

Pengurangan Waktu Pengambilan Barang dengan Menggunakan Simulasi pada Gudang Sepeda di UD X

Hendra Soesatyo¹

Abstract: UD X is a company that work in bicycle selling and distribution. Some of problems that occur in UD X's warehouse is the long pick-up time. The other problem is inability of the warehouse to do FIFO system because the warehouse is using stacking system. This research is done by making a simulation in the current condition to obtain the pick-up time. The proposal of the *layout* is done by grouping the goods by throughput-to-storage to get the good's throughput speed. Proposal alternative also made by the single racking with front end depot system and single aisle with font end depot racking system, and tested by simulation. Single racking with front end depot is the best proposal from the simulation test with pick-up time 22,017 seconds better than the current condition. Investation cost is Rp128.200.000,- and the breakeven is 21,6 years. Investation is considered as not feasible since the cost isn't match with the savings that occur.

Keywords: Simulation, Warehousing, Racking System, T/S

Pendahuluan

UD X adalah perusahaan yang bergerak pada bidang distribusi sepeda, mainan dan perlengkapan anak di Kota Banjarmasin, Provinsi Kalimantan Selatan. UD X memiliki dua cabang yang menangani *retail*, dan satu cabang yang menangani grosir. UD X selaku distributor memiliki jaringan penjualan grosir yang meliputi Provinsi Kalimantan Selatan dan Provinsi Kalimantan Tengah.

Permasalahan yang dihadapi oleh UD X adalah gudang sepeda yang dimiliki UD X tidak tertata dengan baik sehingga pengambilan barang menjadi sulit. Jalur yang digunakan untuk pekerja dalam berjalan juga sangat sempit, yaitu 72 cm, sementara ideal untuk produk agar dapat diambil dengan mudah adalah ± 135 cm (lebar barang ditambah pekerja/alat pengambil agar dapat berputar dan bergerak) agar produk dapat diambil dengan mudah. Hal ini akan menyulitkan pekerja dalam pengambilan barang. Barang juga tidak diletakkan secara teratur sehingga pekerja harus mencari barang secara manual. Peletakkan barang selama ini adalah ditaruh dengan cara ditumpuk hingga batas ketinggian gudang itu sendiri. Hal ini akan menyulitkan pekerja dalam mengambil barang yang terletak di bawah, serta memperlambat pengambilan barang.

Permasalahan lain dari gudang ini adalah penumpukan barang yang memiliki efek buruk. Penumpukan barang yang dilakukan mengakibatkan sistem pengeluaran barang tidak dapat ditentukan dengan jelas. Pengeluaran barang hanya

didasarkan pada barang yang ditemukan oleh operator pengambilan. Hal ini mengakibatkan barang di tumpukkan bawah tidak akan terambil karena pengambilan yang sulit dan sistem FIFO tidak bisa dijalankan. Resiko rusaknya barang yang meningkat dikarenakan beban yang harus ditahan oleh 1 kardus sepeda cukup besar.

Jumlah tumpukan kardus yang ada pada kondisi sekarang adalah sebanyak 15 tumpukkan untuk sepeda dewasa (berat 15 kg per sepeda). Sepeda dewasa memiliki batas tumpukkan sebanyak 7 tumpukkan (berdasarkan beban maksimal sepeda dewasa sebesar 110 kg). Resiko lain adalah sepeda yang ditumpuk di bagian bawah dapat menjadi berkarat karena sepeda terlalu lama ditumpuk di bagian bawah. Tumpukkan yang tinggi menyebabkan rata-rata pengambilan barang dari pintu menuju pintu adalah 200 detik untuk setiap sepeda. Perusahaan juga menginginkan agar waktu pengambilan barang menjadi lebih singkat.

Penelitian ini akan menggunakan metode simulasi untuk meneliti bagaimana pengambilan barang dilakukan. Penelitian ini dibagi menjadi kondisi awal dan penelitian mengenai kondisi usulan. Metode ini dilakukan untuk mempermudah penelitian dan menghemat biaya dari penelitian.

¹ Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: h_soekatyo@yahoo.com

Metode Penelitian

Tahapan pertama dari penelitian adalah mendefinisikan objek yang ingin diteliti. Objek utama yang akan diteliti adalah mengenai inventori. Silver, *et al.* [1] menyatakan bahwa inventori merupakan persediaan yang disimpan agar dapat digunakan pada masa mendatang. Persediaan yang disimpan meliputi barang mentah, barang setengah jadi, dan barang jadi. Objek lain yang diteliti adalah gudang. Richards [2] menyatakan bahwa gudang adalah tempat sementara untuk menaruh inventori dan sebagai *buffer* dalam rantai pasok.

Sistem FIFO

Sistem yang digunakan sebagai usulan dalam penelitian merupakan sistem FIFO. Tompkins [3] menyatakan bahwa Sistem FIFO merupakan sebuah sistem dimana barang yang dikeluarkan sesuai dengan urutan barang tersebut masuk. Sistem FIFO memungkinkan barang yang sudah ada di dalam gudang dalam waktu yang paling lama untuk keluar dari gudang terlebih dahulu. Sistem ini digunakan agar menjaga konsistensi barang masuk dan keluar dari gudang, dan mencegah barang rusak atau menjadi *deadstock* karena terlalu lama di gudang.

Desain Tata Letak Fasilitas

Heragu [4] menyatakan bahwa desain tata letak fasilitas adalah ilmu yang mempelajari lokasi dari fasilitas, pengelompokan fasilitas, dan cara peletakkan fasilitas. Posisi sebuah fasilitas (alat atau benda) dapat mempengaruhi kinerja dari operator / pekerja dalam perusahaan. Posisi yang salah akan mengurangi kinerja pekerja dan akan mengganggu efektivitas dari sebuah pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tata letak dalam *warehouse* diantaranya adalah:

- Bentuk dan lebar lorong
Lebar lorong akan dipengaruhi oleh cara pengambilan barang tersebut. Pengambilan barang yang menggunakan *forklift* akan membutuhkan lorong yang lebih besar daripada pengambilan barang menggunakan manusia atau *automated storage and retrieval system* (AS/RS).
- Tinggi gudang
Tinggi gudang akan mempengaruhi jumlah barang yang dapat tersimpan. Tinggi gudang juga mempengaruhi cara pengambilan barang. Barang yang diletakkan terlalu tinggi dan tidak dapat dijangkau oleh manusia membutuhkan alat agar peletakkan barang menjadi lebih mudah.

- Lokasi dan orientasi dari area *docking*
Lokasi dan orientasi area *docking* mempengaruhi tata letak fasilitas. Area *docking* dapat dipengaruhi akses jalan menuju gudang, area parkir dan *drive-in roads*. Semakin kecil *drive-in roads* maka semakin luas area penyimpanan.
- Tipe rak yang digunakan untuk penyimpanan
Tipe rak yang digunakan akan mempengaruhi jumlah barang yang dapat disimpan. Rak bertingkat umumnya akan memberikan ruang tambahan untuk peletakkan barang.
- Level otomasi dari gudang
Level otomasi dari gudang juga mempengaruhi tata letak gudang. Gudang yang sudah menggunakan *automated storage and retrieval system* (AS/RS) akan memiliki tata letak yang berbeda dengan gudang tanpa otomasi.

Class-Based Dedicated Storage Location Policy

Class-based dedicated storage location policy adalah sebuah pengaturan barang yang mengatur barang untuk diklasifikasikan berdasar kelas-kelas tertentu. Sistem ini memiliki ciri khusus berupa penggabungan dari *dedicated storage location policy* dan *randomized storage policy*, dimana produk diletakkan pada area tertentu, namun produk bebas ditaruh dimana saja dalam area kelas tersebut. Pengklasifikasian barang dibagi berdasarkan *throughput-to-storage ratios* (T/S ratio). Pengelompokan dari T/S ratio dapat dikelompokkan menjadi 3-5 kelas tergantung kebutuhan.

Pembagian besaran kelas 1, kelas 2, dan kelas 3 umumnya disesuaikan dengan kebutuhan pemilik gudang. Besaran jumlah produk dalam kelas 1 adalah paling kecil, namun memiliki T/S Ratio yang terbesar. Besaran jumlah produk dalam kelas 2 lebih banyak dari kelas 1, dan T/S ratio lebih kecil dari kelas 1. Kelas 3 adalah kelas dengan produk terbanyak diantara semuanya, namun memiliki T/S terkecil. T/S ratio yang semakin besar menandakan bahwa produk tersebut paling sering mengalami keluar-masuk.

Throughput-to-Storage Ratio (T/S Ratio)

Francis, *et al.* [5] menyatakan bahwa *throughput-to-Storage Ratio (T/S Ratio)* adalah perbandingan diantara *throughput* dengan *storage* yang ada di gudang. T/S ratio dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$Ratio = \frac{Throughput}{Storage} \quad (2.1)$$

Dimana *throughput* merupakan jumlah produk yang masuk dan keluar dari gudang, dan *storage*

merupakan umlah produk yang masuk di dalam gudang.

T/S *ratio* dapat digunakan untuk membandingkan jumlah barang yang telah melalui gudang tersebut dengan barang yang masih ada di dalam gudang. Semakin tinggi T/S *ratio* dari barang tersebut, menandai bahwa barang tersebut merupakan *fast mover*.

Simulasi

Simulasi diartikan sebagai teknik memodelkan kegiatan dari berbagai macam sistem yang ada di dunia nyata tanpa harus mengalaminya pada keadaan yang sesungguhnya. Simulasi menggunakan komputer untuk mempelajari sistem secara numerik, dimana dilakukan pengumpulan data untuk melakukan estimasi statistik untuk mendapatkan karakteristik asli dari sistem (Averill, [6]). Simulasi merupakan alat yang tepat untuk digunakan terutama untuk melakukan eksperimen agar memperoleh hasil terbaik dari komponen-komponen sistem. Hal ini dikarenakan sangat mahal dan memerlukan waktu yang lama jika eksperimen dilakukan secara langsung. Simulasi dapat dilakukan untuk mempersingkat waktu percobaan atau eksperimen yang dilakukan, serta dapat dilakukan secara berulang tanpa menggunakan biaya.

ProModel

ProModel merupakan suatu *software* yang digunakan untuk melakukan simulasi terhadap suatu sistem dan menganalisis suatu sistem produksi. ProModel memiliki fleksibilitas, serta mampu menyajikan kombinasi yang paling tepat dalam memodelkan segala kondisi (Harrell, [7]). ProModel memiliki beberapa keuntungan yaitu dapat mendeteksi *bottleneck* yang terjadi di dalam proses. ProModel juga dapat mendeteksi masalah antrian dalam suatu sistem serta mendeteksi persentase utilisasi dari *resources* (dapat berupa *man* dan *machine*). Elemen-elemen dasar ProModel adalah sebagai berikut:

- *Location*

Location merepresentasikan sebuah area tetap dimana bahan baku, bahan setengah jadi ataupun bahan jadi mengalami atau menunggu proses, ataupun mencari aliran material atau proses selanjutnya. Tempat dimana *entities* diproses, di-*delay*, disimpan serta beberapa aktivitas lainnya.

- *Entities*

Entities adalah setiap bahan yang akan diproses oleh model. *Entities* merupakan suatu objek yang akan diamati dari sistem. Contoh dari *entities* adalah *part* kerja seperti paku, mur, baut, dll.

- *Arrival*

Arrival pada bagian ini menunjukkan mekanisme masuknya *entities* kedalam sistem, baik banyaknya lokasi tempat kedatangan ataupun frekuensi serta waktu kedatangannya secara periodik menurut interval tertentu.

- *Processing*

Processing merupakan operasi yang dilakukan dalam *location*. *Processing* menggambarkan apa yang dialami oleh suatu *entities* mulai dari saat *entities* masuk sistem hingga keluar dari sistem.

- *Resource*

Resource merupakan sumber daya yang digunakan untuk melakukan operasi tertentu dalam kinerja suatu sistem. Objek yang dijadikan *resource* akan bergerak sesuai dengan keinginan. Contohnya adalah operator, *forklift*, *crane*, alat angkut untuk *material handling* lainnya, dan lain-lain.

- *Path Network*

Path Network digunakan untuk menentukan arah dan jalur yang ditempuh oleh *resource* maupun *entities* ketika bergerak dari suatu lokasi ke lokasi lainnya. *Path network* ini merupakan suatu hal yang menjadi keharusan jika ingin menggunakan *resource* yang bergerak.

ProModel mempunyai *software* pendukung yang bernama Stat::fit. *Software* ini berguna untuk menentukan distribusi data yang akan digunakan dalam simulasi. Stat::fit merupakan sarana untuk mempermudah dan mempercepat pengolahan data agar tepat.

Uji Kecukupan Replikasi

Uji kecukupan replikasi merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui jumlah replikasi yang seharusnya dilakukan. Uji kecukupan replikasi menggunakan data yang didasarkan pada hasil simulasi. Rumus dari uji kecukupan replikasi adalah sebagai berikut:

$$N' = \left(\frac{s * t \left(\frac{\alpha}{2} \right)}{k * mean} \right)^2 \quad (2)$$

Dimana N' merupakan jumlah replikasi yang seharusnya dilakukan, s merupakan standar deviasi, k merupakan tingkat ketelitian, t merupakan nilai distribusi t , dan *mean* adalah rata-rata hasil simulasi.

Verifikasi

Model simulasi dari suatu sistem dapat dikatakan baik apabila model simulasi tersebut mampu mencerminkan keadaan sesungguhnya dari sistem yang ada. Verifikasi merupakan tahap yang dilakukan setelah model simulasi telah diolah dari data yang diperoleh. Verifikasi dilakukan untuk mengetahui apakah model simulasi yang diolah sesuai dengan model konseptual (*building the right model*). Verifikasi harus dilakukan untuk mengetahui apakah batasan yang ada mewakili keadaan dengan tepat.

Validasi

Validasi adalah suatu tindakan yang membuktikan bahwa suatu proses/metode dapat memberikan hasil yang konsisten sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Validasi merupakan langkah membandingkan model simulasi dengan keadaan sesungguhnya. Validasi dari suatu model simulasi dilakukan untuk meningkatkan tingkat kepercayaan agar hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk mengambil keputusan lebih lanjut. Validasi adalah tahapan terpenting dari suatu sistem simulasi. Simulasi dikatakan valid ketika seluruh rata-rata data yang diuji berada dalam *interval* data pada simulasi dengan menggunakan *interval* tertentu. *Interval* yang umum digunakan adalah sebesar 95%.

Maynard Operations Sequence Time

Zandin [8] menyatakan bahwa *Maynard Operations Sequence Time* (MOST) merupakan sistem waktu gerakan yang sudah ditentukan yang digunakan untuk menetapkan standar dalam melakukan sebuah pekerjaan. MOST menggunakan asumsi bahwa untuk memindahkan objek terdapat beberapa urutan standar yang terjadi. Terdapat beberapa kode dasar yang terdapat pada MOST, diantaranya adalah:

- *Action Distance* (A)
Merupakan parameter yang digunakan untuk menganalisa gerakan spasial dari jari, tangan dan kaki.

Weibull		
minimum	=	17. [fixed]
alpha	=	2.13747
beta	=	7.85375
Chi Squared		
total classes		4
interval type		equal probable
net bins		4
chi**2		2.8
degrees of freedom		3
alpha		5.e-002
chi**2[3,5.e-002]		7.81
p-value		0.423
result		DO NOT REJECT

Gambar 1. Hasil pengujian chi-squared pada data waktu berjalan operator dari lantai 1-lantai 2

- *Body Motion* (B)
Merupakan parameter yang digunakan untuk menganalisa gerakan vertikal tubuh atau gerakan yang dibutuhkan dalam melaksanakan kegiatan.
- *Gain Motion* (G)
Merupakan parameter yang digunakan untuk menganalisa semua gerakan manual untuk mengontrol objek yang berhubungan.
- *Placement* (P)
Merupakan parameter yang digunakan untuk menganalisa cara penempatan objek di akhir gerakan.

Hasil dan Pembahasan

Simulasi dibagi menjadi penentuan distribusi, simulasi kondisi awal dan simulasi kondisi usulan. Kondisi usulan dibagi menjadi 2 bagian, yaitu usulan pertama yang berdasarkan *single rack with front end depot* dan pengelompokan barang berdasarkan T/S. Usulan kedua didasarkan pada *single aisle with front end depot* dan pengelompokan barang berdasarkan T/S.

Penentuan Distribusi

Distribusi harus ditentukan sebelum membuat simulasi. Distribusi ini digunakan untuk menentukan waktu berjalan operator, data kuantitas barang masuk dan keluar, dan data frekuensi barang masuk dan keluar. Syarat yang harus dipenuhi dalam pengujian distribusi adalah data yang diuji haruslah independen. Histogram kemudian dibuat untuk memprediksi distribusi yang sesuai. Distribusi diuji menggunakan pengujian *Chi-squared* untuk data yang lebih besar dari 20, dan menggunakan pengujian Kolmogorov-Smirnov untuk data yang kurang dari 20. Distribusi dikatakan telah sesuai dengan prediksi jika hasil *P-value* lebih besar dari 0,05. Contoh hasil pengujian ditampilkan pada Gambar 1 hingga Gambar 5.

Binomial		
n	=	6.
p	=	0.588235
Chi Squared		
total classes		5
interval type		equal probable
net bins		4
chi**2		4.2
degrees of freedom		3
alpha		5.e-002
chi**2[3,5.e-002]		7.81
p-value		0.241
result		DO NOT REJECT

Gambar 2. Hasil pengujian chi-squared pada data kuantitas barang masuk sepeda family fiber ukuran 12

Poisson	=	2.11475
lamda	=	2.11475
Chi Squared		
total classes		5
interval type		equal probable
net bins		4
chi**2		3.55
degrees of freedom		3
alpha		5.e-002
chi**2[3,5.e-002]		7.81
p-value		0.314
result		DO NOT REJECT

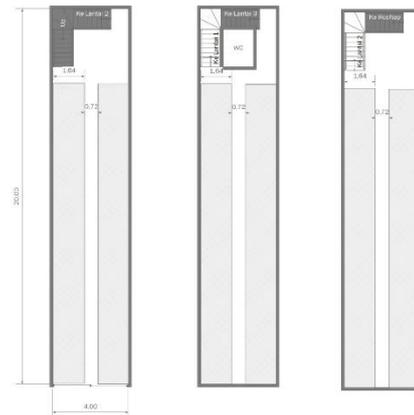
Gambar 3. Hasil pengujian chi-squared pada data kuantitas barang keluar sepeda family fiber ukuran 12

Geometric	=	1.61616e-002
p	=	1.61616e-002
Chi Squared		
total classes		6
interval type		equal probable
net bins		8
chi**2		13.7
degrees of freedom		7
alpha		5.e-002
chi**2[7,5.e-002]		14.1
p-value		5.62e-002
result		DO NOT REJECT

Gambar 4. Hasil pengujian chi-squared pada data frekuensi barang keluar sepeda family fiber ukuran 12

Geometric	=	5.08221e-003
p	=	5.08221e-003
Chi Squared		
total classes		7
interval type		equal probable
net bins		6
chi**2		1.46
degrees of freedom		5
alpha		5.e-002
chi**2[5,5.e-002]		11.1
p-value		0.918
result		DO NOT REJECT

Gambar 5. Hasil pengujian chi-squared pada data frekuensi barang masuk sepeda family fiber ukuran 12



Gambar 6. Layout kondisi awal gudang

Kondisi Awal

Kondisi awal gudang yang ada pada UD X merupakan kondisi gudang dengan sistem menumpuk sepeda hingga ketinggian maksimal. Sepeda ditumpuk sesuai jenisnya masing-masing. *Layout* dari gudang sepeda pada kondisi awal ditampilkan dalam Gambar 6.

Hasil simulasi pada kondisi awal harus dilakukan uji kecukupan replikasi. Hasil kecukupan replikasi dibutuhkan agar mengetahui apakah replikasi yang dilakukan cukup. Uji replikasi hanya dapat dilakukan pada *resources* Operator2 dan Operator3, karena tidak ada pengambilan yang dilakukan oleh *resource* Operator. Rata-rata pengambilan yang dilakukan dalam gudang pada kondisi awal adalah selama 195,7 detik.

Uji Kecukupan Replikasi

Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil uji kecukupan replikasi yang sebaiknya dilakukan untuk Operator2 adalah 80,56643 kali. Hasil uji kecukupan replikasi untuk Operator3 adalah 48,68244 kali. Replikasi yang dilakukan dalam simulasi adalah sebanyak 85 kali. Hal ini menunjukkan bahwa replikasi yang dilakukan dalam simulasi dikatakan cukup. Tahapan selanjutnya yang dilakukan adalah

tahapan validasi. Hasil validasi akan membandingkan antara *interval* waktu dalam simulasi dengan rata-rata dalam kondisi nyata.

Verifikasi

Verifikasi dalam model ini adalah membandingkan model yang kita buat dengan hasil yang diinginkan. Model yang dibuat sudah mengikuti kenyataan, dimana tidak ada produk yang tidak terambil. Model yang dibuat juga menyesuaikan kenyataan dalam pemilihan lokasi utama peletakan barang dan lokasi *backup*. *Entities* tidak ada yang masuk menyerobot tanpa diambil operator. *Entities* tidak akan keluar hingga adanya *arrival* pemanggilan. Simulasi dapat disimpulkan telah terverifikasi karena simulasi berjalan sesuai dengan hasil yang diinginkan.

Validasi

Tabel 2 menunjukkan *confidence interval* dari Operator2 dan Operator3. *Confidence interval* yang digunakan adalah sebesar 95%. Rata-rata kondisi nyata dari Operator2 adalah 177,422 detik. Rata-rata kondisi nyata dari Operator3 adalah 218,342 detik. Kedua rata-rata dari kondisi nyata ini berada dalam 95% *confidence interval* dari hasil simulasi. Hal ini menunjukkan bahwa simulasi pada kondisi awal bersifat valid.

Tabel 1. Hasil uji kecukupan replikasi

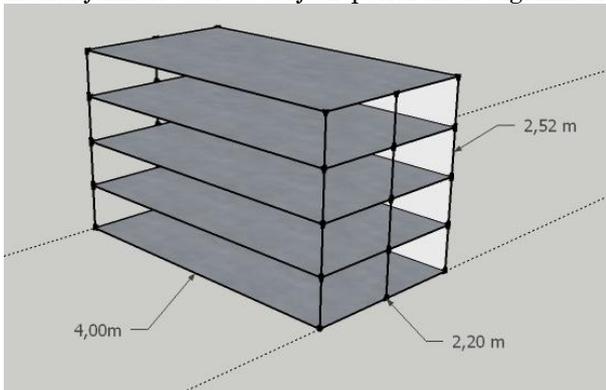
Keterangan	Operator2	Operator3
mean	176,9145	214,4624
stdev	40,50926	38,17256
alpha	0,05	0,05
t	1,96	1,96
Hasil	80,56643	48,68244

Usulan Pertama

Usulan pertama merupakan usulan berdasarkan kombinasi *single rack with front end depot* dan pengelompokkan barang berdasarkan T/S. Usulan pertama disimulasikan dan kemudian dibandingkan dengan kondisi awal. Gambaran usulan rak akan ditampilkan dalam Gambar 7, dan gambaran *layout* rak pada usulan pertama ditunjukkan pada Gambar 8.

Rata-rata waktu pengambilan barang pada kondisi usulan pertama adalah selama 173,671 detik. Penurunan waktu pengambilan barang yang terjadi adalah selama 22,017 detik dibandingkan dengan kondisi awal.

Signifikansi dari penurunan akan diuji dengan menggunakan pengujian *2-sample t test*. Hasil pengujian *2-sample t test* menunjukkan bahwa *P-value* lebih kecil dari 0,05 (*alpha*). Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan signifikan



Gambar 7. Desain rak usulan pertama

Tabel 2. Hasil 95% *confidence interval* Operator2 dan Operator3

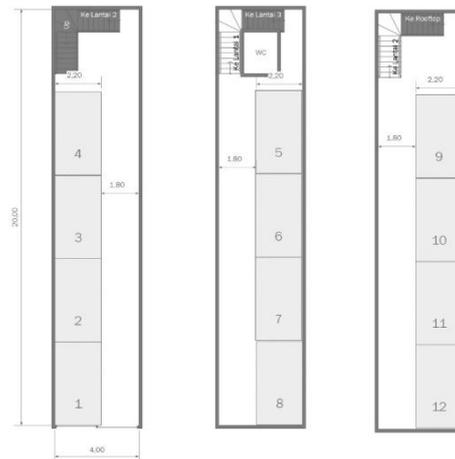
	Operator2	Operator3
Average	176,914454	214,462391
Stdev	40,50926044	38,17255638
Confidence Interval	8,561565429	8,067706875
Min	168,3528885	206,3946841
Max	185,4760194	222,5300979

dibandingkan kondisi awal. Hasil pengujian ditampilkan dalam Gambar 9.

Usulan Kedua

Usulan kedua merupakan usulan berdasarkan kombinasi *single aisle with front end depot* dan pengelompokkan barang berdasarkan T/S. Usulan kedua disimulasikan dan kemudian dibandingkan dengan kondisi awal. Gambaran usulan rak akan ditampilkan dalam Gambar 10, dan gambaran *layout* rak pada usulan pertama ditunjukkan pada Gambar 11.

Rata-rata waktu pengambilan barang pada kondisi usulan pertama adalah selama 210,003 detik. Tidak ada penurunan yang terjadi dalam usulan kedua. Hal ini menunjukkan bahwa usulan kedua tidak layak untuk diaplikasikan.



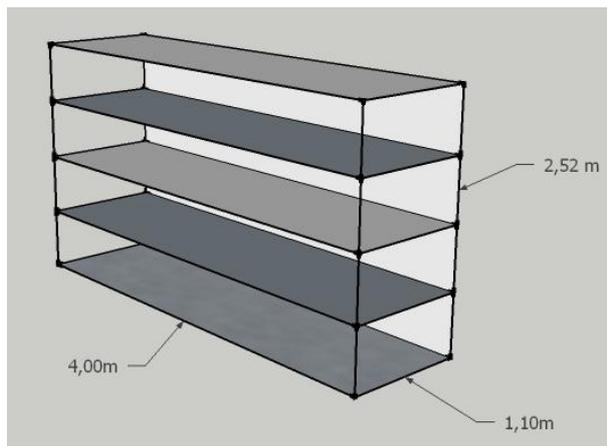
Gambar 8. *Layout* gudang usulan pertama

Two-Sample T-Test and CI

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
1	170	195,7	43,5	3,3
2	30	173,7	50,7	9,2

Difference = μ (1) - μ (2)
 Estimate for difference: 22,02
 95% CI for difference: (2,08; 41,96)
 T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 2,24 P-Value = 0,031 DF = 36

Gambar 9. Hasil pengujian *2-sample t test*



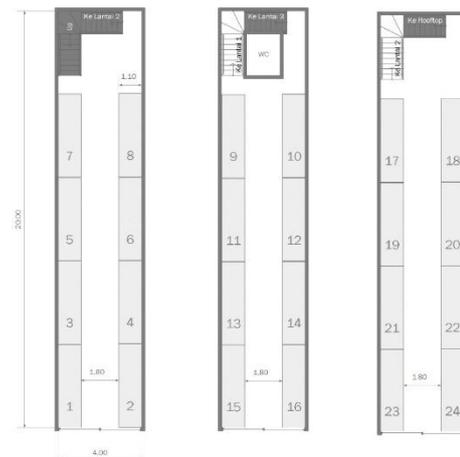
Gambar 10. Desain rak usulan kedua

Pengaplikasian dalam Gudang

Usulan pertama adalah usulan yang akan diaplikasikan dalam gudang. Setiap rak gudang dapat menampung 176 sepeda dewasa. Rak yang akan digunakan dapat memuat 2.112 buah sepeda dengan variasi yang berbeda.

Rak dibuat dengan menggunakan batang besi agar kuat menahan beban sepeda. Panjang batang besi siku yang dibutuhkan adalah sepanjang 103,52 meter pipa untuk membuat 1 buah rak. Pembuatan 12 rak akan membutuhkan 1242,24 meter batang besi siku (asumsi dimensi besi siku adalah 5 cm x 5 cm) dan 528 m² plat baja (asumsi ketebalan plat baja 3 mm) sebagai tempat peletakkan sepeda. Jumlah batang besi siku yang dibutuhkan adalah 208 batang dengan asumsi setiap batang adalah sepanjang 6 meter. Jumlah plat baja yang dibutuhkan adalah sebanyak 176 buah plat dengan asumsi setiap plat baja adalah sebesar 3 m². Rata-rata harga batang besi siku tebal untuk setiap 6 meternya adalah Rp225.000,- per batangnya. Rata-rata harga plat baja tebal untuk setiap 3 m² adalah Rp462.500,-. Total biaya yang diperlukan untuk membuat seluruh rak adalah Rp128.200.000,-.

Penghematan yang dilakukan adalah 22,017 detik. Asumsi barang yang diambil untuk setiap bulannya adalah sebanyak 1300 unit. Total waktu kerja yang digunakan dalam 1 bulan untuk pengambilan barang adalah 90 jam. Penghematan waktu per bulan adalah 13,68 jam. Uang yang dapat dihemat untuk setiap operatornya adalah Rp165.195,-/bulan. Penghematan per bulan untuk 3 operator yang digunakan adalah sebesar Rp495.586,-/bulan. Jangka waktu yang dibutuhkan untuk menutupi total biaya yang dikeluarkan adalah selama 21,6 tahun. Pengaplikasian gudang berdasarkan aspek penghematan yang dilakukan dapat dikatakan bahwa usulan ini belum layak untuk diaplikasikan karena



Gambar 11. Layout gudang usulan kedua

lama waktu pengembalian yang tidak sepadan dengan pembuatan rak.

Simpulan

Penelitian dilakukan dengan cara simulasi dari gudang tersebut. Data yang digunakan diantaranya adalah data waktu saat pengambilan barang, data kuantitas barang masuk dan keluar, serta data frekuensi barang masuk dan keluar. Data yang didapat kemudian dimasukkan ke dalam simulasi, kemudian dilakukan verifikasi dan validasi. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata waktu pengambilan barang adalah selama 195,688 detik.

Usulan dibuat dengan cara mengelompokkan barang berdasarkan T/S dari barang tersebut. Usulan juga dibuat dengan membuat sistem rak di mana terdapat 2 jenis rak yang akan diuji, yaitu *single rack with front end depot* dan *single aisle with front end depot*. Hasil usulan dengan *single rack with front end depot* menunjukkan bahwa rata-rata waktu pengambilan adalah 173,671 detik. Hasil usulan dengan *single aisle with front end depot* adalah 210,003 detik.

Usulan yang menjadi usulan terbaik adalah metode *single rack with front end depot* dengan barang yang sudah dikelompokkan sesuai T/S, dengan selisih waktu 22,017 detik dibanding kondisi awal. Investasi yang digunakan untuk pembuatan rak adalah sebesar Rp128.200.000,-. Pengaplikasian belum dapat dikatakan layak karena penghematan yang didapatkan tidak sepadan dengan pengeluaran yang dikeluarkan.

Daftar Pustaka

1. Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling* (3rd ed.). New York: John Wiley&Sons.
2. Richards, G. (2011). *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in The Modern Warehouse*. London: Kogan Page.
3. Tompkins, J. A. (1998). *The Warehouse Management Handbook* (2nd ed.). Raleigh: Tompkins Press.
4. Heragu, S. (2008). *Facilities Design*. Boca Raton: CRC Press.
5. Francis, R. L., McGinnis Jr., L. F., & White, J. A. (1992). *Facility Layout and Location: an Analytical Approach* (2nd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
6. Averill. (2014). *Simulation Modeling and Analysis* (5th ed.). New York: McGraw Hill.
7. Harrell, C. (2000). *Simulation Using ProModel* (3rd ed.). New York: McGraw Hill.
8. Zandin, K. B. (2003). *MOST Work Measurement Systems*. New York: Marcel Dekker.