



## Usulan metode heuristik untuk optimasi proses *order picking* gudang

Santoso\*, Rudy Wawolumaja, Wawan Yudiantyo, Kevin Hidayat, Jessica Oktaviani Rustandi

Program Studi Teknik Industri, Universitas Kristen Maranatha, Jl. Prof. drg. Surya Sumantri MPH No. 65, Bandung, 40164, Indonesia

### ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Jarak tempuh  
Metode heuristik  
*Order picking*  
Produktivitas

### ABSTRACT

*Picking order* adalah proses pengambilan barang untuk pemenuhan pesanan konsumen, dengan waktu yang cepat dan dapat memberikan kepuasan pelanggan yang tinggi. Proses ini merupakan aktivitas yang *most costly* diantara proses-proses yang dilakukan gudang saat ini. Proses ini adalah proses *labour intensive* dan sulit diotomatisasikan, rentan terhadap kesalahan dan memiliki dampak langsung pada layanan konsumen. Perusahaan menargetkan *order picking* sebagai area dimana peningkatan produktivitas dapat membuat perbedaan yang signifikan pada biaya keseluruhan. *Trade-off* dalam hal ini adalah antara kecepatan, biaya, dan akurasi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perbaikan pada proses *order picking* dan memberikan usulan metode heuristik yang dapat memperpendek jarak tempuh pengambilan pada proses *order picking*. Metode heuristik terbaik diperoleh dengan membandingkan beberapa metode heuristik, seperti *s-shape*, *aisle by aisle*, *largest gap*, dan combined dengan menggunakan aplikasi program *interactive warehouse*. Metode heuristik pada proses *order picking* tersebut diharapkan dapat membantu meningkatkan produktivitas pada sebuah gudang.

## 1. Pendahuluan

Proses dasar dalam *warehouse* adalah: *receiving*, *put-away*, *internal replenishment*, *order picking*, *accumulating* dan *sorting*, *packing*, *cross docking*, *dispatch* dan *shipping*. Penerimaan dan penyimpanan dapat dikategorikan sebagai proses *inbound*, sedangkan proses yang lain dapat dikategorikan sebagai proses *outbound* [1]. Selain proses ini, ada juga layanan memberi nilai tambah yang tidak wajib tetapi tergantung pada jenis *warehouse* dan berbagai layanan yang disediakan [2].

*Order picking* merupakan aktivitas yang paling tinggi biayanya dalam *warehousing* dan bisa mencapai 55% dari total biaya operasi *warehousing*, sehingga dianggap sebagai prioritas utama dalam peningkatan produktivitas [3]. *Order picking* juga penting dalam hal pengaruhnya terhadap *service level* dari order pelanggan. Hubungan ini sebagian besar ditentukan oleh efisiensi *order picking* dan akurasi. Efisiensi menunjukkan seberapa cepat pesanan dapat diambil dan seberapa cepat itu tersedia untuk pengiriman ke pelanggan [4]-[6].

Tantangan sebagai manajer *warehouse* dan logistik saat ini antara lain meningkatkan efisiensi dan produktivitas sekaligus mengurangi biaya dan mengurangi waktu tunggu dari pelanggan. Pengelolaan *warehouse* umumnya mengatur pelaksanaan lima kegiatan berikut: penerimaan (*receiving*), pengantaran barang untuk disimpan (*put-away*), penyimpanan (*storage*), pengambilan barang untuk dikeluarkan (*order picking*), dan pengiriman (*shipping*). Proses *order picking* adalah proses yang paling banyak menggunakan tenaga kerja dan biaya (*the most labour and cost-intensive process*) serta berdampak langsung pada pelayanan pelanggan. Proses *order picking* merupakan proses yang paling tinggi biayanya, bisa mencapai sampai 65% dari total biaya operasional *warehousing* [7], [8].

Dengan porsi yang sedemikian besarnya, maka jelas bahwa penanganan proses *order picking* di dalam *warehouse* akan

berpengaruh langsung terhadap efisiensi dan efektifitas operasional *warehousing* secara umum [9]-[11]. Oleh karena itu, beberapa penelitian telah mengembangkan beberapa algoritma untuk mencari solusi layak untuk menekan biaya *order picking*. Algoritma heuristik dikembangkan untuk meminimasi biaya pada sebuah gudang [12]. Beberapa metode metaheuristik digunakan untuk memecahkan masalah *order picking* dengan mempertimbangkan *multi-pickers* dan *wave picking warehouse* [13]. Algoritma *multi-objective evolutionary algoritma* dikembangkan pada permasalahan *order picking* yang memiliki tujuan meminimasi waktu dan kemacetan [14]. Selain mengembangkan metode pencarian solusi, penghematan biaya *order picking* juga dapat dilakukan melalui implementasi sistem informasi gudang [15], mengintegrasikan lokasi gudang dan *order picking* pada tahap perencanaan [16], dan mempertimbangkan faktor manusia dalam perencanaan [17].

Jarak tempuh dapat diestimasi dengan menggunakan strategi *routing*. Strategi *routing* mempunyai pengaruh langsung terhadap jarak dan waktu tempuh. Strategi *routing* yang baik bisa mengurangi waktu tempuh secara signifikan. Peningkatan produktivitas proses *order picking* dilakukan dengan pemilihan metode heuristik yang sesuai, yaitu memberikan waktu dan jarak terpendek. Strategi *routing* menyarankan rute untuk *picker* dan urutan pengambilan produk pada daftar pengambilan. Tujuan *routing* di *warehouse* adalah untuk menentukan jalan terpendek, jika ada beberapa kemungkinan [18]. Strategi *routing* yang paling dikenal adalah *s-shape*, *return*, *mid-point*, *largest gap*, *combined*, *optimal*, *aisle by aisle*, dan *composite* [19].

Banyak penelitian aplikatif mengenai *order picking* dengan metode *routing* heuristik yang dilakukan untuk melakukan perbaikan pada proses *picking* di sebuah *warehouse*. Penelitian ini dilakukan untuk memperbaiki proses *order picking* di *warehouse* pusat suku cadang, dengan menggunakan beberapa metode *routing* heuristik, seperti *s-shape*, *aisle by aisle*, *largest*

\* Corresponding author.

Email: [santoso@eng.maranatha.edu](mailto:santoso@eng.maranatha.edu)

Received: 4 Januari 2022; Revision: 25 Februari 2022;

Accepted: 3 Maret 2022; Available online: 7 Maret 2022

<http://dx.doi.org/10.36055/jiss.v7i2.13750>



gap, dan *combined* [20]. Penelitian berikutnya adalah mengestimasi jarak tempuh *order picking* manual di PT GMS dan strategi *routing* yang digunakan adalah *s-shape* atau *traversal strategy* dan *return strategy*, sedangkan metode penyimpanan yang digunakan adalah *random storage* [21]. Penelitian lain adalah meminimasi jarak tempuh *order picking* pada *warehouse* dengan karakteristik *two-cross aisle layout*. Metode yang dianalisa adalah metode *s-shaped*, *largest gap*, *return-to-home*, *middle point* dan *aisle-by-aisle* [22].

Penelitian berikut adalah membandingkan jarak atau waktu optimal pada proses *order picking* dengan metode *routing s-shape*, *return*, *optimal*, *largest gap*, *mid-point*, *composite (combined)* dan *combined+* di *warehouse* PT. XYZ [23]. Kebijakan lokasi penyimpanan yang digunakan pada *warehouse* dapat bervariasi dari *dedicated storage location policy*, *randomized policy*, *class-based dedicated storage location policy* atau *shared location policy* [24]. Penelitian ini dilakukan di PT. Puninar Anji NYK Logistik Indonesia selain sberfokus pada waktu dan jarak, penelitian ini juga berfokus pada bagaimana pengaruhnya kedua faktor tersebut terhadap biaya yang dikeluarkan untuk melakukan *order picking*. Metode *routing heuristics* yang digunakan adalah metode seperti, *s-shape*, *largest gap*, *combined*, dan *optimal* [25]. Selain pendekatan eksak, heuristik, dan metaheuristik, pendekatan simulasi juga digunakan untuk pencarian solusi masalah *order picking*. Penelitian-penelitian yang menggunakan pendekatan simulasi antara lain dilakukan [26]-[29].

Penelitian ini dilakukan pada sebuah *warehouse* dari PT. X, yaitu perusahaan yang bergerak sebagai distributor berbagai macam jenis lampu hemat energi (LED) berkualitas tinggi dengan sebuah merk dagang yang berpusat di kota Bandung. Jenis lampu LED yang ditawarkan antara lain lampu *bulb*, *downlight*, *highbay*, *led strip*, *spotlight*, lampu penerangan jalan umum (*streetlight*), *tube light*, *underground* dan lain-lain. Kebijakan lokasi penyimpanan yang digunakan adalah *dedicated storage location policy*. Kebijakan lokasi penyimpanan ini tentunya akan mempermudah pihak manajemen, jika ingin melakukan perbaikan tata letak atau lokasi produk pada *warehouse* dengan menyesuaikan metode *routing* heuristik yang terpilih nantinya. Saat ini pada *warehouse* tersebut, proses *order picking* masih dilakukan berdasarkan intuisi dari pekerja saja, yang berarti pekerja melakukan proses pengambilan barang di *warehouse* tanpa memiliki panduan *routing* untuk memilih rute pengambilan yang memiliki jarak pendek. Dengan dasar inilah maka dilakukan penelitian untuk mengetahui strategi *routing* yang terbaik untuk diterapkan agar mendapatkan jarak tempuh pengambilan yang terpendek. Analisa dilakukan terhadap jarak yang ditempuh pada saat melakukan proses *picking*, dengan beberapa metode *routing* heuristik, seperti (1) *s-shape*, (2) *aisle by aisle*, (3) *largest gap*, dan (4) *combined* dengan *interactive warehouse software* [30].

## 2. Metode

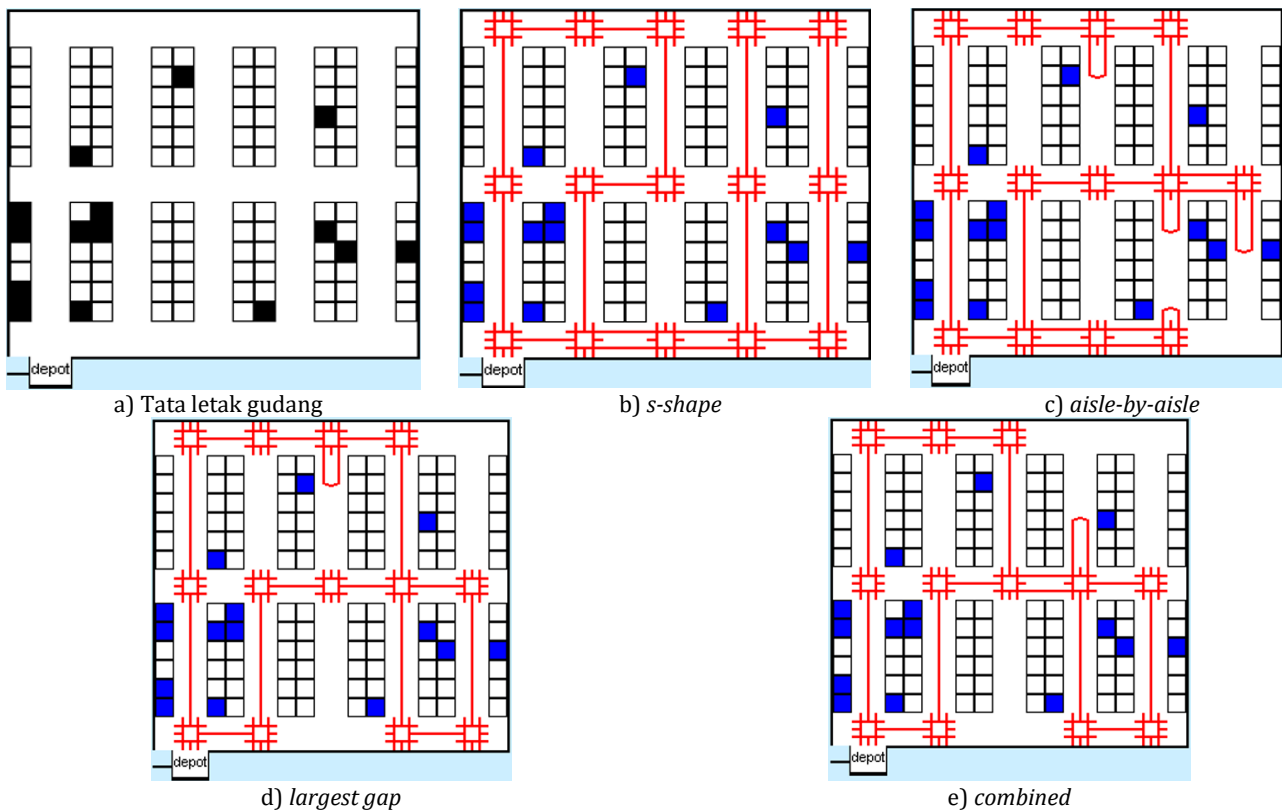
Dalam penelitian ini akan dilakukan 3 tahapan, yaitu tahapan pengumpulan data, tahapan pengolahan data dengan menggunakan *interactive warehouse software*, dan tahapan analisa perbandingan metode heuristik usulan dengan metode yang digunakan saat ini pada proses *order picking*. Tahapan yang dilakukan pertama kali adalah pengumpulan data, dimana data dikumpulkan berdasarkan wawancara dan juga data sekunder dari perusahaan. Data yang dikumpulkan adalah jenis produk yang disimpan di dalam *warehouse*, tata letak *warehouse* saat ini, data *order* yang diterima dan harus diselesaikan pada hari yang sama Pengamatan *order picking* yang dilakukan pada *warehouse* hanya dilakukan untuk 5 hari dan jumlah *order* yang diterima berturut-turut pada hari ke 1, 2, 3, 4, dan 5 adalah 25, 16, 15, 18, dan 18 *order*.

Tahapan kedua adalah pengolahan data yang diawali dengan membuat *layout* untuk *warehouse* saat ini dengan menggunakan *interactive warehouse software*. Semua pengolahan data juga akan dilakukan dengan menggunakan *software* tersebut. Pengolahan data berikutnya adalah perhitungan jarak yang ditempuh oleh pekerja dalam mengambil semua produk dari *order* yang diterima dengan cara intuitif yang dilakukan oleh pekerja selama ini dan juga perhitungan jarak yang ditempuh oleh pekerja apabila pengambilan produk dilakukan menggunakan 4 metode heuristik usulan yaitu metode *s-shape*, *aisle by aisle*, *largest gap*, dan *combined*. Keempat metode heuristik ini dipilih karena sudah cukup dikenal, mudah dipahami, menghasilkan solusi yang cukup baik, dan sudah tersedia di aplikasi program *interactive warehouse*. Metode heuristik pertama adalah metode *s-shape*, yang merupakan metode heuristik paling sederhana, dimana setiap *aisle* yang setidaknya terdapat satu lokasi pengambilan akan dilewati seluruhnya. *Aisle* yang tidak terdapat lokasi pengambilan maka tidak dimasuki. Setelah pengambilan pada lokasi yang terakhir *picker* akan kembali ke depot. Metode heuristik kedua adalah *aisle by aisle*, dimana rute *order picking* ini hanya akan melewati setiap *aisle* satu kali, dimulai dari depot. Untuk setiap *cross aisle*, jarak dari depot dihitung kemudian mengambil semua item pada *aisle* pengambilan pertama dan keluar dari *aisle* pengambilan tersebut melalui *cross aisle* yang sama. Selanjutnya mengambil semua item pada *aisle* pengambilan kedua dan keluar dari *aisle* pengambilan kedua melalui *cross aisle* berikutnya yang merupakan jarak terpendek apabila berpindah dari *aisle* pengambilan pertama ke pengambilan kedua melalui *cross aisle* yang sama sebelumnya. Proses ini terus berulang sampai semua *aisle* dilalui, dan *picker* kembali ke depot. Metode heuristik ketiga adalah *largest gap*, proses dimulai dari berjalan menuju blok terjauh dan berjalan terus ke blok per blok sampai pada bagian depan *warehouse*. Metode ini serupa dengan metode *midpoint*, hanya *picker* harus memasuki lorong sejauh jarak terbesar. Metode ini membagi lokasi pengambilan kedalam dua set. Set pertama merupakan set lokasi pengambilan yang diakses dari bagian belakang *cross aisle*, dan set kedua merupakan set lokasi pengambilan yang di akses dari bagian depan *cross aisle*. Metode heuristik terakhir adalah *combined* disebut juga komposit heuristik, semua *aisle* yang akan diambil seluruhnya dilalui atau dimasuki sampai selesai dan akan kembali pada ujung yang sama. Namun, untuk setiap *aisle* yang dikunjungi, pilihannya dibuat dengan menggunakan pemrograman dinamis, yaitu *interactive warehouse*.

Tahap ketiga adalah melakukan analisa perbandingan terhadap jarak yang ditempuh pekerja dengan metode yang digunakan saat ini dan keempat metode heuristik usulan. Metode saat ini adalah hanya dengan menggunakan intuisi dari pekerja tersebut dan belum memiliki pola atau panduan tertentu.

## 3. Hasil dan pembahasan

Tata letak gudang dan ilustrasi rute pengambilan sebuah *order* menggunakan keempat metode heuristik yang diusulkan dapat dilihat pada Gambar 1. Tabel 1 menunjukkan total jarak yang ditempuh oleh pekerja untuk menyelesaikan pengambilan seluruh *order* (dalam meter) dengan menggunakan metode saat ini dan juga keempat metode heuristik yang diusulkan. Total jarak tersebut adalah untuk menyelesaikan pengambilan *order* dalam 5 hari pengamatan. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa total jarak yang ditempuh pekerja untuk pengambilan *order* dengan metode pengambilan saat ini, yaitu dengan pendekatan intuisi pekerja adalah 1714,60 meter. Metode heuristik *combined* memberikan total jarak pengambilan terkecil yaitu adalah 1577,80 meter.



**Gambar 1.** Tata letak gudang beserta *order picking*: a) tata letak gudang, b) *s-shape*, c) *aisle-by-aisle*, d) *largest gap*, dan e) *combined*

**Tabel 1**

Total jarak pengambilan seluruh *order*

Metode	Total jarak pengambilan seluruh <i>order</i> (m)					Total jarak (m)
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	
Saat ini	438.40	325.20	241.60	326.60	382.80	1714.60
<i>S-shape</i>	417.20	294.20	248.60	340.00	355.80	1655.80
<i>Aisle-by-aisle</i>	408.00	273.60	243.60	320.60	336.60	1582.40
<i>Largest Gap</i>	485.80	353.80	272.00	415.40	439.20	1966.20
<i>Combined</i>	403.60	276.60	239.40	323.20	335.00	1577.80

**Tabel 2**

Jarak rata-rata pengambilan per *order*

Metode	Jarak rata-rata pengambilan per <i>order</i> (m)					Total jarak (m)
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	
Saat ini	17,54	20,33	16,11	18,14	21,27	18,68
<i>S-shape</i>	16,69	18,39	16,57	18,89	19,77	18,06
<i>Aisle-by-aisle</i>	16,32	17,10	16,24	17,81	18,70	17,23
<i>Largest Gap</i>	19,43	22,11	18,13	23,08	24,40	21,43
<i>Combined</i>	16,14	17,29	15,96	17,96	18,61	17,19

Hal ini berarti metode usulan dapat memberikan penghematan total jarak pengambilan keseluruhan *order* sebesar 7,98% terhadap metode pengambilan saat ini. Tabel 2 menunjukkan jarak rata-rata pengambilan yang dilakukan oleh pekerja per *order* dengan menggunakan metode saat ini dan juga keempat metode heuristik yang diusulkan. Total jarak rata-rata pengambilan per *order* tersebut adalah hasil rata-rata dari pengambilan *order* dalam 5 hari pengamatan. Dari keempat metode heuristik yang diusulkan, maka metode heuristik *combined* memberikan jarak rata-rata pengambilan per *order* yang terkecil yaitu adalah 17,19 meter. Hal ini berarti metode usulan dapat memberikan penghematan dari jarak rata-rata pengambilan per *order* sebesar 7,95% terhadap metode pengambilan saat ini.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini mengusulkan beberapa metode heuristik untuk memecahkan masalah *order picking* pada sebuah gudang perusahaan elektronika. Metode *combined* merupakan metode yang paling optimal dibandingkan dengan metode *s-shape*, *aisle by aisle*, dan *largest gap*. Metode heuristik *combined* disarankan kepada pihak manajemen *warehouse* untuk dapat dipertimbangkan sebagai metode *picking order*, di mana diharapkan dapat meminimasi jarak tempuh dari proses *picking order*.

Penelitian selanjutnya adalah perlu membahas keterkaitan antara metode *routing* pada proses *order picking* yang akan digunakan dengan perencanaan tata letak *warehouse*. Efisiensi dan produktivitas sebuah *warehouse* saat ini sangatlah

diperlukan dan akan menjadi kekuatan untuk meningkatkan daya saing sebuah perusahaan dan menunjang keberhasilan sebuah *supply chain*.

## References

- [1] J. Habazin, A. Glasnović, and I. Bajor, "Order Picking Process in Warehouse: Case Study of Dairy Industry in Croatia," *PROMET - Traffic & Transportation*, vol. 29, no. 1, pp. 57–65, 2017, doi: [10.7307/ptt.v29i1.2106](https://doi.org/10.7307/ptt.v29i1.2106).
- [2] G. Richards, *Warehouse Management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*, Third Edit. London, United Kingdom: Kogan Page Limited, 2018.
- [3] J. A. Tompkins, J. A. White, Y. A. Bozer, and J. M. A. Tanchoco, *Facilities Planning*. John Wiley & Sons, 2010.
- [4] R. de Koster, T. Le-Duc, and K. J. Roodbergen, "Design and control of warehouse order picking: A literature review," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 182, no. 2, pp. 481–501, 2007, doi: [10.1016/j.ejor.2006.07.009](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009).
- [5] T. van Gils, K. Ramaekers, A. Caris, and R. B. M. de Koster, "Designing efficient order picking systems by combining planning problems: State-of-the-art classification and review," *European Journal of Operational Research*, vol. 267, no. 1, pp. 1–15, May 2018, doi: [10.1016/j.ejor.2017.09.002](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.09.002).
- [6] M. Fächtenhans, E. H. Grosse, and C. H. Glock, "Smart lighting systems: state-of-the-art and potential applications in warehouse order picking," *International Journal of Production Research*, vol. 59, no. 12, pp. 3817–3839, Jun. 2021, doi: [10.1080/00207543.2021.1897177](https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1897177).
- [7] C. Theys, O. Bräysy, W. Dullaert, and B. Raa, "Using a TSP heuristic for routing order pickers in warehouses," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 200, no. 3, pp. 755–763, 2010, doi: [10.1016/j.ejor.2009.01.036](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.036).
- [8] E. H. Grosse, C. H. Glock, M. Y. Jaber, and W. P. Neumann, "Incorporating human factors in order picking planning models: framework and research opportunities," *International Journal of Production Research*, vol. 53, no. 3, pp. 695–717, Feb. 2015, doi: [10.1080/00207543.2014.919424](https://doi.org/10.1080/00207543.2014.919424).
- [9] J. Roh, P. Hong, and H. Min, "Implementation of a responsive supply chain strategy in global complexity: The case of manufacturing firms," *International Journal of Production Economics*, vol. 147, pp. 198–210, Jan. 2014, doi: [10.1016/j.ijpe.2013.04.013](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.04.013).
- [10] V. Giannikas, W. Lu, B. Robertson, and D. McFarlane, "An interventionist strategy for warehouse order picking: Evidence from two case studies," *International Journal of Production Economics*, vol. 189, pp. 63–76, Jul. 2017, doi: [10.1016/j.ijpe.2017.04.002](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.04.002).
- [11] E. Zunic, A. Besirevic, R. Skrobo, H. Hasic, K. Hodzic, and A. Djedovic, "Design of optimization system for warehouse order picking in real environment," in *2017 XXVI International Conference on Information, Communication and Automation Technologies (ICAT)*, 2017, pp. 1–6, doi: [10.1109/ICAT.2017.8171630](https://doi.org/10.1109/ICAT.2017.8171630).
- [12] W. Lu, D. McFarlane, V. Giannikas, and Q. Zhang, "An algorithm for dynamic order-picking in warehouse operations," *European Journal of Operational Research*, vol. 248, no. 1, pp. 107–122, Jan. 2016, doi: [10.1016/j.ejor.2015.06.074](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.06.074).
- [13] E. Ardjmand, H. Shakeri, M. Singh, and O. Sanei Bajgiran, "Minimizing order picking makespan with multiple pickers in a wave picking warehouse," *International Journal of Production Economics*, vol. 206, pp. 169–183, Dec. 2018, doi: [10.1016/j.ijpe.2018.10.001](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.10.001).
- [14] I. G. Lee, S. H. Chung, and S. W. Yoon, "Two-stage storage assignment to minimize travel time and congestion for warehouse order picking operations," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 139, p. 106129, Jan. 2020, doi: [10.1016/j.cie.2019.106129](https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106129).
- [15] J. Habazin, A. Glasnovic, and I. Bajor, "Order Picking Process in Warehouse: Case Study of Dairy Industry in Croatia," *Promet - Traffic&Transportation*, vol. 29, no. 1, pp. 57–65, Feb. 2017, doi: [10.7307/ptt.v29i1.2106](https://doi.org/10.7307/ptt.v29i1.2106).
- [16] A. Silva, L. C. Coelho, M. Darvish, and J. Renaud, "Integrating storage location and order picking problems in warehouse planning," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 140, p. 102003, Aug. 2020, doi: [10.1016/j.tre.2020.102003](https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102003).
- [17] R. M. Elbert, T. Franzke, C. H. Glock, and E. H. Grosse, "The effects of human behavior on the efficiency of routing policies in order picking: The case of route deviations," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 111, pp. 537–551, Sep. 2017, doi: [10.1016/j.cie.2016.11.033](https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.11.033).
- [18] Y. Jaghbeer, R. Hanson, and M. I. Johansson, "Automated order picking systems and the links between design and performance: a systematic literature review," *International Journal of Production Research*, vol. 58, no. 15, pp. 4489–4505, Aug. 2020, doi: [10.1080/00207543.2020.1788734](https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1788734).
- [19] K. J. Roodbergen and R. De Koster, "Routing methods for warehouses with multiple cross aisles," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 39, no. 9, pp. 1865–1883, 2001, doi: [10.1080/00207540110028128](https://doi.org/10.1080/00207540110028128).
- [20] M. Mukhlisin and L. H. Kusumah, "Perbaikan produktivitas picking order dengan metode routing heuristic di gudang pusat suku cadang otomotif," *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, vol. 10, no. 2, pp. 164–174, Sep. 2018.
- [21] A. Chandra, "Estimasi jarak tempuh order picking manual dengan metode analitik di PT GMS," *J. Tek. Ind.*, vol. 15, no. 2, p. 154, 2016, doi: [10.22219/jtiumm.vol15.no2.154-160](https://doi.org/10.22219/jtiumm.vol15.no2.154-160).
- [22] E. K. A. Pakpahan, R. Silitonga, and A. P. Utomo, "Minimasi jarak tempuh order picking pada gudang dengan karakteristik two-cross aisle layout," *Journal of Integrated System*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, Jun. 2020, doi: [10.28932/jis.v3i1.2159](https://doi.org/10.28932/jis.v3i1.2159).
- [23] E. Ardjmand, H. Shakeri, M. Singh, and O. Sanei Bajgiran, "Minimizing order picking makespan with multiple pickers in a wave picking warehouse," *International Journal of Production Economics*, vol. 206, pp. 169–183, Dec. 2018, doi: [10.1016/j.ijpe.2018.10.001](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.10.001).
- [24] S. Santoso and R. M. Heryanto, *Perancangan Tata Letak Fasilitas*. Bandung: Alfabeta, 2020.
- [25] J. A. Cano, A. A. Correa-Espinal, and R. A. Gómez-Montoya, "Mathematical programming modeling for joint order batching, sequencing and picker routing problems in manual order picking systems," *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, vol. 32, no. 3, pp. 219–228, Mar. 2020, doi: [10.1016/j.jksues.2019.02.004](https://doi.org/10.1016/j.jksues.2019.02.004).
- [26] Y. A. Bozer and F. J. Aldarondo, "A simulation-based comparison of two goods-to-person order picking systems in an online retail setting," *International Journal of Production Research*, vol. 56, no. 11, pp. 3838–3858, Jun. 2018, doi: [10.1080/00207543.2018.1424364](https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1424364).
- [27] K. Dmytrów, "Comparison of several linear ordering methods for selection of locations in order-picking by means of the simulation methods," *Acta Universitatis Lodzianis. Folia Oeconomica*, vol. 5, no. 338, pp. 81–96, 2018.
- [28] A. Burinskiene, V. Davidaviciene, J. Raudeliuniene, and I. Meidute-Kavaliauskiene, "Simulation and order picking in a very-narrow-aisle warehouse," *Economic Research-Ekonomika Istraživanja*, vol. 31, no. 1, pp. 1574–1589, Jan. 2018, doi: [10.1080/1331677X.2018.1505532](https://doi.org/10.1080/1331677X.2018.1505532).
- [29] M. Kostrzewski, "Application of simulation method in analysis of order-picking processes in a high-rack warehouse," *Research in Logistics & Production*, vol. 6, no. 4, pp. 309–319, 2016, doi: [10.21008/j.2083-4950.2016.6.4.3](https://doi.org/10.21008/j.2083-4950.2016.6.4.3).
- [30] K. J. Roodbergen, G. P. Sharp, and I. F. A. Vis, "Designing the layout structure of manual order picking areas in warehouses," *IIE Trans. (Institute Ind. Eng.)*, vol. 40, no. 11, pp. 1032–1045, 2008, doi: [10.1080/07408170802167639](https://doi.org/10.1080/07408170802167639).