

Facility Layout Design of New Warehouse and Implementation of Multi-Criteria Decision Making for Product Allocation at PT XYZ

Perancangan Tata Letak Fasilitas Gudang Baru dan Penerapan *Multi-Criteria Decision Making* untuk Alokasi Produk di PT XYZ

Viter Pranata¹, Santoso¹

¹ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha

Jl. Prof. drg. Surya Sumantri, M.P.H. No. 65, Bandung, Jawa Barat, 40164

email : viterpranata123@gmail.com

doi: <https://doi.org/10.31315/opsi.v15i1.6684>

Received: 5th February 2022; Revised: 27th March 2022; Accepted: 27th April 2022;

Available online: 18th June 2022; Published regularly: June 2022

ABSTRACT

As the company's business grows, its product distribution network will increase. This will cause distribution costs to be increased. Therefore, the company decided to build a new warehouse to increase the efficiency of distribution costs. This new warehouse will use two storage systems, which are racking system and floor storage, so it needs to design a good layout so that the space provided can be used effectively and efficiently. A dedicated storage policy is used to make workers easier to find products so that the time of product retrieval is faster. Another thing to consider is the proper allocation of products because this can affect the total distance of product movement which can also affect the time of product retrieval. In this study, multi-criteria decision making (MCDM) will be used to determine which product will be the main priority to be placed near the inbound/outbound (I/O). The MCDM method that be used is the weighted product where the use of this method considers several criteria such as demand, weight, and storage capacity. Furthermore, several alternative storage layout designs were made by considering the total displacement distance, land area, and even distribution of aisle usage. After that, the supporting facilities needed for warehousing activities from receiving to shipping the product are arranged using activity relationship chart (ARC).

Keywords: warehouse facility layout, dedicated storage policy, multi-criteria decision making (MCDM), weighted product, activity relationship chart (ARC)

ABSTRAK

Seiring berkembangnya bisnis perusahaan maka jaringan distribusi produk akan semakin bertambah. Hal ini akan menyebabkan biaya distribusi semakin besar. Oleh karena itu, perusahaan memutuskan untuk membangun sebuah gudang baru agar dapat meningkatkan efisiensi biaya distribusi. Gudang baru ini akan menggunakan dua sistem penyimpanan, yaitu *racking system* dan *floor storage* sehingga perlu dilakukan perancangan tata letak yang baik agar ruang yang disediakan dapat digunakan secara efektif dan efisien. Kebijakan penyimpanan *dedicated* digunakan untuk memudahkan pekerja dalam mencari produk sehingga waktu pengambilan produk menjadi lebih cepat. Hal lainnya yang perlu diperhatikan adalah alokasi produk yang tepat karena hal ini dapat mempengaruhi total jarak perpindahan produk yang juga dapat mempengaruhi waktu pengambilan produk. Pada penelitian ini, akan digunakan *multi-criteria decision making* (MCDM) sebagai penentuan produk mana yang akan menjadi prioritas utama untuk diletakkan di dekat *inbound/outbound* (I/O). Metode MCDM yang digunakan adalah *weighted product* dimana penggunaan metode ini mempertimbangkan beberapa kriteria seperti jumlah permintaan, berat, dan kapasitas penyimpanan. Selanjutnya, akan dibuat beberapa alternatif perancangan *layout* penyimpanan dengan memperhatikan total jarak perpindahan, luas lahan, dan pemerataan penggunaan gang. Setelah itu, fasilitas pendukung yang dibutuhkan untuk kegiatan pergudangan dari penerimaan sampai pengiriman produk ditata dengan menggunakan *activity relationship chart* (ARC).

Kata Kunci: tata letak fasilitas gudang, kebijakan penyimpanan *dedicated*, *multi-criteria decision making* (MCDM), *weighted product*, *activity relationship chart* (ARC)

1. PENDAHULUAN

Gudang dapat didefinisikan sebagai suatu ruang yang direncanakan untuk tempat penyimpanan dan penanganan produk jadi. Adanya *trade-off* antara penggunaan ruang dan penanganan produk menjadi salah satu tantangan perusahaan dalam merancang tata letak gudang yang efektif dan efisien.

Beberapa kebijakan penyimpanan yang dapat digunakan, yaitu *dedicated*, *randomized*, *class-based*, dan *shared storage* (Santoso & Heryanto, 2020). Dalam penerapan kebijakan *dedicated storage*, perbandingan *throughput* (T) terhadap kebutuhan lokasi penyimpanan (S) sering digunakan untuk menentukan prioritas produk yang akan didekatkan dengan I/O dan pengukuran jarak dari I/O terhadap lokasi penyimpanan menggunakan metode *rectilinear* (Agustina & Vikaliana, 2021; Kartika & Helvianto, 2018). Kemudian, Irman & Septiani (2020) menambahkan pertimbangan biaya perpindahan dan membuat model *linear programming* yang diolah menggunakan LINGO untuk menentukan prioritas produk.

Pada beberapa penelitian sebelumnya, kebijakan *dedicated storage* ini digunakan untuk merancang gudang menjadi lebih rapi dan teratur karena lokasi penyimpanan yang spesifik/tetap sehingga produk mudah dicari, meningkatkan kapasitas penyimpanan, dan mengurangi jarak perpindahan. Adapun kelemahan dalam penerapan kebijakan penyimpanan ini, yaitu utilitas gudang yang umumnya rendah karena tempat penyimpanan yang kosong tidak dapat digunakan untuk jenis produk lainnya.

Kemudian, kebijakan penyimpanan lainnya yang dapat diterapkan adalah *class-based storage* dimana Johan & Suhada (2018) juga menggunakan perbandingan *throughput* (T) terhadap kebutuhan lokasi penyimpanan (S) untuk menentukan prioritas produk dan metode *rectilinear* untuk menghitung jarak perpindahan. Perbedaannya kebijakan ini dengan kebijakan *dedicated storage* adalah kebijakan *dedicated* memberikan lokasi penyimpanan yang tetap untuk setiap produk, sedangkan kebijakan *class-based* memberikan lokasi penyimpanan yang tetap untuk setiap kelas dimana satu kelas dapat terdiri dari beberapa produk. Adapun pertimbangan lainnya yang dapat digunakan seperti Juliana & Handayani (2016) yang hanya

menggunakan jumlah permintaan untuk menentukan prioritas produk yang akan diletakkan dekat dengan I/O. Pendekatan heuristik diterapkan oleh Sari et al. (2017) untuk mengalokasikan setiap produk pada lokasi penyimpanan.

Sama halnya dengan kebijakan *dedicated storage*, kebijakan *class-based* juga digunakan untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan, mengurangi jarak perpindahan, dan rancangan gudang lebih rapi dan teratur sehingga produk mudah dicari walaupun tidak semudah penerapan *dedicated*. Perbedaan *class-based* dibandingkan *dedicated* adalah lokasi penyimpanan yang kosong dapat diisi produk lainnya tetapi masih harus dalam satu kelas yang sama.

Amri et al. (2021) menggunakan kebijakan lain seperti *shared storage* yang disimulasikan menggunakan ProModel untuk mengurangi total jarak perpindahan dan waktu perpindahan. Kebijakan *shared storage* cocok digunakan untuk produk yang bersifat musiman, karena jika produk musiman sedang tidak diproduksi atau disimpan, maka lokasi penyimpanan tersebut dapat digunakan untuk produk lain.

Adanya *trade-off* antara penggunaan setiap kebijakan, maka Azlia & Carlinawati (2017) menerapkan kebijakan *shared storage* yang dikombinasikan dengan *class-based storage* agar mengurangi jumlah kebutuhan luas gudang dan mampu mengoptimalkan area penempatan persediaan. Adapun kombinasi antara kebijakan *dedicated* dan *shared storage* dengan *tools* tambahan berupa *product driven system*, *smart product*, dan ICT (*information and communication technology*) untuk mengoptimalkan penggunaan ruang, penanganan material, urutan pengambilan, dan memastikan keandalan persediaan dan *first in first out* (FIFO).

Selanjutnya, dengan bertambahnya faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam suatu perancangan, MCDM menjadi salah satu metode untuk pengambilan suatu keputusan dengan beberapa kriteria pertimbangan. Penggunaan MCDM sering digunakan untuk penentuan prioritas produk atau kelas yang akan diletakkan dekat dengan I/O.

Menurut Kahraman (2008), MCDM merupakan salah satu topik pengambilan keputusan yang sangat terkenal. Terdapat dua

pendekatan dasar untuk MCDM, yaitu *multiple attribute decision making* (MADM) dan *multiple objective decision making* (MODM). MADM merupakan cabang pengambilan keputusan yang sangat terkenal. Pendekatan MADM mensyaratkan pemilihan harus dilakukan antara alternatif-alternatif keputusan yang digambarkan melalui atribut masing-masing. Memecahkan masalah MADM melibatkan penyortiran dan pemeringkatan. Dalam pendekatan MODM, bertentangan dengan pendekatan MADM, alternatif keputusan tidak diberikan. Sebaliknya, MODM menyediakan kerangka matematis untuk merancang satu set alternatif keputusan. Memecahkan masalah MODM memerlukan seleksi.

Untuk menentukan prioritas produk dan alokasi pada lokasi penyimpanan, Fontana & Cavalcante (2013) menggunakan metode ELECTRE TRI (salah satu metode MADM) dimana metode ini dapat mempertimbangkan kriteria objektif (misalnya ukuran barang) dan kriteria subjektif (misalnya sensitivitas tingkat layanan pelanggan). Adapun metode lainnya yang diterapkan oleh Fontana & Cavalcante (2014), yaitu PROMETHEE dimana pengambilan keputusan dapat bersifat fleksibel karena dapat mempertimbangkan kriteria mana yang dapat dikesampingkan sehingga pengambilan keputusan dapat diperoleh dari kriteria lain. Di samping itu, banyak penelitian lainnya menggunakan metode yang berbeda seperti Da Silva et al. (2015) menggunakan lexicographic, Fontana & Nepomuceno (2016) menggunakan ELECTRE TRI dan ELECTRE III, Micale et al. (2019) menggunakan ELECTRE TRI dan TOPSIS, Nitkratoke & Aengchuan (2019) menggunakan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (FAHP), Fontana et al. (2020) menggunakan ELECTRE III, dan Yerlikaya (2020) menggunakan Fuzzy PROMETHEE.

Masalah yang dihadapi perusahaan saat ini adalah adanya kebutuhan dalam merancang gudang baru dengan mempertimbangkan total jarak perpindahan produk yang dapat mempengaruhi waktu pengambilan produk. Sistem penyimpanan yang akan digunakan adalah *floor storage* dan *racking system* (*pallet flow rack*). Adanya perbedaan sistem penyimpanan yang digunakan, maka perlu diperhatikan alokasi sistem penyimpanan ini

terhadap lokasi penyimpanan yang ada. Setelah itu dapat dilakukan alokasi produk terhadap sistem penyimpanan masing-masing yang telah ditentukan lokasinya. Hal ini perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi total jarak atau total waktu perpindahan produk dari area penerimaan ke lokasi penyimpanan dan dari lokasi penyimpanan ke area pengiriman. Setelah itu, fasilitas-fasilitas pendukung di dalam gudang perlu diperhatikan agar kegiatan pergudangan dapat berjalan dengan baik. Hubungan antar fasilitas perlu diperhatikan karena fasilitas yang memiliki derajat kedekatan yang tinggi dengan fasilitas lain harus diletakkan berdekatan sesuai dengan alasan pemberian derajat kedekatan tersebut (Kolo et al., 2021; Susanto & Rusindayanto, 2019).

Untuk menyelesaikan permasalahan di atas, penelitian ini akan menggunakan kebijakan *dedicated storage* agar memudahkan pekerja dalam pencarian produk, sehingga waktu pengambilan produk lebih cepat karena sudah mengetahui lokasi penyimpanan setiap produk. Kemudian, dalam penentuan prioritas produk akan menggunakan salah satu metode MCDM, yaitu *weighted product*. Metode ini digunakan karena metode ini merupakan metode yang populer untuk digunakan dalam MCDM dan dapat digunakan untuk pemilihan alternatif apa saja yang memiliki beberapa atribut sebagai pertimbangan dalam mengambil keputusan. *Weighted product* telah diterapkan pada penelitian di luar topik pergudangan, seperti Oktafianto et al. (2018) dalam penentuan lokasi rumah, Irfan et al. (2020) dalam penentuan karyawan yang layak diterima, dan Wardhani et al. (2018) dalam pemilihan kuliner terfavorit.

2. METODE

Pada perancangan gudang baru ini akan menggunakan dua sistem penyimpanan, yaitu *floor storage* dan *racking system*. *Floor storage* adalah produk yang diletakkan di atas palet akan disimpan di atas lantai. Penyusunan palet pada *floor storage* tidak ditumpuk dengan palet lainnya. *Racking system* adalah sistem penyimpanan pada rak, sehingga produk yang diletakkan di atas palet akan disusun pada ketinggian tertentu. Jenis *racking system* yang akan digunakan adalah *pallet flow rack*.

Adanya dua sistem penyimpanan yang berbeda mengakibatkan ukuran lokasi penyimpanan antara keduanya berbeda. Oleh

karena itu, perlu ditentukan sistem penyimpanan mana yang akan diletakkan di dekat I/O. Setelah itu, dapat dilakukan alokasi produk terhadap sistem penyimpanan masing-masing. MCDM akan digunakan sebagai penentuan prioritas sistem penyimpanan mana yang akan diletakkan di dekat I/O dan produk mana yang akan menjadi prioritas untuk dialokasikan. Metode MCDM yang digunakan adalah *weighted product*. Pengerjaan metode ini memerlukan alternatif-alternatif keputusan, atribut/kriteria untuk setiap alternatif, dan bobot untuk setiap atribut. Untuk atribut/kriteria yang nilainya semakin besar semakin baik akan diberikan status “*benefit*” dan atribut/kriteria yang nilainya semakin kecil semakin bagus akan diberikan status “*cost*”. Setelah itu, dapat dihitung nilai vektor untuk setiap alternatif dan alternatif yang memiliki nilai vektor tertinggi merupakan alternatif yang menjadi prioritas utama.

Pada penelitian ini, alternatif keputusan berupa sistem penyimpanan *floor* dan *racking*. Kemudian, kriteria yang dipertimbangkan adalah permintaan (palet per satuan waktu), berat (kg per palet), dan kapasitas penyimpanan (palet per m²). Setelah itu, dilakukan pemberian bobot untuk setiap kriteria yang ditentukan oleh perusahaan karena pihak perusahaan merupakan *user* dari perancangan ini. Pada penelitian ini, pihak perusahaan yang terlibat dalam penentuan kriteria/atribut dan nilai bobot merupakan *Inventory Control Asssitant Manager*.

Setelah itu akan dilakukan perhitungan jarak perpindahan menggunakan metode *rectilinear* dan *aisle distance* untuk setiap alternatif *layout* yang dibuat. Perhitungan jarak perpindahan terhadap lokasi penyimpanan dilakukan agar produk yang menjadi prioritas pertama dapat diletakkan pada lokasi yang mempunyai jarak perpindahan terkecil.

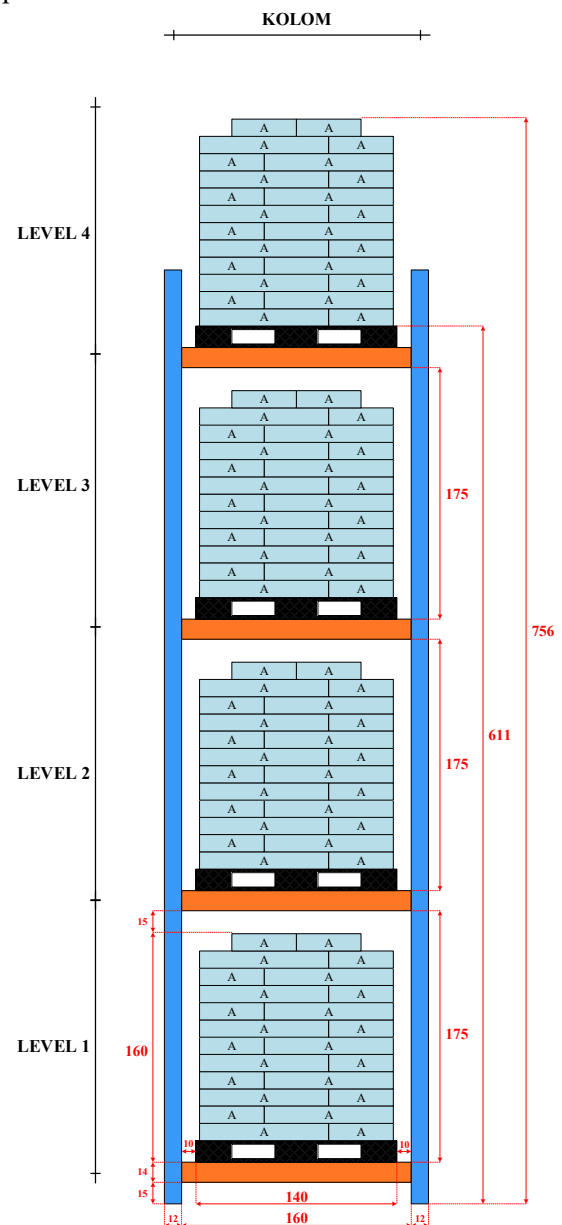
Kemudian, akan dilakukan pemilihan *layout* terbaik menggunakan *scoring concept* dengan mempertimbangkan beberapa kriteria. Setelah itu akan ditentukan fasilitas apa saja yang akan digunakan untuk mendukung aktivitas penyimpanan dan pengiriman produk di dalam gudang. Fasilitas yang telah ditentukan akan diberikan nilai derajat kedekatan untuk menentukan hubungan antar fasilitas agar fasilitas yang mempunyai hubungan yang erat dengan fasilitas lainnya dapat diletakkan bersampingan. Penentuan derajat kedekatan ini akan menggunakan ARC, yang kemudian

digambarkan menggunakan *activity relationship diagram* (ARD) agar setiap fasilitas dapat disusun berdekatan sesuai dengan derajat kedekatan masing-masing. Setelah itu dapat digambarkan desain *layout* gudang yang sudah mencakup area penyimpanan dan fasilitas pendukungnya.

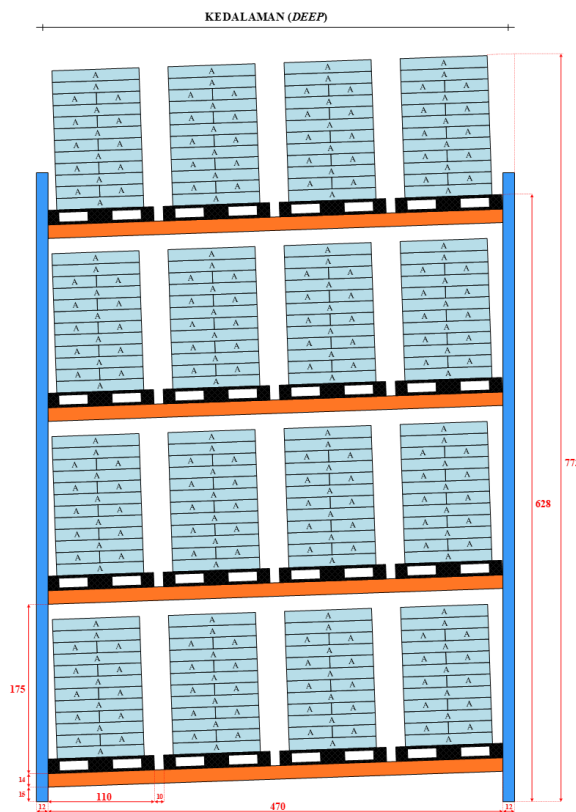
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sistem Penyimpanan Racking

Jenis sistem penyimpanan racking yang digunakan adalah *pallet flow rack*, dimana satu rak memiliki empat level dan empat palet per level, sehingga perancangan rak dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Pallet Flow Rack Tampak Depan

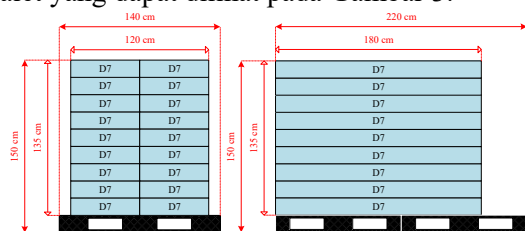


Gambar 2. Pallet Flow Rack Tampak Samping

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan luas per rak} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\ &= 184 \text{ cm} \times 494 \text{ cm} \\ &= 90896 \text{ cm}^2 \approx 9,090 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3.2 Sistem Penyimpanan Floor

Pada sistem penyimpanan *floor*, satu lokasi penyimpanan membutuhkan dua palet karena ukuran produk yang terlalu besar daripada ukuran satu palet sehingga agar produk tidak rusak ketika penyimpanan maka digunakan dua palet yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Penyusunan Produk pada Palet (Tampak Depan dan Samping)

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan luas per lokasi penyimpanan (floor)} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\ &= 140 \text{ cm} \times 220 \text{ cm} \\ &= 30800 \text{ cm}^2 \approx 3,080 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3.3 Penentuan Prioritas Sistem Penyimpanan dan Produk

Pada perancangan gudang baru akan menggunakan dua sistem penyimpanan, yaitu *floor storage* dan *racking system*, sehingga perlu ditentukan terlebih dahulu dimana sistem penyimpanan ini akan diletakkan. Kemudian dapat dilakukan alokasi produk pada sistem penyimpanan masing-masing. Penentuan prioritas alokasi sistem penyimpanan dan produk akan menggunakan *weighted product*.

Berikut ini merupakan langkah-langkah pengerjaan *weighted product*, yaitu:

1) Menentukan Kriteria

Kriteria-kriteria yang akan digunakan adalah permintaan (K1), berat (K2), dan kapasitas penyimpanan (K3), dimana setiap kriteria memiliki status *benefit* yang artinya semakin tinggi nilai kriteria tersebut maka akan semakin bagus (lebih prioritas).

2) Menentukan Bobot

Selanjutnya, akan ditentukan bobot untuk setiap kriteria yang ada sesuai pertimbangan dari perusahaan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bobot Kriteria *Weighted Product*

Kriteria	Bobot
K1	8
K2	5
K3	7

Keterangan: bobot yang diberikan dari skala penilaian 1-10, dimana 1 = sangat tidak penting dan 10 = sangat penting.

3) Normalisasi Bobot

Jika total bobot ($\sum W_j$) $\neq 1$, maka perlu dilakukan normalisasi bobot yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Bobot Kriteria (Normalisasi)

Kriteria	Bobot (Normalisasi)
K1	0,40
K2	0,25
K3	0,35

$$W_1 = \frac{8}{(8 + 5 + 7)} = 0,40$$

4) Menentukan Nilai Kriteria Setiap Produk



Setelah itu, akan ditentukan nilai kriteria untuk setiap produk yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Kriteria Setiap Produk

No	Produk	K1	K2	K3
1	A	78	700	1,760
2	B	40	900	1,760
3	C	19	816	1,760
4	D1	4	151,6	1,760
5	D2	3	154	1,760
6	D3	7	151,6	1,760
7	D4	1	210	1,760
8	D5	9	240	1,760
9	D6	6	54	0,325
10	D7	4	64,8	0,325

5) Menghitung Nilai Vektor S

Untuk menghitung nilai Vektor S akan menggunakan rumus sebagai berikut dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4:

$$S_i = \prod_{j=1}^n X_{ij}^{W_j}; \text{ dimana } i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

Keterangan:

- i = alternatif
- j = kriteria
- n = jumlah kriteria
- m = jumlah alternatif
- S_i = nilai vektor S
- X_{ij} = nilai alternatif i terhadap kriteria j
- W_j = nilai bobot kriteria j, dimana jika kriteria j berstatus *benefit* maka nilai bobotnya (+), jika berstatus *cost* maka nilai bobotnya (-)

Tabel 4. Nilai Vektor S

Vektor S	Nilai Vektor S
S_1	35,815
S_2	29,197
S_3	21,153
S_4	7,446
S_5	6,663
S_6	9,315
S_7	4,640
S_8	11,553
S_9	3,744
S_{10}	3,332

$$S_1 = 78^{0,4} \times 700^{0,25} \times 1,760^{0,35}$$

$$S_1 = 35,815$$

6) Menghitung Nilai Vektor V

Untuk menghitung nilai Vektor V akan menggunakan rumus sebagai berikut dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5:

$$V_i = \frac{\prod_{j=1}^n X_{ij}^{W_j}}{\prod_{j=1}^n (X_j^*)^{W_j}} \quad (2)$$

Keterangan:

$$V_i = \text{nilai vektor V}$$

$$\prod_{j=1}^n (X_j^*)^{W_j} = \text{total nilai vektor S}$$

Tabel 5. Nilai Vektor V

Sistem Penyimpanan	Vektor V (Produk)	Nilai Vektor V (Produk)	Ranking Produk per Sistem Penyimpanan	Vektor V (Sistem Penyimpanan)	Nilai Vektor V (Sistem Penyimpanan)	Ranking Sistem Penyimpanan
Racking	V_1	0,270	1	V_R	0,947	1
	V_2	0,220	2			
	V_3	0,159	3			
	V_4	0,056	6			
	V_5	0,050	7			
	V_6	0,070	5			
	V_7	0,035	8			
	V_8	0,087	4			
Floor	V_9	0,028	1	V_F	0,053	2
	V_{10}	0,025	2			

$$V_1 = \frac{22,047}{(22,047 + 17,973 + \dots + 3,332)}$$

$$V_1 = 0,261$$

$$V_R = \sum_{i=1}^8 V_i$$

$$V_R = (0,261 + 0,213 + \dots + 0,084)$$

$$V_R = 0,916$$

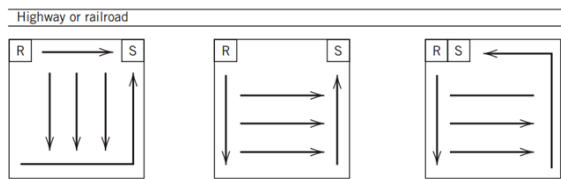
Berdasarkan nilai vektor V per produk, akan dilakukan perhitungan nilai vektor V per sistem penyimpanan, kemudian sistem penyimpanan *racking* yang menjadi prioritas utama untuk diletakkan di dekat *outbound* atau *inbound*. Selanjutnya, akan dilakukan *ranking* terhadap setiap produk pada sistem penyimpanan masing-masing.

3.4 Penentuan Aliran Produk dari Receiving sampai Shipping

Sebelum menentukan ukuran *layout* penyimpanan, maka perlu ditentukan terlebih dahulu area *receiving* dan *shipping*. Area *receiving* dan *shipping* tidak akan digabung (*centralized*) karena pada kondisi gudang saat ini terdapat kegiatan *loading* dan *unloading* pada waktu yang bersamaan, sehingga area *receiving* dan *shipping* lebih baik dipisah. Aliran yang akan digunakan adalah gambar pertama (kiri)

dan kedua (tengah) pada Gambar 4 dimana area penerimaan dan pengiriman produk terletak pada satu sisi yang sama dengan area *receiving* dan *shipping* terpisah satu sama lain.

Jenis aliran ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan lahan karena area *loading/unloading* produk pada truk cukup pada satu sisi. Kemudian, jenis *racking* yang digunakan adalah *pallet flow rack* dimana produk yang diletakkan di sebelah kiri rak akan diambil dari sebelah kanan maupun sebaliknya sehingga cocok jika area *receiving* dan *shipping* terpisah.



(Sumber: Tompkins et al., 2010)

Gambar 4. Penerimaan dan Pengiriman Produk pada Salah Satu Sisi Bangunan

Pada umumnya penentuan titik I/O untuk perhitungan jarak perpindahan menggunakan letak *dock/pintu*, tetapi pada penelitian ini akan digunakan *receiving* dan *shipping* area karena sebelum produk diletakkan ke lokasi penyimpanan, produk tersebut berada di area *receiving area*, begitu juga setelah produk diambil dari lokasi penyimpanan, produk tersebut akan diletakkan pada *shipping area*.

Kemudian, *receiving* dan *shipping area* tidak diletakkan menempel dengan dinding karena ketika melakukan inspeksi akan ada bagian yang tidak dapat diperiksa sehingga *receiving* dan *shipping area* akan diletakkan sedikit lebih ke kanan dan ke kiri.

3.5 Penentuan Ukuran *Layout* Penyimpanan Awal

Pembuatan *layout* penyimpanan awal akan menggunakan *storage bays* dengan ukuran 1,4 × 1,1 m (ukuran palet) agar alokasi sistem penyimpanan lebih mudah. Sistem penyimpan *racking* memerlukan 4 × 1 *storage bays* untuk setiap satu rak, sedangkan alokasi sistem penyimpanan *floor* memerlukan 2 × 1 *storage bays* untuk setiap satu lokasi penyimpanan. Sehingga total luas yang dibutuhkan dalam pembuatan *layout* penyimpanan awal dapat dilihat pada Tabel 6. Dalam perhitungan luas ini akan digunakan *allowance* 25% agar alokasi sistem penyimpanan dapat tercukupi.

Tabel 6. Luas *Layout* Penyimpanan Awal

Jenis Sistem Penyimpanan	Produk	Jumlah Lokasi Penyimpanan	Satuan	Luas Lahan (m ²)
<i>Racking</i>	A	41	Rak	252,56
	B			
	C			
	D1			
	D2			
	D3			
<i>Floor</i>	D4	36	Lokasi Penyimpanan	110,88
	D5			
	D6			
	D7			
Total Luas				363,44
<i>Allowance</i> (25%)				90,86
Total Luas Keseluruhan (m ²)				454,3

$$\text{Luas (racking)} = 41 \times 4 \times (1,4 \text{ m} \times 1,1 \text{ m}) = 252,56 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas (floor)} = 36 \times 2 \times (1,4 \text{ m} \times 1,1 \text{ m}) = 110,88 \text{ m}^2$$

Untuk menentukan ukuran (p × l) *layout* penyimpanan awal akan menggunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned} \text{Sisi} &= \sqrt{\text{luas}} \\ &= 21,314 \text{ m} \end{aligned} \tag{3}$$

Selanjutnya, ukuran sisi akan dikonversi menjadi satuan *storage bays* dan ukuran *layout* penyimpanan awal dapat dilihat pada Gambar 5.

$$\begin{aligned} \text{Storage bays (p)} &= 21,314 : 1,1 \\ &= 19,377 \approx 20 \text{ storage bays} \\ &\text{(pembulatan ke atas)} \end{aligned}$$

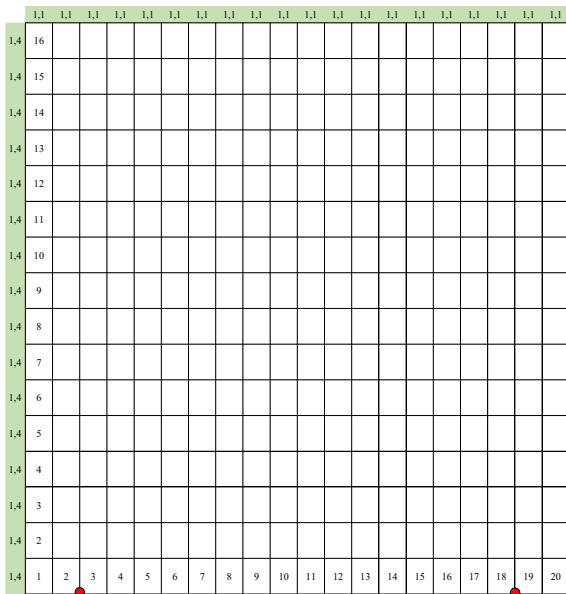
$$\begin{aligned} \text{Storage bays (l)} &= 21,314 : 1,4 \\ &= 15,225 \approx 16 \text{ storage bays} \\ &\text{(pembulatan ke atas)} \end{aligned}$$

3.6 Perhitungan Jarak Perpindahan *Layout* Awal

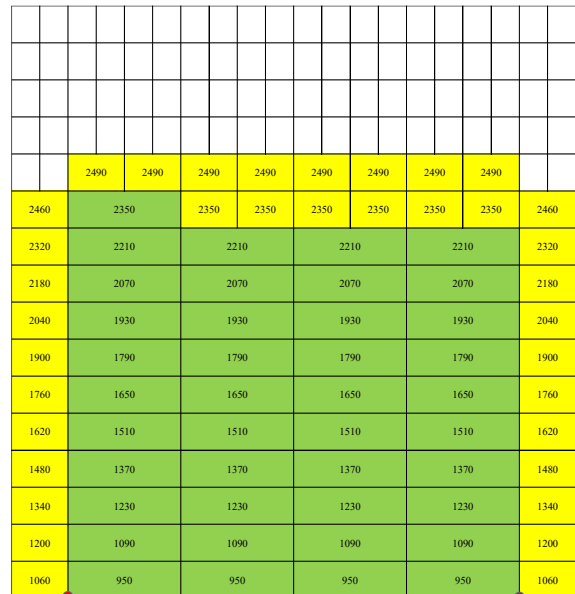
Jarak perpindahan pada setiap lokasi penyimpanan dihitung menggunakan metode *rectilinear* dimana hasil total jarak perpindahan dapat dilihat pada Tabel 7. *Layout* penyimpanan awal digunakan untuk alokasi sistem penyimpanan. Pada penelitian ini, akan dibuat dua alternatif alokasi sistem penyimpanan dengan beberapa pertimbangan tertentu. Alternatif pertama dibuat berdasarkan sistem penyimpanan prioritas pertama dialokasikan pada lokasi penyimpanan yang mempunyai jarak perpindahan terkecil. Alternatif kedua dibuat dengan mempertimbangkan kemungkinan pengurangan gang pada alternatif pertama yang bertujuan untuk mengurangi total jarak perpindahan. Alternatif pertama dan kedua ini dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.

Tabel 7. Perhitungan Jarak Perpindahan Terhadap Alokasi Sistem Penyimpanan

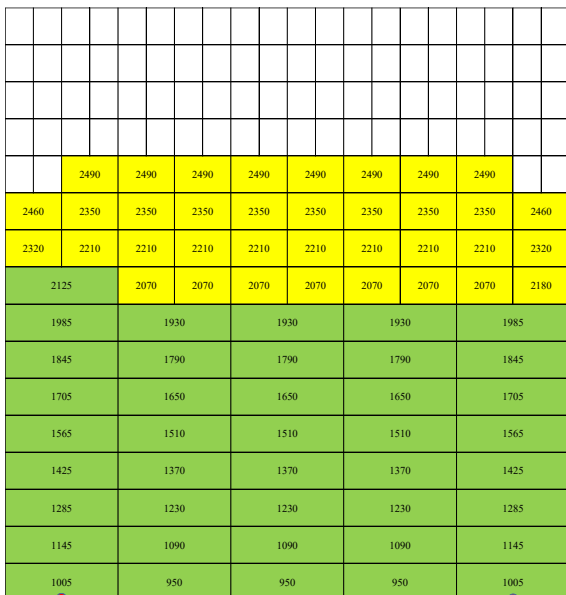
Jenis Sistem Penyimpanan	Produk	Jumlah Lokasi Penyimpanan	Alternatif 1			Alternatif 2			Warna Sistem Penyimpanan
			Total Jarak (cm)	Rata-rata	Ranking	Total Jarak (cm)	Rata-rata	Ranking	
Racking	A	41	60605	1478,171	1	65550	1598,780	1	Green
	B								
	C								
	D1								
	D2								
	D3								
Floor	D4	36	82630	2295,278	2	72740	2020,556	2	Yellow
	D5								
	D6								
	D7								



Gambar 5. Ukuran Layout Penyimpanan Awal



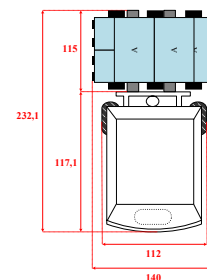
Gambar 7. Alokasi Sistem Penyimpanan Alternatif 2



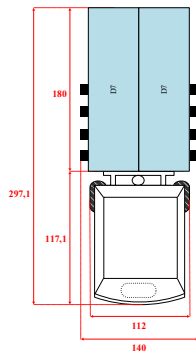
Gambar 6. Alokasi Sistem Penyimpanan Alternatif 1

3.7 Penentuan Ukuran Gang

Ukuran gang pada gudang dapat berbeda-beda pada setiap gang tergantung pada ukuran *Material Handling Equipment* (MHE) dan produk yang melewati gang tersebut. Pada penelitian ini, terdapat dua ukuran produk yang diangkat yang dibagi dalam kategori produk pada sistem penyimpanan *racking* dan *floor*. MHE yang digunakan pada adalah *reach truck* sehingga ukuran MHE dan alat simpan yang terisi produk dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Ukuran MHE + Produk (Racking)



Gambar 9. Ukuran MHE + Produk (Floor)

Menurut Amri et al. (2021), ukuran lebar gang dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini:

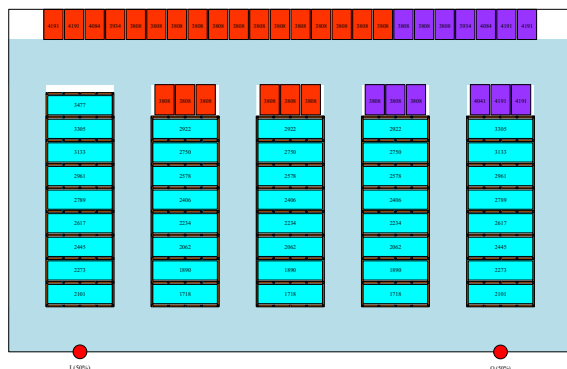
$$\text{Lebar gang} = \sqrt{(\text{panjang})^2 + (\text{lebar})^2} \quad (4)$$

Lebar gang (racking) = 272 cm

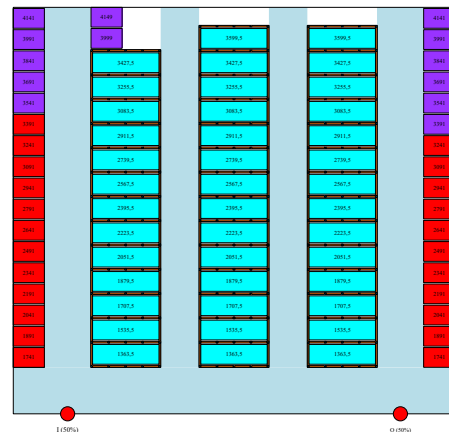
Lebar gang (floor) = 329 cm

3.8 Perhitungan Jarak Perpindahan Layout Aktual

Layout penyimpanan aktual sudah mempertimbangkan ukuran rak yang digunakan, allowance antar palet, dan adanya gang dalam proses perpindahan produk, sehingga layout ini dapat digunakan sebagai jarak perpindahan aktual setiap produk dan hasilnya dapat digunakan sebagai penentuan alternatif terbaik. Jarak perpindahan pada setiap lokasi penyimpanan dihitung menggunakan metode aisle distance. Layout penyimpanan aktual digunakan untuk alokasi produk pada sistem penyimpanan masing-masing. Terdapat dua alternatif alokasi produk pada layout yang berbeda yang dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Layout Penyimpanan Aktual Alternatif 1



Gambar 11. Layout Penyimpanan Aktual Alternatif 2

Setelah melakukan alokasi produk pada level penyimpanan pertama, maka akan dilanjutkan alokasi produk pada sistem penyimpanan racking level 2, 3, dan 4 yang dapat dilihat pada Gambar 12 (alokasi produk alternatif 2).

Taman Depan Rak				Taman Samping Rak				
Level								
4	18A4	7A4	4A4	1A4	1A4	1B4	1C4	1D4
3	18A3	7A3	4A3	1A3	1A3	1B3	1C3	1D3
2	18A2	7A2	4A2	1A2	1A2	1B2	1C2	1D2
1	18A1	7A1	4A1	1A1	1A1	1B1	1C1	1D1

37A4	37B4	37C4	37D4	38A4	38B4	38C4	38D4	39A4	39B4	39C4	39D4
37A3	37B3	37C3	37D3	38A3	38B3	38C3	38D3	39A3	39B3	39C3	39D3
37A2	37B2	37C2	37D2	38A2	38B2	38C2	38D2	39A2	39B2	39C2	39D2
37A1	37B1	37C1	37D1	38A1	38B1	38C1	38D1	39A1	39B1	39C1	39D1
34A4	34B4	34C4	34D4	35A4	35B4	35C4	35D4	36A4	36B4	36C4	36D4
34A3	34B3	34C3	34D3	35A3	35B3	35C3	35D3	36A3	36B3	36C3	36D3
34A2	34B2	34C2	34D2	35A2	35B2	35C2	35D2	36A2	36B2	36C2	36D2
34A1	34B1	34C1	34D1	35A1	35B1	35C1	35D1	36A1	36B1	36C1	36D1
31A4	31B4	31C4	31D4	32A4	32B4	32C4	32D4	33A4	33B4	33C4	33D4
31A3	31B3	31C3	31D3	32A3	32B3	32C3	32D3	33A3	33B3	33C3	33D3
31A2	31B2	31C2	31D2	32A2	32B2	32C2	32D2	33A2	33B2	33C2	33D2
31A1	31B1	31C1	31D1	32A1	32B1	32C1	32D1	33A1	33B1	33C1	33D1
28A4	28B4	28C4	28D4	29A4	29B4	29C4	29D4	30A4	30B4	30C4	30D4
28A3	28B3	28C3	28D3	29A3	29B3	29C3	29D3	30A3	30B3	30C3	30D3
28A2	28B2	28C2	28D2	29A2	29B2	29C2	29D2	30A2	30B2	30C2	30D2
28A1	28B1	28C1	28D1	29A1	29B1	29C1	29D1	30A1	30B1	30C1	30D1
25A4	25B4	25C4	25D4	26A4	26B4	26C4	26D4	27A4	27B4	27C4	27D4
25A3	25B3	25C3	25D3	26A3	26B3	26C3	26D3	27A3	27B3	27C3	27D3
25A2	25B2	25C2	25D2	26A2	26B2	26C2	26D2	27A2	27B2	27C2	27D2
25A1	25B1	25C1	25D1	26A1	26B1	26C1	26D1	27A1	27B1	27C1	27D1
22A4	22B4	22C4	22D4	23A4	23B4	23C4	23D4	24A4	24B4	24C4	24D4
22A3	22B3	22C3	22D3	23A3	23B3	23C3	23D3	24A3	24B3	24C3	24D3
22A2	22B2	22C2	22D2	23A2	23B2	23C2	23D2	24A2	24B2	24C2	24D2
22A1	22B1	22C1	22D1	23A1	23B1	23C1	23D1	24A1	24B1	24C1	24D1
19A4	19B4	19C4	19D4	20A4	20B4	20C4	20D4	21A4	21B4	21C4	21D4
19A3	19B3	19C3	19D3	20A3	20B3	20C3	20D3	21A3	21B3	21C3	21D3
19A2	19B2	19C2	19D2	20A2	20B2	20C2	20D2	21A2	21B2	21C2	21D2
19A1	19B1	19C1	19D1	20A1	20B1	20C1	20D1	21A1	21B1	21C1	21D1
16A4	16B4	16C4	16D4	17A4	17B4	17C4	17D4	18A4	18B4	18C4	18D4
16A3	16B3	16C3	16D3	17A3	17B3	17C3	17D3	18A3	18B3	18C3	18D3
16A2	16B2	16C2	16D2	17A2	17B2	17C2	17D2	18A2	18B2	18C2	18D2
16A1	16B1	16C1	16D1	17A1	17B1	17C1	17D1	18A1	18B1	18C1	18D1
13A4	13B4	13C4	13D4	14A4	14B4	14C4	14D4	15A4	15B4	15C4	15D4
13A3	13B3	13C3	13D3	14A3	14B3	14C3	14D3	15A3	15B3	15C3	15D3
13A2	13B2	13C2	13D2	14A2	14B2	14C2	14D2	15A2	15B2	15C2	15D2
13A1	13B1	13C1	13D1	14A1	14B1	14C1	14D1	15A1	15B1	15C1	15D1
10A4	10B4	10C4	10D4	11A4	11B4	11C4	11D4	12A4	12B4	12C4	12D4
10A3	10B3	10C3	10D3	11A3	11B3	11C3	11D3	12A3	12B3	12C3	12D3
10A2	10B2	10C2	10D2	11A2	11B2	11C2	11D2	12A2	12B2	12C2	12D2
10A1	10B1	10C1	10D1	11A1	11B1	11C1	11D1	12A1	12B1	12C1	12D1
7A4	7B4	7C4	7D4	8A4	8B4	8C4	8D4	9A4	9B4	9C4	9D4
7A3	7B3	7C3	7D3	8A3	8B3	8C3	8D3	9A3	9B3	9C3	9D3
7A2	7B2	7C2	7D2	8A2	8B2	8C2	8D2	9A2	9B2	9C2	9D2
7A1	7B1	7C1	7D1	8A1	8B1	8C1	8D1	9A1	9B1	9C1	9D1
4A4	4B4	4C4	4D4	5A4	5B4	5C4	5D4	6A4	6B4	6C4	6D4
4A3	4B3	4C3	4D3	5A3	5B3	5C3	5D3	6A3	6B3	6C3	6D3
4A2	4B2	4C2	4D2	5A2	5B2	5C2	5D2	6A2	6B2	6C2	6D2
4A1	4B1	4C1	4D1	5A1	5B1	5C1	5D1	6A1	6B1	6C1	6D1
1A4	1B4	1C4	1D4	2A4	2B4	2C4	2D4	3A4	3B4	3C4	3D4
1A3	1B3	1C3	1D3	2A3	2B3	2C3	2D3	3A3	3B3	3C3	3D3
1A2	1B2	1C2	1D2	2A2	2B2	2C2	2D2	3A2	3B2	3C2	3D2
1A1	1B1	1C1	1D1	2A1	2B1	2C1	2D1	3A1	3B1	3C1	3D1

Gambar 12. Alokasi Produk pada Sistem Penyimpanan Racking



3.9 Penentuan *Layout* Penyimpanan Aktual Terbaik

Penentuan *layout* terbaik akan menggunakan *scoring concept*, dimana kriteria yang dipertimbangkan dan setiap bobotnya dapat dilihat pada Tabel 8. Kemudian nilai kriteria untuk setiap alternatif dapat dilihat pada Tabel 9 dan hasil pengolahan *scoring concept* dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 8. Kriteria dan Bobot *Scoring Concept*

No	Kriteria	Bobot
1	Total Jarak Perpindahan	0,5
2	Luas Lahan	0,35
3	Kemerataan Penggunaan Gang	0,15

Tabel 9. Nilai Kriteria Setiap Alternatif

Alternatif	Total Jarak	Luas Lahan	Kemerataan
	Perpindahan (cm)	(m ²)	Penggunaan Gang
1	541229,5	1029,216	0,438
2	500009,5	898,775	0,314

Tabel 10. Hasil Pengolahan *Scoring Concept*

No	Kriteria	Bobot	Nilai Normalisasi		Nilai Normalisasi Terbobot	
			Alt. 1	Alt. 2	Alt. 1	Alt. 2
1	Total Jarak Perpindahan	0,5	0,255	0,236	0,127	0,118
2	Luas Lahan	0,35	0,263	0,230	0,092	0,080
3	Kemerataan Penggunaan Gang	0,15	0,287	0,205	0,043	0,031
Total Nilai Terbobot					0,263	0,229

Berdasarkan hasil *scoring concept*, didapatkan bahwa *layout* penyimpanan aktual yang terbaik untuk diterapkan adalah alternatif 2 dengan total jarak perpindahan sebesar 500009,5 cm.

3.10 Penentuan Fasilitas Pendukung

Penentuan fasilitas gudang harus mempertimbangkan fungsi dari fasilitas tersebut agar sistem pergudangan dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Fasilitas-fasilitas yang akan dipertimbangkan dalam perancangan gudang ini dapat dilihat pada Tabel 11. Selanjutnya lakukan pemberian derajat kedekatan antar fasilitas dengan aturan *rule-of-thumb* yang dapat dilihat pada Tabel 12. Setelah itu lakukan pemberian derajat kedekatan antar fasilitas dengan memberikan alasan pemberian derajat tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 13.

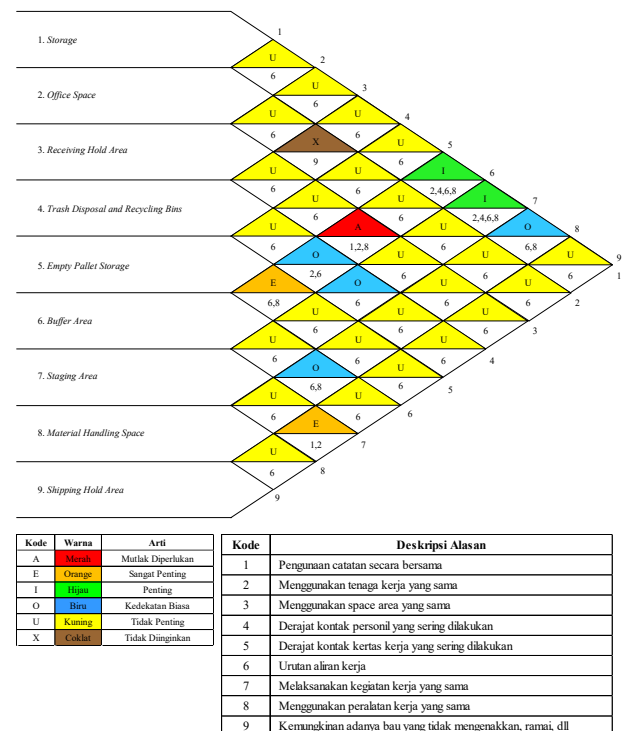
Tabel 11. Fasilitas yang Dibutuhkan

No	Fasilitas	Luas (m ²)
1	Office Space	83,295
2	Receiving hold area	6,16
3	Trash disposal and recycling bins	0,45
4	Empty pallet storage	18,48
5	Buffer area	18,48
6	Staging Area	18,48
7	Material handling space	5,76
8	Shipping hold area	9,24

Tabel 12. *Rule-of-Thumb* Derajat Kedekatan

Kode	Persentase (%)	Jumlah Hubungan	
		Desimal	Round
A	5	1,8	2
E	10	3,6	4
I	15	5,4	5
O	25	9	9

Berdasarkan jumlah fasilitas yang ditentukan, akan terdapat 36 hubungan kedekatan. Oleh karena itu, dengan menggunakan *rule-of-thumb* maka pemberian derajat kedekatan “A” tidak boleh lebih dari 2 hubungan, begitu juga untuk derajat kedekatan lainnya.



Gambar 13. *Activity Relationship Chart*

Setelah diberikan derajat kedekatan untuk setiap fasilitas, selanjutnya akan dilakukan

penyusunan untuk setiap fasilitas. Penyusunan ini akan menggunakan ARD agar fasilitas yang mempunyai hubungan yang tinggi dapat diletakkan berdekatan, jika tidak maka akan diberikan tanda penalti. Semakin kecil penalti dalam penyusunan ARD maka penyusunan antar fasilitas semakin baik. Hasil penyusunan antar fasilitas dapat dilihat pada Gambar 14 dimana penalti yang dihasilkan tidak ada atau nol.

<p>6</p> <p>5</p> <p><i>Empty Pallet Storage</i></p>	<p>1</p> <p><i>Storage</i></p>	<p>4</p> <p><i>Trash Disposal and Recycling Bins</i></p> <p>2</p>
<p>3</p> <p>6</p> <p><i>Buffer Area</i></p>	<p>8</p> <p><i>Material Handling Space</i></p>	<p>7</p> <p><i>Staging Area</i></p>
<p>6</p> <p>3</p> <p><i>Receiving Hold Area</i></p>	<p>2</p> <p><i>Office Space</i></p> <p>4</p>	<p>9</p> <p><i>Shipping Hold Area</i></p>

Gambar 14. Activity Relationship Diagram

3.11 Visualisasi Tata Letak Gudang

Setelah dilakukan penyusunan antar fasilitas, kemudian akan dilakukan visualisasi *layout* berdasarkan fasilitas-fasilitas yang telah ditentukan. Visualisasi ini menggunakan aplikasi SketchUp yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Visualisasi Tatak Letak Gudang

4. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan, dengan menerapkan metode *weighted product*, produk yang memiliki nilai kriteria tertinggi dengan bobot tertinggi dapat meningkatkan kemungkinan

produk tersebut menjadi prioritas pertama. Hal ini dapat dilihat pada hasil perhitungan vektor S pada produk A dan B, dimana kriteria 1 produk A lebih besar daripada produk B, meskipun nilai kriteria 2 produk B lebih besar daripada produk A. Sehingga, pemberian bobot dalam MCDM sangat perlu diperhatikan dalam pengambilan keputusan.

Dalam pemilihan desain *layout* penyimpanan dapat memperhatikan kriteria seperti total jarak perpindahan, luas lahan, dan pemerataan penggunaan gang. Kemudian, berdasarkan *scoring concept* bahwa desain *layout* penyimpanan yang terpilih membutuhkan total jarak perpindahan terpendek dan luas lahan yang terkecil. Hasil yang didapatkan sudah sesuai dengan kebutuhan perusahaan dimana diinginkan total jarak perpindahan sekecil mungkin. Setelah itu dapat dilanjutkan dengan pemilihan fasilitas pendukung dan penyusunan antar fasilitas sehingga *layout* akhir dapat divisualisasikan.

Pada penelitian selanjutnya, dapat menggunakan metode MCDM lainnya seperti ELECTREE, AHP, dll; ataupun melakukan penambahan kriteria dalam penentuan prioritas. Kemudian, dalam penentuan kebutuhan luas lahan penyimpanan dapat menggunakan metode optimisasi sehingga didapatkan luas lahan yang optimal. Adapun kemungkinan penambahan kriteria lain dalam *scoring concept* yang mungkin dapat dipertimbangkan dalam penentuan desain *layout* terbaik. Terakhir, adanya fasilitas lainnya yang dapat dipertimbangkan dalam perancangan gudang yang dapat mendukung aktivitas gudang dari awal dibangun sampai seterusnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, I., & Vikaliana, R. (2021). Analisis Pengaturan Layout Gudang Sparepart Menggunakan Metode Dedicated Storage di Gudang Bengkel Yamaha Era Motor. *Journal of Management and Business Review*, 18(2). <https://doi.org/10.34149/jmbr.v18i2.271>
- Amri, A., Bahri, S., & Lenggo Geni, P. (2021). Perencanaan Ulang Tata Letak Gudang Material Bahan Baku dengan Menggunakan Metode Shared Storage dan Pendekatan Simulasi pada PT. Aini Sejahtera. *Industrial Engineering Journal*,



- 10(1).
<https://doi.org/10.53912/iejm.v10i1.619>
- Azlia, W., & Carlinawati, N. (2017). Usulan Perbaikan Layout Gudang Soft Part pada Perusahaan Perakitan Speaker. *Journal of Industrial Engineering Management*, 2(2).
- Da Silva, D. D., De Vasconcelos, N. V. C., & Cavalcante, C. A. V. (2015). Multicriteria Decision Model to Support the Assignment of Storage Location of Products in a Warehouse. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/481950>
- Fontana, M. E., & Cavalcante, C. A. V. (2013). ELECTRE TRI Method Used to Storage Location Assignment into Categories. *Pesquisa Operacional*, 33(2), 283–303. <https://doi.org/10.1590/S0101-74382013000200009>
- Fontana, M. E., & Cavalcante, C. A. V. (2014). Use of PROMETHEE Method to Determine The Best Alternative for Warehouse Storage Location Assignment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 70(9–12), 1615–1624. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5405-z>
- Fontana, M. E., López, J. C. L., Cavalcante, C. A. V., & Noriega, J. J. S. (2020). Multi-Criteria Assignment Model to Solve The Storage Location Assignment Problem. *Investigacion Operacional*, 41(7), 1019–1029.
- Fontana, M. E., & Nepomuceno, V. S. (2016). Multi-Criteria Approach for Products Classification and Their Storage Location Assignment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 88(9–12), 3205–3216. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9040-3>
- Irfan, M., Syaripudin, U., Alam, C. N., & Hamdani, M. (2020). Decision Support System for Employee Recruitment Using El Chinix Traduisant La Realite (Electre) and Weighted Product (WP). *Jurnal Online Informatika*, 5(1). <https://doi.org/10.15575/join.v5i1.606>
- Irman, A., & Septiani, R. D. (2020). Perancangan Tata Letak Gudang Menggunakan Kebijakan Dedicated Storage untuk Minimasi Total Jarak Tempuh di PT XYZ. *Journal Industrial Serviss*, 6(1). <https://doi.org/10.36055/jiss.v6i1.9473>
- Johan, J., & Suhada, K. (2018). Usulan Perancangan Tata Letak Gudang dengan Menggunakan Metode Class-Based Storage (Studi Kasus di PT Heksatex Indah, Cimahi Selatan). *Journal of Integrated System*, 1(1), 52–71. <https://doi.org/10.28932/jis.v1i1.989>
- Juliana, H., & Handayani, N. U. (2016). Peningkatan Kapasitas Gudang dengan Perancangan Layout Menggunakan Metode Class-Based Storage. *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 11(2), 113. <https://doi.org/10.14710/jati.11.2.113-122>
- Kahraman, C. (2008). Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making: Theory and Applications with Recent Development. In *Springer Optimization and Its Applications* (Vol. 16). https://doi.org/10.1007/978-0-387-76813-7_10
- Kartika, W., & Helvianto, A. W. (2018). Perbaikan Tata Letak Penyimpanan Barang di Gudang Untuk Reduksi Jarak Tempuh Perjalanan Material Handling. *Jurnal Manajemen Industri Dan Logistik*.
- Kolo, Q., Budiman, A., Edy Tantowi, A., & Larutama, W. (2021). Eucalytus Oil Plant Layout Desain in Timor Tengah Utara Regency Using Activity Relationship Chart (ARC) Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1908(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1908/1/012028>
- Micale, R., La Fata, C. M., & La Scalia, G. (2019). A Combined Interval-Valued ELECTRE TRI and TOPSIS Approach for Solving The Storage Location Assignment Problem. *Computers and Industrial Engineering*, 135(December 2018), 199–210. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.06.011>
- Nitkratoke, S., & Aengchuan, P. (2019). FAHP in Multi-Criteria Inventory Classification for Storage Layout. 67–74. <https://doi.org/10.33422/raseconf.2019.07.359>
- Oktafianto, Sudrajat, A., Kawangit, R. M., Don, A. G., Huda, M., Saputri, A. D., Latif, A. A., & Maseleno, A. (2018). Determining



- Housing Location Using Weighted Product. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(4), 3563–3568.
<https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.18838>
- Santoso, & Heryanto, R. M. (2020). *Perancangan Tata Letak Fasilitas*. Alfabeta.
- Sari, T. P., Ridwan, A. Y., & Aurachman, R. (2017). Designing Floor Tile Warehouse Layout Using Heuristic Approach Method to Increase Warehouse Capacity and Reduce Travel Distance. *International Journal of Innovation in Enterprise System*, 1(01), 44–52.
<https://doi.org/10.25124/ijies.v1i01.8>
- Susanto, F. E., & Rusindayanto. (2019). Analisa Perancangan Tata Letak Ulang Fasilitas Pabrik dengan Menggunakan Metode Algoritma Craft di PT. Fokus Ciptamakmur Bersama, Blitar. *Prozima (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, 3(2).
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities Planning* (4th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Wardhani, A. K., Widodo, C. E., & Suseno, J. E. (2018). Information System for Culinary Product Selection Using Clustering K-Means and Weighted Product Method. *International Journal of Engineering & Technology*, 165(ICCSR).
<https://doi.org/10.2991/iccsr-18.2018.5>
- Yerlikaya, M. A. (2020). Storage Location Assignment with Fuzzy PROMETHEE Method in Warehouse Systems with Uncertain Demand. *Journal of the Institute of Electronics and Computer*, 2(1), 142–150.
<https://doi.org/10.33969/jiec.2020.21009>