

Perancangan Alokasi Penyimpanan Barang Pada *Forward Pick Area* Dengan Pertimbangan Korelasi Permintaan Untuk Meminimasi Waktu *Order Picking* Pada Gudang Barang Habis Pakai Fakultas Rekayasa Industri Universitas Telkom Menggunakan Model *Mixed Integer Linear programming (MILP)*

1st Tania Kirana Sasabela
Fakultas Rekayasa Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
taniakrnsasab@
student.telkomuniversity.ac.id

2nd Nia Novitasari
Fakultas Rekayasa Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
novitasarinia@telkomuniversity.ac.id

3rd Erlangga Bayu Setyawan
Fakultas Rekayasa Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
erlanggabs@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — PT XYZ merupakan sebuah instansi pendidikan yang memiliki lima program studi yang telah memiliki akreditasi nasional. FRI melakukan aktivitas perkuliahan dengan penerapan teori serta praktikum. Sebagai bentuk pendukung aktivitas perkuliahan tersebut FRI memberikan fasilitas berupa laboratorium dan ruang kelas. Kondisi yang dihadapi saat ini oleh gudang barang habis pakai yaitu belum ada aturan terkait alokasi penyimpanan barang karena produk yang disimpan dalam gudang dilakukan secara *random*.

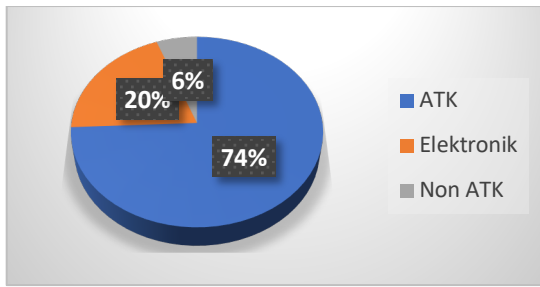
Berdasarkan permasalahan yang terjadi, perlu perbaikan yang dapat mengurangi waktu pengambilan barang. Penelitian ini menggunakan model matematis yaitu dengan *mixed integer linear programming (MILP)* dengan bahasa pemrograman *python* dan bantuan *solver* optimasi *gurobi*. Hasil penyelesaian model *MILP* menunjukkan jarak tempuh optimal yang selanjutnya dikonversikan menjadi waktu dan alokasi penyimpanan pada *forward pick area* yang optimal. Pada hasil perhitungan menggunakan model matematika yang telah diformulasikan sebelumnya mendapatkan hasil jarak optimal yaitu sebesar 144 meter dimana terjadi penurunan dari kondisi eksisting sebesar 60%. Kemudian dilakukan konversi menjadi waktu dengan penurunan waktu dari 9,76354 menjadi 1,13545 atau sebesar 88%.

Kata kunci— Gudang, *Mixed Integer Linear Programming (MILP)*, Waktu *Picking*, *Forward Pick Area*, Korelasi Permintaan

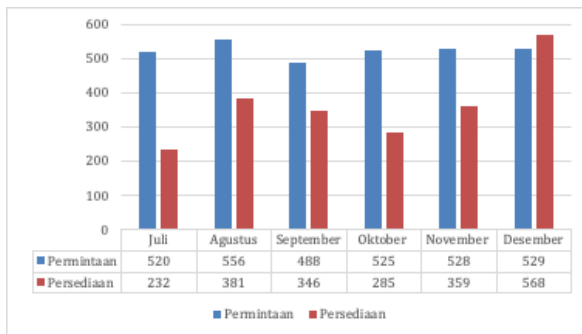
I. PENDAHULUAN

Pesatnya pertumbuhan instansi pendidikan di Indonesia tentu erat kaitannya dengan dukungan dari manajemen operasional secara administratif yang melibatkan koordinasi yang efisien dalam *supply chain management*. Dalam menjalankan berbagai kegiatan operasionalnya, setiap instansi pendidikan memerlukan berbagai alat tulis kantor (ATK) sebagai sarana pendukung yang penting. Alat tulis kantor menjadi elemen esensial dalam menjalankan tugas sehari-hari, seperti pencatatan, komunikasi, dan penyusunan dokumen. Alat tulis kantor merupakan barang - barang yang digunakan untuk melakukan aktivitas tulis menulis (Wursanto, 2006).

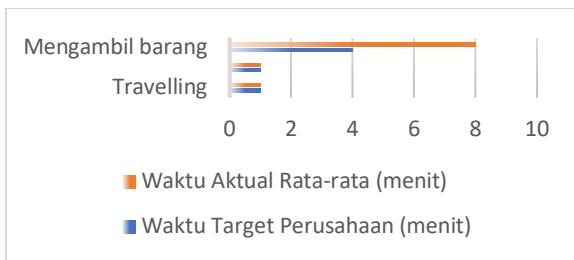
Fakultas Rekayasa Industri atau FRI merupakan sebuah instansi pendidikan yang memiliki lima program studi yang telah memiliki akreditasi nasional. FRI melakukan aktivitas perkuliahan dengan penerapan teori serta praktikum. Sebagai bentuk pendukung aktivitas perkuliahan tersebut FRI memberikan fasilitas berupa laboratorium dan ruang kelas. FRI juga memberikan fasilitas berupa gudang untuk penyimpanan barang inventaris dari laboratorium yaitu Gudang Barang Habis Pakai. Pengelolaan laboratorium maupun ruang kelas oleh staf laboratorium FRI berjalan baik secara teknis terbukti dari kelancaran kegiatan belajar mengajar maupun aktivitas operasional seperti rapat dan sebagainya, namun masih terdapat kelemahan dalam pengelolaan aset dalam gudang. Gudang barang habis pakai memiliki area seluas 24,3 m² dan memiliki 8 rak penyimpanan, 5 di antaranya digunakan untuk menyimpan produk sebanyak 70 SKU yang terbagi ke dalam 3 kategori yaitu ATK, elektronik, dan non ATK.



Gambar I. 1 Persentase Kategori Produk

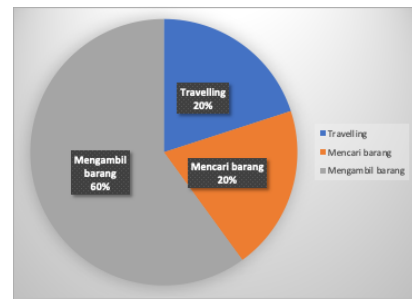


Gambar I. 2 Data Permintaan dan Persediaan



Gambar I. 3 Perbandingan Waktu Aktual dengan Waktu Target Perusahaan

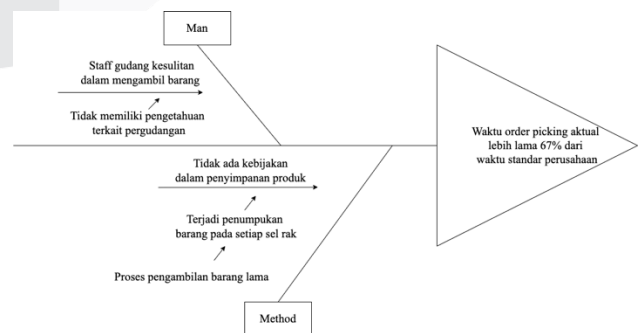
Pada gambar I.2 diatas menunjukkan aktivitas serta waktu *picking*. Waktu tersebut dihitung dalam sekali pemesanan dengan produk yang berbeda-beda. Dalam gambar tersebut terdapat waktu aktual dimana waktu tersebut dibutuhkan untuk melakukan proses *order picking* untuk saat ini serta waktu ideal merupakan waktu target yang diberikan oleh perusahaan untuk waktu maksimal melakukan pengambilan barang. Pemesanan yang dilakukan biasanya terjadi secara beriringan ketika kegiatan belajar mengajar maupun rapat akan segera dilaksanakan, oleh karena itu pihak gudang memberikan waktu ideal yang harus dipenuhi yaitu selama 6 menit untuk melakukan proses aktivitas *picking*, jika tidak memenuhi target waktu yang ditentukan maka kegiatan yang akan dilaksanakan akan terjadi keterlambatan. Berdasarkan data waktu aktivitas *picking* diatas menunjukkan bahwa terjadi keterlambatan waktu pada saat proses pengambilan barang. Pada saat ini waktu aktivitas *picking* memiliki rata-rata waktu selama 10 menit, dalam artian waktu pengambilan aktual 67% lebih lama dibandingkan dengan waktu target perusahaan. Hal tersebut tentu saja dapat menghambat kegiatan yang dilakukan pada perusahaan. Berikut merupakan persentase aktivitas *order picking* pada gudang barang habis pakai PT XYZ.



Gambar I. 4 Persentase Aktivitas *Order Picking*

Aktivitas *order picking* pada gudang BHP memiliki tingkat kepentingan yang paling tinggi untuk memenuhi pemesanan, jika terdapat masalah pada aktivitas tersebut maka akan menghambat pelaksanaan kegiatan belajar mengajar maupun operasional karena pemesanan selalu dilakukan ketika mendekati waktu pelaksanaan kegiatan atau disaat sebelum kegiatan tersebut dimulai. Oleh karena itu membutuhkan proses *order picking* yang cepat agar kegiatan belajar mengajar maupun kegiatan operasional seperti rapat dapat berjalan lancar dan tepat waktu.

Berdasarkan permasalahan tersebut, tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk mengusulkan dan menganalisis terkait perancangan alokasi penyimpanan pada *forward pick area* yang merupakan tempat bagian dari gudang yang dirancang untuk mengurangi jarak dan waktu yang diperlukan untuk mengambil barang. Area ini sering di isi ulang dari lokasi penyimpanan utama (*reserve area*) berdasarkan kebutuhan. Perancangan alokasi penyimpanan pada *forward pick area* bertujuan untuk meminimasi jarak tempuh yang kemudian hasilnya dikonversikan agar dapat menghasilkan waktu tempuh yang minimum ketika aktivitas *order picking* pada gudang barang habis pakai dengan Model *Mixed integer linear programming* (MILP) dan untuk penyelesaian model menggunakan bantuan *Solver Optimasi* Gurobi. Alasan pemilihan metode ini adalah untuk menerapkan variabel penugasan yang bersifat biner dalam menemukan penempatan SKU di setiap lokasi penyimpanan yang paling efisien, yang secara signifikan dapat mengurangi jarak tempuh dalam aktivitas *picking*. Adapun permasalahan pada waktu *order picking* pada gudang barang habis pakai akan dijabarkan menggunakan *fishbone diagram*.



Gambar I. 5 Fishbone Diagram

II. KAJIAN TEORI

A. Gudang

Menurut Tresnati (2022) menyatakan bahwa gudang adalah sebuah tempat penyimpanan sementara dan pengambilan persediaan untuk mendukung kegiatan operasi bagi proses operasi ke lokasi distribusi atau kepada konsumen akhir. Keuntungan adanya gudang yaitu, menyediakan tempat untuk meletakkan, menyediakan, melindungi, memonitor status barang dan mengurangi biaya transportasi. Sedangkan menurut Hadi dalam Pradnya (2020) menyatakan bahwa gudang merupakan sebuah tempat terpisah yang digunakan sebagai tempat penyimpanan *raw material, semi-finished goods, finished goods* dan juga persediaan yang memfasilitasi proses produksi dan distribusi barang dari barang tersebut diterima sampai diterima oleh konsumen. Menurut Frazelle (2016) aktifitas dalam gudang merupakan serangkaian proses atau tindakan yang dilakukan untuk mengelola aliran barang masuk dan keluar dari gudang. Terdapat lima aktivitas utama yang umum dilakukan di dalam gudang, yaitu *receiving, put away, storage, order picking* dan *shipping*.

B. Forward Pick Area

Menurut Alice et al., (2021) dalam *Forward Pick Area Design and Operations* menyatakan bahwa *forward pick area* adalah suatu area khusus yang dirancang untuk menyimpan produk-produk dengan permintaan tinggi dalam skala kecil, sehingga proses *picking* barang dapat dilakukan dengan lebih efisien. Area ini biasanya menyimpan barang-barang yang ditempatkan di lokasi yang mudah dijangkau untuk mengurangi waktu dan jarak pengambilan. Sedangkan menurut Chopra dan Meindl (2016) dalam *Supply Chain Mangement: Strategy, Planning and Operation* menjelaskan bahwa *forward pick area* merupakan area penyimpanan yang dirancang untuk barang-barang yang memiliki tingkat permintaan tinggi dan sering dipilih yang bertujuan untuk mengurangi waktu pengambilan dan meningkatkan efisiensi operasional dengan memastikan barang yang dibutuhkan berada di lokasi yang mudah diakses. Menurut Frazelle (2016) dalam *World-Class Warehousing and Material Handling* menyebutkan bahwa fungsi utama dari *forward pick area* adalah sebagai berikut:

- a. Meningkatkan produktivitas *picking*
Forward Pick Area dirancang untuk meningkatkan produktivitas dengan meminimalkan waktu yang diperlukan untuk pengambilan barang.
- b. Mengoptimalkan alur kerja
Forward Pick Area membantu menciptakan alur kerja yang lebih efisien dengan mengurangi kebutuhan untuk mengakses area penyimpanan yang lebih jauh atau kurang terorganisir.
- c. Mengurangi biaya operasional
Dengan meningkatkan efisiensi pengambilan barang, *forward pick area* dapat berkontribusi pada pengurangan biaya tenaga kerja dan operasional.
- d. Meningkatkan tingkat layanan
Forward Pick Area berfungsi untuk mempercepat waktu pemenuhan pesanan, untuk meningkatkan tingkat layanan kepada *customer*.

D. Korelasi Pearson

Korelasi merupakan suatu teknik analisis yang termasuk dalam salah satu teknik pengukuran asosiasi atau hubungan (*measure of association*) yang mengacu pada sekelompok teknik dalam ilmu statistik yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel (Jonathan, 2011). Menurut Sudijono (2018) korelasi pearson adalah salah satu teknik yang digunakan untuk mencari korelasi antar dua variabel yang sering digunakan. Terdapat beberapa syarat atau ketentuan dalam menggunakan korelasi *pearson* yaitu sebagai berikut:

- a. Kedua variabel berskala interval
Skala variabel yang digunakan terbagi menjadi 3 bagian yaitu:
 - 1) Variabel yang dihasilkan dari pengukuran diasumsikan memiliki satuan (unit) pengukuran yang sama.
 - 2) Variabel ordinal yang disusun berdasarkan jenjang atribut tertentu, biasanya diberi angka bilangan bulat sebagai *ranking*.
 - 3) Variabel nominal yang ditetapkan berdasarkan atas proses penggolongan.
- b. Sampel yang diteliti bersifat homogen
Sumber data yang unsurnya memiliki sifat yang sama sehingga tidak perlu mempersoalkan jumlahnya secara kuantitatif.
- c. Bersifat regresi *linear*
Penggunaan analisis regresi sebagai kajian terhadap hubungan satu variabel yang disebut sebagai kajian terhadap hubungan satu variabel yang diterangkan dengan satu atau dua variabel yang terlibat.

E. Linear programming

Menurut Ronald (2016) dalam *Optimization in Operation Research* menyebutkan bahwa *linear programming* adalah pendekatan sistematis untuk menemukan solusi optimal dari masalah optimasi yang dinyatakan dalam bentuk *linear*, dimana keputusan dibuat untuk memaksimalkan atau meminimalkan fungsi tujuan dengan memenuhi serangkaian batasan *linear*. Sedangkan menurut Lieven (2020) menjelaskan bahwa *linear programming* adalah bagian dari optimasi konveks yang bertujuan untuk memecahkan masalah optimasi dimana fungsi tujuan dan kendala bersifat linear dan memberikan kerangka kerja untuk memodelkan dan memecahkan berbagai masalah pengambilan keputusan. Dari pengertian diatas maka dapat disimpulkan bahwa *linear programming* merupakan metode matematis yang digunakan untuk menentukan solusi optimal dari suatu masalah yang melibatkan variabel keputusan (*decision variable*), fungsi pembatas (*constraint*) dan fungsi tujuan (*objective function*) yang bersifat *linear*. Menurut Chopra & Meindl (2001) dalam buku *Supply chain management: Strategy, Planning and Operation* menyebutkan bahwa terdapat tiga komponen dasar dalam *operational research linear programming*, yaitu sebagai berikut:

1. Variabel Keputusan (*Decision Variable*)
Variabel keputusan adalah variabel yang mewakili keputusan yang perlu diambil untuk memecahkan masalah dan mencapai tujuan optimasi. Variabel ini

merupakan komponen utama yang digunakan untuk membangun fungsi tujuan dan batasan dalam *linear programming* seperti barang yang diproduksi, alokasi sumber daya atau jumlah pengiriman.

2. Fungsi Pembatas (*Constraint*)

Fungsi pembatas adalah persamaan atau pertidaksamaan linear yang membatasi nilai-nilai yang dapat diambil oleh variabel keputusan dalam model *linear programming*.

$$a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \leq b$$

atau

$$a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \geq b$$

atau

$$a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n = b$$

Di mana:

- x_1, x_2, \dots, x_n adalah variabel keputusan
- a_1, a_2, \dots, a_n adalah koefisien yang menunjukkan kontribusi setiap variabel terhadap batasan.
- b adalah konstanta yang menunjukkan batasan maksimum, minimum atau nilai tetap.

3. Fungsi Tujuan (*Objective Function*)

Fungsi tujuan adalah persamaan linear yang menggambarkan tujuan utama dari model optimasi, yang bisa berupa memaksimalkan atau meminimalkan suatu kuantitas tertentu, seperti keuntungan biaya, atau efisiensi. Fungsi tujuan adalah komponen utama dalam model *linear programming* yang perlu dioptimalkan dengan mematuhi serangkaian fungsi pembatas.

E. *Mixed Integer Linear programming*

Menurut Norbert Ibriksz et al., (2021) menjelaskan bahwa *mixed integer linear programming* (MILP) adalah suatu teknik optimasi matematis yang merupakan pengembangan dari *linear programming* yang digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan yang melibatkan kombinasi antara variabel-variabel yang memiliki tipe bilangan bulat (*integer*) atau biner bersama dengan variabel-variabel kontinu dalam model matematisnya. Dengan kata lain *mixed integer linear programming* merupakan masalah optimasi lanjutan dari *integer programming* dimana seluruh atau sebagian variabel memiliki suatu batasan untuk mengambil nilai bilangan bulat atau biner.

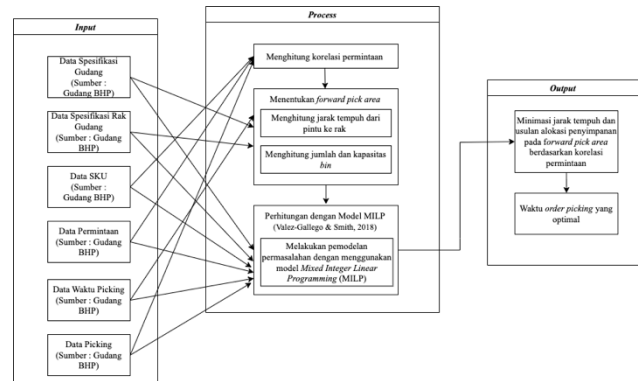
Tujuan utama dari penggunaan *mixed integer linear programming* adalah untuk menemukan solusi yang optimal, memenuhi batasan yang ditetapkan, mengintegrasikan keputusan *linear* dengan *integer*, mengoptimalkan sumber daya yang dimiliki, meningkatkan efisiensi dan produktivitas serta mendukung pengambilan keputusan. Secara keseluruhan tujuan dari *mixed integer linear programming* meliputi pemecahan masalah optimasi yang kompleks dengan memadukan keputusan linear dan integer untuk mencapai solusi yang diharapkan yaitu optimal, efisien dan praktis.

III. METODE

A. Kerangka Berpikir

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, kerangka berpikir akan membantu menggambarkan *input*, proses dan *output*

dari tugas akhir yang dilakukan secara konseptual, seperti yang ditunjukkan pada Gambar III.1 dibawah ini:



Gambar III. 1 Kerangka Pikir Perancangan

Berdasarkan Gambar III.1, input dari perancangan *forward pick area* terdiri dari data data spesifikasi gudang, data spesifikasi rak gudang, data SKU, dan data permintaan yang berasal dari data primer pada gudang barang habis pakai, kemudian masuk ke tahap *process* dimana data *input* tersebut diproses untuk menghitung korelasi permintaan untuk menentukan lokasi *forward pick area* sebelum melakukan alokasi penyimpanan. Kemudian perhitungan data tersebut dimasukkan untuk pemodelan matematika pada permasalahan alokasi barang pada *forward pick area* menggunakan *Mixed integer linear programming* (MILP), kemudian model matematika *Mixed integer linear programming* (MILP) tersebut ditulis dalam bahasa pemrograman dan kemudian di optimasi dengan bantuan *solver* optimasi Gurobi dan kemudian mendapatkan output yaitu alokasi penyimpanan yang paling optimal dalam *forward pick area* yang kemudian dapat menentukan usulan terkait kebijakan alokasi yang tepat pada *forward pick area* untuk meminimasi waktu saat proses *order picking* pada gudang barang habis pakai.

B. Sistematika Penyelesaian Masalah

Sistematika pemecahan masalah merupakan proses berpikir dalam menemukan solusi dari permasalahan pada tugas akhir ini. Berikut merupakan sistematika pemecahan masalah yang digunakan pada penelitian ini:

1. Tahap Identifikasi Awal

Tahap ini bertujuan untuk melakukan identifikasi masalah yang ada pada objek penelitian dan proses merumuskan masalah bertujuan untuk mengenali lebih dalam terhadap masalah yang akan diselesaikan. Selanjutnya dilakukan studi literatur untuk menemukan referensi yang relevan berkaitan dengan masalah yang diangkat, metode penyelesaian yang digunakan, serta tujuan pada penelitian ini

2. Tahap Pengumpulan Data

Tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan data terkait dengan penelitian yang akan dilakukan serta pembahasan untuk memecahkan permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya.

3. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini data yang telah dikumpulkan kemudian akan di olah untuk menyelesaikan rumusan masalah dan tujuan penelitian. Pada tahap ini dilakukan penentuan *picklist* dan waktu tempuh aktivitas *order picking*, menentikan model matematis *mixed integer linear programming* yang akan dikonversi ke dalam bahasa pemrograman *python* agar bisa dilakukan penyelesaian pada optimasi *solver Gurobi*.

4. Tahap Analisis

Tahap ini merupakan hasil dari tahap pengolahan data yang akan dianalisis dengan membandingkan kondisi eksisting dengan kondisi usulan. Tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi hasil rancangan yang telah dirancang dan mengukur seberapa efektif hasil yang dirancang dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi.

5. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap terakhir dalam penelitian ini yang berisi kesimpulan dari keseluruhan rangkaian penelitian yang telah dilakukan. Tahap ini bertujuan untuk menyimpulkan seluruh temuan dari setiap rangkaian penelitian yang dilakukan. Selain itu penyusunan saran perbaikan juga menjadi salah satu rekomendasi yang sangat penting dalam penyusunan penelitian selanjutnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Pada bagian pengumpulan data ini berisi terkait penjelasan mengenai kebutuhan data yang akan digunakan oleh penulis dalam penelitian tugas akhir ini. Data yang diperlukan untuk mendukung perhitungan pada penelitian tugas akhir ini meliputi data jumlah SKU, data spesifikasi gudang, data spesifikasi rak gudang, jumlah permintaan barang, dan informasi pendukung lainnya yang ada pada gudang barang habis pakai. Data – data tersebut selanjutnya yang akan digunakan untuk penyelesaian model permasalahan pada penelitian ini.

1. Data Picklist

Data picklist diperoleh dengan cara melakukan pengamatan terhadap aktivitas gudang dengan di dukung data historis yang tercatat dari pihak gudang barang habis pakai. Data yang diperoleh berjumlah 16 pesanan yang diperoleh dari pengamatan yang dilakukan selama 10 hari. Berikut merupakan data picklist yang telah diperoleh:

Tabel IV. 1 *Data Picklist*

Picklist	SKU	QTY	Lokasi Penyimpanan
K1	Spidol Snowman	7	Rak A Level 3
K1	Pulpen Snowman	5	Rak A Level 3
K1	Penghapus Papan Tulis	4	Rak B Level 4
K1	Refill Tinta Spidol	4	Rak B Level 3
K1	Map Business	7	Rak C Level 4

....
K16	Pengharum Ruangan	6	Rak A Level 2

Berdasarkan data di atas, terdapat lebih dari satu SKU dalam sekali pesanan atau dalam satu transaksi yang dilakukan. Jumlah SKU dalam satu kali pemesanan dapat berjumlah empat sampai lima SKU yang dipesan secara bersamaan.

2. Data Waktu

Data waktu tempuh dan pengukuran waktu siklus pada gudang barang habis pakai diperoleh dengan cara melakukan pengamatan secara langsung pada aktivitas gudang. Pengamatan tersebut dilakukan sebanyak 16 kali secara berkala sehingga memperoleh rata - rata waktu aktual. Proses pengamatan tersebut menghasilkan rata-rata waktu aktual untuk masing - masing aktivitas pada gudang Tabel IV. 2 merupakan data rata-rata waktu aktual pada aktivitas *picking* di gudang barang habis pakai dalam keadaan normal.

Tabel IV. 2 Data Waktu

No	Aktivitas	Waktu Aktual (s)
1.	<i>Travelling</i>	28,125
2.	Mencari barang pada rak penyimpanan	31,75
3	Mengambil barang pada rak penyimpanan	525,9375

Berdasarkan data pada Tabel IV. 2 rata-rata aktivitas pengambilan barang pada rak penyimpanan memiliki waktu aktual sebesar 525,9375 detik. Rata-rata waktu aktual pengambilan barang ini merupakan waktu normal dalam pengamatan untuk proses pengambilan produk.

3. Uji Kecukupan Data

Data yang digunakan mencakup total permintaan barang dari aktivitas *picking* dalam proses pengambilan barang yang terdapat pada data picklist, dengan tingkat keyakinan 95% dan margin kesalahan 5%. Berikut ini adalah perhitungan untuk uji kecukupan data.

$$N' = \left(\frac{k/s\sqrt{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}}{\Sigma X} \right)^2$$

$$N' = \left(\frac{40\sqrt{16(27^2+30^2+\dots+24^2)-(27+30+\dots+24)^2}}{27+30+\dots+24} \right)^2$$

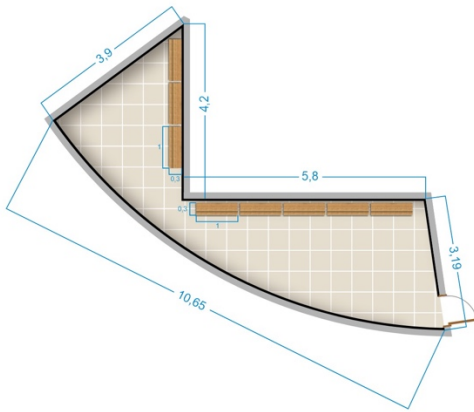
$$N' = \left(\frac{1583,91919}{2416} \right)^2$$

$$N' = 14,4970414 = 15$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan hasil N' adalah 15, sedangkan N adalah 16. Hal ini menunjukkan bahwa N>N' yang berarti jumlah pengamatan atau data waktu *picking* yang dikumpulkan sudah memadai.

4. Layout Gudang

Gudang barang habis pakai memiliki panjang 10,65 m, lebar 3,2 m, dan tinggi 2,6 m. Layout gudang dibagi menjadi dua zona penyimpanan yaitu zona penyimpanan barang habis pakai dan zona penyimpanan kardus bekas pemakaian barang. Gudang tersebut memiliki 8 rak penyimpanan dimana 3 rak digunakan untuk menyimpan kardus bekas pemakaian barang dan 5 rak digunakan untuk menyimpan barang habis pakai. Berikut merupakan gambar layout gudang barang habis pakai:



Gambar IV. 1 Layout Gudang Barang Habis Pakai

Pada rak penyimpanan barang habis pakai terdapat 70 SKU yang terdiri dari tiga kategori barang yaitu ATK, elektronik, dan inventaris. Rak tersebut memiliki 5 level penyimpanan dengan volume level rak adalah $0,18 \text{ m}^3$.

5. Spesifikasi Rak dan Bin

Rak penyimpanan pada gudang barang habis pakai memiliki ukuran yang sama yaitu sebagai berikut:

1. Ukuran dimensi rak penyimpanan

- Panjang = 1 m
- Lebar = 0,4 m
- Tinggi = 1,8 m
- Volume rak=panjang × lebar × tinggi
- volume rak = $1 \times 0,4 \times 1,8 = 0,72 \text{ m}^3$.

2. Ukuran dimensi setiap level rak

- Panjang = 1 m
- Lebar = 0,4 m
- Tinggi = 0,45 m
- Volume rak=panjang × lebar × tinggi
- volume rak = $1 \times 0,4 \times 0,45 = 0,18 \text{ m}^3$.
- kapasitas rak = $1,8 \div 0,45 = 4 \text{ level}$.

3. Ukuran dimensi bin

Berdasarkan data pada picklist terdapat 24 SKU yang sering dipesan, SKU tersebut akan dialokasikan ke *forward pick area* agar aktivitas *picking* menjadi lebih mudah sehingga dapat meminimasi waktu *order picking*. Dengan menggunakan asumsi bahwa dalam satu bin hanya ditempati oleh 1 SKU dan ukuran barang pada masing – masing SKU adalah sama, maka total bin yang dibutuhkan adalah 24 bin. Dengan jumlah level pada rak adalah 5 level, maka bin per levelnya adalah sebagai berikut:

$$\frac{\text{total bin}}{\text{jumlah level}} = \frac{24}{5} = 4,8 \approx 5 \text{ bin per level.}$$

$$\text{Panjang bin optimal} = \frac{\text{Panjang Level}}{\text{Bin per level}} = \frac{1 \text{ m}}{5} = 0,2 \text{ m}$$

lebar dan tinggi bin sama dengan tinggi level yaitu 0,4 m dan 0,45 m. Dengan demikian total bin di rak adalah = 5 level × 5 bin per level = 25 bin. Rak mampu menampung 25 bin dimana jumlah tersebut lebih dari cukup untuk menampung 24 SKU.

B. Pengolahan Data

1. Perhitungan Korelasi Permintaan Menggunakan Analisis Korelasi *Pearson*

Korelasi permintaan merupakan alat yang memiliki peran penting dalam manajemen rantai pasokan dan pemasaran. Pemahaman terhadap korelasi permintaan antara SKU dapat membantu perusahaan dalam mengelola persediaan dengan lebih efisien.

Tabel IV.3 Korelasi Permintaan

SKU 1	SKU 2	Korelasi	Kategori
Correction Tape	Buku Akuntansi Besar	1	Sangat Kuat
Isi Stapper 3	Stappler sedang	1	Sangat Kuat
....	Map Tel-u	0,53	Cukup Kuat
....
Stappler sedang	Map Tel-u	0,53	Cukup Kuat
Stabilo Boss	Pulpen faster	0,56	Cukup Kuat

Data korelasi permintaan dalam penelitian ini akan digunakan untuk mencocokkan apakah alokasi pada *forward pick area* dipengaruhi oleh korelasi permintaan dimana SKU yang saling berkorelasi ditempatkan pada bin yang berdekatan pada lokasi penyimpanan usulan.

2. Perhitungan Jarak Horizontal Menggunakan *Rectilinear Distance*

Perhitungan jarak dengan menggunakan *rectilinear distance* ini dapat menyatakan bahwa seluruh aktivitas pada gudang barang habis pakai dimulai dari pintu masuk (I/O), untuk menentukan setiap jarak rak pada gudang dimulai dari titik (0,0) titik tersebut dimulai dari pintu masuk (I/O).Berikut merupakan contoh perhitungan jarak horizontal menggunakan *rectilinear distance* antara titik (0,0) yang merupakan pintu masuk dengan rak E.

$$D_{iE} = |x_i - x_E| + |y_i - y_E|$$

$$D_{iE} = |0 - 0,8| + |0 - 3,2|$$

$$D_{iE} = 0,8 + 3,2$$

$$D_{iE} = 4 \text{ m}$$

3. Perhitungan Waktu Total

a. Menghitung Waktu *Horizontal*

Perhitungan jarak horizontal sebelumnya akan digunakan untuk menghitung waktu horizontal. Waktu horizontal merupakan waktu yang dibutuhkan oleh picker ketika melakukan perjalanan dari titik 0 ke rak penyimpanan tujuan. Berikut merupakan rumus untuk perhitungan waktu horizontal:

$$\text{Waktu Horizontal} = \frac{\text{Jarak Tempuh}}{\text{Kecepatan Berjalan}}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan terhadap waktu *horizontal picker* berjalan ke rak E.

$$\text{Waktu Horizontal} = \frac{4 \text{ m}}{0,8 \text{ m/s}}$$

$$\text{Waktu Horizontal} = 5 \text{ s}$$

Tabel IV.3 Waktu *Horizontal*

No	Rack Location	Level	Horizontal Distance (m)	Horizontal Time (s)
1	A	1	8	10

2	B	1	7	8,75
3	C	1	6	7,5
4	D	1	5	6,25
5	E	1	4	5

b. Menghitung Waktu *Vertikal*

Perhitungan waktu vertikal pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui berapa lama waktu yang digunakan oleh picker untuk mengambil barang dalam level rak penyimpanan yang berbeda. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan waktu vertikal:

Tabel IV.4 Waktu Vertikal

Level	Tinggi	Jarak Vertikal	Waktu Vertikal
1	0,45	0	1,8
2	0,45	0,45	0,9
3	0,45	0,9	0
4	0,45	1,35	0
5	0,45	1,8	1,8

c. Menghitung Waktu pengambilan Barang

Waktu pengambilan barang didapatkan dari pengamatan langsung yang dilakukan oleh penulis pada gudang barang habis pakai ketika pengambilan barang. Pengambilan data dilakukan sebanyak 16 kali pengamatan sehingga menghasilkan waktu rata – rata untuk pengambilan barang sebesar 526,3125 detik

d. Menghitung Waktu Total Proses *Picking*

Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk perhitungan waktu total.

$$Waktu\ Total = WH + WV + WP$$

Berikut merupakan contoh perhitungan total waktu picking untuk barang pada rak A level 1.

$$Waktu\ Total = WH + WV + WP$$

$$Waktu\ Total = 10 + 0 + 526,3124$$

$$Waktu\ Total = 536,3125\ s$$

Tabel IV.5 Waktu Total Proses *Picking*

No	Rack Location	Level	Waktu Horizontal (s)	Waktu Vertikal (s)	Total Waktu (s)
1	A	1	10	1,8	538,1125
2	A	2	10	0,9	537,2125
3	A	3	10	0	536,3125
4	A	4	10	0	536,3125
5	A	5	10	1,8	538,1125

4. Menentukan Tempat Untuk *Forward Pick Area*

Berdasarkan layout gudang barang habis pakai terdapat 5 rak yang digunakan sebagai tempat penyimpanan barang. Rak memiliki ukuran yang sama yang terdiri dari 5 level untuk penyimpanan barang. Berikut merupakan matriks jarak tempuh dari titik nol atau dari pintu masuk ke masing - masing rak penyimpanan yang telah dihitung menggunakan *rectilinear distance* :

Titik/Rak	Titik 0	Rak A	Rak B	Rak C	Rak D	Rak E
Rak 0	0	8	7	6	5	4
Rak A	8	0	1	2	3	4
Rak B	7	1	0	1	2	3

Rak C	6	2	1	0	1	2
Rak D	5	3	2	1	0	1
Rak E	4	4	3	2	1	0

Berdasarkan jarak tempuh dari masing – masing rak pada tabel diatas, dapat diketahui bahwa jarak terpendek dari pintu masuk adalah lokasi rak E yaitu 4 m. Selain dekat dengan pintu masuk rak E juga memiliki kapasitas yang memadai untuk penyimpanan alokasi pada *forward pick area* yang dijelaskan di pengolahan data.

5. Model Matematis

Model matematis yang digunakan pada penelitian ini merupakan adaptasi dari penelitian yang dilakukan oleh Vallez-Gallego, et al. (2021), dimana dalam penelitian ini model yang digunakan adalah *Mixed integer linear programming* (MILP). Komponen utama dalam pengembangan model *Mixed integer linear programming* (MILP) yang digunakan dalam penelitian ini untuk memodelkan masalah alokasi yang diajukan meliputi set, parameter, dan variabel keputusan yang dirumuskan sebagai berikut:

Tabel IV. 3 Keterangan Set Model

Set	
Simbol	Keterangan
O	Pesanan pelanggan
S	SKUs
Q_k	SKUs dalam pesanan pelanggan $k \in O$
L	Lokasi penyimpanan

Tabel IV. 4 Keterangan Parameter Model

Parameter Model	
Simbol	Keterangan
h_i	Jarak ke lokasi penyimpanan $i \in L$
r	Jarak antara area pengambilan cepat dan area cadangan
q_s	Unit dari SKU $s \in S$ di dalam pesanan pelanggan O
d_s	Permintaan dari SKU $s \in S$ dalam pesanan pelanggan O
n_i	Jumlah bin di lokasi $i \in L$
f_{ist}	Jarak tempuh untuk mengisi kembali SKU $s \in S$ jika ditempatkan pada t bin di lokasi $i \in L$

Tabel IV. 5 Keterangan Variabel Keputusan

Variabel Keputusan	
Simbol	Keterangan
y_{ist}	Variabel biner. $y_{ist} = 1$ jika SKU $s \in S$ ditempatkan pada t bin di lokasi $i \in L$ dan $y_{ist} = 0$ maka sebaliknya.
z_k	Jarak tempuh untuk mempersiapkan pesanan pelanggan $k \in O$

a. Fungsi Tujuan

$Min \sum_{k \in O} z_k + \sum_{i \in L} \sum_{k \in O} \sum_{t=1} f_{ist} * y_{ist}$ (IV-1)
Fungsi tujuan pada persamaan (IV-1) bertujuan untuk meminimasi jarak yang ditempuh oleh picker saat kegiatan pengambilan barang dan pengisian ulang. Dalam penelitian ini hasil jarak tempuh minimal akan di konversikan menjadi waktu dengan mengalikan jarak dikali dengan kecepatan orang saat berjalan yaitu 0,8 m/s.

e. Fungsi Pembatas

$$\sum_{i \in L} \sum_{t=1}^{ni} y_{ist} = 1 \quad \forall s \in S \quad (IV-2)$$

Persamaan (IV-2) memastikan bahwa suatu SKU menempati sebagian atau seluruh lokasi dan tidak tersebar di lebih dari satu lokasi.

$$\sum_{s \in S} \sum_{t=1}^{ni} t \cdot y_{ist} \leq ni \quad \forall i \in L \quad (IV-3)$$

Persamaan (IV-3) memastikan bahwa jumlah wadah penyimpanan yang ditetapkan pada suatu SKU tidak melebihi jumlah wadah yang tersedia di lokasi penyimpanan tersebut.

$$z_k \geq \sum_{t=1}^{ni} 2 \cdot h_i \cdot y_{ist} \quad \forall i \in L, k \in O, s \in Q_k \quad (IV-4)$$

Persamaan (IV-4) mendefinisikan jarak yang ditempuh oleh picker untuk menyiapkan pesanan k.

$$y_{ist} \in \{0,1\} \quad \forall s \in S, i \in L, 1 \leq t \leq ni \quad (IV-5)$$

Persamaan (IV-5) menentukan domain biner dari variabel keputusan yist

$$f_{ist} = 2 \cdot r \cdot \left[\frac{ds}{t \cdot qs} \right] \quad \forall i \in L, s \in S, 1 \leq t \leq ni \quad (IV-6)$$

Persamaan (IV-6) memastikan bahwa total jumlah bin yang dialokasikan untuk semua SKU di lokasi tertentu tidak melebihi kapasitas bin yang tersedia di lokasi tersebut.

C. Hasil Optimasi dengan Solver Gurobi

```
Solution count 1: 144
Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)
Best objective 1.440000000000e+02, best bound 1.440000000000e+02, gap 0.0000%
Hasil telah disimpan ke file 'Hasil_Skema1.xlsx'
```

Gambar IV. 2 Hasil Optimasi Gurobi

D. Hasil Rancangan

Hasil rancangan yang diperoleh berdasarkan model matematis yang telah diformulasikan sebelumnya adalah sebagai berikut:

Tabel IV. 6 Usulan Alokasi Penyimpanan Pada *Forward Pick Area*

No Bin	SKU	Rack Level
1	Map Office Warna	Level 1
2	Map Business	Level 1
3	Stabilo Bass	Level 1
4	Pensil	Level 1
5	Pulpen Faster	Level 1
6	Pulpen Snowman	Level 2
7	Correction Pen Cair	Level 2
8	Pulpen Standard	Level 2
9	Clip Binder 200	Level 2
10	Amplop	Level 2
11	Refill Tinta Spidol	Level 3
12	Spidol Warna	Level 3
13	Spidol Snowman	Level 3
14	Penghapus Papan Tulis	Level 3
15	Buku Akuntansi Kecil	Level 3
16	Buku Akuntansi Besar	Level 4

No Bin	SKU	Rack Level
17	Correction Tape	Level 4
18	Stappler Sedang	Level 4
19	Isi Stappler 3	Level 4
20	Map Tel-u	Level 4
21	Pengharum Ruangan	Level 5
22	Tinta Printer	Level 5
23	Buku Note	Level 5
24	Baterai Alkaline AAA	Level 5

Pada tabel diatas merupakan hasil alokasi penyimpanan usulan pada *forward pick area*. Hasil dari alokasi penyimpanan tersebut telah sesuai dengan pertimbangan korelasi permintaan dimana lokasi barang yang saling berkorelasi terletak pada bin yang saling berdekatan sehingga meminimasi waktu pencarian dan pengambilan barang.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan model matematika *mixed integer linear programming* dengan bantuan solver optimasi gurobi pada permasalahan yang dihadapi oleh gudang barang habis pakai telah diformulasikan untuk tujuan meminimasi total jarak tempuh ketika melakukan aktivitas pengambilan barang dan pengisian ulang sehingga mendapatkan hasil optimal untuk jarak travelling. Namun pada penelitian ini penerapan model tersebut dikonversikan menjadi waktu karena permasalahan yang terjadi adalah lamanya waktu *picking*. Hasil optimasi menunjukkan penurunan total jarak tempuh sebesar 60% dari 360 meter menjadi 144 meter. Setelah diketahui alokasi penyimpanan usulan yaitu pada *forward pick area* dan hasil total jarak tempuh maka dilakukan konversi menjadi waktu yang menghasilkan pengurangan waktu sebesar 88% dari kondisi eksisting dengan waktu rata-rata 8,62808 menit sehingga waktu usulan sebesar 1,13545 menit.

REFERENSI

- [1] E. Alice, "Forward Pick Area Design and Operations" *Journal of Industrial and System Engineering Department*, 2021.
- [2] A.G Ferarra, "An Optimization Model for the Design of Rack Storage IIE Annual Conference and Expo, 2014.
- [3] A. Prasidi, "Ketepatan Waktu Pendistribusian Barang pada Warehouse Management System di PT. CEVA Logistics," *Jurnal Logistik Indonesia*, 2019.
- [4] G. Richards "Warehouse Management: a Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in The Modern Warehouse," *Kogan Page*, 2014.
- [5] A. Safitri, "Penerapan Mixed Integer Linear Programming dalam Pengoptimalan Keuntungan pada Laundry Factory Pekanbaru," *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 2019.
- [6] C. Valinda, "Penataan Fasilitas Rak untuk Optimasi Inventory Menggunakan Metode *Dedicated Storage* pada Klinik Ananda", *Jurnal Teknik Industri*, 2017.

