BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

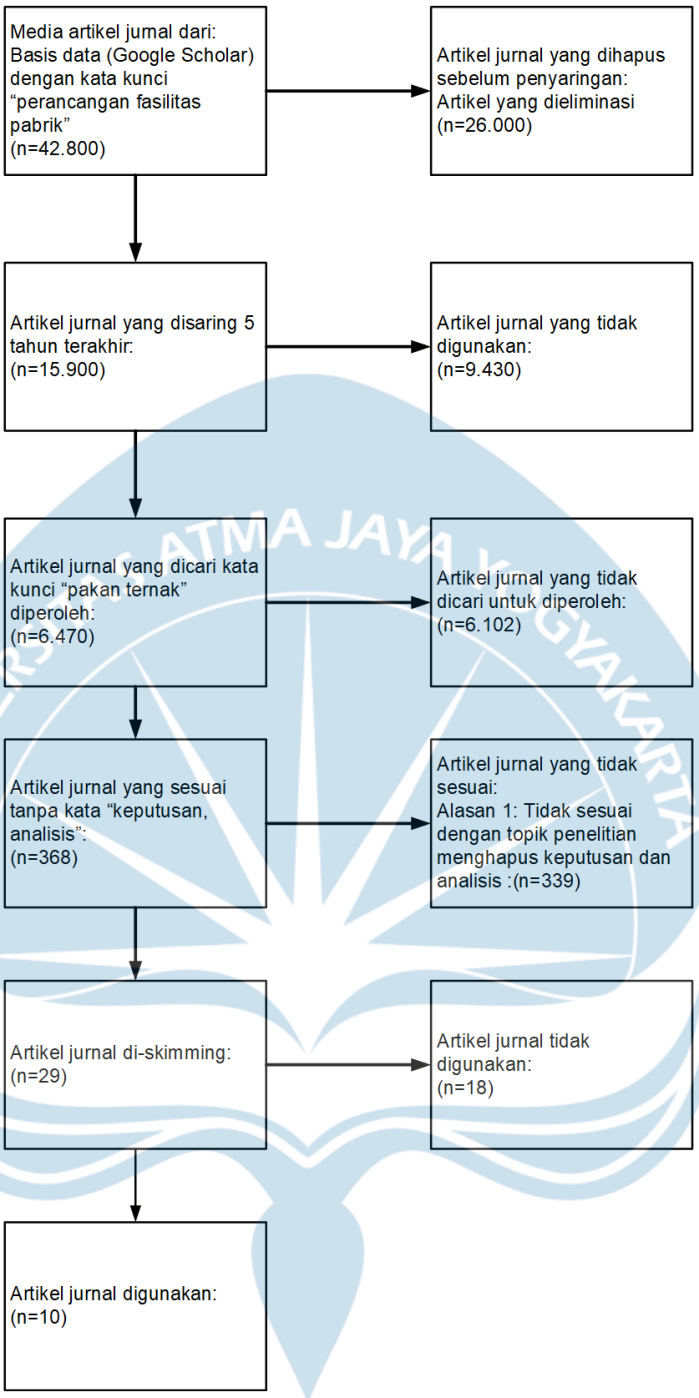
2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka adalah bab yang digunakan untuk mengkaji dan mengumpulkan sumber-sumber ilmiah yang didasari oleh rumusan masalah dan tujuan dari perancangan yang telah dianalisis pada bab satu. Bab tinjauan pustaka memuat penelitian terdahulu yang meliputi permasalahan, metode dan *tools* yang relevan dengan permasalahan perancangan yang sedang dilakukan.

Tinjauan pustaka divisualisasikan menggunakan diagram alir PRISMA untuk menggambarkan proses penelusuran literatur yang dilakukan. Penelusuran awal dilakukan melalui *Google Scholar* dengan menggunakan kata kunci "perancangan fasilitas pabrik" yang menghasilkan sebanyak 42.800 artikel. Selanjutnya, pencarian difokuskan pada artikel jurnal yang diterbitkan dalam lima tahun terakhir sehingga jumlah artikel berkurang menjadi 15.900.

Tahap berikutnya, pencarian dipersempit dengan menambahkan kata kunci "pakan ternak" sehingga diperoleh 6.470 artikel. Selanjutnya, dilakukan proses penyaringan dengan mengeliminasi artikel yang tidak sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan perancangan, sehingga tersisa 368 artikel. Dari jumlah tersebut, dilakukan proses *skimming* berdasarkan judul artikel yang menghasilkan 29 artikel yang relevan.

Pada tahap akhir, dilakukan penelusuran secara lebih mendalam dengan membaca isi artikel secara keseluruhan, sehingga diperoleh 10 artikel yang sesuai. Alur proses penelusuran tinjauan pustaka tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Alur penelusuran tinjauan pustaka

2.1.1 *Material handling equipment*

Penelitian yang dilakukan oleh Nugroho (2022) membahas mengenai penerapan *material handling equipment* untuk penanganan barang di gudang. Sistem *material handling* pada gudang belum sistematis sehingga menghambat proses penanganan barang yang berdampak ke efisiensi produksi. Permasalahan tersebut diatasi dengan metode kualitatif pemilihan *material handling* dengan evaluasi prinsip perencanaan dan keuangan berdasarkan wawancara. Hasil penelitian *material handling equipment* yang

sesuai dengan kondisi gudang dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi penanganan material belum optimal. Penelitian tersebut memiliki keterbatasan pada pendekatan kualitatif sehingga belum ada pengukuran secara kuantitatif. Selain itu, masih berfokus terhadap pemilihan dan penerapan *material handling*, tidak mengintegrasikan dengan tata letak sedangkan perubahan *material handling* memiliki dampak terhadap tata letak. Hal tersebut menunjukkan terdapat *gap* yaitu perancangan pada sistem mempertimbangkan dan mengintegrasikan *material handling* dengan perancangan tata letak untuk mengoptimalkan aliran material.

Penelitian oleh Muthia *et al.,* (2023) di PT Charoen Pokphand Indonesia Cabang Medan terdapat permasalahan bahan baku rusak dan penerapan *material handling*. Permasalahan tersebut berpengaruh signifikan terhadap efisiensi produksi dengan pengaruh sebesar 75,5%. *Material handling* ditingkatkan dengan memerhatikan faktor jenis produk, jalur pengangkutan, keadaan ruang, karakteristik, dan dana dalam perancangan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa *material handling* memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi produksi, tetapi penelitian tersebut hanya berfokus pada analisis hubungan antar variabel seperti pengaruh *material handling* terhadap efisiensi proses produksi. Penelitian ini belum menghasilkan rancangan teknis seperti tata letak gudang dan sistem *material handling* yang dapat diimplementasikan. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan perancangan tata letak gudang dan sistem *material handling* yang dapat diimplementasikan untuk meningkatkan efisiensi operasional.

2.1.2 Perencanaan kapasitas

Penelitian yang dilakukan oleh Ikhwana *et al.,* (2024) membahas mengenai perencanaan kapasitas produksi pada industri pakan ternak. Terdapat permasalahan stasiun kerja mengalami *bottleneck* sehingga belum mampu memenuhi kebutuhan pasar. Penelitian tersebut menerapkan metode *Theory of Constraint* (TOC) untuk menganalisis lokasi *bottleneck* dan *routing sheet* untuk menentukan kebutuhan mesin, Hasilnya diketahui stasiun kerja mesin giling *overload* 117,9% dan perlu menambahkan dua mesin sehingga kebutuhan pasar terpenuhi. Penelitian tersebut membahas mengenai perencanaan kapasitas produksi dan identifikasi *bottleneck* pada sistem produksi. Berdasarkan hasil tersebut terdapat *gap* dengan perancangan yang dilakukan yaitu perancangan dilakukan pada gudang bukan di area produksi. Oleh karena itu perancangan yang dilakukan mempertimbangkan kapasitas mesin agar tidak terjadi *bottleneck*.

Valan *et al.,* (2023) pada perancangan di pabrik pembuatan *pulp* terdapat permasalahan penentuan kapasitas pada prarancangan pabrik. Permasalahan tersebut diatasi

menggunakan metode prediksi data seperti interpolasi linear dan pertumbuhan rata-rata per tahun untuk menentukan kapasitas. Hasil penelitian menunjukkan pabrik dapat memiliki kapasitas sebesar 69.000 ton per tahun. Namun, perancangan tersebut masih terbatas dalam penentuan kapasitas produksi berdasarkan prediksi data persediaan. Akan tetapi perancangan sebuah pabrik harus disertai dengan kapasitas aktual fasilitas produksi, analisis potensi *bottleneck*, dan perancangan fasilitas untuk menjaga ketersediaan bahan baku. Perancangan tersebut memiliki kesamaan yaitu dilakukan pada pabrik baru bukan pabrik yang sudah berdiri.

2.1.3 Perancangan tata letak gudang

Pratama *et al.,* (2019) dalam penelitiannya di gudang pakan PT Japfa Comfeed Indonesia Unit Cirebon terdapat permasalahan tata letak masih acak dan menyebabkan waktu pencarian barang dan perpindahan material tidak efisien. Permasalahan tersebut diatasi dengan penerapan metode *dedicated storage* untuk menentukan lokasi penyimpanan. Hasilnya menunjukkan penurunan jarak perpindahan material. Namun, penelitian tersebut hanya fokus di penurunan jarak perpindahan material di gudang barang jadi. Akan tetapi, perancangan yang dilakukan pada sistem ini terdapat di gudang bahan baku. Perpindahan tempat penyimpanan yang dilakukan akan memengaruhi pola aliran, tetapi hal tersebut belum dipertimbangkan di penelitian tersebut. Oleh karena itu hal yang dapat diimplementasikan dari penelitian tersebut adalah penerapan metode *dedicated storage* sebagai kebijakan penyimpanan material.

Muharni *et al.,* (2020) dalam perancangannya di gudang barang jadi PT XYZ terdapat permasalahan tidak ada lokasi tetap penempatan komponen karena hanya mengisi bagian kosong sehingga menyebabkan jarak *material handling* tinggi. Perbaikan dilakukan menggunakan metode *class-based* dan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Hasil perancangan tata letak ulang menurunkan ongkos *material handling* sebesar 7,89%. Perancangan yang dilakukan sudah membahas secara lengkap dari klasifikasi kelas penyimpanan komponen, perancangan tata letak usulan, dan perbandingan tata letak eksisting dengan tata letak usulan. Namun, dalam penelitian tersebut belum membahas jenis dan rancangan sistem *material handling* yang digunakan untuk mendukung perpindahan material pada tata letak usulan. Oleh karena itu, pada perancangan yang akan dilakukan perlu mempertimbangkan sistem *material handling* dan penggunaan visualisasi tata letak serta perbandingan tata letak dapat diterapkan pada perancangan yang akan dilakukan.

Berliana (2026) dalam penelitiannya di gudang terdapat permasalahan waktu proses yang lama, perpindahan material berlebih, penumpukan persediaan, dan ketidakakuratan pencatatan. Permasalahan tersebut diatasi dengan metode *Lean*

Warehousing dengan *tools Value Stream Mapping*. Berdasarkan penerapan tersebut dapat menurunkan *lead time* sebesar 20-30%, meningkatkan produktivitas kerja lebih dari 15%, dan optimalisasi ruang. Namun, penelitian tersebut masih terbatas fokus ke dalam pengurangan *waste* operasional di gudang pada kategori *motion, waiting, transportation, inventory, overprocessing, defect*. Akan tetapi pengurangan *waste* harus diintegrasikan dengan rancangan kebijakan penyimpanan dan perubahan tata letak agar produktivitas gudang berkembang secara berkelanjutan. Hal tersebut dapat dilakukan diperancangan yang akan dilakukan agar gudang yang dihasilkan memiliki *waste* minimum.

Basuki *et al.,* (2025) di gudang distributor FMCG terdapat permasalahan proses gudang yang memiliki *waste* sehingga efisiensi operasional gudang rendah. Permasalahan tersebut juga diatasi dengan penerapan *Lean Warehousing* menggunakan *Value Stream Analysis* dan *Transportation, Inventory, Motion, Waiting, Overproduction, Overprocessing, Defect* (TIMWOOD) untuk mengidentifikasi *waste*. Perbaikan dilakukan dengan *redesign layout* berbasis ABC untuk mengurangi persentase *waste* pada aktivitas *non-value added* (NVA). Penelitian tersebut menggunakan klasifikasi ABC yang dapat digunakan dalam perancangan tata letak. Namun, penelitian tersebut masih membahas evaluasi aktivitas yang menyebabkan *waste* sebagai dasar perbaikan, belum memberikan rancangan usulan perbaikan gudang yang dapat diimplementasikan.

2.1.4 Kerangka manajemen proyek

Perancangan yang dilakukan oleh Arianie & Puspitasari, (2017) membahas mengenai permasalahan perencanaan proyek di Qiscus Pte Ltd yang kurang optimal sehingga penggunaan waktu dan sumber daya perusahaan tidak efisien. Permasalahan tersebut diatasi dengan penerapan metode *Work Breakdown Structure, Critical Path Method,* dan *Program Evaluation and Review Technique* untuk perencanaan dan penjadwalan proyek. Hasilnya durasi proyek dapat dipercepat enam hari dan menurunkan biaya. Berdasarkan penelitian tersebut terdapat perbedaan dengan sistem, pada sistem terdapat dua fasilitas yang memiliki aktivitas konstruksi secara berkaitan. Perbedaan atau *gap* tersebut menjadi masalah karena jika jadwal tidak sinkron maka dapat menyebabkan keterlambatan. Oleh karena itu perancangan WBS dan CPM untuk jadwal proyek antar fasilitas dapat diterapkan agar pekerjaan menjadi sinkron dan selesai dalam waktu bersamaan.

Sementara itu, Setiawan & Khairuzzaman (2017) membahas mengenai pengelolaan data dan administrasi proyek antar *stakeholder* di perusahaan kontraktor. Dilakukan perancangan sistem informasi manajemen proyek dengan metode *Waterfall*. Hasil

perancangan dapat memudahkan pelaksanaan proyek dalam mengakomodasi proses dan prosedur yang diselenggarakan antar pihak. Penelitian tersebut memiliki kelebihan menggunakan sistem informasi untuk pengelolaan data dan administrasi agar data yang dikelola dapat terkelola dengan lebih baik. Namun, terdapat perbedaan dengan permasalahan yang terjadi yaitu sistem informasi yang dirancang hanya untuk satu proyek. Hal ini dapat diterapkan dalam perancangan sistem informasi untuk multi proyek yang dapat diakses oleh berbagai *stakeholder* agar administrasi salah satunya jadwal dapat sinkron.

2.1.5 *Cold storage*

Penelitian yang dilakukan oleh Yulianto *et al.,* (2024) membahas mengenai perancangan *cold storage* di gudang PT XYZ. Permasalahan yang dihadapi adalah kondisi suhu yang harus stabil agar tidak memunculkan mikroorganisme dalam material. Permasalahan diatasi dengan perancangan *cold storage*, metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan adalah perhitungan *cooling load* dan analisis *cold storage*. Hasil perancangan menunjukkan *cold storage* dapat menerima total beban pendinginan sebesar 308.133 BTU/jam. Namun, penelitian yang dilakukan oleh Yulianto *et al.,* (2024) belum mempertimbangkan karakteristik material yang memerlukan suhu penyimpanan berbeda dalam satu gudang. Hal tersebut berbeda dengan perancangan yang dilakukan, yang dapat diterapkan dalam perancangan adalah membagi pengelompokan area penyimpanan dengan suhu yang berbeda agar kualitas material tetap baik.

Tuapetel & Mahardika, (2023) dalam perancangannya melakukan perancangan *cold storage* di PT Agung Segar Teknik dengan kapasitas 30 ton. Permasalahan yang terjadi dalam *cold storage* adalah umur penyimpanan yang pendek dan cara penyimpanan. Solusi dari permasalahan tersebut adalah merancang unit *cold storage* yang standar. Metode perancangan yang digunakan adalah perhitungan *cooling load* mengacu ke standar ASHRAE *(American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers).* Hasilnya dapat menghasilkan total beban pendinginan sebesar 99.867,445 BTU/hr dengan suhu ruang -15°C sampai dengan -20°C. Penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan performa sistem pendingin *cold storage*, kebutuhan daya, komponen dan bahan. Namun, belum mempertimbangkan tata letak secara detail hanya tersedia gambaran saja sehingga terdapat *gap* saat impelementasi akan sulit di implementasikan dalam mengatur media simpannya. Berdasarkan *gap* tersebut, perancangan yang akan dilakukan perlu merancang tata letak gudang secara lebih detail.

2.1.6 Perancangan unit silo

Perancangan yang dilakukan oleh Astomo *el al.,* (2020) membahas mengenai permasalahan rangka unit silo yang harus menahan beban kerja agar tidak terjadi kegagalan konstruksi pada pabrik teh. Metode perancangan silo menggunakan analisis statis dengan *software* SolidWorks. Berdasarkan penggunaan metode tersebut, permasalahan diselesaikan dengan merancang rangka dan pengujian beban 1.085 kg. Hasil perancangan menunjukkan hasil nilai *factor of safety* sebesar 7,77 yang berarti sangat aman digunakan. Namun, penelitian yang dilakukan oleh Astomo *el al.,* (2020) hanya meninjau konstruksi silo tanpa mempertimbangkan kapasitas silo, lokasi silo, dan fasilitas yang menghubungkan silo dengan area produksi. Oleh karena itu terdapat *gap* yaitu selain perancangan silo seperti yang sudah dilakukan, perlu melakukan perancangan tata letak silo, perhitungan kapasitas silo berdasarkan kebutuhan bahan baku, dan *material handling*.

Berdasarkan sumber referensi tinjauan pustaka, pustaka di ringkas yang berisi informasi pustaka, obyek, masalah, solusi, metode dan *tools*, hasil, dan implikasi pada tugas akhir. Berikut hasil ringkasan pustaka pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ringkasan tinjauan pustaka

No.	Pustaka	Obyek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools	Hasil	Implikasi dengan TA
1	Nugroho, (2022)	Gudang	Sistem *material handling* belum sistematis sehingga menghambat proses penanganan material.	Pemilihan *material handling*	Evaluasi dengan prinsip perencanaan dan keuangan	Word	Meningkatkan efektivitas dan efisiensi penanganan material.	Pemilihan *material handling* yang dilakukan dapat diterapkan pada TA tetapi harus dilakukan dengan mengintegrasikan dengan tata letak.
2	Muthia *et al.,* (2023)	PT Charoen Pokphand Cabang Medan	Bahan baku rusak dan penerapan *material handling* belum optimal.	Peningkatan *material handling*	Faktor produk, jalur, ruang, karakteristik, dan dana	Excel, Word	Peningkatan *material handling* memberikan pengaruh bagi peningkatan efisiensi proses produksi.	Penelitian yang dilakukan memiliki objek sama di gudang sehingga faktor yang digunakan untuk mempertimbangkan *material handling* dapat diterapkan.
3	Ikhwana *et al.,* (2024)	Pabrik pakan ternak	Stasiun kerja mengalami bottleneck sehingga belum mampu memenuhi kebutuhan pasar.	Mencari lokasi *bottleneck* dan penambahan mesin.	Theory of Constraint (TOC)	Excel	Kapasitas produksi meningkat setelah menambah mesin menjadi 1.738.785 kg/tahun.	Penelitian membahas mengenai analisis *bottleneck* di mesin produksi. Hal tersebut dapat digunakan pada *material handling* transfer seperti conveyor dirancang dengan mempertimbangkan kapasitas.
4	Valan *et al.,* (2023)	Pabrik *pulp*	Penentuan kapasitas pada prararancangan pabrik.	Melakukan perhitungan penentuan kapasitas.	Interpolasi linear dan pertumbuhan rata-rata per tahun.	Excel	Prarancangan pabrik dengan kapasitas produksi 69.000 ton/tahun.	Perancangan memiliiki kesamaan digunakan untuk pabrik baru. Hal yang dapat diterapkan perlu melakukan analisis potensi *bottleneck* dari awal agar alur produksi dapat berjalan dengan optimal.
5	Pratama *et al.,* (2019)	Gudang pakan PT Japfa Comfeed Indonesia	Tata letak masih acak dan menyebabkan waktu pencarian barang dan perpindahan material tidak efisien.	Menentukan lokasi penyimpanan.	Dedicated storage	Excel, Visio	Penurunan jarak perpindahan material.	Perancangan tata letak hal yang dapat diterapkan adalah menentukan kebijakan penyimpanan material terlebih dahulu sebagai dasar untuk menentukan lokasi setiap material.

Tabel 2.1 Ringkasan tinjauan pustaka (lanjutan)

No.	Pustaka	Obyek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools	Hasil	Implikasi dengan TA
6	Muharni *et al.,* (2020)	Gudang barang jadi PT XYZ	Tidak ada lokasi tetap penempatan komponen karena hanya mengisi bagian kosong sehingga menyebabkan jarak material handling tinggi.	Melakukan perancangan tata letak.	Class based dan Particle Swarm Optimization (PSO)	Excel, Visio	Menurunkan ongkos material handling sebesar 7,89%.	Perancangan tata letak memiliki keterkaitan dengan jarak perpindahan *material handling* sehingga dalam TA yang dapat diterapkan yaitu melakukan perancangan tata letak dengan mempertimbangkan *material handling*.
7	Berliana, (2026)	Gudang	Waktu proses yang lama, perpindahan material berlebih, penumpukan persediaan, dan ketidakakuratan pencatatan.	Eliminasi waste	Value Stream Analysis	Excel, Visio	Menurunkan lead time sebesar 20-30%, meningkatkan produktivitas kerja lebih dari 15%, dan optimalisasi ruang.	Perancangan gudang mengurangi potensi *waste* yang dapat terjadi seperti dari kategori *transportation* dan *inventory* agar produktivitas gudang tinggi.
8	Basuki *et al.,* (2025)	Gudang distributor FMCG	Proses gudang yang memiliki waste sehingga efisiensi operasional gudang rendah.	Redesign layout gudang	Value Stream Analysis	Excel, Visio	Mengurangi persentase waste pada aktivitas non-value added (NVA).	Perancangan tata letak gudang dapat dilakukan berdasarkan minimasi potensi *waste* di *motion* agar jarak perpindahan *material handling* dapat berkurang.
9	Arianie & Puspitasari, (2017)	Qiscus Pte Ltd	Perencanaan proyek yang kurang optimal sehingga penggunaan waktu dan sumber daya perusahaan tidak efisien.	Perencanaan dan penjadwalan proyek.	WBS, CPM, dan PERT	Excel, Microsoft Project	Durasi proyek dapat dipercepat 6 hari dan menurunkan biaya.	Penggunaan *Work Breakdown Structure* (WBS) dapat diterapkan untuk mendetailkan pekerjaan sampai bagian terkecil dan dapat digunakan untuk menambahkan *dependencies* pada aktivitas yang saling berkaitan.
10	Setiawan & Khairuzzaman, (2017)	Perusahaan kontraktor	Pengelolaan data dan administrasi proyek antar *stakeholder*.	Perancangan sistem informasi.	Waterall	Visio, Pemrograman, Database	Memudahkan pelaksanaan proyek dalam mengakomodasi proses dan prosedur yang diselenggarakan antar pihak.	Perancangan sistem informasi yang dapat diakses oleh berbagai *stakeholder* cocok diterapkan pada kondisi multi-proyek yang memerlukan jadwal yang sinkron.

Tabel 2.1 Ringkasan tinjauan pustaka (lanjutan)

No.	Pustaka	Obyek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools	Hasil	Implikasi dengan TA
11	Yulianto *et al.,* (2024)	Gudang PT XYZ	Kondisi suhu yang harus stabil agar tidak memunculkan mikroorganisme dalam material.	Perancangan cold storage	Perhitungan cooling load dan analisis cold storage	Excel	Cold storage dapat menerima total beban pendinginan sebesar 308.133 BTU/jam.	Perancangan gudang khususnya material *medior ingredients* dapat dikelompokan berdasarkan suhu agar kondisi material tetap baik saat disimpan.
12	Tuapetel & Mahardika , (2023)	PT Agung Segar Teknik	Umur penyimpanan yang pendek dan cara penyimpanan.	Perancangan unit cold storage	Perhitungan cooling load mengacu ke standar ASHRAE	Excel	Menghasilkan total beban pendinginan sebesar 99.867,445 BTU/hr dengan suhu ruang -15°C sampai dengan -20°C.	Gudang *cold storage* atau yang memiliki suhu tertentu dapat diterapkan untuk menyimpan material yang bersifat vitamin agar kandungan vitaminnya tidak rusak.
13	Astomo, et al., (2020)	Pabrik Teh	Permasalahan rangka unit silo yang harus menahan beban kerja agar tidak terjadi kegagalan konstruksi pada pabrik teh.	Perancangan rangka silo	Analisis statis	SolidWorks	Menghasilkan nilai factor of safety sebesar 7,77 yang berarti sangat aman digunakan.	Perancangan silo dapat dilakukan untuk mengakomodasi penyimpanan material jagung. Perancangan yang dilakukan juga mempertimbangkan kapasitas berdasarkan kebutuhan produksi.

2.2 Dasar Teori

Solusi terpilih menggunakan teori untuk tahap perancangan. Sumber dasar teori mengacu pada mata kuliah yang telah dipelajari dan buku yang relevan. Teori mengenai perancangan sistem gudang merujuk pada mata kuliah Perencanaan Fasilitas Manufaktur (STIN43503), teori mengenai gudang dan *material handling* pada mata kuliah Manajemen Pergudangan (STIN76602), dan teori mengenai kebijakan penyimpanan barang.

2.2.1 Gudang

Frazelle (2016) menyebutkan gudang adalah tempat menyimpan persediaan atau barang untuk memfasilitasi atau mendukung proses produksi. Fungsi gudang tidak hanya sebagai penyimpanan, seiring perkembangan gudang berfungsi sebagai tempat *assembly* manufaktur dan jasa penambahan nilai. Terdapat berbagai jenis gudang dalam rantai logistik berdasarkan fungsinya. Berikut jenis gudang yang berada di dalam area pabrik.

a. Gudang *raw material*

Gudang *raw material* adalah gudang yang digunakan untuk menyimpan persediaan bahan baku. Gudang ini memiliki peran penting terhadap produksi. Peletakan gudang *raw material* biasanya terdapat di dekat area pabrik.

b. Gudang *work-in-process* (WIP)

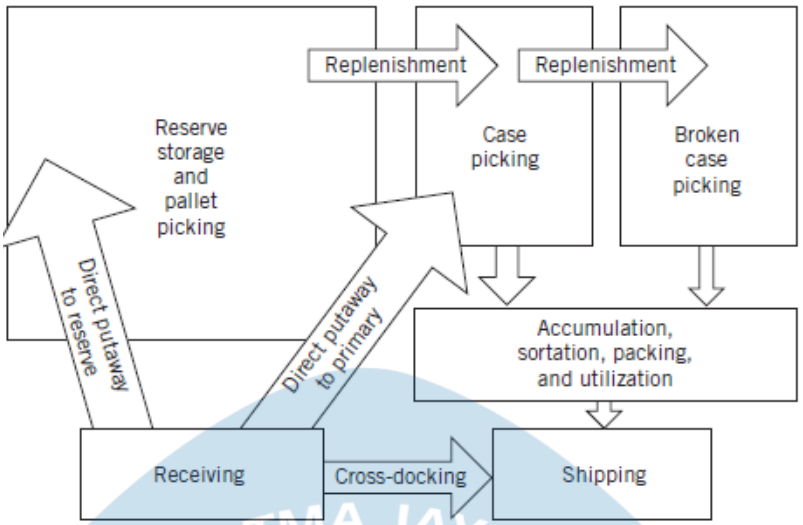
Gudang WIP adalah gudang yang digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara. Gudang ini memiliki peran mengontrol antara jumlah produksi dan permintaan sehingga berdampak pada aliran produksi.

c. Gudang *finished goods*

Gudang *finished goods* adalah gudang yang digunakan untuk menyimpan barang jadi dari area produksi. Gudang ini menjadi tempat persediaan barang jadi sebelum dikirimkan ke jaringan distribusi.

2.2.2 Perancangan sistem gudang

Tompkins *et al*. (2010) menyebutkan area yang memiliki fungsi penting dalam perancangan gudang yaitu *receiving, inspection* dan *quality control, repackaging, putaway, storage, order picking, postponement, sortation, packing* dan *shipping*, *cross-docking*, serta *replenishing*. Dalam perancangan tata letak gudang, area tersebut memiliki aliran yang saling berkaitan seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Aliran area gudang

Sumber: (Tompkins, 2010)

Setiap area memiliki perencanaan ruang dengan pertimbangan yang berbeda. Berikut perencanaan ruang dari setiap area.

a. Perencanaan ruang area *receiving* dan *shipping*

Total kebutuhan ruang untuk area *receiving* dan *shipping* dilakukan dengan menentukan jenis barang, jumlah dan jenis *docks,* serta kebutuhan ruang untuk barang di dalam gudang. Terdapat standar lebar *dock* dan dan kedalaman *apron* untuk beberapa ukuran panjang truk dalam satuan kaki. Berikut luas area yang diperlukan untuk *dock* 90° pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Standar luas area *dock* 90°

Panjang truk (kaki)	**Lebar *Dock* (kaki)**	**Kedalaman Apron (kaki)**
40	10	46
	12	43
	14	39
45	10	52
	12	49
	14	46
50	10	60
	12	57
	14	54
55	10	65
	12	63

Tabel 2.2 Standar luas area *dock* 90 (lanjutan)

Panjang truk (kaki)	Lebar *Dock* (kaki)	Kedalaman Apron (kaki)
55	14	58
	10	72
60	12	63
	14	60

b. Perencanaan ruang area penyimpanan

Perencanaan ruang area penyimpanan dilakukan menggunakan *storage analysis chart*. Area penyimpanan mempertimbangkan beberapa hal yaitu ukuran material, tipe material, berat material, kapasitas penyimpanan, metode penyimpanan, dan spesifikasi alat penyimpanan. Hasil dari *storage analysis chart* adalah luas area (m^2). Berikut bentuk dari *storage analysis chart* pada Gambar 2.3.

Date September 14, 1997 Raw Materials X

In-Process Goods _____
Company J.D.S., Inc.
Prepared by B. Hudock Sheet 1 of 1 Plant Supplies _____
Finished Goods _____

Space _____ Unit Loads Quantity of Unit Loads Stores Storage

Description (1)	Type (2)	Capacity (3)	Size (4)	Weight (5)	Maximum (6)	Average (7)	Planned (8)	Method (9)	Specs (10)	Area (ft^2) (11)	Ceiling Height Required (ft) (12)
Aluminum rails, three runner 288"	Bundles	50 pcs.	18" × 28" × 288"	1250 lbs.	14	5	12	Cantilever rack	Four-arm dual rack, 4' × 12' × 6'	192	24
Glass, 1/4" thick, 8' × 4' sheets	Racks	4 sheets	8' × 4' × 4'	400 lbs.	20	13	15	Pallet rack	4' × 4' × 22' (4 levels)	240	24
Rubber stripping 1/8" square	Cartons	500 ft	12" × 4" × 12"	20 lbs.	20	12	8	Industrial shelving	5 level 42" × 18" shelves	12	9
Adhesive, water sealant	Drum	350 lbs.	2' diameter × 4'	375 lbs.	7	3	6	Floor simple	2.5' × 2.0' floor loaded	60	8
Packing boxes 2' × 4' × 4"	Pallets	500	40" × 48" × 48"	600 lbs.	10	8	6	Bulk stack	4' × 4' × 12' (3 levels)	80	15

Gambar 2.3 *Storage analysis chart*

Sumber: (Tompkins, 2010)

Penyimpanan material di area penyimpanan dibagi menjadi dua jenis berdasarkan lokasi penyimpanannya.

i. *Fixed location storage*

Fixed location storage merupakan penyimpanan dengan menetapkan lokasi SKU pada lokasi tertentu dan tidak dapat digunakan untuk menyimpan SKU lain walaupun area penyimpanan kosong.

ii. *Random location storage*

Random location storage merupakan penyimpanan dengan menempatkan SKU secara acak sesuai dengan ruang penyimpanan yang sedang kosong.

Tompkins *et al.* (2010) menyebutkan perencanaan ruang area penyimpan memerlukan beberapa prinsip.

a. Popularitas

Prinsip popularitas menerapkan penempatan barang dengan permintaan tinggi ditempatkan dekat dengan jalur perpindahan material. Popularitas barang dapat dikategorikan menjadi *fast moving, medium moving,* dan *slow moving.*

b. Similiaritas

Prinsip similiaritas menerapkan barang yang memiliki pola penerimaan atau pengiriman sama ditempatkan di area penyimpanan yang sama. Barang dari pemasok yang sama juga ditempatkan dalam satu area.

c. Ukuran

Prinsip ukuran menerapkan barang dengan ukuran besar diletakkan dekat dengan area keluar sehingga proses penanganan material lebih mudah.

d. Karakteristik

Prinsip karakteristik menerapkan penyimpanan sesuai dengan sifat barang yang disimpan untuk mengakomodasi kebutuhan khusus.

Selain prinsip tersebut, perancangan tata letak gudang perlu mempertimbangkan faktor untuk memaksimalkan pemanfaatan ruang. Berikut faktor pemanfaatan ruang.

a. Konservasi ruang

Faktor konservasi ruang merupakan memaksimalkan volume ruangan untuk mengakomodasi barang besar.

b. Keterbatasan ruang

Faktor keterbatasan ruang merupakan batasan ketinggian atap dan kapasitas lantai gudang. Barang dapat ditumpuk dengan jumlah sesuai batas aman sifat material.

c. Aksesbilitas

Faktor aksesbilitas merupakan pertimbangan akses barang dan lebar lorong.

d. Kerapian

Faktor kerapian merupakan pengaturan jalur gudang yang jelas menggunakan tanda.

2.2.3 *Material handling*

Frazelle (2016) menyebutkan bahwa *material handling* pada konteks sistem gudang merupakan suatu proses perpindahan, pengendalian, dan perlindungan barang dalam bentuk *unit load* seperti *pallet*. *Material handling* bertujuan untuk meningkatkan efisiensi aliran barang dan meminimalkan pemakaian ruang. Dalam sistem pergudangan, *material handling* berkaitan langsung dengan pemilihan sistem penyimpanan yang tepat agar proses perpindahan barang berjalan dengan efektif.

Menurut Tompkins (2010), pemilihan material handling dipengaruhi oleh karakteristik aliran material, volume perpindahan, dan pola perpindahan material. Sistem konveyor umumnya digunakan pada aliran material kontinu dengan jalur perpindahan tetap dan volume yang tinggi, sedangkan *industrial truck* digunakan pada perpindahan yang lebih fleksibel dan *intermittent*.

Dari keinginan meningkatkan efisiensi tersebut, maka terdapat beberapa sistem penanganan *pallet handling systems*. Berikut sistem penanganan *pallet*.

a. Peralatan Konvensional

Peralatan konvensional dibagi menjadi dua, yaitu:

i. Walkie Stacker

Walkie Stacker cocok digunakan pada jarak pendek dan menopang beban ringan.

ii. Counterbalance Forklift

Counterbalance Forklift sering digunakan untuk fleksibilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan *aisle* lorong yang cukup lebar.

b. Peralatan *Narrow Aisle*

Lebih cocok digunakan untuk lorong yang sempit. *Narrow aisle* seperti *straddle* truk, *reach truk*, dan *side loader* untuk menggunakan ruang yang lebih efisien.

c. Peralatan *Very Narrow Aisle*

Cocok digunakan untuk lorong yang sangat sempit karena dimensinya yang kecil dan dapat mencapai ketinggian rak yang cukup tinggi. Salah satu contoh *very narrow aisle* yaitu *turret* truk.

d. Peralatan Sistem Otomatis

Peralatan sistem otomatis dibagi menjadi dua, yaitu:

i. *Automated Storage dan Retrieval System* (ASRS)

ASRS menggunakan mesin otomatis yang dapat bergerak di antara rak pada gudang. ASRS cocok untuk penyimpanan satuan barang yang berat.

ii. *Automated Guided Vehicle* (AGV)

Forklift otomatis merupakan salah satu *handling system* AGV yang dapat mengikuti jalurnya pada lantai gudang. Model ini cocok untuk pola perpindahan barang yang stabil dan membutuhkan tenaga kerja yang tinggi.

iii. *Powered Pallet Roller Conveyor*

Powered pallet roller conveyor dapat memindahkan pallet secara otomatis melalui jalur tetap, sehingga aliran material lebih cepat, dan stabil. Sistem ini cocok untuk gudang yang menangani pallet berat dan volume tinggi karena mampu meningkatkan kecepatan perpindahan dan throughput.

iv. *Cart-on-Track Conveyor*

Cart-on-track conveyor merupakan *material handling* berbasis troli yang bergerak pada jalur tetap untuk memindahkan pallet tanpa bantuan forklift. Teknologi ini membantu memperlancar aliran *inbound* dengan mengurangi kepadatan forklift dan mempercepat perpindahan dari *dock* ke area penyimpanan.

v. *Belt Conveyor*

Belt conveyor menggunakan sabuk untuk memindahkan *unit-load* kecil hingga menengah, termasuk karung bahan baku yang tidak dipalletkan. *Telescopic belt conveyor* pada area *receiving*, yaitu sabuk yang bisa memanjang ke dalam truk agar proses *unloading* lebih cepat dan tidak memerlukan angkut manual.

Frazelle (2016) menyebutkan juga bahwa sistem penyimpanan dan sistem penanganan menjadi dua komponen yang saling bergantung. Setiap barang mempunyai karakteristik yang berbeda, seperti frekuensi pergerakan barang, ukuran, dan juga sistem rotasi (FIFO/LIFO).

2.2.4 Kebijakan penyimpanan barang

Bartholdi dan Hackman (2019) kebijakan penyimpanan barang dibagi menjadi empat metode yaitu.

a. *Dedicated storage*

Dedicated storage menempatkan barang tertentu dan hanya barang yang telah ditentukan dapat ditempatkan di lokasi tersebut. Proses *order picking* lebih cepat karena lokasi tetap. Barang dengan perputaran cepat dilokasikan pada lokasi strategis.

b. *Shared storage*

Shared storage menempatkan barang secara bersamaan dengan barang lain ketika lokasi penyimpanan sedang kosong. Pemanfaatan ruang gudang lebih maksimal karena penggunaan area penyimpanan fleksibel.

c. *Random storage*

Random storage menempatkan barang dilokasi yang tidak ditentukan atau tidak memiliki lokasi tetap. Penyimpanan dengan metode ini memiliki fleksibilitas yang tinggi sehingga

penggunaan ruang maksimal. Kekurangan dari metode ini membutuhkan waktu proses *order picking* yang lebih lama.

d. *Class-based storage*

Class-based storage menempatkan barang berdasarkan kelas barang. Metode ini membagi barang menjadi tiga kategori yaitu *fast moving, medium moving,* dan *slow moving* berdasarkan frekuensi permintaan barang. Proses *order picking* dan jarak aliran *material handling* menjadi lebih efisien.

2.2.5 *Interrelationship Diagram (IRD)*

Hananto dan Arianto (2022) menyebutkan bahwa *interrelationship diagram* merupakan instrumen dalam *New Seven Quality Control Tools* yang berguna untuk mengkaji suatu hubungan sebab akibat antar berbagai faktor masalah yang ada. Interrelationship diagram biasanya disusun setelah pengelompokkan masalah dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh antar variabel. Dengan penggunaan *IRD*, hubungan sebab akibat yang kompleks dapat diselesaikan dengan lebih sederhana sehingga membantu untuk mendapatkan prioritas perbaikan pada suatu masalah proses.

2.2.6 Eisenhower *Matrix*

Putri dan Puspitaningrum (2025) menyebutkan bahwa Eisenhower *matrix* merupakan metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan prioritas suatu masalah berdasarkan tingkat kepentingan. Metode ini mengelompokkan semua aktivitas atau masalah ke dalam empat kuadran. Berikut merupakan penjelasan dari keempat kuadran Eisenhower *matrix*.

a. *Important-urgent* merupakan aktivitas yang harus segera diselesaikan karena membawa dampak yang besar dan waktu yang sedikit.
b. *Important-not urgent* merupakan aktivitas yang penting untuk jangka yang panjang tetapi tidak membutuhkan penyelesaian yang segera.
c. *Not important-urgent* merupakan aktivitas yang perlu dilakukan segera namun tidak membawa dampak yang besar terhadap tujuan utama.
d. *Not important-not urgent* merupakan aktivitas yang tidak mempunyai pengaruh besar dan tidak membutuhkan perhatian segera, sehingga dipertimbangkan untuk dihindari agar tidak membuang waktu dan tenaga.

2.2.7 *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Saaty (1980) menyebutkan bahwa AHP merupakan sebuah metode yang digunakan untuk melakukan pemilihan keputusan multikriteria, metode ini berfungsi untuk menyelesaikan permasalahan yang cukup kompleks dengan memecahnya menjadi struktur hierarki yang di dalamnya terdapat tujuan, kriteria dan alternatif. Metode ini

melalukan pendekatan hierarki untuk mengubah sebuah permasalahan yang tidak terstruktur menjadi lebih sistematis. Metode AHP memiliki beberapa prinsip dasar yaitu.

a. Dekomposisi yang merupakan menyederhanakan permasalahan yang kompleks menjadi elemen-elemen yang lebih sederhana dalam bentuk hierarki.
b. Perbandingan berpasangan semua elemen dibandingkan secara berpasangan untuk memilih tingkat kepentingan dan memilih keputusan yang terbaik.
c. Sintesis prioritas hasil dari perbandingan di bentuk dalam bobot.
d. Konsistensi penilaian yang diberikan dilakukan uji konsistensi agar tidak terjadi pertentangan logika.

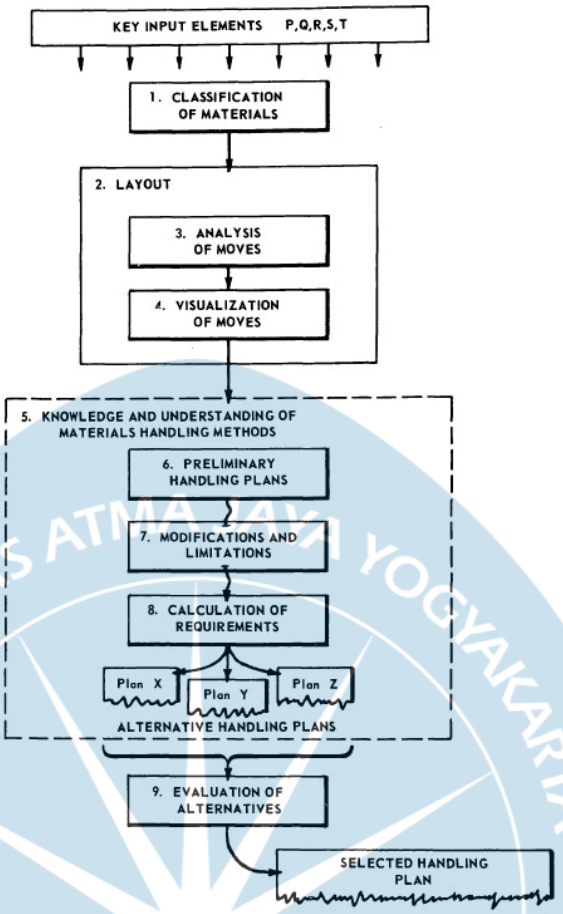
2.2.8 *Simple Multi-Attribute Rating Technique* (SMARTER)

Metode SMARTER merupakan sebuah metode untuk mengambil keputusan multikriteria, metode ini berfungsi untuk menyederhanakan proses penentuan bobot kriteria dengan menggunakan sistem peringkat atau *ranking* menurut Edwards dan Barron (2008) metode ini menggunakan pendekatan berbasis utilitas dengan mempertimbangkan kriteria secara sistematis untuk mendapatkan keputusan terbaik. Terdapat konsep dasar SMARTER yaitu.

a. Semua alternatif dinilai pada beberapa kriteria.
b. Semua kriteria mempunyai bobot prioritas.
c. Menggunakan teknik ROC (*Rank Order Centroid)* yang berfungsi mengubah urutan prioritas menjadi bobot numerik.

2.2.9 *Systematic Handling Analysis* (SHA)

Muther dan Haganas (2016) menyebutkan bahwa SHA merupakan metode yang sering digunakan untuk menganilis dan merancang sistem material *handling* secara rinci. Dalam SHA, analisis material handling tidak bisa dipisahkan dengan perancangan tata letak, karena dengan rancangan tata letak bisa diketahui jarak perpindahan dan mempengaruhi material *handling* yang akan digunakan. Karakteristik material seperti ukuran, berat, dan bentuk menjadi faktor utama untuk menentukan material handling yang sesuai. Metode SHA melalui beberapa tahapan seperti klasifikasi material, analisis tata letak, analisis perpindahan material, visualisasi aliran material, penyusunan alternatif, hingga evaluasi sistem material *handling.* Urutan tahapan perancangan metode SHA terdapat pada Gambar 2.4.

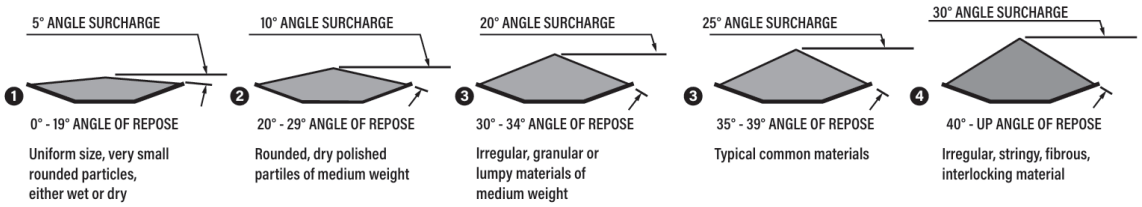


Gambar 2.4 Urutan tahapan metode SHA

Sumber: (Muther & Haganas, 2016)

2.2.10 Dimensi konveyor

Menurut Precision Pulley & Idler (2021), penentuan dimensi konveyor dapat dilakukan menggunakan data densitas material dan *angle of repose* material. *Angle of repose* adalah sudut yang terbentuk secara alami ketika material dijatuhkan. Selain itu terdapat *angle of surcharge* yang merupakan sudut yang terbentuk antara permukaan material dan bidang horizontal saat material bergerak di atas conveyor. Berikut ilustrasi dan kategori *angle of surcharge* pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Ilustrasi dan kategori *angle of surcharge*

Tahapan penentuan dimensi lebar konveyor dilakukan menggunakan tahapan sebagai berikut.

i. Kapasitas volumetrik

Kapasitas volumetrik adalah kapasitas konveyor dalam satuan waktu tertentu misalnya *ton per hour* (TPH).

ii. Kapasitas ekuivalen

Kapasitas ekuivalen adalah kapasitas yang sudah disesuaikan dengan kecepatan *belt*. Perhitungan ini akan digunakan sebagai *input* pada tabel kapasitas *belt* berdasarkan kecepatan referensi 100 *feet per minutes* (FPM). Berikut tabel referensi kapasitas *belt* pada Gambar 2.6.

BELT WIDTH (INCHES)	CAPACITY AT 100 FPM (FT3 / HR) (C EQ) SURCHARGE ANGLE						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	NA	123	246	372	498	630	762
24	NA	232	466	702	942	1,190	1,444
30	NA	376	756	1,137	1,527	1,928	2,340
36	NA	555	1,113	1,677	2,253	2,844	3,450
42	NA	768	1,540	2,322	3,120	3,936	4,776
48	NA	1,016	2,037	3,072	4,126	5,208	6,318
54	NA	1,298	2,604	3,927	5,273	6,654	8,076
60	NA	1,614	3,240	4,885	6,560	8,278	10,050
72	NA	2,353	4,720	7,116	9,558	12,060	14,640
84	NA	3,229	6,478	9,767	13,117	16,551	20,092
96	NA	3,977	7,979	12,029	16,155	20,384	24,746

Gambar 2.6 Referensi kapasitas *belt*

2.3 Standar dan Kode Etik

Pada perancangan yang akan dilakukan, terdapat standar dan etika yang digunakan untuk mendukung perancangan. Standar tersebut berasal dari Peraturan Pemerintah (PP) dan standar dari buku yang digunakan sebagai acuan.

a. Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) mengenai kewajiban perusahaan dalam mengintegrasikan aspek keselamatan dan kesehatan kerja ke dalam seluruh kegiatan operasional, termasuk perencanaan fasilitas dan lingkungan kerja untuk mencegah kecelakaan kerja. Dengan acuan etika tersebut, dalam perancangan ditambahkan *allowance* jarak manusia dari tumpukan material dan ke *conveyor pit*.
b. Tompkins (2010) tentang operasional gudang termasuk perancangan area *receiving, shipping, storage*, dan *order picking*. Perancangan menggunakan standar untuk menentukan lebar jalan, area *dock*, *allowance material handling,* dan manusia.
c. *Food and Agriculture Organization* (FAO) tentang *bulk density, pelletability,* dan *particle size*. Standar yang digunakan adalah nilai densitas material pembuatan *poultry feed* dan *aqua feed*. Dalam perancangan standar nilai densitas digunakan untuk menentukan kebutuhan ruang penyimpanan material.
d. Standar *Angle of Repose* tentang sudut kemiringan maksimum pada material granular. Standar tersebut digunakan karena material yang disimpan berbentuk granular dan digunakan dalam perancangan sebagai pertimbangan dalam menghitung volume tumpukan material.
e. *Basis of Design* (BOD) *Review* dari PT TeamworX Indonesia tentang penilaian rancangan berdasarkan aspek tata letak, aliran material, kapasitas, dan kelayakan implementasi di tahap desain selanjutnya. Standar tersebut digunakan sebagai dasar rancangan di tahap desain dasar dan *approval* untuk tahap selanjutnya.
f. *Association for the Advancement of Cost Engineering* (AACE) *International* mengenai klasifikasi estimasi biaya. PT TeamworX Indonesia menggunakan AACE *Class* 3 dalam melakukan *preliminary budget estimate*. Standar tersebut digunakan sebagai dasar dalam melakukan analisis biaya rancangan.