

SKRIPSI

**ANALISIS PERANCANGAN TATA LETAK MATERIAL
PADA WH02 PT XYZ UNTUK MEMINIMASI WASTE
MENGUNAKAN *CLASS BASED STORAGE POLICY***

Disusun dan diajukan oleh:

**IRNA SAPUTRI
D071191030**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

SKRIPSI

**ANALISIS PERANCANGAN TATA LETAK MATERIAL
PADA WH02 PT XYZ UNTUK MEMINIMASI WASTE
MENGUNAKAN *CLASS BASED STORAGE POLICY***

Disusun dan diajukan oleh:

**IRNA SAPUTRI
D071191030**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS PERANCANGAN TATA LETAK MATERIAL PADA WH02 PT. XYZ UNTUK MEMINIMASI WASTE MENGUNAKAN CLASS BASED STORAGE

Disusun dan diajukan oleh

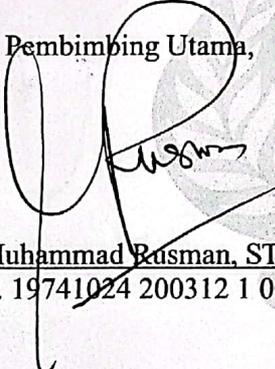
IRNA SAPUTRI
D071191030

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 19 Oktober 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Eng. Ir. Muhammad Rusman, ST., MT., IPM
NIP. 19741024 200312 1 002


Ir. Dwi Handayani, ST., MT
NIP. 19950902 202208 6 001

Ketua Program Studi, Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Ir. Kifayah Amr, S.T., M.Sc., Ph.D, IPU
NIP. 1962100621 200604 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Irna Saputri
NIM : D071191030
Program Studi : Teknik Industri
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Perancangan Tata Letak Material Pada WH02 PT. XYZ Untuk Meminimasi Waste Menggunakan *Class Based Storage Policy*

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua Informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 19 Oktober 2023

Yang Menyatakan Tanda Tangan,



Irna Saputri

KATA PENGANTAR

Puji syukur dihanturkan atas kehadiran Allah SWT karena atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Analisis Perancangan Tata Letak Material Pada WH02 PT. XYZ Untuk Meminimasi Waste Menggunakan *Class Based Storage Policy*”.Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, Nabi yang telah membimbing kita dari zaman kegelapan menuju zaman terang benderang seperti saat ini.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa dama penyusunan tugas akhir ini tidak akan berhasil dengan baik tanpa adanya bimbingan, sumbangan pemikiran dan motivasi dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini saya mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT sebagai pemberi rahmat dan pengabul doa-doa penulis hingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini
2. Kedua orang tua penulis, Ayahanda Imran dan Ibunda Nur Halimah, dan keluarga penulis yang telah mendidik dan mengajarkan bagaimana menjadi manusia yang baik dengan kesabaran yang luar biasa.
3. Ibu Ir. Kifayah Amar, ST., M.Sc., Ph.D., IPU selaku Ketua Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Rusman, ST., MT., IPM, selaku pembimbing I dan Ibu Ir. Dwi Handayani, ST., MT selaku pembimbing II dalam menyusun tugas akhir ini, terima kasih banyak atas bimbingan dan bantuannya selama proses penyusunan skripsi ini dimulai dari awal hingga selesai.
5. Bapak Dr. Ir. Saiful, ST., MT., IPM dan Ibu A. Besse Riyani Indah, ST., MT., IPM selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam perbaikan tugas akhir saya.
6. Bapak dan Ibu dosen serta staf Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

7. Karyawan PT. BUMA, *Supervisore* dan *Section Head* divisi *Logisitic* yang telah mengizinkan dalam pengambilan data serta membantu dan membimbing dalam proses pengambilan data penulis.
8. Teman-teman HEURIZTIC19 yang telah banyak membantu pada saat kuliah dan tetap bersama penulis ketika terdapat masalah yang tidak bisa diselesaikan sendiri.
9. Teman-teman beserta semua pihak yang telah mendukung dan membantu serta menyemangati dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharap kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga karya yang sederhana ini dapat bermanfaat dengan baik untuk penulis dan para pembaca.



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>Warehouse</i>	6
2.2. Konsep Dasar <i>Lean</i>	8
2.3. <i>Lean Warehousing</i>	10
2.4. <i>Waste</i>	11
2.5. <i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	13
2.6. <i>Seven Waste Relationships</i>	16
2.7. <i>Waste Relationship Matrix (WRM)</i>	19
2.8. <i>Waste Assesment Questionnaire (WAQ)</i>	21
2.9. Tata Letak Gudang	22
2.10. Pengukuran Jarak	24
2.11. Metode Perancangan Tata Letak Gudang	25
2.12. Metode <i>Class Based Storage</i>	26
2.13. Penelitian Terdahulu	28
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Objek Penelitian	30
3.2 Jenis Data	30
3.3 Metode Pengumpulan Data	30
3.4 Prosedur Penelitian	31
3.5 Diagram Alir Penelitian	33
3.6 Kerangka Pikir	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4. 1 Gambaran Umum Perusahaan	35
4. 2 <i>Value Stream Mapping</i>	41
4. 3 Identifikasi <i>Waste</i>	43
4. 4 Analisa Sebab Akibat <i>Waste</i> Menggunakan <i>Fishbone</i> Diagram	53
4. 5 Perbaikan Tata Letak <i>Warehouse</i> Menggunakan <i>Class Based Storage</i>	54
4. 6 <i>Future State Mapping</i>	71
4. 7 Pembahasan	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1 Kesimpulan	79

5.2 Saran80
DAFTAR PUSTAKA 81
LAMPIRAN 83



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 <i>Value stream mapping</i>	14
Gambar 2 Tiga kategori <i>waste</i>	17
Gambar 3 <i>Direct waste relationship</i>	18
Gambar 4 Diagram pareto.....	26
Gambar 5 Diagram alir penelitian.....	33
Gambar 6 Kerangka pikir.....	34
Gambar 7 Struktur organisasi divisi <i>Logistic</i>	37
Gambar 8 Proses <i>unloading</i>	38
Gambar 9 Pengecekan dokumen dan fisik barang	38
Gambar 10 Proses <i>good receipt</i>	38
Gambar 11 Penyimpanan barang di rak <i>warehouse</i>	39
Gambar 12 Proses <i>good issue</i> (GI).....	39
Gambar 13 Pengambilan barang dan pengisian <i>bin card</i>	40
Gambar 14 Pengecekan dan pengumpulan barang yang siap didistribusikan ke <i>user</i>	40
Gambar 15 Pendistribusian barang ke <i>user</i>	40
Gambar 16 <i>Current state mapping</i>	42
Gambar 17 <i>Fishbone diagram</i>	53
Gambar 18 <i>Layout</i> awal <i>warehouse</i> PT. XYZ.....	56
Gambar 19 Tampilan desain rak <i>warehouse</i> PT. XYZ.....	57
Gambar 20 Diagram pareto frekuensi kategori <i>sparepart</i>	61
Gambar 21 <i>Layout</i> awal WH02 PT. XYZ.....	63
Gambar 22 <i>Layout</i> usulan alternatif 1	66
Gambar 23 <i>Layout</i> usulan alternatif 2.....	69
Gambar 24 <i>Future state mapping</i>	72
Gambar 25. Tampilan <i>warehouse</i> PT. XYZ secara keseluruhan	144

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Simbol <i>value stream mapping</i>	15
Tabel 2. Kesimpulan penelitian lain tentang hubungan antara jenis <i>waste</i>	17
Tabel 3. Daftar pertanyaan untuk analisis WRM.....	19
Tabel 4. Nilai konversi skor ke simbol huruf WRM.....	20
Tabel 5. Hasil konversi nilai huruf <i>waste relationship</i>	20
Tabel 6. <i>Waste matrix value</i>	20
Tabel 7. Pertanyaan dalam <i>seven waste relationship</i>	44
Tabel 8. Konversi nilai <i>seven waste relationship</i>	45
Tabel 9. Hasil kuesioner <i>seven waste relationship</i>	45
Tabel 10. Hasil <i>waste relationship matrix</i>	46
Tabel 11. <i>Waste matrix value</i>	46
Tabel 12. Jumlah pertanyaan <i>waste assestement questionnaire</i>	47
Tabel 13. Hasil perhitungan jumlah skor (Sj) dan frekuensi (Fj) tiap jenis <i>waste</i>	48
Tabel 14. Hasil perhitungan total skor (sj) dan frekuensi (fj) berdasarkan bobot WAQ	50
Tabel 15. Hasil perhitungan peringkat <i>waste</i>	52
Tabel 16. <i>List item consignment</i>	55
Tabel 17. Klasifikasi <i>sparepart</i>	58
Tabel 18. Klasifikasi kategori <i>sparepart</i>	62
Tabel 19. Koordinat titik X dan Y	64
Tabel 20. Hasil perhitungan jarak tempuh tata letak awal	65
Tabel 21. Hasil perhitungan jarak tempuh tata letak metode <i>class based storage</i> alternatif 1	67
Tabel 22. Hasil perhitungan jarak tempuh tata letak metode <i>class based storage</i> alternatif 2	70
Tabel 23. Perbedaan tata letak awal dan usulan.....	71
Tabel 24. Perbandingan waktu proses aktual dan usulan.....	73
Tabel 25. Hubungan antara <i>waste production</i> dengan <i>inventory</i>	83
Tabel 26. Hubungan antara <i>waste inventory</i> dengan <i>production</i>	83
Tabel 27. Hubungan antara <i>waste transportation</i> dengan <i>process</i>	84
Tabel 28. Hubungan antara <i>waste waiting</i> dengan <i>process</i>	84
Tabel 29. Hubungan antara <i>waste motion</i> dengan <i>production</i>	85
Tabel 30. Hubungan antara <i>waste process</i> dengan <i>waiting</i>	85
Tabel 31. Hubungan antara <i>waste defect</i> dengan <i>inventory</i>	86
Tabel 32. Kuesioner WAQ.....	87
Tabel 33. Isian rak awal <i>warehouse</i> PT XYZ.....	91
Tabel 34 Data frekuensi pengeluaran <i>sparepart</i>	102
Tabel 35. Klasifikasi ABC <i>sparepart</i>	104
Tabel 36. Rincian perhitungan jarak tempuh tata letak awal	114
Tabel 37. Rincian perhitungan jarak tempuh tata letak metode <i>class based storage</i> alternatif 1	124
Tabel 38. Rincian perhitungan jarak tempuh tata letak metode <i>class based storage</i> alternatif 2	134

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kuesioner <i>Seven Waste Relationship</i>	83
Lampiran 2 <i>Waste Assesment Questionnaire</i>	87
Lampiran 3 Rincian Isi Rak Pada Tata Letak Awal <i>Warehouse PT XYZ</i>	91
Lampiran 4 Data Frekuensi Pengeluaran <i>Sparepart</i>	102
Lampiran 5 Klasifikasi ABC <i>Sparepart</i> Berdasarkan Aturan <i>Class Based Storage</i>	104
Lampiran 6 Hasil Perhitungan Jarak Tempuh Tata Letak Awal.....	114
Lampiran 7 Hasil Perhitungan Jarak Tempuh Tata Letak Metode <i>Class Based Storage</i> Alternatif 1.....	124
Lampiran 8 Hasil Perhitungan Jarak Tempuh Tata Letak Metode <i>Class Based Storage</i> Alternatif 2.....	134
Lampiran 9. Tampilan <i>Warehouse PT. XYZ</i> Secara Keseluruhan	144



ABSTRAK

IRNA SAPUTRI. *Analisis Perancangan Tata Letak Material Pada WH02 PT. XYZ Untuk Meminimasi Waste Menggunakan Class Based Storage Policy.* (dibimbing oleh Dr. Eng. Ir. Muhammad Rusman, ST., MT., IPM dan Ir. Dwi Handayani, ST., MT)

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan kontraktor pertambangan batu bara yang menyediakan jasa pertambangan mulai dari pembersihan lahan hingga penambangan dan pengangkutan batu bara. Proses bisnis pada PT. XYZ didukung oleh berbagai divisi dengan fungsinya masing-masing, salah satu divisi yang dimaksud adalah divisi *Logistic*. Divisi ini mengatur terkait pengadaan barang dan jasa untuk keperluan proses pertambangan. Salah satu subdivisi di *Logistic* adalah *warehouse*. *Warehouse* mengelola item yang datang dan item yang akan didistribusikan ke *user*. Dalam memenuhi kebutuhan *user*, *operational warehousing* harus dioptimalkan dengan mengurangi *aktivitas* yang tidak efisien sehingga proses pendistribusian material dapat berjalan dengan lancar. Namun, pada kenyataannya masih ditemukan beberapa permasalahan dari berbagai indikasi *waste* yang menyebabkan keterlambatan dalam proses *operational warehousing*.

Pada penelitian ini dilakukan analisis *waste* menggunakan *Waste Assesment Model* untuk mengetahui persentase tiap *waste* yang terjadi pada aktivitas *warehousing* serta mengetahui jenis *waste* yang memiliki dampak paling besar sehingga dapat dilakukan perbaikan. Hasil identifikasi menunjukkan persentase untuk tiap jenis *waste* antara lain, *waste overproduction* 14,21%, *waste inventory* 15,25%, *waste defect* 12,41%, *waste motion* 13,48%, *waste transportation* 12,92%, *waste process* 17,79% dan *waste waiting* 13,59%. Berdasarkan hasil identifikasi *waste*, diperoleh bahwa *waste process* memiliki persentasi terbesar, sehingga menjadi prioritas untuk dilakukan perbaikan. Akar permasalahan *waste process* terjadi pada proses penyimpanan (*storage*) dan pengambilan (*retrival*) material sehingga diberikan rekomendasi perbaikan dengan melakukan *relayout* tata letak material menggunakan metode *class based storage*.

Penerapan metode *class based storage* dapat mengoptimalkan jarak tempuh sebesar 18,07%, sebelumnya total jarak tempuh 829172,03 m dan setelahnya 679314,90 m. Luas ruang penyimpanan juga berkurang sebesar 10%, sebelumnya 204 m² dan setelahnya 184,5 m², serta terjadi pengurangan penggunaan rak sebanyak 13. Selain itu terdapat pengurangan waktu proses aktivitas *warehousing* sebesar 11%, dimana sebelum dilakukan perbaikan waktu proses sebesar 2471,23 detik dan setelah dilakukan perbaikan waktu proses adalah 2219,35 detik.

Kata Kunci: *Pertambangan, Warehouse, Seven Waste, Waste Assessment Model, Tata Letak Material, Class Based Storage.*

ABSTRACT

IRNA SAPUTRI. *Design Analysis of Material Layout in WH02 PT. XYZ to Minimize Waste Using Class Based Storage Policy.* (dibimbing oleh Dr. Eng. Ir. Muhammad Rusman, ST., MT., IPM dan Ir. Dwi Handayani, ST., MT)

PT. XYZ is one of the coal mining contractor companies that provides mining services ranging from land clearing to coal mining and hauling. The business process at PT. XYZ is supported by various divisions with its own functions. One of the mentioned divisions is the Logistic division. This division manages the procurement of goods and services for the mining process. One of the subdivisions in Logistics is the warehouse. Warehouse handles incoming items and items that will be distributed to users. To meet user needs, warehouse operations must be optimized by reducing inefficient activities, allowing the material distribution process to run smoothly. However, in reality, several problems are still found from various indications of waste that cause delays in warehouse operational processes.

In this study, a waste analysis is conducted using the Waste Assessment Model to determine the percentage of each waste that occurs in warehouse activities and to identify the type of waste with the greatest impact for potential improvement. The identification results show the percentage for each type of waste, including waste overproduction 14,21%, waste inventory 15,25%, waste defect 12,41%, waste motion 13,48%, waste transportation 12,92%, waste process 17,79% and waste waiting 13,59%. Based on the results of waste identification, it was found that the waste process had the highest percentage, which is 17,79%, making it priority for improvement. The root cause of the waste process occurs in the storage and retrieval processes of materials so that recommendations for improvement are given by relayout of material using the class-based storage policy.

The implementation of the class-based storage method can optimize distance by 18,07%. Previously, the total distance was 829172,03 m, and after implementation, it reduced to 679314,90 m. The storage space is also reduced by 10%, changing from 204 m² to 184,5 m², with a reduction of rack usage by 13. Additionally, there is an 11% reduction in the process time taken for warehouse activity. Prior to improvement, the process took 2471.23 seconds, and after improvement, it was reduced to 2219.35 seconds.

Keywords: *Mining, Warehouse, Seven Waste, Waste Assessment Model, Material Layout, Class Based Storage.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan kontraktor pertambangan batu bara yang beroperasi secara independen di Indonesia. PT XYZ menyediakan jasa pertambangan mulai dari pembersihan lahan (*land clearing*), pengupasan lapisan tanah penutup (*remove top soil*), penambangan batu bara (*loading*) dan pengangkutan batu bara (*hauling*). Proses bisnis pada PT. XYZ didukung oleh berbagai divisi dengan fungsinya masing-masing. Salah satu Divisi yang dimaksud adalah Divisi *Logistic*. Divisi ini mengatur terkait pengadaan barang dan jasa untuk keperluan pertambangan serta pengadaan untuk kegiatan pendukung proses produksi. Salah satu subdivisi di *Logistic* adalah *warehouse*. *Warehouse* adalah divisi yang bertugas dalam mengelola item yang datang dan item yang akan didistribusikan ke *user*. *Warehouse* merupakan sebuah tempat yang berfungsi untuk menyimpan berbagai jenis item baik dalam jumlah besar maupun kecil yang memiliki jangka waktu tertentu dari penyimpanan, pemeliharaan dan perawatan, hingga item dikeluarkan sampai ke tangan *user*. Dalam memenuhi kebutuhan *user*, operasional pergudangan harus dioptimalkan dengan mengurangi *aktivitas* yang tidak efisien sehingga proses pengadaan barang dan jasa untuk area kerja produksi dapat berjalan dengan lancar. Namun, pada kenyataannya masih ditemukan beberapa permasalahan dari berbagai indikasi *waste* yang menyebabkan keterlambatan dalam proses pengadaan barang dan jasa.

Waste merupakan pemborosan setiap aktivitas manusia yang menggunakan sumber daya tetapi tidak menciptakan nilai tambah, seperti kesalahan yang membutuhkan pembetulan, proses yang tidak perlu, pergerakan tenaga kerja yang tidak berguna dan menunggu hasil akhir dari kegiatan-kegiatan sebelumnya. Paling tidak terdapat tujuh macam *waste* yaitu: (1) *over production*; (2) *waiting time (delay)*; (3) *excessive transportation*; (4) *inappropriate processing*; (5) *excessive inventory*; (6) *unnecessary motion* dan (7) *defect*. Mengeliminasi maupun mengurangi *waste* dianggap dapat meningkatkan efisiensi maupun produktifitas proses. Identifikasi dan eliminasi *waste* secara sistematis dan terus-

menerus pada keseluruhan aliran proses produksi akan membawa pada peningkatan efisiensi, perbaikan produktifitas proses dan penguatan daya saing perusahaan secara keseluruhan (Rawabdeh, 2005). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasi dan menanggulangi *waste* yaitu menggunakan pendekatan *Lean*.

Menurut Gaspersz (2007), *Lean* merupakan suatu upaya menghilangkan pemborosan (*waste*) secara terus-menerus dan meningkatkan nilai tambah (*value added*). Konsep *Lean* digunakan dengan tujuan untuk mengurangi *waste* dengan melihat aktivitas ataupun kegiatan yang dilakukan. Kegiatan dalam sebuah aliran industri dikategorikan menjadi 3, yaitu menambah nilai (*value added*), dibutuhkan tapi tidak menambah nilai atau pemborosan (*necessary but non value added*) dan tidak menambah nilai (*non-value added*) atau pemborosan. Salah satu metode penerapan *Lean* yang dapat digunakan untuk menganalisis *waste* yaitu *Value stream mapping* (VSM). *Value stream mapping* memperhatikan serta mengidentifikasi masalah mulai dari kedatangan item/barang sampai pengiriman item/barang ke *user* akhir. Kemudian dilanjut dengan analisis jenis *waste* terbesar yang terjadi di *warehouse* menggunakan metode *Waste Assesment Model* (WAM). *Waste Assesment Model* merupakan model yang digunakan untuk menyederhanakan pencarian dari permasalahan pemborosan dan mengidentifikasi untuk meminimasi pemborosan (Rawabdeh, 2005). *Waste Assesment Model* ini menggambarkan hubungan antar *seven waste* dan menjadikan hasil akhir berupa persentasi angka. Dari hasil identifikasi dan analisis *waste* menggunakan metode VSM dan WAM, maka dilakukan upaya perbaikan untuk mengurangi dan menghilangkan penyebab terbesar *waste* di *warehouse* dengan melakukan *re-layout* tata letak material.

Perancangan tata letak merupakan kegiatan pengaturan letak fasilitas pabrik yang menunjang jalannya suatu proses produksi. Aktivitas produksi yang akan terkena dampak apabila perancangan tata letak tidak dilakukan dengan baik diantaranya aktivitas pergerakan bahan baku/material, peralatan kerja dan pekerja. Jenis pengaturan tata letak fasilitas dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu *relayout* (mengubah tata letak fasilitas yang telah ada sebelumnya menjadi lebih baik) dan *construct* (merancang tata letak fasilitas dari awal) (Nugraha dkk, 2022). Pada

penelitian ini dilakukan perancangan tata letak jenis *relayout*. Tata letak yang baik dapat membantu perusahaan mencapai sebuah strategi yang menunjang respon cepat dalam menyelesaikan pekerjaan dalam di *warehouse*. Penataan *layout* bertujuan untuk menentukan efektivitas jarak pada proses aliran barang dari suatu tempat ke tempat yang lain dan mengoptimalkan pemanfaatan kapasitas ruang yang baik serta dengan tata letak yang baik dapat mengefisienkan waktu pengambilan dan penyimpanan material.

Tata letak material pada *warehouse* PT. XYZ masih kurang teratur, masih terdapat penumpukan material pada satu rak. Selain itu, tata letak material pada *warehouse* PT. XYZ masih menerapkan *share storage* yang artinya satu rak dapat digunakan untuk menyimpan berbagai macam material, sehingga perlu dilakukan *update* lokasi untuk material-material yang berpindah dari satu rak ke rak yang lainnya. Berdasarkan permasalahan tersebut maka penulis merekomendasikan dan melakukan analisa perancangan tata letak material yang lebih optimal dengan menggunakan metode *class based storage*. Metode *class based storage* didasarkan pada prinsip bahwa material yang memiliki karakteristik serupa atau pergerakan yang serupa harus ditempatkan bersama dalam area penyimpanan yang terdekat. Dengan demikian, material dengan karakteristik atau pergerakan yang mirip akan ditempatkan dalam zona yang sama atau dekat satu sama lain. Pendekatan ini memungkinkan pengurangan waktu perjalanan dan mempermudah proses pemindahan barang dalam *warehouse*. Maka dalam penelitian ini dilakukan perancangan tata letak material menggunakan metode *class based storage* untuk meminimasi *waste* dan pengoptimalisasian kegiatan operasional *warehousing*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjabaran latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa pokok permasalahan penelitian sebagai berikut:

- a. Bagaimana upaya untuk meminimasi *waste* yang terjadi di *warehouse Logistic*?
- b. Bagaimana rancangan tata letak material untuk meminimasi *waste* di *warehouse Logistic*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi dan menganalisis *waste* yang terjadi di *warehouse Logistic*
- b. Membuat rancangan tata letak material untuk meminimasi *waste* di *warehouse Logistic*

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut:

- a. Bagi perusahaan

Manfaat bagi perusahaan adalah sebagai bahan masukan dan sebagai bahan informasi untuk menjadi referensi bagi perusahaan dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan desain tata letak *warehouse* yang efisien.

- b. Bagi institusi

Manfaat bagi institusi adalah sebagai bahan kajian penelitian selanjutnya dan juga sebagai bahan perbandingan bagi peneliti lain untuk melakukan penelitian mengenai perancangan tata letak menggunakan pendekatan *lean*

- c. Bagi mahasiswa

Manfaat bagi mahasiswa adalah sebagai pengalaman dalam pemecahan masalah yang dihadapi perusahaan dan sebagai bahan wacana keilmuan dalam penerapan teori yang diterima pada saat kuliah sehingga dapat dijadikan sebagai umpan balik yaitu sejauh mana proses belajar mengajar dapat diimplementasikan.

1.5 Ruang Lingkup

Berhubung ruang lingkup penelitian yang akan dilakukan cukup luas, maka penulis perlu menetapkan batasan masalah yang ada pada penelitian ini agar bisa tepat sasaran dan tidak mencakup area yang terlalu luas. Batasan penelitian pada penelitian ini adalah:

- a. Penelitian ini dilakukan di PT XYZ, khususnya pada divisi *Logistic*.
- b. Penelitian hanya untuk *aktivitas warehousing* (aktivitas *storage* dan *retrival*) yang terjadi di divisi *Logistic* PT XYZ.
- c. Analisis *waste* dilakukan pada *warehouse*.
- d. Penelitian hanya untuk material yang merupakan *item consignment*.

- e. Penelitian dilakukan di WH02 (*warehouse item consignment*) yang berisi *sparepart* unit alat berat yang berukuran kecil.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Warehouse

Menurut Heaize *et al*, (2019), gudang (*warehouse*) adalah bagian dari logistik perusahaan yang digunakan untuk menyimpan semua barang-barang (*raw material, goods in process, finished goods*) Fungsinya sebagai tempat penyimpanan (*storage*) memiliki peranan yang sangat vital. Tingginya tingkat penggunaan atau pemanfaatan gudang di sebuah perusahaan membuat efisiensi waktu dan ruang adalah elemen yang penting untuk selalu diperhatikan. Oleh sebab itu diperlukan adanya suatu pengaturan yang tepat dan cepat dalam penggunaan ruang gudang tersebut.

Gudang juga digambarkan sebagai suatu sistem logistik dari sebuah perusahaan. Selain fungsinya untuk menyimpan produk dan segala perlengkapan produksi lainnya, juga memiliki fungsi untuk menyediakan informasi mengenai suatu serta kondisi material atau produk yang disimpan di ruang gudang tersebut. Hal ini menyebabkan informasi tersebut kelak dapat mudah diakses oleh siapapun yang berkepentingan.

Fungsi utama gudang (*warehouse*) dalam sebuah perusahaan adalah sebagai tempat penyimpanan bahan mentah (*raw material*), barang setengah jadi (*goods-in-progress*), dan produk yang telah jadi (*finished goods*). Selain itu, gudang (*warehouse*) juga memiliki fungsi sebagai tempat penampungan barang yang akan dikirim atau barang yang akan datang.

Menurut Hadiguna dan Setiawan (2008), gudang merupakan salah satu area yang memfasilitasi proses dan aktivitas pengelolaan barang, terdapat beberapa fungsi utama dari gudang yaitu :

1. Penerimaan (*receiving*) yaitu menerima material pesanan perusahaan, menjamin kualitas material yang dikirim pemasok, serta mendistribusikan material ke rantai produksi.
2. Persediaan, yaitu menjamin agar permintaan dapat dipenuhi karena tujuan perusahaan adalah memenuhi kebutuhan pelanggan.

3. Penyisihan (*put away*) yaitu menempatkan barang-barang dalam lokasi penyimpanan.
4. Penyimpanan (*storage*) yaitu bentuk fisik barang-barang yang disimpan sebelum ada permintaan.
5. Pengambilan pesanan (*order picking*) yaitu pengambilan barang dari gudang sesuai pesanan dan kebutuhan.
6. Pengepakan (*packaging*), yaitu langkah pengemasan atau langkah pilihan setelah proses pengambilan (*picking*).
7. Penyortiran, yaitu pengambilan batch menjadi pesanan individu dan akumulasi pengambilan yang terdistribusi disebabkan variasi barang yang besar.
8. Pengepakan dan pengiriman, yaitu pemeriksaan dalam kontainer atau moda distribusi hingga pengiriman.

Menurut Arwani (2009), menjelaskan peranan gudang dapat dikategorikan dalam tiga fungsi:

1. Fungsi penyimpanan (*storage and movement*)
Fungsi paling mendasar dari sebuah gudang, yakni penyimpanan barang. Penyimpanan tersebut dapat berupa bahan mentah, setengah jadi, maupun barang jadi, hingga peralatan produksi.
2. Fungsi melayani permintaan pelanggan (*order full-fulfillment*)
Aktivitas menerima barang dari pemasok dan memenuhi permintaan dari cabang atau pelanggan menjadikan gudang sebagai fokus aktivitas logistik. Gudang berperan menyediakan pelayanan dengan menjamin ketersediaan produk dan siklus order yang beralasan.
3. Fungsi distribusi dan konsolidasi (*distribution and consolidation*)
Fungsi distribusi ini menjadikan gudang sebagai kepanjangan tangan dari penjualan dan pemasaran dalam memastikan penyempaan produk dan informasi kepada pelanggan sebagai titik penjualan.

Gudang *sparepart* merupakan gudang yang berfungsi untuk menyimpan bahan-bahan pembantu (*supplies*) yang berupa *sparepart* (suku cadang) dari alat atau mesin produksi serta bahan yang digunakan untuk melakukan suatu proses perbaikan pabrik (*maintenance*). Gudang *sparepart* menjadi hal yang penting

karena apabila terjadinya kerusakan pada mesin atau peralatan yang digunakan untuk produksi atau operasional yang lain, tentunya akan berakibat pada kerugian perusahaan karena dapat menghentikan proses produksi.

2.2. Konsep Dasar *Lean*

Menurut Gasperz (2007) *Lean* dapat didefinisikan sebagai suatu pendekatan sistemik untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (*waste*), atau aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non-value added*) melalui peningkatan terus menerus (*continues improvement*) dengan cara mengalirkan produk (*material, work in process, output*) dan informasi menggunakan sistem tarik (*pull system*) dan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan. Terdapat beberapa prinsip yang mendasari pandangan untuk penerapan sistem *Lean*, yaitu:

1. Mengidentifikasi nilai produk (barang dan/atau jasa) berdasarkan perspektif pelanggan, di mana pelanggan menginginkan produk (barang dan/atau jasa) berkualitas *superior*, dengan harga kompetitif dan penyerahan yang tepat waktu.
2. Mengidentifikasi value stream mapping (pemetaan proses pada value stream) untuk setiap produk (barang dan/atau jasa). Kebanyakan manajemen perusahaan industri di Indonesia hanya melakukan pemetaan proses bisnis atau proses kerja, bukan pemetaan proses produk. Hal ini berbeda dengan pendekatan lean.
3. Menghilangkan pemborosan yang tidak bernilai tambah dari semua aktivitas sepanjang proses value stream itu.
4. Mengorganisasikan agar material, informasi, dan produk mengalir dengan lancar dan efisien sepanjang proses value stream dengan menggunakan sistem tarik (*pull system*).
5. Terus-menerus mencari berbagai teknik dan alat peningkatan (*improvement tools and techniques*) untuk mencapai keunggulan dan peningkatan terus-menerus.

Pendekatan *Lean* bertujuan untuk menghilangkan pemborosan (*waste elimination*), memperlancar aliran material, produk dan informasi, serta

peningkatan terus-menerus. Pendekatan *Lean* akan menyingkapkan *Non-Value Added* (NVA) dan *Value Added* serta membuat *Value added* mengalir secara lancar sepanjang *Value stream process* (Gaspersz, 2007). Perbedaan dari tiga jenis kegiatan yang biasanya ada dalam sebuah perusahaan antara lain (Hines dan Taylor, 2000):

1. *Value adding activity*, adalah kegiatan-kegiatan dalam sudut pandangan pelanggan yang dapat membuat produk atau jasa menjadi lebih bernilai. Sebagai contoh merubah besi menjadi sebuah mobil, atau memperbaiki mobil agar dapat berjalan cepat. Kegiatan yang bernilai tambah merupakan sebuah definisi yang mudah untuk dijelaskan, yang menekankan bahwa pelanggan akan senang untuk membayar berdasarkan produk atau jasa tersebut.
2. *Non value adding activity*, adalah jenis kegiatan yang tidak membuat produk atau jasa menjadi lebih bernilai dan bahkan tidak dibutuhkan dalam suatu kondisi tertentu. Kegiatan ini dengan jelas merupakan *waste*/pemborosan yang harusnya dihilangkan dengan segera. Sebagai contoh kegiatan yang tidak bernilai tambah adalah memindahkan produk dari suatu kontainer menuju kontainer lain yang berada dalam suatu perusahaan.
3. *Necessary non value adding activity*, merupakan kegiatan yang tidak menjadikan produk atau jasa lebih bernilai tetapi kegiatan ini masih diperlukan. Merupakan jenis pemborosan yang lebih sulit untuk dihilangkan dalam tujuan jangka panjang maupun jangka pendek dalam sebuah kegiatan secara keseluruhan. Sebagai contoh inspeksi/pemeriksaan akhir untuk setiap produk, dikarenakan proses yang menggunakan mesin tidak berteknologi canggih yang tidak dapat melakukan inpeksi secara otomatis.

Dari penerapan lean, menurut (Tischler, 2006) terdapat tiga hasil yang diharapkan yaitu sebagai berikut:

1. Proses yang lebih baik
Memberikan nilai yang lebih banyak kepada pelanggan dan melakukannya dengan lebih efisien (lebih sedikit biaya, lebih sedikit pemborosan, dan dengan tindakan yang paling sedikit)
2. Kondisi kerja yang lebih baik

Meliputi aliran kerja yang lebih jelas, pembagian nilai dan tujuan kerja, kemampuan yang lebih besar untuk melaksanakan pekerjaan (lebih bangga dan menikmati pekerjaan), kemampuan yang lebih besar untuk tetap meningkatkan dan memperbaiki segala sesuatu (lebih sedikit pembatasan sehingga kesempatan berkembang lebih besar), perasaan bahwa pekerja merupakan bagian dari pelayanan (tidak hanya melakukan pekerjaan rutin), dan perasaan integritas (pekerja melakukan apa yang mereka katakan).

3. Memenuhi kebutuhan dan tujuan organisasi, yang dapat meliputi keuntungan, pertumbuhan, nilai, dan pengaruh.

2.3. Lean Warehousing

Menurut Arini dkk, (2016), *lean warehousing* berarti menghilangkan atau mengeliminasi langkah-langkah *non-value added* dan *waste* pada proses penyimpanan material dalam gudang. Optimasi gudang meliputi optimalisasi fungsi dan aliran produk.

Hines and Rich (1997) mempelajari sistem pasokan komponen Toyota untuk mengidentifikasi metode *Lean* logistik Toyota. Toyota menerapkan tipe pemikiran yang sama dalam pergudangan seperti dalam produksi, tetapi menggunakan metode yang sedikit berbeda. Dalam pergudangan tujuan utama Toyota adalah meminimalkan ukuran bin dan meningkatkan bagian efektivitas pengambilan, dengan menyimpan barang-barang berdasarkan tipe part dengan kebijakan penyimpanan ABC.

Toyota juga menggunakan metode perutean spesifik. Memiliki standar binning dan memilih rute berdasarkan tipe *part*, membagi hari kerja dan tugas ke dalam siklus kerja standar, mensinkronisasikan *order-pick-pack-dispatch* dan *delivery* untuk setiap rute pengiriman berdasarkan arus permintaan. Kemajuan dikendalikan melalui *binning* atau memilih bundel tiket untuk setiap siklus untuk mencegah bekerja di depan dan oleh papan kontrol visual. Selanjutnya, Toyota mencatat penyimpangan dan prioritas untuk melakukan penghapusan akar penyebab masalah yang paling sering untuk mencegah sesuatu yang menghambat dan meningkatkan proses (Hakami, 2019).

Berdasarkan pengalaman dan masukan teoritis Tompkins *et al.* (2010) mampu memberikan definisi yang cukup lengkap dari *lean warehousing*. Berdasarkan penelitian Tompkins *et al.*, *lean warehousing* adalah sistem manajemen yang terdiri dari prinsip-prinsip yang diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Gunakan 5S untuk mencapai kesempurnaan di dalam gudang.
2. Perbaiki secara terus menerus melalui pemecahan masalah dan kaizen.
3. Visualisasikan pekerjaan di dalam gudang secara *real-time*.
4. Standarisasi gudang.

2.4. Waste

2.4.1 Pengertian *waste* (pemborosan)

Tujuan diterapkannya *Lean* adalah untuk peningkatan terus-menerus melalui identifikasi dan eliminasi aktivitas yang tidak bernilai tambah yang merupakan pemborosan (*waste*). Beberapa definisi terkait *waste* yaitu ; *waste* dapat didefinisikan sebagai segala aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses transformasi *input* menjadi *output* sepanjang *value stream* (Gaspersz, 2007). Sedangkan menurut Hines & Taylor (2000), menyatakan *waste* sebagai keseluruhan kegiatan yang terjadi dalam suatu perusahaan atau *supply chain* yang lebih luas yang tidak menambah nilai produk atau layanan yang disediakan untuk konsumen akhir.

Kesimpulan definisi *waste* dari kedua pendapat tersebut seluruh sumber daya yang tidak dimaksimalkan sesuai kebutuhan perusahaan dan termasuk kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah pada sepanjang aliran nilai.

2.4.2 Jenis-jenis *waste*

Terdapat 7 jenis pemborosan (*waste*) yang didefinisikan oleh Shigeo Shingo diantaranya sebagai berikut (Hines & Taylor, 2000) :

1. *Excessive transportation* (transportasi yang berlebihan)

Waste yang ditimbulkan pada saat proses pemindahan material atau produk dalam jarak yang sangat jauh dari satu proses ke proses berikut yang dapat mengakibatkan waktu penanganan material bertambah. Penyebabnya dapat berupa tata letak yang jelek, ketiadaan koordinasi dalam proses, *poor house*

keeping, organisasi tempat kerja yang jelek, lokasi penyimpanan material yang banyak dan saling berjauhan.

2. *Unnecessary inventories* (persediaan yang tak perlu)

Waste yang muncul ketika pada aliran proses terjadi kelebihan bahan baku atau kelebihan persediaan. Pada dasarnya *inventories* menyembunyikan masalah dan menimbulkan aktivitas penanganan tambahan yang seharusnya tidak diperlukan. *Inventories* juga mengakibatkan *extra paperwork*, *extra space*, dan *extra cost*. Penyebabnya dapat berupa peralatan yang tidak andal, aliran kerja yang tidak seimbang, pemasok yang tidak kapabel, peramalan kebutuhan yang tidak akurat, dan ukuran *batch* yang besar

3. *Unnecessary movement* (gerakan yang tidak perlu)

Waste yang timbul karena adanya gerakan yang tidak perlu baik pergerakan dari pekerja maupun material. Setiap pergerakan dari orang atau mesin yang tidak menambah nilai kepada barang dan jasa yang akan diserahkan kepada pelanggan, tetapi hanya menambah biaya dan waktu saja. Penyebabnya dapat berupa organisasi tempat kerja yang jelek, tata letak yang jelek, metode kerja yang tidak konsisten, serta desain mesin yang jelek.

4. *Waiting* (waktu menunggu lama)

Waste yang tampak melalui orang-orang atau mesin yang sedang menunggu mesin, peralatan, bahan baku, supplies, perawatan/pemeliharaan (*maintenance*). Ataupun informasi untuk menunggu proses selanjutnya. Penyebabnya dapat berupa inkonsistensi metode kerja, waktu penggantian produk yang panjang dan lainnya.

5. *Overproduction* (produksi berlebih)

Waste yang terjadi saat perusahaan melakukan produksi lebih banyak dari yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan konsumen atau memproduksi lebih cepat atau lebih awal daripada waktu kebutuhan konsumen. Penyebabnya dapat berupa ketiadaan komunikasi, sistem balas jasa dan penghargaan yang tidak tepat, hanya berfokus pada kesibukan kerja, bukan untuk memenuhi pelanggan internal dan eksternal.

6. *Inappropriate processing* (proses yang tidak sesuai)

Waste yang mencakup proses yang berlebihan, proses-proses tambahan atau aktivitas kerja yang tidak perlu, tidak efisien dan tidak memberikan nilai tambah. Penyebabnya dapat berupa ketidaktepatan penggunaan peralatan, pemeliharaan peralatan yang jelek dan gagal mengombinasi operasi-operasi kerja.

7. *Defect* (kecacatan produk)

Waste yang timbul akibat karena buruknya kualitas atau adanya cacat pada proses produksi ataupun setelah produk jadi sehingga diperlukan perbaikan. Ini akan menyebabkan biaya tambahan yang berupa biaya tenaga kerja, komponen yang digunakan dalam perbaikan dan biaya-biaya lainnya. Penyebabnya dapat berupa tidak adanya prosedur-prosedur operasi yang standar, atau kurangnya pelatihan (*training*).

2.5. *Value Stream Mapping* (VSM)

Womack & Jones (2003) menyatakan bahwa *value stream* adalah semua aktivitas (*value added* atau *non-value added*) yang diperlukan untuk memproduksi suatu produk dari aliran produksi utama. *Value stream* menggambarkan aliran desain produk, aliran produk, dan aliran informasi yang mendukung aktivitas lain. Wahab *et al.* (2013) menyatakan bahwa tujuan utama dari *value stream mapping* adalah untuk menemukan berbagai jenis pemborosan dan mencoba untuk menghilangkannya.

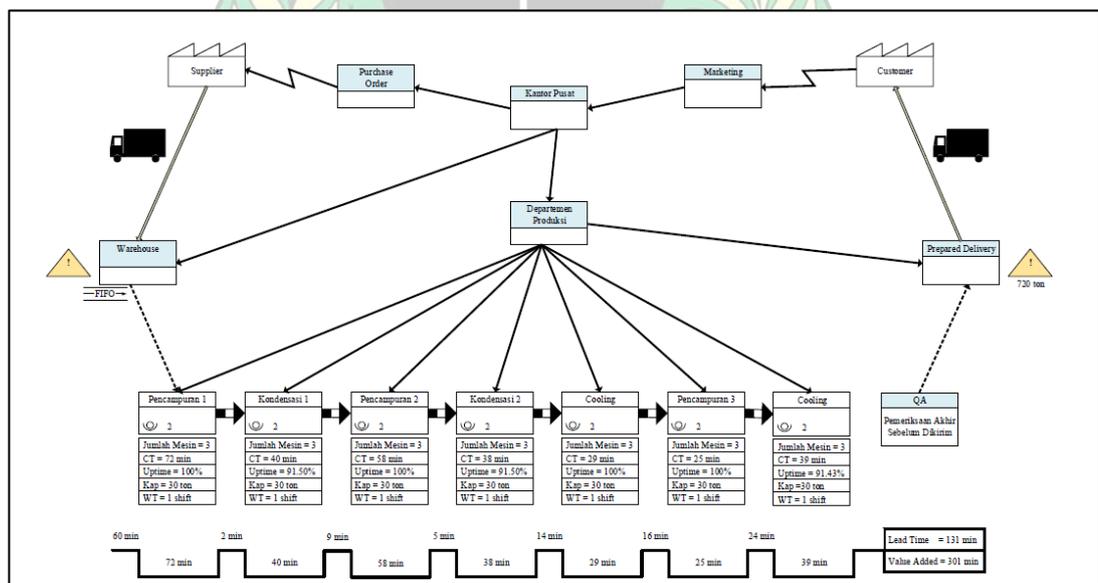
Value stream mapping digunakan untuk mengetahui segala aktivitas-aktivitas yang berlangsung selama proses pergudangan untuk memahami dan menentukan mana langkah-langkah yang bernilai tambah atau tidak pada proses pergudangan serta mengelompokkan aktivitas-aktivitas yang ada pada pergudangan dalam aktivitas *value added* dan *non value added*. *Value stream mapping* (VSM) juga dapat digunakan untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan dalam menyelesaikan proses/aktivitas dalam pergudangan. Di Toyota, dimana teknik ini pertama kali dikenal, teknik ini disebut juga “peta aliran material dan informasi”. Teknik ini bisa diterapkan di hampir semua rantai nilai. *Value stream mapping* memberikan gambaran yang nyata dan kekuatan

teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas tambahan yang tidak bernilai didalam perusahaan.

Untuk melakukan pemetaan terhadap aliran informasi dan material atau produk secara fisik, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi jenis dan jumlah produk yang diinginkan customer, timing munculnya kebutuhan akan produk tersebut, kapasitas dan frekuensi pengirimannya, pengemasannya, serta jumlah persediaan yang disimpan untuk keperluan customer.
 2. Selanjutnya menggambarkan aliran informasi dari customer ke supplier.
 3. Menggambarkan aliran fisik yang berupa aliran material atau produk dalam perusahaan.
 4. Menghubungkan aliran informasi dan fisik dengan anak panah yang dapat berisi informasi jadwal yang digunakan, instruksi pengiriman, kapan dan dimana biasanya terjadi masalah dalam aliran fisik.
 5. Melengkapi peta atau gambar aliran informasi dan fisik, dilakukan dengan menambah lead time dan value added dibawah gambar yang dibuat.
- (Hakami, 2019).

Contoh *value stream mapping* dapat dilihat pada gambar 1.

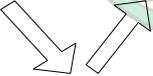
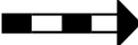
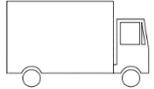


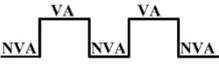
Gambar 1 *Value stream mapping*

Sumber: Pratiwi dkk (2018)

Value stream mapping ini biasanya disebut juga dengan “*Big Picture Mapping*” atau “*Current State Mapping*”, Berikut gambaran dari *Value stream mapping*. VSM menggunakan simbol-simbol standar yang menggambarkan proses, material, informasi, dan lainnya. Simbol-simbol VSM terdapat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1 Simbol *value stream mapping*

Simbol Proses						
 <i>Customer/Supplier</i>	Simbol ini merepresentasikan <i>supplier</i> ketika berada di posisi kiri atas sebagai titik awal alur material dan merepresentasikan konsumen ketika berada di posisi kanan atas sebagai titik akhir dari alur material.					
 <i>Dedicated Process</i>	Simbol ini merupakan simbol proses, operasi, mesin, atau departemen yang mana terjadi aliran material.					
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>P.T=</td></tr> <tr><td>Lot Size=</td></tr> <tr><td>D.T=</td></tr> <tr><td>V.D=</td></tr> <tr><td>L.T=</td></tr> </table> Data Box	P.T=	Lot Size=	D.T=	V.D=	L.T=	Simbol ini berada di bawah simbol <i>dedicated process</i> berisi data-data atau informasi yang diperlukan untuk analisa dan observasi suatu sistem. Informasi umum yang diletakkan dalam <i>data box</i> di bawah adalah <i>processing time</i> , <i>lot size</i> , <i>delay time</i> , <i>volume delay</i> , dan <i>lead time</i> .
P.T=						
Lot Size=						
D.T=						
V.D=						
L.T=						
 <i>Inventory</i>	Simbol ini merepresentasikan penyimpanan <i>raw material</i> , barang jadi dan <i>inventory</i> di antara dua proses.					
 <i>Shipments</i>	Simbol ini merepresentasikan perpindahan dari <i>raw material</i> dari <i>supplier</i> sampai pada konsumen.					
 Push Arrow	Simbol ini merepresentasikan material yang didorong dari proses sebelum ke proses sesudahnya. <i>Push</i> berarti sebuah proses memproduksi sesuatu tanpa memperdulikan keperluan akan proses sesudahnya.					
 <i>External Shipment</i>	Simbol ini merepresentasikan pengiriman dari <i>Supplier</i> atau pengiriman kepada konsumen menggunakan transportasi eksternal.					

 <i>Other Information</i>	Simbol ini merepresentasikan tambahan informasi lain.
 Manual Info	Simbol panah lurus ini merepresentasikan aliran informasi dari memo, laporan, atau percakapan.
 <i>Electronic Info</i>	Simbol panah yang berkelok ini merepresentasikan aliran elektronik seperti <i>e-mail</i> , Intranet, dan LAN (<i>local area network</i>).
 <i>Starburst</i>	Simbol ini digunakan untuk menyorot kebutuhan kemajuan dan merencanakan <i>kaizen workshops</i> pada proses yang dianggap <i>waste</i> .
 Timeline	Simbol ini merepresentasikan <i>timeline</i> menunjukkan <i>value added time</i> dan <i>non-value added time</i> . <i>Timeline</i> digunakan untuk menghitung <i>lead time</i> dan <i>total cycle time</i> .
 Operator	Simbol ini merepresentasikan operator yang diperlukan untuk memproses suatu produk/jasa pada <i>workstation</i> .

Sumber: Lee and Snyder (2007)

2.6. Seven Waste Relationships

Dalam konsep *lean*, *waste* merupakan pemborosan yang mungkin terjadi dalam *aktivitas* dan tidak menambah nilai produk, tapi malah menambah beban konsumsi sumber daya. Paling tidak terdapat tujuh macam *waste* yaitu: (1) *over production*; (2) *waiting time (delay)*; (3) *excessive transportation*; (4) *inappropriate processing*; (5) *excessive inventory*; (6) *unnecessary motion* dan (7) *defect*. Mengeliminasi maupun mengurangi *waste* dianggap dapat meningkatkan efisiensi maupun produktifitas proses.

Terdapat beberapa jenis *waste* yang tersamar di dalam atau di antara berbagai proses dan *aktivitas* meskipun beberapa *waste* yang lain cukup mudah untuk dikenali dan diukur ataupun *waste* yang saling berkaitan. Oleh karena itu, upaya eliminasi suatu jenis *waste* tertentu tanpa pertimbangan yang matang kadang kala malah meningkatkan jenis *waste* yang lain. Permasalahan-

permasalahan semacam inilah yang mengakibatkan sulitnya upaya-upaya identifikasi dan eliminasi *waste* (Rawabdeh, 2005).

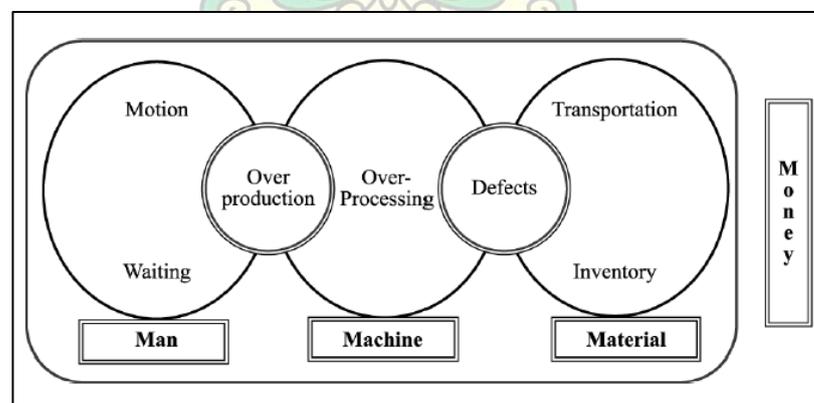
Beberapa penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan pengaruh antara satu jenis *waste* dengan *waste* lainnya, seperti pada tabel 2 berikut.

Tabel 2 Kesimpulan penelitian lain tentang hubungan antara jenis *waste*

Penulis dan Tahun	Temuan / Simpulan
Kobayashi (1995)	<i>Over production</i> adalah jenis <i>waste</i> yang paling kritis karena ia dapat menaikkan resiko terjadinya semua jenis <i>waste</i> lainnya.
Wu (2003)	<i>Over-production</i> sering memaksa perusahaan menambah jumlah pekerja yang dapat mengakibatkan masalah kualitas akibat tidak adanya standar kompetensi pekerja baru.
Hines and Rich (1997)	<i>Over production</i> mengurangi kelancaran aliran barang atau jasa dan sangat mungkin akan menghambat produktifitas dan beresiko terhadap kualitas.
Imai (1997)	<i>Inventory</i> dapat mempengaruhi <i>over-production</i> , <i>defects</i> , <i>motion</i> , and <i>transportation</i> dalam tingkat yang sama.
	<i>Excessive inventory</i> cenderung meningkatkan <i>lead-time</i> , menghalangi diketahuinya masalah secara cepat dan meningkatkan kebutuhan ruang, serta menghambat komunikasi.
	Produk berkualitas rendah akan dihasilkan jika mesin-mesin digunakan secara tidak efisien.

Sumber: Rawabdeh (2005)

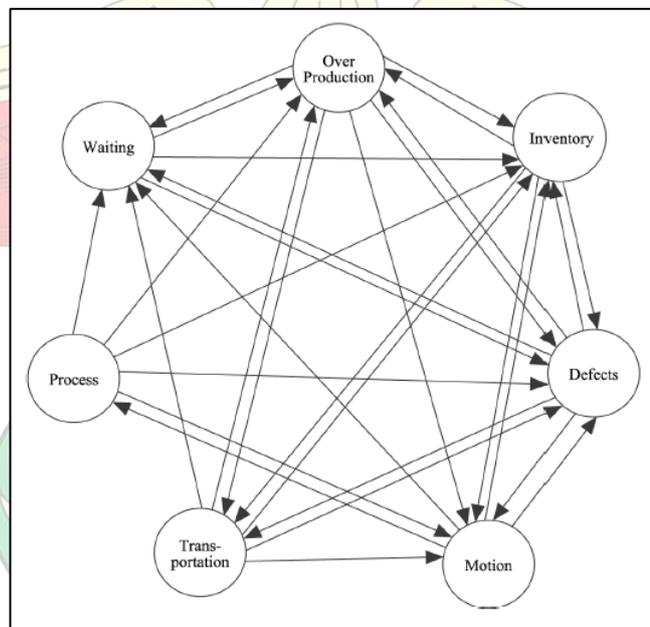
Berdasarkan simpulan tersebut, Rawabdeh (2005) berkeyakinan bahwa semua jenis dari *waste* adalah saling mempengaruhi dalam artian selain memberi pengaruh terhadap yang jenis *waste* lainnya, ia juga secara simultan dipengaruhi oleh jenis *waste* yang lain. Lebih jauh, Rawabdeh (2005) juga membuat model dasar kategorisasi dan keterkaitan antar *waste* berdasarkan hubungannya dengan manusia, mesin dan material pada gambar 2 berikut :



Gambar 2 Tiga kategori *waste*

Sumber: Rawabdeh (2005)

Oleh karena itu diperlukan suatu alat eliminasi *waste* yang cukup komprehensif yang dapat memberikan analisa yang memadai untuk menentukan strategi eliminasi *waste* tanpa memberikan pengaruh negatif pada *waste* jenis lain. Hubungan antar *waste* sangat kompleks karena pengaruh dari masing-masing jenis terhadap yang lainnya dapat tampak secara langsung atau secara tidak langsung. Untuk itu Rawabdeh mengembangkan suatu kerangka kerja penilaian tingkat pengaruh *waste* berdasarkan pengaruhnya terhadap *waste* lain. Masing-masing jenis *waste* disingkat dengan huruf, (O: Over Producton, I: Inventory, D: Defect, M: Motion, P: Process, T: Transportation, W: Waiting), dan masing-masing hubungan ditandai dengan simbol garis bawah “_”. Petunjuk arah hubungan tujuh *waste* dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3 *Direct waste relationship*

Sumber: Rawabdeh (2005)

Sebagai mana ditunjukkan dalam Gambar 2.1, hubungan antara jenis *waste* terdiri dari jenis *waste* O, D dan T berpengaruh terhadap semua *waste* lain kecuali P; sedangkan jenis *waste* P berpengaruh terhadap semua *waste* lain kecuali T; dan seterusnya sampai jenis *waste* W yang hanya berpengaruh terhadap O, I dan D. Keseluruhan hubungan mempengaruhi ini berjumlah 31 hubungan jenis *waste* i mempengaruhi jenis *waste* j (i_j).

2.7. Waste Relationship Matrix (WRM)

Waste Relationship Matrix (WRM) diadopsi dari kerangka kerja yang dikembangkan oleh Rawabdeh (2005). WRM digunakan sebagai analisa pengukuran kriteria hubungan antar *waste* yang terjadi. WRM merupakan suatu *matrix* yang digunakan untuk menganalisa kriteria pengukuran. WRM merupakan *matrix* yang terdiri dari baris dan kolom. Setiap baris menunjukkan pengaruh suatu *waste* tertentu terhadap ke enam *waste* lainnya. Sedangkan setiap kolom menunjukkan *waste* yang dipengaruhi oleh *waste* lainnya. Untuk masing-masing hubungan, kemudian ditanyakan enam pertanyaan dengan panduan skoring yang dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3 Daftar pertanyaan untuk analisis WRM

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah <i>i</i> menghasilkan <i>j</i>	a. Selalu	= 4
		b. Kadang-kadang	= 2
		c. Jarang	= 0
2	Bagaimana jenis hubungan antara <i>i</i> dan <i>j</i>	a. Jika <i>i</i> naik maka <i>j</i> naik	= 2
		b. Jika <i>i</i> naik maka <i>j</i> tetap	= 1
		c. Tidak tentu tergantung keadaan	= 0
3	Dampak terhadap <i>j</i> karena <i>i</i>	a. Tampak secara langsung dan jelas	= 4
		b. Butuh waktu untuk muncul	= 2
		c. Tidak sering muncul	= 0
4	Menghilangkan dampak <i>i</i> terhadap <i>j</i> dapat dicapai dengan cara....	a. Metode Engineering	= 2
		b. Sederhana dan langsung	= 1
		c. Solusi instruksional	= 0
5	Dampak <i>i</i> terhadap <i>j</i> terutama mempengaruhi.....	a. Kualitas produk	= 1
		b. Produktifitas sumber daya	= 1
		c. Lead Time	= 1
		d. Kualitas dan Produktifitas	= 2
		e. Kualitas dan Lead Time	= 2
		f. Produktifitas dan Lead Time	= 2
		g. Kualitas, produktifitas dan lead time	= 4
6	Sebesar apa dampak <i>i</i> terhadap <i>j</i> akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat tinggi	= 4
		b. Sedang	= 2
		c. Rendah	= 0

Sumber: Rawabdeh (2005)

Ke enam pertanyaan di atas akan diajukan untuk masing-masing hubungan antar *waste* sehingga total terdapat 186 pertanyaan (31 hubungan x 6 pertanyaan). Skor yang diperoleh dari enam pertanyaan untuk masing-masing hubungan antar *waste* kemudian ditotal untuk didapatkan nilai total tiap hubungan. Nilai total tersebut kemudian dikonversi menjadi simbol kekuatan hubungan (A,I,U,E,O, dan X) dengan mengikuti aturan konversi yang ditampilkan dalam tabel 4 berikut.

Tabel 4 Nilai konversi skor ke simbol huruf WRM

Range	Jenis Hubungan	Simbol
17 - 20	<i>Absolutely Necessary</i>	A
13 - 16	<i>Especially Important</i>	E
9 - 12	<i>Important</i>	I
5 - 8	<i>Ordinary Closeness</i>	O
1 - 4	<i>Unimportant</i>	U
0	<i>No Relation</i>	X

Sumber : Rawabdeh (2005)

Hasil konversi kemudian digunakan lagi untuk menghitung tingkat pengaruh dari masing-masing jenis *waste* ke jenis *waste* lainnya dengan nilai konversi A = 10, E = 8, I = 6, O = 4, U = 2 dan X = 0. Hasil perhitungan ini nantinya akan dijumlahkan dan diketahui nilai tingkat pengaruhnya yang ditulis dalam satuan persen (%). Dari simbol huruf yang diperoleh, dibuat *waste relationship matrix* yang hasilnya ditampilkan dalam tabel 5 berikut.

Tabel 5 Hasil konversi nilai huruf *waste relationship*

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	A	A	O	O	I	X	E
I	I	A	I	I	I	X	X
D	I	I	A	I	E	X	I
M	X	O	E	A	X	I	A
T	U	O	I	U	A	X	I
P	I	U	I	I	X	A	I
W	O	A	O	X	X	X	A

Sumber : Rawabdeh (2005)

Dari tabel tersebut kemudian dihitung skor tingkat pengaruh dari masing-masing jenis *waste* dengan menggunakan nilai konversi A : 10, E : 8, I : 6, O : 4, U : 2, dan X : 0 yang hasil perhitungannya dapat dilihat dalam tabel 6 berikut.

Tabel 6 *Waste matrix value*

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Score	%
O	10	10	4	4	6	0	8	42	16,8
I	6	10	6	6	6	0	0	34	13,6
D	6	6	10	6	8	0	6	42	16,8
M	0	4	8	10	0	6	10	38	15,2
T	2	4	6	2	10	0	6	30	12
P	6	2	6	6	0	10	6	36	14,4
W	4	10	4	0	0	0	10	28	11,2
Score	34	46	44	34	30	16	46	250	100
%	13,6	18,4	17,6	13,6	12	6,4	18,4	100	

Sumber : Rawabdeh (2005)

2.8. Waste Assesment Questionnaire (WAQ)

Waste Assesment Questionnaire dibuat untuk mengidentifikasi dan mengalokasikan *waste* yang terjadi pada lini produksi. Ada delapan tahapan perhitungan skor *waste* untuk mencapai hasil akhir berupa rangking dari *waste*, yaitu sebagai berikut (Khannan, 2015):

1. Mengelompokkan dan menghitung jumlah pertanyaan kuesioner berdasarkan catatan "from" dan "to" untuk tiap jenis *waste*.
2. Memasukkan bobot dari tiap pertanyaan berdasarkan *waste relationship matrix*. Memerlihatkan contoh dari pemberian bobot awal berdasarkan WRM.
3. Menghilangkan efek dari variasi jumlah pertanyaan untuk tiap jenis pertanyaan dengan membagi tiap bobot dalam satu baris dengan jumlah pertanyaan yang dikelompokkan (N_i)
4. Nilai pada tiap kolom *waste* dengan mengabaikan nilai nol.

$$S_j = \sum_{k=1}^k \frac{W_j \cdot k}{N_i} \quad (1)$$

5. Memasukkan nilai dari hasil kuisisioner (1, 0, 5, atau 0) kedalam tiap bobot nilai di tabel dengan cara mengalikannya.
6. Menghitung total skor untuk tiap nilai bobot pada kolom *waste* dan frekuensi (F_j) untuk nilai bobot pada kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0 (nol). Dengan persamaan:

$$S_j = \sum_{k=1}^k x_k \times \frac{W_j \cdot k}{N_i} \quad (2)$$

7. Di mana s_j adalah total untuk nilai bobot *waste*, dan X_k adalah nilai dari jawaban tiap pertanyaan kuesioner (1, 0,5, atau 0).
8. Menghitung indicator awal untuk tiap *waste* (Y_j).

$$Y_j = \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \quad (3)$$

9. Menghitung nilai *final waste factor* ($Y_j \text{ final}$) dengan memasukkan faktor probabilitas pengaruh antarjenis *waste* (P_j) berdasarkan total "from" dan "to" pada WRM.

$$Y_j \text{ final} = Y_j \times P_j \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \times p_j \quad (4)$$

2.9. Tata Letak Gudang

2.9.1 Konsep tata letak gudang

Tata letak gudang adalah suatu rancangan penempatan fasilitas, menganalisis, membentuk konsep, dan mewujudkannya dalam suatu sistem penerimaan sampai pengiriman barang kepada pelanggan dengan meminimalkan total biaya yang mungkin terjadi. Penyusunan tata letak yang baik dapat memperlihatkan suatu keteraturan dan kenyamanan area kerja. Tata letak gudang dikatakan baik jika memiliki jarak pemindahan barang yang minimum dan dapat menyimpan barang tanpa mengurangi kualitas dari barang yang disimpan di dalam gudang. Tata letak yang baik dapat membantu perusahaan mencapai sebuah strategi yang menunjang biaya rendah atau respon cepat dalam menyelesaikan pekerjaan dalam gudang.

Penataan *layout* atau tata letak bertujuan untuk menentukan efektivitas jarak pada proses aliran barang dari suatu tempat ke tempat yang lain dan mengoptimalkan pemanfaatan kapasitas ruang yang baik. Penempatan dan penyimpanan material di gudang memegang peranan penting dalam memperlancar kegiatan produksi. Penempatan material yang jauh dari pintu masuk/keluar barang yang menyebabkan diperlukannya waktu yang lebih banyak dan jarak lebih jauh untuk penyimpanan dan penempatan barang tersebut. Tata letak gudang akan menyangkut pengaturan ruang penyimpanan dan material handling yang ditujukan untuk memaksimalkan utilitas ruang, efisiensi, menurunkan biaya, dan peningkatan produktivitas dengan meminimalkan jarak tempuh untuk menyimpan (*storage*) dan mengambil (*order picking*) sebuah item barang (Zhenyuan *et al*, 2011).

2.9.2 Prinsip tata letak gudang

Perancangan tata letak yang dibuat dipergunakan dengan tujuan untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi saat ini. Prinsip dasar dalam perancangan tata letak gudang mempertimbangkan hal berikut (Pandiangan, 2017):

- a. Barang yang dengan frekuensi pengeluaran yang sering (*fast moving*), dapat diletakkan pada lokasi yang mudah dicapai atau sebaliknya barang yang lambat (*slow moving*) pendistribusiannya ditempatkan ke lokasi yang kedalam gudang.

- b. Penempatan barang dapat dilakukan dengan memberikan identitas, yaitu nomor, lokasi, jenis, dan lain-lain.
- c. Akses ke gudang dibatasi kepada karyawan dengan memahami peraturan pergudangan.
- d. Transaksi dokumen harus dilakukan secara teliti dengan memakai sistem manual atau *database*.
- e. Mempersiapkan jalur/lorong pergerakan orang; barang; maupun peralatan yang digunakan dalam penyimpanan dan pengambilan barang. Jarak pemindahan barang/produk diupayakan seminimal mungkin.
- f. Membuat informasi yang membantu karyawan dapat melakukan instruksi dalam bentuk gambar seperti dilarang merokok, rak, petunjuk arah atau tanda larangan lainnya.
- g. Semua area dimanfaatkan secara efektif dan efisien.
- h. Kepuasan kerja dan rasa aman pekerja dijaga sebaik-baiknya.
- i. Pengaturan tata letak harus fleksibel.

2.9.3 Indikator Tata Letak

Tata letak harus dirancang sedemikian rupa, sehingga proses penanganan barang dapat dilaksanakan dengan cara yang sangat efektif dengan indikator didalamnya sebagai berikut (Pandiangan, 2017):

- a. Aman, barang-barang yang disimpan di dalam gudang haruslah aman dari kehilangan maupun kerusakan.
- b. Mudah dicari, apabila penyimpanan tidak beraturan, maka saat barang tersebut diambil untuk didistribusikan akan membutuhkan waktu yang lama. Untuk itu dipikirkan kemudahan untuk mencari barang.
- c. Mudah dijangkau, pada saat penyimpanan dan pengambilan barang di lokasi rak penyimpanan dapat dilakukan dengan tidak mengganggu barang lainnya yang berdekatan atau mudah dilewati dengan sarana yang digunakan maupun tanpa sarana dan perlu dipertimbangkan kemudahan menjangkau saat mengambil barang yang disimpan.
- d. Mudah diambil, penyimpanan barang digudang perlu diperhatikan kemudahan untuk mengambil kembali barang tersebut.

2.10. Pengukuran Jarak

Perhitungan jarak perpindahan bahan ditentukan oleh frekuensi perpindahan antar fasilitas dan jarak antar fasilitas. Jarak antar fasilitas ditentukan oleh ukuran fasilitas dan teknik pengukuran jarak yang digunakan. Menurut Heragu (2008) ada beberapa teknik pengukuran yang digunakan untuk memperkirakan jarak dalam tata letak, yaitu:

1. *Euclidean*

Pengukuran yang dilakukan adalah dengan mengukur jarak dengan menarik garis lurus dari pusat atau titik tengah tiap fasilitas. Cara ini ialah cara yang paling umum digunakan meskipun dalam keadaan tertentu nampak tidak realistis. Hal ini karena penggunaan cara ini mudah dimengerti selama dalam proses pembuatannya. Untuk menentukan jarak *Euclidean* fasilitas satu dengan fasilitas lainnya menggunakan formulasi sebagai berikut.

$$d_{ij} = \sqrt{|(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2|} \quad (5)$$

dimana:

X_i = Koordinat x pada pusat fasilitas i

Y_i = Koordinat y pada pusat fasilitas i

X_j = Koordinat x pada pusat fasilitas j

Y_j = Koordinat y pada pusat fasilitas j

d_{ij} = Jarak antara pusat fasilitas i dan j

2. *Squared Euclidean*

Pengukuran ini adalah perhitungan kuadrat dari *Euclidean*. Pengkuadratan mengakibatkan pembebanan lebih besar pada dua fasilitas yang berjauhan daripada pasangan yang berdekatan. Penggunaan cara ini kurang banyak digunakan dalam aplikasi. Untuk menghitung jarak *squared euclidean* dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$d_{ij} = (X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2 \quad (6)$$

3. *Rectilinear*

Pengukuran *rectilinear* disebut juga sudut siku-siku atau *rectangular*. Rectilinear merupakan teknik mengukur jarak sepanjang lintasan dengan menggunakan garis jalur tegak lurus. Cara ini banyak digunakan karena mudah dalam dilakukan

perhitungannya, mudah dimengerti dan tepat untuk berbagai masalah karena praktis. Jarak *rectilinear* digambarkan dalam garis horizontal dan vertikal. Rumus perhitungan jarak menggunakan *rectilinear* sebagai berikut.

$$d_{ij} = |(X_i - X_j) + (Y_i - Y_j)| \quad (7)$$

4. *Tchebychev*

Tchebychev yaitu ukuran jarak terbesar dua nilai. Pengukuran ini berdasarkan masalah pergerakan material pada fasilitas permesinan berat dengan melalui *crane* dengan gerakan x,y dan z. Waktu untuk mencapai pusat dari fasilitas adalah tergantung dari nilai yang lebih besar antara x, y dan z. Apabila asumsinya komponen horizontal dua pusat fasilitas lebih dari komponen vertikalnya, sehingga yang menjadi jarak *tchebychev* adalah garis horizontal. Untuk menghitungnya dapat menggunakan rumus berikut.

$$d_{ij} = \max([X_i - X_j], [Y_i - Y_j], [Z_i - Z_j]) \quad (8)$$

2.11. Metode Perancangan Tata Letak Gudang

Menuru Harrell (2016), ada empat metode yang dapat digunakan dalam perancangan tata letak pada gudang yaitu:

1. Metode *Dedicated Storage*

Dedicated storage atau yang disebut juga sebagai lokasi penyimpanan yang tetap (*fixed slot storage*), menggunakan penempatan lokasi atau tempat simpanan yang spesifik untuk tiap barang yang disimpan. Hal ini dikarenakan suatu lokasi simpanan diberikan pada satu produk yang spesifik.

2. Metode *Randomized Storage*

Randomized storage yang juga disebut sebagai petak penyimpanan yang tersebar (*floating slot storage*), membuat lokasi penyimpanan untuk produk tertentu berubah atau “mengambang” setiap waktu. Dalam prakteknya, *randomized storage* didefinisikan seperti berikut. Saat barang datang untuk disimpan barang itu ditempatkan di lokasi memungkinkan yang terdekat *retrieval* dilakukan berbasis *first- in, first-out*.

3. Metode *Class Based Storage*

Metode *class based storage* adalah metode penempatan bahan atau material berdasarkan atas kesamaan suatu jenis bahan atau material kedalam suatu

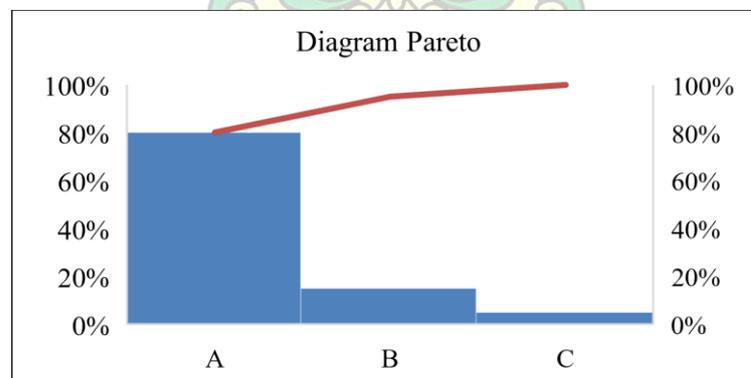
kelompok. Kelompok ini nantinya akan ditempatkan pada suatu lokasi khusus pada gudang. Kesamaan bahan atau material pada suatu kelompok, bisa dalam bentuk kesamaan jenis item atau kesamaan pada suatu daftar pemesanan konsumen.

4. Metode *Shared Storage*

Share storage adalah metode penempatan beberapa bahan atau material dalam satu area yang dikhususkan untuk bahan atau material tersebut. Kebijakan ini mengurangi jumlah kebutuhan luas gudang dan mampu meningkatkan utilisasi area penempatan persediaan. Penggunaan metode ini dengan melihat kapasitas luas bangunan gudang yang digunakan. Sehingga penempatan barang bisa lebih efisien dan efektif. Dengan cara memaksimalkan tinggi dan luas tumpukan barang.

2.12. Metode *Class Based Storage*

Class based storage merupakan metode penyimpanan barang dengan membagi item-item ke dalam kelas-kelas berdasarkan kesamaan kriteria tertentu seperti jenis material, tipe *movement* (*fast moving*, *medium moving*, *slow moving*) dan lainnya. Aturan lokasi penyimpanan ini berada di antara aturan *dedicated storage* dan *randomized storage*. *Class based storage* ini didasarkan pada hukum Pareto dengan memperhatikan level aktivitas *storage* dan *retrieval* (S/R) yang dikembangkan untuk item berbeda. Dalam gudang 80% aktivitas S/R diberikan pada 20% dari item, 15% pada 30% dari item, dan yang terakhir 5% aktivitas S/R pada 50% dari item. Item yang masuk diklasifikasikan pada tiga kelas sebagai A, B, dan C, berdasarkan level aktivitas S/R (dari tinggi ke rendah) dikembangkan.



Gambar 4 Diagram pareto

Untuk meminimumkan waktu/ jarak yang dihabiskan dalam *storage* dan *retrieval*, kelas A diletakkan terdekat dengan *input/output point*, selanjutnya kelas B, dan kelas C yang terjatuh (Francis *et al*, 1992).

Menurut Heragu (1997) metode *Class Based Storage* ini merupakan metode yang didasarkan pada penelitian diagram Pareto bahwa Negara yang memiliki populasi dengan persentase terkecil memiliki banyak jutawan. Contoh: suatu perusahaan memperoleh 80% keuntungan dari 20% produk yang disimpan, 15% dari 30% produk dan 5% dari 50% produk. Dari data tersebut dapat diperoleh pembagian kelasnya, yaitu: antara 0%-5% dari total pendapatan termasuk dalam kelas C, 5%-20% kelas B, dan 20%-80% termasuk kelas A. Kelas A diletakkan di dekat pintu masuk-keluar untuk menghemat waktu penyimpanan, kelas B diletakkan sesudah kelas A, dan seterusnya (Karonsih dkk., 2011).

Langkah-langkah dalam penempatan produk:

- 1) Perankingan produk berdasarkan klasifikasi ABC Pareto
- 2) Perhitungan jarak perjalanan (*distance traveled*) antara tiap slot

Penyimpanan dengan titik I/O. Jarak perjalanan antara tiap slot dengan titik I/O diukur dengan menggunakan metode *rectilinear distance*, dimana jarak diukur sepanjang lintasan dengan menggunakan garis tegak lurus (*orthogonal*) satu dengan yang lainnya. Rumus yang sering dipakai adalah metode perhitungan jarak dengan *rectilinear distance*.

$$d_{ij} = |(X_i - X_j) + (Y_i - Y_j)| \quad (9)$$

- 3) Penempatan produk.

Penempatan produk dilakukan dengan cara menempatkan produk dengan kelas terbagi pada slot dengan jarak terkecil, lalu produk tertinggi kedua pada slot terkecil kedua, dan seterusnya.

2.13. Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti dan Tahun	Judul	Metode	Kesimpulan
1.	Cahaya Ramadhati, Intan Pramestiana, Salsabila Nurulita (2023)	Analisis Penerapan <i>Lean Warehouse</i> Untuk Maminimalisir <i>Waste</i> Menggunakan <i>Value Stream Mapping</i> dan <i>Fishbone Diagram</i>	<i>Value Stream Mapping</i> dan <i>Fishbone Diagram</i>	Hasil penelitian menunjukkan persentasi <i>waste</i> yaitu defect 22,40%, <i>overproduction waste</i> 16,76%, <i>motions waste</i> 16,32%, <i>inventory waste</i> 14,47%, <i>transportation waste</i> 10,70%, <i>process waste</i> 10,59% dan <i>waiting waste</i> 8,77%. Persentasi terbesar yaitu <i>waste defect</i> yang diakibatkan oleh kurangnya kemampuan dan pengetahuan pekerja dalam menangani material. Penyebab <i>waste overproduction</i> yaitu, terjadi kesalahan penginputan jumlah order/pesanan pelanggan, sistem jadwal produksi tidak ter-update. Dan penyebab <i>waste motions</i> yaitu, lamanya proses pengambilan material, karyawan tidak mengikuti prosedur yang ada rendahnya material handling.
2.	Firman Oloan Siagian, Ir. Florida Butarbutar, MT, & Dr. H. Suwanda, ST. MT. (2023)	Perancangan Tata Letak Material Di Gudang Bahan Baku Menggunakan Metode <i>Class Based Storage</i> Di PT KMI <i>Wire And Cable</i>	<i>Class Based Storage</i>	Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh material dengan kelas A sebesar 75,1%, kelas B sebesar 15,6% dan kelas C sebesar 9,3%. Pencarian dan pengambilan material menjadi terkoordinasi dengan baik, efisiensi waktu pencarian material kategori <i>fast moving</i> menjadi 0,75 menit dengan persentase 46%, dan <i>slow moving</i> menjadi 0,93 menit dengan persentase 38%, sedangkan efisiensi waktu pengambilan material kategori <i>fast moving</i> menjadi 2,8 menit dengan persentase 25% dan kategori <i>slow moving</i> menjadi 3 menit dengan persentase 27%.
3.	Rini Alfatiyah, Sofian Bastuti, & Riki Effendi (2021)	Model Tata Letak Gudang Penyimpanan Menggunakan Metode <i>Class Based Storage</i>	<i>Class Based Storage</i>	Berdasarkan hasil penelitian diperoleh 3 pengklasifikasian item yaitu untuk kelas A memiliki persentase frekuensi perpindahan kumulatif sebesar 78,37% dengan jumlah item sebanyak 14, untuk kelas B sebesar 53,85% dengan jumlah item sebanyak 8, dan untuk kelas C sebesar 4,22% dengan jumlah item sebanyak 4. Dengan menerapkan metode <i>class based storage</i> , diperoleh bahwa terjadi peningkatan kapasitas sebesar gudang 17,24%, penurunan jarak tempuh sebesar 29,58% dan penurunan Ongkos Material Handling (OMH) sebesar 23,28%.
4.	Afifah Naziihah, Jauhari	Identifikasi <i>Waste</i> Menggunakan	<i>Waste Assessment</i>	Berdasarkan hasil penelitian diperoleh peringkat <i>waste</i> mulai dari terbesar sampai terkecil yaitu <i>defect</i> sebesar

	Arifin, Billy Nugraha (2022)	<i>Waste Assessment Model (WAM) di Warehouse Raw Material PT. XYZ</i>	<i>Model (WAM)</i>	22.70%, <i>overproduction</i> sebesar 18.32%, <i>inventory</i> sebesar 17.56%, <i>motion</i> sebesar 14.12%, <i>transportation</i> sebesar 13.10%, <i>waiting</i> sebesar 9.68% dan <i>Process</i> sebesar 4.52%. Hasil <i>waste</i> dengan persentase terbesar adalah <i>defect</i> .
5.	Helena Sitorus, Rudianto, Meriastuti Ginting (2020)	Perbaikan Tata Letak Gudang Dengan Metode <i>Class Based Storage</i> serta Optimasi Alokasi Pekerjaan <i>Material Handling</i> di PT. Dua Kuda Indonesia.	<i>Class Based Storage</i>	Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa tata letak gudang PT. Kuda Dua Indonesia dengan metode <i>class based storage</i> memberikan perbaikan dengan jarak tempuh yang paling kecil. Tata letak usulan jika dibandingkan dengan tata letak awal menghasilkan penurunan jarak tempuh sebesar 32,24%, penurunan luas lantai terpakai untuk penyimpanan sebesar 35,46%, peningkatan kapasitas sebesar 28,57%, peningkatan fleksibilitas sebesar 188,32%, serta peningkatan produktivitas sebesar 49,98%.

Berdasarkan penelitian terdahulu, pada penelitian ini dilakukan analisis *waste* menggunakan metode *Waste Assesment Model* yang bertujuan untuk mengetahui jenis *waste* kritis, sebagaimana yang digunakan pada penelitian Afifah (2022) yang melakukan identifikasi *waste* di *Warehouse Raw Material* PT. XYZ. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya, dimana pada penelitian sebelumnya hanya memberikan rekomendasi perbaikan setelah dilakukan analisis *waste*, sedangkan pada penelitian ini dilanjutkan dengan melakukan analisa terhadap rekomendasi upaya perbaikan untuk mengurangi *waste* di *warehouse* yaitu melakukan perancangan tata letak material menggunakan metode *class based storage*. Berdasarkan penelitian Rini (2021) yang melakukan perancangan tata letak material di gudang menggunakan metode *class based storage*, diperoleh bahwa dengan menerapkan metode tersebut terjadi peningkatan kapasitas gudang, penurunan jarak tempuh serta penurunan ongkos material handling. Maka pada penelitian ini, dengan menggunakan metode *class based storage*, diharapkan dapat meminimasi dampak *waste* yang terjadi di *warehouse Logistic* PT.XYZ.