001:2015. Indikator *green* yang digunakan meliputi konsumsi energi pada aktivitas *receiving*, *put away*, *storage* dan *order picking*,

serta timbulan limbah pada aktivitas *shipping*. Integrasi tersebut diharapkan mampu menghasilkan sistem pengukuran performansi yang tidak hanya mengevaluasi efisiensi operasional, tetapi juga mempertimbangkan dampak lingkungan dari setiap aktivitas *warehouse*.

Melalui hasil pengukuran performansi tersebut, penelitian ini selanjutnya mengidentifikasi aktivitas *warehouse* yang memiliki nilai performansi rendah, menganalisis akar penyebab permasalahan menggunakan *fishbone diagram* dan *5 whys analysis* serta menyusun usulan perbaikan yang mampu meningkatkan efisiensi operasional sekaligus mengurangi pemborosan sumber daya dan konsumsi energi. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baik secara akademis dalam pengembangan model pengukuran performansi *warehouse* maupun secara praktis sebagai dasar pengambilan keputusan bagi PT Flextech Packaging Indonesia dalam meningkatkan kinerja operasional dan penerapan konsep *green warehouse*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dipaparkan, PT Flextech Packaging Indonesia saat ini menghadapi berbagai tantangan dalam aktivitas pergudangannya. Pada aspek operasional, perusahaan mengalami *discrepancy* antara stok fisik dan stok sistem dengan selisih sebesar 7.422,25 kg, yang menunjukkan adanya ketidaksesuaian dalam pengelolaan persediaan. Selain itu, perusahaan juga menghadapi tingginya angka pengembalian produk jadi (*return*) yang mencapai 4.152 kejadian selama tahun 2024, yang mengindikasikan adanya potensi permasalahan pada proses penyimpanan, pengambilan barang (*picking*), maupun distribusi.

Di sisi lain, dari aspek lingkungan, aktivitas gudang juga menunjukkan konsumsi energi listrik yang berfluktuasi sepanjang tahun 2024 dengan penggunaan tertinggi mencapai 6.714,47 kWh serta terendah sebesar 3.567,43 kWh. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan energi pada area *warehouse* masih perlu dievaluasi agar lebih efisien dan sejalan dengan konsep keberlanjutan (*sustainability*).

Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa sistem evaluasi kinerja gudang yang hanya berfokus pada kelancaran arus barang dan indikator operasional konvensional belum mampu menggambarkan performansi gudang secara menyeluruh. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode pengukuran performansi yang komprehensif, tidak hanya untuk

mengidentifikasi inefisiensi operasional, tetapi juga mengintegrasikan aspek lingkungan sebagai bagian dari penerapan konsep *green warehouse*. Dalam penelitian ini, metode Frazelle dipilih sebagai pendekatan utama karena mampu mengevaluasi kinerja gudang berdasarkan lima aktivitas inti *warehouse*, yang kemudian dikembangkan dengan penambahan indikator lingkungan.

Oleh karena itu, permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan ke dalam beberapa poin sebagai berikut:

1. Bagaimana model *key performance indicators* (KPI) yang dapat digunakan untuk mengukur performansi aktivitas pergudangan dengan mengintegrasikan aspek green pada PT Flextech Packaging Indonesia?
2. Bagaimana tingkat performansi aktivitas pergudangan di PT Flextech Packaging Indonesia?
3. Faktor apa saja yang menjadi penyebab utama (*root cause*) dari inefisiensi pada indikator aktivitas pergudangan yang memiliki nilai performansi rendah?
4. Apa usulan perbaikan yang dapat dirumuskan untuk meningkatkan efisiensi operasional sekaligus meminimalkan dampak lingkungan (*waste*) pada sistem pergudangan tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menyusun *key performance indicators* (KPI) yang dapat digunakan untuk mengukur performansi aktivitas pergudangan dengan mengintegrasikan aspek green di PT Flextech Packaging Indonesia.
2. Mengetahui dan menganalisis tingkat performansi aktivitas pergudangan di PT Flextech Packaging Indonesia.
3. Mengidentifikasi faktor-faktor yang menjadi penyebab utama (*root cause*) dari inefisiensi pada indikator aktivitas pergudangan yang memiliki nilai performansi rendah.
4. Merumuskan usulan (*improvement*) strategis untuk meningkatkan efisiensi operasional sekaligus meminimalkan dampak lingkungan (*waste*) pada sistem pergudangan tersebut.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan, baik secara praktis maupun teoritis diantaranya:

1.4.1 Bagi perusahaan

1. Memberikan gambaran yang objektif dan terukur mengenai performansi aktivitas pergudangan baik dari sisi operasional maupun lingkungan.
2. membantu manajemen dalam mengidentifikasi *bottleneck* operasional
3. Memberikan rekomendasi perbaikan berbasis data yang dapat dipertimbangkan oleh perusahaan untuk mewujudkan sistem *green warehouse* yang lebih efisien

1.4.2 Bagi akademisi

1. Mengaplikasikan dan mengintegrasikan ilmu keilmuan teknik industri dan manajemen logistik secara langsung pada kasus nyata di dunia industri.
2. Menambah literatur dan referensi empiris mengenai pembengangan sistem pengukuran kinerja pergudangan yang tidak hanya berfokus pada indikator konvensional, tetapi juga mengintegrasikan dimensi keberlanjutan lingkungan.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan pokok yang telah ditetapkan, maka diberikan batasan-batasan penelitian sebagai berikut:

1. Objek penelitian difokuskan secara spesifik pada area operasional pergudangan (*warehouse*) *raw material* di PT Flextech Packaging Indonesia.
2. Data historis yang digunakan sebagai acuan dalam pengukuran performansi, evaluasi difokuskan pada periode operasional tahun 2024.
3. Pengukuran performansi pergudangan dibatasi menggunakan pendekatan kerangka kerja *world-class warehousing* (dikembangkan oleh Edward H. Frazelle) yang diintegrasikan dengan indikator lingkungan.
4. Penelitian ini dilaksanakan hingga tahap evaluasi performansi, analisis akar masalah, dan perumusan usulan perbaikan tanpa berlanjut hingga tahap implementasi. Pembahasan usulan perbaikan hanya mencakup konsep rekomendasi dan tidak membahas prosedur teknis implementasinya secara detail.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengukuran kinerja gudang telah berkembang melalui penerapan berbagai metode kuantitatif dan pendekatan berbasis *key performance indicator* (KPI). Pengukuran performa gudang pada dasarnya bertujuan untuk menilai efektivitas dan efisiensi aktivitas pergudangan baik dari sisi produktivitas, biaya, kualitas layanan, utilisasi sumber daya maupun ketepatan waktu proses. Dengan adanya pengukuran yang terstruktur, perusahaan dapat mengetahui tingkat pencapaian operasional serta menentukan langkah perbaikan yang tepat. Seiring perkembangan industri, pengukuran kinerja gudang tidak lagi hanya berfokus pada *output* operasional, tetapi juga mencakup perspektif strategis dan keberlanjutan lingkungan.

Salah satu metode yang banyak digunakan dalam pengukuran performa gudang adalah *objective matrix* (OMAX). Metode ini digunakan untuk menggabungkan beberapa indikator kinerja ke dalam satu nilai indeks sehingga memudahkan evaluasi performa secara keseluruhan. Dalam penerapannya, OMAX sering dikombinasikan dengan *traffic light system* (TLS) untuk mengklasifikasikan capaian kinerja ke dalam kategori warna hijau, kuning, dan merah sebagai dasar penentuan prioritas perbaikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masih banyak perusahaan berada pada kategori sedang hingga rendah, seperti pengukuran indeks kinerja *green warehouse* sebesar 11,15 yang belum memenuhi target seperti yang dilakukan oleh Muttaqin et al., (2022). Selain itu, pengukuran *green SCOR* juga menghasilkan skor 7,890 dalam kategori kuning yang menunjukkan performa belum optimal seperti yang ditunjukkan oleh Tri et al., (2025). Temuan serupa juga terlihat pada sektor energi, di mana evaluasi *green warehouse* menghasilkan distribusi indikator yang belum merata antara kategori baik, sedang dan buruk sebagaimana diteliti oleh Iskandar & Sudiar (2022).

Selain OMAX, pendekatan berbasis model operasional seperti *frazelle* juga banyak digunakan untuk mengevaluasi aktivitas inti pergudangan. Model ini menitikberatkan pengukuran pada lima aktivitas utama gudang yaitu *receiving*, *putaway*, *storage*, *order picking* dan *shipping*, dengan indikator seperti *financial*, *productivity*, *utilization*, *quality* dan *cycle time*. Pendekatan ini dinilai mampu menggambarkan performa setiap proses gudang secara lebih rinci. Studi menunjukkan bahwa kinerja gudang berada pada kategori rata-rata dengan nilai 55,60, sehingga diperlukan rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan efektivitas operasional seperti yang dilakukan oleh Hidayatuloh et al., (2022). Pengembangan lebih lanjut dari model ini menekankan pentingnya integrasi aspek keberlanjutan dalam pengukuran produktivitas gudang serta perlunya

penambahan indikator seperti produktivitas *order picking* dan *cycle time* untuk mencapai performa optimal sebagaimana dijelaskan oleh Fernando et al., (2022). Bahkan, penelitian terbaru mengintegrasikan *frazelle* dengan metode pembobotan seperti *best worst method* (BWM) untuk menghasilkan prioritas yang lebih akurat dan menunjukkan bahwa aktivitas shipping menjadi *bottleneck* utama dalam sistem pergudangan seperti yang dilakukan oleh Dewi (2025).

Di sisi lain, pendekatan manajerial seperti *balanced scorecard* (BSC) juga digunakan untuk mengukur kinerja gudang dari berbagai perspektif strategis yaitu keuangan, pelanggan, proses bisnis internal serta pembelajaran dan pertumbuhan. Pendekatan ini memungkinkan perusahaan menilai performa tidak hanya dari sisi operasional, tetapi juga dari pencapaian tujuan strategis organisasi. Penelitian menunjukkan bahwa perspektif pelanggan memiliki bobot prioritas tertinggi dibandingkan perspektif lainnya sehingga menjadi faktor utama yang memengaruhi kinerja keseluruhan seperti yang ditunjukkan oleh Kurniawan et al., (2023). Pendekatan ini juga didukung oleh integrasi metode *analytical hierarchy process* (AHP) untuk menentukan bobot KPI secara lebih objektif sehingga dapat memberikan wawasan strategis dalam pengambilan keputusan sebagaimana dilakukan oleh Rosyidah et al., (2024).

Perkembangan teknologi informasi juga mendorong penggunaan *business intelligence*, *data warehouse* dan *warehouse management system* (WMS) dalam pengukuran performa gudang. Sistem ini memungkinkan pengumpulan data secara *real time*, analisis KPI yang lebih akurat serta pengambilan keputusan berbasis data. Pemanfaatan *business intelligence* dan *data warehouse* untuk meningkatkan akurasi analisis kinerja telah dilakukan oleh Tricahyo et al., (2022). Selain itu, pentingnya WMS dan pengukuran KPI yang terstruktur juga menjadi sorotan dalam meningkatkan efisiensi operasional. Namun demikian, beberapa penelitian menunjukkan bahwa masih terdapat KPI dengan kategori buruk, terutama pada produktivitas tenaga kerja dan pemanfaatan kapasitas ruang seperti yang ditemukan oleh Suryajaya et al., (2022).

Seiring meningkatnya perhatian terhadap isu lingkungan, pengukuran kinerja gudang juga berkembang menuju konsep *green warehouse*. Dalam pendekatan ini, penilaian tidak hanya berfokus pada efisiensi operasional, tetapi juga mempertimbangkan dampak lingkungan dari aktivitas pergudangan. Pendekatan *green supply chain management* (GSCM) dan *green SCOR* menunjukkan bahwa aspek lingkungan seperti penggunaan air, limbah berbahaya, dan konsumsi energi menjadi indikator kritis yang masih perlu diperbaiki sebagaimana dijelaskan oleh Maini Heryanto (2022). Penelitian pada sektor logistik dan *fulfillment* juga menunjukkan bahwa sebagian besar indikator telah mencapai kategori baik, namun masih terdapat indikator kritis yang memerlukan perhatian khusus seperti yang dilakukan oleh Chandra Tjoe & Kosasih (2024). Hal ini

menegaskan bahwa implementasi konsep *green warehouse* masih memerlukan peningkatan berkelanjutan.

Selain itu, beberapa penelitian menyoroti pentingnya pengembangan KPI yang lebih komprehensif dan kontekstual sesuai kebutuhan industri. Penambahan kategori KPI seperti aspek ruang dan sistem informasi dinilai dapat meningkatkan akurasi evaluasi kinerja. Penelitian juga menunjukkan bahwa akar permasalahan rendahnya performa gudang dapat berasal dari kurangnya armada, ketidaktepatan perencanaan transportasi, lemahnya koordinasi antar departemen, dan kurangnya pelatihan karyawan sebagaimana ditemukan oleh Sarasi et al., (2024). Pada level operasional, pengukuran KPI khusus pada proses picking dan loading juga menunjukkan perlunya perbaikan pembagian tenaga kerja dan penjadwalan proses seperti yang dilakukan oleh Ramadhan (2022).

Secara keseluruhan, berbagai penelitian menunjukkan bahwa pengukuran kinerja gudang tidak lagi hanya berfokus pada aspek produktivitas, tetapi telah berkembang ke arah integrasi antara efisiensi operasional, perspektif strategis, pemanfaatan teknologi, dan keberlanjutan lingkungan. Meskipun berbagai metode seperti OMAX, Frazelle, BSC, AHP, dan Green SCOR telah banyak digunakan, masih terdapat gap dalam integrasi antar metode serta kebutuhan pengembangan KPI yang lebih komprehensif dan adaptif terhadap karakteristik industri. Hal ini membuka peluang penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan model pengukuran kinerja gudang yang lebih holistik dan berorientasi pada peningkatan berkelanjutan seperti yang dijelaskan oleh (Cosma et al., 2024).

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

No	Penulis	Bidang	Metode							Aspek
			BSC	KPI	Frazelle	AHP	SNORM	SCOR	OMAX	Green
1	(Muttaqin et al., 2022)	Logistik		√				√	√	√
2	(Hidayatuloh et al., 2022)	Farmasi		√	√	√	√			
3	(Sarasi et al., 2024)	Manufaktur		√		√			√	
4	(Kurniawan et al., 2023)	Logistik	√	√		√				
5	(Fernando et al., 2022)	Logistik		√	√					

No	Penulis	Bidang	Metode							Aspek
			BSC	KPI	Frazelle	AHP	SNORM	SCOR	OMAX	
6	(Iskandar & Sudiar, 2022)	Energi	√	√		√			√	√
7	(Cosma et al., 2024)	Manufaktur		√		√				√
8	(Maini Heryanto, 2022)	Agrikultur		√		√		√		√
9	(Tri et al., 2025)	Manufaktur		√		√		√	√	√
10	(Tricahyo et al., 2022)	Logistik	√	√						
11	(Dewi, 2025)	Manufaktur		√	√		√			
12	(Chandra Tjoe & Kosasih, 2024)	Logistik		√				√	√	√
13	(Suryajaya et al., 2022)	Logistik		√		√	√			
14	(Rosyidah et al., 2024)	Manufaktur	√	√		√				
15	(Ramadhan, 2022)	Manufaktur		√						
16	Penelitian Usulan	Manufaktur		√	√	√	√			√

Berdasarkan tabel 2.1, dapat disimpulkan bahwa berbagai penelitian sebelumnya telah menggunakan beragam metode untuk mengukur kinerja gudang, seperti OMAX, *balanced scorecard* (BSC), frazelle, AHP, SNORM dan SCOR, baik dari aspek produktivitas, efisiensi operasional maupun keberlanjutan lingkungan. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada satu pendekatan tertentu atau belum mengintegrasikan pengukuran aktivitas operasional

gudang dengan pembobotan indikator secara objektif serta aspek *green warehouse* secara menyeluruh. Beberapa penelitian telah membahas integrasi produktivitas gudang dengan *sustainability*, namun masih terbatas pada kajian konseptual dan belum banyak diterapkan secara kuantitatif pada sektor manufaktur.

Oleh karena itu, penelitian usulan akan melakukan pengukuran kinerja gudang pada sektor manufaktur dengan mengintegrasikan model Frazelle untuk mengevaluasi lima aktivitas utama pergudangan, *analytical hierarchy process* (AHP) untuk menentukan bobot prioritas setiap indikator kinerja, SNORM untuk melakukan normalisasi nilai KPI sehingga dapat dibandingkan dalam satu skala pengukuran serta indikator *green* untuk menilai aspek keberlanjutan lingkungan. Melalui pendekatan tersebut, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan sistem pengukuran kinerja gudang yang lebih komprehensif, objektif dan sesuai dengan kebutuhan industri sekaligus memberikan rekomendasi prioritas perbaikan guna meningkatkan performa operasional dan keberlanjutan gudang secara berkelanjutan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Warehouse

Warehouse atau gudang memiliki arti yaitu tempat yang digunakan untuk menyimpan barang dalam suatu perusahaan (Agustina & Vikaliana, 2021b). Namun, seiring berkembangnya operasi industri dan manajemen rantai pasok, peran gudang telah bertransformasi secara signifikan. Gudang sekarang tidak hanya sekadar menjadi tempat untuk menyimpan, tetapi juga menjadi fasilitas dinamis yang mampu memberikan nilai tambah (*value added*) terhadap suatu produk. Nilai tambah ini mencakup kegiatan seperti konsolidasi pesanan, *cross-docking*, pengemasan ulang, inspeksi kualitas hingga penanganan *reverse logistics* dari konsumen.

Dalam industri manufaktur, area pergudangan biasanya diklasifikasikan berdasarkan tahapan dan status material yang disimpan. Berikut merupakan jenis *warehouse/gudang* berdasarkan fungsi yang biasanya ada pada industri:

2.2.1.1 Warehouse Material

Salah satu gudang yang biasanya ada pada sebuah industri adalah gudang material, gudang material sendiri adalah gudang yang berfungsi untuk menyimpan material/bahan dasar yang belum dilakukan proses (Adianto et al., 2024). Gudang ini menjadi salah satu fasilitas penting dalam sebuah industri karena menyimpan bahan yang akan diolah pada rantai produksi sehingga kegiatan produksi bisa berjalan lancar.

Pengelolaan gudang material yang baik mencakup pengaturan tata letak (*layout*), sistem penyimpanan serta pengendalian persediaan yang efektif. Hal ini bertujuan untuk mempermudah proses pengambilan material (*picking*), mengurangi waktu pencarian serta menjaga kualitas bahan baku selama penyimpanan.

2.2.1.2 Warehouse Finished Good

Gudang barang jadi atau gudang *finished good* merupakan gudang yang berfungsi untuk menyimpan barang-barang yang telah melewati berbagai proses produksi dari awal hingga akhir sehingga sudah siap untuk dijual atau dikirimkan ke *customer* (Adianto et al., 2024).

Dalam pengelolaannya, gudang barang jadi harus mampu menjamin ketepatan jumlah, kualitas serta waktu pengiriman produk kepada pelanggan. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengendalian yang baik seperti *first in first out* (FIFO) atau *first expired first out* (FEFO) untuk menjaga kualitas produk serta meminimalkan risiko kerusakan atau kadaluarsa.

2.2.2 Green Warehouse

Green warehouse merupakan gudang yang dirancang dan dijalankan dengan menerapkan prinsip keberlanjutan guna mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Bartoloni, Bottani, & Grosse, 2019, dalam Shu Wen, 2023). Konsep ini muncul sebagai respons terhadap meningkatnya kesadaran akan pentingnya pelestarian lingkungan dalam aktivitas industri dan logistik.

Penerapan *green warehouse* tidak hanya berfokus pada efisiensi operasional tetapi juga pada pengurangan konsumsi energi, emisi karbon serta limbah yang dihasilkan dari aktivitas pergudangan. Beberapa praktik yang umum diterapkan dalam konsep ini antara lain penggunaan energi terbarukan, optimalisasi pencahayaan alami, penerapan sistem manajemen energi serta penggunaan peralatan *material handling* yang ramah lingkungan.

Selain itu, *green warehouse* juga mencakup pengelolaan limbah yang lebih baik, seperti daur ulang kemasan, pengurangan penggunaan bahan berbahaya, serta penerapan prinsip *reduce, reuse, recycle* (3R). Implementasi konsep ini tidak hanya memberikan manfaat lingkungan, tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi biaya operasional dalam jangka panjang serta memperkuat citra perusahaan sebagai entitas yang berkelanjutan.

Dalam implementasinya, konsep *green warehouse* juga didukung oleh standar internasional seperti ISO 14001 yang mengatur sistem manajemen lingkungan. Standar ini memberikan pedoman bagi organisasi dalam mengelola dampak lingkungan dari aktivitas operasional secara sistematis, termasuk dalam kegiatan pergudangan. Penerapan ISO 14001

dapat membantu perusahaan dalam mengendalikan penggunaan energi, mengelola limbah secara efektif serta mengurangi emisi yang dihasilkan sehingga mendukung terciptanya operasional gudang yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

2.2.3 ISO 14001:2015 Sistem Manajemen Lingkungan

ISO 14001:2015 merupakan standar internasional yang membahas sistem manajemen lingkungan yang membantu organisasi mengelola dampak lingkungan secara sistematis dan berkelanjutan (Badan Standardisasi Nasional, 2015). Standar ini dirancang untuk memberikan kerangka kerja bagi organisasi dalam mengidentifikasi, mengendalikan, memantau, serta mengevaluasi dampak lingkungan yang timbul akibat aktivitas operasional perusahaan. Penerapan ISO 14001:2015 tidak hanya berfokus pada pemenuhan regulasi lingkungan, tetapi juga mendorong organisasi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, mengurangi pencemaran, serta meningkatkan performansi lingkungan secara berkelanjutan.

ISO 14001:2015 menekankan pentingnya peningkatan kinerja lingkungan, pemenuhan kewajiban penataan, serta pencapaian sasaran lingkungan organisasi melalui pendekatan sistematis berbasis *continuous improvement*. Standar ini menggunakan konsep *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) yang memungkinkan organisasi melakukan perencanaan, pelaksanaan, evaluasi, dan tindakan perbaikan terhadap aspek lingkungan yang dimiliki. Dengan pendekatan tersebut, organisasi dapat mengidentifikasi aktivitas yang berpotensi menimbulkan dampak lingkungan dan menentukan tindakan pengendalian yang sesuai untuk meminimalkan dampak tersebut.

Dalam ISO 14001:2015 dijelaskan bahwa aspek lingkungan merupakan unsur kegiatan, produk, atau jasa organisasi yang dapat berinteraksi dengan lingkungan. Aspek lingkungan tersebut dapat menimbulkan dampak lingkungan baik yang bersifat merugikan maupun menguntungkan. Oleh karena itu, organisasi perlu melakukan pengendalian terhadap aktivitas operasional yang memiliki potensi konsumsi energi tinggi, penggunaan sumber daya berlebih, maupun timbulan limbah operasional.

Pada penelitian ini, penerapan konsep *green warehouse* dibatasi pada dua aspek utama yaitu pengurangan penggunaan energi listrik dan pengurangan sampah yang dihasilkan dari aktivitas pergudangan. Aspek penggunaan energi listrik diukur melalui konsumsi listrik pada aktivitas operasional gudang sedangkan aspek pengurangan sampah difokuskan pada limbah yang dihasilkan selama proses pergudangan seperti material kemasan. Pembatasan ini dilakukan agar pengukuran aspek *green warehouse* sesuai dengan kondisi operasional

perusahaan serta data yang tersedia, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai kontribusi aktivitas pergudangan terhadap efisiensi operasional dan keberlanjutan lingkungan.

2.2.4 ISO 50001:2018 Sistem Manajemen Energi

ISO 50001:2018 merupakan standar internasional mengenai sistem manajemen energi yang bertujuan membantu organisasi meningkatkan performansi energi melalui pengelolaan penggunaan dan konsumsi energi secara sistematis (International Organization for Standardization, 2018). Standar ini memberikan kerangka kerja bagi organisasi untuk merencanakan, mengendalikan, memantau, serta mengevaluasi penggunaan energi sehingga organisasi dapat meningkatkan efisiensi energi, menurunkan konsumsi energi, serta mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat penggunaan energi.

ISO 50001:2018 dirancang untuk membantu organisasi menerapkan sistem manajemen energi secara berkelanjutan melalui pendekatan continual improvement dengan konsep *Plan-Do-Check-Act* (PDCA). Melalui pendekatan tersebut, organisasi dapat melakukan perencanaan penggunaan energi, implementasi pengelolaan energi, *monitoring* performansi energi, serta tindakan perbaikan untuk meningkatkan efisiensi energi secara berkesinambungan. Selain itu, standar ini juga mendukung pengurangan emisi gas rumah kaca dan dampak lingkungan lainnya yang berkaitan dengan penggunaan energi.

Dalam ISO 50001:2018 dijelaskan bahwa performansi energi merupakan hasil terukur yang berkaitan dengan efisiensi energi, penggunaan energi, dan konsumsi energi organisasi. Oleh karena itu, organisasi perlu melakukan pengukuran dan pengendalian terhadap aktivitas yang memiliki penggunaan energi signifikan agar peluang peningkatan efisiensi energi dapat diidentifikasi dengan lebih baik.

ISO 50001:2018 juga memperkenalkan konsep *energy performance indicator* (EnPI), yaitu indikator kuantitatif yang digunakan untuk mengukur performansi energi organisasi. EnPI dapat berbentuk nilai konsumsi energi, rasio penggunaan energi, maupun indikator lain yang menunjukkan tingkat efisiensi energi pada suatu proses atau aktivitas tertentu. Selain itu, standar ini menekankan pentingnya proses *monitoring*, *measurement*, dan *analysis* terhadap penggunaan energi untuk mendukung pengambilan keputusan dan peningkatan performansi energi organisasi secara berkelanjutan.

2.2.5 Key Performance Indicator (KPI)

Key performance indicator atau yang dikenal dengan KPI merupakan indikator yang dapat diukur secara kuantitatif yang menggambarkan faktor keberhasilan utama suatu organisasi serta berfungsi sebagai alat untuk memantau dan mengevaluasi perkembangan pencapaian tujuan organisasi (Melladia et al., 2024). KPI memiliki peran penting dalam membantu manajemen untuk menilai efektivitas dan efisiensi dari suatu proses atau aktivitas yang dilakukan.

Selain itu, KPI juga berfungsi sebagai dasar dalam pengambilan keputusan strategis karena mampu memberikan informasi yang objektif dan terukur mengenai kondisi kinerja organisasi. Dalam penerapannya, KPI harus disusun secara spesifik, terukur, relevan dan selaras dengan tujuan organisasi agar dapat memberikan gambaran kinerja yang akurat. Oleh karena itu, pemilihan indikator yang tepat menjadi hal yang krusial agar KPI dapat digunakan secara optimal dalam meningkatkan kinerja organisasi secara berkelanjutan.

Dalam konteks pergudangan, KPI digunakan untuk mengukur performa berbagai aktivitas operasional seperti *receiving*, *putaway*, *storage*, *order picking*, dan *shipping*. Penggunaan KPI dalam *warehouse* memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan, meningkatkan produktivitas, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya sehingga dapat mendukung terciptanya operasional yang efisien dan efektif.

2.2.6 Frazelle Model

Model frazelle merupakan suatu metode yang dikembangkan oleh Edward Frazelle untuk mengevaluasi kinerja operasional gudang secara menyeluruh. Metode ini mengukur performa gudang berdasarkan lima aktivitas utama, yaitu *receiving*, *putaway*, *storage*, *order picking* dan *shipping* serta menggunakan lima indikator kinerja utama (KPI) yang meliputi aspek finansial (*financial*), produktivitas (*productivity*), pemanfaatan (*utility*), kualitas, dan waktu siklus (*cycle time*). Model ini mengelompokkan aktivitas dan indikator ke dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Pengelompokkan KPI Frazelle Model

<i>Activity</i>	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>
Receiving	<i>Cost/line</i>	<i>Receipts/man-hour</i>	<i>% Dock receiving utilization</i>	<i>% of correct receipt</i>	<i>Processing time/receipt</i>
Put Away	<i>Cost/line</i>	<i>Put away/man-hour</i>	<i>% Utilization of put away labor and equipment</i>	<i>% of perfect put away</i>	<i>Cycle time/put away</i>

<i>Activity</i>	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>
Storage	<i>Cost/line</i>	<i>Inventory/man-hour</i>	<i>% Location warehouse</i>	<i>% of accurate record</i>	<i>Inventory days on hand</i>
Order Picking	<i>Cost/line</i>	<i>Line picked/man-hour</i>	<i>% Utilization of picking labor and equipment</i>	<i>% of correct picked line</i>	<i>Pick cycle time (per order)</i>
Shipping	<i>Cost/line</i>	<i>Order shipped/man-hour</i>	<i>% Dock shipping utilization</i>	<i>% of perfect order</i>	<i>Cycle time/order</i>

Adapun untuk mengkategorikan performa warehouse berdasarkan nilai performanya menggunakan tabel sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Kategori Warehouse Berdasarkan Nilai Performa

Interval Nilai Performa	Kategori
> 90	<i>Excellent</i>
70 – 90	<i>Good</i>
50 – 70	<i>Average</i>
40 – 50	<i>Marginal</i>
< 40	<i>Poor</i>

2.2.7 SNORM

Score normalization atau dikenal dengan SNORM adalah proses yang digunakan untuk menyamaratakan parameter dari berbagai indikator yang digunakan (Sriwana et al., 2021). Hal ini penting untuk digunakan karena biasanya pada masing-masing indikator memiliki skala ukuran dan bobot yang berbeda antara satu sama lain sehingga perlu dilakukan penyamaratakan agar nilai yang diperoleh dapat menggambarkan performa aslinya. Adapun rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Larger is Better} = \frac{(S_i - S_{\min})}{(S_{\max} - S_{\min})} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Lower is Better} = \frac{(S_{\max} - S_i)}{(S_{\max} - S_{\min})} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

S_i = Nilai aktual dari indikator

S_{min} = Nilai minimum (paling rendah) dari indikator

S_{max} = Nilai maksimum (paling tinggi) dari indikator

2.2.8 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical hierarchy process merupakan metode yang digunakan untuk membantu proses pengambilan keputusan dan mendukung tujuan, strategi dan operasi bisnis. Penerapan dari AHP dapat membantu untuk membuat banyak keputusan menggunakan penilaian kriteria serta pembobotan prioritas (Ridho & Listiana, 2024). Adapun Langkah-langkah pada penerapan AHP adalah sebagai berikut:

1. Membentuk model keputusan dengan membuat masalah keputusan dalam struktur hierarki yang terdiri dari tujuan, kriteria, sub kriteria dan alternatif.
2. Pengambilan data perbandingan berpasangan dari responden untuk membandingkan tingkat kepentingan antar kriteria, tingkat kepentingan antar sub kriteria dengan kriteria serta tingkat kepentingan setiap alternatif dengan sub kriteria

Tabel 2. 4 Tingkat Kepentingan

Tingkat Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dibandingkan elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting dibandingkan elemen yang lainnya
7	Elemen yang satu jelas lebih penting dibandingkan elemen yang lainnya
9	Satu elemen mutlak penting dibandingkan elemen lainnya
2,4,6,8	Nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan

3. Menghitung nilai rerata jika menggunakan lebih dari satu responden dengan menggunakan *geometric mean* dengan rumus:

$$\text{Geometric Mean} = \sqrt[n]{(x_1)(x_2) \dots (x_n)} \quad (3)$$

4. Normalisasi matriks perbandingan berpasangan dengan tujuan menyamakan nilai-nilai yang ada pada matriks tersebut. Normalisasi dilakukan dengan cara:

- a. Menjumlahkan nilai dari setiap kolom matriks yang ada dengan rumus:

$$n = \sum_{i=0}^z x_{ij} \quad (4)$$

Keterangan:

n = hasil penjumlahan dari setiap kolom

z = banyaknya alternatif

i = 1,2,3..

x = nilai dari setiap *cell*

- b. Membagi nilai dari setiap kolom dengan total penjumlahan kolom yang sebelumnya sudah dihitung dengan rumus:

$$m = \frac{x_{ij}}{n} \quad (5)$$

Keterangan:

m = hasil normalisasi

x = nilai dari setiap *cell*

n = hasil penjumlahan setiap kolom

5. Menentukan bobot prioritas dengan cara menjumlahkan seluruh nilai dari setiap baris yang ada yang kemudian dibagi dengan hasil penjumlahan dari banyaknya jumlah kriteria yang digunakan dengan menggunakan rumus:

$$bp = \frac{\sum_{i=0}^z x_{ij}}{n} \quad (6)$$

Keterangan:

bp = bobot prioritas

n = banyaknya kriteria yang ada

j = 1,2,3...

x = nilai dari setiap *cell*

6. Setelah menentukan bobot prioritas, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai eigen maksimum yang dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu:

- a. Setiap nilai pada kolom matriks dikalikan dengan bobot prioritas yang sesuai, yaitu nilai pada sel pertama dikalikan dengan bobot pertama, sel kedua dengan bobot kedua dan seterusnya.
- b. Hasil perkalian tersebut kemudian dijumlahkan untuk masing-masing baris pada matriks.
- c. Nilai penjumlahan pada setiap baris selanjutnya dibagi dengan bobot prioritas dari baris yang bersangkutan, sehingga diperoleh nilai lambda (λ) untuk tiap kriteria.
- d. Seluruh nilai lambda yang telah diperoleh kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah elemen, sehingga menghasilkan nilai eigen maksimum (λ maks) dengan rumus:

$$\lambda_{maks} = \frac{\sum \lambda}{n} \quad (7)$$

λ maksimum = eigen maksimum

n = banyaknya kriteria yang ada

7. Menentukan bobot prioritas untuk kriteria dan sub kriteria dengan menggunakan perbandingan berpasangan mengikuti skala perbandingan yang ditemukan oleh Saaty. Setelah itu memeriksa konsistensi dari penilaian untuk menjamin konsistensi dalam pemberian bobot dengan rumus:

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \quad (8)$$

Keterangan:

CI = indeks konsistensi

λ maksimum = eigen maksimum

n = banyaknya kriteria yang ada

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (9)$$

Keterangan:

CR = rasio konsistensi

RI = rasio indeks

CI = rasio konsistensi

Dimana, jika $CR \leq 0.1$ maka hasil perhitungan dapat dibenarkan.

Tabel 2. 5 Indeks Konsistensi Acak

N	1,2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.58

2.2.9 Fish Bone Diagram

Fishbone diagram adalah satu dari beberapa tools yang digunakan dalam meningkatkan kualitas. Diagram ini sering disebut dengan diagram sebat akibat dimana diagram ini akan menunjukkan sebuah dampak atau akibat dari sebuah permasalahan (Silka Fajarianie et al., 2022). Dengan menggunakan *fishbone diagram*, analisis terhadap suatu permasalahan dapat dilakukan secara sistematis dan terstruktur sehingga memudahkan dalam menemukan akar penyebab masalah.

Faktor-faktor penyebab dalam *fishbone diagram* umumnya diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori utama yang dikenal dengan pendekatan 6M, yaitu *man* (manusia), *material* (bahan), *machine* (mesin), *method* (metode), *measurement* (pengukuran), dan *environment* (lingkungan). Pengelompokan ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh kemungkinan penyebab dapat dianalisis secara menyeluruh. Dengan demikian, fishbone diagram menjadi alat yang efektif dalam membantu proses identifikasi masalah serta sebagai dasar dalam menentukan langkah perbaikan yang tepat.

2.2.10 5 Why's Analysis

5 *Why Analysis* merupakan metode sederhana untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu permasalahan. Metode ini efektif digunakan dalam menganalisis kegagalan sistem serta membantu menelusuri hubungan sebab-akibat dari suatu kejadian (Glenn Archie & Azzahra, 2025). Metode ini dilakukan dengan mengajukan pertanyaan “mengapa” secara berulang, biasanya hingga lima kali atau sampai penyebab utama dari suatu masalah dapat ditemukan.

Dalam penerapannya, 5 *Why Analysis* banyak digunakan dalam analisis kegagalan sistem, peningkatan kualitas, serta perbaikan proses di berbagai sektor industri. Metode ini dinilai efektif karena bersifat sederhana, mudah dipahami, dan tidak memerlukan alat analisis yang kompleks. Selain itu, penggunaan 5 *Why Analysis* membantu organisasi untuk tidak hanya berfokus pada gejala yang muncul, tetapi juga menggali penyebab utama sehingga solusi yang dihasilkan lebih tepat sasaran dan berkelanjutan.

2.2.11 *Plan Do Check Act (PDCA)*

Metode *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk mewujudkan perbaikan proses secara berkelanjutan (*continuous improvement*) melalui siklus yang dilakukan secara berulang (Hapsari & Chalidyanto, 2025). Konsep ini dikembangkan oleh Dr. William Edwards Deming sehingga juga dikenal sebagai *Deming Cycle*. PDCA menekankan bahwa peningkatan kualitas tidak dilakukan secara incidental melainkan melalui tahapan yang sistematis mulai dari perencanaan, pelaksanaan, evaluasi hingga tindak lanjut. Dengan menerapkan siklus ini secara konsisten, organisasi dapat mengidentifikasi permasalahan, mengevaluasi efektivitas solusi yang diterapkan, serta menghasilkan perbaikan yang berkesinambungan.

Siklus PDCA terdiri atas empat tahapan utama, yaitu *plan*, *do*, *check* dan *act*. Tahap *plan* dilakukan untuk merencanakan perbaikan dan menetapkan tujuan yang ingin dicapai, *do* merupakan pelaksanaan rencana yang telah disusun, *check* bertujuan mengevaluasi hasil implementasi dengan membandingkannya terhadap target sedangkan *act* merupakan tahap penetapan tindakan lanjutan berupa standardisasi atau perbaikan berdasarkan hasil evaluasi. Keempat tahapan tersebut berlangsung secara berulang sebagai dasar terciptanya *continuous improvement*.

2.2.12 *Visual Management*

Pengendalian visual (*visual management*) merupakan suatu mekanisme operasional yang bertujuan meningkatkan keterkendalian proses serta mengurangi variasi dalam aktivitas kerja melalui penyampaian informasi secara visual (Aditya et al., 2026). Konsep ini sejalan dengan prinsip dasar *lean*, yaitu *manage by sight* yang menekankan bahwa informasi harus dapat dipahami secara cepat hanya melalui pengamatan visual tanpa memerlukan penjelasan verbal maupun interpretasi yang rumit (Tezel et al., 2016). *Visual management* tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian informasi, tetapi juga sebagai sarana yang mendukung penerapan standar kerja, memperjelas aliran material, dan mempermudah pengambilan keputusan di tingkat operasional.

Singh & Kumar (2021) melalui analisis kluster terhadap berbagai alat *visual management* dalam konteks *lean* menunjukkan bahwa penggunaan elemen visual seperti penandaan lokasi, kode warna dan papan informasi memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan kejelasan proses kerja. Dengan visualisasi yang jelas mengenai lokasi barang, status proses, maupun prioritas pekerjaan, operator dapat dengan cepat mengenali kondisi normal maupun

penyimpangan sehingga respons terhadap permasalahan operasional menjadi lebih cepat dan efektif.

2.2.13 *Spaghetti Diagram*

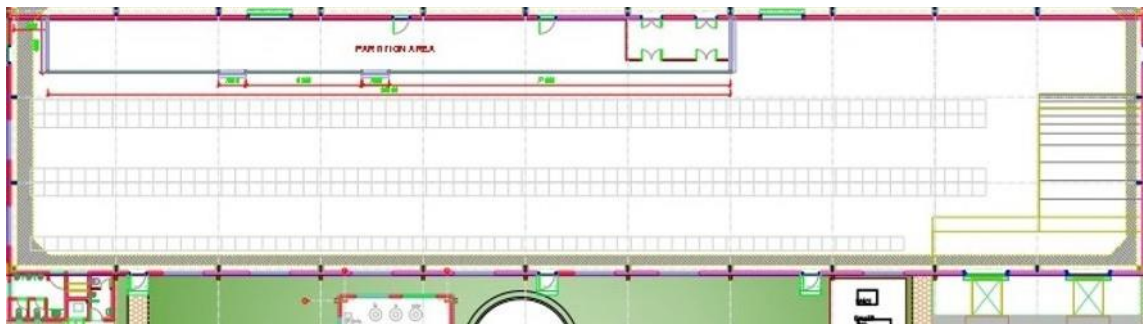
Spaghetti diagram merupakan sarana visualisasi untuk menggambarkan lintasan perpindahan fisik, baik yang dilakukan oleh manusia, barang, maupun aliran informasi, di sepanjang tahapan suatu proses kerja, dengan tujuan utama mengungkap tiga bentuk pemborosan yang kerap tersembunyi, yaitu gerakan berlebih (*motion*), perpindahan barang yang tidak efisien (*transportation*), serta jeda waktu tunggu (*waiting*) yang tidak memberikan kontribusi nilai tambah bagi proses tersebut (Daneshjo et al., 2021). Karena kesederhanaan sekaligus efektivitasnya dalam mengungkap pola pergerakan yang tidak efisien, alat ini kemudian diadopsi secara luas di berbagai bidang, mulai dari industri manufaktur, sektor jasa, hingga aktivitas logistik, sebagai salah satu instrumen pendukung penerapan prinsip *lean* dalam upaya menekan atau menghilangkan pemborosan, terutama yang tergolong dalam kategori *transportation* dan *motion* dalam kerangka klasifikasi *seven wastes*.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek dan Subjek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah performansi pergudangan (*warehouse*) pada PT Flextech Packaging Indonesia, khususnya yang berkaitan dengan aktivitas operasional utama seperti *receiving*, *putaway*, *storage*, *order picking*, dan *shipping*. Penelitian ini berfokus pada pengukuran kinerja gudang dengan menggunakan pendekatan model *frazelle* yang diintegrasikan dengan aspek *green*. Integrasi ini bertujuan untuk tidak hanya menilai efisiensi operasional, tetapi juga mengevaluasi dampak lingkungan dari aktivitas pergudangan.



Gambar 3. 1 *Layout Warehouse Raw Material*

Gambar 3.1 menunjukkan *layout* gudang yang menjadi objek penelitian ini, gudang *raw material* ini menggunakan *layout* memanjang yang terdiri atas beberapa kolom rak penyimpanan yang tersusun secara paralel di sepanjang area gudang. Secara umum, *layout* gudang terbagi menjadi beberapa area fungsional, yaitu area *receiving*, *put away*, *storage*, *order picking* dan juga *shipping*.

Subjek dalam penelitian ini adalah pihak-pihak yang terlibat langsung dalam operasional gudang yaitu operator *warehouse* dan *store*. Selain itu, data dan informasi juga diperoleh dari divisi terkait yaitu logistik dan *production planning and inventory control* (PPIC).

3.2 Sumber dan Metode Pengumpulan Data

3.2.1 Sumber Data

Berikut merupakan sumber data yang digunakan pada penelitian ini:

1. Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan secara langsung dari objek penelitian dimana pada penelitian ini adalah observasi, wawancara dan penyebaran kuesioner.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dari objek penelitian melainkan melalui dokumen atau sumber yang telah tersedia. Dalam penelitian ini, data sekunder diperoleh dari laporan operasional gudang, data historis aktivitas pergudangan serta literatur dan penelitian terdahulu yang relevan.

3.2.2 Metode Pengumpulan Data

Berikut merupakan metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini:

1. Observasi

Observasi dilakukan dengan cara mengamati secara langsung aktivitas operasional gudang di PT Flextech Packaging Indonesia. Metode ini digunakan untuk memperoleh gambaran nyata mengenai proses *receiving*, putaway, storage, order picking dan shipping serta untuk mengidentifikasi kondisi aktual terkait penerapan aspek green.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan secara langsung dengan pihak-pihak yang terlibat dalam operasional gudang seperti operator. Metode ini bertujuan untuk menggali informasi yang lebih mendalam terkait proses kerja, kendala yang dihadapi serta kebijakan yang diterapkan dalam pengelolaan gudang.

3. Kuesioner

Kuesioner digunakan untuk memperoleh data penilaian terhadap indikator kinerja (KPI) yang telah ditentukan. Responden dalam kuesioner adalah pihak yang memahami proses pergudangan sehingga hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar dalam proses pembobotan KPI yaitu menggunakan metode *analytical hierarchy process* (AHP).

4. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber yang telah tersedia, seperti jurnal ilmiah, buku, penelitian terdahulu, serta dokumen historis perusahaan yang relevan dengan topik penelitian.

3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah data yang diperlukan sudah terkumpul, berikut merupakan langkah dalam pengolahan data yang akan digunakan pada penelitian ini:

3.3.1 Key Performance Indicator Model Frazelle

Pada tahapan ini, kegiatan pada *warehouse* akan dibagi menjadi lima aktivitas yaitu *receiving*, *put away*, *storage*, *order picking* dan *shipping*. pada setiap aktivitas terdapat aspek-aspek yang menjadi bahan evaluasi yaitu *finance*, *productivity*, *utility*, *quality*, dan *cycle time*. Namun, pada penelitian ini akan ditambahkan satu aspek lagi yaitu *green* untuk menjadi parameter bagaimana penerapan aspek *green* pada *warehouse* objek penelitian. Berikut merupakan rumus yang digunakan pada model *Frazelle*:

1. *Receiving*

a. *Financial*

$$\text{upah per hari} = \frac{\text{gaji per bulan}}{\text{jumlah hari kerja per bulan}} \quad (10)$$

$$\text{upah per jam} = \frac{\text{gaji per hari}}{\text{jumlah jam kerja per hari}} \quad (10.1)$$

biaya receiving

$$= \text{upah per jam} \times \text{jumlah karyaw} \times \text{waktu per receiving} \quad (10.2)$$

b. *Productivity*

$$\begin{aligned} &\text{produktivitas per receiving} \\ &= \frac{\text{jumlah barang yang diterima}}{\text{jumlah karyawan} \times \text{waktu per receiving}} \end{aligned} \quad (11)$$

c. *Utility*

$$\text{utility} = \frac{\text{luas area receiving yang digunakan}}{\text{luas total area receiving}} \quad (12)$$

d. *Quality*

$$\text{quality} = \frac{\text{total barang sempurna}}{\text{total barang yang diterima}} \quad (13)$$

e. *Cycle Time*

$$\text{cycle time} = \text{waktu yang diperlukan per receiving} \quad (14)$$

f. *Green*

$$\begin{aligned} & \text{total konsumsi energi listrik per receiving} \\ & = \frac{\text{total konsumsi energi listrik receiving}}{\text{periode per bulan}} \end{aligned} \quad (15)$$

2. Put Away

a. Financial

$$\text{upah per hari} = \frac{\text{gaji per bulan}}{\text{jumlah hari kerja per bulan}} \quad (16)$$

$$\text{upah per jam} = \frac{\text{gaji per hari}}{\text{jumlah jam kerja per hari}} \quad (16.1)$$

biaya put away

$$\begin{aligned} & = \text{upah per jam} \times \text{jumlah karyaw} \\ & \times \text{waktu per put away} \end{aligned} \quad (16.2)$$

b. Productivity

$$\begin{aligned} & \text{produktivitas per put away} \\ & = \frac{\text{jumlah barang yang diterima}}{\text{jumlah karyawan} \times \text{waktu per put away}} \end{aligned} \quad (17)$$

c. Utility

$$\text{utility} = \frac{\text{luas area put away yang digunakan}}{\text{luas total area put away}} \quad (18)$$

d. Quality

$$\text{quality} = \frac{\text{total barang sempurna}}{\text{total barang yang diletakkan}} \quad (19)$$

e. Cycle Time

$$\text{cycle time} = \text{waktu yang diperlukan per put away} \quad (20)$$

f. Green

$$\begin{aligned} & \text{total konsumsi energi listrik per put away} \\ & = \frac{\text{total konsumsi energi listrik put away}}{\text{periode per bulan}} \end{aligned} \quad (21)$$

3. Storage

a. Financial

$$\text{upah per hari} = \frac{\text{gaji per bulan}}{\text{jumlah hari kerja per bulan}} \quad (22)$$

$$\text{upah per jam} = \frac{\text{gaji per hari}}{\text{jumlah jam kerja per hari}} \quad (22.1)$$

$$\begin{aligned} \text{biaya storage} \\ &= \text{upah per jam} \\ &\times \text{jumlah karyawan} \\ &\times \text{waktu per storage} \end{aligned} \quad (22.2)$$

b. Productivity

$$\begin{aligned} \text{produktivitas per storage} \\ &= \frac{\text{jumlah barang yang diterima}}{\text{jumlah karyawan} \times \text{waktu per storage}} \end{aligned} \quad (23)$$

c. Utility

$$\text{utility} = \frac{\text{luas area storage yang digunakan}}{\text{luas total area storage}} \quad (24)$$

d. Quality

$$\text{quality} = \frac{\text{total barang sempurna}}{\text{total barang yang diterima}} \quad (25)$$

e. Cycle Time

$$\text{cycle time} = \text{waktu yang diperlukan per storage} \quad (26)$$

f. Green

$$\begin{aligned} \text{intensitas energi storage} \\ &= \frac{\text{total konsumsi energi listrik per bulan}}{\text{luas area storage}} \end{aligned} \quad (27)$$

4. Order Picking

a. Financial

upah per hari

$$= \frac{\text{gaji per bulan}}{\text{jumlah hari kerja per bulan}} \quad (28)$$

upah per jam

$$= \frac{\text{gaji per hari}}{\text{jumlah jam kerja per hari}} \quad (28.1)$$

biaya order pick

$$\begin{aligned} &= \text{upah per jam} \\ &\times \text{jumlah karyawan} \\ &\times \text{waktu per order pick} \end{aligned} \quad (28.2)$$

b. Productivity

produktivitas per order pick (29)

$$= \frac{\text{jumlah barang yang diterima}}{\text{jumlah karyawan} \times \text{waktu per order pick}}$$

c. Utility

$$\text{utility} = \frac{\text{luas area storage yang digunakan}}{\text{luas total area order pick}} \quad (30)$$

d. Quality

$$\text{quality} = \frac{\text{total barang sempurna}}{\text{total barang yang diambil}} \quad (31)$$

e. Cycle Time

$$\begin{aligned} &\text{cycle time} \\ &= \text{waktu yang diperlukan per order pick} \end{aligned} \quad (32)$$

f. Green

$$\begin{aligned} & \text{total konsumsi energi listrik per order picking} \\ & = \frac{\text{total konsumsi energi listrik order picking}}{\text{periode per bulan}} \end{aligned} \quad (33)$$

5. Shipping

a. Financial

$$\text{upah per hari} = \frac{\text{gaji per bulan}}{\text{jumlah hari kerja per bulan}} \quad (34)$$

$$\text{upah per jam} = \frac{\text{gaji per hari}}{\text{jumlah jam kerja per hari}} \quad (34.1)$$

biaya shipping

$$\begin{aligned} & = \text{upah per jam} \times \text{jumlah karyaw} \\ & \times \text{waktu per shipping} \end{aligned} \quad (34.2)$$

b. Productivity

$$\begin{aligned} & \text{produktivitas per shipping} \\ & = \frac{\text{jumlah barang yang diterima}}{\text{jumlah karyawan} \times \text{waktu per shipping}} \end{aligned} \quad (35)$$

c. Utility

$$\text{utility} = \frac{\text{luas area shipping yang digunakan}}{\text{luas total area shipping}} \quad (36)$$

d. Quality

$$\text{quality} = \frac{\text{total barang sempurna}}{\text{total barang yang dikirim}} \quad (37)$$

e. Cycle Time

$$\text{cycle time} = \text{waktu yang diperlukan per shipping} \quad (38)$$

f. Green

$$\begin{aligned} & \text{total sampah yang dihasilkan per shipping} \\ & = \text{sampah yang dihasilkan/bulan} \end{aligned} \quad (39)$$

3.3.2 Pembobotan Menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Setelah KPI yang sudah ditentukan telah terbentuk, langkah selanjutnya adalah melakukan pembobotan menggunakan metode AHP dengan cara sebagai berikut:

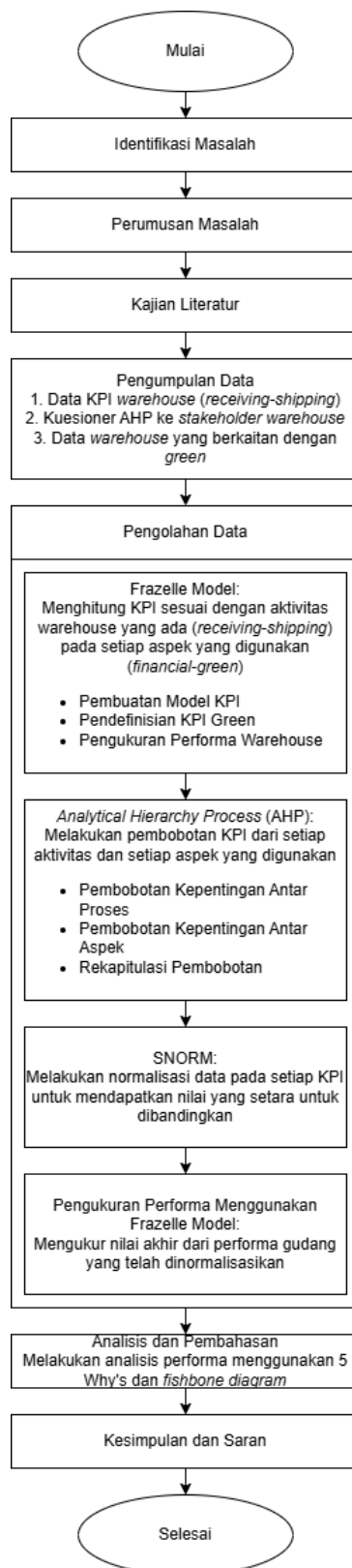
1. Membentuk model keputusan dengan membuat masalah keputusan dalam struktur hierarki yang terdiri dari tujuan, kriteria, sub kriteria dan alternatif.
2. Pengambilan data perbandingan berpasangan dari responden untuk membandingkan tingkat kepentingan antar kriteria, tingkat kepentingan antar sub kriteria dengan kriteria serta tingkat kepentingan setiap alternatif dengan sub kriteria
3. Normalisasi matriks perbandingan berpasangan dengan tujuan menyamakan nilai-nilai yang ada pada matriks tersebut.
4. Menentukan bobot prioritas dengan cara menjumlahkan seluruh nilai dari setiap baris yang ada yang kemudian dibagi dengan hasil penjumlahan dari banyaknya jumlah kriteria yang digunakan.
5. Setelah menentukan bobot prioritas, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai eigen maksimum.
6. Menentukan bobot prioritas untuk kriteria dan sub kriteria dengan menggunakan perbandingan berpasangan mengikuti skala perbandingan yang ditemukan oleh Saaty. Setelah itu memeriksa konsistensi dari penilaian untuk menjamin konsistensi dalam pemberian bobot

3.3.3 Normalisasi Nilai Menggunakan SNORM

Setelah mengolah pembobotan dengan menggunakan AHP, langkah selanjutnya adalah menormalisasikan nilai yang didapat dengan SNORM. Pada SNORM terdapat dua persamaan yaitu *lower is better* dan *larger is better*.

3.4 Diagram Alur Penelitian

Berikut merupakan diagram alur penelitian yang dilakukan:



Gambar 3. 2 Diagram Alur Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari diagram alur penelitian:

1. Mulai

2. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan pengamatan secara langsung pada area *warehouse* dan wawancara kepada karyawan perusahaan untuk mengetahui kondisi aktual serta menemukan permasalahan yang terjadi. Identifikasi masalah difokuskan kepada performa *warehouse* yang belum diukur secara komprehensif serta perlunya evaluasi terhadap aktivitas pergudangan dengan pertimbangan aspek *green*.

3. Perumusan Masalah

Setelah permasalahan teridentifikasi, tahap selanjutnya adalah merumuskan masalah penelitian secara jelas dan terarah. Selain itu, ditentukan tujuan penelitian yang ingin dicapai serta batasan penelitian agar pembahasan lebih fokus sesuai ruang lingkup *warehouse* yang diteliti.

4. Kajian Literatur

Kajian literatur dilakukan untuk memahami teori, konsep dan metode yang mendukung penelitian. Tahap ini menggunakan referensi berupa jurnal nasional, jurnal internasional, buku dan penelitian terdahulu yang relevan. Literatur yang dipelajari meliputi konsep *key performance indicator* (KPI), *frazelle model*, *analytical hierarchy process* (AHP), metode SNORM de Boer, *green warehouse* serta metode analisis perbaikan seperti *5 Why's Analysis* dan *Fishbone Diagram*.

5. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan selama proses penelitian untuk mengukur performa *warehouse* seperti:

- a. Kuesioner pembobotan dengan metode AHP.
- b. Data aktivitas *warehouse* yang meliputi aktivitas *receiving* hingga *shipping* dengan pendekatan Frazelle.
- c. Data *warehouse* yang berkaitan dengan aspek *green* seperti konsumsi energi.

6. Pengolahan Data

a. Pemodelan KPI dengan Frazelle Model

Pada tahap ini KPI dipetakan sesuai lima aktivitas utama *warehouse* menurut frazelle model, yaitu *receiving*, *put away*, *storage*, *order picking* dan *shipping*. Selain itu, KPI juga dikelompokkan berdasarkan aspek seperti *financial*, *productivity*, *utilization*, *quality*, *cycle time* dan *green*.

- Permbuatan Model KPI

- Pendefinisian KPI *Green*
- Pengukuran Performa Warehouse

b. *Analytical Hierarchy Process (AHP)*

Metode AHP digunakan untuk menentukan bobot kepentingan masing-masing KPI dan aktivitas *warehouse* berdasarkan penilaian *stakeholder*. Hasil pembobotan digunakan sebagai dasar dalam pengukuran performa.

- Pembobotan Kepentingan Antar Proses
- Pembobotan Kepentingan Antar Aspek
- Rekapitulasi Pembobotan

c. Normalisasi dengan SNORM

Tahap ini dilakukan untuk menormalkan nilai setiap KPI agar berada dalam skala yang sama. Karena setiap indikator memiliki satuan pengukuran berbeda maka diperlukan normalisasi menggunakan metode SNORM sehingga nilai antar KPI dapat dibandingkan.

d. Pengukuran Performa *Warehouse* dengan Frazelle Model

Setelah nilai KPI dinormalisasi, dilakukan perhitungan nilai akhir performa *warehouse* dengan menggabungkan bobot AHP dan skor KPI. Hasil perhitungan menunjukkan tingkat performa *warehouse* secara keseluruhan.

7. Analisis dan Pembahasan

Tahap ini dilakukan untuk menguraikan hasil pengukuran performa *warehouse*. KPI dengan nilai rendah dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui akar penyebab permasalahan menggunakan:

- a. *5 Why's analysis* untuk menemukan penyebab utama masalah secara bertahap.
- b. *Fishbone diagram* untuk mengelompokkan penyebab masalah berdasarkan faktor *man, machine, material, measurement* dan *environment*.

8. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis, ditarik kesimpulan mengenai kondisi performa *warehouse* perusahaan. Selain itu, diberikan saran perbaikan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas.

9. Selesai

BAB IV

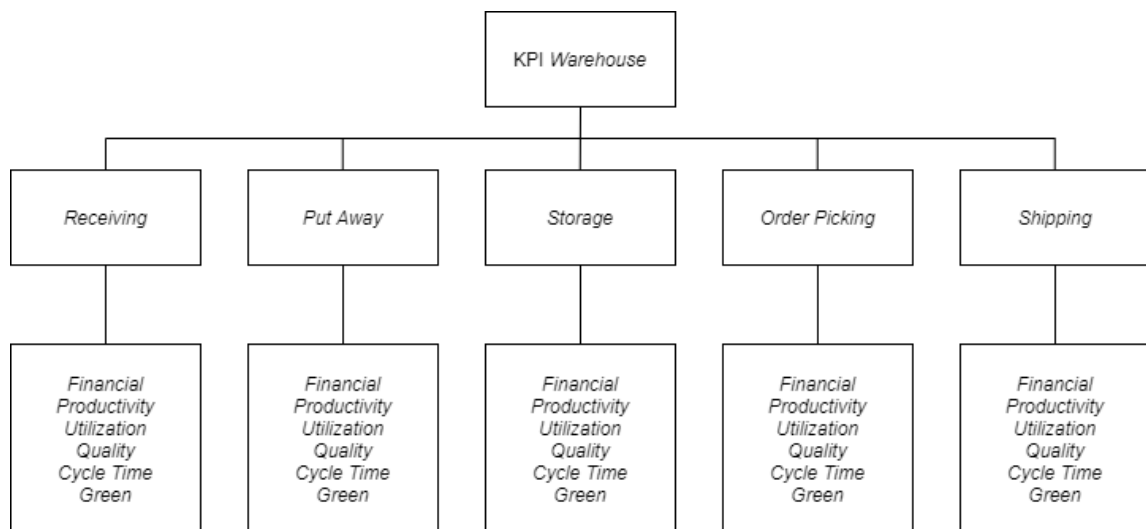
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Berikut merupakan hasil pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan pada penelitian yang dilakukan:

4.1 Pemodelan *Key Performance Indicator* (KPI) dengan Frazelle Model

4.1.1 Pembuatan Model KPI

Langkah awal dari pengolahan data ini dimulai dengan menggunakan frazelle model sebagai acuan, dimana aktivitas pada *warehouse* dibagi menjadi lima aktivitas utama dari *receiving* hingga *shipping* dan dibagi menjadi lima aspek yaitu *financial*, *productivity*, *utilization*, *quality* dan *cycle time*. Namun, pada penelitian ini ditambahkan integrasi dengan aspek *green* untuk mengevaluasi kinerja *warehouse* dari sisi operasional sekaligus melihat penerapan prinsip ramah lingkungan. Berikut merupakan model yang akan digunakan:



Gambar 4. 1 Model *Key Performance Indicator*

4.1.2 Pendefinisian KPI *Green*

Sebelum masuk ke pengukuran performa KPI, dilakukan pendefinisian KPI green karena pada dasarnya tidak ada aspek green yang digunakan pada model Frazelle. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan hal tersebut untuk mengetahui aspek green mana yang akan dilakukan pengukuran.

Sebelum dilakukan pengukuran performa KPI *warehouse*, terlebih dahulu dilakukan pendefinisian KPI *green* yang akan digunakan dalam penelitian. Tahap ini dilakukan karena pada dasarnya model performansi *warehouse* berdasarkan pendekatan Frazelle lebih berfokus pada pengukuran performansi operasional *warehouse* seperti

financial, productivity, quality, utilization dan *cycle time* sehingga belum secara spesifik mempertimbangkan aspek lingkungan atau *green performance* dalam sistem pengukurannya. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan integrasi aspek *green* ke dalam model Frazelle untuk mengetahui indikator lingkungan yang relevan dan dapat digunakan dalam pengukuran performansi *warehouse*.

Pendefinisian KPI *green* dilakukan untuk menentukan indikator yang mampu merepresentasikan performansi lingkungan pada setiap aktivitas *warehouse*. Penentuan KPI tersebut disesuaikan dengan aktivitas utama *warehouse* berdasarkan pendekatan Frazelle yang terdiri dari *receiving, put away, storage, order picking* dan *shipping*. Selain mempertimbangkan karakteristik aktivitas *warehouse*, penentuan KPI *green* juga mempertimbangkan aktivitas operasional yang memiliki konsumsi energi tinggi, penggunaan *material handling equipment* (MHE), serta potensi timbulan limbah operasional yang dapat menimbulkan dampak lingkungan. Aspek *green* yang digunakan dalam penelitian ini kemudian dikaitkan dengan prinsip sistem manajemen lingkungan ISO 14001:2015 dan sistem manajemen energi ISO 50001:2018 yang menekankan pengendalian aspek lingkungan, efisiensi penggunaan energi, *monitoring* performansi energi serta upaya *continuous improvement* terhadap performansi lingkungan organisasi.

Berikut merupakan KPI *green* yang digunakan pada penelitian:

Tabel 4. 1 Model KPI *Green*

Proses	KPI	ISO	KPI Terkait	Referensi
<i>Receiving</i>	<i>Energy consumption of receiving process (kWh/month)</i>	ISO 50001:2018	1. <i>Daily energy consumption (unloading-loading)</i>	1. (Lewczuk et al., 2021)
		- Klausul 9.1.1 Umum (menentukan parameter yang dipantau dan diukur) - Klausul 9.1.2 Evaluasi kesesuaian dengan persyaratan legal dan persyaratan lain.	2. <i>Energy consumption level from material handling equipment</i>	2. (Iskandar & Sudiar, 2022)
<i>Put Away</i>	<i>Energy consumption of put away process (kWh/month)</i>	ISO 50001:2018	3. <i>Enegy consumed for material handling</i>	3. (Modica et al., 2021)
		- Klausul 9.1.1 Umum (menentukan parameter yang dipantau dan diukur) - Klausul 9.1.2 Evaluasi kesesuaian dengan persyaratan legal dan persyaratan lain.	1. <i>Daily energy consumption (unloading-loading)</i>	1. (Lewczuk et al., 2021)
			2. <i>Energy consumption level from material handling equipment</i>	2. (Iskandar & Sudiar, 2022)
			3. <i>Enegy consumed for material handling</i>	3. (Modica et al., 2021)

Proses	KPI	ISO	KPI Terkait	Referensi
Storage	Warehouse energy intensity (kWh/m ² /month)	ISO 50001:2018	1. <i>Daily energy consumption (unloading-loading)</i>	1. (Lewczuk et al., 2021)
		- Klausul 9.1.1 Umum (menentukan parameter yang dipantau dan diukur) - Klausul 9.1.2 Evaluasi kesesuaian dengan persyaratan legal dan persyaratan lain.		
Order Picking	Energy consumption of order picking process (kWh/month)	ISO 50001:2018	1. <i>Daily energy consumption (unloading-loading)</i>	1. (Lewczuk et al., 2021)
		- Klausul 9.1.1 Umum (menentukan parameter yang dipantau dan diukur) - Klausul 9.1.2 Evaluasi kesesuaian dengan persyaratan legal dan persyaratan lain.	2. <i>Energy consumption level from material handling equipment</i> 3. <i>Energy consumed for material handling</i>	2. (Iskandar & Sudiar, 2022) 3. (Modica et al., 2021)
Shipping	Waste generated per shipping (t(metric/month)	ISO 14001:2015	1. <i>Percentage of hazardous waste stored</i>	1. (Tri et al., 2025) 2. (Etgar & Wibisono, 2023)

Proses	KPI	ISO	KPI Terkait	Referensi
	Klausul 9.1.1 Umum (menentukan parameter yang dipantau dan diukur)		2. <i>% Waste</i> 3. <i>Level of hazardous waste produced</i>	3. (Tri et al., 2025)

4.2 Pengukuran Performa

4.2.1 Pengukuran KPI

Setelah model terbentuk, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan terkait performa yang akan diteliti. Berikut merupakan hasil pengukuran dari KPI *warehouse*:

4.2.1.1 Receiving

A. Financial

$$\text{upah per hari} = \frac{\text{gaji per bulan}}{\text{jumlah hari kerja per bulan}}$$

$$\text{upah per jam} = \frac{\text{gaji per hari}}{\text{jumlah jam kerja per hari}}$$

$$\text{biaya receiving} = \text{upah per jam} \times \text{jumlah karyawan} \times \text{waktu per receiving}$$

Dimana:

- Gaji karyawan = Rp. 4.560.894
- Jumlah hari kerja = 26 hari
- Lama kerja per hari = 8 jam
- Jumlah karyawan = 2 orang
- Waktu per receiving = 1.8 jam

Sehingga:

$$\text{upah per hari} = \frac{\text{Rp } 4.560.894}{26 \text{ Hari}} = \text{Rp } 175.419$$

$$\text{upah per jam} = \frac{\text{Rp } 175.419}{8 \text{ jam}} = \text{Rp } 21.927$$

$$\text{biaya receiving} = \text{Rp } 21.927 \times 2 \text{ Orang} \times 1.8 \text{ Jam} = \text{Rp } 78.938,55$$

B. Productivity

$$\text{produktivitas per receiving} = \frac{\text{jumlah barang yang diterima}}{\text{jumlah karyawan} \times \text{waktu per receiving}}$$

Dimana:

- Jumlah barang yang diterima = 17.532,45 kg
- Jumlah karyawan = 2 orang
- Waktu per receiving = 1.8 jam

Sehingga:

$$\text{produktivitas per receiving} = \frac{17.532,45 \text{ kg}}{2 \text{ orang} \times 1.8 \text{ jam}} = 4870.13$$

C. Utilization

$$\text{utilitazation} = \frac{\text{luas area receiving yang digunakan}}{\text{luas total area receiving}}$$

Dimana:

- Luas area receiving yang digunakan = 45 m²
- Luas total area receiving = 50 m²

Sehingga:

$$\text{utilitazation} = \frac{45 \text{ m}^2}{50 \text{ m}^2} = 0.9$$

D. Quality

$$\text{quality} = \frac{\text{total barang sempurna}}{\text{total barang yang diterima}}$$

Dimana:

- Total barang sempurna = 15.779,205 kg
- Total barang diterima = 17.532,45 kg

Sehingga:

$$\text{quality} = \frac{15.779,205 \text{ kg}}{17.532,45 \text{ kg}} \times 100\% = 90\%$$

E. Cycle Time

$$\text{cycle time} = \text{waktu yang diperlukan per receiving}$$

Dimana:

- Waktu per receiving = 1.8 jam

Sehingga:

$$\text{cycle time} = 1.8 \text{ jam}$$

F. Green

$$green = \frac{total\ penggunaan\ energi\ receiving}{bulan}$$

Dimana:

- Total penggunaan energi receiving = 417.952
- Total lama (bulan) = 1

$$green = \frac{417.952}{1} = 417.952 \text{ kWh/month}$$

4.2.1.2 Put Away

A. Financial

$$\text{upah per hari} = \frac{\text{gaji per bulan}}{\text{jumlah hari kerja per bulan}}$$

$$\text{upah per jam} = \frac{\text{gaji per hari}}{\text{jumlah jam kerja per hari}}$$

$$\text{biaya receiving} = \text{upah per jam} \times \text{jumlah karyawan} \times \text{waktu per put away}$$

Dimana:

- Gaji karyawan = Rp. 4.560.894
- Jumlah hari kerja = 26 hari
- Lama kerja per hari = 8 jam
- Jumlah karyawan = 2 orang
- Waktu per put away = 1.125 jam

Sehingga:

$$\text{upah per hari} = \frac{Rp\ 4.560.894}{26\ Hari} = Rp\ 175.419$$

$$\text{upah per jam} = \frac{Rp\ 175.419}{8\ jam} = Rp\ 21.927$$

$$\text{biaya put away} = Rp\ 21.927 \times 2\ Orang \times 1.125\ Jam = Rp\ 49.336,59$$

B. Productivity

$$\text{produktivitas per put away} = \frac{\text{jumlah barang yang diterima}}{\text{jumlah karyawan} \times \text{waktu per put away}}$$

Dimana:

- Jumlah barang yang diterima = 17.532,45 kg
- Jumlah karyawan = 2 orang
- Waktu per put away = 1.125 jam

Sehingga:

$$\text{produktivitas per put away} = \frac{17.532,45 \text{ kg}}{2 \text{ orang} \times 1.125 \text{ jam}} = 7792.200125$$

C. Utilization

$$\text{utilitazation} = \frac{\text{luas area put away yang digunakan}}{\text{luas total area put away}}$$

Dimana:

- Luas area *put away* yang digunakan = 80 m²
- Luas total area *put away* = 100 m²

Sehingga:

$$\text{utilitazation} = \frac{80 \text{ m}^2}{100 \text{ m}^2} = 0.8$$

D. Quality

$$\text{quality} = \frac{\text{total barang sempurna}}{\text{total barang yang diletakkan}}$$

Dimana:

- Total barang sempurna = 15.779,205 kg
- Total barang diterima = 17.532,45 kg

Sehingga:

$$\text{quality} = \frac{15.779,205 \text{ kg}}{17.532,45 \text{ kg}} \times 100\% = 90\%$$

E. Cycle Time

$$\text{cycle time} = \text{waktu yang diperlukan per put away}$$

Dimana:

- Waktu per *put away* = 1.125 jam

Sehingga:

$$\text{cycle time} = 1.13 \text{ jam}$$

F. Green

$$green = \frac{total\ penggunaan\ energi\ put\ away}{bulan}$$

Dimana:

- Total penggunaan energi *put away* = 229.30
- Total lama (bulan) = 1

$$green = \frac{229.30}{1} = 229.30 \text{ kWh/month}$$

4.2.1.3 Storage

A. Financial

$$\text{upah per hari} = \frac{\text{gaji per bulan}}{\text{jumlah hari kerja per bulan}}$$

$$\text{upah per jam} = \frac{\text{gaji per hari}}{\text{jumlah jam kerja per hari}}$$

$$\text{biaya storage} = \text{upah per jam} \times \text{jumlah karyawan} \times \text{waktu per storage}$$

Dimana:

- Gaji karyawan = Rp. 4.560.894
- Jumlah hari kerja = 26 hari
- Lama kerja per hari = 8 jam
- Jumlah karyawan = 2 orang
- Waktu per *storage* = 1.575 jam

Sehingga:

$$\text{upah per hari} = \frac{Rp\ 4.560.894}{26\ Hari} = Rp\ 175.419$$

$$\text{upah per jam} = \frac{Rp\ 175.419}{8\ jam} = Rp\ 21.927$$

$$\text{biaya storage} = Rp\ 21.927 \times 2\ Orang \times 1.575\ jam = Rp\ 69.071,23$$

B. Productivity

$$\text{produktivitas per storage} = \frac{\text{jumlah barang yang diterima}}{\text{jumlah karyawan} \times \text{waktu per storage}}$$

Dimana:

- Jumlah barang yang diterima = 17.532,45 kg
- Jumlah karyawan = 2 orang
- Waktu per *storage* = 1.575 jam

Sehingga:

$$\text{produktivitas per storage} = \frac{17.532,45 \text{ kg}}{2 \text{ orang} \times 1.575 \text{ jam}} = 5565.857232$$

C. Utilization

$$\text{utilitazation} = \frac{\text{luas area storage yang digunakan}}{\text{luas total area storage}}$$

Dimana:

- Luas area storage yang digunakan = 800 m²
- Luas total area storage = 930 m²

Sehingga:

$$\text{utilitazation} = \frac{800 \text{ m}^2}{930 \text{ m}^2} = 0.8602$$

D. Quality

$$\text{quality} = \frac{\text{total barang sempurna}}{\text{total barang yang disimpan}}$$

Dimana:

- Total barang sempurna = 15779.205 kg
- Total barang disimpan = 15779.205 kg

Sehingga:

$$\text{quality} = \frac{15779.205 \text{ kg}}{15779.205 \text{ kg}} \times 100\% = 100\%$$

E. Cycle Time

$$\text{cycle time} = \text{waktu yang diperlukan per storage}$$

Dimana:

- Waktu per storage = 1.575 jam

Sehingga:

$$\text{cycle time} = 1.575 \text{ jam}$$

F. Green

$$green = \frac{total\ penggunaan\ energi\ storage}{luas\ area\ storage}$$

Dimana:

- Total penggunaan energi storage = 2920.847417
- Total luas area storage = 930 m²

$$green = \frac{2920.847417}{930} = 3.1407 \text{ kWh/m}^2$$

4.2.1.4 Order Picking

A. Financial

$$\text{upah per hari} = \frac{\text{gaji per bulan}}{\text{jumlah hari kerja per bulan}}$$

$$\text{upah per jam} = \frac{\text{gaji per hari}}{\text{jumlah jam kerja per hari}}$$

biaya order picking

$$= \text{upah per jam} \times \text{jumlah karyawan} \times \text{waktu per order picking}$$

Dimana:

- Gaji karyawan = Rp. 4.560.894
- Jumlah hari kerja = 26 hari
- Lama kerja per hari = 8 jam
- Jumlah karyawan = 2 orang
- Waktu per order picking = 0.188 jam

Sehingga:

$$\text{upah per hari} = \frac{Rp\ 4.560.894}{26\ Hari} = Rp\ 175.419$$

$$\text{upah per jam} = \frac{Rp\ 175.419}{8\ jam} = Rp\ 21.927$$

$$biaya\ order\ picking = Rp\ 21.927 \times 2\ Orang \times 0.188\ Jam = Rp\ 8,222.77$$

B. Productivity

produktivitas per order picking

$$= \frac{\text{jumlah barang yang diterima}}{\text{jumlah karyawan} \times \text{waktu per order picking}}$$

Dimana:

- Jumlah barang yang di order picking = 1164.837 kg

- Jumlah karyawan = 2 orang
- Waktu per *order picking* = 0.188 jam

Sehingga:

$$\text{produktivitas per order picking} = \frac{1164.837 \text{ kg}}{2 \text{ orang} \times 0.188 \text{ jam}} = 3,196.23$$

C. Utilization

$$\text{utilitazation} = \frac{\text{luas area order picking yang digunakan}}{\text{luas total area order picking}}$$

Dimana:

- Luas area *order picking* yang digunakan = 70 m²
- Luas total area *order picking* = 100 m²

Sehingga:

$$\text{utilitazation} = \frac{70 \text{ m}^2}{100 \text{ m}^2} = 0.7$$

D. Quality

$$\text{quality} = \frac{\text{total barang sempurna}}{\text{total barang yang diambil}}$$

Dimana:

- Total barang sempurna = 1048.353 kg
- Total barang diambil = 1164.837 kg

Sehingga:

$$\text{quality} = \frac{1048.353 \text{ kg}}{1164.837 \text{ kg}} \times 100\% = 90\%$$

E. Cycle Time

$$\text{cycle time} = \text{waktu yang diperlukan per order picking}$$

Dimana:

- Waktu per *order picking* = 0.188jam

Sehingga:

$$\text{cycle time} = 0.188 \text{ jam}$$

F. *Green*

$$\text{green} = \frac{\text{total penggunaan energi order picking}}{\text{bulan}}$$

Dimana:

- Total penggunaan energi order picking = 295.776
- Total lama (bulan) = 1

$$\text{green} = \frac{295.776}{1} = 295.776 \text{ kWh/month}$$

4.2.1.5 Shipping

A. *Financial*

$$\text{upah per hari} = \frac{\text{gaji per bulan}}{\text{jumlah hari kerja per bulan}}$$

$$\text{upah per jam} = \frac{\text{gaji per hari}}{\text{jumlah jam kerja per hari}}$$

$$\text{biaya shipping} = \text{upah per jam} \times \text{jumlah karyawan} \times \text{waktu per shipping}$$

Dimana:

- Gaji karyawan = Rp. 4.560.894
- Jumlah hari kerja = 26 hari
- Lama kerja per hari = 8 jam
- Jumlah karyawan = 2 orang
- Waktu per shipping = 0.229 jam

Sehingga:

$$\text{upah per hari} = \frac{\text{Rp } 4.560.894}{26 \text{ Hari}} = \text{Rp } 175.419$$

$$\text{upah per jam} = \frac{\text{Rp } 175.419}{8 \text{ jam}} = \text{Rp } 21.927$$

$$\text{biaya shipping} = \text{Rp } 21.927 \times 2 \text{ Orang} \times 0.229 \text{ Jam} = \text{Rp } 10.050,05$$

B. *Productivity*

$$\text{produktivitas per shipping} = \frac{\text{jumlah barang yang shipping}}{\text{jumlah karyawan} \times \text{waktu per shipping}}$$

Dimana:

- Jumlah barang yang dikirim = 1164.837 kg

- Jumlah karyawan = 2 orang
- Waktu per *shipping* = 0.229 jam

Sehingga:

$$\text{produktivitas per shipping} = \frac{1164.837 \text{ kg}}{2 \text{ orang} \times 0.229 \text{ jam}} = 2541.46$$

C. Utilization

$$\text{utilitazation} = \frac{\text{luas area shipping yang digunakan}}{\text{luas total area shipping}}$$

Dimana:

- Luas area *shipping* yang digunakan = 200 m²
- Luas total area *shipping* = 250 m²

Sehingga:

$$\text{utilitazation} = \frac{200 \text{ m}^2}{250 \text{ m}^2} = 0.80$$

D. Quality

$$\text{quality} = \frac{\text{total barang sempurna}}{\text{total barang yang dikirim}}$$

Dimana:

- Total barang sempurna = 1048.353 kg
- Total barang dikirim = 1164.837 kg

Sehingga:

$$\text{quality} = \frac{1048.353 \text{ kg}}{1164.837 \text{ kg}} \times 100\% = 90\%$$

E. Cycle Time

$$\text{cycle time} = \text{waktu yang diperlukan per shipping}$$

Dimana:

- Waktu per *shipping* = 0.229 jam

Sehingga:

$$\text{cycle time} = 0.229 \text{ jam}$$

F. *Green*

$$\text{green} = \frac{\text{total sampah pada shipping}}{\text{bulan}}$$

Dimana:

- Total sampah pada *shipping* = 2.93 Ton
- Total lama (bulan) = 1

$$\text{green} = \frac{2.93}{1} = 2.93 \text{ Ton/month}$$

Berikut merupakan rekapitulasi pengukuran KPI:

Tabel 4. 2 Pengukuran KPI Frazelle

Proses	Kategori	Kategori	Rerata Pencapaian	Minimum	Maksimum
<i>Receiving</i>	<i>Finance</i>	<i>Lower is better</i>	Rp78,938.55	Rp2,923.65	Rp105,251.40
	<i>Productivity</i>	<i>Larger is better</i>	4870.13	112.50	6250.00
	<i>Utilitize</i>	<i>Larger is better</i>	0.90	0.60	1.00
	<i>Quality</i>	<i>Larger is better</i>	95.00	90.00	100.00
	<i>Cycle Time</i>	<i>Lower is better</i>	1.80	0.13	2.40
	<i>Green</i>	<i>Lower is better</i>	417.95	194.30	576.38
<i>Put Away</i>	<i>Finance</i>	<i>Lower is better</i>	Rp49,336.59	Rp1,827.28	Rp65,782.13
	<i>Productivity</i>	<i>Larger is better</i>	7792.20	180.00	10000.00
	<i>Utilitize</i>	<i>Larger is better</i>	0.90	0.50	1.00
	<i>Quality</i>	<i>Larger is better</i>	100.00	90.00	100.00
	<i>Cycle Time</i>	<i>Lower is better</i>	1.13	0.08	1.50
	<i>Green</i>	<i>Lower is better</i>	229.30	156.00	296.64
<i>Storage</i>	<i>Finance</i>	<i>Lower is better</i>	Rp69,071.23	Rp2,558.19	Rp92,094.98
	<i>Productivity</i>	<i>Larger is better</i>	5565.86	128.57	7142.86
	<i>Utilitize</i>	<i>Larger is better</i>	0.86	0.53	1.00
	<i>Quality</i>	<i>Larger is better</i>	100.00	90.00	100.00
	<i>Cycle Time</i>	<i>Lower is better</i>	1.58	0.12	2.10

Proses	Kategori	Kategori	Rerata Pencapaian	Minimum	Maksimum
Order Picking	<i>Green</i>	<i>Lower is better</i>	3.14	2.11	3.97
	<i>Finance</i>	<i>Lower is better</i>	Rp8,222.77	Rp2,466.83	Rp9,867.32
	<i>Productivity</i>	<i>Larger is better</i>	3106.23	133.33	18333.33
	<i>Utilitize</i>	<i>Larger is better</i>	0.70	0.45	1.00
	<i>Quality</i>	<i>Larger is better</i>	90.00	80.00	100.00
Shipping	<i>Cycle Time</i>	<i>Lower is better</i>	0.19	0.11	0.23
	<i>Green</i>	<i>Lower is better</i>	295.78	254.02	323.14
	<i>Finance</i>	<i>Lower is better</i>	Rp10,050.05	Rp3,015.01	Rp18,090.08
	<i>Productivity</i>	<i>Larger is better</i>	2541.46	109.09	15000.00
	<i>Utilitize</i>	<i>Larger is better</i>	0.80	0.48	1.00
	<i>Quality</i>	<i>Larger is better</i>	95.00	90.00	100.00
	<i>Cycle Time</i>	<i>Lower is better</i>	0.23	0.14	0.28
	<i>Green</i>	<i>Lower is better</i>	2.93	1.70	5.44

4.2.2 Pembobotan Menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Setelah model telah dibuat, langkah selanjutnya adalah menentukan bobot dari setiap aktivitas dan juga aspek yang digunakan. Proses ini dilakukan dengan cara menyebarkan kuesioner kepada karyawan *warehouse* perusahaan. Berikut merupakan hasil pengolahan menggunakan metode AHP:

4.2.2.1 Pembobotan Kepentingan Antar Proses *Warehouse*

Langkah pertama adalah menghitung pembobotan dari proses yang ada di *warehouse* dengan kuesioner AHP yang telah disebar dan diolah menggunakan *software* microsoft excel. Berikut merupakan hasil pembobotan dari proses *warehouse*:

Tabel 4. 3 Matriks Perbandingan Antar Proses Responden 1

Kriteria	<i>Receiving</i>	<i>Put Away</i>	<i>Storage</i>	<i>Order Picking</i>	<i>Shipping</i>
<i>Receiving</i>	1	1	1/3	1	1
<i>Put Away</i>	1	1	1	1	1
<i>Storage</i>	3	1	1	1	3
<i>Order Picking</i>	1	1	1	1	1

<i>Shipping</i>	1	1	1/3	1	1
Total	7	5	3.66667	5	7

Tabel 4.3 menunjukkan matriks perbandingan berpasangan antar proses *warehouse* berdasarkan penilaian responden 1. Nilai pada tabel menunjukkan tingkat kepentingan relatif masing-masing proses menurut persepsi responden pertama.

Tabel 4. 4 Matriks Perbandingan Antar Proses Responden 2

Kriteria	<i>Receiving</i>	<i>Put Away</i>	<i>Storage</i>	<i>Order Picking</i>	<i>Shipping</i>
<i>Receiving</i>	1	1	1	1	1
<i>Put Away</i>	1	1	1	1	1/3
<i>Storage</i>	1	1	1	1	1
<i>Order Picking</i>	1	1	1	1	1
<i>Shipping</i>	1	3	1	1	1
Total	5	7	5	5	4.33333

Tabel 4.4 menunjukkan matriks perbandingan berpasangan antar proses *warehouse* berdasarkan penilaian responden 2. Penilaian ini digunakan sebagai pembandingan untuk memperoleh hasil yang lebih objektif.

Tabel 4. 5 Matriks Perbandingan Antar Proses Responden 1 dan 2 (*Geometric Mean*)

Kriteria	<i>Receiving</i>	<i>Put Away</i>	<i>Storage</i>	<i>Order Picking</i>	<i>Shipping</i>
<i>Receiving</i>	1	1	4/7	1	1
<i>Put Away</i>	1	1	1	1	4/7
<i>Storage</i>	1 3/4	1	1	1	1 3/4
<i>Order Picking</i>	1	1	1	1	1
<i>Shipping</i>	1	1 3/4	4/7	1	1
Total	5.73	5.73	4.15	5.00	5.31

Hasil penggabungan penilaian responden 1 dan responden 2 menggunakan metode *geometric mean* disajikan pada tabel 4.5. Penggunaan *geometric mean* bertujuan untuk memperoleh nilai representatif dari seluruh responden pada setiap perbandingan berpasangan.

Tabel 4. 6 Hasil Pembobotan Antar Proses

<i>Weight</i>			<i>λ maks</i>	<i>CI</i>	<i>IR</i>	<i>CR</i>
---------------	--	--	---------------	-----------	-----------	-----------

	Perkalian Matriks	<i>Eugen Value</i>				
0.1752	0.8949	5.1065	5.1104	0.0276	1.1200	0.0247
0.1797	0.9151	5.0934				
0.2487	1.2753	5.1276				
0.1956	1.0000	5.1127				
0.2008	1.0264	5.1119				
1.0000	5.1117	25.5522				

Berdasarkan hasil perhitungan, proses *storage* memiliki bobot tertinggi sebesar 0,2487, sehingga menjadi proses yang paling diprioritaskan. Selanjutnya diikuti oleh *shipping* sebesar 0,2008, *order picking* sebesar 0,1956, *put away* sebesar 0,1797 dan *receiving* sebesar 0,1752. Nilai *consistency ratio (CR)* sebesar 0,0247 menunjukkan bahwa penilaian responden konsisten karena nilai $CR < 0,10$.

4.2.2.2 Pembobotan Kepentingan Antar Aspek

Setelah diperoleh bobot antar proses *warehouse*, tahap berikutnya adalah menentukan bobot kepentingan antar aspek pada masing-masing proses *warehouse*. Aspek yang dibandingkan meliputi *finance*, *productivity*, *utilization*, *quality*, *cycle time* dan *green*.

A. *Receiving*

Pada tabel 4.7 disajikan matriks perbandingan berpasangan antar aspek pada proses *receiving* berdasarkan penilaian responden 1.

Tabel 4. 7 Matriks Perbandingan Antar Aspek *Receiving* Responden 1

Kriteria	<i>Finance</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Green</i>
<i>Finance</i>	1	1	1	1	1/2	1
<i>Productivity</i>	1	1	1	1	1/2	1
<i>Utilization</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Quality</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Cycle Time</i>	2	2	1	1	1	1
<i>Green</i>	1	1	1	1	1	1
Total	7.00	7.00	6.00	6.00	5.00	6.00

Tabel 4.8 menyajikan matriks perbandingan berpasangan antar aspek pada proses *receiving* berdasarkan penilaian responden 2.

Tabel 4. 8 Matriks Perbandingan Antar Aspek *Receiving* Responden 2

Kriteria	<i>Finance</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Green</i>
<i>Finance</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Productivity</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Utilization</i>	1	1	1	1	3	1
<i>Quality</i>	1	1	1	1	7	1
<i>Cycle Time</i>	1	1	1/3	1/7	1	1
<i>Green</i>	1	1	1	1	1	1
Total	6.00	6.00	5.33	5.14	14.00	6.00

Penggabungan penilaian kedua responden menggunakan metode *geometric mean* untuk proses *receiving* dapat dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4. 9 Matriks Perbandingan Antar Aspek *Receiving* Responden 1 dan 2 (*Geometric Mean*)

Kriteria	<i>Finance</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Green</i>
<i>Finance</i>	1	1	1	1	5/7	1
<i>Productivity</i>	1	1	1	1	5/7	1
<i>Utilization</i>	1	1	1	1	1 3/4	1
<i>Quality</i>	1	1	1	1	2 2/3	1
<i>Cycle Time</i>	1 2/5	1 2/5	4/7	3/8	1	1
<i>Green</i>	1	1	1	1	1	1
Total	6.41	6.41	5.58	5.38	7.79	6.00

Hasil akhir pembobotan aspek pada proses *receiving* dapat dilihat pada tabel 4.10. Aspek *quality* memiliki bobot tertinggi sebesar 0,1972, diikuti *utilization* sebesar 0,1777, *green* sebesar 0,1620, *finance* dan *productivity* masing-masing sebesar 0,1557 serta *cycle time* sebesar 0,1516. Nilai *CR* sebesar 0,0316 menunjukkan data konsisten.

Tabel 4. 10 Hasil Pembobotan *Receiving*

Kriteria	Weight	λ maks	CI	IR	CR
<i>Finance</i>	0.1557	6.1958	0.0392	1.2400	0.0316

<i>Productivity</i>	0.1557				
<i>Utilization</i>	0.1777				
<i>Quality</i>	0.1972				
<i>Cycle Time</i>	0.1516				
<i>Green</i>	0.1620				
Total	1.0000				

B. *Put Away*

Tabel 4.11 berisi matriks perbandingan antar aspek pada proses *put away* berdasarkan responden 1.

Tabel 4. 11 Matriks Perbandingan Antar Aspek *Put Away* Responden 1

Kriteria	<i>Finance</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Green</i>
<i>Finance</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Productivity</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Utilization</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Quality</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Cycle Time</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Green</i>	1	1	1	1	1	1
Total	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

Pada tabel 4.12 berisi matriks perbandingan antar aspek pada proses *put away* berdasarkan responden 2.

Tabel 4. 12 Matriks Perbandingan Antar Aspek *Put Away* Responden 2

Kriteria	<i>Finance</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Green</i>
<i>Finance</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Productivity</i>	1	1	1	1/5	1/3	1
<i>Utilization</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Quality</i>	1	5	1	1	5	1
<i>Cycle Time</i>	1	3	1	1/5	1	1
<i>Green</i>	1	1	1	1	1	1
Total	6.00	12.00	6.00	4.40	9.33	6.00

Hasil *geometric mean* dari kedua responden pada proses *put away* dapat dilihat dalam tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Matriks Perbandingan Antar Aspek *Put Away* Responden 1 dan 2
(*Geometric Mean*)

Kriteria	<i>Finance</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Green</i>
<i>Finance</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Productivity</i>	1	1	1	4/9	4/7	1
<i>Utilization</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Quality</i>	1	2 1/4	1	1	2 1/4	1
<i>Cycle Time</i>	1	1 3/4	1	4/9	1	1
<i>Green</i>	1	1	1	1	1	1
Total	6.00	7.97	6.00	4.89	6.81	6.00

Selanjutnya, hasil pembobotan akhir aspek pada proses *put away* dapat dilihat pada tabel 4.14. Aspek *quality* memiliki bobot tertinggi sebesar 0,2189, diikuti *finance* dan *green* sebesar 0,1628, *utilization* sebesar 0,1628, *cycle time* sebesar 0,1593 serta *productivity* sebesar 0,1336. Nilai *CR* sebesar 0,0232 menandakan bahwa penilaian responden telah memenuhi syarat konsistensi.

Tabel 4. 14 Hasil Pembobotan *Put Away*

Kriteria	Weight	λ maks	CI	IR	CR
<i>Finance</i>	0.1628	6.1440	0.0288	1.2400	0.0232
<i>Productivity</i>	0.1336				
<i>Utilization</i>	0.1628				
<i>Quality</i>	0.2189				
<i>Cycle Time</i>	0.1593				
<i>Green</i>	0.1628				
Total	1.0000				

C. *Storage*

Pada tabel 4.15 disajikan matriks perbandingan antar aspek pada proses *storage* berdasarkan responden 1.

Tabel 4. 15 Matriks Perbandingan Antar Aspek *Storage* Responden 1

Kriteria	<i>Finance</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Green</i>
<i>Finance</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Productivity</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Utilization</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Quality</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Cycle Time</i>	1	2	1	1	1	1
<i>Green</i>	1	1	1	1	1	1
Total	6.00	7.00	6.00	6.00	6.00	6.00

Tabel 4.16 memuat matriks perbandingan antar aspek pada proses *storage* berdasarkan responden 2.

Tabel 4. 16 Matriks Perbandingan Antar Aspek *Storage* Responden 2

Kriteria	<i>Finance</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Green</i>
<i>Finance</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Productivity</i>	1	1	1	1/5	1/5	1
<i>Utilization</i>	1	1	1	1/2	1	1
<i>Quality</i>	1	5	2	1	3	1
<i>Cycle Time</i>	1	5	1	1/3	1	1
<i>Green</i>	1	1	1	1	1	1
Total	6.00	14.00	7.00	4.03	7.20	6.00

Hasil *geometric mean* kedua responden pada proses *storage* tersaji pada tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Matriks Perbandingan Antar Aspek *Storage* Responden 1 dan 2 (*Geometric Mean*)

Kriteria	<i>Finance</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Green</i>
<i>Finance</i>	1	1	1	1	1	1

<i>Productivity</i>	1	1	1	4/9	4/9	1
<i>Utilization</i>	1	1	1	5/7	1	1
<i>Quality</i>	1	2 1/4	1 2/5	1	1 3/4	1
<i>Cycle Time</i>	1	3 1/6	1	4/7	1	1
<i>Green</i>	1	1	1	1	1	1
Total	6.00	9.40	6.41	4.73	6.18	6.00

Adapun hasil pembobotan akhir aspek pada proses *storage* dapat dilihat pada tabel 4.18. Aspek *quality* memperoleh bobot tertinggi sebesar 0,2139, diikuti *cycle time* sebesar 0,1849, *finance* dan *green* sebesar 0,1615, *utilization* sebesar 0,1512 serta *productivity* sebesar 0,1271. Nilai *CR* sebesar 0,0393 menunjukkan bahwa penilaian responden konsisten.

Tabel 4. 18 Hasil Pembobotan *Storage*

Kriteria	<i>Weight</i>	<i>λ maks</i>	<i>CI</i>	<i>IR</i>	<i>CR</i>
<i>Finance</i>	0.1615	6.2436	0.0487	1.2400	0.0393
<i>Productivity</i>	0.1271				
<i>Utilization</i>	0.1512				
<i>Quality</i>	0.2139				
<i>Cycle Time</i>	0.1849				
<i>Green</i>	0.1615				
Total	1.0000				

D. Order Picking

Tabel 4.19 berisi matriks perbandingan antar aspek pada proses order picking berdasarkan responden 1.

Tabel 4. 19 Matriks Perbandingan Antar Aspek *Order Picking* Responden 1

Kriteria	<i>Finance</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Green</i>
<i>Finance</i>	1	1	1	1	1/2	1
<i>Productivity</i>	1	1	2	1	1	1
<i>Utilization</i>	1	1/2	1	1	1	1

<i>Quality</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Cycle Time</i>	2	1	1	1	1	1
<i>Green</i>	1	1	1	1	1	1
Total	7.00	5.50	7.00	6.00	5.50	6.00

Pada tabel 4.20 ditampilkan matriks perbandingan antar aspek pada proses *order picking* berdasarkan responden 2.

Tabel 4. 20 Matriks Perbandingan Antar Aspek *Order Picking* Responden 2

Kriteria	<i>Finance</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Green</i>
<i>Finance</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Productivity</i>	1	1	1	1/3	1	1
<i>Utilization</i>	1	1	1	1	1/4	1
<i>Quality</i>	1	3	1	1	3	1
<i>Cycle Time</i>	1	1	4	1/3	1	1
<i>Green</i>	1	1	1	1	1	1
Total	6.00	8.00	9.00	4.67	7.25	6.00

Hasil *geometric mean* kedua responden pada proses *order picking* disajikan pada tabel 4.21.

Tabel 4. 21 Matriks Perbandingan Antar Aspek *Order Picking* Responden 1 dan 2
(*Geometric Mean*)

Kriteria	<i>Finance</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Green</i>
<i>Finance</i>	1	1	1	1	5/7	1
<i>Productivity</i>	1	1	1 2/5	4/7	1	1
<i>Utilization</i>	1	5/7	1	1	1/2	1
<i>Quality</i>	1	1 3/4	1	1	1 3/4	1
<i>Cycle Time</i>	1 2/5	1	2	4/7	1	1
<i>Green</i>	1	1	1	1	1	1
Total	6.41	6.44	7.41	5.15	5.94	6.00

Hasil pembobotan akhir aspek pada proses *order picking* dapat dilihat pada tabel 4.22. Aspek *quality* memiliki bobot tertinggi sebesar 0,2020, diikuti *cycle time* sebesar 0,1821, *green* sebesar 0,1625, *productivity* sebesar 0,1582,

finance sebesar 0,1543, dan *utilization* sebesar 0,1409. Nilai *CR* sebesar 0,0240 menunjukkan tingkat konsistensi yang baik.

Tabel 4. 22 Hasil Pembobotan *Order Picking*

Kriteria	Weight	λ maks	CI	IR	CR
<i>Finance</i>	0.1543	6.1488	0.0298	1.2400	0.0240
<i>Productivity</i>	0.1582				
<i>Utilization</i>	0.1409				
<i>Quality</i>	0.2020				
<i>Cycle Time</i>	0.1821				
<i>Green</i>	0.1625				
Total	1.0000				

E. *Shipping*

Pada tabel 4.23 disajikan matriks perbandingan antar aspek pada proses *shipping* berdasarkan responden 1.

Tabel 4. 23 Matriks Perbandingan Antar Aspek *Shipping* Responden 1

Kriteria	<i>Finance</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Green</i>
<i>Finance</i>	1	1/2	2	1/2	1	1
<i>Productivity</i>	2	1	2	1/2	1/2	1
<i>Utilization</i>	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1
<i>Quality</i>	2	2	2	1	2	2
<i>Cycle Time</i>	1	2	2	1/2	1	1
<i>Green</i>	1	1	1	1/2	1	1
Total	7.50	7.00	10.00	3.50	6.00	7.00

Tabel 4.24 memuat matriks perbandingan antar aspek pada proses *shipping* berdasarkan responden 2.

Tabel 4. 24 Matriks Perbandingan Antar Aspek *Shipping* Responden 2

Kriteria	<i>Finance</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Green</i>
<i>Finance</i>	1	1	1	1	1	1

<i>Productivity</i>	1	1	1	1/3	1	1
<i>Utilization</i>	1	1	1	1/5	1/3	1
<i>Quality</i>	1	3	5	1	7	7
<i>Cycle Time</i>	1	1	3	1/7	1	1
<i>Green</i>	1	1	1	1/7	1	1
Total	6.00	8.00	12.00	2.82	11.33	12.00

Hasil *geometric mean* kedua responden pada proses *shipping* dapat dilihat pada tabel 4.25.

Tabel 4. 25 Matriks Perbandingan Antar Aspek *Shipping* Responden 1 dan 2
(*Geometric Mean*)

Kriteria	<i>Finance</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>Green</i>
<i>Finance</i>	1	5/7	1 2/5	5/7	1	1
<i>Productivity</i>	1 2/5	1	1 2/5	2/5	5/7	1
<i>Utilization</i>	5/7	5/7	1	1/3	2/5	1
<i>Quality</i>	1 2/5	2 4/9	3 1/6	1	3 3/4	3 3/4
<i>Cycle Time</i>	1	1 2/5	2 4/9	1/4	1	1
<i>Green</i>	1	1	1	1/4	1	1
Total	6.54	7.28	10.44	2.97	7.86	8.74

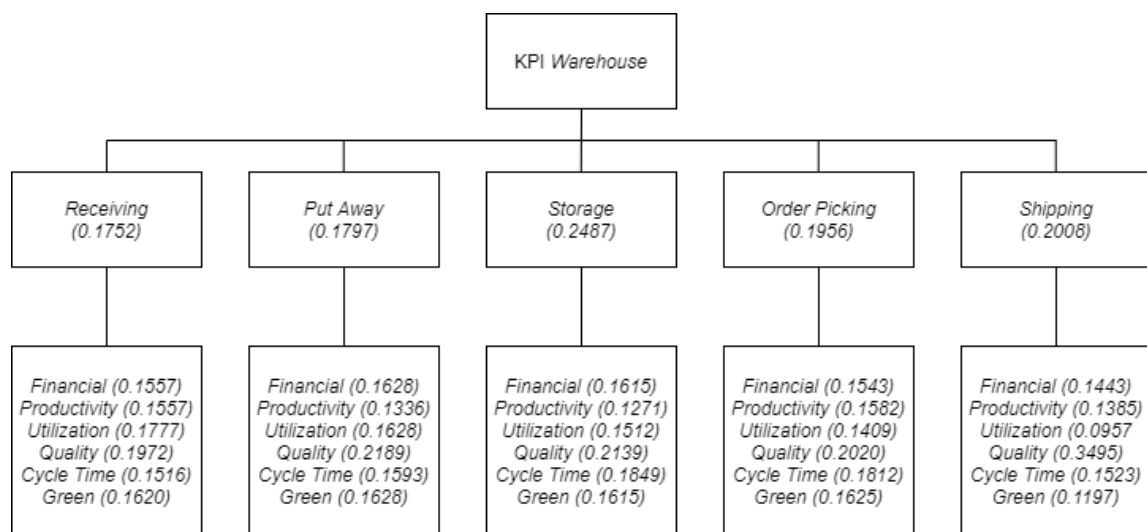
Adapun hasil pembobotan akhir aspek pada proses *shipping* tersaji pada tabel 4.26. Aspek *quality* memiliki bobot tertinggi sebesar 0,3495, sehingga menjadi prioritas utama dalam proses *shipping*. Selanjutnya diikuti *cycle time* sebesar 0,1523, *finance* sebesar 0,1443, *productivity* sebesar 0,1385, *green* sebesar 0,1197, dan *utilization* sebesar 0,0957. Nilai *CR* sebesar 0,0323 menunjukkan hasil penilaian responden sudah konsisten.

Tabel 4. 26 Hasil Pembobotan *Shipping*

Kriteria	Weight	λ_{maks}	CI	IR	CR
<i>Finance</i>	0.1443	6.2002	0.0400	1.2400	0.0323
<i>Productivity</i>	0.1385				
<i>Utilization</i>	0.0957				
<i>Quality</i>	0.3495				

<i>Cycle Time</i>	0.1523				
<i>Green</i>	0.1197				
Total	1.0000				

Setelah mendapatkan hasil pembobotan, untuk mempermudah pembacaan hasil data, dibuatlah rekapitulasi pembobotan. Berikut merupakan hasil rekapitulasi dari pembobotan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode AHP:



Gambar 4. 2 Rekapitulasi Pembobotan

Berikut hasil dari pembobotan dalam bentuk tabel:

Tabel 4. 27 Rekapitulasi Pembobotan

Proses	Weight	Aspek	Weight	Indikator
Receiving	0.175244714	<i>Finance</i>	0.156	<i>Cost/line</i>
		<i>Productivity</i>	0.156	<i>Receipts/man-hour</i>
		<i>Utilitize</i>	0.178	<i>% Dock receiving utilization</i>
		<i>Quality</i>	0.197	<i>% of correct receipt</i>
		<i>Cycle Time</i>	0.152	<i>Processing time/receipt</i>
		<i>Green</i>	0.162	<i>Energy consumption of receiving process (kWh/month)</i>
Put Away	0.179669525	<i>Finance</i>	0.163	<i>Cost/line</i>
		<i>Productivity</i>	0.134	<i>Put away/man-hour</i>

Proses	Weight	Aspek	Weight	Indikator
Storage	0.248708346	Utilitize	0.163	% Utilization of put away labor and equipment
		Quality	0.219	% of perfect put away
		Cycle Time	0.159	Cycle time/put away
		Green	0.163	Energy consumption of put away process (kWh/month)
		Finance	0.161	Cost/line
		Productivity	0.127	Inventory/man-hour
		Utilitize	0.151	% Location warehouse
		Quality	0.214	% of accurate record
		Cycle Time	0.185	Inventory days on hand
		Green	0.161	Warehouse energy intensity (kWh/m ² /month)
Order Picking	0.195590331	Finance	0.154	Cost/line
		Productivity	0.158	Line picked/man-hour
		Utilitize	0.141	% Utilization of picking labor and equipment
		Quality	0.202	% of correct picked line
		Cycle Time	0.182	Pick cycle time (per order)
		Green	0.163	Energy consumption of order picking process (kWh/month)
		Finance	0.144	Cost/line
		Productivity	0.139	Order shipped/man-hour
		Utilitize	0.096	% Dock shipping utilization
		Quality	0.350	% of perfect order
Shipping	0.200787084	Cycle Time	0.152	Cycle time/order
		Green	0.120	Waste generated from shipping process (kg/month)

4.2.3 Normalisasi SNORM

Setelah mendapatkan pembobotan AHP dan performa yang telah dihitung melalui frazelle, langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi data menggunakan SNORM:

Tabel 4. 28 Normalisasi SNORM

Proses	Aspek	Kategori	Rerata Pencapaian	Minimum	Maksimum	S-NORM
Receiving	<i>Finance</i>	<i>Lower is better</i>	Rp78,938.55	Rp2,923.65	Rp105,251.40	0.257
	<i>Productivity</i>	<i>Larger is better</i>	4870.13	112.50	6250.00	0.775
	<i>Utilitize</i>	<i>Larger is better</i>	0.90	0.60	1.00	0.750
	<i>Quality</i>	<i>Larger is better</i>	95.00	90.00	100.00	0.500
	<i>Cycle Time</i>	<i>Lower is better</i>	1.80	0.13	2.40	0.265
	<i>Green</i>	<i>Lower is better</i>	217.95	13.20	576.38	0.636
Put Away	<i>Finance</i>	<i>Lower is better</i>	Rp49,336.59	Rp1,827.28	Rp65,782.13	0.257
	<i>Productivity</i>	<i>Larger is better</i>	7792.20	180.00	10000.00	0.775
	<i>Utilitize</i>	<i>Larger is better</i>	0.80	0.50	1.00	0.600
	<i>Quality</i>	<i>Larger is better</i>	100.00	90.00	100.00	1.000
	<i>Cycle Time</i>	<i>Lower is better</i>	1.13	0.08	1.50	0.265
	<i>Green</i>	<i>Lower is better</i>	251.32	133.06	323.14	0.378
Storage	<i>Finance</i>	<i>Lower is better</i>	Rp69,071.23	Rp2,558.19	Rp92,094.98	0.257
	<i>Productivity</i>	<i>Larger is better</i>	5565.86	128.57	7142.86	0.775

Proses	Aspek	Kategori	Rerata Pencapaian	Minimum	Maksimum	S-NORM
	<i>Utilitize</i>	<i>Larger is better</i>	0.86	0.53	1.00	0.705
	<i>Quality</i>	<i>Larger is better</i>	100.00	90.00	100.00	1.000
	<i>Cycle Time</i>	<i>Lower is better</i>	1.58	0.12	2.10	0.265
	<i>Green</i>	<i>Lower is better</i>	3.14	2.11	3.97	0.446
	<i>Finance</i>	<i>Lower is better</i>	Rp8,222.77	Rp2,466.83	Rp9,867.32	0.222
	<i>Productivity</i>	<i>Larger is better</i>	3106.23	133.33	18333.33	0.163
<i>Order</i>	<i>Utilitize</i>	<i>Larger is better</i>	0.70	0.45	1.00	0.455
<i>Picking</i>	<i>Quality</i>	<i>Larger is better</i>	90.00	80.00	100.00	0.500
	<i>Cycle Time</i>	<i>Lower is better</i>	0.19	0.11	0.23	0.333
	<i>Green</i>	<i>Lower is better</i>	309.46	295.78	323.14	0.500
	<i>Finance</i>	<i>Lower is better</i>	Rp10,050.05	Rp3,015.01	Rp18,090.08	0.533
	<i>Productivity</i>	<i>Larger is better</i>	2541.46	109.09	15000.00	0.163
<i>Shipping</i>	<i>Utilitize</i>	<i>Larger is better</i>	0.80	0.48	1.00	0.615
	<i>Quality</i>	<i>Larger is better</i>	95.00	90.00	100.00	0.500
	<i>Cycle Time</i>	<i>Lower is better</i>	0.23	0.14	0.28	0.333
	<i>Green</i>	<i>Lower is better</i>	14.58	3.50	94.79	0.879

4.2.4 Pengukuran Performa Akhir

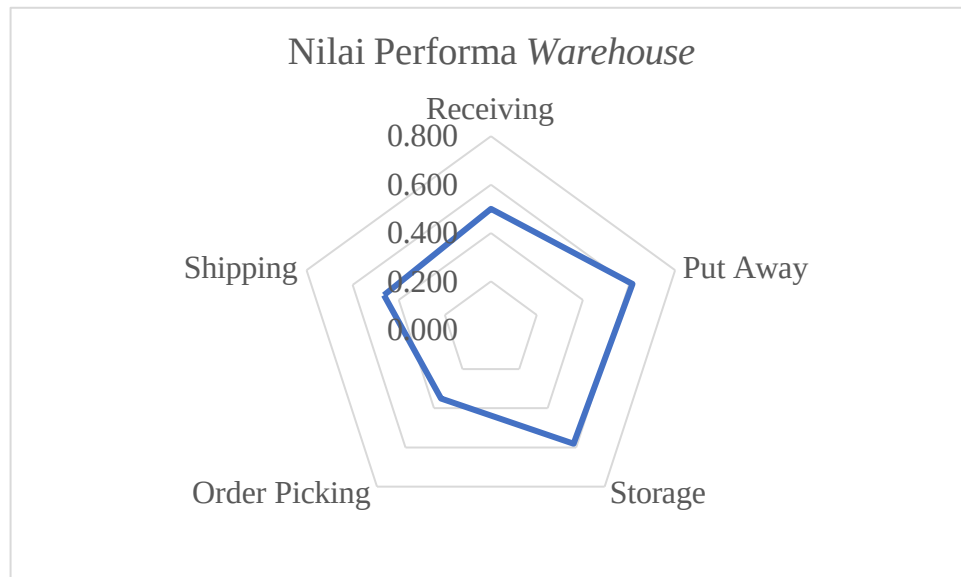
Berikut merupakan hasil dari pengukuran performa akhir dari *warehouse* PT Flextech Packaging Indonesia:

Tabel 4. 29 Pengukuran Performa Akhir *Warehouse*

Proses	Bobot	Aspek	Bobot	Kategori	Rerata Pencapaian	Minimum	Maksimum	S- NORM	Nilai Peforma Indikator	Nilai Peforma Warehouse	Peforma Total Warehouse
Receiving	0.1752	Finance	0.156	Lower is better	Rp78,938.55	Rp2,923.65	Rp105,251.40	0.257	0.040	0.500	50%
		Productivity	0.156	Larger is better	4870.13	112.50	6250.00	0.775	0.121		
		Utilitize	0.178	Larger is better	0.90	0.60	1.00	0.750	0.133		
		Quality	0.197	Larger is better	95.00	90.00	100.00	0.500	0.099		
		Cycle Time	0.152	Lower is better	1.80	0.13	2.40	0.265	0.040		
		Green	0.162	Lower is better	417.95	194.30	576.38	0.415	0.067		
Put Away	0.1797	Finance	0.163	Lower is better	Rp49,336.59	Rp1,827.28	Rp65,782.13	0.257	0.042	0.615	
		Productivity	0.134	Larger is better	7792.20	180.00	10000.00	0.775	0.104		
		Utilitize	0.163	Larger is better	0.90	0.50	1.00	0.800	0.130		
		Quality	0.219	Larger is better	100.00	90.00	100.00	1.000	0.219		
		Cycle Time	0.159	Lower is better	1.13	0.08	1.50	0.265	0.042		
		Green	0.163	Lower is better	229.30	156.00	296.64	0.479	0.078		
Storage	0.2487	Finance	0.161	Lower is better	Rp69,071.23	Rp2,558.19	Rp92,094.98	0.257	0.042	0.581	
		Productivity	0.127	Larger is better	5565.86	128.57	7142.86	0.775	0.099		

Proses	Bobot	Aspek	Bobot	Kategori	Rerata Pencapaian	Minimum	Maksimum	S- NORM	Nilai Peforma Indikator	Nilai Peforma Warehouse	Peforma Total Warehouse
Order Picking	0.1956	Utilitize	0.151	Larger is better	0.86	0.53	1.00	0.705	0.106	0.350	
		Quality	0.214	Larger is better	100.00	90.00	100.00	1.000	0.214		
		Cycle Time	0.185	Lower is better	1.58	0.12	2.10	0.265	0.049		
		Green	0.161	Lower is better	3.14	2.11	3.97	0.446	0.072		
		Finance	0.154	Lower is better	Rp8,222.77	Rp2,466.83	Rp9,867.32	0.222	0.034		
		Productivity	0.158	Larger is better	3106.23	133.33	18333.33	0.163	0.026		
		Utilitize	0.141	Larger is better	0.70	0.45	1.00	0.455	0.064		
		Quality	0.202	Larger is better	90.00	80.00	100.00	0.500	0.101		
		Cycle Time	0.182	Lower is better	0.19	0.11	0.23	0.333	0.061		
		Green	0.163	Lower is better	295.78	254.02	323.14	0.396	0.064		
		Finance	0.144	Lower is better	Rp10,050.05	Rp3,015.01	Rp18,090.08	0.533	0.077		
		Productivity	0.139	Larger is better	2541.46	109.09	15000.00	0.163	0.023		
		Utilitize	0.096	Larger is better	0.80	0.48	1.00	0.615	0.059		
		Quality	0.350	Larger is better	95.00	90.00	100.00	0.500	0.175		
Shipping	0.2008	Cycle Time	0.152	Lower is better	0.23	0.14	0.28	0.333	0.051	0.464	
		Green	0.120	Lower is better	2.93	1.70	5.44	0.672	0.080		

Berdasarkan hasil pengukuran performa akhir, didapatkan hasil bahwa *warehouse* yang menjadi objek penelitian mendapatkan performa sebesar 50% dimana jika mengacu pada tabel kategori performa *warehouse* mendapatkan kategori *average* dengan rentang nilai interval antara 50 sampai dengan 70. Berikut merupakan grafik dari performa *warehouse* yang telah diteliti:



Gambar 4. 3 Grafik Performa Warehouse

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis Hasil Pengukuran Performa Warehouse

Berikut merupakan analisis yang dilakukan pada pengukuran performa warehouse:

5.1.1 Analisis Performa Aktivitas Warehouse

Berikut merupakan hasil rekapitulasi dari performa aktivitas warehouse yang diteliti:

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Performa Aktivitas Warehouse

Proses	Kategori	Nilai Peforma Indikator	Nilai Peforma Aktivitas Warehouse
Receiving	<i>Finance</i>	0.040	0.500
	<i>Productivity</i>	0.121	
	<i>Utilitize</i>	0.133	
	<i>Quality</i>	0.099	
	<i>Cycle Time</i>	0.040	
	<i>Green</i>	0.067	
Put Away	<i>Finance</i>	0.042	0.615
	<i>Productivity</i>	0.104	
	<i>Utilitize</i>	0.130	
	<i>Quality</i>	0.219	
	<i>Cycle Time</i>	0.042	
	<i>Green</i>	0.078	
Storage	<i>Finance</i>	0.042	0.581
	<i>Productivity</i>	0.099	
	<i>Utilitize</i>	0.106	
	<i>Quality</i>	0.214	
	<i>Cycle Time</i>	0.049	
	<i>Green</i>	0.072	
Order Picking	<i>Finance</i>	0.034	0.350
	<i>Productivity</i>	0.026	
	<i>Utilitize</i>	0.064	
	<i>Quality</i>	0.101	
	<i>Cycle Time</i>	0.061	
	<i>Green</i>	0.064	

	<i>Finance</i>	0.077	
	<i>Productivity</i>	0.023	
	<i>Utilitize</i>	0.059	
<i>Shipping</i>	<i>Quality</i>	0.175	0.464
	<i>Cycle Time</i>	0.051	
	<i>Green</i>	0.080	

Berdasarkan tabel tersebut, berikut merupakan hasil analisis aktivitas *warehouse* yang sudah dihitung:

5.1.1.1 *Receiving*

Aktivitas *receiving* memperoleh nilai performa sebesar 0,500 yang menunjukkan bahwa proses penerimaan material telah berjalan cukup baik, meskipun masih terdapat beberapa aspek yang perlu ditingkatkan. Berdasarkan hasil pengukuran, indikator *utilization* memberikan kontribusi terbesar terhadap nilai performa aktivitas sebesar 0,133 diikuti oleh indikator *productivity* sebesar 0,121 dan *quality* sebesar 0,099. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan sumber daya dan produktivitas pada proses penerimaan material telah berjalan relatif baik serta proses pemeriksaan material masih mampu menjaga kualitas sesuai dengan standar perusahaan.

Di sisi lain, indikator *finance* dan *cycle time* masing-masing hanya memperoleh nilai sebesar 0,040 sedangkan indikator *green* memperoleh nilai sebesar 0,067. Nilai tersebut menunjukkan bahwa aktivitas *receiving* masih memiliki peluang untuk meningkatkan efisiensi biaya operasional, mempercepat waktu proses penerimaan material serta mengurangi pemborosan energi maupun penggunaan sumber daya. Oleh karena itu, meskipun aktivitas *receiving* memiliki performa yang cukup baik, peningkatan pada aspek efisiensi operasional masih diperlukan untuk mendukung peningkatan performa *warehouse* secara keseluruhan.

5.1.1.2 *Put Away*

Aktivitas *put away* memperoleh nilai performa sebesar 0,615 yang menunjukkan bahwa proses penempatan material ke lokasi penyimpanan telah berjalan dengan baik. Indikator *quality* memberikan kontribusi terbesar terhadap nilai performa sebesar 0,219 menunjukkan bahwa tingkat ketepatan penempatan material telah sesuai dengan lokasi penyimpanan yang ditetapkan. Selain itu, indikator *productivity* dan *utilization* juga memberikan kontribusi yang cukup baik, masing-masing sebesar 0,104 dan 0,130 yang mencerminkan bahwa proses penempatan material telah dilakukan secara efektif.

Meskipun demikian, indikator *finance* dan *cycle time* masih memiliki nilai yang relatif rendah, yaitu masing-masing sebesar 0,042 sedangkan indikator *green* memperoleh nilai sebesar 0,078. Kondisi ini menunjukkan bahwa aktivitas *put away* masih memiliki peluang untuk meningkatkan efisiensi biaya operasional, mempercepat proses penempatan material, serta mengurangi penggunaan energi selama aktivitas berlangsung sehingga performa aktivitas dapat ditingkatkan secara menyeluruh.

5.1.1.3 Storage

Aktivitas *storage* memperoleh nilai performa sebesar 0,581 yang menunjukkan bahwa proses penyimpanan material berada pada tingkat performa yang cukup baik. Kontribusi terbesar berasal dari indikator *quality* sebesar 0,214 diikuti oleh indikator *utilization* sebesar 0,106 dan *productivity* sebesar 0,099. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas penyimpanan material tetap terjaga dan kapasitas penyimpanan telah dimanfaatkan dengan cukup efektif.

Di sisi lain, indikator *finance*, *cycle time*, dan *green* masing-masing memperoleh nilai sebesar 0,042, 0,049 dan 0,072. Nilai tersebut menunjukkan bahwa aktivitas *storage* masih memiliki peluang untuk meningkatkan efisiensi biaya operasional, mengurangi waktu penyimpanan serta menekan pemborosan energi dan sumber daya. Oleh karena itu, meskipun performa aktivitas *storage* tergolong baik, upaya peningkatan efisiensi masih diperlukan agar kinerja *warehouse* menjadi lebih optimal.

5.1.1.4 Order Picking

Aktivitas *order picking* memperoleh nilai performa sebesar 0,350 yang merupakan nilai terendah dibandingkan seluruh aktivitas *warehouse*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aktivitas *order picking* merupakan proses yang paling memerlukan perhatian dalam upaya peningkatan performa *warehouse*. Meskipun indikator *quality* memberikan kontribusi terbesar sebesar 0,101 nilai tersebut masih lebih rendah dibandingkan kontribusi indikator *quality* pada aktivitas *warehouse* lainnya. Selain itu, indikator *green* memperoleh nilai sebesar 0,064 sedangkan indikator *utilization* dan *cycle time* masing-masing sebesar 0,064 dan 0,061.

Indikator *productivity* dan *finance* menjadi indikator dengan nilai performa terendah, yaitu masing-masing sebesar 0,026 dan 0,034. Rendahnya nilai *productivity* menunjukkan bahwa kemampuan aktivitas *order picking* dalam menyelesaikan pengambilan material masih belum optimal, sedangkan rendahnya indikator *finance* mengindikasikan bahwa biaya operasional yang dikeluarkan selama proses tersebut

masih relatif tinggi. Berdasarkan kondisi tersebut, aktivitas *order picking* ditetapkan sebagai prioritas utama untuk dilakukan analisis akar penyebab dengan memfokuskan pembahasan pada indikator *productivity* dan *finance*, karena kedua indikator tersebut memberikan kontribusi terbesar terhadap rendahnya performa aktivitas *order picking*.

5.1.1.5 Shipping

Aktivitas *shipping* memperoleh nilai performa sebesar 0,464. Tingginya nilai performa tersebut terutama dipengaruhi oleh indikator *quality* yang memberikan kontribusi terbesar sebesar 0,175 menunjukkan bahwa proses pengiriman material telah mampu menjaga ketepatan dan kualitas pengiriman sesuai dengan standar perusahaan. Selain itu, indikator *green* juga memberikan kontribusi yang cukup baik sebesar 0,080 yang mengindikasikan bahwa aktivitas *shipping* relatif lebih efisien dalam penggunaan sumber daya dibandingkan aktivitas *warehouse* lainnya.

Meskipun memiliki performa terbaik, indikator *productivity*, *cycle time*, dan *utilization* masih memperoleh nilai yang relatif rendah, yaitu masing-masing sebesar 0,023, 0,051 dan 0,059. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat peluang untuk meningkatkan efisiensi proses pengiriman, terutama dalam meningkatkan produktivitas dan pemanfaatan sumber daya. Namun secara keseluruhan, aktivitas *shipping* telah menunjukkan kinerja yang baik sehingga strategi perbaikan lebih diarahkan pada upaya mempertahankan kualitas layanan sekaligus meningkatkan efisiensi operasional.

5.1.2 Analisis Performa Akhir Warehouse

Nilai performa akhir *warehouse* diperoleh melalui penggabungan hasil normalisasi menggunakan metode *SNORM* dengan bobot masing-masing indikator yang diperoleh dari metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Nilai performa setiap indikator diperoleh dari hasil perkalian antara nilai normalisasi dengan bobot indikator kemudian dijumlahkan untuk menghasilkan nilai performa pada masing-masing aktivitas *warehouse*. Selanjutnya, nilai performa setiap aktivitas dikombinasikan berdasarkan bobot aktivitas sehingga diperoleh nilai performa total *warehouse*.

Berdasarkan hasil pengukuran, nilai performa total *warehouse* sebesar 50%, yang menunjukkan bahwa sistem pergudangan telah mampu mendukung kelancaran aliran material namun efisiensi operasionalnya masih belum optimal. Aktivitas *put away* memperoleh nilai performa tertinggi (0,615) sedangkan aktivitas *order picking* memiliki nilai performa terendah (0,350).

Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa indikator *quality* dan *utilization* memberikan kontribusi terbesar terhadap performa pada sebagian besar aktivitas *warehouse*. Hal ini mengindikasikan bahwa perusahaan telah mampu menjaga tingkat ketepatan proses pergudangan sehingga potensi kesalahan operasional (*operational error*) dapat diminimalkan. Temuan ini sejalan dengan (Gu et al., 2007) yang menyatakan bahwa akurasi merupakan salah satu indikator utama dalam mengevaluasi performa *warehouse* karena berpengaruh terhadap kualitas pelayanan dan efektivitas operasional.

Meskipun demikian, indikator *finance*, *productivity*, *cycle time* dan *green* masih menunjukkan nilai yang relatif rendah pada beberapa aktivitas *warehouse*. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses pergudangan telah menghasilkan keluaran (*output*) dengan tingkat ketepatan yang baik namun masih memerlukan biaya operasional, waktu proses serta penggunaan energi dan sumber daya yang relatif besar. Dengan demikian, performa *warehouse* saat ini lebih mencerminkan efektivitas proses dibandingkan efisiensi operasional. Selain itu, capaian indikator *green* yang belum optimal menunjukkan bahwa aktivitas pergudangan masih memiliki peluang untuk mengurangi pemborosan sumber daya dan dampak lingkungan melalui peningkatan efisiensi proses operasional. Menurut Fichtinger et al. (2015), efisiensi operasional dan efisiensi energi pada aktivitas pergudangan memiliki keterkaitan yang erat sehingga perbaikan proses operasional tidak hanya mampu meningkatkan produktivitas dan menurunkan biaya tetapi juga berkontribusi terhadap pengurangan konsumsi energi dan dampak lingkungan.

Di antara seluruh aktivitas, *order picking* menjadi aktivitas yang memerlukan perhatian khusus karena memiliki nilai performa terendah. Rendahnya performa tersebut terutama dipengaruhi oleh rendahnya kontribusi indikator *productivity* (0,026) dan *finance* (0,034) yang menunjukkan bahwa proses pengambilan material masih memerlukan waktu dan biaya operasional yang relatif tinggi. Temuan ini sejalan dengan de Koster et al. (2007) yang menyatakan bahwa *order picking* merupakan aktivitas yang paling banyak menyerap tenaga kerja (*labour-intensive*) sekaligus memiliki biaya operasional terbesar dalam *warehouse* dengan kontribusi sekitar 55% dari total biaya operasional *warehouse*. Oleh karena itu, peningkatan efisiensi pada aktivitas *order picking* diperkirakan akan memberikan dampak paling signifikan terhadap peningkatan performa *warehouse*. Di sisi lain, meskipun indikator *green* pada aktivitas *order picking* bukan merupakan indikator dengan nilai terendah, peningkatan efisiensi pada aktivitas ini juga berpotensi mengurangi konsumsi energi peralatan *material handling*, waktu

operasi serta pemborosan sumber daya. Dengan demikian, perbaikan pada aktivitas *order picking* tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan indikator *finance* dan *productivity* tetapi juga mendukung peningkatan performa lingkungan (*green performance*) sebagaimana menjadi salah satu tujuan dalam penelitian ini.

Temuan penelitian ini sejalan dengan Staudt et al. (2015) yang menyatakan bahwa pengukuran performansi *warehouse* harus dilakukan secara multidimensi dengan mempertimbangkan keseimbangan antara aspek biaya, produktivitas, kualitas, waktu proses, pemanfaatan sumber daya, dan keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, analisis selanjutnya difokuskan pada identifikasi akar penyebab rendahnya performa aktivitas *order picking* sebagai dasar dalam penyusunan usulan perbaikan yang tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga mendukung pengurangan *waste* dan peningkatan kinerja lingkungan *warehouse*.

5.2 Analisis Akar Penyebab

Setelah dilakukan pengukuran performa *warehouse*, diketahui bahwa aktivitas *order picking* memiliki nilai performa terendah dibandingkan aktivitas pergudangan lainnya. Oleh karena itu, analisis lebih lanjut difokuskan pada aktivitas *order picking* untuk mengidentifikasi akar penyebab rendahnya performa. Tahap awal dilakukan dengan mengevaluasi nilai performa setiap indikator pada aktivitas tersebut sebagaimana disajikan sebagai berikut:

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Performa Aktivitas *Order Picking*

Proses	Kategori	Kategori	S-NORM	Nilai Peforma Indikator
<i>Order Picking</i>	<i>Finance</i>	<i>Lower is better</i>	0.222	0.034
	<i>Productivity</i>	<i>Larger is better</i>	0.163	0.026
	<i>Utilitize</i>	<i>Larger is better</i>	0.455	0.064
	<i>Quality</i>	<i>Larger is better</i>	0.500	0.101
	<i>Cycle Time</i>	<i>Lower is better</i>	0.333	0.061
	<i>Green</i>	<i>Lower is better</i>	0.499	0.081

Berdasarkan Tabel 5.2, indikator *productivity* memperoleh nilai performa terendah sebesar 0,026 diikuti oleh indikator *finance* sebesar 0,034. Sementara itu, indikator *cycle time*, *utilization*, *green*, dan *quality* masing-masing memiliki nilai performa sebesar 0,061, 0,064, 0,081, dan 0,101. Hasil tersebut menunjukkan bahwa permasalahan utama

pada aktivitas *order picking* terletak pada rendahnya produktivitas dan tingginya biaya operasional. Meskipun indikator *cycle time* berkaitan dengan produktivitas, nilai performanya masih lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa rendahnya produktivitas tidak hanya dipengaruhi oleh lamanya waktu proses, tetapi juga oleh efisiensi penggunaan tenaga kerja dan jumlah barang yang berhasil dipindahkan selama waktu operasi.

Fokus analisis pada indikator *productivity* dan *finance* didasarkan pada hasil pengukuran yang menunjukkan bahwa kedua indikator tersebut memiliki nilai performa terendah sehingga menjadi prioritas perbaikan. Menurut Johnson & McGinnis (2018), hasil pengukuran performa digunakan untuk mengidentifikasi area operasional yang memerlukan peningkatan sebagai dasar penyusunan strategi perbaikan. Selain itu, *order picking* dipilih sebagai fokus analisis karena merupakan aktivitas yang paling banyak menyerap tenaga kerja dan menyumbang sekitar 55% dari total biaya operasional *warehouse* (de Koster et al., 2007) sehingga peningkatan efisiensi pada aktivitas ini diperkirakan memberikan dampak terbesar terhadap peningkatan performa *warehouse*.

Peningkatan efisiensi pada aktivitas *order picking* juga berpotensi mendukung peningkatan aspek *green*. Pengurangan pemborosan seperti perpindahan operator yang tidak perlu, penggunaan *material handling equipment*, dan konsumsi energi akan berdampak pada penurunan biaya operasional sekaligus mengurangi dampak lingkungan. Oleh karena itu, analisis akar penyebab pada penelitian ini difokuskan pada indikator *productivity* dan *finance* menggunakan *fishbone diagram* dan dilanjutkan dengan metode 5 *Why's* sebagai dasar penyusunan usulan perbaikan yang mendukung efisiensi operasional dan kinerja lingkungan.

Peningkatan efisiensi pada aktivitas *order picking* juga berpotensi mendukung peningkatan aspek *green* karena pengurangan pemborosan seperti perpindahan operator yang tidak perlu, penggunaan *material handling equipment* dan konsumsi energi akan berdampak pada penurunan biaya operasional sekaligus mengurangi dampak lingkungan. Oleh karena itu, analisis akar penyebab pada penelitian ini difokuskan pada indikator *productivity* dan *finance* menggunakan *fishbone diagram* dan dilanjutkan dengan metode 5 *why's* sebagai dasar penyusunan usulan perbaikan yang mendukung efisiensi operasional dan kinerja lingkungan. Untuk memvalidasi temuan *root cause* pada proses *order picking*, dilakukan analisis tambahan menggunakan *spaghetti diagram*, yaitu alat visual dalam pendekatan *lean* yang digunakan untuk memetakan pola pergerakan

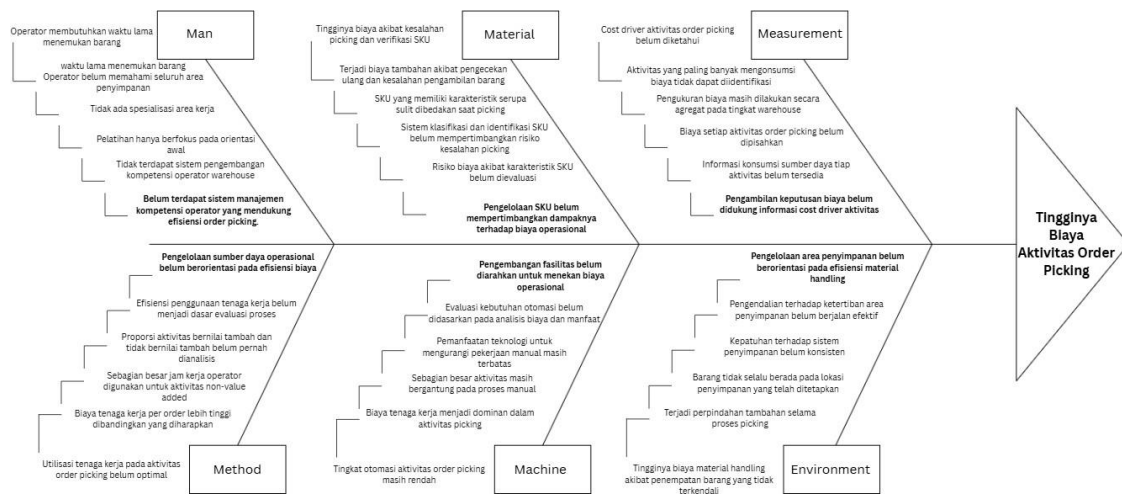
operator, material, atau informasi dalam suatu proses. Berikut merupakan hasil dari visualisasi *spaghetti diagram*:



Gambar 5. 1 *Spaghetti Diagram*

Berdasarkan hasil pemetaan pergerakan operator pada *layout* gudang PT. Flextech Packaging Indonesia gambar 5.1, teridentifikasi pola garis yang saling menyilang (*crossing lines*) antara titik awal (*area staging/consolidation*) dengan beberapa titik pengambilan barang (P1–P5) yang tersebar pada kolom rak yang berbeda, di mana pola pergerakan yang bolak-balik dan tidak linear ini merepresentasikan pola berjalan operator, khususnya pergerakan bolak-balik untuk mengambil material, yang menjadi indikasi visual dari adanya *waste* dalam proses.

5.2.1 *Fishbone dan 5 Why's Aspek Finance*

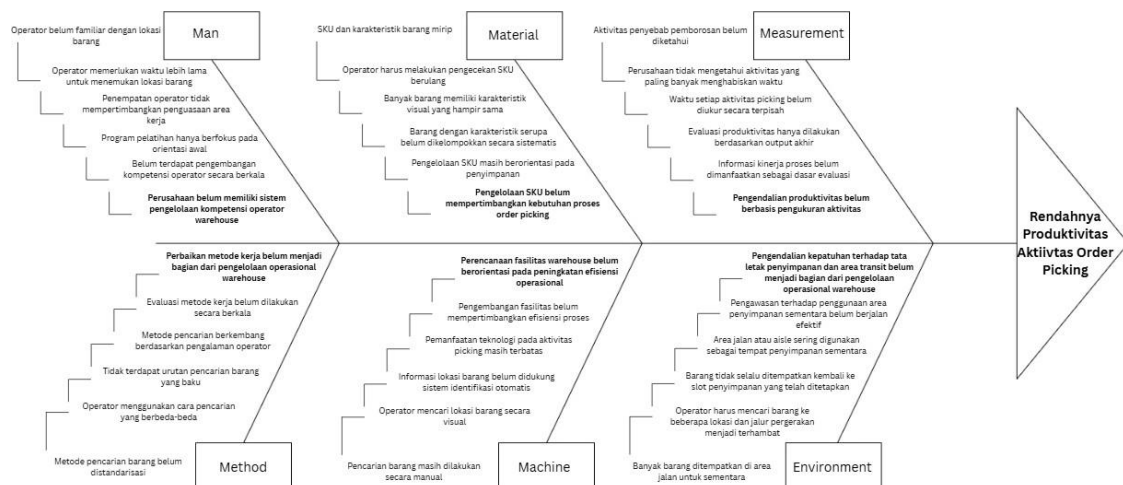


Gambar 5. 2 *Fishbone Finance Order Picking*

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *fishbone diagram* yang terintegrasi dengan metode 5 *why's* pada gambar 5.1, tingginya biaya operasional aktivitas *order picking* dipengaruhi oleh enam faktor, yaitu *man*, *method*, *material*, *machine*, *measurement* dan *environment*. Pada aspek *man*, pengelolaan kompetensi operator belum mendukung penguasaan area penyimpanan secara merata sehingga operator membutuhkan waktu lebih lama dalam menyelesaikan aktivitas *order picking*. Pada aspek *method*, masih

terdapat aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non-value added activities*) sehingga pemanfaatan tenaga kerja belum optimal. Hasil analisis 5 *Why's* menunjukkan bahwa kondisi tersebut disebabkan oleh pengelolaan sumber daya operasional yang belum berorientasi pada efisiensi biaya. Pada aspek *material*, kemiripan karakteristik SKU meningkatkan frekuensi pengecekan ulang dan risiko kesalahan pengambilan barang. Akar penyebabnya adalah pengelolaan SKU yang belum mempertimbangkan dampaknya terhadap biaya operasional. Selanjutnya, pada aspek *machine*, proses identifikasi barang masih dilakukan secara manual sehingga penggunaan tenaga kerja menjadi lebih tinggi. Kondisi tersebut disebabkan oleh pengembangan fasilitas yang belum diarahkan untuk menekan biaya operasional. Pada aspek *measurement*, perusahaan belum mengidentifikasi *cost driver* setiap aktivitas sehingga pengendalian biaya belum berjalan secara efektif. Hasil analisis 5 *why's* menunjukkan bahwa pengambilan keputusan biaya belum didukung oleh informasi *cost driver* aktivitas. Sementara itu, pada aspek *environment*, penempatan barang yang belum sesuai menyebabkan perpindahan tambahan selama proses *order picking*. Akar penyebabnya adalah pengelolaan area penyimpanan yang belum berorientasi pada efisiensi *material handling*. Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa tingginya biaya operasional aktivitas *order picking* tidak hanya dipengaruhi oleh pelaksanaan aktivitas operasional, tetapi juga oleh sistem pengelolaan *warehouse* yang belum sepenuhnya mendukung efisiensi biaya.

5.2.2 Fishbone dan 5 *Why's* Aspek Productivity



Gambar 5. 3 Fishbone Productivity Order Picking

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *fishbone diagram* yang terintegrasi dengan metode 5 *why's* pada gambar 5.2, rendahnya produktivitas aktivitas *order picking* dipengaruhi oleh enam faktor, yaitu *man*, *method*, *material*, *machine*, *measurement*, dan

environment. Pada aspek *man*, operator belum menguasai seluruh lokasi penyimpanan sehingga waktu pencarian barang menjadi lebih lama. Hasil analisis 5 *why's* menunjukkan bahwa kondisi tersebut disebabkan oleh perusahaan yang belum memiliki sistem pengelolaan kompetensi operator *warehouse*. Pada aspek *method*, metode pencarian barang belum distandarisasi sehingga setiap operator menggunakan cara kerja yang berbeda. Akar penyebabnya adalah perbaikan metode kerja yang belum menjadi bagian dari pengelolaan operasional *warehouse*. Pada aspek *material*, kemiripan SKU dan karakteristik barang menyebabkan proses verifikasi dilakukan secara berulang sehingga memperpanjang waktu pengambilan barang. Kondisi tersebut disebabkan oleh pengelolaan SKU yang belum mempertimbangkan kebutuhan proses *order picking*. Selanjutnya, pada aspek *machine*, proses pencarian dan identifikasi barang masih dilakukan secara manual karena perencanaan fasilitas belum berorientasi pada peningkatan efisiensi operasional. Pada aspek *measurement*, produktivitas setiap aktivitas belum diukur secara spesifik sehingga sumber pemborosan sulit diidentifikasi. Hasil analisis 5 *why's* menunjukkan bahwa pengendalian produktivitas belum berbasis pengukuran aktivitas. Sementara itu, pada aspek *environment*, masih ditemukan barang yang tidak berada pada lokasi penyimpanan yang telah ditetapkan sehingga memperpanjang waktu pencarian. Akar penyebabnya adalah pengendalian kepatuhan terhadap tata letak penyimpanan dan area transit yang belum menjadi bagian dari pengelolaan operasional *warehouse*. Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa rendahnya produktivitas aktivitas *order picking* tidak hanya disebabkan oleh pelaksanaan aktivitas operasional, tetapi juga oleh sistem pengelolaan *warehouse* yang belum mendukung efisiensi proses secara menyeluruh.

5.3 Usulan Perbaikan

Usulan perbaikan disusun berdasarkan hasil analisis *fishbone diagram* dan metode 5 *why's* terhadap aktivitas *order picking* yang memiliki nilai performa terendah. Hasil analisis menunjukkan bahwa *root cause* yang berasal dari aspek *productivity* dan *finance* memiliki beberapa keterkaitan sehingga dilakukan integrasi berdasarkan kesamaan konteks permasalahan. Integrasi tersebut bertujuan menghasilkan rekomendasi yang lebih komprehensif dan menghindari duplikasi usulan perbaikan. Berikut merupakan integrasi *root cause* yang ada:

Tabel 5. 3 Integrasi *Root Cause*

<i>Productivity</i>	<i>Finance</i>	<i>Integrasi Root Cause</i>
Perusahaan belum memiliki sistem pengelolaan kompetensi operator <i>warehouse</i> .	Belum terdapat sistem manajemen kompetensi operator yang mendukung efisiensi <i>order picking</i>	Pengelolaan kompetensi operator belum mendukung efisiensi aktivitas <i>order picking</i>
Pengelolaan <i>SKU</i> belum mempertimbangkan kebutuhan proses <i>order picking</i> .	Pengelolaan <i>SKU</i> belum mempertimbangkan dampaknya terhadap biaya operasional.	Pengelolaan <i>SKU</i> belum mendukung efisiensi operasional <i>order picking</i> .
Pengendalian produktivitas belum berbasis pengukuran aktivitas.	Pengambilan keputusan biaya belum didukung informasi <i>cost driver</i> aktivitas.	Sistem pengukuran kinerja belum berbasis aktivitas.
Perbaikan metode kerja belum menjadi bagian dari pengelolaan operasional <i>warehouse</i> .	Pengelolaan sumber daya operasional belum berorientasi pada efisiensi biaya.	Pengelolaan proses <i>order picking</i> belum menerapkan <i>continuous improvement</i> .
Perencanaan fasilitas <i>warehouse</i> belum berorientasi pada peningkatan efisiensi operasional.	Pengembangan fasilitas belum diarahkan untuk menekan biaya operasional.	Pengembangan fasilitas dan teknologi <i>warehouse</i> belum berorientasi pada peningkatan efisiensi operasional.
Pengendalian kepatuhan terhadap tata letak penyimpanan dan area transit belum menjadi bagian dari pengelolaan operasional <i>warehouse</i> .	Pengelolaan area penyimpanan belum berorientasi pada efisiensi <i>material handling</i> .	Pengelolaan area penyimpanan belum mendukung efisiensi operasional.

Berdasarkan hasil integrasi tersebut, disusun usulan perbaikan untuk setiap *root cause*. Berikut merupakan tabel usulan perbaikannya:

Tabel 5. 4 Usulan Perbaikan

Integrasi <i>Root Cause</i>	Usulan Perbaikan	<i>Output</i>	Dampak
Pengelolaan kompetensi operator belum mendukung efisiensi aktivitas <i>order picking</i>	Menyusun program pengelolaan kompetensi operator berdasarkan area kerja yang meliputi matriks kompetensi, <i>cross-training</i> , dan evaluasi berkala.	Matriks kompetensi operator, modul pelatihan, jadwal <i>cross-training</i> .	Penguasaan area penyimpanan meningkat, waktu pencarian barang berkurang dan fleksibilitas operator meningkat.
Pengelolaan <i>SKU</i> belum mendukung efisiensi operasional <i>order picking</i> .	Mengembangkan <i>SKU Management</i> melalui klasifikasi <i>SKU</i> , <i>visual identification</i> , dan pengelompokan berdasarkan karakteristik serta frekuensi pengambilan.	Desain <i>SKU Management</i> , standar klasifikasi <i>SKU</i> , <i>visual label</i> .	Mempercepat identifikasi barang, mengurangi <i>mis-pick</i> dan mengurangi biaya akibat verifikasi ulang.

Integrasi <i>Root Cause</i>	Usulan Perbaikan	Output	Dampak
Sistem pengukuran kinerja belum berbasis aktivitas.	Mengembangkan sistem pemantauan kinerja berbasis <i>dashboard</i> yang memonitor produktivitas, <i>cost driver</i> dan indikator <i>green warehouse</i> .	Dashboard KPI, <i>dashboard cost driver</i> , <i>dashboard green warehouse</i> .	Aktivitas pemborosan dapat diidentifikasi, evaluasi biaya lebih akurat dan penggunaan sumber daya dapat dikendalikan.
Pengelolaan proses <i>order picking</i> belum menerapkan <i>continuous improvement</i> .	Menyusun SOP aktivitas <i>order picking</i> , melakukan analisis aktivitas bernilai tambah (<i>value added analysis</i>), serta evaluasi proses secara berkala.	SOP <i>order picking</i> , <i>standard work sheet</i> , laporan evaluasi proses.	Mengurangi variasi metode kerja, aktivitas <i>non-value added</i> dan meningkatkan efisiensi proses.
Pengembangan fasilitas dan teknologi <i>warehouse</i> belum berorientasi pada peningkatan efisiensi operasional.	Mengimplementasikan <i>barcode scanner</i> dan mengintegrasikannya dengan <i>Warehouse</i>	Sistem identifikasi berbasis <i>barcode</i> , <i>digital picking list</i> , integrasi WMS.	Mempercepat proses <i>picking</i> , meningkatkan akurasi dan menurunkan biaya operasional.

Integrasi <i>Root Cause</i>	Usulan Perbaikan	Output	Dampak
Pengelolaan area penyimpanan belum mendukung efisiensi operasional.	<i>Management System</i> (WMS) untuk mendukung identifikasi lokasi dan material secara otomatis.		
	Menerapkan <i>slot discipline</i> , audit lokasi penyimpanan secara berkala, serta perbaikan <i>layout</i> berdasarkan frekuensi pengambilan barang.	SOP <i>slotting</i> , checklist audit, <i>layout warehouse</i> yang diperbarui.	Mengurangi <i>misplaced item</i> , memperpendek jarak perpindahan dan menurunkan biaya <i>material handling</i> .

Berdasarkan Tabel 5.5, setiap *root cause* memiliki usulan perbaikan untuk mengatasi penyebab utama permasalahan. Namun, karena implementasi seluruh usulan memerlukan sumber daya, waktu, dan investasi yang relatif besar, dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan untuk menentukan rekomendasi yang diprioritaskan. Hasil diskusi menetapkan tiga rekomendasi utama, yaitu penyusunan SOP aktivitas *order picking*, pengembangan SKU *management* melalui *remodel* SKU dan *visual label*. Kedua rekomendasi tersebut dipilih karena mampu mengakomodasi *root cause* yang telah diidentifikasi serta mendukung peningkatan efisiensi operasional dan penerapan konsep *green warehouse*. Berikut merupakan usulan rekomendasi tersebut:

5.3.1 SOP Order Picking

Hasil analisis menunjukkan bahwa belum adanya metode kerja yang terstandarisasi menjadi salah satu penyebab rendahnya produktivitas dan tingginya biaya operasional aktivitas *order picking*. Oleh karena itu, diusulkan penyusunan SOP yang mengatur tahapan proses *order picking* secara sistematis mulai dari penerimaan *picking list* hingga penyelesaian order. Penerapan SOP diharapkan mampu mengurangi variasi metode kerja, aktivitas *non-value added*, serta meningkatkan efisiensi operasional dan mendukung pengurangan *waste* pada aktivitas pergudangan. Adapun untuk struktur SOP alur *order picking* ini dibangun melalui kerangka PDCA dengan penjelasan sebagai berikut:

Tabel 5. 5 PDCA SOP

Tahap PDCA	Bagian SOP yang Bersesuaian	Justifikasi
<i>Plan</i>	1. Penerimaan <i>picking list</i>	Kedua bagian ini merupakan tahap perencanaan sebelum eksekusi fisik meliputi verifikasi kelengkapan informasi pesanan, penugasan operator, penggabungan <i>order</i> melalui <i>batch picking</i> , serta penentuan urutan rute pengambilan atau <i>routing</i> untuk meminimalkan jarak perpindahan.
	2. Perencanaan rute pengambilan	

Tahap PDCA	Bagian SOP yang Bersesuaian	Justifikasi
<i>Do</i>	3. Pengambilan material	Bagian ini merupakan tahap pelaksanaan atau eksekusi langsung dari rencana yang telah disusun yaitu proses fisik pengambilan material sesuai kuantitas dan lokasi, termasuk verifikasi kode SKU dan visual label sebagai bagian dari pelaksanaan yang akurat.
<i>Check</i>	4. Pemeriksaan (<i>quality control</i>)	Bagian ini secara eksplisit merupakan tahap pemeriksaan terhadap kesesuaian kode material, nama, spesifikasi dan kuantitas sebelum material diteruskan. Tahapan ini sesuai dengan fungsi tahap <i>check</i> pada PDCA yaitu memverifikasi hasil pelaksanaan terhadap standar yang telah ditetapkan.
<i>Act</i>	5. Penyerahan material 6. Evaluasi	Penyerahan material merupakan tindak lanjut atas hasil yang telah diverifikasi sedangkan tahap evaluasi, yaitu pencatatan waktu penyelesaian, jumlah order, jumlah <i>mis-pick</i> dan jumlah <i>misplaced item</i> merupakan wujud nyata dari tahap <i>act</i> . Tahapan ini menjadikan hasil evaluasi sebagai dasar

Tahap PDCA	Bagian SOP yang Bersesuaian	Justifikasi
		tindakan perbaikan dan standardisasi pada siklus berikutnya atau <i>continuous improvement</i> .

Berikut merupakan SOP yang telah dibuat:

Tabel 5. 6 Rekomendasi SOP *Order Picking*

	PT. Flextech Packaging Indonesia Kawasan Industri Terpadu Wilmar, Jl. Raya Bojonegara km.5 kav.162 Kec. Kramatwatu, Kab. Serang, Banten, Indonesia, 42161	
STANDARD OPERATING PROCEDURE (SOP) ALUR ORDER PICKING WAREHOUSE MATERIAL		
No. Dokumen	-	
Jumlah Halaman	-	
Tanggal Pembuatan	-	
Dibuat Oleh	Diperiksa Oleh	Disetujui Oleh
Tujuan	Menjamin aktivitas <i>order picking</i> dilakukan secara efektif, efisien, dan konsisten sehingga mampu meningkatkan produktivitas serta menurunkan biaya operasional.	
Person In Charge (PIC)		
Deskripsi SOP		
1. Penerimaan <i>Picking List</i> 1.1. Operator menerima <i>picking list</i> dari admin <i>warehouse</i> . 1.2. Operator memverifikasi kelengkapan informasi pada <i>picking list</i> , meliputi: - Nomor order - Kode material (SKU) - Nama material		

- Spesifikasi
- Lokasi penyimpanan
- Kuantitas material

1.3 Foreman *warehouse* melakukan penugasan *picking list* kepada operator berdasarkan beban kerja dan area kerja operator.

1.4 Apabila terdapat beberapa *picking list* yang memiliki tujuan produksi dan area penyimpanan yang berdekatan, *foreman warehouse* dapat menggabungkan order menjadi satu perjalanan pengambilan (*batch picking*) tanpa mengubah identitas masing-masing order.

2. Perencanaan Rute Pengambilan

2.1 Sebelum memulai proses *picking*, operator menentukan urutan pengambilan berdasarkan lokasi penyimpanan (*routing*) untuk meminimalkan jarak perpindahan.

2.2 Pengambilan material dilakukan mengikuti urutan lokasi penyimpanan dari area terdekat menuju area berikutnya sesuai rute yang telah ditentukan.

3. Pengambilan Material

3.1 Operator melakukan verifikasi terhadap:

- Kode material (SKU)
- Nama material.
- Spesifikasi
- Visual label.
- Lokasi penyimpanan.

3.2 Operator mengambil material sesuai kuantitas pada *picking list*.

3.3 Material langsung ditempatkan pada troli sesuai identitas order.

3.4 Apabila diterapkan *batch picking*, setiap order dipisahkan menggunakan label identitas untuk menghindari tercampurnya material.

3.5 Apabila material tidak ditemukan pada lokasi penyimpanan, operator melakukan pencarian sesuai prosedur *misplaced item*.

3.6 Apabila material tetap tidak ditemukan, operator melaporkan kepada *foreman warehouse*.

4. Pemeriksaan (Quality Control)

4.1 Operator melakukan verifikasi terhadap:

- Kode material (SKU)
- Nama material.
- Spesifikasi.
- Kuantitas.

4.2 Material yang tidak sesuai dikembalikan kepada operator.

4.3 Material yang telah sesuai diberikan persetujuan.

5. Penyerahan Material

5.1 Material ditempatkan pada area transisi.

5.2 Operator memastikan identitas order masih sesuai.

5.3 Material diserahkan kepada bagian produksi.

5.4 Operator melakukan konfirmasi penyelesaian *order picking*.

6. Evaluasi

6.1 Operator menyerahkan *picking list* kepada admin.

6.2 Supervisor mencatat:

- Waktu penyelesaian.
- Jumlah order.
- Jumlah *mis-pick*.
- Jumlah *misplaced item*

5.3.2 Remodel SKU dan Visual Label

Sebagaimana disebutkan pada bagian 3.1 SOP, operator diwajibkan melakukan verifikasi terhadap *visual label* sebagai salah satu syarat sebelum material diambil. Oleh karena itu, desain *visual label* material menjadi elemen krusial yang menentukan kecepatan dan akurasi proses *order picking* secara keseluruhan. Usulan perbaikan desain *visual label* pada penelitian ini didasarkan pada prinsip visual management sebagaimana dijelaskan oleh Tezel et al (2016), Singh & Kumar (2021) serta secara spesifik oleh Aditya et al (2026) terkait label pada operasi gudang. Pemetaan elemen desain label terhadap prinsip *visual management* dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 5. 7 Prinsip *Visual Label*

Elemen Desain Visual Label	Prinsip <i>Visual Management</i>	Justifikasi Teoretis
Kode SKU dan nama material ditampilkan besar pada posisi utama label	<i>Visual identification / manage by sight</i>	Mempercepat verifikasi kode material pada aktivitas 3.1 tanpa memerlukan pengecekan berulang pada sistem
<i>Barcode/QR code</i>	<i>Visual control</i> untuk keterbacaan mesin	Mendukung verifikasi otomatis dan mengurangi risiko human error saat pencocokan kode material dengan <i>picking list</i>
Kode warna berdasarkan kategori material/area penyimpanan	<i>Visual signal</i>	Mempercepat proses <i>routing</i> (bagian 2 SOP) karena operator dapat mengenali kelompok lokasi material secara sekilas
Tata letak informasi (SKU, nama, spesifikasi, lokasi) yang konsisten pada seluruh label	<i>Standardization</i> (5S - Seiton)	Mendukung konsistensi verifikasi pada aktivitas 3.1 dan 4.1 SOP, mengurangi variasi interpretasi antar operator

RESIN

SKU
RES-LLD-2045G

Material Dowlex 2045.11g

Kode SAP 6.6020101001

LOKASI DAN PELACAKAN

LOC A-02-03



Tgl produksi 01-04-2025

Lot 240526FS62

Kedaluwarsa
21-08-2026



6.6020101001

Gambar 5. 4 Usulan *Visual Label*

LABEL IDENTITAS ORDER

NO. ORDER
ORD-260726-014

Tujuan produksi **Line Ekstrusi 2**

Operator **Ahmad S. (OP-014)**

PENJADWALAN DAN PEMISAHAN BATCH

TUJUAN: Line B

Kelompok batch picking
BATCH B-12

Tgl dan waktu picking
26-07-2026, 09:40

Jumlah SKU dalam order
8 item





ORD-260726-014

Tempel pada troli batch picking

Gambar 5. 5 Usulan Label Identitas Order

5.4 Analisis Usulan Perbaikan

Berikut merupakan analisis usulan perbaikan yang telah sebelumnya diusulkan:

5.4.1 SOP Order Picking

Tabel 5. 8 Analisis Usulan SOP

Aspek	Sebelum	Sesudah (Usulan)
Dasar penyusunan tahapan SOP	Tahapan disusun berdasarkan praktik kerja yang berjalan, tanpa kerangka yang jelas	Setiap kelompok aktivitas SOP dipetakan pada tahap PDCA (<i>Plan-Do-Check-Act</i>) sehingga memiliki justifikasi akademik yang jelas
Perencanaan rute pengambilan	Rute pengambilan berpotensi ditentukan berdasarkan kebiasaan operator	<i>Routing</i> distandardisasi sebagai bagian eksplisit tahap <i>plan</i> mengacu pada prinsip minimisasi jarak perpindahan
Pemeriksaan hasil	Pemeriksaan dilakukan namun belum tentu terhubung eksplisit dengan siklus perbaikan berkelanjutan	Tahap <i>check</i> diposisikan sebagai bagian siklus PDCA yang hasilnya menjadi <i>input</i> bagi tahap <i>act</i>
Evaluasi dan tindak lanjut	Pencatatan <i>mis-pick</i> dan <i>misplaced item</i> tidak dilakukan	Tahap evaluasi diposisikan sebagai tahap <i>act</i> yang menjadi dasar penyempurnaan SOP pada siklus PDCA berikutnya (<i>continuous improvement</i>)

Tabel 5.7 menampilkan perbandingan antara SOP yang diterapkan di perusahaan dengan SOP usulan yang disusun menggunakan kerangka *plan-do-check-act* (PDCA). Penggunaan PDCA bertujuan memberikan dasar konseptual dalam penyusunan setiap tahapan prosedur sehingga setiap aktivitas tidak hanya menggambarkan alur kerja, tetapi juga mengintegrasikan prinsip *continuous improvement*. Dengan demikian, setiap

tahapan dalam SOP memiliki fungsi yang jelas, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, pemeriksaan hingga evaluasi dan tindak lanjut sebagai dasar penyempurnaan prosedur secara berkelanjutan.

5.4.2 Visual Label

Tabel 5. 9 Analisis Usulan *Visual Label*

Aspek	Sebelum	Sesudah (Usulan)
Kecepatan verifikasi (aktivitas 3.1 & 4.1 SOP)	Verifikasi kode SKU, nama, dan spesifikasi memerlukan waktu lebih lama karena tata letak label tidak konsisten	Tata letak label yang konsisten (prinsip seiton) mempercepat verifikasi tanpa mengurangi ketelitian
Akurasi routing	Operator sulit mengenali kelompok lokasi material secara sekilas	Kode warna sebagai <i>visual signal</i> mempercepat pengenalan kelompok lokasi material
Risiko tercampurnya material saat <i>batch picking</i>	Berpotensi tinggi apabila tidak ada penanda identitas order yang jelas pada troli	Label identitas order berfungsi sebagai <i>visual control</i> yang mencegah tercampurnya material antar <i>order</i>
Keterbacaan otomatis (barcode/QR)	Belum tentu mengikuti standar ukuran/kontras tertentu	Elemen <i>barcode</i> dirancang mengacu pada standar teknis
Ketergantungan pada pengalaman individu	Operator baru memerlukan waktu adaptasi lebih lama untuk memahami sistem label	Standar visual yang konsisten mempercepat adaptasi operator baru

Tabel 5.9 menunjukkan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah usulan penerapan visual label pada aktivitas order picking. Perancangan visual label mengacu pada prinsip 5S khususnya seiton dan seiketsu serta konsep visual management untuk menghasilkan

sistem identifikasi yang lebih konsisten, mudah dipahami dan informatif. Penerapan tata letak label yang seragam, kode warna, label identitas order serta elemen barcode diharapkan dapat mempercepat proses identifikasi material, mengurangi potensi kesalahan pengambilan dan mempermudah adaptasi operator dalam melaksanakan aktivitas order picking.

5.4.3 Dampak Perbaikan

Berdasarkan analisis dari SOP dan *visual label* yang telah dibuat, dilakukan analisis mengenai dampaknya terhadap aspek-aspek yang ada seperti *cycle time* dan *green*. Berikut merupakan dampak dari perbaikan yang diusulkan:

Tabel 5. 10 Estimasi Dampak Perbaikan *Cycle Time*

Komponen Waktu (<i>Order Picking</i>)	Sebelum	Estimasi Sesudah	Persentase Penurunan
Pencarian dan penentuan rute lokasi	4.5 menit	2.5 menit	± 44.44%
Identifikasi SKU dan pengambilan fisik	6.75 menit	3.2 menit	± 52.59%
Total	11.25 menit	5.7 menit	±49.33%

Pada tabel 5.10, dapat dilihat bahwa estimasi dampak perbaikan *cycle time* bisa menghemat 49.33% dari total *cycle time* yang ada yang awalnya 11,25 menit menjadi 5,7 menit. Hal ini tidak hanya berdampak pada produktivitas serta finansial *warehouse*, namun juga berdampak kepada aspek *green* seperti pada tabel berikut:

Tabel 5. 11 Estimasi Dampak Perbaikan *Green*

Komponen Waktu (<i>Order Picking</i>)	Sebelum	Estimasi Sesudah	Persentase Penurunan
Pencarian dan penentuan rute lokasi	118.31 kWh	51.89 kWh	± 56.14%
Identifikasi SKU dan pengambilan fisik	177.46 kWh	66.41 kWh	± 62.57%
Total	295.776 kWh	118.31 kWh	±60%

Pada tabel 5.11, konsumsi energi *warehouse* yang sebelumnya 295.776 kWh, sekarang hanya menjadi 118,31 kWh yang bisa menghemat perusahaan untuk biaya operasional energi.

BAB VI

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut merupakan kesimpulan yang dapat ditarik:

1. Berdasarkan hasil pemodelan yang dilakukan, disusun lima KPI yang dapat digunakan untuk mengukur performansi aktivitas pergudangan dengan mengintegrasikan aspek *green* pada PT Flextech Packaging Indonesia, yaitu *energy consumption of receiving process* (kWh/bulan) pada proses *receiving*, *energy consumption of put away process* (kWh/bulan) pada proses *put away*, *warehouse energy intensity* (kWh/m²/bulan) pada proses *storage*, *energy consumption of order picking process* (kWh/bulan) pada proses *order picking*, serta *waste generated per shipping* (ton/bulan) pada proses *shipping*. Keempat KPI pada proses *receiving*, *put away*, *storage*, dan *order picking* dirumuskan dengan mengacu pada ISO 50001:2018, khususnya klausul 9.1.1 tentang penentuan parameter yang dipantau dan diukur serta klausul 9.1.2 tentang evaluasi kesesuaian dengan persyaratan legal dan persyaratan lain, sehingga berfokus pada aspek konsumsi energi sebagai representasi dampak lingkungan dari aktivitas pergudangan. Sementara itu, KPI pada proses *shipping* dirumuskan dengan mengacu pada ISO 14001:2015 klausul 9.1.1, yang berfokus pada aspek timbulan limbah sebagai representasi dampak lingkungan dari proses tersebut. Dengan demikian, model KPI yang dihasilkan mencakup keseluruhan proses inti pergudangan dan telah mengintegrasikan aspek *green* melalui indikator konsumsi energi dan timbulan limbah, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengukuran performansi aktivitas pergudangan yang berwawasan lingkungan pada PT Flextech Packaging Indonesia.
2. Berdasarkan hasil pengukuran performansi menggunakan metode Frazelle yang diintegrasikan dengan indikator *green warehouse*, pembobotan *Analytical Hierarchy Process* (AHP), dan normalisasi *SNORM*, diperoleh nilai performa total *warehouse* sebesar 50% yang berarti masuk kedalam kategori *average*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem pergudangan di PT Flextech Packaging Indonesia telah mampu menjalankan fungsi operasional dengan cukup baik, namun efisiensi operasionalnya masih belum optimal. Dari lima aktivitas

warehouse yang diukur, aktivitas *shipping* memiliki nilai performa sebesar 0,539, diikuti oleh *receiving* sebesar 0,500, *put away* sebesar 0,615 dan *storage* sebesar 0,581 sedangkan *order picking* memiliki nilai performa terendah sebesar 0,350. Rendahnya performa aktivitas *order picking* terutama dipengaruhi oleh rendahnya pencapaian pada indikator *finance* (0,034), *productivity* (0,026), dan *utilitize* (0,064), meskipun indikator *quality* telah menunjukkan nilai yang baik. Temuan ini menunjukkan bahwa aktivitas *order picking* masih memerlukan biaya, waktu, dan penggunaan sumber daya yang relatif besar untuk menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi.

3. Berdasarkan analisis *fishbone* yang diintegrasikan dengan metode 5 *Why's*, diperoleh beberapa *root cause* utama yang menyebabkan rendahnya performa aktivitas *order picking*. Pada aspek produktivitas, akar penyebab meliputi belum adanya sistem pengelolaan kompetensi operator *warehouse*, pengelolaan SKU yang belum mempertimbangkan kebutuhan proses *order picking*, belum diterapkannya pengukuran produktivitas berbasis aktivitas, belum optimalnya pengelolaan metode kerja, perencanaan fasilitas yang belum berorientasi pada peningkatan efisiensi operasional, serta belum efektifnya pengendalian kepatuhan terhadap tata letak penyimpanan dan area transit. Sementara itu, pada aspek *financial*, akar penyebab meliputi pengelolaan SKU yang belum mempertimbangkan dampaknya terhadap biaya operasional, pengambilan keputusan biaya yang belum didukung informasi *cost driver* aktivitas, pengelolaan sumber daya operasional yang belum berorientasi pada efisiensi biaya, pengembangan fasilitas yang belum diarahkan untuk menekan biaya operasional, serta pengelolaan area penyimpanan yang belum mendukung efisiensi *material handling*. Hasil integrasi kedua aspek menunjukkan bahwa sebagian besar permasalahan berasal dari belum optimalnya standardisasi proses kerja, sistem identifikasi material, pengukuran kinerja, dan pengelolaan operasional *warehouse*.
4. Berdasarkan hasil identifikasi *root cause* dan diskusi dengan pihak perusahaan, ditetapkan dua usulan perbaikan yang diprioritaskan, yaitu penyusunan *standard operating procedure* (SOP) aktivitas *order picking* serta pengembangan *SKU management* melalui *remodel* SKU, *visual label* dan *barcode*. Berdasarkan hasil estimasi, penerapan kedua usulan tersebut mampu menurunkan *cycle time* proses

order picking dari 11,25 menit menjadi 5,7 menit atau sebesar $\pm 49,33\%$, serta menurunkan konsumsi energi dari 295,776 kWh menjadi 118,31 kWh atau sekitar $\pm 60\%$. Hasil perhitungan performansi menggunakan metode Frazelle menunjukkan bahwa nilai performa gudang meningkat dari 50% menjadi 56%. Meskipun masih berada pada kategori *average*, peningkatan tersebut menunjukkan adanya perbaikan kinerja operasional, hal ini disebabkan karena *order picking* yang menjadi fokus dalam perbaikan hanya berkontribusi sebesar 19.56% serta aspek yang diperbaiki hanya dua dari enam aspek yang ada. Untuk mendorong performa keluar dari kategori *average*, perbaikan perlu diperluas ke aspek *utilitize*, *green* dan *quality* pada *order picking* serta ke proses-proses lain yang bobotnya lebih besar.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengukuran performansi, analisis *root cause* serta usulan perbaikan yang telah dirumuskan, diperlukan tindak lanjut baik dari sisi implementasi di perusahaan maupun pengembangan penelitian pada masa mendatang. Oleh karena itu, saran dalam penelitian ini dibedakan menjadi saran untuk perusahaan dan saran untuk penelitian selanjutnya. Berikut merupakan saran yang dapat dilakukan:

5.2.1 Perusahaan

1. Perusahaan disarankan untuk mengimplementasikan rekomendasi yang dihasilkan pada penelitian ini secara bertahap, dimulai dari penyusunan *standard operating procedure* (SOP) aktivitas *order picking*, pengembangan *SKU management* melalui *remodel SKU*, *visual label*, dan barcode, serta pengembangan dashboard KPI sebagai dasar pemantauan performa dan *continuous improvement*. Evaluasi terhadap efektivitas implementasi perlu dilakukan secara berkala agar perbaikan dapat disesuaikan dengan kondisi operasional.
2. Selain perbaikan pada aktivitas *order picking*, perusahaan disarankan untuk mengembangkan sistem pergudangan yang lebih terintegrasi melalui implementasi *Warehouse Management System* (WMS), *digital picking list*, teknologi identifikasi otomatis seperti barcode atau RFID, serta sistem *real-time tracking*. Integrasi tersebut diharapkan mampu meningkatkan akurasi

data, *traceability*, efisiensi aliran material, serta mendukung pengambilan keputusan secara cepat berbasis data.

3. Perusahaan juga disarankan untuk memperkuat penerapan konsep *green warehouse* dengan melakukan pemantauan konsumsi energi *material handling equipment* (MHE), mengoptimalkan penggunaan peralatan berdasarkan beban kerja, menerapkan tata letak penyimpanan yang mampu meminimalkan *travel distance*, serta mengembangkan program efisiensi energi sebagai bagian dari upaya peningkatan keberlanjutan operasional.

5.2.2 Penelitian Selanjutnya

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengimplementasikan usulan perbaikan yang dihasilkan dan mengevaluasi dampaknya terhadap performa *warehouse* melalui analisis *before-after*, sehingga peningkatan produktivitas, penurunan biaya operasional, serta pengurangan konsumsi energi MHE dapat dibuktikan secara kuantitatif.
2. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan optimasi aktivitas *order picking* menggunakan pendekatan yang lebih teknis, seperti optimasi *slotting*, *batch picking*, *zone picking*, *wave picking*, optimasi rute (*routing*), maupun simulasi *discrete event simulation*. Pendekatan tersebut dapat digunakan untuk menentukan konfigurasi proses yang memberikan waktu tempuh, biaya operasional, dan konsumsi energi terendah.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi pemanfaatan teknologi digital dan analisis data dalam pengelolaan *warehouse*, seperti *Internet of Things* (IoT), *indoor positioning system* (IPS), *machine learning* untuk prediksi permintaan material, maupun *digital twin*. Integrasi teknologi tersebut berpotensi meningkatkan visibilitas proses secara *real-time*, mendukung pengambilan keputusan yang lebih adaptif, serta meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem pergudangan.
4. Penelitian selanjutnya juga dapat memperluas pengukuran aspek *green warehouse* dengan menambahkan indikator keberlanjutan lain, seperti emisi karbon (*carbon footprint*), konsumsi listrik fasilitas *warehouse*, limbah kemasan, tingkat utilisasi MHE, maupun *life cycle assessment* (LCA). Dengan demikian, evaluasi performansi tidak hanya berfokus pada efisiensi

operasional, tetapi juga memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai dampak lingkungan dari aktivitas pergudangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adianto, H., Suwarsito, & Herawati, N. (2024). Analisis Perbaikan Waktu Produksi Untuk Mendapatkan Hasil dan Pengiriman Tepat Waktu ke Pelanggan. *AKRAB JUARA*, 9(3), 906–916.
- Aditya, M., Permana, E., & Dwiyantri, V. (2026). PERAN PENGENDALIAN VISUAL BERBASIS 5S DALAM MENGURANGI PEMBOROSAN WAKTU PADA OPERASI GUDANG. *Inaque : Journal of Industrial and Quality Engineering*, 14(1), 17–27. <https://doi.org/10.34010/iqe.v14i1.19249>
- Agustina, I., & Vikaliana, R. (2021a). Analisis Pengaturan Layout Gudang Sparepart Menggunakan Metode Dedicated Storage di Gudang Bengkel Yamaha Era Motor. *Journal of Management and Business Review*, 18(2), 53–64. <https://doi.org/10.34149/jmbr.v18i2.271>
- Agustina, I., & Vikaliana, R. (2021b). Analisis Pengaturan Layout Gudang Sparepart Menggunakan Metode Dedicated Storage di Gudang Bengkel Yamaha Era Motor. *Journal of Management and Business Review*, 18(2), 53–64. <https://doi.org/10.34149/jmbr.v18i2.271>
- Badan Pusat Statistik. (2025). *Perkembangan Indeks Produksi Industri Manufaktur 2024*. Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Sistem Manajemen Lingkungan-Persyaratan dengan panduan penggunaan Environmental management systems-Requirements with guidance for use*. www.bsn.go.id
- Chandra Tjoe, J., & Kosasih, W. (2024). *Perancangan dan Pengukuran Key Performance Indicators (KPIs) dengan Konsep Green Supply Chain Management Studi Kasus: Fulfillment Warehouse*.
- Christopher, M. (2016). *Logistics and Supply Chain Management* (Vol. 5).
- Cosma, A., Conte, R., Solina, V., & Ambrogio, G. (2024). Design of KPIs for evaluating the environmental impact of warehouse operations: a case study. *Procedia Computer Science*, 232, 2701–2708. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.087>
- Daneshjo, N., Rudy, V., Malega, P., & Krnáčová, P. (2021). Application of Spaghetti Diagram in Layout Evaluation Process: A Case Study. *TEM Journal*, 10(2), 573–582. <https://doi.org/10.18421/TEM102-12>
- de Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182(2), 481–501. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009>
- Dewi, A. K. (2025). Analisis Kinerja Warehouse dan Perancangan Tata Letak: Studi Kasus Dekor Asia, Imogiri Yogyakarta. In *Journal Scientific of Mandalika (jsm) e-ISSN* (Vol. 6, Number 7).
- Etgar, D., & Wibisono, D. (2023). DETERMINING KEY PERFORMANCE INDICATORS WITH BALANCED SCORECARD APPROACH FOR CONSTRUCTION PROJECT WAREHOUSE EFFICIENCY. *Journal of Economics and Business UBS*, 12(2).
- Fernando, Y., Adib, M., Wahyuni TD, I. S., & Omar, Y. (2022). Improving Warehouse Capacity, Productivity and Sustainability. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.1504/ijpqm.2022.10046115>
- Fichtinger, J., Ries, J. M., Grosse, E. H., & Baker, P. (2015). Assessing the environmental impact of integrated inventory and warehouse management. *International Journal of Production Economics*, 170, 717–729. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.06.025>
- Glenn Archie, B., & Azzahra, F. (2025). *Analisis Kinerja Pergudangan Pada East Distribution Center (EDC) Dengan Pendekatan Value Stream Mapping (VSM) dan 5 Whys Analysis untuk Meminimasi Waste (Studi Kasus: PT. XYZ)*.

- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.025>
- Hapsari, N. I., & Chalidyanto, D. (2025). The Impact Of PDCA Cycle Implementation On Nursing Management In Hospitals: A Systematic Literature Review. *Nursing Information Journal*, 5(1), 160–171. <https://doi.org/10.54832/nij.v5i1.1235>
- Hidayatuloh, S., Febriani, A., Samodro, G., & Indarwati, T. (2022). Improved Warehousing Performance Using the Frazelle Model in Pharmacies During a Covid-19 Pandemic. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 21(1), 83–90. <https://doi.org/10.23917/jiti.v21i1.17182>
- International Organization for Standardization. (2011). *ISO 50001 Energy Management Systems*. www.iso.org
- Irawan, A., Soegiarto, H. E., & Suroso, A. (2014). *ANALISIS DISCREPANCY PADA PERUSAHAAN JASA MANAJEMEN WAREHOUSE DI PT. CIPTA KRIDA BAHARI SAMARINDA*.
- Iskandar, Y., & Sudiar, M. (2022, September 12). *Evaluation of Green Warehouse Performance Indicators Using Analytical Hierarchy Process and Objective Matrix (Case Study: PLN Cilegon)*. <https://doi.org/10.4108/eai.31-3-2022.2320958>
- Johnson, A., & McGinnis, L. (2011). Performance measurement in the warehousing industry. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 43(3), 220–230. <https://doi.org/10.1080/0740817X.2010.491497>
- Kurniawan, A. C., Nur, I., Harsono, O., & Ruswandi, N. (2023). Determination of Warehouse Performance Measurement Indicators at PT Pos Logistik Indonesia with The Balanced Scorecard Method. In *Majalah Ilmiah Bijak* (Vol. 20, Number 1). <http://ojs.stiami.ac.id>
- Lewczuk, K., Kłodawski, M., & Gepner, P. (2021). Energy consumption in a distributional warehouse: A practical case study for different warehouse technologies. *Energies*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/en14092709>
- Maini Heryanto, R. (2022). Green Supply Chain Performance Measurement using Green SCOR Model in Agriculture Industry: A Case Study. *Jurnal Teknik Industri*, 24(1). <https://doi.org/10.9744/jti.24.1.53-60>
- Melladia, M., Indah Febri Annisa, & Surya Kharisma Karnefo. (2024). Perancangan Data Mart Analisis Data Nilai Siswa pada SMAN 2 Tebo. *JUMINTAL: Jurnal Manajemen Informatika Dan Bisnis Digital*, 3(1), 18–30. <https://doi.org/10.55123/jumintal.v3i1.3501>
- Modica, T., Perotti, S., & Melacini, M. (2021). Green warehousing: Exploration of organisational variables fostering the adoption of energy-efficient material handling equipment. *Sustainability (Switzerland)*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/su132313237>
- Muttaqin, P. S., Margareta, W., & Zahira, A. D. (2022). Green warehouse performance monitoring system design using analytical hierarchy process and supply chain operation reference. *Applied Engineering and Technology*, 1(3), 146–153. <https://doi.org/10.3176/aet.v1i1.687>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2021). *OECD Competition Assessment Reviews INDONESIA LOGISTICS SECTOR FOSTERING COMPETITION IN ASEAN*.
- Ramadhan, L. F. (2022). *Analisis Kinerja Picking dan Loading PT Cussons Indonesia Menggunakan Metode KPI (Key Performance Indicator)*.

- Ridho, A., & Listiana, N. (2024). Implementasi Metode AHP dan TOPSIS dalam Pemilihan Social Commerce terbaik bagi UMKM. *Remik: Riset Dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, 8(4). <https://doi.org/10.33395/remik.v8i4.14207>
- Rosyidah, M., Fadli Malfitrah, M., Putri, A. R., Patradhiani, R., & Oktarini, D. (2024). Analisis Pengukuran Kinerja Warehouse dengan Pendekatan Analytical Hierarchy Process dan Balanced Scorecard. *Integrasi Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 09(02). <https://doi.org/10.32502/js.v9i1>
- Salva, L., Hidayatuloh, S., Arifin, M., Panjaitan No, J. DI, Kidul, P., Purwokerto Sel, K., Banyumas, K., & Tengah, J. (2025). Pengukuran Kinerja Gudang Bahan Baku Industri Semen Menggunakan Frazelle Model dan Best-Worst Method. In *Jurnal Teknologi dan Informas* (Vol. 4, Number 3).
- Sarasi, V., Chaerudin, I., & Nurfauzia, F. (2024). Performance of Omnichannel Warehouse of Muslim Fashion Company in Indonesia Based on Workforce, Equipment, Space, and Information System Aspects. *Cogent Social Sciences*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/23311886.2024.2302214>
- Shu Wen, C. (2023). *Organisational Perception of Critical Success Factors in Green Warehouse and Inventory*.
- Silka Fajaranie, A., Nurul Khairi, A., Studi Teknologi Pangan, P., Teknologi Industri, F., Ahmad Dahlan Kampus, U., & Ringroad Selatan, J. (2022). PENGAMATAN CACAT KEMASAN PADA PRODUK MIE KERING MENGGUNAKAN PETA KENDALI DAN DIAGRAM FISHBONE DI PERUSAHAAN PRODUSEN MIE KERING SEMARANG, JAWA TENGAH OBSERVATION OF DRIED NOODLE PRODUCT PACKAGING DEFECTS WITH CONTROL CHARTS AND FISHBONE DIAGRAMS AT A DRY NOODLE PRODUCER IN SEMARANG, CENTRAL JAVA. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 7(1), 7–13.
- Singh, S., & Kumar, K. (2021). A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 1153–1162. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.019>
- Sriwana, I. K., Hijrah S, N., Suwandi, A., & Rasjidin, R. (2021). Pengukuran Kinerja Rantai Pasok Menggunakan Supply Chain Operations Reference (SCOR) di UD. Ananda. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 8(2), 13–24. <https://doi.org/10.24853/jisi.8.2.13-24>
- Staudt, F. H., Alpen, G., Di Mascolo, M., & Rodriguez, C. M. T. (2015). Warehouse performance measurement: A literature review. In *International Journal of Production Research* (Vol. 53, Number 18, pp. 5524–5544). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1030466>
- Suryajaya, H., Kosasih, W., Olyvia Doaly, C., & Laricha Salomon, L. (2022). *Pengukuran Key Performance Indicator Warehouse Management System pada Perusahaan Logistik*.
- Tezel, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2016). Visual management in production management: A literature synthesis. In *Journal of Manufacturing Technology Management* (Vol. 27, Number 6, pp. 766–799). Emerald Group Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2015-0071>
- Tri, A., Dira, P., Rahmawati, E. N., Pembangunan Nasional -Veteranl, U., & Timur, J. (2025). Performance Analysis Of Green Supply Chain Management Using AHP And OMAX Methods. In *Jurnal Sistem Cerdas*.
- Tricahyo, V. A., Prabowo, T., Sofia, S., Larasati, A., & Ray, D. (2022). *Performance Measurement Using the Balanced Scorecard and Business Intelligence in Logistics Companies*.

LAMPIRAN

Kuesioner AHP

Kuesioner Pembobotan Kriteria Frazelle Model

Nama : Haznudin
Posisi/Jabatan : Logistics officer

Model Frazelle digunakan untuk mengukur kinerja gudang (*warehouse performance*) melalui lima aktivitas utama: *Receiving, Put Away, Storage, Order-Picking*, dan *Shipping*, yang dinilai menggunakan lima indikator kinerja: Keuangan, Produktivitas, Utilitas, Kualitas, dan Waktu Siklus.

Dalam penelitian ini, model Frazelle dikembangkan dengan menambahkan aspek Green untuk menilai efisiensi energi, pengurangan limbah, dan keberlanjutan lingkungan.

Kuesioner ini bertujuan menentukan bobot kepentingan antar elemen kinerja gedung menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP).

PROSES

- | | |
|------------------|--|
| 1. Receiving | Proses awal penerimaan barang meliputi pembongkaran, pemeriksaan kualitas & kuantitas, serta repacking jika diperlukan sebelum disimpan. |
| 2. Put Away | Proses pemindahan dan penempatan barang ke lokasi penyimpanan yang sesuai agar tata letak gudang efisien. |
| 3. Storage | Aktivitas penyimpanan barang di area tertentu dalam gudang hingga barang dibutuhkan kembali. |
| 4. Order Picking | Pengambilan barang dari lokasi penyimpanan sesuai pesanan untuk dikirim ke pelanggan. |
| 5. Shipping | Tahap akhir yang meliputi pengecekan, pengemasan, dan pemasangan barang ke kendaraan untuk pengiriman. |

ASPEK

1. Finance : Mengukur efisiensi biaya penyimpanan, transportasi, tenaga kerja, dan pemanfaatan sumber daya.
2. Productivity : Menunjukkan efektivitas penggunaan tenaga kerja, ruang, dan peralatan dalam setiap aktivitas gudang.
3. Utilitization : Mengukur tingkat pemanfaatan fasilitas gudang seperti rak, alat angkut, dan ruang penyimpanan.
4. Quality : Menilai keakuratan proses, ketepatan pengiriman, kondisi barang, serta tingkat kepuasan pelanggan.
5. Cycle Time : Menggambarkan kecepatan penyelesaian suatu proses mulai dari penerimaan hingga pengiriman barang.
6. Green : Menilai penerapan prinsip keberlanjutan dalam aktivitas gudang, seperti efisiensi energi, pengurangan limbah, transportasi rendah emisi, dan penggunaan material ramah lingkungan.

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mulak penting daripada elemen lainnya
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan

A. Pembobotan Kriteria Kepentingan Pada Proses Warehouse

[illegible]

B. Pembobotan Antar Kepentingan Untuk Setiap Aspek

1. Pembobotan Receiving

[illegible]

2. Pembobotan Put Away

[illegible]

3. Pembobotan Storage

[illegible][illegible]

4. Pembobotan Order Picking

[illegible]

5. Pembobotan Shipping

[illegible]

	Skala																	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Productivity									✓									Utilization
Productivity															✓			Quality
Productivity									✓									Cycle Time
Productivity									✓									Green
Utilization															✓			Quality
Utilization															✓			Cycle Time
Utilization									✓									Green
Quality			✓															Cycle Time
Quality			✓															Green
Cycle Time									✓									Green

Kuesioner Pembobotan Kriteria Frazelle Model

Nama : Eri Fajer Nur Fadillah
Posisi Jabatan : Foreman WH & Store

Model Frazelle digunakan untuk mengukur kinerja gudang (*warehouse performance*) melalui lima aktivitas utama: *Receiving*, *Put Away*, *Storage*, *Order Picking*, dan *Shipping*, yang dinilai menggunakan lima indikator kinerja: Keuangan, Produktivitas, Utilitas, Kualitas, dan Waktu Siklus.

Dalam penelitian ini, model Frazelle dikembangkan dengan menambahkan aspek Green untuk menilai efisiensi energi, pengurangan limbah, dan keberlanjutan lingkungan.

Kuesioner ini bertujuan menentukan bobot kepentingan antar elemen kinerja gudang menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP).

PROSES

1. *Receiving* : Proses awal penerimaan barang meliputi pembongkaran, pemeriksaan kualitas & kuantitas, serta repacking jika diperlukan sebelum disimpan.
2. *Put Away* : Proses pemindahan dan penempatan barang ke lokasi penyimpanan yang sesuai agar tata letak gudang efisien.
3. *Storage* : Aktivitas penyimpanan barang di area tertentu dalam gudang hingga barang dibutuhkan kembali.
4. *Order Picking* : Pengambilan barang dari lokasi penyimpanan sesuai pesanan untuk dikirim ke pelanggan.
5. *Shipping* : Tahap akhir yang meliputi pengecekan, pengemasan, dan pemuatan barang ke kendaraan untuk pengiriman.

ASPEK

1. *Finance* : Mengukur efisiensi biaya penyimpanan, transportasi, tenaga kerja, dan pemanfaatan sumber daya.
2. *Productivity* : Menunjukkan efektivitas penggunaan tenaga kerja, ruang, dan peralatan dalam setiap aktivitas gudang.
3. *Utilization* : Mengukur tingkat pemanfaatan fasilitas gudang seperti rak, alat angkut, dan ruang penyimpanan.
4. *Quality* : Menilai keakuratan proses, ketepatan pengiriman, kondisi barang, serta tingkat kepuasan pelanggan.
5. *Cycle Time* : Menggambarkan kecepatan penyelesaian suatu proses mulai dari penerimaan hingga pengiriman barang.
6. *Green* : Menilai penerapan prinsip keberlanjutan dalam aktivitas gudang, seperti efisiensi energi, pengurangan limbah, transportasi rendah emisi, dan penggunaan material ramah lingkungan.

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan

A. Pembobotan Kriteria Kepentingan Pada Proses Warehouse

[illegible]

B. Pembobotan Antar Kepentingan Untuk Setiap Aspek

1. Pembobotan Receiving

[illegible]

2. Pembobolan Put Away

[illegible]

3. Pembobotan Storage

[illegible]

