

OPTIMALISASI WAREHOUSING OPERATION DENGAN METODE DISCRETE EVENT SIMULATION PADA THIRD PARTY LOGISTICS COMPANY

Dwi Nurma Heitasari¹⁾, Tri Warcono Adi²⁾, Ulfah Kurniati³⁾

^{1,2,3)} Prodi Logistik Migas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas

Email : dwi.heitasari@esdm.go.id

Abstrak, PT. X adalah perusahaan penyedia layanan jasa logistik *Thrid Party Logistic* (3PL) yang menjalankan *warehousing management* pada *spareparts* alat berat. Persaingan pada industri logistik sangat mengutamakan profesionalitas pada prinsip *right goods, right place*, dan *right time* yang merupakan tolok ukur dari tingkat layanan perusahaan kepada *partner*. *Service level* perusahaan dapat di-upgrade melalui optimalisasi *warehouse operation* dengan cara mereduksi *waste of time*, dan meningkatkan *resources utilization* dengan mensimulasikan sejumlah skenario menggunakan *software* Arena. Metode *discrete event simulation* dipilih karena model simulasi tersebut mampu menggambarkan kompleksitas sistem nyata dalam sistem distribusi eksisting, fleksibel dalam implementasinya, cepat dalam pemodelannya serta relatif hemat biaya. Hasil simulasi menunjukkan skenario perbaikan yang terbaik yakni dengan menambah 1 unit *hand jack* dan 1 *manpower picker*, sehingga dapat mereduksi 13 jam dari *waiting time*, meningkatkan 12% rata-rata utilitas *forklift* serta meningkatkan utilitas *hand jack* menjadi 90%. Skenario tersebut mampu menghasilkan performa kinerja yang lebih optimal dibandingkan *warehousing operation* pada kondisi eksisting, hal mana sebagai rekomendasi bagi PT. X guna merencanakan strategi mengoptimalkan *profitability* pada *core business*.

Kata Kunci : Optimalisasi, Warehousing, Discrete Event Simulation, Logistik

PENDAHULUAN

Industri logistik dengan perkembangan teknologi yang pesat serta tingginya persaingan dalam memenuhi kebutuhan *customers* sangat mementingkan prinsip efektif dan efisien pada setiap proses logistik terutama *warehousing process* [1]. Oleh karena itu, dalam proses *warehousing* ditekankan prinsip *right place, right goods*, dan *right time*.

PT. X merupakan perusahaan *Third Party Logistic* (3PL) untuk *sparepart* alat berat yang menjalankan peran sebagai pihak ketiga untuk memberikan jasa *outsourcing* pergudangan dan pengangkutan bagi perusahaan manufaktur dan perusahaan ekspedisi lain dalam suatu sistem rantai pasok (*supply chain system*). PT. X dalam menjalankan operasi pergudangan *sparepart* alat berat, melakukan proses *inbound/receiving*, proses *storage* yakni *put away* dan *bin to bin* serta proses *outbound* yakni *picking* dan *packing* [2]. Lama waktu proses *receiving* akan mempengaruhi proses *put away*, lama waktu proses *picking* akan mempengaruhi proses *packing*. *Resources* yang digunakan dalam *warehousing process* merupakan *share resources* sehingga membentuk integrasi pada setiap *warehousing process* [3] sehingga

adanya hambatan pada suatu proses akan menyebabkan efek domino pada proses yang lain, terlebih *spareparts* yang di-handle di dalam *warehouse* memiliki dimensi dan berat yang beragam, sehingga memerlukan *material handling equipment* dan metode penanganan tertentu. Pada *real system* sering terdapat antrian sebagai *waste of time* yang dapat dilihat pada alokasi waktu *warehousing process*.

Tingginya *waiting time* akan mempengaruhi total *time of warehousing process* sehingga akan mempengaruhi *service level* dan tingkat utilitas *resources* yang digunakan yakni *manpower* dan *material handling equipment* (MHE) [4]. Oleh karena itu perlu dilakukan *waste of time reduction* dengan menentukan kebutuhan *resources* hingga diperoleh *warehousing process* yang optimal dan mampu meningkatkan *service level* serta *profitability* perusahaan [1]. Diketahui adanya alokasi waktu *warehousing process* yang tinggi pada proses *picking* sebesar 22%, *put away* 18% dan *bin to bin* sebesar 14% dari total waktu *warehousing process*. Analisis permasalahan ini dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi yang merepresentasikan *real system* dan menggambarkan permasalahan tanpa mengganggu proses *real* [5]. Metode ini

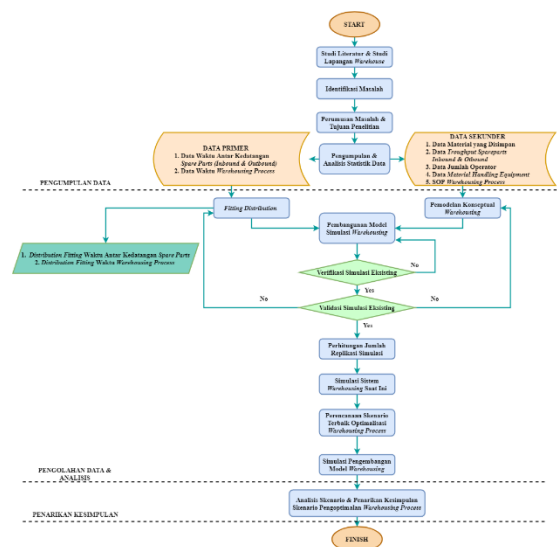
membutuhkan waktu serta biaya yang relatif lebih rendah dibanding dengan melakukan *trial and error*. Simulasi dilakukan dengan metode *Discrete Event Simulation* karena kegiatan *warehousing process* merupakan sistem diskrit [6]. Pembangunan model simulasi dilakukan pada *software* Arena karena lebih fleksibel dan mampu merepresentasikan beberapa faktor stokastik sehingga relatif lebih mudah dalam membangun dan melakukan analisis suatu model yang kompleks [4]. Dalam pembangunan model tersebut akan diperoleh *output total time, waiting time, dan utility resources* dalam hal ini *forklift dan hand jack* sehingga selanjutnya dapat dilakukan penentuan skenario perbaikan terbaik dalam strategi pengoptimalan *warehousing process*.

METODE

Menurut Creswell metode penelitian merupakan proses pengumpulan dan analisis data terkait dalam tujuan penelitian [7]. Dalam metode penelitian terdapat tahapan penelitian serta metode yang digunakan dalam penyelesaian permasalahan dan interpretasi data sebagai berikut :

Alur Penelitian

Alur penelitian pada studi kasus ini, sebagaimana Gambar 1. Flowchart tahapan penelitian sebagai berikut :



Gambar 1. Flowchart Tahapan Penelitian

Sesuai Gambar 1, Flowchart Tahapan Penelitian tersebut dapat dilihat bahwa tahapan proses penelitian terstruktur dan berfokus pada minimalisir *waste of time warehousing process*

untuk menghasilkan skenario terbaik dan optimal dalam pelaksanaan proses operasi pergudangan.

Variabel Penelitian

Penelitian optimalisasi *warehousing process* dengan metode *Discrete Event Simulation* (DES) ini merupakan penelitian kuantitatif. Penelitian ini menggunakan data berupa waktu *warehousing process* memiliki sifat kuantitatif berupa angka pada satuan waktu [7]. Variabel pada penelitian ini terdiri dari *variable independent* yaitu waktu antar kedatangan *order* dan jumlah permintaan *customer, variable dependent* yakni total waktu proses *warehousing*. Kegiatan *warehousing* yang diteliti diantaranya adalah proses *receiving/inbound, storage* yakni proses *put away* dan *bin to bin*, serta *shipping/outbound* yakni *picking* dan *packing* [8].

Pengumpulan dan Analisis Statistik Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini adalah observasi, wawancara dan dokumentasi. *Data collecting* dilaksanakan selama 6 (enam) bulan dalam kurun waktu bulan Januari hingga Juni 2021 guna memperoleh informasi dan data yang reliabel untuk dilakukan analisis, diantaranya waktu antar kedatangan *spareparts*, dan waktu *warehousing process* sebagai Data Primer, dan *Data Material Handling, Data Manpower, Throughput of Spare parts, Standard Operation Procedure (SOP), dan Layout of Warehouse* sebagai Data Sekunder. Sedangkan responden dalam penelitian ini terutama Operator, Admin dan *Warehouse Supervisor* pada PT. X.

Analisis statistik data dilakukan untuk memastikan data waktu dan *throughput of spareparts* adalah data yang bersifat *random* [9]. Analisis ini dilakukan dengan *software* minitab karena relatif lebih mudah digunakan yakni dengan data. Analisis statistik data dilakukan dengan uji normalitas yakni *One Sample Kolmogorov Smirnov* dengan *p-value* > 0,05 menunjukkan data berdistribusi normal. Uji Independensi dilakukan dengan *Run Test* dengan *p-value* > 0,05 menunjukkan data bersifat *random*. Uji Homogenitas dengan *chart control* dengan grafik data masuk dalam range *Upper Control Limit* dan *Lower Control Limit*.

Pengolahan Data

Tahap pengolahan data dilakukan dengan membangun model konseptual yang menggambarkan *real system* yakni proses *receiving, storage, picking dan shipping* pada *warehousing process flow diagram* [10]. Model yang dibangun, dalam hal ini pada *software Arena*, harus mampu merepresentasikan *real system* guna memperoleh *output* yang akurat. Oleh karena itu, perlu dilakukan verifikasi dan validasi model. Verifikasi dilakukan guna mengetahui model simulasi telah sesuai dengan model konseptual. Apabila masih terdapat *error* maka dilakukan peninjauan ulang pada pembangunan model simulasi *warehousing* [11]. Validasi model dilakukan dengan *student's independent sample (t-test)* dengan *p-value* > 0,05 maka model tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan sistem nyata atau dapat dikatakan model simulasi telah valid [4]. Apabila model belum valid, maka perlu dilakukan perbaikan pada proses fitting distribusi dan pembangunan model konseptual. Perhitungan jumlah replikasi dilakukan untuk menentukan estimasi dalam interval yang diterima dengan menentukan nilai berapa kali (*n*) model simulasi harus dijalankan secara berulang agar *output* simulasi mampu merepresentasikan kondisi pada sistem nyata [6].

Perhitungan jumlah replikasi menggunakan rumus di bawah ini :

$$hw = t_{\alpha/2} \cdot s \cdot \frac{1}{\sqrt{n}}$$

Error terhadap mean = half width / mean

$$n' = \left[\frac{\left(\frac{Z_{\alpha}}{2} \right) s}{\left(\frac{e\%}{1 + e\%} \right) x} \right]^2$$

Keterangan :

- n* : jumlah replikasi simulasi
- s* : standar deviasi atau *output* simulasi sebanyak *n* replikasi
- α : tingkat signifikansi ($\alpha = 1 - \text{confidence interval}$)
- hw* : *half width* atau error (*e*)
- t* $\alpha/2$: nilai *t* tabel pada $\alpha/2$ dan derajat kebebasan (*df*) = *n*-1

Simulasi *warehousing process* ini akan menghasilkan *output* yang memuat *waiting time, total time of warehousing* dan persentase

utilitas *resources* yang digunakan [12]. Dari *output* tersebut dapat diketahui titik permasalahan *waste of time* sehingga dapat diperoleh beberapa skenario perbaikan. Skenario perbaikan dapat dilakukan dengan mengubah jumlah *resources* pada *warehousing process* [13].

Penarikan Kesimpulan

Dari beberapa skenario perbaikan akan dilakukan perbandingan antara *waiting time, total time of warehousing* dan persentase utilitas *resources*. Skenario perbaikan terbaik yang dijadikan strategi merupakan skenario yang mampu mereduksi *waste of time* yang paling tinggi sehingga diperoleh jumlah *resources* yakni *manpower* dan MHE yang paling optimal pada *warehousing process* sehingga mampu meningkatkan *service level* dan profitabilitas perusahaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data waktu antar kedatangan *spareparts* dan waktu *warehousing process* sebagai data primer sedangkan *Data Material Handling Equipment (MHE)*, data *manpower, throughput of spareparts* dan *layout of Warehouse* sebagai data sekunder yang telah diperoleh akan diolah dan dilakukan analisa. Data waktu yang akan dianalisis harus melalui tahap analisis statistik data. Data yang digunakan adalah data yang layak dan lolos dalam uji analisis statistik data yakni data berdistribusi normal, bersifat *random* dan data telah lulus uji homogenitas. Kegiatan *warehousing process* yang akan dituangkan kedalam simulasi yakni proses *inbound* hingga *outbound*.

Pemodelan Konseptual Warehousing Process

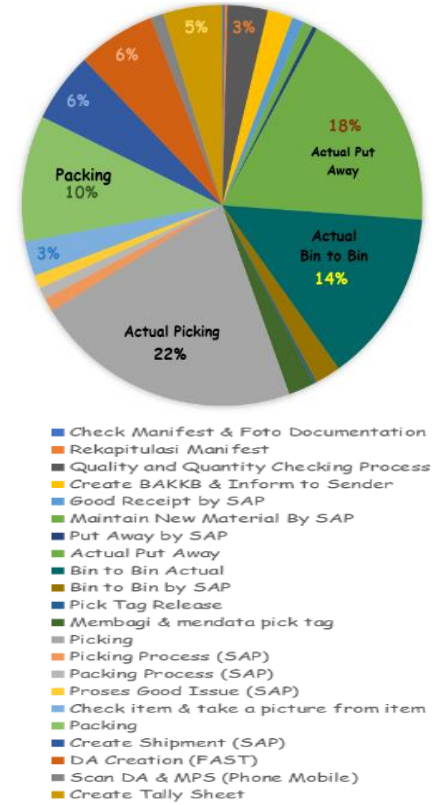
Standard Operational Procedure (SOP) *warehousing process* yang telah diperoleh akan dituangkan dalam suatu *flow diagram*. Kegiatan *warehousing* yang diteliti diantaranya adalah proses *receiving/inbound, storage* yakni proses *put away* dan *bin to bin*, serta *shipping/outbound* yakni *picking* dan *packing*

Kegiatan *inbound* yakni meliputi proses *receiving shipment* yang dilakukan oleh *checker* dengan melakukan pengecekan fisik material dengan dokumen *manifest* yang kemudian dilakukan dokumentasi berupa pengambilan foto. *Manifest* kemudian akan direkap oleh admin dalam excel dan dilanjutkan

dengan proses *move material from staging area to receiving area*, pada proses ini dilakukan pemindahan material dari *staging area* kedalam *receiving area* oleh operator. *Checker* melakukan proses pengecekan fisik material pada *quality* dan *quantity* serta kesesuaian dengan dokumennya. Apabila tidak terdapat *discrepancy* atau *damage* akan dilanjutkan kedalam proses *Good Receipt* (GR) dengan SAP System dengan menggunakan *phone mobile/handheld* dan melakukan *scan barcode*. Proses GR ini sesuai dengan material yang diterima secara *actual* baik jumlah dan jenisnya. *Spareparts* yang telah di-GR akan ditempatkan kedalam *storage* atau disebut proses *put away*. Kegiatan *put away* dilakukan di-*storage area* baik *actual* dengan *material handling equipment* serta melalui *system*. Apabila lokasi dalam *binning list* tidak sesuai dengan *actual* maka perlu dilakukan *bin to bin* yakni proses pemindahan material ke lokasi yang tersedia.

Outbound process dilakukan dengan mencetak atau mengeprint *pick tag* sesuai *Purchase Order* dari *customer*, mengelompokkan sesuai jenis dan waktu pengiriman kemudian membagikannya ke *picker*. *Picker* mengambil *spareparts* sesuai yang tertera pada *pick tag* baik jumlah, jenis dan lokasi. Waktu yang digunakan pada proses *Picking* ini lebih banyak dialokasikan pada proses *travelling* dalam proses pencarian lokasi material dan pengambilan material sesuai jumlah yang diperlukan. Proses selanjutnya adalah *picking* dengan mengkonsolidasi *line item* yang akan dikirim baik secara *actual* maupun melalui *system*. Setelah *spareparts* selesai di-*packing*, langkah selanjutnya adalah melakukan *good issue* dalam *system* sehingga dapat dikatakan material telah keluar dari *inventory warehouse*. Guna mempermudah dalam *tracking* pengiriman *spareparts* maka dilakukan pembuatan *shipment*, *delivery advice* dan *tally sheet* dengan *system*. Material kemudian akan di-*handover* ke area ILS untuk dikirimkan sesuai lokasi pengiriman.

Inbound and outbound process serta rekapitulasi waktu riil masing-masing tahapan dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Waktu pada proses *inbound* dan *outbound*

Pada gambar di atas dapat diketahui alokasi waktu *warehousing process* terlama terdapat pada proses *picking* yakni 22%. Hal ini sesuai dengan teori Frazelle yang menyatakan proses *warehousing* terlama adalah *picking* proses. Keadaan ini disebabkan oleh adanya proses *travelling* pada *storage area* serta dapat disebabkan oleh tingginya *waiting time* yang terjadi pada proses tersebut.

Distribution Fitting

Dari data waktu antar kedatangan dan waktu *warehousing process* akan dilakukan *distribution fitting* dengan *Input Analyzer* pada *software Arena* hingga diperoleh pola pada data yang akan diinputkan kedalam model simulasi eksisting sehingga diperoleh model yang mampu merepresentasikan *real system*. Dari proses ini dapat diketahui terdapat beberapa pola data yang dipilih berdasar *the most optimist value* dengan nilai *error* yang terkecil. Pola data yang digunakan yakni berpola normal, triangular dan eksponensial [4]. Dari data ini akan diinputkan kedalam

simulasi eksisting sehingga dapat diperoleh representasi dari perilaku pada *real system*.

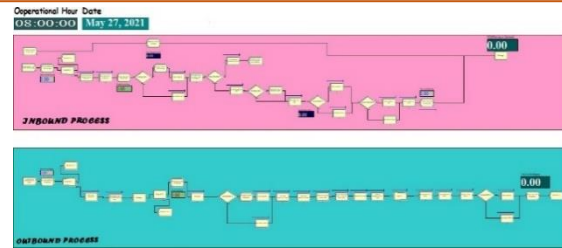
Model Simulasi Eksisting

Model konseptual dan hasil dari *distribution fitting* akan digunakan dalam membangun model simulasi eksisting kedalam *software* Arena 14.0. *Inventory* yang diasumsikan dalam membangun model simulasi *warehousing process* ini sebesar 16.854 *line item* yang akan ter-update sesuai jumlah *line item* pada *inbound* dan *outbound*. *Line item* yang masuk akan diproses sesuai dengan alur *warehousing* pada pemodelan konseptual dengan modul *process*.

Proses *moving material* menggunakan *Material Handling Equipment* (MHE) yakni *forklift* atau *hand jack* dan dimodelkan dengan modul *decide* berdasarkan dengan berat *line item*. *Forklift* digunakan pada *line item* dengan berat lebih dari tiga ton. Penggunaan *resources* bersifat *sharing*. *Manpower* yang digunakan juga sesuai dengan dua *shift* yakni pagi dan malam sesuai pada *real system*. *Spareparts* yang telah selesai dalam proses *receiving* akan masuk kedalam *storage area* sebagai *inventory*.

Outbound process disimulasikan mulai adanya *order* dari *customer* yang disebut sebagai waktu kedatangan *outbound* yang dimodelkan dalam bentuk modul *create* dengan memasukkan ekspresi data dari hasil *fitting distribution*. Pesanan terhadap *spareparts* akan diproses sesuai dengan alur *outbound* pada pemodelan konseptual. Proses *outbound* ini memiliki hubungan dengan proses *inbound* pada *line item* yang diproses. Logika yang digunakan yakni, *line item* yang diproses dalam kegiatan *outbound* ini diambil dari *inventory* pada *storage area* yang ter-update dari jumlah *line item* keluaran proses *inbound*. *Spareparts* yang telah selesai diproses akan keluar dari sistem dengan modul *dispose*.

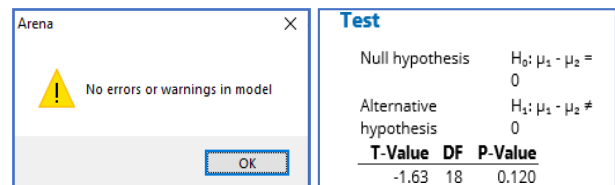
Model simulasi eksisting pada *Software Arena* sesuai dengan penjabaran di atas pada Gambar 3, sebagai berikut :



Gambar 3. Model Simulasi Eksisting pada *Software Arena*

Verifikasi dan Validasi

Model simulasi eksisting yang telah dibangun akan dilakukan verifikasi *syntax error* dengan cara menekan F4 hingga muncul dialog *No errors or warnings in model* dan verifikasi *semantic error* dengan melihat logika animasi yang berjalan. Model yang tidak mengalami error dan sesuai dengan logika *real system* maka menunjukkan model telah terverifikasi. Sedangkan untuk validasi dilakukan dengan menggunakan metode *Student's test* hingga diperoleh *output* pada Gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4. Output Verifikasi & Validasi Model Simulasi pada *Software Arena*

Pada gambar di atas hasil verifikasi pada sebelah kiri menunjukkan tidak adanya error pada model simulasi sedangkan gambar sebelah kanan menunjukkan output *Student's t test* adalah *p-value* $(0,120) > 0,05$ yang berarti H_0 diterima, Dapat disimpulkan bahwa model telah terverifikasi dan tervalidasi.

Perhitungan Jumlah Replikasi

Perhitungan jumlah replikasi untuk menentukan estimasi dalam interval yang diterima dengan menentukan nilai berapa kali (*n*). Dari uji coba *running* sebanyak 10 kali diperoleh rata-rata sebesar 6226,4 dengan standar deviasi 1458,6. Kemudian dilakukan perhitungan jumlah replikasi. Dari perhitungan diperoleh nilai *half width* adalah sebesar 1043,453. Nilai *error* terhadap *mean* adalah dengan membagi nilai *half width* dengan *mean*

dan diperoleh hasil sebesar 0,167. Dari perhitungan jumlah replikasi diperoleh jumlah replikasi untuk simulasi *warehousing process* yang dibutuhkan adalah 26 kali *replication*.

Analisis Output Simulasi Eksisting

Kegiatan *warehousing* saat ini menggunakan *resources* yakni tiga *hand jack* dan dua *forklift* yang digunakan secara *sharing*. Setelah dilakukan *running* pada model simulasi eksisting sebanyak 26 *replication* maka diperoleh *output* yakni total waktu *warehousing process* adalah 178 jam, *waiting time* terbesar adalah proses *picking* yakni 90 jam, *put away* yakni 77 jam, *bin to bin* yakni 72 jam dan proses *picking* sebesar 4 jam. Operasional *warehousing* yang berjalan selama 11 jam per hari dengan 26 hari kerja dalam sebulan.

Dari *output* tersebut dapat diketahui terjadinya tingginya antrian pada proses *picking*, *put away* dan *bin to bin* yang perlu dilakukan reduksi pada *waste of time*. Tingginya *waste of time* pada proses *picking* disebabkan karena adanya proses *travelling* di-*storage area* yang dapat memicu kurang optimalnya waktu dan *resources* yang dimiliki. Upaya pengoptimalan dapat dilakukan dengan mengubah jumlah *resources* yang berkaitan pada proses tersebut.

Dari hasil *output* simulasi eksisting ini menunjukkan kebenaran teori dari frazell bahwa proses *picking* merupakan proses dalam *warehousing* yang memakan waktu terlalu lama dalam seluruh proses *warehousing* yang disebabkan adanya proses *travelling* di-*storage area*. Lamanya proses *put away* dan *picking* juga dapat disebabkan karena terjadinya *human error* dalam melakukan *input data line item* pada SAP system. Hal ini dapat menyebabkan turunnya akurasi informasi dari jenis, jumlah dan lokasi setiap *line item*. Adanya *double location* dari *line item* dapat memperlambat proses *warehousing* karena perlunya proses pencarian. Perbedaan lokasi pada system dengan aktual juga dapat terjadi karena proses *bin to bin* yang dilakukan pada komputer admin di-*receiving area* bukan pada *storage area* secara langsung. *Waiting time* merupakan proses antrian yang mana dianggap sebagai *waste of time*. Saat ini terdapat empat *picker* yang melakukan proses *picking*. Dengan

pertimbangan hasil *output* ini, maka dapat dilakukan penambahan *picker* guna mengurangi *waste of time*.

Dari *output* simulasi juga diketahui tingkat utilitas *forklift* adalah sebesar 60% dan utilitas *hand jack* adalah sebesar 97%. Terdapat tingginya utilitas dari *hand jack* yang memiliki resiko tinggi terhadap kerusakan karena *over work* dan kurangnya ketersediaan akibat peningkatan *line item* yang diproses. Tingginya utilitas *hand jack* ini dikarenakan penggunaannya lebih dominan pada proses *picking* dan *put away*. Oleh karena permasalahan di atas maka dapat dilakukan reduksi *waste of time* dengan mengubah jumlah dari *resources* yang digunakan secara optimal.

Berdasarkan analisis di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa pengoptimalan *warehousing process* dapat dilakukan pada proses *picking* yang mana memanfaatkan *hand jack* dan *picker* sebagai *resources*-nya. Pengubahan *resources* yang berhubungan dengan proses *picking* secara otomatis akan mempengaruhi proses *warehousing* lainnya.

Skenario Perbaikan Warehousing Process

Terdapat beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengukur performansi yakni proses *warehousing*, *throughput*, *storage availability*, dan waktu proses dalam melakukan aktivitas *warehousing*.

Berdasarkan dari hasil analisis simulasi eksisting, dapat diperoleh beberapa skenario perbaikan yang dapat dijadikan sebagai upaya pengoptimalan *warehousing process*. Dari *output* skenario eksisting dapat diketahui adanya permasalahan yakni *waiting time* dan *resources* yang tinggi pada penggunaan *hand jack*. Oleh karena itu untuk meminimalisir *waiting time* penggunaan *hand jack* dan menurunkan utilitas *hand jack* maka perlu penambahan *hand jack* sebanyak 1 hingga 2 unit. Nilai ini diperoleh dari *trial and error* pada simulasi eksisting serta adanya *error* pada model simulasi.

Kemudian dari *output* skenario eksisting juga dapat diketahui adanya *waiting time* dan *resources* yang tinggi pada proses *picking* yang menggunakan *picker* sebagai *resources*-nya. Oleh karena itu untuk meminimalisir *waiting time* dan menurunkan utilitas *picker* maka perlu

penambahan *picker* sekitar 1 hingga 3 *picker*. Hal ini dengan pertimbangan, penambahan *picker* yang berlebih akan menurunkan profitabilitas perusahaan serta akan menurunkan *service level* karena setiap penambahan *resources* akan ditagihkan kepada *customers*. Nilai ini diperoleh dari *trial and error* pada simulasi eksisting dengan pertimbangan pengurangan lebih dari tiga *manpower* dapat menyebabkan *over work* pada *resources* dan meningkatkan kemungkinan *human error* yang tinggi.

Skenario perbaikan 1 dilakukan dengan menambah *resources hand jack* sebanyak 1 unit, menambah *picker* sebanyak 1 orang pada *shift* pagi. Pada skenario 1 ini menggunakan 4 unit *hand jack*, 5 *picker* dengan jumlah *resources* lain adalah tetap.

Skenario perbaikan 2 dilakukan dengan menambah *resources hand jack* sebanyak 2 unit, menambah 2 *picker* pada *shift* pagi. Pada skenario 2 ini menggunakan 6 orang *picker*, 5 unit *hand jack* dengan jumlah *resources* lain yang digunakan adalah tetap.

Skenario perbaikan 3 dilakukan dengan menambah *hand jack* sejumlah 2 unit, menambah 1 *manpower picking* pada *shift* pagi. Pada skenario 3 ini menggunakan 5 unit *hand jack*, dan 5 *manpower picking* dengan jumlah *resources* lain yang digunakan adalah tetap.

Dari ketiga skenario tersebut akan dilakukan *running* dengan 26 *replication* sehingga diperoleh *output* pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Perbandingan Output Skenario Perbaikan Warehousing Process

Resources	Eksisting	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Total Time (Hour)	178	166	139	196
Waiting Time (Hour)	191	178	196	187
Queue Time (Hour):				
Picking	90	83	50	73
Put Away	77	68	83	78
Bin To Bin	72	68	82	80
Handjack	57	48	43	53

Utilitas:				
Forklift	60%	72%	87%	70%
Hand Jack	97%	90%	80%	83%
	3 Hand Jack	Menambah 1 Hand Jack	Menambah 2 Hand Jack	Menambah 2 Hand Jack
	4 Picker	Menambah 1 Picker	Menambah 2 Picker	Menambah 1 Picker

Sumber : Analisis Penulis, 2021

Beberapa skenario perbaikan *warehousing process* yang diusulkan akan dibandingkan antara *total time of warehousing process*, *waiting time* dalam proses *warehousing* dan tingkat *utilitas* dari *resources*. Dari tabel di atas dapat diketahui skenario perbaikan 1 ini dilakukan dengan menggunakan 4 unit *hand jack* dan 5 *picker* dengan jumlah *resources* lain adalah tetap. Skenario ini mampu mereduksi total waktu *warehousing process* selama 12 jam dari 178 jam menjadi 166 jam. Strategi ini juga dapat menurunkan *waiting time* dari 191 jam menjadi 178 jam. Reduksi *waiting time* terjadi pada proses *picking*, *put away*, *bin to bin* dan penggunaan *hand jack*. Proses *picking* yang dengan *waiting time* 90 jam dapat direduksi hingga 7 jam. Dapat disimpulkan bahwa pada skenario ini dapat mereduksi total *time of warehousing process* serta *waiting time*.

Utilitas *Material Handling Equipment* menunjukkan peningkatan utilitas *forklift* menjadi 72% dan utilitas *hand jack* 91%. Sehingga skenario ini yang paling efektif dan dapat menjadi alternatif dalam mereduksi *waste of time* dan mengurangi tingginya utilitas *hand jack* dengan *warehousing process* yang optimal. Skenario ini dianggap paling efektif dikarenakan mampu mereduksi *waste of time* dengan menekan *waiting time* dan *total time warehousing process* serta menghasilkan persentase utilitas *resources* yang relatif lebih baik dibanding skenario lain yakni 90%.

Pada skenario 2 ini menggunakan 6 orang *picker* dan 5 unit *hand jack* dengan jumlah *resources* lain yang digunakan adalah tetap. Skenario 2 mampu mereduksi total waktu *warehousing process* yang signifikan yakni 39

jam dari 178 jam menjadi 139 jam. Namun, pada skenario ini meningkatkan *waiting time* sebanyak 5 jam. Skenario ini mampu mereduksi *waste of time picking* yang paling signifikan yakni 40 jam namun terjadi peningkatan *waiting time* pada proses *put away* dan *bin to bin*. Utilitas MHE pada *forklift* mengalami peningkatan menjadi 87% serta utilitas *hand jack* 80%.

Pada skenario 3 ini menggunakan 5 unit *hand jack*, dan 5 *manpower picking* dengan jumlah *resources* lain yang digunakan adalah tetap. *Output* simulasi pada perbaikan 3 ini menunjukkan adanya peningkatan total waktu *warehousing process* dari 178 jam menjadi 196 jam. Penghematan *waiting time* yang signifikan terlihat pada proses *picking* yakni dari 90 jam menjadi 73 jam atau berkurang 17 jam. Namun disisi lain terdapat peningkatan *waiting time* pada proses *put away* dari 77 jam menjadi 78 jam dan *bin to bin* dari 72 jam menjadi 80 jam. *Waiting time* tereduksi sebanyak 8 jam yakni dari 191 jam menjadi 187 jam. Utilitas MHE yakni *forklift* meningkat 10% menjadi 70% serta utilitas *hand jack* menjadi 83%. Dapat dikatakan skenario ini belum dapat menjadi skenario yang dianggap optimal karena masih memiliki total *time of warehousing* yang relatif tinggi.

Berdasarkan dari perbandingan skenario perbaikan di atas maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa skenario perbaikan 1 merupakan skenario perbaikan terbaik dibanding skenario lain karena mampu mereduksi total waktu *warehousing process* dan *waiting time*. Utilitas dari *forklift* yang dianggap masih mampu digunakan dalam proses *warehousing* lain sesuai *actual*. Utilitas *hand jack* juga menunjukkan nilai yang baik namun tetap menghindari adanya *over use*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis optimalisasi *warehousing process* dengan metode *discrete event simulation* guna memperoleh *strategy* atau skenario perbaikan optimal maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan *output* simulasi eksisting pada *software* Arena diketahui total waktu *warehousing process* adalah 178 jam. Terdapat *waiting time* dominan pada proses *picking* selama 90 jam, *put away* selama 77 jam, *bin to bin* selama 72 jam dan penggunaan *hand jack* selama 57 jam

dengan total *waiting time* sebesar 191 jam.

2. Rata-rata utilitas *Material Handling Equipment* yakni *forklift* telah optimal yakni 60% dan utilitas *hand jack* yang relatif tinggi yakni 97%.
3. Berdasarkan hasil analisis perbandingan *output* skenario perbaikan dengan metode *Discrete Event Simulation* menunjukkan bahwa skenario 1 merupakan skenario terbaik dibanding dengan skenario lainnya. Skenario ini menerapkan strategi penambahan 1 unit *hand jack* dan 1 *manpower Picker* mampu mereduksi total waktu *warehousing* yang signifikan yakni 12 jam, dan mereduksi *waiting time* sebesar 13 jam.
4. Skenario 1 merupakan skenario perbaikan optimal yang mampu meningkatkan utilitas *forklift* menjadi 72% serta utilitas *hand jack* menjadi 90%. Skenario ini dapat digunakan sebagai upaya dalam meminimalisir *waste of time* yang berupa *waiting time*, mampu menghemat total waktu pada *warehousing operation* sehingga dapat meningkatkan *service level* perusahaan dan profitabilitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Pujawan, I Nyoman dan Mahendrawathi Er. 2017. *Supply Chain Management (Edisi Tiga)*. Andi, Yogyakarta.
- Martono, Ricky Virona. 2018. *Manajemen Logistik*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Murat M, Gunal. 2014. *Discrete Event Simulation for Performance Modeling in Health Care a Review of the literature*. United Kingdom.
- Siswanto, Nurhadi, Latiffianti, Efi dan Stefanus Eko Wiratno. 2018. *Simulasi Sistem Distkrit Implementasi Dengan Software Arena*. ITS Tekno Sains, Surabaya.
- Robinson, Stewart. 2014. *Simulation : The Practice of Model Development an Use*. Palgrave Macmillan, ISBN : 9781137328038.
- Kelton, Sadaowski, & Zupick. 2015. *Simulation with Arena (sixth Edition)*. McGraw-Hill Education, New York.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Alfabeta, Bandung.
- Rechards, Gwynne. 2016. *Warehouse Management a Complite Guide to Improving efficiency*. Kogan Page, United Kingdom.
- Hutapea, Clara Beatrix. 2017. *Simulasi Order*

- Picking untuk mereduksi waktu Pengambilan Barang Jadi (Studi Kasus : PT. NPK JADIMAS)*. ITS, Surabaya.
- Piasecki, D. 2012. *Order Picking : Methods and Equipment for Piece Pick, Case Pick, and Pallet Pick Operations*. [Online] available at https://www.mmh.com/wp_content/isd_wp_success_in_order_picking_100913.pdf [Accessed 29 Mei 2021].
- Rezky, Elsa Winanda. 2016. *Order Picking Simulation in a Distribution Center Warehouse to Minimize Order Fulfillment Time*. ITS, Surabaya.
- Geest, M. v., Tekinerdogana, B., & Catal, C. 2020. *Design of a reference architecture for developing smart warehouses in industry 4.0*. ELSEVIER, Netherlands.
- Frazelle, Edward H. 2002. *Supply Chain Strategy The Logistics of Supply Chain Management*. McGraw-Hill Companies, United States of America.