

PERANCANGAN *RACKING SYSTEM* MENGGUNAKAN PENDEKATAN *MULTIPLE KNAPSACK PROBLEM* UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS PENYIMPANAN PRODUK FMCG DENGAN TOTAL ONGKOS RANCANGAN YANG MINIMUM PADA GUDANG PT. XYZ BANDUNG

Astari Fitria Puspita Dewi¹, Luciana Andrawina², Budi Santosa³

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

Email : ¹astarifpd@yahoo.com ²luciana_andrawina@yahoo.com ³bschulusoh@gmail.com

Abstrak

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang distributor dengan produk FMCG yang dikirimkan berasal dari *supplier* PT ABC. Untuk pendistribusian produk pada *customer* yang berada di wilayah Bandung, PT XYZ memiliki gudang sebagai tempat penyimpanan barang jadi sebelum barang tersebut disalurkan ke *customer*. Kondisi gudang saat ini dalam penyimpanan produknya yang menggunakan sistem *block stacking* sudah tidak dapat lagi menampung keseluruhan produk yang datang ke gudang. Hal tersebut terlihat dari adanya gap antara jumlah kapasitas penyimpanan yang ada (pallet) dengan *stock* produk dalam satuan pallet. Sehingga banyak produk yang ditumpuk diatas produk lain hingga ketinggian melebihi batas penumpukan produk, hal tersebut riskan terhadap kerusakan produk dan ketidaknyamanan operator gudang dalam mengambil produk yang ditumpuk tersebut. Jika dilihat dari perhitungan utilitas gudang saat ini yaitu 37%, menandakan bahwa utilitas gudang masih jauh dibawah 80% sehingga perusahaan perlu memanfaatkan penggunaan ruang gudang secara vertikal. Oleh karena itu dalam penelitian ini diusulkan penerapan sistem penyimpanan dengan *racking system* dan mencari jumlah kombinasi rak sesuai dengan kebutuhan penyimpanan dengan total biaya rancangan yang minimum.

Langkah awal yang dilakukan yaitu dengan menghitung kebutuhan jumlah pallet berdasarkan data *stock* gudang, lalu memilih jenis rak yang sesuai dengan kriteria produk dan merancang dimensi rak, setelah itu memilih *material handling equipment* yang sesuai sehingga didapatkan lebar *aisle* pada tata letak gudang usulan. Perhitungan jumlah kombinasi rak menggunakan metode *Multiple Knapsack Problem* dengan model matematika *linear programming*. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan peningkatan pada utilitas gudang sebesar 13% dan peningkatan kapasitas gudang sebesar 216% pallet.

Kata kunci : *warehouse, racking system, multiple knapsack problem, linear programming*

Abstract

PT. XYZ is a company who engaged in distribution business line with PT. ABC to supplies FMCG product. In order to facilitate product distribution to Bandung area customer, PT. XYZ built a warehouse for storing all PT. ABC finished product before being supplied to the customer. Recently, the warehouse which using block stacking system cannot be used anymore since these methods cannot accommodate all incoming products. It can be seen on a gap between pallet capacity with the product stock on pallet per unit and it makes the employee had to stacked the product above the other product until exceeding the height limitation which could be effected to product damaging and inconvenience environment for warehouse operator when they want to do their job. Based on utilization estimation shows that actually PT. XYZ only use about 37% of the warehouse for storing. Meanwhile based on Tompkins's book that the ideal of warehouse utilization should be use at least 80% of warehouse capacity. Therefore this research is done to propose new system named racking system and estimating effective rack combination to increase storage capacity with minimum total design cost.

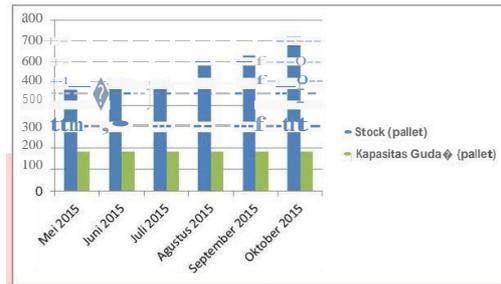
The first step is calculating the number of pallets based on the warehouse need based on stock data, after that is choosing the type of rack according to the product criteria and designing the dimensions of the pallet. then picking the most suitable material handling equipment to obtain the width of the aisle on proposed warehouse layout. At last, calculating the amount of pallet combinations using Multiple Knapsack Problem with Linear Programming Mathematics Model Based on the calculation above shows that warehouse utility increased about 13% and Warehouse Capacity increased in to 216% pallets.

Key words: *warehouse, racking system, multiple knapsack problem, linear programming*

1. Pendahuluan

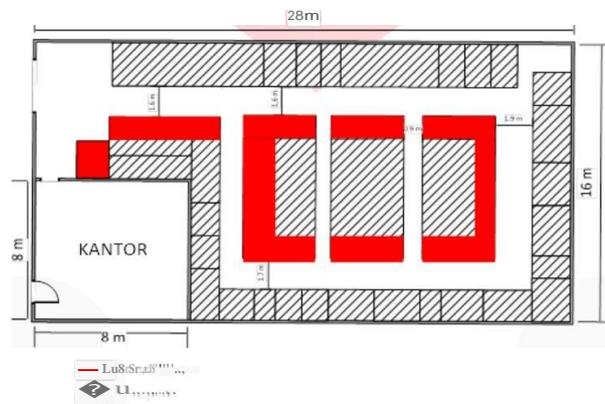
PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang distribusi dengan produk FMCG yang di *supply* dari PT ABC. PT XYZ memiliki gudang yang berfungsi untuk menyimpan barang jadi sebelum dikirimkan ke *customer* yang berada di wilayah Bandung dan sekitarnya. Kondisi gudang saat ini dinilai belum optimal dimana produk disimpan menggunakan sistem *block stacking* tanpa kebijakan penyimpanan atau secara acak. Adanya standar penumpukan produk yang ditetapkan oleh perusahaan namun pada realisasinya produk ditumpuk melebihi batas penumpukan tersebut. Hal tersebut disebabkan oleh terbatasnya lahan yang tersedia untuk menampung keseluruhan produk yang datang dari *supplier* dimana luas gudang yang dimiliki sebesar 448m². Sehingga dari luas tersebut, gudang hanya dapat

menampung sebesar 183 pallet posisi. Jika dibandingkan dengan jumlah pallet yang tersedia dengan jumlah kebutuhan pallet berdasarkan data *stock* produk, kapasitas gudang tersebut belum dapat memenuhi produk yang masuk ke gudang.



Gambar 1 Perbandingan *stock* produk dan kapasitas gudang dalam satuan pallet

Adanya perbandingan jumlah *stock* dengan kapasitas yang tergambar pada Gambar 1 sehingga banyak produk yang ditumpuk pada produk lain dan banyak juga yang diletakkan di luar *storage area*. Adanya penumpukan tersebut sangat riskan terhadap kerusakan produk. Gambar 2 merupakan *layout* pada gudang PT XYZ kondisi awal.



Gambar 2 *Layout* gudang kondisi awal

Berdasarkan perhitungan utilitas gudang saat ini, didapatkan utilitas sebesar 37%. Menurut Tompkins (2010) gudang perlu dilakukan ruang tambahan ketika gudang tersebut sudah terisi 80%. Hal tersebut menandakan bahwa utilitas gudang masih tergolong rendah. Banyaknya produk yang disimpan di luar *storage area* atau slot penyimpanan bukan berarti gudang tersebut harus melakukan ekspansi gudang, melainkan adanya sistem penyimpanan secara *block stacking* sehingga pemanfaatan ruang gudang secara vertikal kurang dimanfaatkan. Oleh karena itu pemanfaatan ruang secara vertikal harus dimanfaatkan, dengan menerapkan sistem media penyimpanan yang baru yaitu *racking system* dan penataan tata letak yang sesuai dengan media penyimpanan yang baru. Adanya pengadaan *racking system* dalam gudang dapat meningkatkan kapasitas penyimpanan, utilisasi, dan penyimpanan produk jadi lebih rapi, namun disisi lain terdapat konsekuensi yang harus diterima yaitu dari segi biaya. Perusahaan harus mengeluarkan pendapatannya untuk investasi rak karena pada prinsipnya, pengadaan sebuah rak gudang merupakan langkah dari investasi. Sehingga diharapkan total biaya rancangan rak yang dihasilkan minimum. Oleh karena itu penelitian ini akan membahas tentang perancangan *racking system* untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan dengan biaya rancangan yang minimum.

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1. Gudang

Gudang adalah suatu tempat atau bangunan yang dipergunakan untuk menimbun, menyimpan barang, baik berupa bahan baku (*raw material*), barang setengah jadi (*work in process*), atau barang jadi (*finished good*). (Siahaya, 2013)

2.1.2. *Knapsack Problem*

Knapsack Problem merupakan permasalahan optimasi kombinatorik dengan memaksimalkan *profit* dari item didalam *knapsack* (karung) tanpa melebihi kapasitasnya. *Knapsack problem* dapat diilustrasikan sebagai diberikan beberapa barang yang masing-masing memiliki berat (*weight*) dan keuntungan (*profit*), dengan ketentuan barang yang dimasukkan kedalam *Knapsack* memiliki total berat barang yang jika dimasukkan tidak boleh melebihi kapasitas *Knapsack*, maka dapat dikatakan telah mencapai *optimal packing*. *Knapsack Problem* dapat diformulasikan menggunakan notasi matematika sebagai berikut (Kellerer, Pferschy, & Pisinger, 2004)

Fungsi tujuan

$$\sum_{i=1}^n x_i = \begin{matrix} 2 \\ 2 \\ 2 \end{matrix} \quad (1)$$

Dengan batasan

$$\sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n w_i \leq W \tag{2}$$

Di mana X adalah biner, integer, atau real $\forall i \in \{1, \dots, n\}$

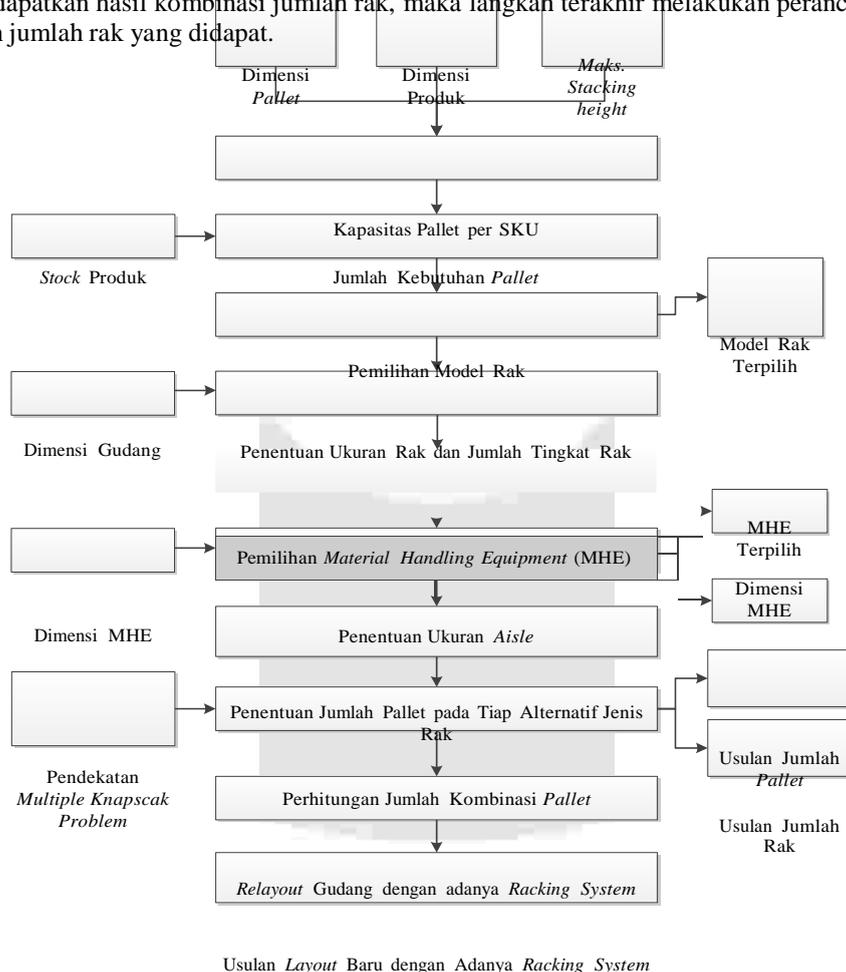
Berdasarkan permasalahan yang ada pada PT XYZ, sehingga tujuan utamanya yaitu ingin merancang *racking system* agar kapasitas meningkat sesuai dengan kebutuhan jumlah pallet. Adanya wadah atau kapasitas yang terdiri dari dua zona pada gudang, dan dengan kombinasi dari dua jenis *rack* dengan mempertimbangkan biaya investasi rak serendah mungkin sehingga model yang digunakan adalah *Multiple Knapsack Problem*. *Multiple Knapsack Problem* merupakan sebuah metode *knapsack* untuk menetapkan permasalahan subset dari item n untuk m (wadah) yang berbeda, sehingga total keuntungan yang diperoleh dapat dimaksimalkan tanpa melebihi kapasitas dari wadah yang disediakan. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka fungsi tujuan yang digunakan adalah :

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \tag{3}$$

2.2 Model Konseptual

Pengolahan data dimulai dari menentukan kapasitas pallet per SKU lalu setelah itu menentukan jumlah kebutuhan pallet berdasarkan data *stock* gudang. Langkah selanjutnya dilakukan pemilihan terhadap jenis rak yang akan diusulkan berdasarkan kriteria-kriteria pemilihan rak. Setelah itu, menentukan ukuran rak dan jumlah tingkat rak pada masing-masing jenis rak. Ukuran rak tergantung pada ukuran pallet yang digunakan pada gudang. Selanjutnya, untuk mengetahui jumlah rak yang dapat diimplementasikan berdasarkan *layout* usulan, sehingga diperlukan ukuran dari lebar *aisle*. Lebar *aisle* ditentukan berdasarkan panjang diagonal dari *material handling equipment* yang digunakan. Dikarenakan gudang pada kondisi saat ini belum memiliki *material handling equipment*, sehingga ditentukan terlebih dahulu MHE yang dapat digunakan pada gudang berdasarkan penggunaan rak dan kriteria lain.

Perhitungan kombinasi jumlah rak dicari dengan menggunakan metode *multiple knapsack problem* (MKP) dengan fungsi tujuan mencari kombinasi jumlah rak dengan biaya investasi rendah. Perhitungan dilakukan dengan bantuan *software* LINGO. Setelah didapatkan hasil kombinasi jumlah rak, maka langkah terakhir melakukan perancangan ulang tata letak gudang berdasarkan jumlah rak yang didapat.



Gambar 3 Model Konseptual

3. Pembahasan

3.1 Pemilihan Jenis *Racking System*

Berdasarkan kriteria seperti sistem perputaran produk, kemudahan akses, dan harga maka dipilih dua jenis *racking system* yang diusulkan untuk sistem penyimpanan produk pada gudang PT XYZ. Kedua jenis *racking system* tersebut adalah *selective rack* dan *double deep rack*.

3.2 Perancangan Dimensi *Racking System*

Langkah awal dilakukan penentuan jumlah level rak yang dapat diimplementasikan pada gudang dengan mempertimbangkan tinggi gudang yang digunakan untuk sistem penyimpanan. Untuk tinggi tiap level nya, menggunakan tinggi tumpukan beserta tinggi pallet dan ditambah dengan *allowance* agar tumpukan produk tidak terlalu mepet dengan *beam rack*. Sehingga berdasarkan perhitungan, didapatkan jumlah level rak yang diusulkan sebanyak 4 level. Pada penelitian ini panjang dan lebar rak ditentukan berdasarkan satuan *rack bay*, dimana satu *rack bay* terdiri dari dua slot pallet. Untuk dimensi *rack bay* itu sendiri tergantung pada dimensi pallet yang digunakan pada gudang. Pallet yang digunakan pada gudang PT XYZ memiliki dimensi 0.8 x 1.1 m. Sehingga dimensi panjang *rack bay* untuk kedua jenis alternatif rak memiliki panjang *rack bay* yang sama yaitu dengan menambah dimensi panjang dua pallet dan dimensi *allowance* yang diberikan. Sedangkan untuk lebar *rack bay* antara jenis rak *selective* dengan *double deep* memiliki lebar yang berbeda. Hal tersebut dikarenakan *double deep* merupakan media penyimpanan ganda dimana memiliki dua kedalaman pallet sehingga diperlukan tambahan *row spacer* pada penggunaannya.

3.3 Pemilihan MHE

Penentuan MHE dilakukan karena gudang PT XYZ pada kondisi awal tidak memiliki MHE khusus untuk pengambilan produk nya. Selain itu, pada perancangan usulan tata letak gudang memerlukan ukuran aisle untuk mengetahui jumlah rak yang dapat diimplementasikan. Ukuran *aisle* tersebut didapat dari panjang diagonal dari MHE terpilih. Berdasarkan kriteria, dipilih MHE *reach truck* sebagai alat untuk memindah produk dari rak ke input/output area.

3.4 Perhitungan Lebar Aisle

Ukuran lebar *aisle* atau gang dapat didapatkan dari perhitungan manual dari panjang diagonal *handling equipment* yang diusulkan. Dari perhitungan didapatkan panjang diagonal *handling equipment* yang diusulkan sebesar 3 m.

3.5 Menentukan Jumlah Pallet Usulan Berdasarkan Tata Letak *Primary Aisle*

Tata letak *primary aisle* memiliki tiga jenis berdasarkan letak *input* dan *output point*. (Larson, March, & Kusiak, 2007). Berdasarkan kondisi gudang PT XYZ dimana letak *input* dan *output point* memiliki lokasi yang sama sehingga dipilih tata letak *primary aisle* dengan lokasi *input* dan *output point* yang sama. Dari tata letak tersebut direkomendasikan aliran *aisle* secara vertikal terhadap letak *input* dan *output point*. Berdasarkan aliran *aisle* tersebut diusulkan tata letak dengan masing-masing jenis rak. Hasil usulan tata letak tersebut menghasilkan jumlah pallet posisi pada masing-masing jenis rak yang terlihat pada Tabel 1

Tabel 1 Jumlah pallet posisi masing-masing jenis rak pada layout usulan

	<i>Selective Rack</i>	<i>Double Deep Rack</i>
Zona 1	448	608
Zona 2	48	80
Total Pallet	496	688

Hasil jumlah pallet posisi tersebut digunakan sebagai batasan dalam perhitungan untuk mencari kombinasi jumlah rak. Dimana dengan usulan tata letak *primary aisle* tersebut didapatkan penyimpanan produk pada gudang minimal sejumlah 496 pallet posisi untuk penggunaan jenis *selective rack* dan 688 pallet posisi untuk jenis *double deep rack*.

3.6 Menentukan Kombinasi Jumlah Rak

Perhitungan kombinasi rak didapatkan dengan menggunakan *Mutiple Knapsack Problem*. Berikut langkah-langkahnya :

- a. Menentukan fungsi tujuan
 Fungsi tujuan dari permasalahan ini yaitu ingin mencari kombinasi jumlah rak agar kapasitas penyimpanan meningkat dengan biaya rancangan rak yang dikeluarkan minimum. Biaya rancangan yang dimaksud mencakup biaya investasi dan biaya operasional rak. Sehingga didapatkan fungsi tujuan :
 Minimasi $\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 C_{ij} X_{ij}$ (4)

Keterangan :

- i : zona rak
- j : jenis rak

- m : jumlah zona
- n : jumlah jenis rak
- x_{ij} : solusi optimal jenis rak j pada zona i
- α_j : parameter

Parameter yang digunakan :

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \tag{5}$$

$$C_{ij} = \sum_{i=1}^m [C_{ij} + [\alpha_j \times t_{ij}]] \tag{6}$$

Keterangan :

- C_1 = Biaya investasi untuk *selective rack* ; Rp 750.000/slot
- C_2 = Biaya investasi untuk *double deep rack* ; Rp 825.000/slot
- α_1 = Ongkos operasional untuk *selective rack* (Rp 11.097/menit)
- α_2 = Ongkos operasional untuk *double deep rack* (Rp 24.412/menit)
- t_1 = Waktu penyimpanan produk untuk *selective rack* (3 menit)
- t_2 = Waktu penyimpanan produk untuk *double deep rack* (5 menit)

Sehingga model matematika untuk fungsi tujuan sebagai berikut :

$$\text{Minimasi } 750000x_{11} + 825000x_{21} + 750000x_{12} + 825000x_{22} + 33290x_{11} + 122059x_{22} + 33290x_{11} + 122059x_{22}$$

Variabel yang dicari :

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \tag{7}$$

Keterangan :

- x_{11} = *Selective rack*, pada zona 1
- x_{21} = *Double deep rack*, pada zona 1
- x_{12} = *Selective rack*, pada zona 2
- x_{22} = *Double deep rack*, pada zona 2

b. Menentukan fungsi pembatas

Fungsi pembatas :

- Jumlah kebutuhan pallet posisi keseluruhan
 - $x_{11} + x_{21} + x_{12} + x_{22} \geq 579$
- Jumlah pallet posisi pada masing-masing zona tata letak usulan
 - $x_{11} \leq 448$
 - $x_{21} \leq 608$
 - $x_{12} \leq 48$
 - $x_{22} \leq 80$

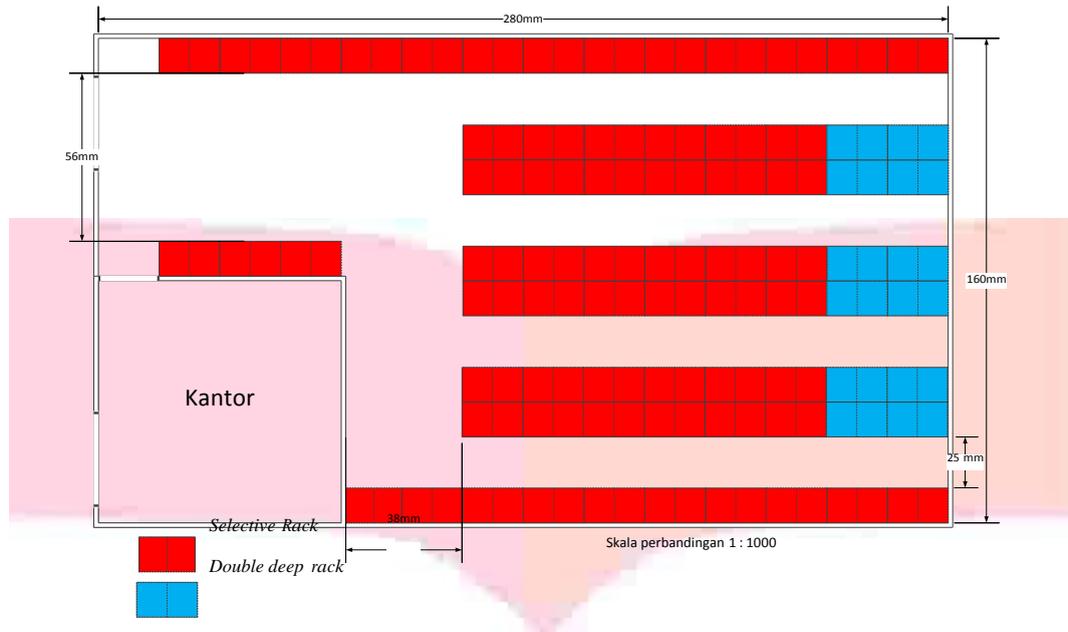
Berdasarkan model matematika tersebut, maka diperoleh hasil kombinasi jumlah rak pada Tabel 2

Tabel 2 Hasil perhitungan kombinasi jenis rak

Jenis Rak	Jumlah Pallet	Jumlah Rak
<i>Selective rack</i> zona 1	448	56
<i>Selective rack</i> zona 2	48	6
<i>Double deep rack</i> zona 1	83	6
<i>Double deep rack</i> zona 2	0	0
Total	579	68

3.7 Penataan Tata Letak Usulan

Setelah didapat jumlah rak berdasarkan perhitungan untuk tiap zona, maka selanjutnya membuat *layout* usulan berdasarkan jumlah rak tersebut. *Layout* usulan tersebut tergambar pada Gambar 4



Gambar 4 Usulan layout gudang PT XYZ

4. Kesimpulan

Setelah melakukan perhitungan, maka didapatkan jenis rak dengan kombinasi jumlah rak sebanyak 62 rak untuk jenis *selective rack* dan 6 rak untuk jenis *double deep rack*. Adanya hasil kombinasi jumlah rak tersebut dapat meningkatkan kapasitas penyimpanan pada gudang sebesar 216% dengan kapasitas 579 pallet posisi. Selain itu, utilitas gudang meningkat sebesar 13% dengan adanya usulan rancangan rak.

Total biaya rancangan rak yang dikeluarkan dengan adanya usulan rancangan rak pada tiap jenis rak sebanyak Rp. 388.512.044,- untuk jenis *selective rack* sedangkan untuk jenis *double deep rack* mengeluarkan biaya rancangan sebesar Rp. 78.605.927,- sehingga total yang harus dikeluarkan untuk investasi rak pada gudang PT XYZ sebesar Rp. 467.117.971,-

Daftar Pustaka

Kellerer, H., Pferschy, U., & Pisinger, D. (2004). *Knapsack Problems*. New York: Springer.

Larson, T. N., March, H., & Kusiak, A. (2007). A Heuristic Approach to Warehouse Layout with Class-based Storage.

Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. (2010). *Facilities Planning*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

