



Perancangan Tata Letak Fasilitas Gudang Komponen Perawatan Kereta LRT Jabodebek dengan Metode *Class Based Storage* (Studi Kasus: PT INKA)

Aditia Aria Maulana¹, Adiek Astika Clara Sudarni², Budiani Fitria Endrawati^{3*}

^{1,3}Program Studi Teknik Industri, Jurusan Teknologi Industri dan Proses, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia.

²Program Studi Rekayasa Keselamatan, Jurusan Teknologi Industri dan Proses, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia.

*Corresponding email: wati@lecturer.itk.ac.id

Received: 18/April/2024
Accepted: 20/June/2024

Revised: 20/June/2024
Published: 30/June/2024

To cite this article:

Maulana, A. A., Sudarni, A. A. C. & Endrawati, B. F. (2024). Perancangan Tata Letak Fasilitas Gudang Komponen Perawatan Kereta LRT Jabodebek dengan Metode *Class Based Storage* (Studi Kasus: PT INKA). *SPECTA Journal of Technology*, 8 (1), 36-52. [10.35718/specta.v8i1.1099](https://doi.org/10.35718/specta.v8i1.1099)

Abstract

PT Industri Kereta Api (INKA) Madiun is a railroad manufacturing company that produces trains and provides train maintenance guarantee services, one of which is to PT LRT Jakarta. The problem is that PT LRT Jakarta does not yet have a warehouse to store components for train operational and maintenance needs, so it takes time for delivery from PT. INKA Madiun to PT LRT Jakarta. This research aims to create a design and proposal for the layout of warehouse facilities in accordance with the train maintenance components at PT INKA which produces Jabodebek LRT trains. The method used is class-based storage to determine the class arrangement of each component, the rectilinear distance method to determine the distance of component movement, average speed to determine component movement time, and material handling costs to determine the total material handling cost. The results obtained show that class A is for tools components, class B is for electrical and mechanical components, and class C is for chemical, nonchemical and change unit components. The operator movement distance is 198.71 m, the forklift movement distance is 23.35 m, the operator movement time is 28,196.9 seconds, and the forklift movement time is 2,019.9 seconds for layout 1, while for layout 2 it is known that the operator movement distance is 197.60 meters, the forklift moving distance is 16.12 meters, the operator moving time is 27,889.9 seconds, and the forklift moving time is 963 seconds. The material handling costs obtained from the two layouts are Rp. 668,821,576. The layout also considers shelf dimensions, pallet dimensions, forklift dimensions, operator dimensions, door dimensions and the space of each component. The conclusion of this research is that the facility layout design is appropriate based on the class of each train maintenance component and the proposed layout chosen is layout 2 because the component movement distance and component movement time are smaller than layout 1.

Keywords: class-based storage, facility layout, material handling cost, rectilinear distance.

Abstrak

PT Industri Kereta Api (INKA) Madiun merupakan perusahaan manufaktur industri kereta api yang memproduksi kereta api dan memberikan pelayanan jasa garansi perawatan kereta api, salah satunya ke PT Light Rail Transit (LRT) Jakarta. Permasalahannya adalah PT LRT Jakarta belum memiliki gudang untuk menyimpan komponen kebutuhan operasional dan perawatan kereta sehingga membutuhkan waktu untuk pengiriman dari PT. INKA

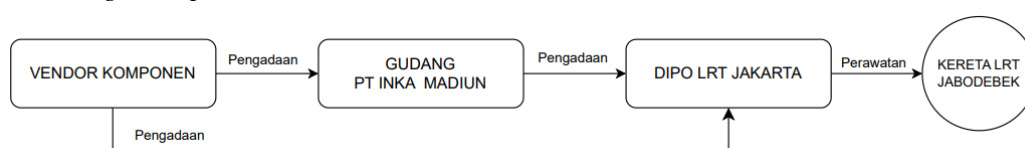
Madiun ke PT LRT Jakarta. Penelitian ini memiliki tujuan untuk membuat rancangan dan usulan tata letak fasilitas gudang yang sesuai dengan komponen perawatan kereta pada PT INKA yang memproduksi kereta LRT Jabodebek. Metode yang digunakan adalah class-based storage untuk menentukan susunan kelas dari setiap komponen, metode rectilinear distance untuk menentukan jarak perpindahan komponen, kecepatan rata-rata untuk menentukan waktu perpindahan komponen, dan ongkos material handling untuk menentukan total biaya material handling. Hasil yang didapat, diketahui kelas A untuk komponen tools, kelas B untuk komponen electrical dan mechanical, dan kelas C untuk komponen chemical, nonchemical, dan change unit. Jarak perpindahan operator sejauh 198,71 m, jarak perpindahan forklift 23,35 m, waktu perpindahan operator 28.196,9 detik, dan waktu perpindahan forklift 2.019,9 detik untuk layout 1, sedangkan untuk layout 2 diketahui jarak perpindahan operator sejauh 197,60 meter, jarak perpindahan forklift 16,12 meter, waktu perpindahan operator 27.889,9 detik, dan waktu perpindahan forklift 963 detik. Ongkos material handling yang didapatkan dari kedua layout tersebut sebesar Rp. 668.821.576. Layout juga mempertimbangkan dimensi rak, dimensi pallet, dimensi forklift, dimensi operator, dimensi pintu, dan luas ruangan setiap komponen. Kesimpulan dari penelitian ini adalah rancangan tata letak fasilitas sesuai berdasarkan kelas dari setiap komponen perawatan kereta dan usulan layout yang dipilih adalah layout 2 dikarenakan jarak perpindahan komponen dan waktu perpindahan komponen lebih kecil dari layout 1.

Kata Kunci: class based storage, ongkos material handling, perancangan tata letak, rectilinear distance

1. Pendahuluan

Industri manufaktur membutuhkan gudang, dimana gudang merupakan area yang memiliki peran dalam operasional dan rantai pasok dari produksi. Menurut Suntoro (2020) dalam Tika (2023) gudang merupakan komponen integral dalam sistem logistik perusahaan yang berfungsi sebagai lokasi penyimpanan untuk bahan baku, komponen, barang dalam proses produksi, dan produk jadi di antara titik asal dan titik konsumsi. Gudang juga berperan dalam menyampaikan informasi kepada manajemen mengenai status, kondisi, serta tata letak item yang disimpan. Gudang berfungsi sebagai tempat penyimpanan barang, membantu manajemen persediaan komponen, memainkan peran sebagai rantai pasok, tempat melindungi barang dari kerusakan, pencurian, atau kondisi lingkungan. Kegiatan pergudangan menekankan pada aliran bahan baku atau produk dari penyimpanan, sehingga pergerakan aliran bahan atau produk yang melalui gudang bisa ditangani dengan cepat dan efisien apalagi didukung oleh sistem informasi yang tepat dan akurat tentang bahan baku dan produk yang disimpan.

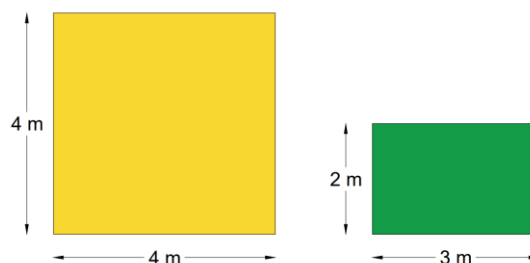
Perusahaan manufaktur industri kereta api satu-satunya di Indonesia yaitu PT Industri Kereta Api Persero atau biasa dikenal dengan PT INKA merupakan Perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang memproduksi kereta api dan memberikan pelayanan jasa garansi perawatan kereta api. Perusahaan manufaktur industri kereta api satu-satunya di Indonesia yaitu PT Industri Kereta Api Persero atau biasa dikenal dengan PT INKA merupakan Perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang memproduksi kereta api dan memberikan pelayanan jasa garansi perawatan kereta api. Perusahaan ini sudah bergerak dalam pembuatan kereta api sejak 29 Agustus 1981 yang memiliki pabrik produksi terletak di Kota Madiun, Provinsi Jawa Timur. PT INKA telah memproduksi berbagai jenis kereta diantaranya yaitu ada Kereta Lokomotif Diesel Hidrolik dan Diesel Elektrik, Kereta Penumpang mulai dari kelas ekonomi sampai eksekutif, Kereta Rel Diesel Elektrik (KRDE), Kereta Rel Diesel Indonesia (KRDI), Kereta Rel Listrik (KRL), *Light Rail Transit* (LRT), Kereta Gerbong Datar (PPCW), Kereta Bagasi, Gerbong Tangki Bahan Bakar, Kereta Khusus untuk Inspeksi dan Ukur, dan lain-lainnya. Pembuatan kereta dilakukan di pabrik manufaktur yang terletak di Jl. Yos Sudarso No.71, Kota Madiun. Perusahaan ini menyediakan gudang dengan luas kurang lebih 1400 m² yang digunakan sebagai tempat penyimpanan komponen untuk kebutuhan operasional dan perawatan kereta, salah satu komponen yang disimpan adalah jenis *consumable chemical parts*, *consumable non-chemical parts*, *parts electric*, *parts mechanic*, *change unit parts*, dan lain-lain.



Gambar 1: Proses Pengiriman Komponen Perawatan Kereta LRT Jabodebek
Sumber: Penulis, 2023

Kereta LRT Jakarta, Bogor, Depok dan Bekasi (Jabodebek) merupakan salah satu produk yang dioperasikan langsung oleh PT LRT Jakarta sebagai *customer* dari PT INKA. PT LRT Jakarta memiliki Depo Lokomotif (DIPO) yang berada di Bekasi, berfungsi sebagai tempat perawatan ringan dan bengkel perbaikan lokomotif khusus kereta. Gambar 1.1 menjelaskan bagaimana proses pengiriman atau pengadaan komponen dari *vendor* ataupun dari PT INKA ke DIPO LRT Jabodebek. Proses pengadaan pertama berdasarkan kebutuhan komponen perawatan kereta dilakukan dari DIPO kepada *vendor* secara langsung. Proses kedua adalah pembelian komponen dari *vendor* oleh PT INKA, yang kemudian komponen tersebut disimpan di gudang, sehingga jika ada permintaan dari DIPO Jakarta ke PT INKA memerlukan jarak sebesar 635 km dari Madiun ke Jakarta melalui jalur darat. Proses pengadaan barang tersebut tentu terdapat permasalahan yaitu waktu pengiriman yang memakan waktu yaitu sekitar 5 hari sehingga dapat menghambat operasional kereta, karena membutuhkan waktu dalam pengiriman komponen. Gudang pada DIPO berukuran kecil yang hanya berukuran 6 m². Gudang tersebut dimanfaatkan untuk tempat penyimpanan peralatan perawatan kereta dan peletakan barang diletakan secara acak sehingga peralatan yang ada tidak tersusun dengan rapi dan jarak pengambilan barang menjadi cukup jauh dan acak. Kapasitas gudang tersebut tidak cukup untuk menyimpan kebutuhan komponen perawatan kereta dikarenakan DIPO tersebut belum memiliki gudang khusus komponen perawatan. DIPO juga terdapat lahan yang dapat dimanfaatkan sebesar 180 m², belum adanya gudang yang memadai untuk penyimpanan komponen-komponen perawatan kereta LRT Jabodebek mengakibatkan komponen kereta yang mengalami kerusakan perlu pemesanan dari gudang PT INKA yang terdapat di Kota Madiun atau dari *vendor* yang ada di Indonesia. PT INKA ingin memanfaatkan lahan seluas 180 m² sebagai tempat penyimpanan komponen perawatan. Lahan tersebut dapat dimanfaatkan menjadi gudang untuk kebutuhan komponen perawatan tentu dengan memperhatikan penataan tata letak fasilitas. Kebutuhan gudang luas gudang yang diinginkan PT INKA setiap jenis karakteristik komponennya yaitu, *preventive parts* terdiri 16 m² dari *chemicals parts* sebesar 6 m² dan *non-chemicals parts* sebesar 16 m², *corrective part* terdiri dari *electric part* 17 m², *mechanical part* 11 m², *change unit* 98 m², *hand tools* 6 m².

Kegiatan gudang tentu mempunyai peranan penting dalam suksesnya kegiatan logistik sehingga kegiatan tersebut dilibatkan dalam berbagai kegiatan lain seperti tahap pengadaan, produksi, dan pengiriman barang. Gudang perlu dirancang karena salah satu fungsi logistik yang mahal menurut Suntoro (2020) dalam Tika (2023). Penggunaan gudang dapat dioptimalkan dengan adanya sistem *layout* tata letak yang baik. Pengaturan persediaan harus dilakukan dengan cermat agar tidak mengganggu kinerja dan operasional perusahaan. Gudang juga memiliki peran penting dalam optimalisasi pemenuhan kebutuhan pelanggan dengan keterbatasan sumber daya. Desain gudang diharapkan dapat secara efisien memanfaatkan ruang, peralatan, dan tenaga kerja, sambil memberikan kemudahan akses dan perlindungan yang adekuat terhadap material yang disimpan didalamnya (Maghriza, 2023).



Gambar 2: Luas Lahan *Chemicals Parts* dan *Mechanical Parts*
Sumber: Pengolahan Data, 2023

Berdasarkan permasalahan dan peran penting gudang maka diperlukan perancangan tata letak gudang untuk penyimpanan komponen-komponen perawatan kereta LRT Jabodebek. Tujuan dari perancangan *layout* tata letak gudang ini adalah untuk mengetahui cara merancang *layout* tata letak sesuai dengan kebutuhan gudang komponen kereta LRT Jabodebek dan dapat mengusulkan *layout* terbaik dengan memperhatikan jarak penyimpanan dan pengiriman komponen, waktu penyimpanan dan pengiriman

komponen, dan ongkos yang dibutuhkan *material handling*. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam menata tata letak fasilitas gudang adalah *class-based storage*. Metode *class based storage* dipilih karena dari beberapa referensi dalam Nugroho (2018), Putra (2018), dan Tika (2023) melakukan rancangan *layout* tata letak gudang menggunakan metode tersebut dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi operasional, mempermudah pencarian, memudahkan manajemen inventaris, dan dapat mengurangi waktu penyimpanan dan pengiriman komponen yang terdapat di gudang serta dapat mengurangi ongkos *material handling* yang digunakan, selain itu digunakan metode *rectilinear distance* untuk menghitung jarak perpindahan komponen dari setiap ruangan, kemudian dilakukan analisis ongkos *material handling* untuk menghitung estimasi biaya *material handling* pada *layout* usulan.

Pemilihan rancangan tata letak fasilitas yang sesuai untuk gudang komponen perawatan kereta LRT Jabodebek diserahkan ke perusahaan PT INKA, dikarenakan setiap alternatif usulan memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing yang harus dipertimbangkan dan disesuaikan dengan kebutuhan PT INKA.

2. Metode

2.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan melalui *brainstorming* bersama dengan Staff Departemen Penyedia Jasa PT INKA mengidentifikasi bahwa terdapat masalah terkait pengadaan komponen kereta *Light Rail Transit* (LRT) Jakarta, Bogor, Depok, Bekasi (Jabodebek). Permasalahan yang terjadi adalah terdapat gudang penyimpanan di DIPO yang ukurannya tidak cukup untuk menyimpan komponen-komponen perawatan kereta ini. Selain itu belum adanya gudang penyimpanan komponen menyebabkan pengiriman komponen dari gudang pusat yang terletak di Madiun membutuhkan waktu, yang dapat mengakibatkan kegiatan operasional kereta terganggu. PT LRT Jakarta sendiri memiliki lahan seluas 180 m² yang tidak terpakai dan dapat dimanfaatkan sebagai gudang penyimpanan komponen kereta LRT Jabodebek.

2.2 Studi Lapangan

Studi lapangan ini dilakukan untuk mengidentifikasi tentang permasalahan yang ada dan melakukan observasi ke gudang pusat PT INKA di Madiun untuk mengetahui jenis-jenis komponen kereta LRT Jabodebek.

2.3 Studi Literatur

Studi literatur yang digunakan dalam penelitian ini berupa buku, tesis, dan jurnal yang membahas tentang gudang, tata letak fasilitas, *layout*, metode *class-based storage*, *rectilinear distance*, ongkos *material handling*.

2.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah merupakan identifikasi permasalahan yang terjadi untuk menjadi fokus dalam penelitian. Peneliti merumuskan masalah dalam penelitian ada dua yaitu “Bagaimana merancang tata letak fasilitas yang sesuai untuk gudang komponen kereta LRT Jabodebek?” dan “Bagaimana usulan tata letak fasilitas untuk gudang komponen perawatan di DIPO Jakarta untuk kereta LRT Jabodebek?”.

2.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini ada dua yaitu (1) merancang tata letak fasilitas yang sesuai untuk gudang komponen perawatan kereta LRT Jabodebek dan (2) memberikan usulan tata letak fasilitas untuk gudang komponen perawatan di DIPO Jakarta untuk kereta LRT Jabodebek.

2.6 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data Primer

Informasi yang diperoleh secara langsung dari objek penelitian selama pelaksanaan penelitian disebut sebagai data primer. Dalam konteks penelitian ini, data primer yang dikumpulkan berkaitan dengan pengelolaan material yang digunakan dalam *layout* atau tata letak fasilitas yang diajukan.

2. Data Sekunder

Data yang telah tersedia oleh pihak Perusahaan. Berikut data sekunder yang digunakan untuk penelitian ini:

- a. Profil Perusahaan
- b. Luas lahan di DIPO PT LRT Jakarta
- c. Jenis komponen kereta LRT Jabodebek
- d. Jumlah kebutuhan gudang yang disimpan
- e. Ukuran dan Dimensi dari komponen kereta LRT Jabodebek

2.7 Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan, selanjutnya dilakukan pengolahan data berdasarkan metode yang digunakan dalam penelitian untuk memenuhi tujuan dari penelitian. Pengolahan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan Data *Layout* Usulan

Pengolahan data *layout* usulan, dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Membuat karakteristik jenis komponen berdasarkan ruang yang diinginkan yaitu *preventive parts* terdiri *chemicals parts* dan *non-chemicals parts*, *corrective parts* terdiri dari *electric parts* dan *mechanical parts*, *change unit* dan *hand tools*.
- b. Menentukan kuantitas, dimensi, massa, dan frekuensi perawatan komponen kereta LRT Jabodebek berdasarkan dari data sekunder yang diberikan oleh perusahaan.

2. Produk Kereta LRT Jabodebek

Produk komponen perawatan adalah kereta LRT Jabodebek. Informasi kereta ini digunakan untuk mengetahui susunan komponen yang ada pada kereta LRT Jabodebek. Tujuan untuk mengetahui produk komponen perawatan adalah untuk mengetahui bagian-bagian dari kereta yang akan dilakukan perawatan.

3. Proses Perawatan Kereta LRT Jabodebek

Tujuan proses perawatan yaitu mengetahui komponen apa yang perlu dilakukan perawatan dan mengetahui komponen-komponen yang membantu dalam proses perawatan. Perawatan *preventif* dilakukan oleh PT INKA dengan menggunakan *tools cheksheet* perawatan.

4. Kapasitas Lahan

Menentukan kapasitas lahan berdasarkan dari karakteristik jenis komponen dari lahan yang tersedia dalam dokumen perusahaan Skema *Maintanance Service Agreement 31 Trainset* LRT Jabodebek Tahun 2022. Lahan yang dapat dimanfaatkan sebagai tempat penyimpanan atau gudang komponen perawatan seluas 180 m² (10 m x 18 m).

5. Perancangan *Layout*

Perancangan *layout* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Pembentukan kelas berdasarkan Metode Class Based Storage

Metode ini digunakan untuk membuat karakteristik komponen perawatan kereta LRT Jabodebek, setelah itu pembuatan urutan penempatan ruang berdasarkan kelas A, B, dan C.

1) Penentuan *Material handling*

Kebutuhan *Material handling* ditentukan berdasarkan massa dari setiap jenis komponen perawatan kereta LRT Jabodebek.

2) Penentuan Lebar *Aisle*

Lebar *aisle* ditentukan berdasarkan jenis *material handling* menggunakan persamaan 2.4.

3) Penentuan Lebar Pintu Gudang

Menentukan lebar pintu gudang berdasarkan dari penentuan *aisle* kemudian dikalikan dengan *allowance*. *Allowance* yang digunakan untuk menentukan lebar pintu gudang sebesar 30%.

4) Penentuan Rak Penyimpanan

Tempat penyimpanan komponen perawatan kereta LRT Jabodebek yang diusulkan peneliti adalah jenis rak dan pallet yang disesuaikan berdasarkan dimensi setiap komponen perawatan kereta.

6. Pembuatan *Layout* Usulan 1 dan 2

Pembuatan *layout* usulan ini dilakukan untuk memilih *layout* mana yang akan pilih. Langkah-langkah pembuatan *layout* usulan adalah sebagai berikut:

- a. Desain *Layout*.

Langkah pertama adalah mendesain *layout* menggunakan bantuan *software autocad* dari penentuan kelas pada metode *class-based storage*. Ukuran ruangan pada desain *layout* ini digunakan pada subbab analisis kapasitas ruang.

b. Perhitungan Jarak Perpindahan

Langkah-langkah dalam menentukan jarak perpindahan komponen pada usulan tata letak fasilitas gudang komponen kereta LRT Jabodebek menggunakan *rectilinear distance* sebagai berikut:

- 1) Menentukan titik koordinat (x,y) pada setiap ruang berdasarkan desain *layout*. Penentuan titik ini berdasarkan dari letak terdekat ruang dari *in-out* (I/O) pada desain usulan *layout*.
- 2) Menentukan jarak antara ruang dengan persamaan 2.1.
- 3) Menghitung total jarak perpindahan dari desain *layout* usulan

c. Perhitungan Total Waktu Perpindahan

Langkah-langkah dalam perhitungan total waktu *layout* usulan untuk menganalisis waktu perpindahan komponen yang dibutuhkan:

- 1) Membuat asumsi rata-rata manusia berjalan kaki dengan kecepatan 5 km per jam dan rata rata kecepatan *forklift* 10 km per jam.
- 2) Menghitung jumlah waktu perpindahan *layout* usulan berdasarkan rumus kecepatan rata-rata dari Rohayati (2021) adalah sebagai berikut:

$$\text{Kecepatan rata-rata (v)} = \frac{\text{jarak (s)}}{\text{waktu (t)}}$$

Persamaan rumus untuk mencari kecepatan waktu dari Putra (2018) adalah sebagai berikut:

$$\text{Waktu (s)} = \frac{\text{jarak (s)}}{\text{kecepatan rata-rata (v)}}$$

d. Perhitungan Ongkos *Material handling*

Langkah-langkah yang diperlukan untuk menentukan total *material handling* dari *layout* usulan adalah sebagai berikut:

- 1) Menghitung biaya operator atau pekerja per tahun berdasarkan rumus total biaya operator dari Putra (2018) dimana gaji UMR Jakarta Tahun 2023 untuk operator yaitu sebesar Rp.4.901.798 perbulannya (Idris, 2023).

Total Biaya Operator = biaya operator perbulan x jumlah bulan

- 2) Menentukan biaya mesin, dikarenakan digudang usulan menggunakan *forklift* untuk pemindahan bahan. Biaya pembelian *forklift* seharga Rp. 540,000,000.00 dengan jenis *forklift* Diesel Toyota 3.5 Ton dengan spesifikasi kapasitas 3.500 kg, menggunakan bahan bakar solar, saat ini biaya bahan bakar solar sebesar Rp. 6.800 setiap liternya (harga per Juli 2023). Jarak tempuh *forklift* berkapasitas 3.5 ton ini sebanyak 1,5 liter untuk menempuh jarak 5 km.
- 3) Menentukan densitas forklift
- 4) Menghitung total biaya ongkos *material handling* dengan persamaan berikut (Melia, 2020) :

Total Biaya *Material Handling* = biaya mesin + biaya operator

7. Pemilihan *Layout* Usulan

Setelah dibuat beberapa *layout* usulan kemudian akan dilakukan pemilihan *layout* dengan memprioritaskan total jarak dan waktu yang pendek dan biaya ongkos *material handling* yang terkecil.

8. Rekomendasi Pengendalian (*Controlling*) dengan Pendekatan 5S

Metode *controlling* 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*) merupakan pendekkatan yang digunakan untuk mengawasi dan menjaga prinsip-prinsip 5S pada *layout* usulan gudang komponen perawatan kereta LRT Jabodebek. Adapun lima prinsip 5S sebagai berikut:

a. *Seiri* (Pemilihan)

Melakukan pemisahan atau pengelompokan komponen berdasar jenis atau karakteristik.

b. *Seiton* (Penataan)

Membuat kode-kode dari setiap komponen dan rak yang telah dikelompokkan dengan pemberian label untuk memudahkan dalam proses pencarian.

c. *Seiso* (Pembersihan)

Melakukan penjadwalan pembersihan gudang, tempat penyimpanan, rak dan peralatan secara berkala.

d. *Seiketsu* (Pemantapan)

Membuat denah gudang agar proses penyimpanan dan pengambilan mudah untuk diketahui dan tempat penyimpan tetap terjaga kerapiahannya. Selain pembuatan label peringatan terhadap pemakaian peralatan dan terkait masalah kebersihan.

e. *Shitsuke* (pembiasaan)

Membuat penjadwalan apel rutin untuk mengingat penerapan 5s yang ada di gudang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Komponen Perawatan Kereta LRT Jabodebek

Komponen perawatan kereta api dibedakan berdasarkan beberapa karakteristik, yaitu ada *preventive parts* (komponen pencegahan), *corrective parts* (komponen perbaikan), *change unit parts* (komponen pengganti), dan tools (peralatan) berdasarkan dokumen Manual Maintenance of Light Rail Transit Train Jabodebek (Jakarta, Bogor, Depok, Bekasi), Part Catalog of LRT (Light Rail Transit) Train Jabodebek dan *check sheet history* perusahaan.

3.2 Produk Kereta Light Rail Transit (LRT) Jakarta, Bogor, Depok, dan Bekasi (Jabodebek)

LRT (*Light Rail Transit*) Jakarta, Bogor, Depok, dan Bekasi (Jabodebek) merupakan transportasi umum berbasis rel yang operasionalnya terletak di Jakarta. Kereta ini merupakan transportasi publik yang dirancang untuk mengatasi kemacetan parah yang ada di kota tersebut. Kereta ini memiliki spesifikasi material aluminium *alloy*, dengan tenaga listrik menggunakan daya motor traksi, dengan panjang kurang lebih 103 m, kecepatan operasi maksimum 80 km/jam, dan kapasitas penumpang kurang lebih 1480 orang (PT INKA, 2023). LRT Jabodebek memiliki 31 *train set* dan setiap *train set* tersebut memiliki 6 kereta. Kereta 1 (MC1) merupakan kereta tempat masinis, untuk kereta 2 (M1), kereta 3 (T1), kereta 4 (T2), kereta 5 (M2), dan kereta 6 (MC2) merupakan bagian belakang dari kereta LRT Jabodebek dan digunakan sebagai tempat penumpang (PT INKA, 2019). Produk kereta LRT Jabodebek merupakan produk yang telah diproduksi oleh PT INKA

Kereta LRT Jabodebek memiliki komponen penyusun yang kompleks, oleh karena itu perlu adanya skema perawatan agar kereta tetap terawat, aman, dan tidak mengalami kerusakan. Kereta LRT Jabodebek terdapat fasilitas penumpang, sistem pintu, sistem baterai, *bogie, pneumatic*, sistem propulsi, pengereman dan suplai udara, sistem kelistrikan, panel distribusi dan panel *relay, coupler, junction box power*, dan lain-lain. Komponen dan sistem tersebut akan menentukan komponen perawatan kereta LRT Jabodebek dan proses perawatan.

3.3 Proses Perawatan Komponen Kereta LRT Jabodebek

Jumlah kereta LRT Jabodebek yang banyak dan harus selalu beroperasi untuk membawa penumpang, perlu adanya perawatan secara terjadwal agar kereta tetap aman dan dapat beroperasi dengan lancar. Perusahaan membuat jadwal secara preventif untuk menjaga kereta api agar tidak mengalami kerusakan. Perawatan *preventif* adalah tindakan yang dilakukan secara berkala atau terjadwal untuk mencegah kerusakan pada sistem, peralatan, atau mesin. Tujuan perawatan ini yaitu mempertahankan atau meningkatkan kinerja dan umur pakai suatu komponen dengan mencegah masalah pemakain.

Perawatan *preventif* ini telah dilakukan oleh PT INKA dengan menggunakan *tools cheksheet* perawatan. *Tools* ini digunakan untuk memantau atau mencatat pelaksanaan perawatan secara berkala. *Checksheet* ini digunakan oleh teknisi perawatan untuk memastikan bahwa semua langkah perawatan yang diperlukan telah diselesaikan dengan benar. Skema perawatan dijadwalkan menjadi perawatan harian (P0), perawatan bulanan (P1), perawatan 3 bulan (P3), perawatan 6 bulan (P6), dan perawatan 12 bulan (P12).

3.4 Penentuan Kapasitas Lahan

Penentuan kapasitas lahan dilakukan oleh PT INKA bekerjasama dengan PT LRT Jakarta dan tercantum dalam dokumen perusahaan yaitu Skema *Maintenance Service Agreement 31 Trainset* LRT Jabodebek Tahun 2022 dimana area yang dapat dimanfaatkan sebagai tempat penyimpanan atau gudang komponen perawatan seluas 180 m². Lahan diketahui lebar lahan 1000 cm (10 m) dan panjang lahan 1800 cm (18

m). Luas lahan ini akan dirancang tata letak fasilitas gudang perawatan kereta LRT Jabodebek berdasarkan luas area dari setiap jenis komponen perawatan kereta. Luas lahan setiap jenis komponen perawatan kereta LRT Jabodebek dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Luas Lahan Setiap Jenis Komponen

No	Jenis Komponen		Luas Area (m ²)	
1	Preventive Part	Chemicals	6	22
		Non-Chemicals	16	
2	Corrective Part	Electrical Parts	17	28
		Mechanical Parts	11	
3	Change Unit Part		98	
4	Tools		6	
Total			154	

Sumber: PT INKA, 2023

Terdapat 4 jenis komponen perawatan kereta LRT Jabodebek yang akan dilakukan tata letak fasilitas. Total luas area untuk 4 jenis komponen sebesar 154 m².

3.5 Perancangan Layout

Perancangan *layout* tata letak menggunakan metode *class-based storage*, dimana total jumlah komponen perawatan sebanyak 240 jenis komponen. Pembentukan kelas dilakukan untuk menentukan tempat ruang penyimpanan *chemical part*, *non-chemicals parts*, *electrical parts*, *mechanical parts*, *change unit parts*, dan *tools* dengan perhitungan presentase total frekuensi perawatan komponen.

Tabel 2: Pembentukan Kelas

Jenis Komponen	Total Jenis Komponen	Frekuensi Perawatan	Total Frekuensi	% Total Frekuensi	Persentase Kelas	Kelas
Tools	42	4050	4050	79.07%	79.1%	A
Electrical Parts	120	676	4726	14.21%	17.9%	B
Mechanical Parts	49	188	4914	3.71%		
Non-Chemical Parts	15	77	5060	1.50%	3%	C
Chemical Parts	8	50	4964	0.98%		
Change Unit	6	26	5086	0.53%		

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Hasil pembentukan kelas digunakan untuk menentukan prioritas setiap jenis komponen pada *layout* usulan.

3.6 Layout Usulan 1

1) Desain Layout

Desain *layout* merupakan tahap awal pada pembuatan *layout* usulan dengan membuat kategori kelas dengan metode *class-based storage* dari setiap jenis komponen. Berdasarkan frekuensi perawatan komponen kereta. Pengelompokan kelas tersebut digunakan untuk menentukan prioritas ruang komponen perawatan yang akan ditaruh didepan terlebih dahulu. Dimensi luas lahan dari setiap jenis komponen perawatan kereta LRT Jabodebek dapat dilihat pada Tabel 3.

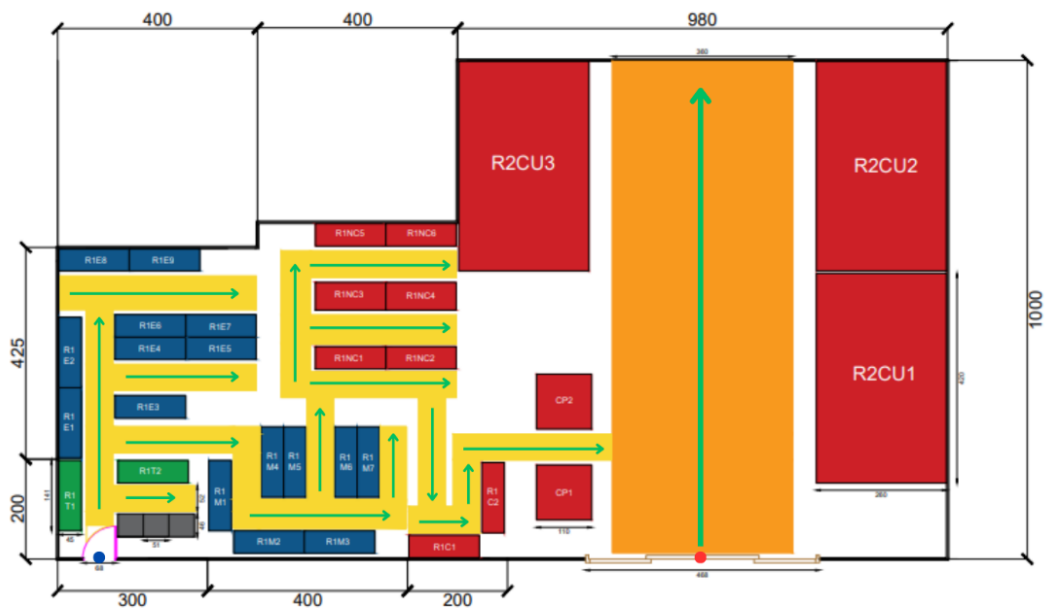
Tabel 3: Dimensi Luas Ruang Komponen Perawatan

No	Jenis Komponen	Kelas	Luas (cm)	
			p	l
1	Tools	A	200	300

No	Jenis Komponen	Kelas	Luas (cm)	
			p	l
2	Electrical Parts	B	400	425
3	Mechanical Parts		400	275
4	Non-Chemical Parts		400	400
5	Chemicals Parts	C	200	300
6	Change unit		1000	980

Sumber: Pengolahan data, 2023

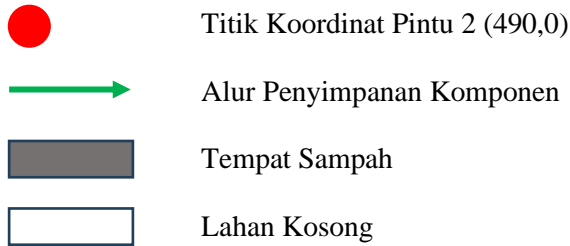
Dimensi luas ruang komponen perawatan kereta diatas digunakan untuk membuat desain *layout* atau tata letak fasilitas. Desain usulan *layout* 1 menggunakan ukuran dalam cm dan skala 1:75. Desain usulan ini dibuat menggunakan beberapa prinsip *material handling* yaitu, *planning principle*, *work principle*, *unit load principle*, dan *space utilization principle*.



Gambar 3: *Layout* Usulan 1
 Sumber: Penulis, 2023

Keterangan:

- Kelas A (*Tools*)
- Kelas B (*Electrical dan Mechanical Parts*)
- Kelas C (*Non-chemicals, Chemicals, dan Change Unit Parts*)
- Aisle Operator*
- Aisle Forklift*
- Pintu 2
- Pintu 1
- Titik Koordinat Pintu 1 (84,0)



Gambar 3 merupakan *layout* usulan ruangan penyimpanan komponen perawatan kereta LRT Jabodebek yang telah dibedakan berdasarkan kelas dan memiliki satuan luas dalam *centimeter* (cm). Kelas A terdiri dari ruang komponen *tools* dengan panjang 200 cm dan lebar 300 cm. Kelas memiliki 2 rak yaitu rak R1T1 dan R1T2, rak tersebut digunakan untuk menyimpan komponen perawatan *tools*.

Kelas B terdiri dari ruang komponen *electricals* dengan panjang 400 cm dan lebar 425 cm dan ruang komponen *mechanicals* dengan panjang 400 cm dan lebar 275 cm. Ruang komponen *electrical* memiliki 9 rak yaitu R1E1, R1E2, R1E3, R1E4, R1E5, R1E6, R1E7, R1E8, dan R1E9. Rak-rak tersebut digunakan untuk penyimpanan komponen perawatan *electrical*. Ruang komponen *mechanical* memiliki 7 rak yaitu R1M1, R1M2, R1M3, R1M4, R1M5, R1M6, dan R1M7. Rak-rak tersebut digunakan untuk penyimpanan komponen perawatan *mechanical*.

Kelas C terdiri dari ruang komponen *chemicals* panjang 200 cm dan lebar 300 cm, ruang komponen *non-chemicals* dengan panjang 400 cm dan lebar 400 cm, dan ruang komponen *change unit* dengan panjang 1000 cm dan lebar 980 cm. Ruang komponen *chemical* memiliki 2 rak yaitu R1C1 dan R1C2. Rak tersebut digunakan untuk penyimpanan komponen perawatan *chemical*, selain itu ruang ini memiliki pallet yang terletak di ruang *change unit* yaitu CP1 dan CP2 komponen yang disimpan yaitu *oil gear box*. Ruang komponen *non-chemical* memiliki 6 rak yaitu R1NC1, R1NC2, R1NC3, R1NC4, R1NC5, dan R1NC6. Rak tersebut digunakan untuk penyimpanan komponen perawatan *non chemical*. Ruang komponen *change unit* terdiri dari 3 rak yaitu R2CU1, R2CU2, dan R2CU3. Rak-rak tersebut digunakan untuk penyimpanan komponen perawatan *change unit*.

2) Jarak Perpindahan Komponen

Desain *layout* telah dibuat selanjutnya adalah penentuan jarak perpindahan komponen menggunakan metode *retilinear distance*. Langkah pertama dalam menghitung jarak perpindahan yaitu menentukan koordinat x,y pada setiap ruangan komponen kereta LRT Jabodebek terhadap titik in-out (I/O). Titik I/O ada 2 pintu masuk, pintu 1 merupakan pintu masuk yang dilalui operator terdapat pada ruangan komponen *tools* dan pintu 2 adalah pintu yang dilalui *forklift* berada pada ruang penyimpanan komponen *change unit*, sehingga koordinat x,y pada setiap pintu dan rak penyimpanan komponen perawatan kereta.

Titik koordinat pada setiap rak penyimpanan komponen perawatan menggunakan bantuan *software Autocad*. Perhitungan jarak penyimpanan dihitung berdasarkan urutan kelas pada jenis komponen perawatan. Berikut contoh perhitungan menggunakan persamaan dari pintu 1 ke rak T1 komponen *Tools*.

i = Pintu 1

j = Rak R1T1

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

$$d_{ij} = |84 - 25| + |0 - 127|$$

$$d_{ij} = |59| + | - 127|$$

$$d_{ij} = 186 \text{ cm}$$

Jarak perpindahan dari pintu 1 ke rak T1 pada penyimpanan komponen perawatan *tools* sejauh 186 cm. Perhitungan jarak perpindahan operator *layout* 1 dari pintu ke rak.

Total jarak perpindahan komponen pada *layout* usulan 1 adalah 19871 cm atau sejauh 198,71 m. Jarak total ini adalah jarak yang ditempuh oleh operator pada *layout* usulan 1 dalam menyimpan komponen perawatan kereta LRT jabodebek. Jarak perpindahan *forklift* pada *layout* 1 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4: Hasil Jarak Perpindahan Forklift Layout 1

No	Ruang		Titik Koordinat x		Jarak Perpindahan x	Titik Koordinat y		Jarak Perpindahan y	Total Jarak (cm)
	dari -	ke -	i	j		i	j		
1	Pintu 2	R2CU1	490	357.5	132.5	0	362.5	362.5	495
2	Pintu 2	R2CU2	490	357.5	132.5	0	787.5	787.5	920
3	Pintu 2	R2CU3	490	357.5	132.5	0	787.5	787.5	920
Total Jarak									2335

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Total jarak penyimpanan *forklift* pada *layout* usulan 1 adalah 2335 cm atau sejauh 23,35 m. Jarak total ini adalah jarak yang ditempuh oleh *forklift* pada *layout* usulan 1 komponen perawatan kereta LRT Jabodebek.

3) Waktu Perpindahan Komponen

Waktu yang dibutuhkan dalam perpindahan dihitung menggunakan rumus kecepatan rata-rata, diketahui total jarak perpindahan pada *layout* usulan 1 adalah 198,71 m. Kecepatan rata-rata manusia berjalan sebesar 5 km/jam digunakan sebagai asumsi. Jadi kecepatan rata-rata operator adalah 1,4 m/s. Waktu yang dibutuhkan operator untuk menempuh 198,71 m adalah sebagai berikut.

$$\text{waktu (s)} = \frac{\text{jarak (m)}}{\text{kecepatan rata-rata (v)}}$$

$$\text{waktu (s)} = \frac{198,71}{1,4}$$

$$\text{waktu (s)} = 141,9 \text{ m/second}$$

Jadi, waktu yang dibutuhkan operator untuk menempuh jarak 198,71 m adalah 28.196,9 detik.

Kecepatan rata-rata *forklift* diasumsikan sebesar 10 km/jam. Jadi kecepatan rata-rata *forklift* adalah 0,27 m/s. Maka waktu yang dibutuhkan *forklift* untuk menempuh 23,35 m adalah sebagai berikut.

$$\text{waktu (s)} = \frac{\text{jarak (m)}}{\text{kecepatan rata-rata (v)}}$$

$$\text{waktu (s)} = \frac{23,35}{0,27}$$

$$\text{waktu (s)} = 86,4 \text{ m/second}$$

Jadi, waktu yang dibutuhkan *forklift* untuk menempuh jarak 23,35 m adalah 2019,9 detik.

4) Ongkos Material handling

Ongkos *material handling* adalah biaya yang dikeluarkan selama pelaksanaan proses perpindahan material. Ongkos ini dihitung menggunakan jarak perpindahan dan ongkos perpindahan per m. Biaya pembelian *forklift* dengan spesifikasi Toyota 8FD35 tenaga diesel dengan harga baru Rp. 540.000.000 dan mengasumsikan memiliki nilai jual kembali seharga 100 juta setelah pemakaian selama 10 tahun. Estimasi biaya *maintenance forklift* sebesar Rp. 2.000.000 per bulan. Usulan *layout* gudang ini rencananya menggunakan 2 orang pekerja atau operator dengan biaya satu orang mengikuti UMR Jakarta sebesar Rp.4.901.798 perbulanya. Ongkos *material handling* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5: Ongkos Material Handling

Jumlah MH	1	unit
Harga MH	Rp 540,000,000.00	
Umur MH	10	tahun
Total Biaya MH	Rp 540,000,000.00	
Depresiasi/tahun	Rp 44,000,000	/tahun
Depresiasi/hari	Rp 183,333.33	/hari

Gaji Operator	Rp 4,901,798	/bulan
Jumlah operator	1	
T. Gaji Operator	Rp 4,901,798	
Gaji Operator	Rp 245,089.90	/hari
Biaya Maintanance	Rp 2,000,000	/bulan
Biaya Maintanance	Rp 100,000	/hari
Total Biaya	Rp 5,248,423	/hari
Total Biaya	Rp 66,052.90	/jam
Kecepatan	10000	m/jam
Biaya/jarak	Rp 6.61	/m

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Total biaya *material handling* dihitung menggunakan persamaan seperti berikut:

Total OMH = Ongkos Mesin + Ongkos Operator

Total OMH = (Rp. 540.000.000 + Rp. 44.000.000 + Rp. 24.000.000) + (2 x Rp. 58.821.576)

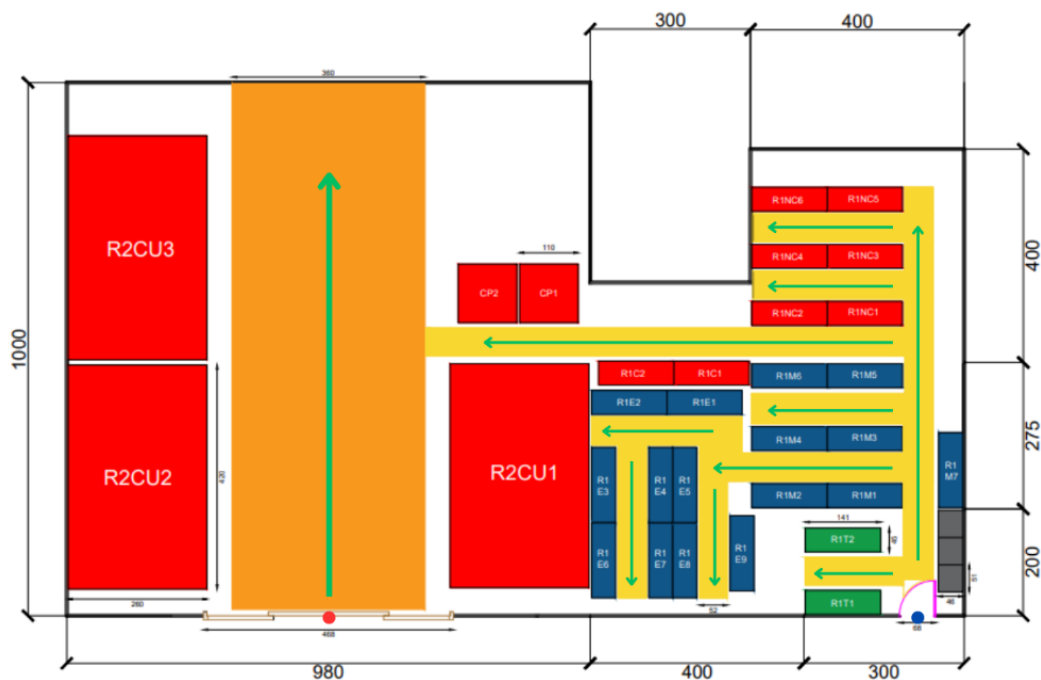
Total OMH = Rp. 666.821.576

Jadi, total ongkos *material handling* pada usulan *layout* gudang komponen kereta LRT Jabodebek adalah Rp. 668.821.576. Ongkos *material handling* Rp. 65,59 per meter, sehingga total ongkos *material handling* pada *layout* usulan 2 adalah Rp. 65,59 x 23,35 m adalah Rp.1.531,3 / meter.

3.7 Layout Usulan 2

1) Desain Layout













Desain *layout* merupakan tahap awal pada pembuatan *layout* usulan dengan membuat kategori kelas dengan metode *class based storage* dari setiap jenis komponen. Dimensi luas ruang komponen perawatan keretadapat digunakan pada Tabel 4.18 digunakan untuk membuat desain *layout* tata letak fasilitas. Desain usulan *layout* 2 dengan menggunakan ukuran dalam cm dengan menggunakan ukuran dalam cm dan skala 1:75 dapat dilihat pada lampiran. Perbedaan desain usulan 2 adalah penempatan rak yang dibuat lebih dekat dengan pintu keluar masuk barang atau menggunakan prinsip *work principle* dan memerhatikan gang atau lorong untuk operator atau menggunakan prinsip *space utilization principle*.



Gambar 4: Layout Usulan 2

Sumber: (Penulis, 2023)

Keterangan:

	Kelas A (<i>Tools</i>)
	Kelas B (<i>Electrical dan Mechanical Parts</i>)
	Kelas C (<i>Non-chemicals, Chemicals, dan Change Unit Parts</i>)
	<i>Aisle Operator</i>
	<i>Aisle Forklift</i>
	Pintu 2
	Pintu 1
	Titik Koordinat Pintu 1 (84,0)
	Titik Koordinat Pintu 2 (490,0)
	Alur Penyimpanan Komponen
	Tempat Sampah
	Lahan Kosong

Gambar 4 merupakan *layout* usulan ruangan penyimpanan komponen perawatan kereta LRT Jabodebek yang telah dibedakan berdasarkan kelas dan memiliki satuan luas dalam centimeter (cm). Kelas A terdiri dari ruang komponen *tools* dengan panjang 200 cm dan lebar 300 cm. Kelas memiliki 2 rak yaitu rak R1T1 dan R1T2, rak tersebut digunakan untuk menyimpan komponen perawatan *tools*.

Kelas B terdiri dari ruang komponen *electricals* dengan panjang 400 cm dan lebar 425 cm dan ruang komponen *mechanicals* dengan panjang 400 cm dan lebar 275 cm. Ruang komponen *electrical* memiliki 9 rak yaitu R1E1, R1E2, R1E3, R1E4, R1E5, R1E6, R1E7, R1E8, dan R1E9. Rak-rak tersebut digunakan untuk menyimpan komponen perawatan *electrical* pada Tabel 4.3. Ruang komponen *mechanical* memiliki 7 rak yaitu R1M1, R1M2, R1M3, R1M4, R1M5, R1M6, dan R1M7. Rak-rak tersebut digunakan untuk menyimpan komponen perawatan *mechanical*.

Kelas C terdiri dari ruang komponen *chemicals* panjang 200 cm dan lebar 300 cm, ruang komponen *non-chemicals* dengan panjang 400 cm dan lebar 400 cm, dan ruang komponen *change unit* dengan panjang 1000 cm dan lebar 980 cm. Ruang komponen *chemical* memiliki 2 rak yaitu R1C1 dan R1C2. Rak-rak tersebut digunakan untuk menyimpan komponen perawatan *chemical*, selain itu ruang ini memiliki pallet yang terletak di ruang *change unit* yaitu CP1 dan CP2 komponen yang disimpan yaitu *oil gear box*. Ruang komponen *non-chemical* memiliki 6 rak yaitu R1NC1, R1NC2, R1NC3, R1NC4, R1NC5, dan R1NC6. Rak-rak tersebut digunakan untuk menyimpan komponen perawatan *non chemical*. Ruang komponen *change unit* terdiri dari 3 rak yaitu R2CU1, R2CU2, dan R2CU3. Rak-rak tersebut digunakan untuk menyimpan komponen perawatan *change unit*.

Perbedaan *layout* 1 dan *layout* 2 terletak pada penempatan posisi rak dan pintu 1 pada lahan *tools*. Posisi pintu pada *layout* 1 terletak disebelah kiri dari dimensi total lahan dan terletak ditengah lahan atau area *tools*, sedangkan pintu 1 pada *layout* 2 terletak sebelah kanan dimensi total luas lahan dan pintu terletak berada dipinggir menyesuaikan dengan lebar *aisle* dan kapasitas rak pada area *tools*. Penentuan rak pada *layout* 2 dan 1 disesuaikan dengan jalur *aisle* dengan kapasitas rak dan kapasitas area setiap ruangan, sehingga perbedaan posisi rak dibeberapa ruangan berbeda.

Menentukan titik koordinat pada setiap ruang komponen perawatan menggunakan bantuan *software Autocad*. Berikut perhitungan jarak penyimpanan ruang penyimpanan komponen menggunakan persamaan dari pintu 1 ke rak T1 komponen *Tools*.

$i = \text{Pintu 1}$

$j = \text{Rak R1T1}$

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

$$d_{ij} = |87.5 - 227| + |0 - 25|$$

$$d_{ij} = |-139.5| + |-25|$$

$$d_{ij} = 164.5 \text{ cm}$$

Jarak perpindahan dari pintu 1 ke rak T1 pada penyimpanan komponen perawatan *tools* sejauh 139.5 cm. Perhitungan jarak perpindahan operator dari pintu ke rak pada *layout* usulan 2.

Total jarak penyimpanan pada *layout* usulan 2 adalah 19760 cm atau sejauh 197,60 m. Jarak total ini adalah jarak yang ditempuh oleh operator pada *layout* usulan 2 untuk menyimpan komponen perawatan kereta LRT jabodebek. Jarak perpindahan *forklift layout* usulan 2 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6: Hasil Jarak Perpindahan Forklift Layout 2

No	Ruang		Titik Koordinat x		Jarak Perpindahan	Titik Koordinat y		Jarak Perpindahan	Total Jarak (cm)
	dari -	ke -	i	j	x	i	j	y	
1	Pintu 2	R2CU1	490	357,5	132,5	0	262,5	262,5	395
2	Pintu 2	R2CU2	490	357,5	132,5	0	262,5	262,5	395
3	Pintu 2	R2CU3	490	357,5	132,5	0	690	690	822,5
Total Jarak									1612,5

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Total jarak penyimpanan *forklift* pada *layout* usulan 2 adalah 1612.5 cm atau sejauh 16,125 m. Jarak total ini adalah jarak yang ditempuh oleh *forklift* pada *layout* usulan 2 untuk menyimpan komponen perawatan kereta LRT Jabodebek.

2) Waktu yang dibutuhkan dalam perpindahan

Waktu yang dibutuhkan dalam perpindahan dihitung menggunakan rumus kecepatan rata-rata, diketahui total jarak perpindahan pada *layout* usulan 2 adalah 197,60 m. Kecepatan rata-rata manusia berjalan sebesar 5 km/jam digunakan sebagai asumsi. Jadi 5 km/jam kecepatan rata-rata operator adalah 1,4 m/s. Waktu yang dibutuhkan operator untuk menempuh 197,60 m adalah sebagai berikut:

$$\text{waktu (s)} = \frac{\text{jarak (m)}}{\text{kecepatan rata-rata (v)}}$$

$$\text{waktu (s)} = \frac{197,60}{1,4}$$

$$\text{waktu (s)} = 141,14 \text{ m/second}$$

Jadi, waktu yang dibutuhkan operator untuk menempuh jarak 197,60 m adalah 27.889,8 detik.

Kecepatan rata-rata *forklift* diasumsikan sebesar 10 km/jam. Jadi kecepatan rata-rata *forklift* adalah 0,27 m/s. Waktu yang dibutuhkan *forklift* untuk menempuh 16,125 m adalah sebagai berikut.

$$\text{waktu (s)} = \frac{\text{jarak (m)}}{\text{kecepatan rata-rata (v)}}$$

$$\text{waktu (s)} = \frac{16,125}{0,27}$$

$$\text{waktu (s)} = 59,7 \text{ m/second}$$

Jadi, waktu yang dibutuhkan *forklift* untuk menempuh jarak 16,125 m adalah 963 detik.

3) Ongkos Material Handling

Ongkos *material handling* adalah biaya yang dikeluarkan adalah pelaksanaan proses perpindahan material. Ongkos ini dihitung menggunakan jarak perpindahan dan ongkos perpindahan per m. Biaya pembelian *forklift* dengan spesifikasi Toyota 8FD35 tenaga diesel dengan harga baru Rp. 540.000.000

dan memiliki nilai jual Kembali seharga 100 juta setelah pemakaian selama 10 tahun. Estimasi biaya *maintenance forklift* sebesar Rp. 2.000.000 per bulan. Pada usulan *layout* gudang ini rencanya menggunakan 2 orang pekerja atau operator dengan biaya satu orang mengikuti UMR Jakarta sebesar Rp.4.901.798 perbulanya. Perhitungan *material handling layout* 2 sama dengan perhitungan *material handling layout* 1, dapat dilihat pada Tabel 5. Total ongkos *material handling* pada perancangan tata letak gudang komponen kereta LRT Jabodebek adalah Rp. 668.821.576. Diketahui Ongkos *material handling* Rp. 65.59 per meter, sehingga total ongkos *material handling* pada *layout* usulan 2 adalah Rp. 65.59 x 16,12 m adalah Rp.1.057,3 / meter.

4) Jarak Perpindahan Komponen

Desain *layout* telah dibuat selanjutnya adalah penentuan jarak perpindahan komponen menggunakan metode *retilinear distance*. Langkah pertama dalam menghitung jarak perpindahan yaitu menentukan koordinat x,y pada setiap ruangan komponen kereta LRT Jabodebek terhadap titik *in-out* (I/O). Titik I/O ada 2 pintu masuk, pintu 1 merupakan pintu masuk yang dilalui operator terdapat pada ruangan komponen *tools* dan pintu 2 adalah pintu yang dilalui *forklift* berada pada ruang penyimpanan komponen *change unit*, sehingga koordinat x,y pada setiap pintu dan rak penyimpanan komponen perawatan kereta

Pemilihan *Layout* Usulan

Pada subbab sebelumnya telah dibuat dua *layout* usulan dan sebagai perbandingannya adalah jarak perpindahan, waktu perpindahan, dan ongkos *material handling* yang dikeluarkan. Kedua alternatif *layout* tersebut memiliki jarak dan waktu perpindahan material yang berbeda, tetapi untuk ongkos *material handling* memiliki kesamaan. Hasil dari setiap usulan *layout* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7: Hasil *Layout* Usulan

<i>Layout</i> Usulan	Jarak Perpindahan Operator (m)	Jarak Perpindahan <i>Forklift</i> (cm)	Waktu Perpindahan Operator (detik)	Waktu Perpindahan <i>Forklift</i> (detik)	Biaya <i>Material Handling</i> (Rp.)
1	198,71	2335	28.196,9	2.019,9	668.821.576
2	197,60	1612,5	27.889,8	963	668.821.577

Sumber: Pengolahan Data 2023

Hasil perhitungan pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa *layout* 1 dan *layout* 2 memiliki perbedaan pada nilai jarak perpindahan operator dan *forklift* dan waktu perpindahan penyimpanan komponen perawatan kereta LRT Jabodebek. Menurut Putra (2018), penentuan prioritas utama dalam pemilihan alternatif *layout* didasarkan pada jarak dan waktu pemindahan barang dikarenakan tujuan utama dalam merancang tata letak fasilitas gudang adalah untuk meminimalkan jarak perpindahan barang, sehingga waktu pemindahan dapat dikurangi. Fokus utama pada penelitian ini adalah pada usulan *layout* yang memiliki jarak dan waktu perpindahan komponen yang paling minimal, karena biaya ongkos *material handling* dalam perancangan *layout* usulan tetap. Alternatif yang memiliki nilai jarak dan waktu paling sedikit adalah *layout* 2. Jarak perpindahan operator sejauh 197,5 m berbeda 1,1 m dari *layout* 1. Jarak perpindahan *forklift* 16,12 m berbeda 7,23 m dari *layout* 1. Waktu perpindahan operator selama 27.889,8 detik berbeda 307,1 detik dari *layout* 1. Waktu perpindahan *forklift* selama 963 detik berbeda 1.056,9 detik dari *layout* 1, oleh karena itu, *layout* 2 terpilih sebagai *layout* usulan untuk perancangan tata letak fasilitas gudang komponen perawatan kereta LRT Jabodebek.

4. Kesimpulan

Hasil dari pengolahan data dan analisis pembahasan mengenai perancangan tata letak fasilitas gudang komponen perawatan kereta LRT Jabodebek, dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Merancang tata letak fasilitas yang sesuai untuk gudang komponen perawatan kereta LRT Jabodebek menggunakan metode *class-based storage*. Metode ini digunakan berdasarkan banyaknya jumlah komponen kereta dan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Langkah pertama perancangan adalah membedakan komponen berdasarkan karakteristik jenis komponen, sehingga didapatkan

komponen *chemicals* sebanyak 8 jenis, komponen *non-chemicals* sebanyak 12 jenis, komponen *electrical* sebanyak 120 jenis, komponen *mechanicals* sebanyak 43 jenis, komponen *change unit* sebanyak 6 jenis, dan *tools* sebanyak 42 jenis. Selanjutnya adalah pembentukan kelas berdasarkan dari frekuensi perawatan komponen kereta. Kelas A persentase frekuensi 79.1% terdiri dari komponen *Tools*. Kelas B hasil persentase frekuensi 17.9% terdiri dari komponen *Electrical Parts* dan *Mechanical Parts*. Kelas C persentase frekuensi 3.0% terdiri dari komponen *Chemicals Parts*, *Non-Chemicals Parts* dan *Change unit Parts*. Pembentukan kelas ini memprioritaskan posisi ruang komponen berdasarkan urutan kelas.

2. Usulan Gudang komponen perawatan kereta LRT Jabodebek dilakukan penentuan *material handling* yang digunakan, lebar aisle, lebar pintu gudang, dan penentuan tempat penyimpanan dan kapasitas penyimpan. *Material handling* yang digunakan dalam gudang ini yaitu satu *forklift* dengan spesifikasi 3,5 ton berpengerak diesel untuk membantu proses perpindahan komponen dengan berat 500 kg – 3.500 kg. Lebar aisle yang digunakan pada layout usulan adalah 52 cm untuk ruang *chemicals part*, *non-chemicals part*, *electrical part*, *mechanical part*, dan *tools*, untuk ruang *change unit* menggunakan aisle 360 cm. Dimensi pintu gudang yaitu untuk pintu gudang 1 memiliki tinggi sebesar 233 cm dan lebar 68 cm, sedangkan untuk pintu gudang 2 memiliki tinggi sebesar 287 cm dan lebar 468 cm. Penyimpanan menggunakan dua jenis rak dan pallet untuk menata dan memisahkan barang. Total rak yang dibentuk untuk rak 1 sebanyak 26 rak dan untuk rak 2 sebanyak 3 rak, sedangkan untuk pallet dibutuhkan sebanyak 34 pallet, setelah itu membuat dua desain *layout* usulan. Usulan *layout* 1 dengan total jarak perpindahan penyimpanan komponen oleh operator sejauh 198.71 m, penyimpanan oleh *forklift* sejauh 23,35 m, waktu perpindahan operator selama 28.196,9 detik, waktu perpindahan *forklift* selama 2.019,9 detik dan total ongkos *material handling* sebesar Rp. 668,821,576. Usulan *Layout* 2 dengan total jarak perpindahan operator sejauh 197,5 m, jarak perpindahan *forklift* sejauh 16,12 m, Waktu perpindahan operator selama 27.889,8 detik, waktu perpindahan *forklift* selama 963 detik dan total ongkos *material handling* sebesar Rp. 688,821,576. Prioritas pemilihan *layout* ini yaitu, jarak perpindahan dan waktu perpindahan, dikarenakan ongkos *material handling* yang sama, maka dipilih *layout* usulan 2 sebagai alternatif usulan perancangan tata letak fasilitas pada gudang perawatan komponen kereta LRT Jabodebek, karena *layout* 2 memiliki jarak perpindahan operator lebih pendek 1,1 m dari *layout* 1, jarak perpindahan *forklift* lebih pendek 7,23 m dari *layout* 1, waktu perpindahan operator yang lebih singkat 307,1 detik dari *layout* 1, dan waktu perpindahan *forklift* lebih singkat 1.056,9 detik dari *layout* 1.

Daftar Pustaka

- Antropometri, I. (2023, November 1). *Data Antropometri*. Retrieved November 1, 2023, from AntropometriIndonesia: https://antropometriindonesia.org/index.php/detail/artikel/4/10/data_antropometri
- Arunyanart, S., & et all. (2019). *Improving Efficiency on Warehouse Management: Case Study of Beverage Company's Distribution Center*. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, Volume 24. Issue: 03.
- Heragu. (2008). *Facilities Design*. CRS Press.
- Idris, M. (2023, November 1). *Daftar Lengkap UMR Jakarta 2023 dan Bodetabek*. Retrieved from money.kompas.com: <https://money.kompas.com/read/2023/01/11/120532426/daftar-lengkap-umr-jakarta-2023-dan-bodetabek>
- Kusuma, S. (2017). *Analisis Sistem Manajemen Pergudangan Pada Cv. Sulawesi Pratama Manado*. (Skripsi Sarjana, Universitas Sam Ratulangi Manado).
- Maghriza, R. A. (2023). *Perancangan Ulang Alokasi Slot Penyimpanan Item Gudang dengan Metode Class Based Storage Untuk Mengurangi Overtime Pada Warehouse*. (Skripsi Sarjana, Universitas Islam Indonesia).
- Melia, S. D. (2020). *Usulan Tata Letak Gudang Non Semen Menggunakan Metode Class Based Storage Di Pt Intiaga Sukses Abadi Cabang Medan*. *Jurnal Industri Kreatif (JIK)*, Vol. 4, No. 1.

- Nugroho, B. P. (2018). Perbaikan Tata Letak Penempatan *Spare Part* dengan Metode "*Class Based Storage Moving Part Policy*" pada Gudang *Spare Part* PT Wahana Sun Solo. (Skripsi Sarjana, Universitas Negeri Yogyakarta).
- PT INKA. (2019). *General Arrangement of Motor Car*. PT Industri Kereta Api. Madiun: PT Industri Kereta Api.
- PT INKA. (2023, Oktober 28). *LRT Jabodebek*. Retrieved November 1, jam 20.10 WITA, 2023, from [inka.co.id](https://www.inka.co.id): <https://www.inka.co.id/product/view/76>
- Putra, Y. A. (2018). Rancangan Perbaikan Tata Letak Gudang dengan Metode *Class Based Storage* dan *Pallet Racking System*. (Skripsi Sarjana, Universitas Brawijaya).
- Rohayati, N. E. (2021). 35 : Menemukan Rumus Kecepatan Melalui Metode Permainan Berbasis Media Dalam Kajian DDR. *Prosiding DDR Conference*, 238 - 243.
- Tika, A. R. (2023). *Perancangan Layout Penempatan Finish Good di PT. DSV Solutions Indonesia Cabang Semarang dengan Metode Class Based Storage*. (Skripsi Sarjana, Universitas Diponegoro).