Reslaj: Religion Education Social Laa Roiba Journal

Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400

Pengaruh *Warehouse Design*, *Warehouse Technology*, *Human Competency*, dan *Warehouse Operation* Terhadap *Warehouse Performance* Melalui *Order Picking Efficiency*

Arina Alfadhiya Prastita Sa'adah[1], Maniah[2], Melia Eka Lestiani[3]
[1,2,3]Universitas Logistik Dan Bisnis Internasional
rinalfadhiya@gmail.com[1], maniah@ulbi.ac.id[2], meliaeka@ulbi.ac.id[3]

ABSTRACT

Order picking is a critical warehouse activity because it requires substantial labor time and operational resources. This study examines the effects of warehouse design, warehouse technology, warehouse operation, and human competency on order picking efficiency and investigates the mediating role of order picking efficiency in relation to warehouse performance at PT Multi Terminal Indonesia. A quantitative explanatory survey was conducted among employees involved in warehouse operations at the Unilever and Lubricant warehouses. From a population of 123 employees, the Slovin formula with a 5% margin of error indicated a minimum sample of 95 respondents; 102 valid questionnaires were subsequently analyzed using Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) with SmartPLS. The results show that warehouse design (β = 0.300), warehouse technology (β = 0.248), warehouse operation (β = 0.718), and human competency (β = 0.230) have positive and significant effects on order picking efficiency. Order picking efficiency also has a positive and significant effect on warehouse performance (β = 0.647). All four indirect effects through order picking efficiency are significant. Warehouse operation has the strongest direct effect on order picking efficiency and the largest indirect effect on warehouse performance. The findings suggest that warehouse performance improvement should prioritize standardized and integrated operational processes, supported by appropriate layout design, technology, and workforce competency.

Kata kunci : *Warehouse Design, Warehouse Technology, Warehouse Operation, Human Competency, Order Picking Efficiency, Warehouse Performance, SEM-PLS.*

ABSTRAK

Order picking merupakan aktivitas penting dalam pergudangan karena membutuhkan waktu kerja dan sumber daya operasional yang relatif besar. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh warehouse design, warehouse technology, warehouse operation, dan human competency terhadap order picking efficiency serta menguji peran mediasi order picking efficiency terhadap warehouse performance pada PT Multi Terminal Indonesia. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksplanatori melalui survei terhadap karyawan yang terlibat dalam operasional Gudang Unilever dan Gudang Pelumas. Dari populasi 123 karyawan, perhitungan rumus Slovin dengan tingkat kesalahan 5% menghasilkan sampel minimum 95 responden. Sebanyak 102 kuesioner yang memenuhi kriteria dianalisis menggunakan Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) dengan bantuan SmartPLS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa warehouse design (β = 0,300), warehouse technology (β = 0,248), warehouse operation (β = 0,718), dan human competency (β = 0,230) berpengaruh positif dan signifikan terhadap order picking efficiency. Order picking efficiency juga berpengaruh positif dan signifikan terhadap warehouse performance (β = 0,647). Keempat pengaruh tidak langsung melalui order picking efficiency terbukti signifikan. Warehouse operation merupakan faktor dengan pengaruh langsung dan tidak langsung paling kuat. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan

Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400

kinerja gudang perlu memprioritaskan standardisasi dan integrasi proses operasional, disertai perbaikan desain, pemanfaatan teknologi, serta pengembangan kompetensi pekerja.

Kata kunci : Warehouse Design, Warehouse Technology, Warehouse Operation, Human Competency, Order Picking Efficiency, Warehouse Performance, SEM-PLS.

PENDAHULUAN

Pengelolaan rantai pasok menuntut perusahaan untuk memastikan aliran barang, informasi, dan sumber daya berlangsung secara terkoordinasi dari pemasok hingga pelanggan. Dalam sistem tersebut, gudang tidak hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan, tetapi juga sebagai simpul yang menghubungkan aktivitas penerimaan, penyimpanan, pemenuhan pesanan, dan distribusi. Kualitas pengelolaan gudang karena itu berhubungan dengan kelancaran rantai pasok dan kemampuan perusahaan memenuhi kebutuhan pelanggan secara tepat waktu dan akurat (Mentzer et al., 2001; Gu et al., 2007, 2010; Faber et al., 2013).

Salah satu aktivitas yang berpengaruh terhadap kinerja gudang adalah order picking, yaitu proses mengambil produk dari lokasi penyimpanan untuk memenuhi pesanan tertentu. Aktivitas ini memerlukan koordinasi antara tata letak, lokasi penyimpanan, alur kerja, teknologi pendukung, dan tenaga kerja. Keputusan mengenai rute pengambilan, pengelompokan pesanan, serta penempatan barang dapat memengaruhi jarak tempuh, waktu penyelesaian, dan produktivitas picker (de Koster et al., 2007; Lu et al., 2016; Schiffer et al., 2022; Zhou et al., 2022; Suppini et al., 2024).

Efisiensi order picking dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor internal. Warehouse design berkaitan dengan tata letak, penempatan penyimpanan, dan pengalokasian SKU yang menentukan kemudahan akses serta jarak perjalanan picker. Penelitian mengenai desain gudang menunjukkan bahwa integrasi keputusan layout, storage assignment, dan routing penting untuk mencapai efisiensi operasional (Yang et al., 2022; Ardiansyah et al., 2024; da Silva et al., 2024; Moghadam et al., 2025; Sumesh et al., 2025; Rahmani Mokarrari et al., 2025). Warehouse technology, seperti warehouse management system (WMS), barcode/RFID, dan perangkat digital, dapat membantu menyediakan informasi lokasi, memverifikasi barang, serta mengarahkan proses pengambilan secara lebih akurat (Chondromatidis et al., 2024; Rahman et al., 2024; Grosse, 2024; Udom Phunlarp et al., 2025; Sojipun et al., 2025).

Selain desain dan teknologi, warehouse operation berperan dalam menjaga keterhubungan proses receiving, storage, inventory control, dan outbound. Ketidaktepatan pencatatan penerimaan atau lokasi penyimpanan dapat menimbulkan ketidaksesuaian stok dan menghambat proses picking. Kajian indikator produktivitas gudang dan studi mengenai kesalahan pemenuhan pesanan memperlihatkan pentingnya pengendalian proses yang terintegrasi (Abdul Rahman et al., 2023; Helm et al., 2024; Salhieh & Alswaer, 2022). Faktor manusia juga perlu diperhatikan karena pengalaman, pelatihan, kepatuhan terhadap prosedur, serta kesesuaian lingkungan kerja dapat memengaruhi kemampuan pekerja

Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400

menyelesaikan picking secara tepat dan produktif (Wu et al., 2023; Zhang et al., 2023; Pasparakis et al., 2023; De Lombaert et al., 2024; Loske et al., 2025; Prasadika et al., 2026).

Berbagai penelitian terdahulu telah membahas aspek desain, teknologi, operasi, maupun faktor pekerja dalam aktivitas pergudangan. Namun, pembahasan tersebut masih banyak dilakukan melalui fokus yang berbeda-beda, misalnya optimasi layout dan routing, evaluasi teknologi picking, atau pengaruh faktor pekerja terhadap performa picker (Al-Shboul, 2023; Masae et al., 2024; Chondromatidis et al., 2024; Garg et al., 2025; Koreis et al., 2025). Penelitian yang mengintegrasikan warehouse design, warehouse technology, warehouse operation, dan human competency dalam satu model serta menguji order picking efficiency sebagai mekanisme mediasi terhadap warehouse performance masih perlu diperkuat, khususnya pada konteks perusahaan third-party logistics (3PL) di Indonesia.

Penelitian ini mengisi ruang tersebut dengan menguji model integratif pada dua gudang yang dikelola PT Multi Terminal Indonesia, yaitu Gudang Unilever dan Gudang Pelumas. Model menguji pengaruh empat faktor internal pergudangan terhadap order picking efficiency, pengaruh order picking efficiency terhadap warehouse performance, serta empat jalur pengaruh tidak langsung melalui variabel mediasi tersebut. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan memberikan bukti empiris mengenai faktor yang paling kuat berkaitan dengan efisiensi picking dan mekanisme kontribusinya terhadap kinerja gudang.

KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS

Warehouse design dipandang sebagai pengaturan fisik dan penempatan produk yang mempermudah akses picker serta mengurangi perpindahan yang tidak diperlukan. Penelitian mengenai warehouse layout, storage assignment, dan picking routing menunjukkan bahwa keputusan desain dapat memengaruhi waktu dan jarak pengambilan barang (Hsieh & Tsai, 2006; Yang, 2022; Zhou et al., 2022; da Silva et al., 2024). Oleh karena itu, penelitian ini mengajukan hipotesis:

H1: Warehouse Design berpengaruh positif dan signifikan terhadap Order Picking Efficiency.

Warehouse technology membantu pekerja memperoleh informasi lokasi dan persediaan, mengidentifikasi produk, serta mengikuti instruksi picking. Pemanfaatan teknologi picking dan sistem informasi gudang berkaitan dengan waktu penyelesaian, akurasi, dan beban kerja (Kudelska & Niedbał, 2020; Chondromatidis et al., 2024; Rahman et al., 2024; Udom Phunlarp et al., 2025). Hipotesis yang diajukan adalah:

H2: Warehouse Technology berpengaruh positif dan signifikan terhadap Order Picking Efficiency.

Warehouse operation mencakup penerimaan, penyimpanan, pengendalian persediaan, dan pengeluaran barang. Keempat proses tersebut saling berkaitan; ketidaktepatan pada salah satu tahap dapat menghambat tahap berikutnya, termasuk

Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400

proses pengambilan barang (Gu et al., 2007; Faber et al., 2013; Abdul Rahman et al., 2023). Hipotesis yang diajukan adalah:

H3: Warehouse Operation berpengaruh positif dan signifikan terhadap Order Picking Efficiency.

Human competency mencakup kemampuan yang terbentuk melalui pengalaman, pelatihan, kepatuhan terhadap SOP, dan dukungan ergonomi. Studi tentang picker performance dan sistem picking yang berorientasi pada manusia menunjukkan bahwa karakteristik serta kesiapan pekerja berkaitan dengan kinerja pengambilan barang (Prasadika et al., 2022, 2026; Wu et al., 2023; Loske et al., 2025). Hipotesis yang diajukan adalah:

H4: Human Competency berpengaruh positif dan signifikan terhadap Order Picking Efficiency.

Order picking efficiency menggambarkan kemampuan proses pengambilan barang dalam memenuhi pesanan dengan memperhatikan waktu, akurasi, jarak tempuh, dan produktivitas. Efisiensi proses ini berhubungan dengan kemampuan gudang menyelesaikan pesanan serta mempertahankan kualitas layanan (Chen et al., 2017; Masae et al., 2024; Al-Shboul, 2023). Hipotesis yang diajukan adalah:

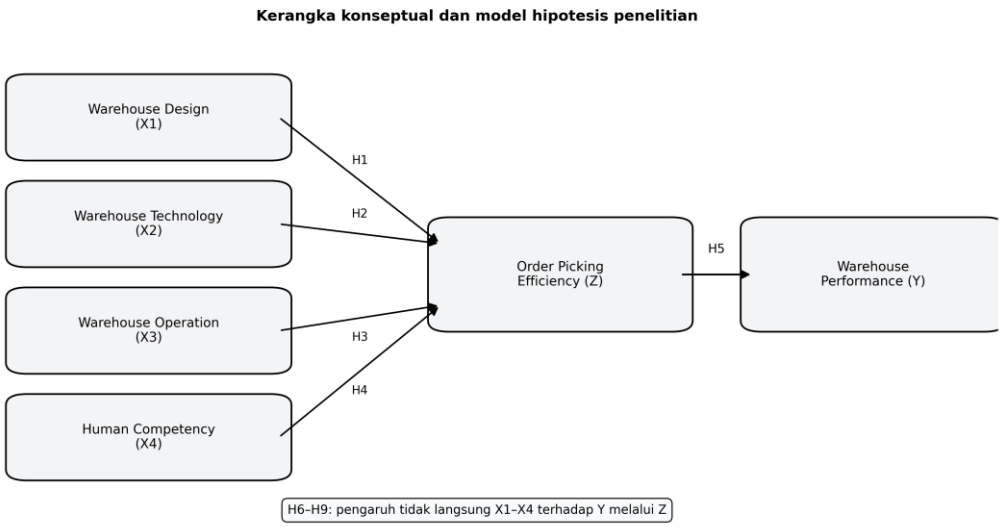
H5: Order Picking Efficiency berpengaruh positif dan signifikan terhadap Warehouse Performance.

Berdasarkan hubungan tersebut, order picking efficiency juga diposisikan sebagai mekanisme yang menyalurkan pengaruh warehouse design, warehouse technology, warehouse operation, dan human competency terhadap warehouse performance. Pengujian mediasi dilakukan untuk mengetahui apakah perubahan pada faktor-faktor internal tersebut berkaitan dengan kinerja gudang melalui efisiensi picking. Hipotesis mediasi dirumuskan sebagai berikut:

H6: Order Picking Efficiency memediasi pengaruh Warehouse Design terhadap Warehouse Performance.
H7: Order Picking Efficiency memediasi pengaruh Warehouse Technology terhadap Warehouse Performance.
H8: Order Picking Efficiency memediasi pengaruh Warehouse Operation terhadap Warehouse Performance.
H9: Order Picking Efficiency memediasi pengaruh Human Competency terhadap Warehouse Performance.

Gambar 1. Kerangka Konseptual dan Model Hipotesis

Reslaj: Religion Education Social Laa Roiba Journal
Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400



METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksplanatori. Pendekatan tersebut digunakan untuk menguji hubungan antarvariabel berdasarkan data numerik yang diperoleh melalui survei. Objek penelitian adalah aktivitas pergudangan PT Multi Terminal Indonesia, dengan cakupan lokasi pada Gudang Unilever dan Gudang Pelumas. Data fenomena operasional yang menjadi konteks penelitian mencakup periode Januari–Mei 2026, sedangkan pengumpulan data primer melalui kuesioner dilakukan pada tahun 2026.

Populasi penelitian adalah 123 karyawan yang terlibat dalam kegiatan operasional gudang PT Multi Terminal Indonesia. Populasi tersebut terdiri atas 45 karyawan Gudang Unilever dan 78 karyawan Gudang Pelumas. Responden mencakup koordinator operasional, admin inbound dan outbound, warehouseman (checker), operator forklift, serta staf pendukung yang terlibat dalam proses operasional gudang.

Jumlah sampel minimum ditentukan menggunakan rumus Slovin dengan tingkat kesalahan 5%, sebagai berikut:

$$n = N / [1 + N(e)^2]$$

$$n = 123 / [1 + 123(0{,}05)^2] = 94{,}07 \approx 95 \text{ responden}$$

Keterangan: n adalah jumlah sampel, N adalah jumlah populasi, dan e adalah tingkat kesalahan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jumlah sampel minimum adalah 95 responden. Penelitian menggunakan teknik non-probability sampling dengan pendekatan convenience sampling. Dari populasi yang memenuhi kriteria, diperoleh 102 kuesioner yang lengkap dan dapat dianalisis. Jumlah tersebut telah melampaui kebutuhan sampel minimum.

Data primer dikumpulkan melalui kuesioner kepada karyawan yang terlibat dalam aktivitas operasional gudang. Kuesioner disusun berdasarkan indikator masing-masing variabel dan menggunakan skala Likert lima tingkat, yaitu 1 = sangat

Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400

tidak setuju, 2 = tidak setuju, 3 = netral, 4 = setuju, dan 5 = sangat setuju. Observasi pada Gudang Unilever dan Gudang Pelumas serta wawancara informal dengan koordinator operasional digunakan sebagai informasi pendukung untuk memahami kondisi operasional.

Penelitian mengukur enam konstruk, yaitu empat variabel independen, satu variabel mediasi, dan satu variabel dependen. Konstruk diukur melalui 49 indikator yang dikelompokkan ke dalam dimensi sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Operasionalisasi Variabel dan Indikator Penelitian

Variabel	Dimensi dan indikator	Acuan literatur
Warehouse Design (X1)	Warehouse layout: akses lokasi produk, lebar lorong, alur receiving–storage–outbound, dan kedekatan area penyimpanan dengan packing. Storage assignment: penempatan berdasarkan frekuensi permintaan, karakteristik, ukuran/berat produk, serta kedekatan produk yang sering dipesan bersama. SKU allocation: pengkodean lokasi dan pengelompokan SKU.	Hsieh & Tsai (2006); de Koster et al. (2007); Yang et al. (2022); Bashatah & Elnaggar (2025)
Warehouse Technology (X2)	Warehouse Management System (WMS): informasi lokasi, stok, dan picking list. Barcode/RFID: identifikasi dan verifikasi produk. Teknologi digital: perangkat/sistem digital untuk mendukung proses picking, pengaturan urutan pengambilan, dan pemantauan status pesanan.	Abdul Rahman et al. (2023); Chondromatidis et al. (2024); Rahman et al. (2024); Udom Phunlarp et al. (2025)
Warehouse Operation (X3)	Receiving process: verifikasi jumlah dan kondisi barang serta pemindahan ke lokasi penyimpanan. Storage operation: keteraturan penempatan dan pencatatan lokasi. Inventory control: pemeriksaan stok dan kesesuaian data fisik-sistem. Outbound operation: ketepatan pengeluaran barang dan koordinasi antarbagian.	Gu et al. (2007); Faber et al. (2013); Hackman et al. (2001); Abdul Rahman et al. (2023)
Human Competency (X4)	Experience: pemahaman dan kemampuan pekerja menjalankan picking. Training: kecukupan pelatihan. SOP compliance: kepatuhan pada prosedur picking dan keselamatan. Ergonomics: kesesuaian peralatan serta lingkungan kerja untuk mendukung kenyamanan dan produktivitas.	Wu et al. (2023); Zhang et al. (2023); Pasparakis et al. (2023); Loske et al. (2025)
Order Picking Efficiency (Z)	Picking time: kemampuan menyelesaikan picking sesuai target waktu. Picking accuracy: ketepatan jenis dan jumlah barang. Travel distance: efisiensi jarak perjalanan. Productivity: jumlah pesanan yang diselesaikan dalam periode kerja.	de Koster et al. (2007); Al-Shboul (2023); Masae et al. (2024); Suppini et al. (2024)
Warehouse Performance (Y)	Order fulfillment: pemenuhan pesanan tepat waktu dan sesuai jumlah. Customer satisfaction: kepuasan pelanggan dan rendahnya keluhan. Operational performance: pencapaian target serta efisiensi operasi. Inventory accuracy: kesesuaian data stok dengan kondisi fisik.	Chen et al. (2017); Khan et al. (2016); Salhieh & Alswaer (2022)

Catatan: pengelompokan indikator pada tabel merupakan ringkasan operasionalisasi variabel yang digunakan dalam instrumen penelitian. Setiap indikator diukur menggunakan skala Likert lima tingkat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Model Pengukuran (Outer Model)

Hasil evaluasi outer model menunjukkan bahwa 49 indikator pada enam konstruk memiliki nilai outer loading antara 0,654 dan 0,925. Sebagian besar indikator memiliki loading di atas 0,70. Dua indikator pada konstruk Warehouse Performance, yaitu WP4 (0,654) dan WP8 (0,657), berada di bawah 0,70 tetapi tetap dipertahankan karena nilainya di atas 0,60 serta konstruk Warehouse Performance memenuhi kriteria AVE dan reliabilitas. Ringkasan hasil pengujian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Ringkasan Validitas Konvergen dan Reliabilitas

Konstruk	Rentang outer loading	AVE	Composite reliability	Cronbach's alpha
Warehouse Design	0,790–0,925	0,711	0,957	0,949
Warehouse Technology	0,763–0,887	0,682	0,945	0,934

Reslaj: Religion Education Social Laa Roiba Journal

Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400

Konstruk	Rentang outer loading	AVE	Composite reliability	Cronbach's alpha
Human Competency	0,737–0,883	0,678	0,944	0,935
Warehouse Operation	0,818–0,918	0,756	0,961	0,954
Order Picking Efficiency	0,700–0,851	0,608	0,925	0,907
Warehouse Performance	0,654–0,801	0,544	0,905	0,880

Seluruh nilai AVE berada di atas 0,50, dengan rentang 0,544–0,756. Nilai Composite Reliability berada pada rentang 0,905–0,961 dan Cronbach's Alpha sebesar 0,880–0,954. Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh konstruk memenuhi kriteria validitas konvergen dan reliabilitas. Validitas diskriminan juga terpenuhi: nilai akar kuadrat AVE pada kriteria Fornell–Larcker lebih besar daripada korelasi antarkonstruk, seluruh nilai HTMT berada di bawah 0,90 dengan nilai tertinggi 0,707, dan setiap indikator memiliki loading tertinggi pada konstruk yang diukurnya.

Evaluasi Model Struktural (Inner Model)

Pengujian kolinearitas menunjukkan bahwa nilai VIF pada prediktor Order Picking Efficiency adalah 1,009 untuk Warehouse Design, 1,017 untuk Warehouse Technology, 1,024 untuk Warehouse Operation, dan 1,003 untuk Human Competency. Nilai VIF Order Picking Efficiency dalam menjelaskan Warehouse Performance adalah 1,000. Seluruh nilai berada di bawah batas 5,00 sehingga tidak ditemukan indikasi kolinearitas yang mengganggu model.

Tabel 3. Koefisien Determinasi dan Ukuran Efek

Hubungan	f^2
Warehouse Design → Order Picking Efficiency	0,246
Warehouse Technology → Order Picking Efficiency	0,167
Warehouse Operation → Order Picking Efficiency	1,390
Human Competency → Order Picking Efficiency	0,146
Order Picking Efficiency → Warehouse Performance	0,720

Nilai R^2 Order Picking Efficiency sebesar 0,637 (adjusted R^2 = 0,623), yang berarti 63,7% variasi efisiensi order picking dapat dijelaskan secara bersama-sama oleh Warehouse Design, Warehouse Technology, Warehouse Operation, dan Human Competency. Nilai R^2 Warehouse Performance sebesar 0,419 (adjusted R^2 = 0,413), yang menunjukkan bahwa 41,9% variasi kinerja gudang dapat dijelaskan oleh Order Picking Efficiency. Sisanya berkaitan dengan faktor lain di luar model penelitian.

Berdasarkan ukuran efek, Warehouse Operation memiliki pengaruh paling besar terhadap Order Picking Efficiency (f^2 = 1,390), diikuti Warehouse Design (0,246), Warehouse Technology (0,167), dan Human Competency (0,146). Pengaruh Order Picking Efficiency terhadap Warehouse Performance juga menunjukkan ukuran efek besar (f^2 = 0,720). Hasil ini mengindikasikan bahwa proses operasional merupakan faktor yang paling kuat dalam model untuk menjelaskan variasi efisiensi picking.

Pengujian Hipotesis dan Model Struktural

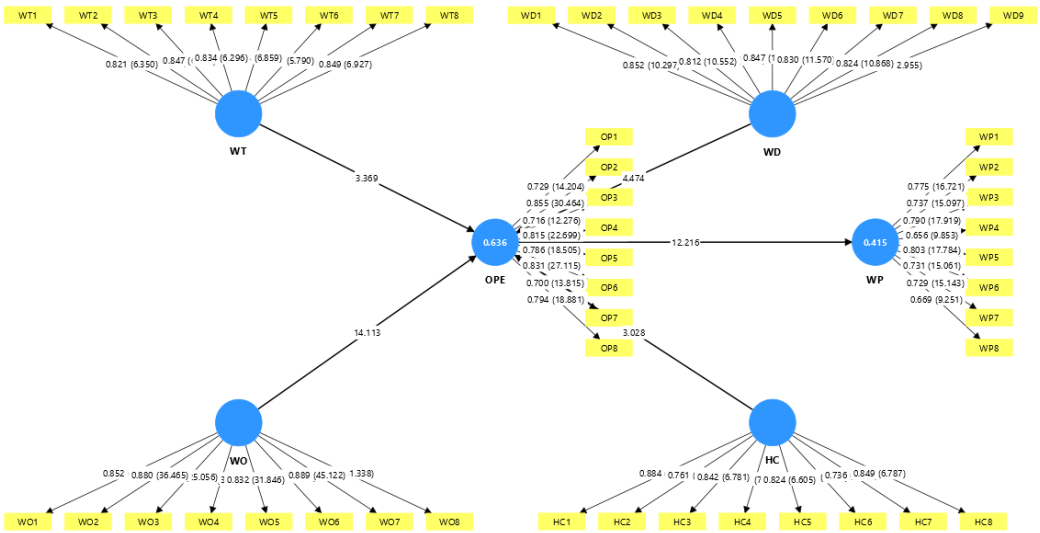
Hasil bootstrapping menunjukkan bahwa seluruh hubungan langsung yang diuji memiliki koefisien positif dan signifikan. Model struktural beserta koefisien jalur dan

Reslaj: Religion Education Social Laa Roiba Journal

Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400

nilai R^2 ditampilkan pada Gambar 2, sedangkan hasil pengujian hubungan langsung dirangkum pada Tabel 5.

Gambar 2. Model Struktural Berdasarkan Hasil SEM-PLS



Tabel 4. Hasil Pengujian Pengaruh Langsung

Hipotesis	Jalur	β	t-statistic	p-value	Keputusan
H1	Warehouse Design → Order Picking Efficiency	0,300	4,474	<0,001	Didukung
H2	Warehouse Technology → Order Picking Efficiency	0,248	3,369	<0,001	Didukung
H3	Warehouse Operation → Order Picking Efficiency	0,718	14,113	<0,001	Didukung
H4	Human Competency → Order Picking Efficiency	0,230	3,028	0,002	Didukung
H5	Order Picking Efficiency → Warehouse Performance	0,647	12,216	<0,001	Didukung

Tabel 5 memperlihatkan bahwa Warehouse Operation memiliki koefisien jalur terbesar terhadap Order Picking Efficiency (β = 0,718; t = 14,113; p < 0,001). Selanjutnya, Warehouse Design memiliki koefisien sebesar 0,300, Warehouse Technology sebesar 0,248, dan Human Competency sebesar 0,230. Order Picking Efficiency berpengaruh positif terhadap Warehouse Performance dengan koefisien sebesar 0,647. Dengan demikian, H1 sampai H5 memperoleh dukungan empiris.

Pengujian specific indirect effect menunjukkan bahwa keempat jalur mediasi melalui Order Picking Efficiency signifikan. Hasilnya disajikan pada Tabel 6.

Tabel 5. Hasil Pengujian Pengaruh Tidak Langsung (Mediasi)

Hip.	Jalur tidak langsung	β	t-stat.	p-value	95% CI	Keputusan
H6	Warehouse Design → OPE → Warehouse Performance	0,194	4,390	<0,001	[0,110; 0,281]	Didukung
H7	Warehouse Technology → OPE → Warehouse Performance	0,160	3,575	<0,001	[0,056; 0,240]	Didukung
H8	Warehouse Operation → OPE → Warehouse Performance	0,465	8,486	<0,001	[0,347; 0,557]	Didukung
H9	Human Competency → OPE → Warehouse Performance	0,149	3,164	0,002	[0,052; 0,228]	Didukung

Reslaj: Religion Education Social Laa Roiba Journal

Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400

Seluruh pengaruh tidak langsung memiliki t-statistic di atas 1,96, p-value di bawah 0,05, dan interval kepercayaan 95% yang tidak mencakup nol. Pengaruh tidak langsung terbesar terdapat pada jalur Warehouse Operation melalui Order Picking Efficiency terhadap Warehouse Performance (β = 0,465), sedangkan yang terkecil terdapat pada jalur Human Competency (β = 0,149). Dengan demikian, H6 sampai H9 memperoleh dukungan empiris.

Pembahasan

Pengaruh Warehouse Design terhadap Order Picking Efficiency

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Warehouse Design berpengaruh positif dan signifikan terhadap Order Picking Efficiency (β = 0,300; t = 4,474; p < 0,001). Temuan ini menunjukkan bahwa tata letak, penempatan penyimpanan, dan pengalokasian SKU yang semakin sesuai dapat mendukung proses pengambilan barang. Dalam konteks penelitian ini, desain gudang tidak hanya berkaitan dengan pemanfaatan ruang, tetapi juga kemudahan akses menuju lokasi produk, lebar lorong, keteraturan alur receiving–storage–outbound, dan kedekatan area penyimpanan dengan packing. Penempatan produk berdasarkan frekuensi permintaan dan kedekatan produk yang sering dipesan bersama juga dapat mengurangi perpindahan yang tidak diperlukan. Hasil ini sejalan dengan penelitian mengenai layout, routing, storage assignment, dan integrasi keputusan desain gudang (Yang, 2022; Zhou et al., 2022; Ardiansyah et al., 2024; da Silva et al., 2024; Moghadam et al., 2025; Sumesh et al., 2025; Rahmani Mokarrari et al., 2025).

Pengaruh Warehouse Technology terhadap Order Picking Efficiency

Warehouse Technology berpengaruh positif dan signifikan terhadap Order Picking Efficiency (β = 0,248; t = 3,369; p < 0,001). Hasil ini menunjukkan bahwa teknologi yang mendukung informasi lokasi, data persediaan, identifikasi produk, dan instruksi picking dapat membantu pekerja menyelesaikan pesanan secara lebih efisien. WMS berperan menyediakan informasi lokasi dan picking list, sedangkan barcode/RFID membantu verifikasi barang. Perangkat digital juga dapat mendukung pemantauan status pesanan dan pengaturan urutan pengambilan. Temuan ini konsisten dengan penelitian yang membahas pengaruh teknologi picking terhadap waktu penyelesaian dan beban kerja serta peran teknologi digital dalam kinerja logistik (Chondromatidis et al., 2024; Rahman et al., 2024; Grosse, 2024; Udom Phunlarp et al., 2025; Sojipun et al., 2025). Implikasi pentingnya adalah teknologi perlu terintegrasi dengan prosedur operasional dan digunakan secara konsisten, bukan sekadar tersedia sebagai fasilitas.

Pengaruh Warehouse Operation terhadap Order Picking Efficiency

Warehouse Operation menunjukkan pengaruh positif dan paling kuat terhadap Order Picking Efficiency (β = 0,718; t = 14,113; p < 0,001), dengan ukuran efek f^2 sebesar 1,390. Temuan ini menegaskan bahwa efisiensi picking sangat berkaitan dengan keteraturan proses penerimaan, penyimpanan, pengendalian persediaan, dan outbound. Barang yang diterima perlu diverifikasi jumlah dan kondisinya, lokasi

Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400

penyimpanan harus dicatat secara tepat, stok fisik harus sesuai dengan data sistem, dan proses outbound perlu dikoordinasikan dengan baik. Apabila salah satu tahapan tersebut tidak berjalan konsisten, picker dapat mengalami keterlambatan pencarian barang atau ketidaksesuaian persediaan. Hasil ini memperkuat pandangan bahwa operasi gudang merupakan rangkaian proses yang saling terhubung (Gu et al., 2007; Faber et al., 2013; Hackman et al., 2001). Temuan ini juga sejalan dengan penelitian mengenai indikator produktivitas dan penyebab kesalahan pemenuhan pesanan (Abdul Rahman et al., 2023; Helm et al., 2024; Salhieh & Alswaer, 2022).

Pengaruh Human Competency terhadap Order Picking Efficiency

Human Competency berpengaruh positif dan signifikan terhadap Order Picking Efficiency (β = 0,230; t = 3,028; p = 0,002), tetapi memiliki koefisien dan ukuran efek yang relatif paling kecil di antara empat prediktor. Hal ini menunjukkan bahwa pengalaman, pelatihan, kepatuhan terhadap SOP, dan dukungan ergonomi tetap berperan dalam efisiensi picking, tetapi kontribusinya dalam model ini lebih rendah dibandingkan pengelolaan operasional gudang. Pekerja yang memahami lokasi produk, mampu menggunakan teknologi, mengikuti prosedur, dan didukung lingkungan kerja yang sesuai akan lebih siap menjalankan picking. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menempatkan faktor pekerja, interaksi manusia-teknologi, serta desain sistem kerja sebagai aspek yang berhubungan dengan performa picking (Prasadika et al., 2022, 2026; Wu et al., 2023; Zhang et al., 2023; Pasparakis et al., 2023; De Lombaert et al., 2024; Loske et al., 2025; Garg et al., 2025). Oleh karena itu, peningkatan kompetensi perlu diarahkan pada pelatihan teknis picking, penggunaan perangkat gudang, kepatuhan SOP, dan penerapan prinsip ergonomi.

Pengaruh Order Picking Efficiency terhadap Warehouse Performance

Order Picking Efficiency berpengaruh positif dan signifikan terhadap Warehouse Performance (β = 0,647; t = 12,216; p < 0,001), dengan ukuran efek f^2 sebesar 0,720. Hasil ini menunjukkan bahwa proses picking yang lebih cepat, akurat, dan produktif berkaitan dengan peningkatan kemampuan gudang dalam memenuhi pesanan, mencapai target operasional, menjaga akurasi persediaan, dan mendukung kepuasan pelanggan. Proses picking merupakan salah satu bagian penting dari pemenuhan pesanan; karena itu, pengurangan waktu dan kesalahan picking dapat membantu menjaga kelancaran proses outbound. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang mengkaji indikator kinerja gudang, performa picking, dan kebijakan pengambilan pesanan (Chen et al., 2017; Lu et al., 2016; Schiffer et al., 2022; Al-Shboul, 2023; Masae et al., 2024; Rahmani Mokarrari et al., 2025).

Peran Mediasi Order Picking Efficiency

Keempat pengaruh tidak langsung melalui Order Picking Efficiency terbukti signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa hubungan Warehouse Design, Warehouse Technology, Warehouse Operation, dan Human Competency dengan Warehouse Performance berlangsung melalui keterkaitannya dengan efisiensi proses pengambilan barang. Jalur Warehouse Operation memiliki pengaruh tidak langsung paling besar (β = 0,465), sehingga pembenahan proses receiving, storage, inventory

Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400

control, dan outbound menjadi prioritas yang paling kuat berdasarkan model penelitian. Warehouse Design (β = 0,194), Warehouse Technology (β = 0,160), dan Human Competency (β = 0,149) juga memiliki pengaruh tidak langsung yang signifikan.

Hasil mediasi perlu dibaca sesuai batas model yang diuji. Model penelitian menguji jalur dari keempat variabel independen menuju Order Picking Efficiency dan selanjutnya menuju Warehouse Performance, tetapi tidak memasukkan jalur langsung dari masing-masing variabel independen ke Warehouse Performance. Oleh karena itu, hasil ini mendukung signifikansi pengaruh tidak langsung melalui Order Picking Efficiency, tetapi belum cukup untuk mengklasifikasikan mediasi sebagai mediasi penuh atau parsial. Pengujian jalur langsung tambahan diperlukan apabila klasifikasi tersebut hendak ditetapkan.

Implikasi Manajerial

Bagi PT Multi Terminal Indonesia, hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan Warehouse Performance sebaiknya diawali dengan penguatan proses operasional gudang. Perusahaan dapat memastikan verifikasi receiving dilakukan secara konsisten, lokasi penyimpanan dicatat dengan akurat, pemeriksaan persediaan dilaksanakan secara berkala, dan koordinasi outbound berjalan sesuai jadwal. Perbaikan tersebut perlu didukung penataan lokasi produk berdasarkan frekuensi permintaan, pengelompokan SKU yang memudahkan pencarian, integrasi WMS dan barcode/RFID, serta pelatihan pekerja mengenai prosedur picking dan keselamatan kerja. Prioritas tersebut mengikuti besarnya koefisien jalur dan ukuran efek yang diperoleh, tanpa mengabaikan kontribusi desain, teknologi, dan kompetensi pekerja.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa Warehouse Design, Warehouse Technology, Warehouse Operation, dan Human Competency berpengaruh positif dan signifikan terhadap Order Picking Efficiency pada PT Multi Terminal Indonesia. Order Picking Efficiency juga berpengaruh positif dan signifikan terhadap Warehouse Performance. Selain itu, keempat variabel independen memiliki pengaruh tidak langsung yang signifikan terhadap Warehouse Performance melalui Order Picking Efficiency. Dengan demikian, seluruh sembilan hipotesis penelitian memperoleh dukungan empiris.

Warehouse Operation merupakan faktor paling dominan dalam meningkatkan Order Picking Efficiency, dengan koefisien jalur sebesar 0,718 dan ukuran efek sebesar 1,390. Variabel ini juga menghasilkan pengaruh tidak langsung terbesar terhadap Warehouse Performance melalui Order Picking Efficiency, yaitu 0,465. Sementara itu, Order Picking Efficiency memiliki pengaruh langsung terhadap Warehouse Performance sebesar 0,647. Nilai R^2 menunjukkan bahwa model menjelaskan 63,7% variasi Order Picking Efficiency dan 41,9% variasi Warehouse Performance.

Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400

Secara praktis, perusahaan perlu memprioritaskan standardisasi proses receiving, storage, inventory control, dan outbound. Upaya tersebut perlu dilengkapi dengan perbaikan tata letak dan penempatan SKU, pemanfaatan WMS serta barcode/RFID, dan pengembangan kompetensi pekerja. Penelitian ini terbatas pada dua gudang dalam satu perusahaan dan menggunakan convenience sampling, sehingga generalisasi hasil perlu dilakukan secara hati-hati. Penelitian selanjutnya dapat memperluas objek pada beberapa perusahaan 3PL, menambahkan variabel lain yang relevan, serta menguji jalur langsung faktor internal gudang terhadap Warehouse Performance agar tipe mediasi dapat ditentukan secara lebih lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

Abdul Rahman, N. S. F., Karim, N. H., Md Hanafiah, R., Abdul Hamid, S., & Mohammed, A. (2023). Decision analysis of warehouse productivity performance indicators to enhance logistics operational efficiency. International Journal of Productivity and Performance Management, 72(4), 962–985. https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2021-0373

Al-Shboul, M. A. (2023). Design and control order picking route of a retailer warehouse using simulation to increase labour productivity. Acta Logistica, 10(1), 121–133. https://doi.org/10.22306/al.v10i1.367

Ardiansyah, D. P., Reynaldi, F. A. O., & Widaningrum, D. L. (2024). Improving warehouse layout effectiveness and process picking efficiency with the discrete event system simulation approach. Procedia Computer Science, 234, 1753–1760. https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.03.182

Bashatah, J. A., & Elnaggar, G. R. (2025). Enhancing warehouse picking efficiency through integrated allocation and routing policies: A case study towards sustainable and smart warehousing. Applied Sciences, 15(20), 11186. https://doi.org/10.3390/app152011186

Chen, P.-S., Huang, C.-Y., Yu, C.-C., & Hung, C.-C. (2017). The examination of key performance indicators of warehouse operation systems based on detailed case studies. Journal of Information and Optimization Sciences, 38(2), 367–389. https://doi.org/10.1080/02522667.2016.1224465

Chondromatidis, N., Gialos, A., Zeimpekis, V., & Madas, M. (2024). Investigating the impact of completion time and perceived workload in pickers-to-parts order-picking technologies: Evidence from laboratory experiments. Logistics, 8(1), 13. https://doi.org/10.3390/logistics8010013

da Silva, L. E., Vieira, J. G. V., da Silva, J. E. A. R., Doratiotto, K., & Montibeller, G. (2024). A framework for supporting warehouse design. Production, 34, e20240004. https://doi.org/10.1590/0103-6513.20240004

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. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009

Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400

De Lombaert, T., Braekers, K., De Koster, R., & Ramaekers, K. (2024). What makes order picking so physically demanding? Ergonomic evidence from a large-scale lab experiment using subjective metrics. IFAC-PapersOnLine, 58(19), 181–186. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.09.139

Faber, N., de Koster, M. B. M., & Smidts, A. (2013). Organizing warehouse management. International Journal of Operations & Production Management, 33(9), 1230–1256. https://doi.org/10.1108/IJOPM-12-2011-0471

Garg, V., Maywald, J. D., & Naman, M. (2025). Optimising human-robot collaboration for efficiency in retail warehousing. International Journal of Retail & Distribution Management, 53(10–11), 1123–1138. https://doi.org/10.1108/IJRDM-01-2025-0052

Grosse, E. H. (2024). Application of supportive and substitutive technologies in manual warehouse order picking: A content analysis. International Journal of Production Research, 62(3), 685–704. https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2169383

Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. European Journal of Operational Research, 177(1), 1–21. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.025

Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. European Journal of Operational Research, 203(3), 539–549. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.07.031

Hackman, S. T., Frazelle, E. H., Griffin, P. M., Griffin, S. O., & Vlasta, D. A. (2001). Benchmarking warehousing and distribution operations: An input-output approach. Journal of Productivity Analysis, 16(1), 79–100. https://doi.org/10.1023/A:1011155320454

Hair, J. F., & Alamer, A. (2022). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) in second language and education research: Guidelines using an applied example. Research Methods in Applied Linguistics, 1(3), 100027. https://doi.org/10.1016/j.rmal.2022.100027

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2021). A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) (3rd ed.). SAGE Publications.

Helm, M., Malikova, A., & Kembro, J. (2024). Rooting out the root causes of order fulfilment errors: A multiple case study. International Journal of Production Research, 62(11), 3853–3871. https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2251060

Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. Journal of the Academy of Marketing Science, 43, 115–135. https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8

Hsieh, L., & Tsai, L. (2006). The optimum design of a warehouse system on order picking efficiency. The International Journal of Advanced Manufacturing

Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400

Technology, 28(5–6), 626–637. https://doi.org/10.1007/s00170-004-2404-0

Khan, S. A., Dweiri, F., & Chaabane, A. (2016). Fuzzy-AHP approach for warehouse performance measurement. 2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 871–875. https://doi.org/10.1109/IEEM.2016.7798001

Koreis, J., Loske, D., Klumpp, M., & Glock, C. H. (2025). We belong together: A system-level investigation regarding AGV-assisted order picking performance. International Journal of Production Economics, 282, 109527. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2025.109527

Kudelska, I., & Niedbał, R. (2020). Technological and organizational innovation in warehousing process—Research over workload of staff and efficiency of picking stations. E a M: Ekonomie a Management, 23(3), 67–81. https://doi.org/10.15240/tul/001/2020-3-005

Loske, D., Grosse, E. H., Glock, C. H., & Klumpp, M. (2025). Towards human-centric warehousing: The impact of rack configuration and cognitive demands on order picking performance. International Journal of Production Research, 63(6), 2231–2247. https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2399707

Lu, W., McFarlane, D., Giannikas, V., & Zhang, Q. (2016). An algorithm for dynamic order-picking in warehouse operations. European Journal of Operational Research, 248(1), 107–122. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.06.074

Masae, M., Boonreung, W., Vichitkunakorn, P., & Glock, C. H. (2024). An evaluation of factors affecting order picking performance in the fishbone warehouse. International Journal of Integrated Supply Management, 17(2), 120–143. https://doi.org/10.1504/IJISM.2024.138843

Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining supply chain management. Journal of Business Logistics, 22(2), 1–25. https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x

Moghadam, M. F., Khalili Damghani, K., Ghezavati, V., & Komijan, A. R. (2025). A bi-level optimization method for integrated warehouse design, storage location assignment, and order picking. MethodsX, 15, 103595. https://doi.org/10.1016/j.mex.2025.103595

Pasparakis, A., De Vries, J., & De Koster, R. (2023). Assessing the impact of human–robot collaborative order picking systems on warehouse workers. International Journal of Production Research, 61(22), 7776–7790. https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2183343

Prasadika, A. P. K. J., Wijayanayake, A. N., & Niwunhella, D. H. H. (2022). Analyzing factors that impact on performance of pickers in third-party logistics warehouses in Sri Lanka. 2022 International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering (SCSE), 239–245. https://doi.org/10.1109/SCSE56529.2022.9905151

Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400

Prasadika, J., Wijayanayake, A., & Niwunhella, D. H. H. (2026). Investigating the determinants of picker performance and interdependencies between the determinants of third-party logistics industry. International Journal of Services and Operations Management, 54(2), 143–171. https://doi.org/10.1504/IJSOM.2026.154593

Rahman, M. H., Menezes, B. C., & Baldacci, R. (2024). Exploring the role of blockchain technology, warehouse automation, smart routing, and cloud computing in logistics performance. Production & Manufacturing Research, 12(1), 2393614. https://doi.org/10.1080/21693277.2024.2393614

Rahmani Mokarrari, K., Sowlati, T., English, J., & Starkey, M. (2025). Optimization of warehouse picking to maximize the picked orders considering practical aspects. Applied Mathematical Modelling, 137, 115585. https://doi.org/10.1016/j.apm.2024.06.037

Salhieh, L., & Alswaer, W. (2022). A proposed maturity model to improve warehouse performance. International Journal of Productivity and Performance Management, 71(8), 3724–3746. https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2021-0043

Schiffer, M., Boysen, N., Klein, P. S., Laporte, G., & Pavone, M. (2022). Optimal picking policies in e-commerce warehouses. Management Science, 68(10), 7497–7517. https://doi.org/10.1287/mnsc.2021.4275

Sojipun, W., Abdul Aziz, Z., & Mohd Zain, R. (2025). Understanding the link between logistics technology, performance, and competitive advantage in Thailand's third-party logistics sector. Journal of Technology and Operations Management, 20(1), 29–44. https://doi.org/10.32890/jtom2025.20.1.3

Sumesh, A., Raghuram, P., Venkata, S. K. S., Narassima, M. S., Thenarasu, M., McDermott, O., & Venkata, R. M. (2025). Data-driven warehouse design: A decision tree approach with integrated mobile application. International Journal of Management Science and Engineering Management, 20(4), 620–639. https://doi.org/10.1080/17509653.2025.2523262

Suppini, C., Lysova, N., Bocelli, M., Solari, F., Tebaldi, L., Volpi, A., & Montanari, R. (2024). From single orders to batches: A sensitivity analysis of warehouse picking efficiency. Sustainability, 16(18), 8231. https://doi.org/10.3390/su16188231

Udom Phunlarp, C., Thriyawanich, C., & Yimcharoenpornsakul, N. (2025). Approaches to enhance picking efficiency through warehouse management system (WMS) and process improvement: A case study of a coconut product distribution company. Interdisciplinary Academic and Research Journal, 5(2), 721–736. https://doi.org/10.60027/iarj.2025.282256

Wu, Z., Lan, Y., & Qin, H. (2023). The impact of picker's factors on the order picking efficiency in unmanned warehouse. Systems Engineering—Theory & Practice, 43(4). https://doi.org/10.12011/SETP2022-2080

Volume 8 Nomor 11 (2026) 878 – 888 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691
DOI: 10.47476/reslaj.v8i11.13400

Yang, M.-F., Shih, P.-H., Pan, J. C.-H., & Li, M.-C. (2022). The optimal layout design for minimizing operating costs in a picker-to-part warehousing system. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 118(7–8), 2523–2537. https://doi.org/10.1007/s00170-021-08026-x

Yang, N. (2022). Evaluation of the joint impact of the storage assignment and order batching in mobile-pod warehouse systems. Mathematical Problems in Engineering, 2022, 1–13. https://doi.org/10.1155/2022/9148001

Zhang, M., Grosse, E. H., & Glock, C. H. (2023). Ergonomic and economic evaluation of a collaborative hybrid order picking system. International Journal of Production Economics, 258, 108774. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108774

Zhou, L., Liu, H., Zhao, J., Wang, F., & Yang, J. (2022). Performance analysis of picking routing strategies in the leaf layout warehouse. Mathematics, 10(17), 3149. https://doi.org/10.3390/math10173149