

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Teori Dasar

2.1.1 Tata Letak

Secara umum, tata letak produksi merujuk pada pengaturan semua fasilitas produksi untuk mencapai efisiensi maksimal dalam proses produksi . Desain tata letak melibatkan pengaturan fasilitas operasional dengan menggunakan ruang yang tersedia untuk menempatkan mesin, material, peralatan, personel, serta semua perlengkapan yang digunakan dalam proses manufaktur(Elvira, Suhardi, & Astuti, 2021). Sistem fasilitas, tata letak, dan material handling biasanya saling terkait erat dan tidak dapat dipisahkan. Kadang, tata letak dan material handling dirancang terlebih dahulu, sementara sistem fasilitas disesuaikan dengan tata letak yang sudah ada (Dianto, Sutopo, 2020). Oleh karena itu, desain tata letak harus dibuat fleksibel untuk mengakomodasi perubahan permintaan akibat inovasi produk, proses, atau teknik kerja baru. Perusahaan harus memiliki pandangan jangka panjang untuk meminimalisir penataan ulang tata letak, karena biaya yang dibutuhkan untuk proses desain ini relatif besar (Tarigan & Zetli, 2022).

2.1.2 Warehouse

Warehouse, atau gudang, adalah fasilitas yang digunakan untuk penyimpanan barang-barang dan produk dalam berbagai jenis dan jumlah sebelum didistribusikan atau dijual. Gudang memainkan peran penting dalam rantai pasok, berfungsi sebagai titik antara produsen dan konsumen akhir. Di dalam gudang,

barang-barang dapat disimpan untuk jangka pendek atau panjang, diatur sesuai dengan kategori, dan dikelola untuk memastikan inventaris yang efisien (Yudi Sukmono & Sitania, 2022). Proses dalam gudang meliputi penerimaan barang, penyimpanan, pengambilan, pengemasan, dan pengiriman. Dengan adanya teknologi modern seperti sistem manajemen gudang (WMS), operasional gudang menjadi lebih efisien, memungkinkan pemantauan stok secara real-time, pengelolaan ruang yang optimal, dan peningkatan kecepatan serta akurasi dalam pemrosesan pesanan. (Wijaya & Palit, 2021). Gudang yang dikelola dengan baik berkontribusi secara signifikan terhadap kelancaran operasional bisnis, mengurangi biaya penyimpanan dan distribusi, serta meningkatkan kepuasan pelanggan melalui pengiriman yang cepat dan akurat.

2.1.3 Perancangan Tata Letak *Warehouse*

Warehouse dirancang dengan menghitung kecepatan perpindahan produk. Produk dengan perputaran tinggi sebaiknya disimpan dekat dengan area pengumpulan produk untuk meminimalkan pergerakan yang tidak perlu. (Phan, Think, Kieu, & Thai, 2020). Penempatan dan arsitektur gudang tempat penyimpanan produk berpengaruh signifikan terhadap penanganan material di suatu gudang. (Yevita Nursyanti, Marlina, & Widyasari, 2024). Proses perencanaan tata letak gudang melibatkan pertimbangan lima prinsip dasar: popularitas, kesamaan, ukuran, karakteristik, dan pemanfaatan ruang.

2.1.4 Metode Pengukuran Jarak

Pengukuran jarak adalah prosedur untuk memastikan besarnya jarak antara dua titik tertentu. Jarak dihitung dari titik masuk dan keluar ke titik pusat blok

penyimpanan setiap material. Perhitungan jarak pergerakan material dipengaruhi oleh frekuensi pergerakan antar fasilitas dan jarak yang memisahkan fasilitas tersebut. Jarak antar fasilitas ditentukan oleh ukuran fasilitas dan metode pengukuran yang digunakan (Meliala & Saputra, 2020).

Saat mengukur jarak transfer, diasumsikan bahwa jalur untuk menyimpan dan mengambil mengambil rute yang sama, sehingga menghasilkan jarak kembali yang sama. Pusat gravitasi suatu benda dihitung untuk memastikan lokasi pusatnya. Berat suatu benda dua dimensi, yang sering disebut luas, berbanding lurus dengan luasnya (A). Biasanya, pusat massa suatu benda beraturan terletak pada titik perpotongan diagonal-diagonalnya. Rumus yang diberikan di bawah ini dapat digunakan untuk menghitung pusat gravitasi kolektif dari beberapa benda seragam dalam bentuk suatu luas (Semnasti, 2023).

$$X_o = \frac{X_1A_1+X_2A_2+\dots}{A_1+A_2+\dots}$$

$$Y_o = \frac{Y_1A_1+Y_2A_2+\dots}{A_1+A_2+\dots}$$

Rumus 2. 1 Titik Berat

Keterangan :

Xo adalah titik berat gabungan pada sumbu X.

Yo adalah titik berat gabungan pada sumbu Y.

X1 adalah titik berat benda pertama pada sumbu X.

X2 adalah titik berat benda kedua pada sumbu X.

Y1 adalah titik berat benda pertama pada sumbu Y.

Y2 adalah titik berat benda kedua pada sumbu Y.

A1 = Adalah luas benda satu

A2 = Adalah luas benda dua

Berbagai metodologi digunakan untuk memastikan jarak antara dua lokasi, yang meliputi:

- a) Jarak *Euclidean* mengacu pada jarak garis lurus antara pusat setiap fasilitas. Jarak Euclidean dapat dihitung menggunakan rumus berikut.:

$$d_{ij} = [(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2]^{1/2}$$

Rumus 2. 2 Jarak Euclidean

Keterangan :

d_{ij} merupakan jarak antara pusat fasilitas i dan j.

x_i adalah koordinat x dari pusat fasilitas i.

y_i adalah koordinat y dari pusat fasilitas i.

x_j adalah koordinat x dari pusat fasilitas j.

y_j adalah koordinat y dari pusat fasilitas j.

- b) Kuadrat jarak *Euclidean* adalah kuadrat jarak Euclidean, yang mewakili kepentingan tertinggi jarak antara dua pasang titik yang berdekatan satu sama lain. Strategi ini jarang digunakan, namun biasanya menargetkan permasalahan lokasi. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$d_{ij} = [(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2]$$

Rumus 2. 3 Jarak Squared Euclidean

- c) Jarak bujursangkar merupakan suatu metode pengukuran yang disebut jarak Manhattan, yaitu mengukur jarak dengan mengikuti suatu

lintasan yang tegak lurus. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j|$$

Rumus 2. 4 Jarak Rectilinear

2.1.5 Ongkos *Material Handling* (OMH)

Ongkos material handling (OMH) merupakan biaya yang dikeluarkan untuk proses pengangkutan, penyimpanan, dan pemindahan bahan baku, barang setengah jadi, dan produk jadi di dalam fasilitas produksi atau gudang. OMH mencakup berbagai aktivitas seperti pemuatan dan pembongkaran, transportasi internal, serta penataan dan pengambilan barang. Faktor-faktor yang mempengaruhi OMH meliputi jenis dan jumlah material yang ditangani, jarak yang ditempuh, metode dan peralatan yang digunakan, serta efisiensi dari sistem material handling yang diterapkan (Rauf & Radyanto, 2022).

Mengoptimalkan OMH adalah penting karena dapat berdampak langsung pada biaya operasional keseluruhan dan produktivitas perusahaan. Penggunaan teknologi seperti sistem otomatisasi, conveyor, dan robotik dapat membantu mengurangi OMH dengan meningkatkan kecepatan dan akurasi proses material handling. Selain itu, perencanaan tata letak fasilitas yang baik juga berperan dalam meminimalkan jarak pemindahan dan mengurangi waktu penanganan, sehingga menurunkan biaya material handling secara signifikan. (Muharmi & Ariesyadi, 2022).

Berikut persamaan untuk menghitung ongkos *material handling* (OMH):

OMH = Jarak perpindahan x biaya mesin **Rumus 2.5** OMH

2.1.6 Penyimpanan Material

Penyimpanan material adalah proses yang melibatkan penempatan dan pengaturan barang atau bahan di lokasi tertentu untuk jangka waktu tertentu sebelum digunakan dalam produksi atau distribusi. Proses ini penting dalam manajemen rantai pasok karena memastikan ketersediaan bahan yang tepat pada waktu yang tepat, serta menjaga kualitas dan kondisi material. Penyimpanan material harus dirancang dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti jenis dan sifat bahan, frekuensi penggunaan, dan kondisi lingkungan yang sesuai untuk menghindari kerusakan atau penurunan kualitas. Penggunaan teknologi seperti sistem manajemen gudang (WMS) dan teknik penataan yang efisien, seperti FIFO (first in, first out) atau LIFO (last in, first out), dapat meningkatkan efektivitas penyimpanan. Selain itu, perencanaan tata letak gudang yang optimal dan pemilihan peralatan penyimpanan yang tepat, seperti rak, palet, atau kontainer khusus, juga berperan penting dalam memaksimalkan ruang dan meminimalkan waktu serta biaya operasional. Dengan manajemen penyimpanan material yang baik, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya, dan memastikan kelancaran proses produksi serta distribusi (Rustandi, Suhada, & Heryanto, 2022).

Terdapat beberapa kebijakan atau metode penyimpanan yang umum digunakan, yaitu:

1. *Dedicated Storage*

Dedicated storage adalah metode di mana setiap jenis material atau produk memiliki lokasi penyimpanan tetap yang spesifik. Kelebihan

utama dari metode ini adalah memudahkan pencarian dan pengambilan barang karena setiap item memiliki tempat yang tetap dan diketahui. Namun, kekurangannya adalah pemanfaatan ruang yang kurang efisien, karena area penyimpanan dapat tetap kosong jika barang tertentu sedang tidak ada di stok.

2. *Randomized Storage*

Randomized storage, atau penyimpanan acak, tidak menetapkan lokasi tetap untuk setiap jenis barang. Sebaliknya, barang disimpan di lokasi yang tersedia saat itu. Kelebihan dari metode ini adalah pemanfaatan ruang yang lebih efisien karena setiap celah penyimpanan dapat digunakan. Namun, kelemahannya adalah pencarian barang bisa menjadi lebih sulit dan memakan waktu karena barang tidak disimpan di tempat yang tetap, sehingga membutuhkan sistem manajemen yang baik untuk melacak lokasi barang.

3. *Class-based Storage*

Class-based storage mengelompokkan barang berdasarkan klasifikasi tertentu, seperti frekuensi penggunaan, kategori produk, atau karakteristik lainnya. Kelebihan metode ini adalah meningkatkan efisiensi pengambilan barang karena barang yang sering digunakan dapat ditempatkan di lokasi yang mudah dijangkau. Namun, kelemahannya adalah membutuhkan analisis dan penataan yang lebih cermat untuk menentukan klasifikasi yang tepat dan memastikan barang dikelompokkan dengan benar.

4. *Shared Storage*

Shared storage memungkinkan berbagai jenis barang berbagi lokasi penyimpanan yang sama. Kelebihan metode ini adalah memaksimalkan penggunaan ruang karena satu area penyimpanan dapat menampung berbagai jenis barang. Namun, kekurangannya adalah membutuhkan sistem manajemen yang cermat untuk menghindari kesalahan penempatan dan kekacauan. Sistem manajemen yang efektif harus memastikan bahwa barang yang berbeda tidak saling menghalangi dan tetap mudah diakses ketika diperlukan.

2.1.7 Sistem Pemindahan Material

Sistem pemindahan material adalah serangkaian proses dan teknologi yang digunakan untuk memindahkan barang, bahan baku, produk setengah jadi, dan produk jadi di dalam fasilitas manufaktur atau gudang. Sistem ini berperan penting dalam memastikan efisiensi, kecepatan, dan keselamatan dalam operasi pemindahan barang, mencakup aktivitas seperti pemuatan, pembongkaran, pengangkutan, dan penempatan ulang barang (Syahril & Hasibuan, 2022). Komponen utama dari sistem pemindahan material meliputi peralatan pemindahan seperti conveyor, forklift, crane, dan automated guided vehicles (AGVs), yang masing-masing memiliki kegunaan khusus. Conveyor cocok untuk pemindahan barang secara kontinu dalam jarak tetap, sementara forklift dan crane lebih fleksibel dalam memindahkan barang ke berbagai arah dan ketinggian. Teknologi otomatisasi seperti robotik dan AGVs meningkatkan efisiensi dan akurasi pemindahan material dengan mengurangi intervensi manusia dan risiko

kesalahan(Rauf & Radyanto, 2022).

Sistem Manajemen Gudang (WMS) membantu dalam perencanaan, pengendalian, dan pengoptimalan operasi pemindahan material, memungkinkan pelacakan real-time dan pengaturan rute yang efisien. Desain tata letak fasilitas yang baik juga berkontribusi pada pemindahan material yang efisien, meminimalkan jarak dan waktu pemindahan. Metode pemindahan material dapat bervariasi berdasarkan jenis dan sifat barang, dari manual hingga otomatis. Mengoptimalkan sistem pemindahan material sangat penting untuk meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi waktu henti, dan menekan biaya, sehingga mendukung kelancaran proses produksi dan distribusi.(Hasanati, Permatasari, Nurhasanah, & Hidayat, 2019).

2.1.8 Metode *Class Based Storage*

Pendekatan penyimpanan berbasis kelas dirancang untuk menyimpan material tergantung pada popularitasnya. Artinya, barang-barang yang sering dipindahkan ditempatkan di dekat pintu masuk dan keluar gudang. Tujuan dari pengaturan ini adalah untuk meminimalkan jarak yang harus ditempuh oleh penanganan material saat menyimpan dan mengambil material. Menerapkan strategi penyimpanan berbasis kelas memungkinkan optimalisasi arsitektur gudang dengan menempatkan produk-produk yang bergerak cepat secara strategis di dekat pintu masuk dan keluar. Penyesuaian ini meminimalkan jarak yang ditempuh oleh penanganan material saat menyimpan dan mengeluarkan produk (Gozali, Marie, Kustandi, & Adisurya, 2020).

Pendekatan penyimpanan berbasis kelas merupakan kebijakan

penyimpanan gudang yang mengklasifikasikan produk ke dalam tiga kategori, yaitu A, B, dan C, sesuai dengan aturan Pareto dan tingkat aktivitas penyimpanan di gudang. Strategi ini meningkatkan fleksibilitas pengaturan tempat dengan mempartisi area penyimpanan menjadi beberapa bagian. Berbagai item, diklasifikasikan berdasarkan jenis dan ukurannya, dapat ditempatkan secara acak di setiap lokasi (Wijaya & Palit, 2021).

Menurut prinsip Pareto, barang atau produk diklasifikasikan berdasarkan kriteria yang luas. Kelas A mewakili kisaran 15-20% dari seluruh item dan berkontribusi sekitar 60-80% aktivitas di gudang. Kelas B mewakili kisaran 20-40% dari seluruh item dan berkontribusi sekitar 15-30% aktivitas di gudang. Kelas C mewakili kisaran 50-60% dari seluruh item dan berkontribusi sekitar 5-10% aktivitas di gudang (Setyawan & Fauzi, 2020). Material yang disimpan di dalam warehouse dikategorikan menurut frekuensi keluar masuknya. Nilai persentase ini dapat diubah sesuai dengan kebijakan perusahaan.

2.2 Penelitian Terdahulu

1. Penelitian yang dilakukan oleh (Hidayat, 2019) bertujuan untuk merencanakan tata letak warehouse dan penyusunan barang menggunakan metode Class Based Storage yang dioptimalkan dengan algoritma CRAFT untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan warehouse. Analisis terhadap 9 item produk untuk menentukan tata letak optimal di warehouse finished goods. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan alokasi ruang penyimpanan hingga 28,6%, memungkinkan pencarian barang yang lebih akurat dan efisien, sehingga meningkatkan daya saing perusahaan.

2. Penelitian yang dilakukan oleh (Isnaeni & Susanto, 2021) bertujuan untuk mengurangi material handling dan mengoptimalkan penempatan barang di warehouse PT Hartono Istana Teknologi menggunakan metode Class Based Storage. Analisis dilakukan sebelum dan setelah implementasi metode ini, termasuk pengelompokan barang dalam kelas A, B, dan C berdasarkan akses keluar masuk. Hasilnya, material handling berkurang dari 3.668.522 meter menjadi 1.753.734 meter dalam periode 6 bulan, dan penempatan barang dalam kelas A, B, dan C meningkatkan efisiensi perpindahan barang.
3. Penelitian yang dilakukan oleh (Putera et al., 2023). bertujuan untuk mengurangi waktu dan jarak dalam proses penyusunan dan penempatan produk dengan mengelompokkan produk sesuai kategori material, produk, dan bahan pembuatannya dengan metode *Class Based Storage*. Penempatan produk diatur sesuai kategori untuk mengurangi waktu dan jarak yang dibutuhkan dalam proses penyimpanan dan pengambilan. Hasil penelitian menunjukkan pengurangan waktu identifikasi dan pengambilan produk, penurunan biaya operator, serta peningkatan efisiensi ruang warehouse.
4. Penelitian yang dilakukan oleh (Adib & Ulum, 2022) bertujuan untuk merancang ulang tata letak warehouse guna mengurangi jarak perpindahan barang. Metode yang digunakan metode *Class Based Storage* melibatkan pengelompokan barang ke dalam kelas A1, A2, A3, B1, B2, dan C serta membandingkan jarak perpindahan barang sebelum dan setelah perbaikan tata letak warehouse. Hasilnya, jarak perpindahan barang untuk produk SKM berkurang dari 3228,67 meter menjadi 2791,2 meter, sementara untuk

produk SKT meningkat dari 432,8 meter menjadi 641 meter, menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam pergerakan barang.

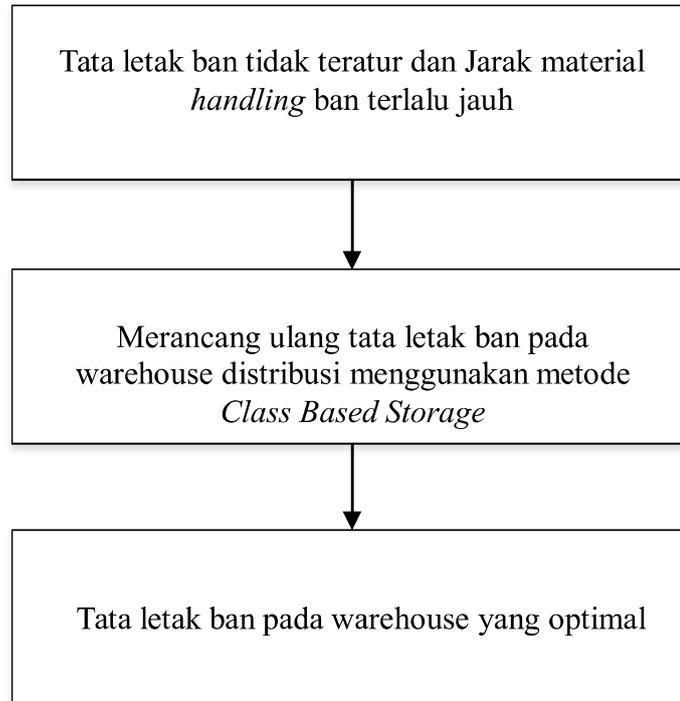
5. Penelitian yang dilakukan oleh (Dianto, 2020) bertujuan untuk meningkatkan penataan warehouse dan meminimalkan jarak pemindahan produk di PT Solo Grafika Utama menggunakan metode *dedicated storage*. Perancangan ulang tata letak warehouse dilakukan untuk meminimalkan jarak pemindahan produk. Hasilnya, tata letak yang diusulkan berhasil meminimalkan jarak pemindahan produk sebesar 23%, meningkatkan efisiensi penanganan material di warehouse..
6. Penelitian yang dilakukan oleh (Azis & Vikaliana, 2023) bertujuan untuk membuat rancangan ulang tata letak warehouse produk jadi dengan *metode class-based storage* yang lebih efektif. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan wawancara, kemudian dilakukan penentuan kelas ABC dan lebar lorong, serta penghitungan frekuensi perpindahan produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa warehouse usulan memiliki total jarak perpindahan 368.678 meter per tahun, lebih rendah dibandingkan warehouse saat ini yang memiliki jarak 421.182 meter, menunjukkan peningkatan efisiensi.
7. Penelitian yang dilakukan oleh (Muhammad, Wicaksana, & Sibarani, 2023) bertujuan untuk membandingkan kinerja dengan metode *dedicated storage* dan *class-based storage* dalam hal jarak tempuh dan waktu penanganan. Perhitungan jarak tempuh dan waktu penanganan dilakukan dengan kedua metode. Hasilnya menunjukkan bahwa metode *dedicated storage* memiliki

kinerja lebih baik dengan jarak tempuh 9,013 km dan waktu penanganan 180,277 menit, dibandingkan *class-based storage* dengan jarak 10,180 km dan waktu 203,601 menit.

8. Penelitian yang dilakukan oleh (Alfarokhi, Qurtubi, & Miranda, 2019) tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana cara menyusun material dengan efisien menggunakan metode *class based storage* dalam pemaksimalan kapasitas *warehouse*. Hasil penelitian menunjukkan penyusunan ulang material di *warehouse* meningkatkan kapasitas sebesar 26,55%, menurunkan jarak perpindahan material sebesar 28,97%, dan mengurangi ongkos material handling. Penataan sparepart elektrik menjadi lebih efisien, dengan hanya 47 dari 56 rak terpakai.

2.3 Kerangka Pemikiran

Dalam konteks penelitian ini, disusun sebuah struktur konseptual dengan tujuan mengidentifikasi kriteria-kriteria yang relevan untuk menyusun material menggunakan metode *class based storage*. Berdasarkan tinjauan literatur yang telah dilakukan, struktur konseptual ini dapat diformulasikan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Kerangka Berfikir