

# Analisis Jarak Tempuh dengan Menggunakan Sistem Simulasi

Agung Chandra

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Industri, Universitas Mercubuana  
Jl. Raya Meruya Selatan no.01, Kembangan, Jakarta Barat 11650  
Email: [agung.chandra@mercubuana.ac.id](mailto:agung.chandra@mercubuana.ac.id);

Received 1 July 2016; Accepted 3 October 2016

---

## Abstract

*This research is designed to get the shortest time and distance for Order Picking activities. This activity is categorized as a labor – intensive activity and is the most critical activity in warehouse operation. One way to achieve that is by using the routing method – S-Shape and Return Strategy which are the most common and widely used method by a picker (s). Congestion or queuing factor is included when there are more than one picker and simulated by Warehouse Real Time Simulator (WRTS) and to get the shortest distance by using Warehouse Optimizer (WO). By combining WRTS and WO, the result is shortest distance, shortest time, and optimal man power (picker).*

**Keywords:** Order Picking, Congestion, Routing , WRTS, WO

---

## 1.PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam suatu rantai pasok, logistik memegang peranan penting seperti memindahkan barang (bahan baku, bahan setengah jadi, bahan jadi) dari satu titik ke titik lain. Selama proses pemindahan, tentunya ada tempat yang dijadikan sebagai tempat penampungan atau penyimpanan barang, yang dalam hal ini tempat tersebut bisa berupa gudang / warehouse. Di *warehouse* terdapat 5 proses yakni: penerimaan, put-away/transfer, penyimpanan, *picking* (kadang dilakukan bersamaan dengan *batching* dan *sorting*) dan pengiriman (Bartholdi dan Hackman, 2008). Proses *picking* mengkonsumsi 60% dari seluruh aktivitas gudang (Le-Duc, 2005) sehingga perlu ditingkatkan produktivitas dengan menurunkan waktu ataupun jarak tempuh. Penelitian dilakukan untuk menganalisis dan mendapatkan jarak dan waktu tempuh terpendek yang dilakukan pekerja dalam melakukan order picking, karena selama ini pekerja yang bersangkutan melakukannya dengan caranya sendiri. Dengan mendapatkan jarak tempuh yang terpendek, maka diharapkan bisa memberikan hasil yang paling cepat, sehingga pekerjaan picking menjadi lebih produktif.

Proses order picking dimulai dari *pick list* yang didapatkan pekerja, kemudian menuju ke

lokasi barang yang akan diambil, mengambil barang, dan kembali ke depot untuk dikirim. Penelitian sebelumnya oleh Chandra (2015) masih belum memasukkan faktor kemacetan (*congestion factor*) dan masih menggunakan perhitungan *picking* dengan satu orang *picker*; oleh karena itu di penelitian ini akan memperhitungkan faktor kemacetan dan menentukan jumlah optimal *picker* yang dibutuhkan sehingga lebih mendekati ke kondisi sebenarnya yang terjadi di pergudangan.

### 1.2. Permasalahan Utama

Permasalahan utama adalah bagaimana mendapatkan jarak dan tempuh terpendek dalam melakukan *order picking*? Pendekatan yang digunakan adalah dengan menganalisis metode routing yang logis dan umum dipakai yakni *S-Shape dan Return strategy* dengan jumlah *picker* yang ideal. *S shape / Traversal Strategy: aisle* tanpa *pick* tidak dilalui, dan *aisle* yang ada sedikitnya satu *pick* maka akan dilalui, terkecuali jumlah *aisle*-nya ganjil, maka pada *aisle* yang terakhir dilalui menggunakan metode *Return*. *Return method: picker* masuk dan keluar dari setiap *aisle* yang sama, hanya *aisle* yang ada *pick* yang dilalui (Chandra, A., 2015). Kedua metode tersebut umum dipakai karena mudah untuk diterapkan.

Setelah didapatkan jarak tempuh yang terpendek, hasil ini divalidasi dengan menggunakan simulasi. Metode simulasi ini akan

menganalisis *pick location* yang berbeda – beda, sehingga hasil dari metode simulasi ini akan memberikan dan memvalidasi hasil yang diperoleh dari penghitungan manual.

**1.3. Asumsi dan Batasan Penelitian**

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Pekerja melakukan *order picking* dalam satu kali jalan (*single tour*)
- Waktu untuk melakukan picking adalah sama untuk semua item
- Kondisi *picking aisle* adalah lurus

Batasan penelitian:

- Pada penelitian ini tidak menganalisis area simpan, dengan kata lain tidak dibahas mengenai zoning storage
- Pada penelitian ini tidak menganalisis *batching / grouping* barang pada saat order picking

**2.METODOLOGI PEMECAHAN MASALAH**

**2.1. Objek Penelitian**

Objek yang dijadikan untuk penelitian ini adalah gudang di PT.GMS dan akan dipilih metode routing yang tercepat dalam melakukan aktivitas picking.

**2.2. Metode Routing**

Pada penelitian ini metode routing yang digunakan adalah metode S-Shape dan Return karena merupakan metode yang sangat mudah untuk diterapkan dan digunakan (Tarczynski, 2012). Untuk mendapatkan metode yang terbaik yang dalam hal ini metode tercepat adalah menganalisis jarak dan waktu dengan menggunakan software

*Warehouse Optimizer* by Kees Jan Roodbergen dan *Warehouse Real-Time Simulator* by Grzegorz Tarczynski. Tahapan untuk menentukan metode yang terpendek adalah sebagai berikut:

**2.2. Objek Penelitian**

Objek yang dijadikan untuk penelitian ini adalah gudang di PT.GMS dan akan dipilih metode routing yang tercepat dalam melakukan aktivitas *picking*.

**2.3. Metode Routing**

Pada penelitian ini metode routing yang digunakan adalah metode S-Shape dan Return karena merupakan metode yang sangat mudah untuk diterapkan dan digunakan (Tarczynski, 2012). Untuk mendapatkan metode yang terbaik yang dalam hal ini metode tercepat adalah menganalisis jarak dan waktu dengan menggunakan *software Warehouse Optimizer* by Kees Jan Roodbergen dan *Warehouse Real-Time Simulator* by Grzegorz Tarczynski. Tahapan untuk menentukan metode yang terpendek disajikan pada Gambar 1.

**2.3.1. Warehouse Optimizer by Kees Jan Roodbergen**

Software ini terdapat pada [www.roodbergen.com](http://www.roodbergen.com) dan diberi nama Interactive Warehouse. Pada software ini tidak perlu memasukkan factor congestion atau blocking dan factor ketinggian tempat simpan. Input pada software ini adalah jumlah blok, jumlah SKU yang akan diambil, jumlah aisle, jumlah lokasi *picking* per aisle, dan panjang aisle.



Gambar 1. Skema Pemilihan Waktu dan Jarak Terpendek

**2.3.2. Warehouse Real-Time Simulator by Grzegorz Tarczynski – Wroclaw University**

Software ini mensimulasikan proses order picking dalam satu blok warehouse. Asumsi yang diadaopsi pada software ini (Tarczynski, 2012) adalah sebagai berikut:

- Order picking yang dilakukan adalah *manual picker to part*
- Picker melakukan picking beberapa item per satu route
- Hanya ada satu blok warehouse
- Picking depot terdapat pada sudut barat daya warehouse
- Waktu picking untuk semua item adalah sama dan tergantung pada *level storage*
- Beberapa picker dapat bekerja secara serentak atau bersamaan dimana memungkinkan terjadinya efek kemacetan (*congestion*)
- Lorong (aisle) yang dimiliki termasuk lebar
- Mengakumulasi order ke dalam batch tidak memungkinkan

Pada software ini yang menjadi input adalah jumlah rack, jumlah slot per 1 rack, jumlah level storage, jumlah picker, jumlah *item number* per *pick list*, dan probabilitas picking untuk setiap level *storage*.

Dalam penelitian ini, probabilitas picking untuk setiap level *storage* adalah sama karena di PT.GMS ini menganut system penyimpanan *random storage* yang berarti setiap item barang dapat menempati di setiap lokasi picking pada saat kosong.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1. Pengumpulan Data**

Penelitian dilakukan pada gudang di PT. GMS untuk mendapatkan data tata letak, jumlah rak,

jumlah slot, jumlah level pada rak, jumlah item pada pick list, waktu forklift berputar ke samping (*turn aside*), waktu forklift berputar ke belakang (*turn back*), waktu melakukan *picking*, waktu forklift memuat barang dan mengangkat ke atas dan ke bawah. Jumlah picker saat ini ada 2 personil. Jam proses picking dari jam 08:00 sampai 14:00. Pada gambar 2 adalah data tata letak gudang di PT. GMS. Tata letak tersebut menunjukkan terdapat 6 rak, dan tiap rak ada 5 slot berukuran 1.2x1 meter, jadi total *picking location* ada 30 unit. Tiap rak memiliki 3 level / tingkat lokasi picking. Tabel 1 adalah data waktu perpindahan forklift dalam satuan detik yang didapatkan dari hasil pengukuran.

**3.2. Analisis Data**

**3.2.1. Analisis Menggunakan Warehouse Optimizer – Kees Jan Roodbergen**

Program ini digunakan untuk menghitung rata – rata jarak tempuh (*average travel distances*) untuk aplikasi *order picking*. Asumsi pada program ini adalah metode simpan (*storage method*) yang digunakan adalah *random policy;depot location* terdapat pada kiri bawah dan ini memang sesuai dengan kondisi aktual penelitian. Jarak tempuh = jarak tempuh lorong + jarak tempuh *cross aisle* (De Koster & Le-Duc, 2003b).

Berikut basic data untuk diinput ke *Warehouse Optimizer*:

- Total panjang lorong (*total aisle length*) = 3 aisle x 5 meter = 15 meter
- Lebar aisle (center to center between aisle) = 4.5 meter
- Jumlah blok di gudang penelitian = 1
- Lokasi pick (*pick location*) = 15 titik

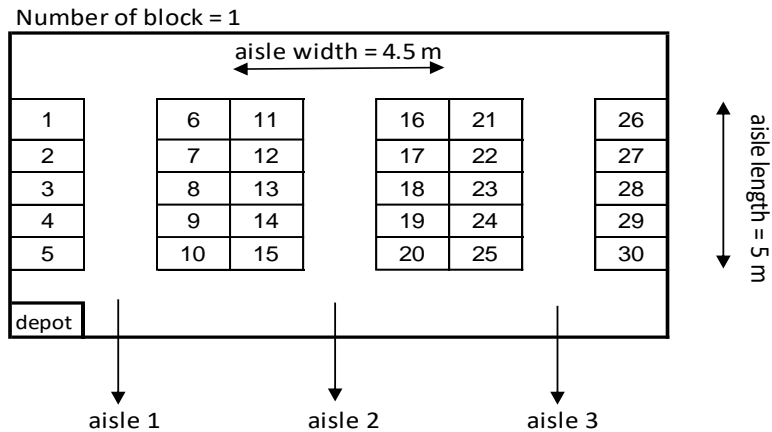
Data – data tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.

1	6	11	16	21	26
2	7	12	17	22	27
3	8	13	18	23	28
4	9	14	19	24	29
5	10	15	20	25	30

Gambar 2. Tata Letak Gudang di PT. GMS

Tabel 1. Jenis Perpindahan dan Waktu Hasil Pengukuran

Jenis perpindahan forklift	Waktu dalam satuan detik
Berputar ke samping (turn aside)	8
Berputar ke belakang (turn back)	15
Picking	6
Membongkar (unload)	70
Bergerak ke atas atau ke bawah	36

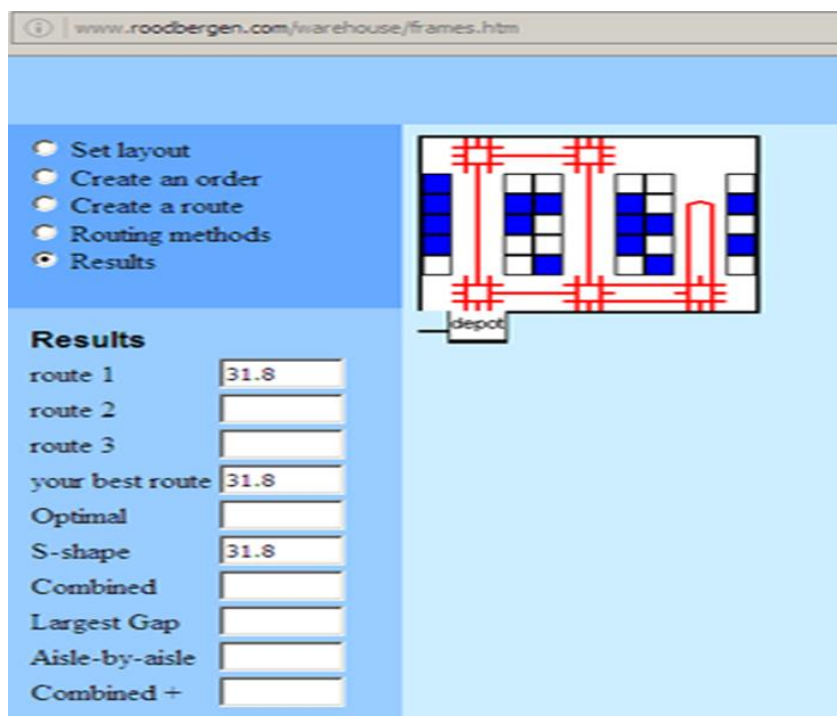


Gambar 3. Layout Gudang Penelitian

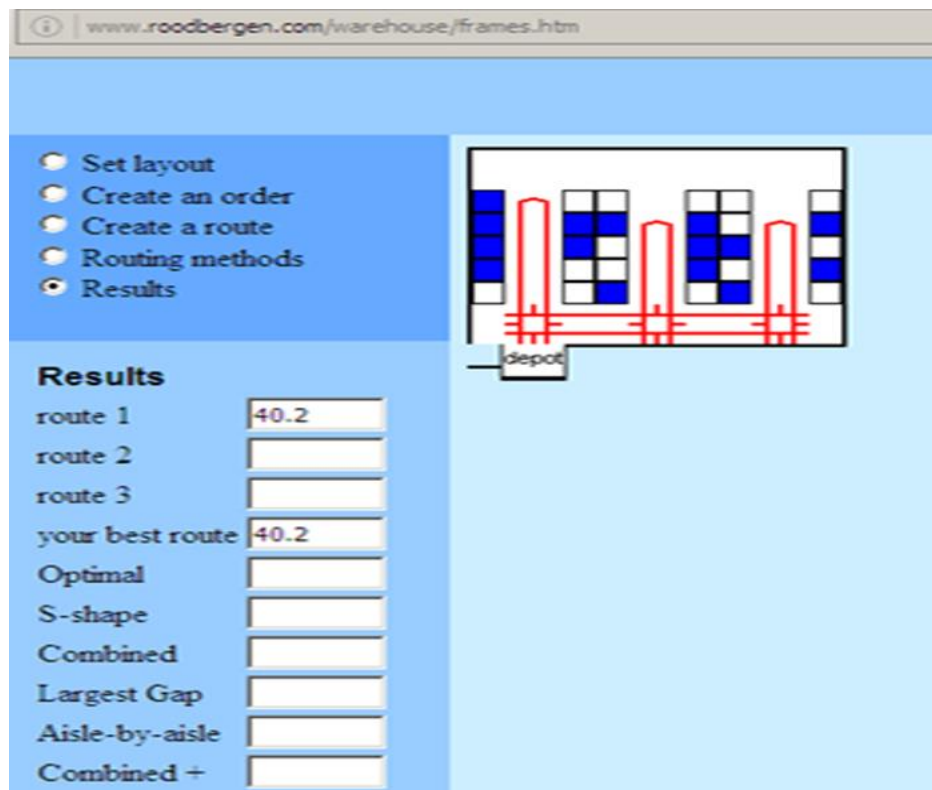
Kotak nomor 1 sampai dengan 30 menunjukkan bahwa lokasi pick ada 30 buah, dimana factor ketinggian diabaikan dalam kalkulasi ([www.roodebergen.com](http://www.roodebergen.com)). Pada software ini, jumlah replikasi adalah 2000 kali pada saat disimulasikan. Dengan menggunakan software

Warehouse Optimizer ini dipilih metode *S-Shape* dan *Return* dan menghasilkan jarak sebagai berikut:

- *S-Shape / Trasversal Method* = 31.8 meter
  - *Return Strategy Method* = 40.2 meter
- seperti yang terdapat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Warehouse Optimizer – S-Shape



Gambar 5. Warehouse Optimizer – Return Strategy

Dari kalkulasi kedua metode yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5 dan dengan menggunakan software Warehouse Optimizer, metode routing S-Shape menghasilkan jarak tempuh sejauh 31,8 meter dan Return Strategy sejauh 40,2 meter, maka jarak yang terpendek adalah S-Shape, lebih pendek 18.4%. Pada S-Shape jarak tempuh lebih pendek dalam kasus ini dikarenakan tidak adanya pengulangan pada setiap lorongnya, dan ini berbeda dengan metode Return yang di setiap lorongnya ada pengulangan

### 3.2.2. Analisis Menggunakan Warehouse Real-Time Simulator by Grzegorz Tarczynski – Wroclaw University

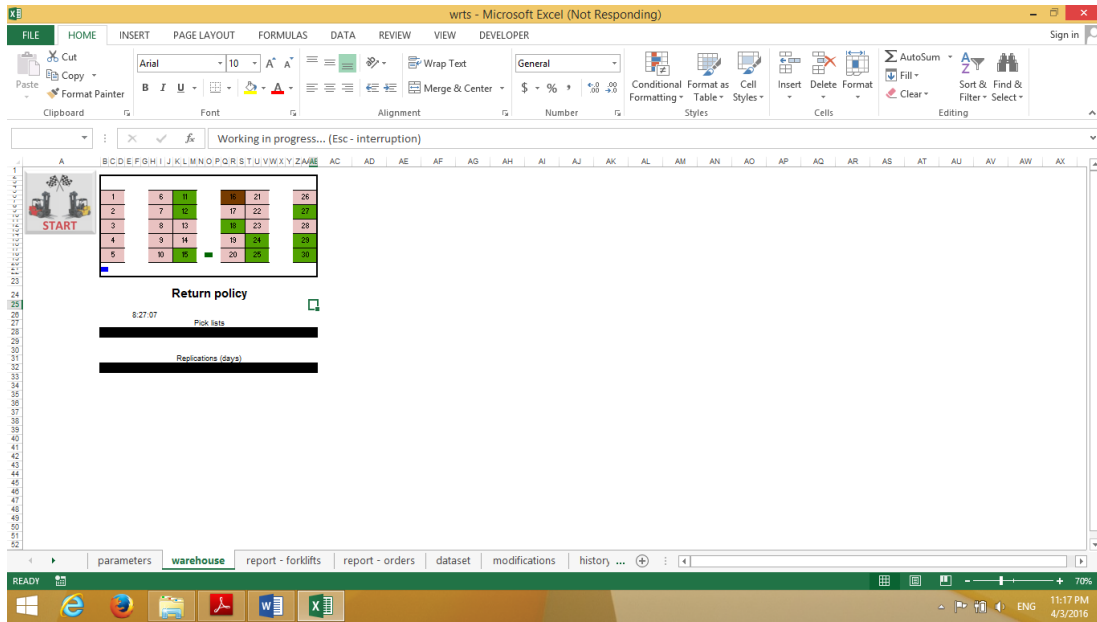
Analisis perbandingan dilakukan dengan menggunakan simulasi dengan software Warehouse Real-Time Simulator. Probabilitas untuk tiap level adalah sama karena tata letak di gudang PT. GMS adalah random storage yang artinya pada saat lokasi picking (*slot / pick location*) kosong, maka tiap

item / SKU bisa menempatnya, baik itu untuk level 1 maupun untuk level 2 dan level 3. Dengan demikian probabilitasnya adalah 1/3.

Gambar 6 dibawah ini menunjukkan bahwa pada saat button "START" diklik maka proses simulasi berjalan, dimana berbagai kemungkinan *pick location* dan *blocking time* akan muncul dan ditunjukkan pada worksheet "Report Forklifts" dan "Report Orders".

Pada penelitian ini, penulis hanya membandingkan 2 metode routing saja yakni S-Shape dan Return, karena kedua metode ini merupakan metode yang paling mudah dimengerti oleh picker.

Hasil detailnya bisa dilihat pada Lampiran 1.



Gambar 6. Proses Simulasi pada software “Warehouse Real-Time Simulator”

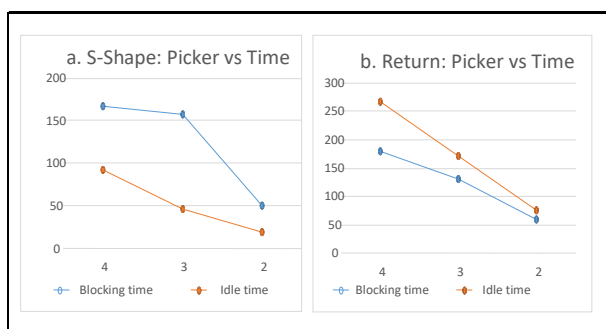
Tabel 2. Perbandingan *Blocking time* dan *Idle time* S-Shape dan Return Strategy

	Metode Routing	
	S-Shape	Return
<b>A. 4 Picker</b>		
Blocking time	167	180
Idle time	93	86
<b>A. 3 Picker</b>		
Blocking time	157	131
Idle time	46	41
<b>B. 2 Picker</b>		
Blocking time	51	60
Idle time	19	16

Idle time. Untuk kondisi 3 picker, *blocking time* untuk metode S-Shape lebih besar dibandingkan dengan metode Return, tetapi untuk kondisi 2 picker, *blocking time* untuk metode S-Shape lebih kecil dibandingkan dengan metode Return.

Idle time metode routing Return untuk 3 picker maupun 2 picker menunjukkan bahwa metode Return lebih baik dibandingkan dengan metode S-Shape dengan range 10 sampai 15%. Dengan demikian secara overall, metode Return memiliki keunggulan yang lebih baik dibandingkan metode S-Shape.

Untuk waktu kerja (*working time*) menunjukkan perbandingan terbalik, dimana semakin banyak jumlah picker maka waktu kerjanya akan semakin cepat baik pada S-Shape maupun Return seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 7. Perbandingan Jumlah Picker dengan *Blocking* dan *Idle time*: a. S-Shape, b. Return

Pada Tabel 2, hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin banyak picker maka *blocking time*-nya akan semakin besar pula, hal ini berlaku untuk kedua metode. Hal yang sama juga berlaku bagi

Tabel 3. Perbandingan Jumlah Picker dengan Waktu Kerja

Jumlah Picker	S-Shape	Return
4	6:17	6:23
3	8:19	8:14
2	11:36	11:45

Dari analisis ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah picker, maka waktu kerjanya (*working time*) akan semakin cepat sedangkan *blocking time* dan *idle time*-nya akan semakin besar, hal ini berlaku untuk kedua metode S-Shape dan Return.



Untuk pemilihan metode yang terbaik, dalam penelitian ini adalah dari aspek jumlah waktu kerja, pada alokasi 2 picker dan 4 picker maka metode S-Shape lebih baik dibandingkan dengan metode Return; sedangkan untuk alokasi 3 picker maka metode Return yang lebih baik.

Dengan membandingkan *Warehouse Optimizer* dengan *Warehouse Real-Time Simulator* maka didapatkan bahwa metode S-Shape menghasilkan waktu dan jarak terpendek.

### 3.3. Penelitian Berikutnya (*Future Research*)

Penelitian lebih lanjut bisa dilakukan dengan menggunakan *batching strategy* dan memasukkan unsur biaya (*cost considerations*) dimana pertimbangan biaya ini meliputi perhitungan upah jumlah picker dibandingkan dengan total waktu kerja yang dihemat dengan adanya penambahan picker.

## 4. SIMPULAN DAN SARAN

### 4.1. Simpulan

Aktivitas order picking yang dilakukan oleh 2 orang picker dengan kondisi seperti sekarang maka metode routing dengan jarak terpendek dan waktu tercepat adalah metode S-Shape / Traversal Method, dimana software *Warehouse Optimizer* by Kees Jan Roodbergen menunjukkan bahwa metode S-Shape menghasilkan jarak tempuh 32.8 meter sedangkan metode Return 40.2 meter atau lebih pendek 18.4%; sedangkan software *Warehouse Real-Time Simulator* menunjukkan bahwa metode S-Shape menghasilkan waktu tempuh yang lebih cepat dibandingkan dengan Return.

### 4.2. Saran

Untuk penelitian berikutnya bisa mempertimbangkan faktor biaya untuk opsi picker dengan membandingkan waktu tempuh yang diperoleh dengan upah picker. Penelitian berikutnya juga bisa mengkombinasikan dengan strategi zoning dan batching untuk menganalisis waktu tempuh.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

1. Bartholdi, J.J, and S.T. Hackman. 2008. *Warehouse and Distribution Science*, Georgia Institute of Technology. *available on line: [www.warehouse-science.com](http://www.warehouse-science.com)*
2. Chandra, A. 2015. Analisis Order Picking dengan Menggunakan Metode Routing Heuristics di PT.GMS, *Jurnal Metris*, 16 (2).
3. De Koster, R., Le-Duc, T.. 2003b. Travel Time Estimation and Order Batching in a 2-block Warehouse, *European Journal of Operational Research*.
4. De Koster, R., E. Van der Poort. 1998. Routing Orderpickers in a Warehouse: A comparison between optimal and heuristic solution, *IIE Transaction* 30: 469 – 480.
5. De Koster, R., Le-Duc, T., Roodbergen, K.J. 2007. Design and Control of Warehouse Order Picking: A Literature Review, *European Journal of Operational Research* 182 (2): 481 – 501.
6. Dukic, G., V. Cesnik, T. Opetuk. 2010. Order Picking Methods and Technologies for Greener Warehousing, *Strojarsstvo* 52 (1) : p.23 - 31
7. Dukic, G., and C. Oluic. 2007. Order Picking Methods: Improving Order – Picking Efficiency, *International Journal of Logistics System and Management* 3 (4): 451 – 460.
8. Jakubiak, M., Tarczynski, G., Selection of Manual Order Picking Concepts in a Warehouse by Means of Simulation Tools, *Mathematical Economics no 8 (15)*, 2012.
9. Le-Duc, T. Design and Control of Efficient Order Picking Processes. *Doctor Thesis in Erasmus University Rotterdam*. 2005.
10. Roodbergen, K.J, *Warehouse Optimizer*, available on line: [www.roodbergen.com](http://www.roodbergen.com).
11. Roodbergen, K.J., and I.F.A. Vis, A Model for Warehouse Layout, *IIE Transaction* 38 (10), 2006, p. 799 – 811.
12. Roodbergen, K.J., and R. De De Koster, Routing Methods for Warehouse With Multiple Cross Aisle, *International Journal of Production Research* 39 (1), 2001, p. 1865 – 1883.
13. Tarczynski, G. *Warehouse Real-Time Simulator: How to Optimize Order Picking Time*, *Wroclaw University of Economics*, 2012.

## Lampiran 1. Proses Simulasi – Warehouse Real – Time Simulator

Day	Forklift number	Number of pick lists completed	Working time	Idle time	Blocking time	Routing method	Total number of forklifts	Random seed
Day 1	1	44	10:04:27	0:05:21	0:31:21	S-shape	2	10000
Day 1	2	43	9:42:15	0:16:38	0:23:58	S-shape	2	10000
Day 1	1	44	10:04:46	0:05:21	0:12:26	Return	2	10000
Day 1	2	43	10:05:42	0:16:27	0:32:17	Return	2	10000
Day 1	1	30	6:53:59	0:16:19	0:25:15	S-shape	3	10000
Day 1	2	28	6:38:56	0:19:31	0:38:19	S-shape	3	10000
Day 1	3	29	6:45:28	0:21:26	0:23:27	S-shape	3	10000
Day 1	1	29	7:00:35	0:16:02	0:27:46	Return	3	10000
Day 1	2	29	6:56:52	0:21:58	0:30:43	Return	3	10000
Day 1	3	29	7:04:21	0:21:21	0:37:34	Return	3	10000
Day 1	1	23	5:17:54	0:46:03	0:17:14	S-shape	4	10000
Day 1	2	23	5:33:38	0:38:15	0:44:45	S-shape	4	10000
Day 1	3	22	5:20:47	0:54:30	0:21:05	S-shape	4	10000
Day 1	4	19	4:37:45	1:22:16	0:35:38	S-shape	4	10000
Day 1	1	23	5:31:36	0:32:36	0:30:19	Return	4	10000
Day 1	2	22	5:34:32	0:40:09	0:48:33	Return	4	10000
Day 1	3	22	5:38:57	0:33:46	0:34:25	Return	4	10000
Day 1	4	20	5:03:59	0:56:02	0:30:00	Return	4	10000