

ANALISIS JARAK TEMPUH DENGAN METODE *ROUTING* DI PT XYZ

Margaretha Dyah Sulistya Rini

Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Kalimantan

Email: margarethadyah29@gmail.com

ABSTRAK

PT XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur dengan produk berupa kaleng kemasan. Sehingga keberadaan *warehouse* sangat penting. Sebagian besar biaya yang dikeluarkan untuk *warehouse* adalah pada pekerjaan manual, yang sebagian besar dihabiskan untuk *order-picking*, yang dihabiskan untuk perjalanan pengambilan. *Order-picking* sudah lama diidentifikasi sebagai pekerjaan paling intensif dan paling membutuhkan biaya untuk hampir semua *warehouse*; biaya untuk *order-picking* diperkirakan sebanyak 55% dari total pengeluaran operasional *warehouse*. Penelitian ini ditujukan untuk membandingkan jarak atau waktu optimal yang ditempuh oleh metode *routing S-shape, return, optimal, largest gap, mid-point, composite (combined)* dan *combined+* di *warehouse* PT. XYZ. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *optimal* memberikan rute *picking order* terpendek dengan hasil 100% dari 30 *order picking* yang diambil sebagai *sample*. Dengan demikian metode *routing* yang sesuai untuk diterapkan di PT. XYZ adalah metode *routing optimal*.

Kata kunci : *picking order, metode routing, warehouse*

ABSTRACT

PT XYZ is a company engaged in industrial manufacturing metal cans. Hence the existence of *warehouse* is crucial. Most of the expense in a typical *warehouse* is in labor; most of that is in *order-picking*; and most of that is in travel. *Order picking* has been long identified as the most labor-intensive and costly activity for almost every *warehouse*; the cost of *order picking* is estimated to be as 55% of the total *warehouse* operating expense. The purpose of this study is to compare the traveling distance or time by *S-shape, return, optimal, largest gap, mid-point, composite (combined)* and *combined+* *routing method* in the *warehouse* of PT. XYZ. The results shows *optimal method* gives shortest distance of *picking order route* with 100% result from 30 *picking order samples*. Therefore *routing method* suitable for PT. XYZ is *optimal routing method*.

Keywords : *picking order, metode routing, warehouse*

PENDAHULUAN

PT XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur dengan produk berupa kaleng kemasan. Sehingga keberadaan *warehouse* sangat penting. Sebagian besar biaya yang dikeluarkan untuk *warehouse* adalah pada pekerjaan manual, yang sebagian besar dihabiskan untuk *order-picking*, yang dihabiskan untuk perjalanan pengambilan.

Order-picking sudah lama diidentifikasi sebagai pekerjaan paling intensif dan paling membutuhkan biaya untuk hampir semua *warehouse*; biaya untuk *order-picking* diperkirakan sebanyak 55% dari total pengeluaran operasional *warehouse*. Karena banyak perusahaan mencari cara untuk memangkas biaya dan meningkatkan produktivitas dalam *warehouse* dan pusat distribusi, pengawasan terhadap *order-picking* meningkat.

Pentingnya keberadaan *warehouse* tidak bisa disangkal, namun besarnya biaya yang terserap juga tidak bisa diabaikan. Untuk itu banyak penelitian yang dimaksudkan untuk mengoptimalkan kegiatan yang berjalan di *warehouse*. Walaupun beberapa studi kasus menunjukkan bahwa aktivitas lain selain perjalanan bisa berkontribusi banyak

pada waktu *order-picking* (Dekker et al. 2004, De Kostner et al. 1999), perjalanan seringnya adalah komponen utama. Berdasarkan Bartholdi and Hackman (2005) 'waktu perjalanan adalah waste. Menghabiskan waktu kerja tapi tidak menambah nilai'. Sehingga merupakan kandidat pertama dalam improvement.

Tujuan dari kebijakan *routing* adalah untuk mengurutkan barang pesanan yang ada pada *pick-list* untuk memastikan rute yang baik melewati *warehouse*. Masalah pada rute *order picking* adalah sebuah kasus khusus yang disebut Travelling Salesman Problem, yang dideskripsikan dengan situasi seperti berikut. Penjual, mulai dari kota asalnya, harus mengunjungi beberapa kota masing-masing tepat satu kali, kemudian kembali pada kota asalnya. Ia mengetahui jarak dari masing-masing kota dan ingin menentukan urutan kota yang akan dikunjungi sehingga total jarak perjalanannya sekecil mungkin. *Order picker* mulai dari depot (kota asal), dimana ia mendapatkan *pick list*, harus mengunjungi semua lokasi, dan akhirnya kembali ke depot.

Pada prakteknya masalah rute *order picking* di *warehouse* umumnya diselesaikan secara heuristik. Petersen (1997) membawa percobaan numeris untuk membandingkan enam metode *routing*: *S-shape*, *return*, *largest gap*, *mid-point*, *composite* (*combined*) dan *optimal* dalam situasi dengan penyimpanan acak. Ia menyimpulkan bahwa solusi heuristik berada pada 5% di atas solusi optimal.

Penelitian ini akan lebih jauh menganalisis permasalahan rute *order picking* di *warehouse* PT. XYZ dengan judul Analisa Jarak Tempuh dengan Metode *Routing* di PT XYZ.

TINJAUAN PUSTAKA

Picking Order

Berdasarkan sebagian besar peneliti, order picking dapat didefinisikan sebagai aktivitas dimana sejumlah kecil barang dipisahkan dari sistem warehouse, untuk memenuhi jumlah permintaan pelanggan. Bergerak dari klasifikasi awal yang diperkenalkan oleh Sharp (1992), solusi OPS diklasifikasikan dalam empat kategori:

- Sistem picker-to-part (dikenal juga sebagai man-to-materials)
- Sistem part-to-picker (dikenal juga sebagai materials-to-man)
- Sistem sorting
- Sistem pick to box

Setiap solusi akan dideskripsikan secara singkat dengan basis pada komponen utama, menggarisbawahi pengaruh sumber daya (pekerja, ruang, modal) dan pada tingkat pelayanan (diatas seluruh akurasi order picking dan waktu respon). Sistem picking yang terautomasi seluruhnya (misalnya dengan robot atau dispenser) tidak dipertimbangkan, karena digunakan dalam kasus yang sangat spesifik. Kami mengasumsikan bahwa hanya satu dari keempat kategori yang dapat diadaptasi. Sebenarnya, memungkinkan untuk memisahkan sistem order picking ke dalam subsistem, dan menerapkannya untuk setiap solusi yang berbeda:

a) Solusi picker-to-part

Solusi "picker-to-part" mewakili satu dari kasus paling umum dan dapat dipertimbangkan sebagai solusi dasar untuk aktivitas picking. Umumnya terdiri dari area penyimpanan, forward, (disebut juga area picking) dan sistem material handling untuk menghubungkannya (dasarnya sampai pada truk yang mengisi lokasi *picking*). Kegunaan *forward area* secara fisik terpisah oleh area penyimpanan memungkinkan eksekusi misi pengambilan dalam area yang lebih kecil, jika dibandingkan dengan penyimpanan, ini meningkatkan produktivitas order picking. Selama aktivitas *picking*, operator mengambil barang-barang untuk melengkapi satu permintaan atau *batch* dari berbagai permintaan (kapanpun *picking* permintaan atau *batch picking* diterapkan). Secara umum solusi ini dibuat dengan area penyimpanan dengan unit pengisian *pallet* dengan sistem penyimpanan dengan rak palet. Sebaliknya, rak *flow* gravitasi dengan penyimpanan karton dan unit pengisian *pallet* dapat digunakan. Sistem *picker-to-part*

optimasi selanjutnya dapat dihitung dengan algoritma routing alokasi barang, ketentuan *batch*, operasi “paperless” (seperti frekuensi radio atau *picking* dengan suara). Oleh karena itu keuntungan dan kerugian juga datang dari tingkat penggunaan penggerak optimasi yang disebutkan di atas.

b) Solusi part-to-picker

Elemen logis yang menyusun solusi part-to-picker adalah; area penyimpanan, forward, sistem material handling (misalnya: conveyor atau truk) yang menghubungkan mereka, juga disebut sistem feeding untuk area forward. Area forward terdiri dari beberapa picking bay. Unit pengisian diperlukan untuk memenuhi jumlah order yang diberikan diambil dari area penyimpanan dan dipindahkan ke picking bay. Setiap operator ditempatkan pada tiap bay, mengambil barang dari unit pengisian. Ketika semua barang yang diinginkan telah diambil dari operator, barang yang tersisa (pada unit pengisian) kembali pada area penyimpanan., menunggu untuk dipilih dari operasi pengambilan berikutnya. Unit pengisian dapat berukuran besar (misalnya: pallet) dan ukuran kecil (misalnya: karton atau jinjingan). Pada kasus terakhir solusi ini termasuk peralan seperti carousel (horisontal dan vertikal), miniload maupun sistem penyimpanan vertikal. Keuntungan dari sistem ini diadaptkan dari pengurangan biaya picking (dalam hal jam kerja dan ruang yang diperlukan). Di sisi lain, biaya kelengkapan area *forward* dan aktivitas material handling tambahan di area penyimpanan harus dipertimbangkan dengan hati-hati. Untuk alasan tersebut kebanyakan aktivitas material handling meramalkan penggunaan otomatisasi penanganan unit loading. Solusi ini memberikan resiko tinggi terciptanya *bottleneck* di *picking bay* “feeding system”, mengurangi presentasi waktu kerja dan produktivitas pengambilan.

c) Sistem sorting

Elemen logis yang menyusun sistem sorting adalah: area penyimpanan, forward area, sistem kelengkapan dari area forward, sorter. Operasi di area *forward* mengambil jumlah dari tiap barang tunggal dari pesanan batch atau berganda dan meletakkannya pada *conveyor* yang menghubungkan area *forward* dengan area sorting. *Conveyor* melewati lorong area *forward*, sehingga tiap operator dapat bekerja pada bagian lebih kecil di area forward. Seringnya hasil *sorting* dibawa oleh sistem *material handling* otomatis yang terdiri dari *conveyor* dan alat-alat *sorting*. Kesempatan untuk menggunakan sistem yang dipertimbangkan tergantung pada berbagai macam faktor. Aspek pertama yang dipertimbangkan pastinya diberikan oleh karakteristik fisik barang tersebut.; ukuran, berat dan bentuk dari barang yang akan ditangani mempengaruhi kemungkinan dari digunakannya sistem sorting otomatis dan pilihan alat yang sesuai untuk digunakan. Mengenai aktivitas picking, terdapat produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan solusi *picker-to-part*, karena lokasi pengambilan lebih jarang dikunjungi., sehingga pengurangan operasi perjalanan. Pengurangan seperti ini lebih besar selama operator bekerja di bagian kecil area *forward*.

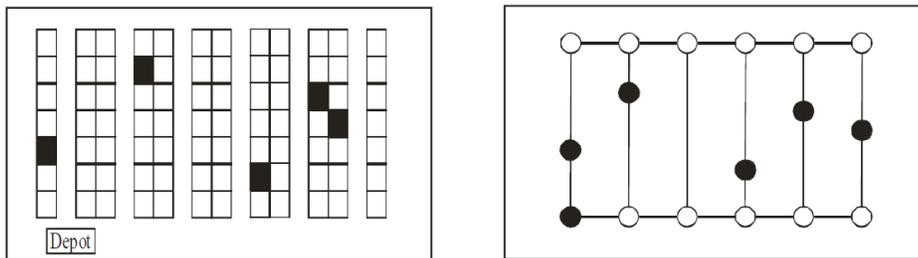
d) Sistem pick-to-box

Sistem pick-to-box memberikan alternatif bagi sistem sorting, dan terdiri dari elemen logis yang serupa: area penyimpanan, area forward, sistem kelengkapan area forward, sorter. Area forward dipisahkan dalam beberapa zona picking, masing-masing ditugaskan pada satu operator. Zona picking dihubungkan oleh conveyor yang di atasnya ditempatkan kotak-kotak yang berisi barang yang akan diambil, masing-masing dari mereka berhubungan (sebagian atau seluruhnya) dengan pesanan pelanggan (kebijakan “order picking”). Oleh sebab itu sorting line-end per tiap pesanan tidak penting lagi, namun box sorting berdasarkan tujuan (misalnya; *carrier*) sudah cukup, karena pesanan sudah disiapkan. Keuntungan yang dihasilkan dari pemisahan area forward menjadi beberapa picking zone terutama adalah dalam pengurangan

waktu perjalanan picking. Tingginya biaya dan kompleksitas dari sitem berhubungan dengan penyeimbangan beban kerja diantara picking zone. Solusi ini tampaknya lebih diminati ketika terjadi jumlah barang tinggi, aliran ukuran sedang, dan pesanan dalam ukuran kecil. Kenyataannya jika peningkatan ukuran pesanan terjadi, mungkin muncul resiko ketidakmampuan penanganan meningkatnya jumlah box. (baik untuk pesanan total ataupun tunggal) dan sistem lainnya dapat menjadi lebih efektif.

Metode Routing

Tujuan dari kebijakan routing adalah untuk mengurutkan barang dalam pick list untuk memastikan rute yang baik melewati *warehouse*. Masalah rute dari pengambilan pesanan di *warehouse* sebenarnya adalah masalah khusus yang disebut Traveling Salesman Problem, lihat Lawler et al. (1985). Jelas, bahwa situasi perjalanan salesman memiliki banyak kesamaan dengan yang dilakukan *order picker* di *warehouse*. *Order picker* mulai dari depot (kota asal), dimana dia menerima *pick list*, harus mengunjungi semua lokasi (kota-kota) dan akhirnya kembali ke depot. Contoh tata letak *warehouse* dengan grafik pemilihan dan keterkaitan ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 1. Ilustrasi situasi *order picking* (kiri) dan grafik yang mewakili (kanan)

Beberapa perbedaan terjadi diantara Traveling Salesman problem klasik dan situasi *order picking* di *warehouse*. Pertama-tama, jika kita lihat di grafik pada Gambar 1, jumlah titik yang tidak harus dikunjungi (ditunjukkan oleh lingkaran putih). Titik ini adalah titik persimpangan antara lorong dan lorong persimpangana. *Order picker* diperbolehkan melewatinya, namun tidak diharuskan. Lingkaran hitam mewakili lokasi pengambilan dan depot; titik-titik ini harus dikunjungi. Diperbolehkan untuk mengunjungi lokasi pengambilan dan depot lebih dari satu kali. Masalah *order picking* yang diklasifikasikan sebagai Steiner Traveling Salesman Problem karena ada dua fakta yaitu beberapa titik tidak harus dikunjungi dan beberapa titik dapat dikunjungi lebih dari satu kali. Kesulitan dalam Traveling Salesman Problem (Steiner) adalah, ini umumnya tidak terpecahkan dalam waktu *polynomial*. Bagaimanapun, untuk tipe *warehouse* yang ditunjukkan di Gambar 1, itu ditunjukkan oleh Ratliff dan Rosenthal (1983) bahwa ada algoritma yang dapat menyelesaikan masalah dalam waktu *running linear* dalam jumlah lorong dan jumlah lokasi pengambilan.

Dalam Cornuejols et al. (1985) menunjukkan bahwa algoritma Ratliff dan Rosenthal (1983) dapat diperluas untuk menyelesaikan Salesman Traveling Problem Steiner, yang disebut grafik *series-parallel*. Dalam De Koster dan Van der Poort (1998) dan Roodbergen dan De Koster (2001) algoritma oleh Ratliff dan Rosenthal (1983) dikembangkan menjadi situasi *warehouse* berbeda yang tidak dapat ditunjukkan oleh grafik *series-parallel*. Algoritma dari De Koster dan Van der Poort (1998) dapat menentukan rute *order picking* terpendek di *warehouse* dengan dengan satu blok dan penempatan terpusat. Penempatan terpusat berarti *order picker* dapat menempatkan barang yang diambil pada ujung tiap lorong, sebagai contoh pada conveyor. Petunjuk untuk rute berikutnya diberikan lewat terminal komputer. Reodbergen dan De Koster (2001b) mengembangkan sebuah algoritma untuk *warehouse* dengan 3 lorong persimpangan, satu di depan, satu di belakang, dan satu di tengah.

Rute Heuristic

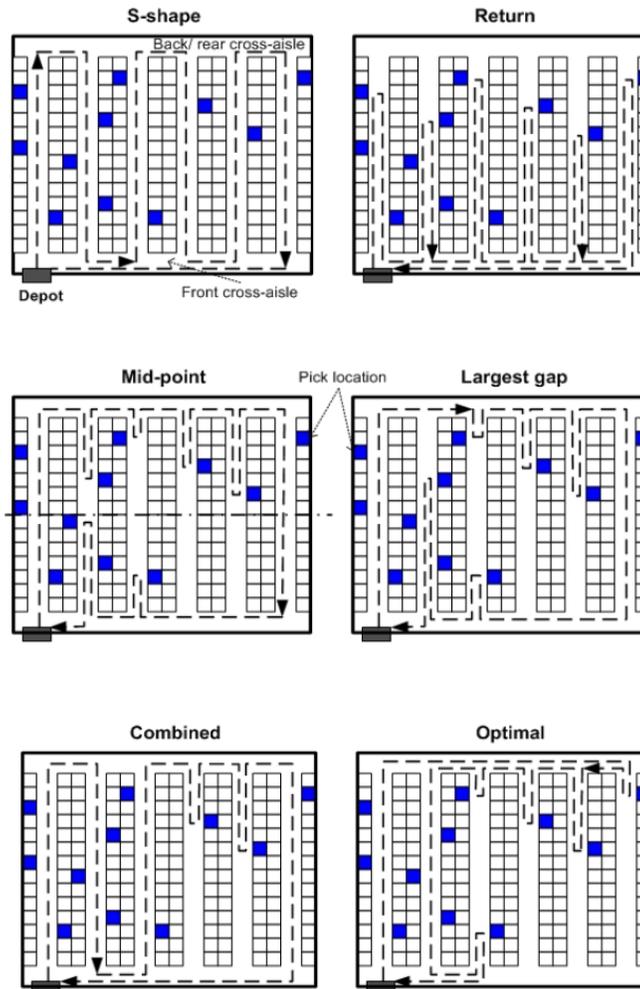
Pada prakteknya, masalah rute *order picking* di *warehouse* sebagian besar diselesaikan dengan heuristik. Dikarenakan beberapa kekurangan dari rute optimal dalam prakteknya. Pertama, harus diperhatikan bahwa algoritma optimal tidak tersedia di setiap *layout*. Kedua, rute optimal mungkin tampak tidak logis bagi order picker yang, sebagai akibatnya, menyimpang dari rute yang ditentukan (Gademann dan Van de Velde 2005). Ketiga, standard optimal algoritma tidak dapat menyertakan kemacetan lorong dalam perhitungan, sedangkan dengan metode *heuristic* memungkinkan untuk menghindari (atau setidaknya mengurangi) kemacetan lorong (seperti metode S-shape mempunyai tujuan lalu lintas tunggal apabila kepadatan pengambilan cukup tinggi). Hall (1993), Petersen (1997) dan Roodbergen (2001) membedakan beberapa metode heuristik untuk rute order picker dalam *warehouse* dengan blok tunggal. Contoh rute ditunjukkan dalam Gambar 2.

Salah satu metode heuristik paling sederhana untuk *order picker* adalah heuristik *S-shape* (atau transversal). *Routing order picker* dengan menggunakan metode *S-Shape* berarti setiap lorong yang mengandung setidaknya satu pengambilan dilewati seluruhnya (kecuali lorong yang kemungkinan besar terakhir dikunjungi). Lorong tanpa pengambilan tidak dimasuki. Dari yang terakhir dikunjungi, order picker kembali ke depot. Heuristik sederhana lainnya untuk *order picker* yaitu metode *return*, dimana order picker masuk dan keluar tiap lorong dari ujung yang sama. Hanya lorong dengan pengambilan yang dikunjungi. Metode *midpoint* intinya membagi *warehouse* menjadi dua area. Pengambilan di setengah bagian depan diakses melalui lorong persimpangan depan dan pengambilan di setengah bagian belakang melalui lorong persimpangan belakang. Order picker menuju ke setengah bagian belakang baik melalui lorong pertama maupun lorong terakhir yang dikunjungi. Menurut Hall (1993), metode ini lebih baik daripada metode *S-shape* ketika jumlah pengambilan dari tiap lorongnya kecil (misalnya rata-rata 1 pick per lorong).

Strategi *largest gap* serupa dengan strategi *midpoint* hanya saja order picker harus memasuki lorong sejauh jarak terbesar, daripada titik tengahnya. *Gap* (jarak) menunjukkan perpisahan antara dua pengambilan yang berdekatan, antara pengambilan pertama dan bagian depan lorong, atau diantara pengambilan terakhir dan bagian belakang lorong. Jika jarak terbesar adalah antara dua pengambilan yang berdekatan, order picker melakukan rute *return* dari kedua ujung lorong.

Jika tidak, digunakan rute *return* dari depan atau belakang lorong. Jarak terbesar diantara lorong oleh karena itu adalah bagian dari lorong yang tidak dilewati oleh order picker. Bagian belakang lorong hanya dapat diakses hanya melalui lorong pertama atau terakhir. Metode *largest gap* selalu melampaui metode *midpoint* (lihat Hall 1993). Namun, dari sudut implementasi, metode *midpoint* lebih sederhana. Untuk metode heuristik *combined* (atau *composite*), lorong dengan pengambilan adalah sepenuhnya dilewati atau dimasuki dan ditinggalkan dari ujung yang sama. Namun, untuk setiap lorong yang dikunjungi, pilihannya dibuat dengan menggunakan program *dynamic* (lihat Roodbergen dan De Koster 2001a).

Petersen (1997) melakukan sejumlah percobaan untuk membandingkan enam metode *routing*: *S-shape*, *return*, *largest gap*, *midpoint*, *composite* dan optimal dalam situasi dengan penyimpanan random. Ia menyimpulkan bahwa solusi heuristik paling baik adalah pada rata-rata 5% untuk solusi optimal. Metode pengikatan rute menggunakan metodologi Lin dan Kernighan (1973) ditampilkan oleh Makris dan Giakoumakis (2003).



Gambar 2. Contoh beberapa metode *routing* untuk *warehouse* dengan blok tunggal (Roodbergen, 2001).

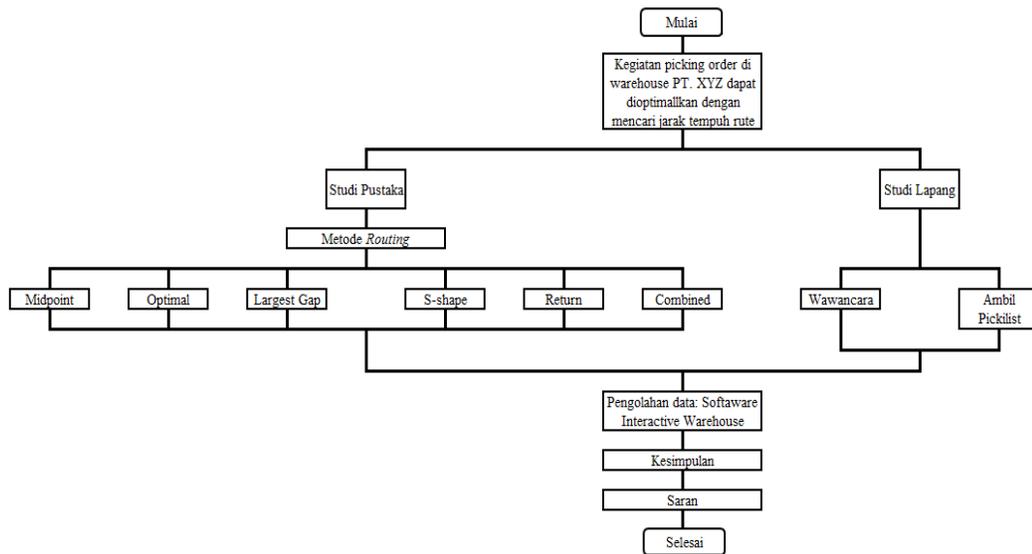
Semua metode yang disebutkan diatas awalnya dikembangkan untuk *warehouse* dengan blok tunggal, akan tetapi dapat juga digunakan untuk *warehouse* dengan beberapa blok dengan beberapa modifikasi (lihat Roodbergeb dan De Koster, 2001a). Metode yang dirancang khusus untuk *warehouse* dengan beberapa blok dapat ditemukan di Vaughan dan Petersen (1999) dan Roodbergen dan De Koster (2001a). Jurnal terakhir membandingkan enam metode *routing* (*optimal, largest gap, S-shape, aisle by aisle, combine dan combined⁺*), di 80 *warehouse*, dengan jumlah lorong bervariasi antara 7 dan 15, jumlah lorong persimpangan antara 2 sampai 11 dan ukuran pick list antara 10 dan 30. Mereka melaporkan bahwa *heuristic combined⁺* memberikan hasil yang terbaik pada 74 dari 80 *warehouse* yang diamati.

Interactive Warehouse

Salah satu cara untuk mengurangi pekerja order picking dan peralatannya yaitu dengan mengoptimalkan rute order picking. Hal ini disebabkan pekerja harus mengumpulkan sejumlah produk dalam jumlah yang spesifik pada lokasi yang telah diketahui, yang harus dikunjungi berurutan oleh pekerja untuk meminimalisasi jarak yang

harus dilalui. Interactive Warehouse merupakan untuk optimalisasi aktivitas dalam yang dapat diakses melalui situs www.roodbergen.com.

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3. Diagram alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Dari pengolahan data dengan menggunakan *Interactive Warehouse* didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil perhitungan jarak tempuh dengan *Interactive Warehouse*

| PICKING ORDER NO. | RETURN | OPTIMAL | S-SHAPE | COMBINED | LARGEST GAP | AISLE-BY-AISLE | COMBINED+ |
|-------------------|--------|---------|---------|----------|-------------|----------------|-----------|
| 1 | 79 | 51 | 61 | 57 | 71 | 51 | 51 |
| 2 | 60 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 |
| 3 | 57 | 41 | 53 | 47 | 41 | 47 | 47 |
| 4 | 71 | 49 | 51 | 51 | 51 | 56 | 49 |
| 5 | 74 | 55 | 55 | 55 | 57 | 62 | 55 |
| 6 | 81 | 58 | 60 | 60 | 66 | 58 | 58 |
| 7 | 69 | 45 | 53 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| 8 | 88 | 52 | 62 | 62 | 58 | 62 | 62 |
| 9 | 73 | 58 | 62 | 58 | 58 | 58 | 58 |
| 10 | 46 | 43 | 63 | 45 | 65 | 43 | 43 |
| 11 | 93 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 |
| 12 | 61 | 46 | 54 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 13 | 50 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 |
| 14 | 67 | 45 | 47 | 47 | 55 | 45 | 45 |
| 15 | 84 | 51 | 59 | 51 | 51 | 51 | 51 |

| PICKING ORDER NO. | RETURN | OPTIMAL | S-SHAPE | COMBINED | LARGEST GAP | AISLE-BY-AISLE | COMBINED+ |
|-------------------|--------|---------|---------|----------|-------------|----------------|-----------|
| 16 | 62 | 43 | 49 | 49 | 43 | 49 | 49 |
| 17 | 66 | 49 | 55 | 55 | 57 | 51 | 51 |
| 18 | 42 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| 19 | 75 | 58 | 60 | 58 | 82 | 58 | 58 |
| 20 | 47 | 37 | 43 | 41 | 37 | 41 | 41 |
| 21 | 69 | 49 | 59 | 59 | 60 | 49 | 50 |
| 22 | 88 | 54 | 60 | 56 | 54 | 56 | 56 |
| 23 | 72 | 50 | 54 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 24 | 46 | 43 | 43 | 43 | 43 | 43 | 43 |
| 25 | 61 | 47 | 47 | 47 | 47 | 54 | 47 |
| 26 | 77 | 48 | 48 | 48 | 48 | 61 | 48 |
| 27 | 49 | 31 | 31 | 31 | 31 | 34 | 31 |
| 28 | 94 | 62 | 68 | 68 | 71 | 68 | 68 |
| 29 | 139 | 65 | 71 | 65 | 67 | 68 | 65 |
| 30 | 61 | 50 | 58 | 54 | 54 | 50 | 50 |

Pembahasan

Dari hasil penelitian terhadap 30 *picking order* didapatkan bahwa metode *routing optimal* menunjukkan rute terpendek sebanyak 100%.

Tabel 2. Persentase jarak terpendek masing-masing rute

| Metode | % Jarak Terpendek |
|-----------------------|-------------------|
| Return | 0 |
| Optimal | 100 |
| S-shape | 30 |
| Combined | 50 |
| Largest Gap | 57 |
| Aisle-to-aisle | 53 |

Combined+

70

Perbandingan antara metode optimal dengan metode routing lainnya ditunjukkan dengan table berikut:

Tabel 3. Perbandingan hasil metode *optimal* dengan metode *routing* lainnya

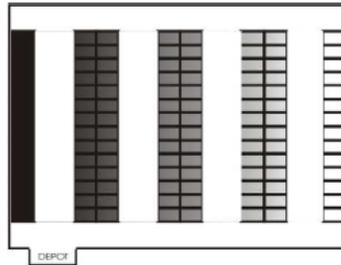
| PICKING ORDER NO. | RETURN | S-SHAPE | COMBINED | LARGEST GAP | AISLE-BY-AISLE | COMBINED+ |
|-------------------|--------|---------|----------|-------------|----------------|-----------|
| 1 | 35.44% | 16.39% | 10.53% | 28.17% | - | - |
| 2 | 26.67% | - | - | - | - | - |
| 3 | 28.07% | 22.64% | 12.77% | - | 12.77% | 12.77% |
| 4 | 30.99% | 3.92% | 3.92% | 3.92% | 12.50% | - |
| 5 | 25.68% | - | - | - | 11.29% | - |
| 6 | 28.40% | 3.33% | 3.33% | 12.12% | - | - |
| 7 | 34.78% | 15.09% | - | - | - | - |
| 8 | 40.91% | 16.13% | 16.13% | 10.34% | 16.13% | 16.13% |
| 9 | 20.55% | 6.45% | - | - | - | - |
| 10 | 6.52% | 31.75% | 4.44% | 33.85% | - | - |
| 11 | 43.01% | - | - | - | - | - |
| 12 | 24.59% | 14.81% | 8.00% | 8.00% | 8.00% | 8.00% |
| 13 | 4.00% | - | - | - | - | - |
| 14 | 32.84% | 4.26% | 4.26% | 18.18% | - | - |
| 15 | 39.29% | 13.56% | - | - | - | - |
| PICKING ORDER NO. | RETURN | S-SHAPE | COMBINED | LARGEST GAP | AISLE-BY-AISLE | COMBINED+ |
| 16 | 30.65% | 12.24% | 12.24% | - | 12.24% | 12.24% |
| 17 | 25.76% | 10.91% | 10.91% | 14.04% | 3.92% | 3.92% |
| 18 | 16.67% | - | - | - | - | - |
| 19 | 22.67% | 3.33% | - | 29.27% | - | - |
| 20 | 21.28% | 13.95% | 9.76% | - | 9.76% | 9.76% |
| 21 | 28.99% | 16.95% | 16.95% | 18.33% | - | 2.00% |
| 22 | 38.64% | 10.00% | 3.57% | - | 3.57% | 3.57% |
| 23 | 30.56% | 7.41% | - | - | - | - |
| 24 | 6.52% | - | - | - | - | - |
| 25 | 22.95% | - | - | - | 12.96% | - |
| 26 | 37.66% | - | - | - | 21.31% | - |
| 27 | 36.73% | - | - | - | 8.82% | - |
| 28 | 34.04% | 8.82% | 8.82% | 12.68% | 8.82% | 8.82% |
| 29 | 53.24% | 8.45% | - | 2.99% | 4.41% | - |
| 30 | 18.03% | 13.79% | 7.41% | 7.41% | - | - |

Persentase menunjukkan banyaknya penghematan yang diberikan metode optimal. Namun begitu metode ini memiliki kekeurangan yaitu polanya yang sulit untuk diingat. Hal ini dapat menyebabkan kesulitan bagi operator dalam prakteknya. Metode *routing* ini secara khas terlihat seperti perpaduan antara metode *S-shape* dan *largest gap*. Oleh sebab itu dapat digunakan metode alternatif lain yang memiliki jarak terpendek setelah metode *optimal*, dalam penelitian ini yaitu metode *combined+* yang merupakan penyempurnaan dari metode *combined / composite*.

Dalam hal praktis metode *combined+* juga tidak dapat diperhitungkan sebagai pengganti metode *optimal*, dikarenakan metode ini juga merupakan kombinasi antara metode *S-shape* dan *largest gap*. Dalam startegi *routing* ini, diharuskan untuk membuat keputusan setiap kali semua barang di lorong tersebut telah diambil. Pertanyaannya adalah apakah harus menuju ujung belakang lorong atau kembali ke depan lorong. Alternatif ini

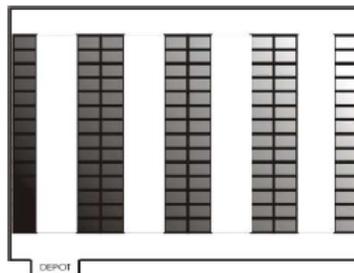
harus dibandingkan antara satu dengan yang lainnya setelah itu yang menghasilkan rute terpendeklah yang dipilih.

Metode dengan pola sederhana yang mudah diingat dan dimengerti adalah *S-shape*. Metode heuristik ini sangat sederhana untuk diterapkan di kebanyakan *warehouse* karena tidak memerlukan perhitungan dalam jumlah besar. Namun dalam penelitian ini, strategi ini hanya memberikan penghematan sebesar 30%. Atau lebih boros antara 3% sampai 32% dibandingkan dengan metode *optimal*. Untuk metode ini akan lebih optimal jika penyimpanan disusun berdasarkan volume, artinya barang yang lebih sering dikunjungi ditempatkan berdekatan dengan *depot*. Secara spesifik metode *S-shape* akan memberikan hasil yang optimal dengan pola *within aisle* seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut:

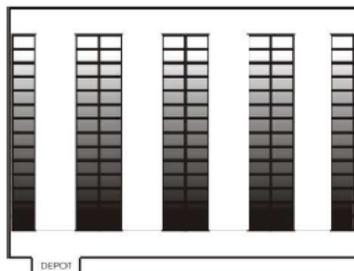


Gambar 4. Pola penyimpanan *Within Aisle*

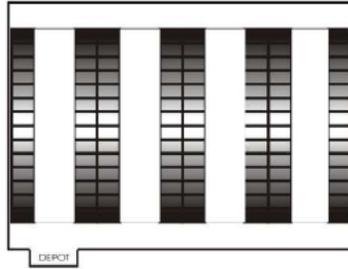
Warna yang lebih gelap menunjukkan barang yang lebih sering dikunjungi. Pola penyimpanan yang berbeda akan membantu secara optimal metode routing yang berbeda pula. Untuk metode *return* akan lebih baik dengan penyimpanan pola *within aisle* atau *along front aisle* apabila jumlah pengambilannya besar, dan pola *diagonal* jika jumlah pengambilannya kecil. Metode *largest gap* akan optimal dengan pola *within aisle*. Metode *combined* dengan jumlah pengambilan kecil optimal dengan pola *within aisle*, sedangkan jumlah pengambilan besar lebih optimal dengan pola *diagonal*. Sama halnya dengan metode *optimal*. Berikut ini gambar pola-pola penyimpanan yang ada (Stinna Kongsdal, 2012):



Gambar 5. Pola penyimpanan *Diagonal*



Gambar 6. Pola penyimpanan *Along Front Aisle*



Gambar 7. Pola penyimpanan *Along Front and Rear*

Dengan metode *return* memberikan jarak tempuh terjauh sebanyak 93%, yaitu pada 28 order picking dari 30 sample, maka metode ini sebaiknya tidak digunakan dalam order picking di *warehouse* PT. XYZ meskipun pola strategi ini sangat sederhana dan mudah dimengerti oleh *operator*.

Metode sederhana berikutnya yang memberikan persentase jarak terpendek lebih baik yaitu 57% adalah *largest gap*. Metode ini terutama apabila waktu tambahan untuk berganti lorong singkat dan jumlah pengambilannya dalam satu lorong rendah.

Dengan demikian solusi yang tepat untuk operasi *order picking* di *warehouse* PT. XYZ ini yaitu dengan memberikan pelatihan metode routing optimal kepada *operator*. Penggunaan *Interactive Warehouse* dapat dimanfaatkan untuk membantu pengambilan pada tahap awal *operator* menjalankan strategi ini, yaitu dengan mengikuti jalur yang ditunjukkan pada software, sementara *operator* membiasakan diri. Karena meskipun agak membingungkan di awal namun dalam jangka panjang akan memberikan keuntungan yang lebih besar.

Dalam mengingat metode optimal perlu diperhatikan bahwa *operator* masuk dari depot serta mengambil barang pertama kemudian terus menuju bagian belakang lorong hingga blok terakhir sambil mengambil order yang dilewati. Setelahnya menuju lorong paling terakhir sambil mengambil order pada lorong yang dilewati tanpa harus melalui seluruh lorong tersebut pada tiap-tiap lorongnya. Jika tidak ada order yang akan diambil, kembali keluar. Kemudian mengambil barang-barang yang terletak di bagian depan lorong dengan cara yang sama, dan menuju blok yang ada di depan dengan cara serupa.

Untuk optimalisasi dengan menggunakan picker lebih dari satu dapat dipertimbangkan, namun dapat mengakibatkan kemacetan. Sebagian besar referensi yang ada sejauh ini mengasumsikan bahwa lorong *warehouse* cukup sempit untuk dapat mengambil order dari kedua sisi lorong tanpa mengubah posisi. Dalam Goetschalckx dan Ratliff (1998b) algoritma waktu polynomial optimal telah dikembangkan untuk mengatasi masalah *routing order picker* di *warehouse* dengan lorong yang lebar. Masalah lainnya dalam *routing* dapat muncul jika produk disimpan di beberapa lokasi di *warehouse*. Dalam kasus ini pilihan harus dibuat untuk menentukan dari lokasi mana produk tersebut diambil. Model untuk simulasi masalah penempatan produk pada suatu lokasi dan rute *order picker* diberikan pada Daniels et al. (1998). Lebih lanjut diberikan heuristik untuk menyelesaikan masalah. Masalah *routing* lebih lanjut yaitu memungkinkan *order picker* untuk mengambil beberapa barang dalam satu kali pemberhentian. Ini apabila *order picker* melewati *warehouse* dengan kendaraan. Ia menghentikan kendaraan dan berjalan bolak-balik ke beberapa lokasi pengambilan untuk mengambil produknya. Kemudian melanjutkan kembali ke tempat pemberhentian selanjutnya, dan seterusnya. Perhitungan berdasarkan waktu mulai dan waktu berhenti dari kendaraan serta jarak berjalan *order picker*. Masalah dianalisis dan diselesaikan dengan optimal dalam Goetschalckx (1988a). Faktor –faktor ini dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

Summaries hasil penelitian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. *Summaries* penelitian

| No. | Routing Method | % Jarak Terpendek | Kelebihan | Kekurangan | Rekomendasi |
|-----|-----------------------|-------------------|--|---|---|
| 1. | Return | 0 | Sederhana, mudah diingat dan dimengerti | Terjadi pemborosan yang besar | Menggunakan metode penyimpanan <i>within aisle</i> |
| 2. | Optimal | 100 | Memberikan penghematan optimal | Pola lebih kompleks, sulit diingat dan dipahami | Memberikan pelatihan kepada operator untuk pelaksanaannya |
| 3. | S-shape | 30 | Sederhana, mudah diingat dan dimengerti | Terjadi pemborosan yang besar | Menggunakan metode penyimpanan <i>within aisle</i> |
| 4. | Combined | 50 | Merupakan pengembangan dari metode <i>S-shape</i> dan <i>Largest Gap</i> sehingga dapat meminimalisasi jarak dari kedua metode tersebut. | Diperlukan untuk mengambil keputusan saat proses pengambilan (apakah terus sampai belakang atau kembali ke bagian depan lorong) | Memberikan pelatihan kepada operator untuk pelaksanaannya |
| 5. | Largest Gap | 57 | Sederhana, mudah diingat dan dimengerti | Kurang optimal jika waktu tambahan pengambilan dan volume pengambilan per lorongnya tinggi | Menggunakan metode penyimpanan <i>within aisle</i> |
| 6. | Aisle-by-aisle | 53 | Sederhana, mudah diingat dan dimengerti | Terjadi pemborosan yang besar | Menggunakan metode penyimpanan <i>within aisle</i> |
| 7. | Combined+ | 70 | Memberikan penghematan | Pola lebih kompleks, sulit diingat dan dipahami | Memberikan pelatihan kepada operator untuk pelaksanaannya |

PENUTUP

Simpulan

Hasil penelitian di *warehouse* PT. XYZ menunjukkan bahwa metode optimal memberikan rute *picking order* terpendek dengan hasil 100% dari 30 order picking yang diambil

sebagai sample. Dengan demikian metode *routing* yang sesuai untuk diterapkan di PT. XYZ adalah metode *routing optimal*.

Penelitian dilakukan dengan *software* Interactive Warehouse di [roodbergen.com](http://www.roodbergen.com) dengan menggunakan beberapa metode *routing*; *return*, *optimal*, *S-shape*, *combined*, *largest gap*, *aisle-by-aisle*, *combined+*. Dari ketujuh metode, didapatkan metode yang terpendek adalah metode *optimal*. Metode *routing* bisa dibuat menjadi lebih efisien jika menggunakan *layout* / pola penyimpanan *within aisle*.

DAFTAR PUSTAKA

- De Koster, R., Le-Duc, Tho., dan Roodbergen, K.J, 2007. Design and Control of Warehouse Order Picking: A Literature Review, *European Journal of Operation Research*, 182(2): 481-501.
- Dallari, Fabrizio. et al. "Order Picking Systems? – How to choose the Right One?", Plitecnico di Milano.
- Kongsdal, Stinna. 2012. Warehouse Routing Heuristic.
- Bartholddi, J. J., dan Steven T. Hackman. Warehouse & Distribution Science. Tersedia online di: <http://www.tli.gatech.edu/whscience/book/wh-sci.pdf> (diakses pada 2015).
- Erasmus-Logistica warehouse design, <http://www.fbk.eur.nl/OZ/LOGISTICA> (diakses pada 2015).
- Website of Kees Jan Roodbergen, <http://www.roodbergen.com/> (diakses pada 2015).