

ANALISIS TATA LETAK GUDANG DISTRIBUSI PADA PERUSAHAAN AEROSPACE MENGGUNAKAN SYSTEM LAYOUT PLANNING DAN METODE CLASS BASED STORAGE

Wahyu Poncotoyo¹, Dinar Kania², Sarinah Sihombing³, Sesaria Mardhiani Rachma Puspitsa⁴, Sita Aniisah Sholihah⁵,
Luluk Fauziah⁶

Institut Transportasi dan Logistik Trisakti, Jakarta, Indonesia
Email: wahyuponcotoyo@lecturer.itltrisakti.ac.id , Lulukfauziah24@gmail.com

Abstrak. Perusahaan Aerospace menghadapi masalah tata letak gudang yang kurang efisien dan sering terjadi kekurangan serta kelebihan komponen pesawat. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi metode peramalan kausal untuk memprediksi permintaan komponen selama lima tahun ke depan dan penerapan metode Class Based Storage. Hasil penelitian menunjukkan fluktuasi permintaan tahunan antara 651 hingga 829 item dengan akurasi peramalan tinggi. Pengoptimalan tata letak dengan Class Based Storage berhasil meningkatkan efisiensi penyimpanan dan pemanfaatan ruang, sehingga diharapkan dapat meningkatkan strategi manajemen gudang yang efektif.

Kata kunci: Peramalan Kausal, Tata Letak, *Systematic Layout Planning*, Gudang, Penerbangan

Abstract. *Aerospace company faces inefficiencies in warehouse layout and frequent occurrences of both shortages and surpluses of aircraft components. This study employs causal forecasting methods to predict component demand over the next five years and implements the Class Based Storage method. The results show annual demand fluctuations ranging from 651 to 829 items, with high forecasting accuracy. The optimization of the warehouse layout using Class Based Storage successfully enhances storage efficiency and space utilization, contributing to the development of effective warehouse management strategies.*

Keywords: *Causal Forecasting, Warehouse Layout, Class Based Storage, Systematic Layout Planning, Aircraft*

1. PENDAHULUAN

Industri penerbangan Indonesia tumbuh pesat selama 2019-2023, dengan jumlah penumpang meningkat setiap tahun meski terdampak pandemi COVID-19. Penelitian (Sihombing et al. 2022) menunjukkan bahwa kemudahan akses transportasi udara berkontribusi pada penyebaran virus corona, sehingga diperlukan regulasi yang ketat. Meskipun pandemi sempat mengganggu, data menunjukkan pemulihan di sektor transportasi udara Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2024).



Gambar 1. 1 Perkembangan Jumlah Penumpang Pesawat Domestik Dan Internasional 5 Tahun Terakhir
Sumber : (Badan Pusat Statistik, 2024)

Dalam bisnis jasa perawatan pesawat di perusahaan Aerospace, komponen utama yang digunakan dalam proses perawatan pesawat adalah suku cadang. Karena pesawat terbang memiliki jumlah suku cadang yang banyak, hampir jutaan bagian material yang dibutuhkan untuk komponen pesawat terbang. Dengan demikian, sebagai bisnis yang menyediakan jasa perawatan pesawat dan komponen pesawat, perusahaan Aerospace harus memantau ketersediaan material dan suku cadang sehingga dapat digunakan ketika dibutuhkan, tetap berprinsip pada efisiensi sehingga material yang ada tidak menjadi beban inventory dan tidak terjadi overstock di gudang. Salah satu permasalahan yang dihadapi perusahaan Aerospace saat ini adalah sering terjadinya kekurangan dan kelebihan pemesanan jumlah komponen pesawat di dalam gudang serta kondisi penempatan barang yang kurang maksimal yang diakibatkan Permasalahan yang ada di gudang saat ini adalah terdapat adanya pencampuran penyimpanan barang di gudang yang memiliki kategori barang cepat keluar (*fast moving*) dan barang dengan kategori jarang keluar (*slow moving*) serta penempatan barang yang memiliki kategori *fast moving* belum optimal karena sebagian letaknya justru jauh dari pintu masuk.

Untuk mengatasi tantangan di masa mendatang yang tidak dapat dipastikan, maka harus berusaha menyelesaikannya dengan menggunakan model pendekatan yang sesuai dengan perilaku data aktual serta melakukan peramalan dan tata letak gudang. Analisis peramalan digunakan untuk menentukan jumlah permintaan barang untuk menentukan apakah barang tersebut dapat dimasukkan sepenuhnya ke dalam rak gudang. Karena peramalan dan tata letak gudang merupakan komponen penting dalam perencanaan produksi jangka panjang. Melihat perkembangan jumlah produksi barang yang tersedia dan barang yang sudah terpakai untuk meminimalisir kejadian *overstock* maupun *stockout* yang sering terjadi. *Overstock* maupun *stockout* merupakan suatu kondisi yang sebisa mungkin dihindari oleh perusahaan.

Maka dari itu, metode untuk penelitian ini mencakup analisis peramalan kausal yang dikombinasikan dengan metode *system layout planning* dan *classbased storage*. Berdasarkan uraian dan latar belakang sebelumnya, Penulis terdorong untuk melakukan penelitian lebih lanjut dan menyelesaikannya dalam bentuk tulisan tugas akhir dengan judul: “ANALISIS TATA LETAK GUDANG DISTRIBUSI PADA PERUSAHAAN AEROSPACE MENGGUNAKAN SYSTEM LAYOUT PLANNING DAN METODE CLASS BASED STORAGE”

2. LANDASAN TEORI

Gudang merupakan tempat penyimpanan sementara dan tempat penanganan barang mentah, barang setengah jadi, dan barang jadi. Gudang juga sebagai titik pendistribusian barang ke konsumen akhir. (Rushton, Croucher, & Baker, 2014; Maulana et al. 2022)

Peramalan adalah seni dan ilmu dalam memprediksi sesuatu yang belum terjadi dengan tujuan memperkirakan peristiwa-peristiwa di masa depan. Proses ini selalu memerlukan data-data dari masa lalu yang mencakup kebutuhan dalam hal kuantitas, kualitas, waktu, dan lokasi untuk memenuhi permintaan barang atau jasa. Dengan peramalan, kemungkinan terjadinya peristiwa-peristiwa yang tidak sesuai dengan tujuan dapat diantisipasi dengan kesiapan yang lebih baik.

Metode Peramalan Kausal adalah peramalan yang mengasumsikan faktor yang diperkirakan menunjukkan adanya hubungan sebab akibat dengan satu atau beberapa variabel bebas (*independent*). Bagian dari metode peramalan kausal diantaranya adalah :

1) Analisis Regresi Linear Sederhana

Analisis regresi linearsederhana melibatkan dua variabel: satu variabel dependen (tergantung) dan satu variabel independen (bebas). Dalam analisis ini, hubungan antara kedua variabel bersifat linier, sehingga perubahan pada variabel X diikuti oleh perubahan tetap pada variabel Y. Tujuan utama dari analisis regresi linear sederhana adalah untuk meramalkan atau memprediksi nilai Y. Untuk menjadi model regresi linear

sederhana yang baik, harus memenuhi asumsi-asumsi seperti eksogenitas, linearitas, autokorelasi, dan varians error yang konstan. Persamaan Regresi Linear

$$Y = a + bX$$

Dimana:

- Y adalah variabel dependen yang diramalkan
- X adalah variabel independent
- a adalah konstanta
- b adalah koefisien regresi

2) Analisis Regresi Linear berganda

Analisis regresi linear berganda melibatkan lebih dari dua variabel, yaitu satu variabel dependen (terikat) dan lebih dari satu variabel independen (bebas). Disebut linear berganda karena beberapa variabel independen tersebut memiliki pengaruh terhadap variabel dependen. Analisis ini bertujuan untuk menentukan variabel independen mana yang paling berpengaruh atau memiliki hubungan paling kuat dengan variabel dependen. Selain itu, metode ini juga digunakan untuk menguji hipotesis mengenai karakteristik hubungan antar variabel tersebut.. Persamaan Regresi Linear Berganda

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

Dimana:

- Y adalah variabel dependen.
- $X_1, X_2, \dots, X_n$ adalah variabel independen.
- a adalah konstanta.
- $b_1, b_2, \dots, b_n$ adalah koefisien regresi untuk masing-masing variabel independen.

Dalam melakukan peramalan menggunakan metode-metode diatas maka tidak akan terlepas dari indikator-indikator pengukuran akurasi peramalan, pada analisis kesalahan peramalan terdapat berbagai macam indikator dalam mengukur akurasi peramalan, namun paling umum dijumpai adalah : mean absolute deviation (MAD), mean absolute percentage error (MAPE), dan mean squared error (MSE) . Berikut alternative yang dipakai untuk mengukur kesalahan peramalan :

a) MAD (mean absolute deviation)

Menurut (Singgih Santoso 2009), *Mean Absolute Deviation* (MAD) adalah ukuran ketepatan ramalan yang dihitung dengan merata-rata nilai absolut dari setiap kesalahan prediksi. Metode ini digunakan untuk mengevaluasi ketepatan sebuah metode peramalan dengan menjumlahkan kesalahan-kesalahan yang absolut. MAD berguna dalam mengukur kesalahan ramalan dalam satuan yang sama dengan deret data aslinya. Nilai MAD dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$MAD = \frac{\sum |aktual_t - ramalan_t|}{n}$$

B. MSE (Mean Squared Error)

Menurut (Pakaja 2012), *Mean Squared Error (MSE)* adalah metode lain yang digunakan untuk mengevaluasi metode

peramalan. Dalam MSE, setiap kesalahan atau residu dikuadratkan, yang membuat pendekatan ini lebih peka terhadap kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan tersebut dikuadratkan. MSE menghasilkan estimasi yang cenderung lebih baik untuk kesalahan kecil, tetapi 28 Institut Transportasi dan Logistik Trisakti bisa memperbesar perbedaan ketika terdapat kesalahan yang besar. MSE adalah metode kedua yang umum digunakan untuk mengukur keseluruhan kesalahan peramalan, dengan cara menghitung rata-rata selisih kuadrat antara nilai yang diramalkan dan nilai yang diamati. Kekurangan dari MSE adalah kecenderungannya untuk memperbesar deviasi besar akibat pengkuadratan. Rumus untuk menghitung MSE adalah sebagai berikut.

$$MSE = \frac{\sum |aktualt - ramalantx|}{n} \times 100\%$$

Metode System Layout Planning merupakan metode perancangan tata letak peralatan yang membantu mengatur area pabrik dan mengatur area tersebut sesuai dengan hubungannya dan satu sama lain. Desain yang menggunakan teknik perencanaan tata letak sistematis dikembangkan oleh Richard Muther. Oleh karena itu, metode SLP terdiri dari bagian kerangka, pola prosedur, dan aturan untuk identifikasi, evaluasi, dan evaluasi kawasan dalam perancangan tata ruang. (Muthers dan Hales, 2015) menjelaskan langkah-langkah yang digunakan untuk mendesain tata letak dalam bentuk diagram yaitu sebagai berikut:

- a. Mengumpulkan data awal: data proses produksi, data desain produk, dan jadwal produksi
- b. Menentukan hubungan aktivitas dan aliran material:
- c. Diagram aktivitas dan aliran Diagram hubungan aktivitas dan aliran berfungsi untuk menggambarkan kedekatan aktivitas antar departemen. Diagram keterkaitan menunjukkan pengaturan area yang baik dan fungsional dan menjadi dasar dalam pembuatan diagram aktivitas dan aliran
- d. Analisis kebutuhan dan ketersediaan ruang Analisis kebutuhan ruang berfungsi untuk menghitung besar ruang dan ketersediaan ruang untuk aktivitas produksi dalam setiap area.
- e. *Space Relationship* Diagram Pembuatan diagram hubungan ruang adalah menyambungkan departemen atau area menggunakan garis atau pattern, oleh karena itu garis tersebut mewakili keterkaitan antar departemen
- f. Membuat modifikasi dan batasan praktis. Pembuatan modifikasi adalah melakukan beberapa perubahan yang mengarah pada hasil rancangan yang dibutuhkan.
- g. Alternatif Layout Tahap alternatif layout dilakukan dengan memilih beberapa hasil layout yang telah dianalisis dan dikembangkan sebelumnya dengan bantuan software
- h. Evaluasi Tahap evaluasi dilakukan untuk mengevaluasi hasil kinerja tata letak yang telah dipilih. Tahap ini juga

menjadi pembanding antara tata letak terpilih dan tata letak alternatif yang akan dijadikan hasil akhir sebagai tata letak terbaik

Class Based Storage adalah metode penyimpanan di mana barang atau produk dibagi ke dalam beberapa kategori berdasarkan kriteria tertentu, seperti tingkat pergerakan atau frekuensi penggunaan. Dalam Class-based Storage, produk yang sering dipindahkan atau memiliki permintaan tinggi biasanya disimpan di lokasi yang lebih mudah dijangkau, sementara produk dengan pergerakan lambat ditempatkan di lokasi yang lebih jauh atau kurang strategis. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk meningkatkan efisiensi operasional dengan mengoptimalkan penggunaan ruang dan mempercepat proses pengambilan barang

Klasifikasi ABC adalah metode analisis yang menggunakan prinsip Pareto untuk fokus pada produk dengan jumlah kecil namun nilai tinggi. Metode ini biasanya diterapkan untuk mengidentifikasi kelompok barang berdasarkan tingkat pergerakan mereka, yaitu fast moving, medium moving, dan slow moving. Penerapan klasifikasi ABC didasarkan pada data masuk dan keluar barang dari Gudang GC (Febrianty et al., 2021).

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah metode kuantitatif. Adapun sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dan data primer. Data primer adalah metode pengumpulan informasi yang dilakukan secara langsung melalui penelitian di lapangan. Dalam penelitian ini yaitu observasi dan melakukan pengamatan mengenai area gudang dengan mengamati posisi tata letak gudang serta penempatan barang-barang di area gudang perusahaan Aerospace. Data sekunder adalah teknik pengumpulan data yang melibatkan penggunaan informasi yang sudah tersedia dari sumber-sumber yang ada. Dalam hal ini, penulis mengandalkan data yang dikumpulkan dari berbagai sumber yang sudah ada, tanpa melakukan pengumpulan data primer secara langsung. Data primer dalam penelitian ini adalah mengumpulkan data item planning, ukuran rak, serta luas gudang, dan jenis itemnya.

Teknik Analisis Data

Forecasting

Forecasting merupakan suatu perhitungan peramalan untuk memproyeksikan kemungkinan dimasa yang akan datang berdasarkan data histori atau data masa lalu perusahaan, peramalan ini dilakukan karena keadaan ekonomi maupun bisnis suatu perusahaan dapat bervariasi sepanjang waktu yang di sebabkan oleh faktor-faktor internal maupun eksternal sehingga dapat mempermudah perusahaan dalam membuat

keputusan. Pada teknik *forecasting* Causal terdapat berbagai macam metode analisis, peneliti menggunakan beberapa metode untuk melakukan peramalan diantaranya :

Merupakan metode statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat antara Variabel Faktor Penyebab (X) terhadap Variabel Akibatnya. Faktor Penyebab pada umumnya dilambangkan dengan X atau disebut juga dengan *Predictor* sedangkan Variabel Akibat dilambangkan dengan Y atau disebut juga dengan *Response*. Regresi Linear Sederhana atau sering disingkat dengan SLR (*Simple Linear Regression*) juga merupakan salah satu Metode Statistik yang dipergunakan dalam produksi untuk melakukan peramalan ataupun prediksi tentang karakteristik kualitas maupun Kuantitas.

Rumus :

Model Persamaan Regresi Linear Sederhana adalah seperti berikutini:

$$Y = a + bX$$

Keterangan :

Y =Variabel Response atau Variabel Akibat (*Dependent*)

X =Variabel Predictor atau Variabel Faktor Penyebab (*Independent*)

a =konstanta

b =koefisien regresi (kemiringan);

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan menggunakan Rumus dibawah ini :

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

Pengujian Forecast Error

1) Menghitung Mean Absolute Deviation (MAD)

Mean Absolute Deviation (MAD) adalah rata-rata dari deviasi mutlak yang mengukur seberapa jauh nilai-nilai data menyimpang dari pusat data. MAD dihitung dengan mengambil rata-rata kesalahan peramalan selama periode tertentu, tanpa memperhatikan apakah hasil peramalan lebih besar atau lebih kecil dibandingkan dengan nilai aktual.

$$MAD = \frac{\sum |y_i - \hat{y}_i|}{n}$$

Keterangan :

y = nilai hasil aktual

$\hat{y}$ = nilai hasil prediksi

n = jumlah data

2) Menghitung Mean Absolute Percent Error (MAPE)

MAPE adalah alat ukur yang digunakan untuk menghitung rata-rata kesalahan persentase absolut. Semakin rendah nilai MAPE, semakin akurat hasil peramalan dibandingkan dengan hasil aktual.

$$MAPE = \sum_{i=0}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{\hat{y}_i} \right| \times 100\%$$

Keterangan :

n = jumlah data

y = nilai hasil aktual

$\hat{y}$ = nilai hasil pendugaan

3) Mean Absolute Error (MAE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah metode yang digunakan untuk menghitung rata-rata persentase kesalahan mutlak dalam peramalan. MAPE mengukur seberapa besar kesalahan peramalan dalam bentuk persentase. Semakin kecil nilai persentase kesalahan, semakin akurat hasil peramalan dibandingkan dengan nilai aktual.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

Keterangan:

n : jumlah observasi

y_i : nilai actual untuk observasi i

$\hat{y}_i$: nilai peramalan untuk observasi ke i

$|y_i - \hat{y}_i|$: nilai absolut dari selisih nilai peramalan dan aktual

4) Mean Squared Error (MSE)

Mean Squared Error (MSE) adalah ukuran yang digunakan untuk menilai performa model peramalan atau regresi. MSE mengukur rata-rata dari kuadrat kesalahan antara nilai yang sebenarnya dan nilai yang diprediksi. Nilai MSE yang lebih rendah menunjukkan bahwa model lebih akurat dalam melakukan prediksi.

$$MSE = \frac{\sum_{i=0}^n (At - Ft)^2}{n}$$

Keterangan :

At : nilai actual permintaan

Ft : hasil peramalan

N : banyak data

Metode System Layout Planning

a. Evaluasi tata letak awal

Dilakukan evaluasi terhadap tata letak awal, meliputi proses identifikasi luas per departemen, aliran material serta perhitungan jarak antar departemen, hingga perhitungan total momen jarak perpindahan barang

b. Perencanaan tata letak usulan

Proses perancangan tata letak usulan meliputi pengumpulan data sebagai input metode Systematic Layout Planning (SLP), analisis aliran material, analisis hubungan aktivitas dan diagram hubungan ruangan,

c. Pembuatan alternatif tata letak dengan metode Systematic Layout Planning (SLP)

Setelah dilakukan olah data berdasarkan sistematika SLP, maka tata letak usulan dibuat berdasarkan hubungan kedekatan pada ARC dengan Batasan-batasan tertentu.

Diagram hubungan ruangan menjadi dasar dalam pembuatan alternatif tata letak.

d. Perbandingan tata letak awal dengan tata letak usulan Berikutnya akan dilakukan perbandingan antara tata letak awal dengan alternatif tata letak yang ada. dari alternatif tata letak yang ada akan dipilih alternatif tata letak yang memiliki tota momen perpindahan jarak paling minimal serta memiliki aliran bahan yang lebih baik berdasarkan aliran proses barang.

Metode Class Based Storage

Langkah-langkah perhitungan menggunakan metode *Class-Based Storage*:

- 1) Analisis Frekuensi Perpindahan:
 - a. Kumpulkan data penerimaan dan pengeluaran produk
 - b. Hitung rata-rata pergerakan bulanan
 - c. Tentukan kapasitas pallet dan jumlah pallet yang dibutuhkan
- 2) Klasifikasi Produk:
 - a. Urutkan produk berdasarkan frekuensi perpindahan
 - b. Hitung persentase kumulatif
 - c. Kelompokkan produk menggunakan prinsip Pareto
- 3) Perhitungan Kebutuhan Penyimpanan:
 - a. Tentukan jumlah penyimpanan maksimal per item
 - b. Sesuaikan dengan kapasitas tumpukan dan penataan
- 4) Penyusunan *Layout* Baru:
 - a. Buat layout berdasarkan kebutuhan penyimpanan dan dimensi rak
- 5) Kalkulasi Jarak Perpindahan:
 - a. Ukur jarak dari pintu ke pusat penyimpanan setiap material
 - b. Gunakan rumus Rectilinear Distance untuk menghitung jarak total

Perhitungan jarak pada *layout* usulan dilakukan dengan mengukur jarak antara titik pintu keluar dengan titik pusat penyimpanan dari masing – masing rak. Langkah perhitungan sama dengan layout awal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap pengumpulan data merupakan bagian penting dalam proses penelitian, dan harus dilakukan sebelum pengolahan data. Tujuan pengumpulan data adalah untuk membantu menyelesaikan masalah yang muncul selama observasi berbagai objek yang diteliti

1) Layout Awal Gudang Perusahaan *Aerospace*

Gambar 4.1 Layout awal gudang distribusi Perusahaan *Aerospace*
Peramalan jumlah Permintaan dengan menggunakan metode causal methode

Dalam penelitian ini, menganalisis data yang diperoleh dari

perusahaan, yaitu data item planning selama 5 tahun, serta jenis



barang yang dibeli, yang dapat digunakan untuk memprediksi permintaan dalam 5 tahun ke depan. Dalam analisis forecasting, diperlukan pola permintaan barang/jasa untuk mempertimbangkan metode peramalan yang paling tepat dan sesuai. Berdasarkan data yang ada, penulis menggunakan metode peramalan kausal (causal method) untuk menguji peramalan dan kemudian melakukan perhitungan forecast error guna menentukan model peramalan yang paling cocok

Tabel 4.1 Data Item Planning Perusahaan *Aerospace*

Tahun	Order Per Tahun	Jenis Barang	Max Point (sekali order)	QTY PO ITEM
2019	7	COTTER-PIN	580	1666
2020	2	COTTER-PIN	580	500
2021	1	COTTER-PIN	580	350
2022	1	COTTER-PIN	580	300
2023	3	COTTER-PIN	580	306
2019	2	RIVET	300	2.500
2020	1	RIVET	300	1.006
2021	2	RIVET	300	750
2022	9	RIVET	300	2212
2023	4	RIVET	300	3980
2019	8	RECEPTCL	170	2622
2020	3	RECEPTCL	170	170
2021	5	RECEPTCL	170	3250
2022	2	RECEPTCL	170	560
2023	3	RECEPTCL	170	191
2019	3	BLIND BOLD	160	1050
2020	4	BLIND BOLD	160	732
2021	1	BLIND BOLD	160	350
2022	1	BLIND BOLD	160	150
2023	3	BLIND BOLD	160	450
2019	4	ORING	100	470
2020	7	ORING	100	628
2021	10	ORING	100	949
2022	12	ORING	100	665
2023	4	ORING	100	189

Sumber : Diolah Penulis

Beberapa faktor yang menyebabkan fluktuasi data item planning selama 5 tahun terakhir di perusahaan *Aerospace* dapat dikaitkan dengan perubahan dalam kegiatan operasional perusahaan. Pada awal periode, terjadi peningkatan dalam jumlah penerbangan atau pesawat yang dikelola oleh perusahaan *Aerospace* yang mengakibatkan peningkatan kebutuhan sparepart untuk mendukung pemeliharaan rutin. Seiring berjalannya waktu, terjadi penurunan drastis dalam pembelian sparepart yang disebabkan oleh pandemi COVID19, yang berlangsung selama sekitar 2 tahun. Pandemi ini menyebabkan banyak pesawat tidak beroperasi dan berdampak pada berkurangnya aktivitas penerbangan, sehingga kebutuhan akan sparepart menurun tajam. Namun, setelah situasi pandemi mulai terkendali, beberapa jenis item pesawat mulai mengalami kenaikan permintaan secara bertahap, seiring dengan pemulihan industri penerbangan dan kembalinya operasi pesawat ke kondisi normal

Tabel 4.2 Jumlah Penerbangan Tahun 2019 sampai dengan Tahun 2023

Tahun	Jumlah Penerbangan	Persentase
2019	1.124.319	4.21%
2020	1.085.210	-3.48%
2021	995.741	-8.24%
2022	955.621	-4.03%
2023	1.024.621	7.22%

Sumber : diolah penulis,

Dari data diatas didapatkan hasil persentase penerbangan tahun 2019-2023 dimana dari data tersebut bisa dilihat penerbangan tahun 2020 mengalami penurunan sebesar 3,48%. Penurunan terjadi dikarenakan adanya pandemic Covid19 sehingga berakibat terhadap jumlah penerbangan. Hasil persenantase tersebut 58 Institut Transportasi dan Logistik Trisakti nantinya akan dituangkan ke dalam rumus peramalan kausal untuk memprediksi pembelian sparepart pesawat untuk 5 tahun kedepan yaitu di tahun 2024-2028.

Tabel 4.3 Jumlah Penerbangan Tahun 2019 sampai dengan Tahun 2023

##LOA (0-70)##							
Tahun	Nama Barang	LOA (0-70)					
		X	Y	Y'	MAD	MSE	MAPE
2019	COTTER-PIN	4.21%	1,666	1,099	566.67	321,110.02	0.34
2019	RIVET	4.21%	2,500	1,099	1,400.67	1,961,864.41	0.56
2019	RECEPTCL	4.21%	2,622	1,099	1,522.67	2,318,510.84	0.58
2019	BLIND BOLD	4.21%	1,050	1,099	49.33	2,433.87	0.05
2019	ORING	4.21%	470	1,099	629.33	396,061.66	0.47
2020	COTTER-PIN	-3.48%	900	533	33.22	1,103.63	0.07
2020	RIVET	-3.48%	1,006	533	472.78	223,520.04	0.47
2020	RECEPTCL	-3.48%	170	533	363.22	131,929.45	0.75
2020	BLIND BOLD	-3.48%	732	533	198.78	39,513.11	0.27
2020	ORING	-3.48%	628	533	94.78	8,983.07	0.15
2021	COTTER-PIN	-8.24%	350	182	167.70	28,124.02	0.03
2021	RIVET	-8.24%	750	182	567.70	322,285.77	0.76
2021	RECEPTCL	-8.24%	3,250	182	3,067.70	9,410,796.67	0.94
2021	BLIND BOLD	-8.24%	350	182	167.70	28,124.02	0.03
2021	ORING	-8.24%	949	182	766.70	587,832.23	0.81
2022	COTTER-PIN	-4.03%	300	493	192.67	37,122.55	0.93
2022	RIVET	-4.03%	2,212	493	1,719.33	2,956,088.36	0.78
2022	RECEPTCL	-4.03%	560	493	67.33	4,533.04	0.12
2022	BLIND BOLD	-4.03%	150	493	342.67	117,424.18	0.87
2022	ORING	-4.03%	665	493	172.33	29,696.90	0.26
2023	COTTER-PIN	7.22%	306	1,321	1,015.00	1,030,219.64	0.79
2023	RIVET	7.22%	3,980	1,321	2,659.00	7,070,295.04	0.67
2023	RECEPTCL	7.22%	191	1,321	1,130.00	1,276,894.03	0.08
2023	BLIND BOLD	7.22%	450	1,321	871.00	758,636.40	0.58
2023	ORING	7.22%	189	1,321	1,132.00	1,281,418.02	0.14
RERATA ERROR					774.81	1,213,781	46%

Sumber : diolah penulis,

Tabel 4.3 menyajikan data aktual yang digunakan untuk menghitung nilai MAD, MSE, dan MAPE. Analisis mencakup lima jenis barang yang masuk dan keluar dari tahun 2019 hingga 2023, yaitu Cotter Pin, Rivet, Receptl, Blind Bolt, dan Oring. Data menunjukkan penurunan pada tahun 2020, kemungkinan akibat pandemi COVID-19, yang kemudian mengalami perbaikan pada tahun 2022 dan terus meningkat hingga tahun 2023. Dalam analisis, barang keluar masuk item RECEPTCL memiliki nilai Y tertinggi sebesar 3.067,70 diikuti oleh Rivet sementara Cotter-pin memiliki nilai Y terendah yaitu 33,22. Dalam melakukan analisis menggunakan metode forecasting, pemilihan parameter yang tepat dilakukan dengan membandingkan hasil peramalan berdasarkan nilai error terkecil. Semakin kecil nilai error, semakin dekat hasil 59 Institut Transportasi dan Logistik Trisakti peramalan dengan data actual. Setelah melakukan perhitungan dengan metode peramalan kausal (Causal Method Forecast) maka di dapat forecast error sebagai berikut :

Tabel 4.4 Hasil Perbandingan Forecast Error

MAD	MSE	MAPE
566.67	321,110.02	0.34
1,400.67	1,961,864.41	0.56
1,522.67	2,318,510.84	0.58
49.33	2,433.87	0.05
629.33	396,061.66	0.47
33.22	1,103.63	0.07
472.78	223,520.04	0.47
363.22	131,929.45	0.75
198.78	39,513.11	0.27
94.78	8,983.07	0.15
167.70	28,124.02	0.03
567.70	322,285.77	0.76
3,067.70	9,410,796.67	0.94
167.70	28,124.02	0.03
766.70	587,832.23	0.81
192.67	37,122.55	0.93
1,719.33	2,956,088.36	0.78
67.33	4,533.04	0.12
342.67	117,424.18	0.87
172.33	29,696.90	0.26
1,015.00	1,030,219.64	0.79
2,659.00	7,070,295.04	0.67
1,130.00	1,276,894.03	0.08
871.00	758,636.40	0.58
1,132.00	1,281,418.02	0.14
774.81	1,213,781	46%

Sumber : diolah penulis,

Berdasarkan perhitungan di atas, item Cotter-pin dan Blind Bold tahun 2021 memiliki MAPE terkecil sebesar 0,03, sedangkan item RECEPCL tahun 2021 memiliki MAPE terbesar sebesar 0,94. Nilai MAPE yang rendah menunjukkan tingkat akurasi peramalan yang lebih tinggi. Hasil MAPE yang didapat yaitu 46% yaitu dalam peramalan ini cukup baik

Tabel 4.4 Hasil Forecasting 5 Tahun Data Item Planning

SPAREPART				
2024	COTTER-PIN	-0.9%		726
2024	RIVET	-0.9%		726
2024	RECEPCL	-0.9%		726
2024	BLIND BOLD	-0.9%		726
2024	ORING	-0.9%		726
2025	COTTER-PIN	-1.9%		651
2025	RIVET	-1.9%		651
2025	RECEPCL	-1.9%		651
2025	BLIND BOLD	-1.9%		651
2025	ORING	-1.9%		651
2026	COTTER-PIN	-1.6%		675
2026	RIVET	-1.6%		675
2026	RECEPCL	-1.6%		675
2026	BLIND BOLD	-1.6%		675
2026	ORING	-1.6%		675
2027	COTTER-PIN	-0.2%		773
2027	RIVET	-0.2%		773
2027	RECEPCL	-0.2%		773
2027	BLIND BOLD	-0.2%		773
2027	ORING	-0.2%		773
2028	COTTER-PIN	0.5%		829
2028	RIVET	0.5%		829
2028	RECEPCL	0.5%		829
2028	BLIND BOLD	0.5%		829
2028	ORING	0.5%		829

HASIL FORECASTING UNTUK 5 TAHUN KEDEPAN

Sumber : Diolah penulis

Dari tabel 4.4 dapat di analisis bahwa hasil dari forecasting data item planning selama 5 tahun menunjukkan hasil rata-rata yang signifikan yaitu pada tahun 2024 menunjukkan hasil maksimal pembelian yaitu 726 item, pada tahun 2025 menunjukkan data maksimal pembelian yaitu 651 item, 2026 menunjukkan data maksimal pembelian yaitu 675, pada tahun 2027 menunjukkan data maksimal pembelian yaitu 773 serta pada tahun 2028 maksimal pembelian yaitu 829 Hasil ini di dapat dari perjumlahan intercept dan x variable 1 dikalikan dengan jumlah penerbangan.

Tabel 4.5 Ouput Regression Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error Of Estimate
1	0.068299	0.044665	0.03861	1073.993

Sumber : diolah penulis

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat nilai R square 0,044 dapat diinterpretasikan bahwa jumlah penerbangan mempengaruhi sparepart barang hanya sebesar sisanya 4,4 % dan sisanya dipengaruhi variabel lain.

Tabel 4.5 Ouput Regression Model Summary

ANNOVA					
	Sum Of Square	df	Mean Square	F	Sig
Regression	124333.2	1	124333.2	0.107792	0.745643
Residual	26529578	23	1153460		
Total	26653911	24			

Sumber : Diolah Penulis

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat tabel “Anova” diketahui nilai Signifikansi (Sig) adalah sebesar $0,745 < 0,05$ maka dapat disimpulkan bahwa hipotesis ditolak dengan kata lain jumlah penerbangan pesawat secara simultan tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah item barang di gudang

Tabel 4.6 Output Regression Coefficients

	Coefficients	t Stat	P-value
Intercept	839.7345	1.29943	0.206671
X	3681.117	0.328316	0.745643

Sumber: diolah penulis

Dalam Output Regression Coefficients dihasilkan intercept dan x variable 1 yang dihasilkan dari analisis menggunakan regresi linearsederhana dan menghasilkan persamaan regresi yaitu: $839.7345 + (3681.117) X$ Dari tabel diatas dapat diambil kesimpulan bahwa jumlah penerbangan tidak berpengaruh signifikan terhadap item sparepart pesawat, hal ini dibuktikan dengan nilai signifikansi hitung yang diperoleh lebih besar dari 5% ($0,745 > 0,05$)

Penerapan tata letak fasilitas gudang perusahaan *Aerospace* dengan menggunakan metode System Layout Planning

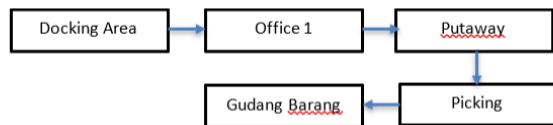
Tabel 4.7 Ukuran Gudang Perusahaan *Aerospace*

No	Nama Ruangan	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m)
1	Ruang <i>Chemical</i>	5	10	50
2	Ruang <i>Non Chemical</i>	5	10	50
3	<i>Office 1</i>	5	10	50
4	<i>Docking Area</i>	15	50	750
5	Ruang Rapat	5	4	20
6	<i>Seatshop</i>	20	20	400
7	TP <i>Mezanine</i>	12	20	240
8	Gudang <i>Inventory Tier</i>	32	10	320
9	Gudang <i>Sparepart</i>	32	50	1600
10	Gudang <i>Three Selves Rack</i>	15	14	210
11	Gudang <i>Inventory Tools</i>	15	14	210
12	<i>Putaway</i>	3	30	90
13	<i>Picking</i>	3	30	90
14	Gudang <i>Power Rack</i>	14	33	47

Sumber : Diolah Penulis

Adapun standar operasional prosedur keluar masuk barang pada perusahaan *Aerospace* adalah sebagai berikut:

Alur Operasi Barang Masuk



Keterangan :

- Gudang barang (pengangkutan) menuju ke picking area
- Proses pengecekan barang dan menghitung jumlah barang yang keluar , disesuaikan dengan laporan atau data barang keluar
- Pengangkutan dari picking area menuju *gate in/ putaway*
- Memberikan dokumen atau surat keluar barang ke *office 1* Truck menuju *docking area* dan keluar

Titik Kordinat Layout Awal

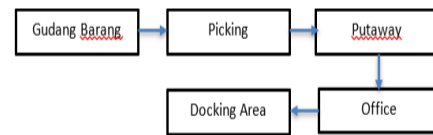
Berdasarkan material handling antar area gudang pada perusahaan *Aerospace*, maka model jarak yang dipergunakan untuk menghitung jarak material handling adalah model Rectilinear Distance dengan ukuran koordinat X dan Y. Berikut adalah titik kordinat pada gudang perusahaan *Aerospace* dengan rasio 1:10 :

Tabel 4.8 Titik Kordinat Layout awal gudang perusahaan *Aerospace*

Keterangan :

- Truk masuk ke docking area
- Karyawan memberikan dokumen ke *office 1* untuk laporan barang masuk
- Truck masuk kearah gate in gudang (*Putaway*)
- Di area *picking* (sebelum proses pengangkutan) dilakukan pengecekan barang dan jumlah barang yang masuk dan disesuaikan dengan laporan atau data barang masuk
- Proses pengangkutan barang dari *picking* ke gudang barang

Alur Operasi Barang Keluar



KODE	Nama Ruangan	X	Y
A	Ruang <i>Chemical</i>	2m	4,8m
B	Ruang <i>Non Chemical</i>	2m	4,5m
C	<i>Office 1</i>	1,5m	3,6m
D	<i>Docking Area</i>	3m	4,5m
E	<i>Seatshop</i>	1,5m	2,8m
F	TP <i>Mezanine</i>	1m	1m
G	Gudang <i>Inventory Tier</i>	3,3m	2,8m
H	Gudang <i>Sparepart</i>	5,2m	2,8m
I	Gudang <i>Three Selves Rack</i>	9,8m	2,8m
J	Gudang <i>Inventory Tools</i>	11m	2,8m
K	<i>Putaway</i>	6m	3,5m
L	<i>Picking</i>	8m	3,5m
M	Gudang <i>Power Rack</i>	11m	1,3m

Sumber : Diolah penulis

Setelah ditentukan koordinat X dan Y dapat dilakukan perhitungan dengan rumus rectilinear yaitu :

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

Contoh perhitungan jarak material handling docking area ke office yaitu :

$$D_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| = |3m - 1,5m| + |4,5m - 3,6m| = 2,4m$$

Maka jarak material handling docking area ke office adalah 24m dikarenakan nilai 2,4 dikali dengan rasio 10

Tabel 4.9 Jarak Material Handling antar Divisi

No	Aliran Proses		Jarak Rectilinear
	Dari	Ke	
1	Docking Area	Office 1	24m
2	Docking Area	Putaway	40m
3	Putaway	Picking	20m
4	TP Mezanine	Seatshop	23m
5	Seatshop	Picking	72m
6	Gudang Inventory Tier	Picking	54m
7	Gudang Sparepart	Picking	35m
8	Gudang Three Selves Rack	Picking	33m
9	Gudang Inventory Tools	Picking	37m
10	Gudang Power Rack	Picking	52m
Total Jarak Perpindahan			390m

Sumber : Diolah penulis

Activity Relationship Chart

Activity Relationship Chart (ARC) digunakan untuk mengetahui kedekatan setiap ruangan di dalam gudang barang perusahaan *Aerospace* Melalui ARC, nilai yang menunjukkan derajat hubungan di setiap ruang dicatat di segitiga atas tabel ARC. Pada metode ini terdapat lima nilai yang digunakan untuk menentukan derajat konektivitas antar ruangan dengan kode jalur yang berbeda. Kode hubungan dan kode baris dapat ditampilkan sebagai berikut :

Tabel 4.10 Derajat Hubungan Activity Relationship Chart

Kode	Derajat Hubungan	Warna Garis
A	Mutlak Perlu di Dekatkan	
E	Sangat Penting untuk di dekatkan	
I	Penting untuk didekatkan	
O	Cukup/Biasa	
U	Tidak Penting	Tidak ada warna
X	Tidak dikehendaki Berdekatan	

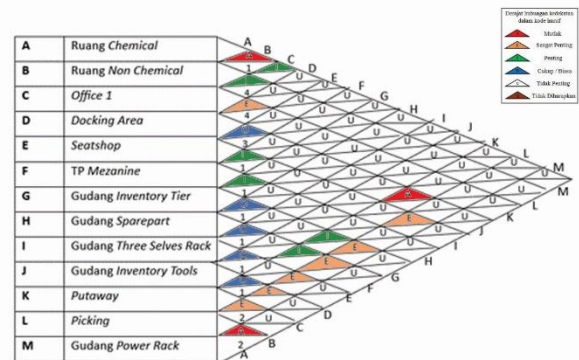
Sumber : Diolah peneliti

Tabel 4.11 Tabel Alasan Keterikatan

Kode	Alasan Keterikatan
1	Hubungan Aliran tata letak
2	Hubungan Aliran Kerja
3	Tidak ada hubungan
4	Hubungan Kearsipan
5	Tidak Penting

Sumber : Diolah penulis

Tabel 4.11 diatas adalah alasan yang mendasari penilaian saat menentukan nilai derajat hubungan dalam suatu ARC, Karena alasan tersebut hubungan kedekatan diciptakan untuk setiap ruang di gudang barang perusahaan *Aerospace* dan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



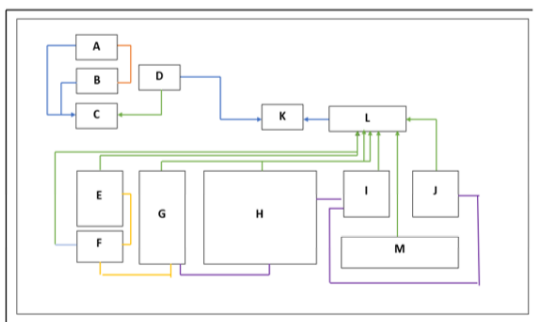
Gambar Activity Relationship Chart

Sumber : Diolah penulis

Dari gambar diatas terdapat 78 hubungan kedekatan pada gudang perusahaan *Aerospace*, dari 57 tersebut diantaranya terbagi menjadi beberapa nilai. Nilai A didapat ada 3 atau setara dengan 4% ruangan yang mutlak harus berdekatan, nilai I sebanyak 6 atau setara dengan 8% ruangan penting yang harus berdekatan, nilai E sebanyak 7 atau setara 9% ruangan itu sangat penting didekatkan dan nilai U sebanyak 57 atau setara 29% ruangan yang tidak penting untuk didekatkan

Activity Relationship Diagram

Activity Relationship Diagram (ARD) adalah diagram yang merepresentasikan hubungan aktivitas berdasarkan prioritas kedekatan. Di bawah ini adalah diagram hubungan aktivitas masing-masing area dari perusahaan *Aerospace*.



Gambar Activity Relationship Diagram

Sumber : Diolah Penulis

Keterangan :

A : Ruang Chemical F : TP Mezanine K : Putaway
B : Ruang Non Chemical G : Gudang Inventory Tier L : Picking
C : Office H : Gudang Sparepart M : Gudang Power Rack
D : Docking Area I : Gudang Three Selves Rack
E : Seatshop J : Gudang Inventort Tools

Tabel 4.12 Titik Kordinat Layout Usulan

KODE	Nama Ruangan	X	Y
A	Ruang Chemical	2m	4,8m
B	Ruang Non Chemical	2m	4,5m
C	Office 1	1,5m	3,6m
D	Docking Area	3m	4,5m
E	Seatshop	2m	3m
F	TP Mezanine	3,8	1m
G	Gudang Inventory Tier	2m	2m
H	Gudang Sparepart	5,5m	2,8m
I	Gudang Three Selves Rack	9m	2,5m
J	Gudang Inventory Tools	9,8m	3m
K	Putaway	5m	3,3m
L	Picking	5m	3m
M	Gudang Power Rack	9,2m	1,5m

Sumber : Diolah penulis

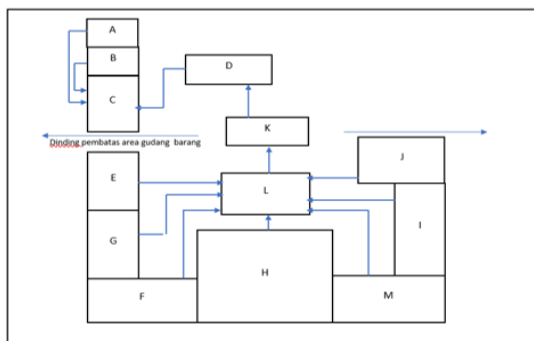
Tabel 4.13 Jarak material handling layout usulan

No	Aliran Proses		Jarak Rectilinear
	Dari	Ke	
1	Docking Area	Office 1	24m
2	Docking Area	Putaway	32m
3	Putaway	Picking	3m
4	TP Mezanine	Seatshop	38m
5	Seatshop	Picking	30m
6	Gudang Inventory Tier	Picking	40m
7	Gudang Sparepart	Picking	7m
8	Gudang Three Selves Rack	Picking	45m
9	Gudang Inventory Tools	Picking	48m
10	Gudang Power Rack	Picking	57m
Total Jarak Perpindahan			324m

Sumber : Diolah penulis

Usulan Tata Letak Gudang Perusahaan Aerospace

Usulan tata letak pada gudang PT. ABC dibuat berdasarkan *standart operasional prosedur* dari aliran perpindahan barang pada gudang perusahaan *Aerospace*, dimana ketika barang masuk melalui titik I/O kemudian langsung menuju ke *picking* area untuk mengangkut barang tersebut. Dibawah ini adalah layout susulan dari perusahaan *Aerospace* berdasarkan standar operasional prosedur keluar masuk barang perusahaan *Aerospace*:



Gambar Layout Usulan PT.YXZ

Sumber : Diolah penulis

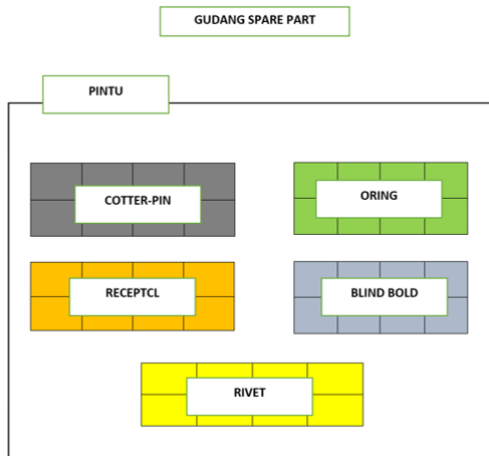
Keterangan :

A : Ruang Chemical F : TP Mezanine K : Putaway
B : Ruang Non Chemical G : Gudang Inventory Tier L : Picking
C : Office H : Gudang Sparepart M : Gudang Power Rack
D : Docking Area I : Gudang Three Selves Rack
E : Seatshop J : Gudang Inventort Tools

Dari tata letak usulan tata letak, total pengurangan momen material handling barang adalah 66 m, sedangkan total momen gerak tata letak layout awal adalah sebesar 390 m. Sementara itu, momen perpindahan material total dari tata letak yang diusulkan adalah 324 m, yang berarti mengalami penurunan sebesar 17%.

Tata Letak Menggunakan Metode Class Based Storage

perusahaan *Aerospace* memiliki gudang sparepart dengan Panjang 35 meter dan Lebar 50m. Tata letak awal pada gudang sparepart perusahaan *Aerospace* ini memiliki penempatan yang tidak beraturan sehingga proses keluar masuk barang menjadi tidak efisien. Berikut tata letak awal gudang sparepart perusahaan *Aerospace*:



Gambar Layout Awal Gudang Sparepart perusahaan Aerospace

Tabel 4.14 Karakteristik Data Item Planning

No.	Nama Item	Dimensi Box	Kapasitas per pallet		Jumlah Box Dalam 1 Pallet
			Penataan Box Dalam 1 Level (Box)	Maksimal Tumpukan (Box)	
1	COTTER-PIN	30x30x30	6	7	42
2	RIVET	40x30x20	8	9	72
3	RECEPTCL	30x25x20	10	5	50
4	BLIND BOLD	40x30x30	8	6	48
5	ORING	20x20x10	6	6	36

Sumber : Diolah penulis

Tabel 4.15 Data Penerimaan Barang

No.	Nama Barang	Jumlah Material Masuk					Total Masuk	Rata-Rata
		2019	2020	2021	2022	2023		
1.	COTTER-PIN	1666	500	350	300	306	3.122	624
2.	RIVET	2.500	1.006	750	2212	3980	10.448	2.090
3.	RECEPTCL	2622	170	3250	560	191	6.793	1.359
4.	BLIND BOLD	1050	732	350	150	450	2.732	546
5.	ORING	470	628	949	665	189	2.901	580

Sumber : Diolah penulis

Tabel 4.16 Data Penerimaan Barang

No.	Nama Barang	Jumlah Material Keluar					Total Masuk	Rata-Rata
		2019	2020	2021	2022	2023		
1.	COTTER-PIN	1600	450	350	300	300	3.000	600
2.	RIVET	2.490	900	740	2200	3980	10.310	2.062
3.	RECEPTCL	2600	165	3245	550	191	6.751	1.350
4.	BLIND BOLD	1047	732	300	150	449	2.678	536
5.	ORING	400	620	940	660	185	2.805	561

Sumber : Diolah penulis

Dari tabel diatas dapat diketahui untuk nilai rata-rata dari setiap item barang masuk dan keluar pada gudang sparepart perusahaan Aerospace. Nilai rata-rata tersebut didapatkan dari hasil perhitungan sebagai berikut:

Nilai Rata-rata : $\frac{\text{Total Jumlah Nilai Data}}{\text{Banyaknya Data}}$

Contoh rata-rata nilai cotter-pin = $\frac{1666+500+350+300+306}{5} = \frac{13122}{5} = 624$

Hasil perhitungan rata-rata penerimaan dan pengeluaran yang terdapat pada tabel di atas digunakan untuk menentukan frekuensi perpindahan dalam box. Data yang disorot adalah data penerimaan dan pengeluaran tertinggi selama tahun 2019-2023. Data ini digunakan untuk memperkirakan kebutuhan tempat penyimpanan di gudang.

Tabel 4.17 Frekuensi Perpindahan

No.	Nama Barang	Rata - Rata Masuk (Box)	Rata - Rata Keluar (Box)	Jumlah box dalam 1 pallet	Banyak Pallet		Total Frekuensi Perpindahan
					Masuk	Keluar	
1.	COTTER-PIN	624	600	42	15	14	29
2.	RIVET	2.090	2.062	72	29	29	58
3.	RECEPTCL	1.359	1.350	50	27	27	54
4.	BLIND BOLD	546	536	48	11	11	23
5.	ORING	580	561	36	16	16	32
TOTAL							195

Sumber : Diolah penulis

Nilai total frekuensi perpindahan pada tabel didapatkan dari hasil perhitungan sebagai berikut:
Total Frekuensi Perpindahan:

$$\frac{\text{Rata-rata Masuk}}{\text{Jumlah Box dalam 1 Pallet}} + \frac{\text{Rata-rata Keluar}}{\text{Jumlah Box dalam 1 Pallet}}$$

Klasifikasi ABC

Tabel 4.18 Klasifikasi ABC

No.	Nama Barang	Total Frekuensi	Kumulatif Frekuensi	Persentase Frekuensi	Persentase Kumulatif	Kelas	Nilai
1.	RIVET	58	58	30%	30%	A	74%
2.	RECEPTCL	54	112	28%	57%		
3.	ORING	32	144	16%	74%		
4.	COTTER-PIN	29	173	15%	88%	B	15%
5.	BLIND BOLD	23	195	12%	100%	C	12%

Sumber : Diolah penulis

Dari hasil pembentukan kelas pada tabel 4.21 dapat diidentifikasi menjadi sebagai berikut:

- Item yang termasuk dalam kelas A adalah Rivet, Receptl, dan Oring, dengan persentase frekuensi perpindahan kumulatif sebesar 74% dari total persentase frekuensi perpindahan.
- Item yang termasuk dalam kelas B adalah Cotter Pin, dengan persentase frekuensi perpindahan kumulatif sebesar 15% dari total persentase frekuensi perpindahan.
- Item yang termasuk dalam kelas C adalah Blind Bolt, dengan persentase frekuensi perpindahan kumulatif sebesar 12% dari total persentase frekuensi perpindahan

Tabel 4.19 Kebutuhan tempat penyimpanan

No.	Nama Barang	Maksimal Penerimaan Barang (Box)	Jumlah Box Dalam 1 Pallet	Kebutuhan Tempat Penyimpanan (Pallet)
1.	COTTER-PIN	1666	42	40
2.	RIVET	3980	72	55
3.	RECEPTCL	3250	50	65
4.	BLIND BOLD	1050	48	22
5.	ORING	949	36	26
TOTAL				208

Sumber : Diolah penulis

Hasil perhitungan pada tabel di atas menunjukkan bahwa jumlah kebutuhan penyimpanan berdasarkan data penerimaan maksimal adalah 208 *pallet*. Nilai tersebut didapatkan dari perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan Tempat} = \frac{\text{Maksimal penerimaan barang}}{\text{Banyaknya Data Jumlah Box dalam 1 pallet}}$$

Tabel 4.20 Total Kebutuhan Penyimpanan (*Pallet*) Per Kelas

No.	KELAS	NAMA BARANG	Kebutuhan Tempat Penyimpanan (<i>Pallet</i>)	Total Kebutuhan Penyimpanan (<i>Pallet</i>)
1.	A	RIVET	55	147
2.		RECEPTCL	65	
3.		ORING	26	
4.	B	COTTER-PIN	40	40
5.	C	BLIND BOLD	22	22
TOTAL			208	208

Sumber : Diolah penulis

Hasil perhitungan pada Tabel diatas dapat diketahui bahwa kebutuhan penyimpanan per kelas yaitu:

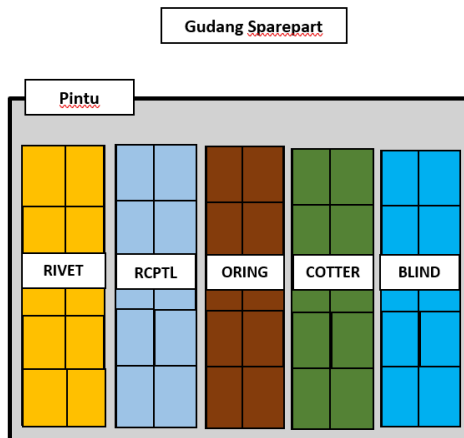
- Item kelas A kebutuhan palletnya adalah 147 pallet.
- Item kelas B kebutuhan palletnya adalah 40 pallet
- Item kelas C kebutuhan palletnya adalah 22 pallet.

Tabel 4.21 Perhitungan Rak Per Kelas

No.	KELAS	NAMA BARANG	Kebutuhan Tempat Penyimpanan (<i>Pallet</i>)	Banyak Slot Dalam 1 Rak	Kebutuhan Rak	Kebutuhan Rak Per Kelas
1.	A	RIVET	55	2	28	73
2.		RECEPTCL	65	2	33	
3.		ORING	26	2	13	
4.	B	COTTER-PIN	40	2	20	20
5.	C	BLIND BOLD	22	2	11	11
TOTAL			208		104	104

Sumber : diolah penulis

Layout Gudang Usulan



Gambar Layout Usulan Gudang *Sparepart* Perusahaan *Aerospace*

Tabel 4.22 Moment Material Handling Layout Awal

KELOMPOK	MATERIAL	DARI	KE	FREKUENSI		JARAK (m)	MATERIAL HANDLING	
				IN	OUT		IN	OUT
A	RIVET	X	Y	29	29	45	1305	1305
A	RECEPTL	X	Y	27	27	40	1080	1080
A	ORING	X	Y	16	16	40	640	640
B	COTTER PIN	X	Y	15	14	35	525	490
C	BLIND BOLD	X	Y	11	11	35	440	440
JUMLAH							3990 m	3995 m
TOTAL								7945 m

Sumber : Diolah penulis

Tabel 4.22 menunjukan perhitungan momen material handling sebelum dilakukannya *classbased storage*. Dari hasil perhitungan *in* dan *out* momen material handling di dapatkan jumlah yaitu *in* adalah 3.990 m dan *out* yaitu 3.955 m dan didapatkan total *momen material handling* yaitu adalah 7.945 m.

Tabel 4.22 Moment Material Handling Layout Usulan

KELOMPOK	MATERIAL	DARI	KE	FREKUENSI		JARAK (m)	MATERIAL HANDLING	
				IN	OUT		IN	OUT
A	RIVET	X	Y	29	29	25	725	725
A	RECEPTL	X	Y	27	27	25	675	675
A	ORING	X	Y	16	16	25	400	400
B	COTTER PIN	X	Y	15	14	35	525	525
C	BLIND BOLD	X	Y	11	11	45	495	495
JUMLAH							2820 m	2785 m
TOTAL								5605 m

Sumber : Diolah penulis

Jarak momen material handling setelah melakukan penerapan metode *classbased storage* setelah posisi rak dan jarak diminimalisir sesuai dengan kelompoknya, di dapatkan kelompok A yang menjunjukkan barang tersebut adalah *fastmoving* menempati posisi paling depan dekat pintu dengan jarak 25 m, kelompok B menempati posisi dibelakang rak A karena termasuk *medium moving* dan memiliki jarak 35 m dari pintu. kelompok C menempati posisi dibelakang rak B dikarenakan termasuk barang *slowmoving* dan memiliki jarak 45 m dari pintu. Dari tabel 4.27 diatas dapat dilihat total momen material handling yaitu adalah 5.605 m.

Perhitungan *Forecasting Class Based Storage* 2024-2028

Tabel 4.23 Data Penerimaan *Sparepart* Setelah *Forecasting* 2024-2028

No	Nama Barang	Jumlah Material Keluar					Total Masuk	Rata-Rata
		2024	2025	2026	2027	2028		
1.	COTTER-PIN	726	651	675	773	829	3,653	731
2.	RIVET	726	651	675	773	829	3,653	731
3.	RECEPTCL	726	651	675	773	829	3,653	731
4.	BLIND BOLD	726	651	675	773	829	3,653	731
5.	ORING	726	651	675	773	829	3,653	731

Tabel 4.24 Data Penerimaan Sparepart Setelah Forecasting 2024-2028

No	Nama Barang	Jumlah Material Keluar					Total Masuk	Rata-Rata
		2024	2025	2026	2027	2028		
1.	COTTER-PIN	702	631	654	747	800	3,534	707
2.	RIVET	702	631	654	747	800	3,534	707
3.	RECEPTCL	702	631	654	747	800	3,534	707
4.	BLIND BOLD	702	631	654	747	800	3,534	707
5.	ORING	702	631	654	747	800	3,534	707

Sumber : diolah penulis

Tabel 4. 1 Perhitungan Frekuensi Perpindahan

No	Nama Barang	Rata-Rata Masuk (Box)	Rata-Rata Keluar (Box)	Jumlah Box dalam 1 pallet	Banyak Pallet		Total Frekuensi Perpindahan
					Masuk	Keluar	
1	COTTER-PIN	731	707	42	17	17	34
2	RIVET	731	707	72	10	10	20
3	RECEPTCL	731	707	50	15	14	29
4	BLIND BOLD	731	707	48	15	15	30
5	ORING	731	707	36	20	20	40
Total							153

Sumber : diolah penulis

Tabel 4. 25 Pembentukan kelas

Nama Barang	Total Frekuensi	Kumulatif Frekuensi	Persentase Frekuensi	Persentase Kumulatif	Kelas	Nilai
ORING	40	20	26%	26%	A	68%
COTTER-PIN	34	74	22%	49%		
BLIND BOLD	30	104	20%	68%		
RECEPTL	29	133	19%	87%	B	19%
RIVET	20	153	13%	100%	C	13%

Sumber : Diolah penulis

Berdasarkan hasil perhitungan frekuensi perpindahan dengan cara *forecasting* maka di dapatkan hasil di table 4.31 yang dimana menunjukan kenaikan di jenis barang cotter-pin, receptcl, blind bold dan oring. Sedangkan untuk hasil *forecasting* rivet mengalami penurunan untuk tahun 2024-2028.

Tabel 4.26 Jumlah Kebutuhan Penyimpanan Setelah Forecasting

No.	Nama Barang	Maksimal Penerimaan Barang (Box)	Jumlah Box Dalam 1 Pallet	Kebutuhan Tempat Penyimpanan (Pallet)
1.	COTTER-PIN	773	42	18
2.	RIVET	773	72	11
3.	RECEPTCL	773	50	15
4.	BLIND BOLD	773	48	16
5.	ORING	773	36	21
TOTAL				82

Sumber : Diolah penulis

Tabel 4.27 Total kebutuhan Penyimpanan (Pallet) Per Kelas Forecasting 2024-2028

No.	KELAS	NAMA BARANG	Kebutuhan Tempat Penyimpanan (Pallet)	Total Kebutuhan Penyimpanan (Pallet)
1.	A	ORING	21	56
2.		COTTER-PIN	18	
3.		BLIND BOLD	16	
4.	B	RECEPTL	15	15
5.	C	RIVET	11	11
TOTAL				82

Sumber : diolah penulis

Tabel 4.28 Total Kebutuhan Penyimpanan (Pallet) Per Kelas Forecasting 2024-2028

No.	KELAS	NAMA BARANG	Kebutuhan Tempat Penyimpanan (Pallet)	Banyak Slot Dalam 1 Rak	Kebutuhan Rak	Kebutuhan Rak Per Kelas
1.	A	ORING	21	2	11	31
2.		COTTER-PIN	18	2	9	
3.		BLIND BOLD	16	2	12	
4.	B	RECEPTL	15	2	11	11
5.	C	RIVET	11	2	8	8

Sumber : Diolah Penulis

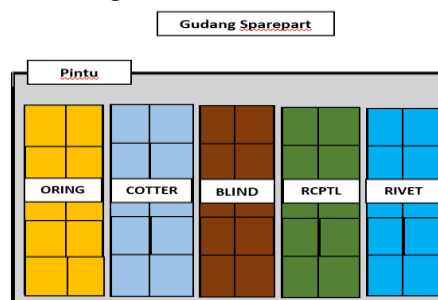
Tabel 4.29 Sparepart Yang Terdapat Pada Kelompok Rak Setelah Forecasting

kelompok Rak	Item
A1	ORING
A2	COTTER PIN
A3	BLIND BOLD
B1	RECEPTL
C1	RIVET

Sumber : Diolah Penulis

Dari hasil *forecasting* class based storage 2024-2028 didapatkan bahwa luas dan bentuk gudang sparepart saat ini sudah memenuhi kapasitas hasil forecast, sehingga tidak perlu adanya penambahan rak. Berikut tata letak usulan merode class based storage yang masih memenuhi kapasitas hasil forecast sparepart perusahaan *Aerospace* tahun 2024-2028

Layout Gudang Usulan 2024-2028



5. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi dan mengatasi masalah tata letak gudang serta manajemen penyimpanan komponen pesawat di PT XYZ, menggunakan metode peramalan kausal untuk memprediksi permintaan komponen selama lima tahun ke depan dengan hasil fluktuasi antara 651 hingga 829 item. Metode Class Based Storage yang diterapkan meningkatkan efisiensi penyimpanan dengan mengurangi total momen perpindahan material hingga 17%. Solusi yang diusulkan mencakup optimalisasi tata letak, penggunaan peramalan akurat untuk menghindari overstock atau stockout, dan pemantauan berkala terhadap tata letak serta sistem penyimpanan. Namun, penelitian ini memiliki kelemahan, yaitu hanya menggunakan data permintaan lima tahun terakhir, tidak mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti sistem informasi manajemen, dan kurangnya analisis sensitivitas terhadap perubahan permintaan ekstrem. Saran untuk penelitian selanjutnya termasuk analisis sensitivitas, integrasi teknologi seperti sistem manajemen gudang (WMS) dan IoT, serta studi jangka panjang yang menganalisis faktor eksternal seperti perubahan regulasi, teknologi, dan dinamika pasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, Derby, Universitas Teknologi, Yogyakarta Candra, Widhiyanto Universitas, Teknologi Yogyakarta, and Sixtus Albern. 2023. "Perbaikan Tata Letak Penyimpanan Dengan Metode Class Based Storage, Blocplan, Dan Dedicated Storage Pada RSPAU Hardjolukito." *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Dan Inovasi* 1(2): 16–25. <https://doi.org/10.59024/jisi.v1i2.411>.
- Danie Hayam Mada Chamsudi, Abdullah Ade Suryobuwono, Johan Kiara Situmorang, Sulistiyono Antonius, Iqbal Firmansyah, and Purbanuara Parlindungan. 2022. "Anggaran, Ketepatan Waktu Dan Pelaksanaan Proyek Terhadap Kinerja Proyek Pembangunan Tol Kunciran-Batuceper-Cengkareng." *Jurnal Sistem Transportasi & Logistik* 2(1): 14–20. <https://journal.itltransakti.ac.id/index.php/jstl>.
- Diaz, M, R Barquez, and D Verzi. 2015. "PERANCANGAN MANAJEMEN RISIKO PADA PROSES BISNIS UNIT ENGINE MAINTENANCE PT GMF AERO ASIA." 36(June): 5860.
- Firmansyah, Iqbal, Wahyu Poncotoyo, Andy Maulana, Abdul Razaq Zain, Sinta Ayu Lestari, and Anton Ferdiansyah. 2021. "Penerapan Metode Six Sigma Untuk Menurunkan Terjadinya Keterlambatan Informasi Kedatangan Barang (NOA) Dalam Kegiatan Impor." *Jurnal Sistem Transportasi & Logistik* 1(2): 78–86. <https://journal.itltransakti.ac.id/index.php/jstl/article/view/1044>.
- Heri Heryadi, Muhammad, Nofrisel Nofrisel, Endang Sugiharti, Juliatier Simarmata, and Dian Christopher Anggara. 2024. "Efektifitas Pengelolaan Manajemen Pergudangan Terhadap Sistem Distribusi Beras Pada Pemerintah Daerah DKI Jakarta The Warehouse Management Effectiveness of the Rice Distribution System in DKI Jakarta." *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTRANSLOG)* 11(01): 99–112. <https://journal.itltransakti.ac.id/index.php/jmtranslog>.
- Linsyi Daissurur, Muhamad. 2023. "Perancangan Tata Letak Dengan Metode Systematic Layout Planning." *Prosiding SAINTEK: Sains dan Teknologi* 2(1): 400–405.
- Mardhiani, Sesaria, Rachma Puspita, Yana Tatiana, Nikita Gabriella, Danie Hayam, Mada Chamsudi, Gena Bijaksana, and Veronica Sungangan Simatupang. 2023. "Grostoplog 2023." 5778: 95–114.
- Maulana, Andy, Esa Setia Wiguna, Nabila Alvionita, Sita Anisah Sholihah, Wahyu Poncotoyo, and Iqbal Firmansyah. 2022. "Analisis Ketidaksesuaian Status Barang Outbound Di Gudang Cargo Distribution Center." *Jurnal Sistem Transportasi & Logistik* 2(2): 75–81. <https://journal.itltransakti.ac.id/index.php/jstl>.
- Max, Rudy, Damara Gugat, L Denny Siahaan, Novembriani Irenita, Zulpa Hakia, and Rania Zahra Siregar. 2023. "Analisis Kebutuhan Kapasitas Fasilitas Sisi Darat Terminal Jangka Menengah Bandar Udara Internasional Pattimura Ambon." *Jurnal Sistem Transportasi & Logistik* 2(2): 91–101. <https://journal.itltransakti.ac.id/index.php/jstl/article/view/1299>.
- Nu, Dimas, man Fadhil, Abdullah Ade Suryobuwono, Aldo Kristiadi, Edward Marpaung, and Reza Fauzi Jaya Sakti. 2021. "Kajian Evaluasi Kinerja Jalan Ciawi-Bogor Sebelum Pengembangan PT. ABC." *Jurnal Sistem Transportasi & Logistik* 1(2): 38–42. <https://journal.itltransakti.ac.id/index.php/jstl>.
- Nugroho, Aditya, Paulus Raga, Veronica Parhusip, Kelvin Dianda, Bella Prahma, and Dimas Nu. 2022. "Pengaruh Pembatasan Kapasitas Transportasi Umum Ganjil Genap Terhadap Mobilitas Dan Dampaknya Pada Efektifitas PSBB." *Jurnal Sistem Transportasi & Logistik* 2(1): 21–31.
- Parhusip, V, W Bimarso, M Sulam, and ... 2023. "Analisis Pengaruh Kompetensi Dan Kesejahteraan Karyawan Operasional Terhadap Utilisasi Fasilitas Bongkar Muat Dan Dampaknya Terhadap Produktivitas" *Jurnal Sistem ...* 2(2): 46–56. <https://journal.itltransakti.ac.id/index.php/jstl/article/view/1033>.
- Pérez Dávila, Juan. 2020. "ANALISIS PERAMALAN DAN PERBAIKAN TATA LETAK GUDANG BENGKEL DENGAN METODE ACTIVITY RELATIONSHIP CHART." 21(1): 1–9.
- Poncotoyo, Wahyu, Sesaria Mardhiani Rachma, and Sekar Widyastuti Pratiwi. 2019. "Penerapan Six Sigma Pada Proses Fabrikasi Untuk Menurunkan Biaya Rantai Pasok." *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTRANSLOG)* 6(3): 215. doi:10.54324/j.mtl.v6i3.344.

- Rinaldy, R., P, and I dan Yelita A. 2022. "Perancangan Tata Letak Gudang Tipe Aktiva Tetap Tidak Beroperasi Layout Design for Non-Operating Fixed Assets Warehouse." *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTRANSLOG)* 09(03): 295–308. <https://journal.itltrisakti.ac.id/index.php/jmtranslog>.
- Rizaldy, Wynd, Suharto Abdul Majid, and Charles AN. 2015. "The Effectiveness of Warehouse Utilization at Soekarno-Hatta Internasional Airport." *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTRANSLOG)* 2(1): 35. doi:10.54324/j.mtl.v2i1.127.
- Sihombing, Sarinah, Aulia Nirmala, Meikol Benned, Chaidir Tasran, and Cecep Budiman. 2022. "Penerapan Protokol Kesehatan Dan Kualitas Pelayanan Terhadap Kepuasan Penumpang Di Bandara Internasional Soekarno Hatta Implementation of Health Protocols and Service Quality on Passenger Satisfaction at Soekarno Hatta International Airport." *Jurnal Ilmiah Kedirgantaraan* 19(1): 28–44. <https://doi.org/10.52186/aviasi.v18i1>.
- Sita Aniisah, Wahyu Poncotoyo, Andy Maulana, and Jonathan E5. 2023. "Sosialisasi Penerapan Metode Arima Untuk Peramalan Permintaan Dan MRP Socialization of Arima Methods For Demand Forecasting and MRP For Cooking Oil Packaging Raw Material Planning." *Jurnal Abdimas Transportasi & Logistik* 3(1): 1–10. <https://journal.itltrisakti.ac.id/index.php/jatl>.
- Sugawara, Etsuko, and Hiroshi Nikaido. 2014. "Properties of AdeABC and AdeIJK Efflux Systems of *Acinetobacter Baumannii* Compared with Those of the AcrAB-TolC System of *Escherichia Coli*." *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 58(12): 7250–57. doi:10.1128/AAC.03728-14.
- ITB.