

## IMPLEMENTASI MODEL *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* DALAM *WAREHOUSE*: *SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW*

Armando Tirta Dwilaga <sup>1</sup>

Program Magister Teknik Industri dan Manajemen, Universitas Gunadarma

Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat

e-mail : armando@staff.gunadarma.ac.id

### ABSTRAK

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengkaji gambaran dan mendeskripsikan berbagai variabel penerapan model *artificial intelligence* di *warehouse* dengan melakukan kajian literatur. Basis data indeks ScienceDirect hanya digunakan untuk tahun 2018, 2019, 2020, 2021, dan 2022, dan salah satu dasar pemilihannya adalah pemahaman mendasar tentang teknologi kecerdasan buatan. Hasil dari 318 artikel dikelompokkan menjadi 40 artikel yang memiliki keterkaitan erat hingga terpilih 14 artikel, berdasarkan kerangka berbasis metode PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses*) yang telah dimodifikasi untuk memperhitungkan kriteria inklusi dan eksklusi. Hasil artikel-artikel tersebut lebih spesifik diidentifikasi dengan menggunakan deskripsi deskriptif daftar jurnal dari IFAC-PapersOnLine yang dijadikan referensi paling dominan, penerbit masing-masing jurnal didominasi Elsevier, negara pembuat jurnal didominasi China, model pengukuran penelitian yang paling umum menggunakan data dari algoritma sistem seperti pengelolaan fuzzy, k-means, dan metode yang digunakan didominasi kuantitatif. Fokus tinjauan literatur ini sebagian besar pada model kecerdasan buatan yang digunakan di *warehouse*.

**Kata kunci** : Artificial Intelligence, warehouse, PRISMA

### ABSTRACT

The purpose of this paper is to review the description and describe the various variables in the application of artificial intelligence models in the warehouse by conducting a literature review. The ScienceDirect index database is only used for the years 2018, 2019, 2020, 2021, and 2022, and one of the grounds for its selection is a fundamental understanding of artificial intelligence technology. The results of the 318 articles were grouped into 40 articles that were closely related to 14 articles selected, based on a framework based on the PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses*) method which has been modified to take into account inclusion and exclusion criteria. The results of these articles are more specifically identified by using a descriptive description of the list of journals from IFAC-PapersOnLine which is used as the most dominant reference, the publisher of each journal is dominated by Elsevier, the country that makes the journal dominated by China, the most common research measurement model uses data from algorithmic systems such as management of fuzzy, k-means, and the methods used are predominantly quantitative. The focus of this literature review is largely on the technological advances of artificial intelligence models used in warehouses.

**Keywords** : Artificial Intelligence, warehouse, PRISMA

---

### Jejak Artikel

Upload artikel : 25 Januari 2023

Revisi : 26 Januari 2023

Publish : 27 Januari 2023

---

### 1. PENDAHULUAN

Aplikasi *Artificial Intelligence* (AI) telah berkembang pesat selama beberapa dekade terakhir, dengan aplikasi AI awal termasuk pembuatan rekomendasi dalam sistem pakar dan sistem berbasis pengetahuan. Integrasi kecerdasan buatan (AI) di tempat kerja masih sulit, meskipun minat meningkat. Hingga 85% program AI, menurut jajak pendapat baru-baru ini, pada akhirnya gagal mencapai tujuannya. Masih ada kekurangan penelitian tentang aplikasi AI yang efektif yang mungkin menawarkan panduan berguna bagi bisnis yang

baru memulai perjalanan AI mereka. (Zhang, *et al.*, 2021). *Warehouse* adalah struktur yang digunakan untuk menyimpan produk untuk penggunaan komersial. Produsen, importir, eksportir, grosir, dan perusahaan transportasi semuanya menggunakan gudang, yang merupakan komponen penting dari rantai pasokan (van Geest, *et al.*, 2021).

Pengusaha yang ingin meningkatkan profitabilitas seluruh perusahaan mereka memiliki tanggung jawab yang meningkat untuk manajemen gudang, yang menghasilkan biaya logistik yang lebih rendah, penyimpanan yang

lebih fungsional, dan tingkat efisiensi yang lebih tinggi (Zivicnjak, *et al.*, 2022). Perpaduan penyimpanan, penanganan material, pemantauan pergerakan stok, produksi, dan operasi pemasaran telah mengubah manajemen gudang, yang secara tradisional hanya dianggap sebagai penyimpanan produk dan perlindungan terhadap pengaruh eksternal (Tokat, *et al.*, 2022). Baik konsumen maupun penjual online membutuhkan penyesuaian gudang untuk pengiriman yang cepat, tepat, dan terjangkau. Untuk memenuhi permintaan pesanan kecil, bermacam-macam, jendela pengiriman yang padat, dan berbagai beban kerja, operator gudang bertujuan untuk meningkatkan kinerja gudang (Tan, *et al.*, 2021).

Proliferasi teknologi dan ketergantungan kita yang semakin besar pada informasi tidak hanya memengaruhi keputusan yang kita buat dalam konteks sosial dan profesional, tetapi juga cara kita membuatnya (Mahroff, *et al.*, 2019). 3PLP telah dievaluasi dengan menggunakan sistem AI di gudang menggunakan algoritme pembobotan linier seperti *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan *Analytic Network Process* (ANP) (Lian, *et al.*, 2020). Terlepas dari kenyataan bahwa AHP dan ANP telah berhasil diterapkan, menghitung bobot relatif dari kriteria yang diberikan dalam pendekatan ini dianggap mahal secara komputasi karena banyak pertanyaan perbandingan berpasangan diperlukan (Alalawin, *et al.*, 2022).

Tidak ada dua domain gudang yang dapat dibedakan. Optimalisasi juga memainkan peran penting dalam bidang pengambilan keputusan matematis, di mana seseorang harus menentukan nilai optimal (maksimum/minimum) dari fungsi tujuan yang sesuai dengan batasan yang berlaku. Masalah pengoptimalan yang dibatasi, tidak dibatasi, dan dibatasi semuanya mungkin terjadi. (Manna, *et al.*, 2021). Karena pengiriman produk dalam jumlah besar dipecah menjadi lot yang lebih kecil dan disimpan di berbagai tempat, salah satu kelemahan utama kebijakan penyimpanan tersebar di gudang adalah meningkatnya pekerjaan yang diperlukan selama penyetokan ulang. Mengoperasikan pengisian ulang pada waktu yang tepat, seperti setelah hari kerja atau sebelum dimulainya shift pengambilan pesanan, adalah salah satu taktik utama yang digunakan untuk mengatasi hal ini. (Pamar, *et al.*, 2022).

Meskipun ada banyak penelitian tentang berbagai jenis *warehouse*, permasalahannya hampir tidak banyak yang dilakukan pada model yang mengarah ke dan terhubung ke *Artificial*

*Intelligence*. Alhasil, kajian dari berbagai artikel tentang *artificial intelligence* masih bisa dijadikan sumber kajian pustaka ini. Topik ini menarik karena, seperti yang telah disebutkan sebelumnya, kecerdasan buatan dapat mendukung kemampuan dan tugas manusia.

Meneliti penggunaan implementasi model AI di gudang database *ScienceDirect* selama 2018, 2019, 2020, 2021, dan 2022 adalah tujuan utama penulis mengkaji gambaran berbagai variabel penerapan model *artificial intelligence* di *warehouse*.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini memastikan bahwa studi literatur tidak terlalu luas dan melebar dan tujuan yang ada untuk pemasangan model kecerdasan buatan di gudang lebih terkonsentrasi.

### Pencarian dan Sumber Informasi

Artikel dari area subjek utama gudang yang relevan dengan bahasa Inggris (cakupan kecerdasan buatan). Metode pencarian berikut digunakan untuk menemukan publikasi tentang penerapan model AI di gudang yang sesuai. Batasan bidang subjek kecerdasan buatan, kata kunci gudang, batasan bahasa Inggris, dan batasan tahun (2018-2022).

### Proses Pengumpulan dan penyarinagn Artikel

Sebagai bagian dari prosedur, kriteria inklusi digunakan untuk menentukan subjek penelitian mana yang akan mewakili sampel penelitian dan kriteria eksklusi untuk menentukan subjek mana yang tidak dapat mewakili karena tidak sesuai dengan kriteria status sampel penelitian. Tinjauan literatur sistematis yang mengikuti pedoman metode PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses*) yang akan digunakan untuk menjelaskan kriteria inklusi dan eksklusi. Berikut Gambar 1. Kerangka Kerja PRISMA.



**Gambar 1.** Kerangka Kerja PRISMA

Berdasarkan Gambar 1. Kerangka Kerja PRISMA Pendekatan PRISMA memiliki empat metode: identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan disertakan. Semua strategi ini dapat didiskusikan. Ada total 318 publikasi tentang gudang yang dikumpulkan dan dikenali dari database ScienceDirect. Selain itu, ketika pemfilteran dilakukan pada tingkat hierarki (penyaringan) awal berdasarkan relevansi artikel dengan kecerdasan buatan, ditemukan bahwa banyak dari 278 artikel yang tidak masuk ke robot akan dihapus, menyisakan 40 artikel untuk dipilih.

Selain itu, enam artikel akan dihapus oleh sistem basis data pada tingkat hierarki kedua (penyaringan), menyisakan 34 artikel untuk dipilih, berdasarkan subjek, judul, dan abstrak yang tidak mengarah pada kecerdasan buatan di gudang atau terlalu jauh. jauh untuk dimasukkan dalam kecerdasan buatan. Selain itu, 20 artikel akan dihapus ketika penilaian kelayakan artikel teks lengkap dilakukan pada tingkat hierarki (kelayakan) dan ada artikel yang membahas karena versi editor bukan penelitian. Ada total 14 artikel dalam hierarki (termasuk) yang termasuk dalam daftar akhir atau yang diminta. Berikut Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi.

**Tabel 1.** Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Bahasa: Inggris	Bahasa: Bukan Inggris
Jenis Dokumen: Artikel/ Jurnal ( <i>open access</i> )	Jenis Dokumen: Buku, Review Jurnal
Bidang Subjek: <i>Artificial Intelligence</i> , dan <i>Warehouse</i>	Bidang Subjek: Review Artikel, Studi Sekunder, dan Editorial

Sumber: Pengolahan Data, 2023

**Tabel 1.** Kriteria Inklusi dan Eksklusi (Lanjutan)

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Data Base: <i>ScienceDirect</i>	Studi diluar dari <i>Warehouse</i>
Hanya Studi Utama yang Dipilih	Berfokus Bukan Mengenai Keterkaitan <i>Artificial Intelligence</i>
Khusus Studi mengenai <i>Warehouse</i>	-
Berfokus Mengenai Keterkaitan <i>Artificial Intelligence</i>	-

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Berdasarkan Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi jika subjek penelitian dapat berfungsi sebagai sampel yang mewakili populasi yang diteliti, dan kriteria eksklusi dalam kasus di mana tidak bisa digunakan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

14 artikel dipilih dengan periode tertentu dari 2018 hingga 2022, berdasarkan uraian pada sub-bab sebelumnya berdasarkan penggunaan model tinjauan pustaka sistematis dalam metode pengumpulannya, PRISMA ((*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses*)). Hakekatnya, pengolahan data menjadi informasi baru merupakan langkah dalam metodologi analisis data, Itu berusaha untuk membuat fitur data yang ada lebih mudah dipahami dan praktis untuk mencapai tujuan.

#### Gambaran Deskriptif Jurnal

Agar sistematika literature review lebih terstruktur, Gambaran deskriptif ini mencoba mendeskripsikan objek dan subjek yang dipelajari dari setiap jurnal atau artikel dalam bentuk tabel atau diagram untuk melihat informasi secara lebih jelas dan lebih luas. Berikut Tabel 2. Daftar Jurnal Terpilih.

**Tabel 2.** Daftar Jurnal Terpilih

Penulis	Judul	Judul Sumber
(AlAlawin, et al., 2022).	<i>A Fuzzy logicbased assessment algorithm for developing a warehouses assessment scheme</i>	<i>Computers &amp; Industrial Engineering</i>

Sumber: Pengolahan Data, 2023

**Tabel 2.** Daftar Jurnal Terpilih (Lanjutan)

Penulis	Judul	Judul Sumber
(Ferrari, et al., 2022).	<i>A Roadmap towards an Automated Warehouse Digital Twin: current implementations and future developments</i>	<i>IFAC-PapersOnLine</i>
(Zivicnjak, et al., 2022).	<i>Case-study analysis of warehouse process optimization</i>	<i>International Scientific Conference “The Science and Development of Transport - Znanost i razvitak prometa”</i>
(Pawar, et al., 2022).	<i>A New Measure for Scattering of Stocks in E-commerce Warehouses</i>	<i>IFAC-PapersOnLine</i>
(Reda, et al., 2022).	<i>A discrete variant of cuckoo search algorithm to solve the travelling salesman problem and path planning for autonomous trolley inside warehouse</i>	<i>Knowledge Based System</i>
(Tokat, et al., 2022).	<i>Fuzzy c-means clustering-based key performance indicator design for warehouse loading operations</i>	<i>Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences</i>
(Manna, et al., 2021).	<i>Optimization of a deteriorated two-warehouse inventory problem with all-unit discount and shortages via tournament</i>	<i>Applied Soft Computing Journal</i>
(Zhang, et al., 2021).	<i>Artificial intelligence in E-commerce fulfillment: A case study of resource orchestration at Alibaba’s Smart Warehouse</i>	<i>International Journal of Information Management</i>

Sumber: Pengolahan Data, 2023

**Tabel 2.** Daftar Jurnal Terpilih (Lanjutan)

Penulis	Judul	Judul Sumber
(Van Geest, et al., 2021).	<i>Design of a reference architecture for developing smart warehouses in industry 4.0</i>	<i>Computers in Industry</i>
(Tan, et al., 2021).	<i>Optimizing parcel sorting process of vertical sorting system in e-commerce warehouse</i>	<i>Advanced Engineering Informatics</i>
(Reza, et al., 2020).	<i>Autonomic performance prediction framework for data warehouse queries using lazy learning approach</i>	<i>Applied Soft Computing Journal</i>
(Opalic, et al., 2020).	<i>ANN modelling of CO2 refrigerant cooling system COP in a smart warehouse</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i>
(Lian, et al., 2020).	<i>A Probabilistic Time-Constrained Based Heuristic Path Planning Algorithm in Warehouse Multi-AGV Systems</i>	<i>IFAC-PapersOnLine</i>
(Mahroof, et al., 2019).	<i>A human-centric perspective exploring the readiness towards smart warehousing: The case of a large retail distribution warehouse</i>	<i>International Journal of Information Management</i>

Sumber: Pengolahan Data, 2023

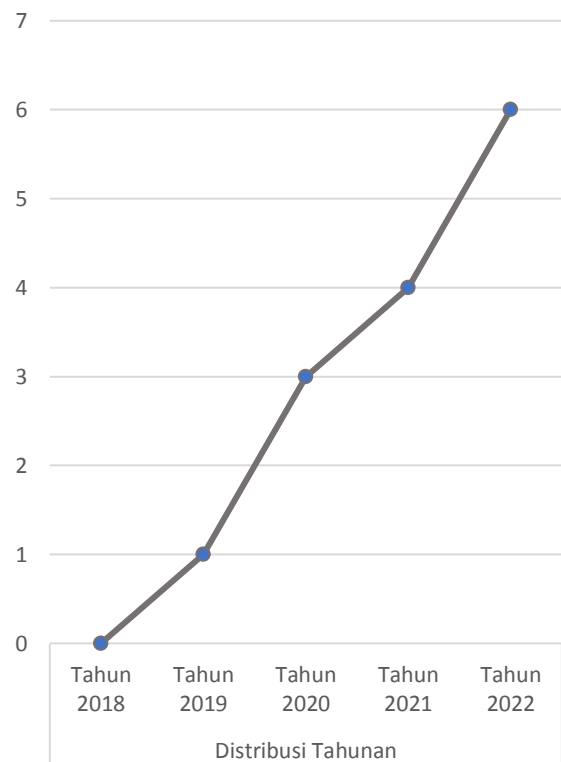
Berdasarkan Tabel 2. Daftar Jurnal Terpilih hanya sebagian dari 10 nama jurnal yang terpilih dengan total 14 artikel atau jurnal yang sesuai untuk dimasukkan dan tersedia untuk terbitan pada tahun 2018, 2019, 2020, 2021, dan 2022. Selain itu, tiga jurnal dari *IFAC-PapersOnLine* menjadi sumber terpopuler. Berikut Tabel 3. Penerbit Setiap Jurnal.

**Tabel 3.** Penerbit Setiap Jurnal

Jurnal	Penerbit	Frekuensi	(%)
<i>International Journal of Information Management</i>	Elsevier	2	14,29
<i>International Scientific Conference "The Science and Development of Transport - Znanost i razvitak prometa"</i>	Elsevier	1	7,14
<i>Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences</i>	Elsevier	1	7,14
<i>Computers &amp; Industrial Engineering</i>	Elsevier	1	7,14
<i>Computers in Industry</i>	Elsevier	1	7,14
<i>IFAC-PapersOnLine</i>	Elsevier	3	21,43
<i>Advanced Engineering Informatics</i>	Elsevier	1	7,14
<i>Journal of Cleaner Production</i>	Elsevier	1	7,14
<i>Applied Soft Computing Journal</i>	Elsevier	2	14,29
<i>Knowledge Based System</i>	Elsevier	1	7,14
Total		14	100

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Berdasarkan Tabel 3. Penerbit Setiap Jurnal secara khusus, jurnal *IFAC-PapersOnLine* dengan frekuensi 3 dan persentase 21,43% disebutkan sebagai salah satu dari 14 jurnal terpilih dimana total 14 artikel menjadi referensi terbanyak. Berikut Gambar 2. Distribusi Jurnal Berdasarkan Tahun.



Gambar 2. Distribusi Jurnal Berdasarkan Tahun

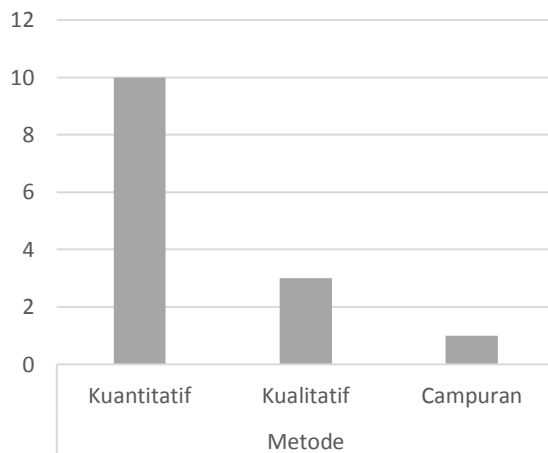
Berdasarkan Gambar 2. Distribusi Jurnal Berdasarkan Tahun dapat disimpulkan bahwa penelitian paling banyak tentang hubungan antara pemasangan model kecerdasan buatan di gudang dengan enam artikel, yang memungkinkan jumlah artikel bertambah hingga akhir tahun 2022, akan banyak dibahas pada tahun berikutnya. Berikut adalah Tabel 4. Distribusi Jurnal Berdasarkan Wilayah

Tabel 4. Distribusi Jurnal Berdasarkan Wilayah

Wilayah	Jumlah Artikel	Persen (%)	Nama Negara	Jumlah
Asia	7	50	China	3
			Jordania	1
			Pakistan	1
			India	2
Eropa	7	50	Kroasia	1
			Turki	2
			United Kingdom	2
			Italia	1
			Norwegia	1
Total	14	100		14

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Berdasarkan Tabel 4. Distribusi Jurnal Berdasarkan Wilayah jumlah terbesar ada di China dengan total 3 studi, jumlah benua terbesar sama antara Asia dan Eropa dengan 7 studi, dan persentasenya mencapai 50%. dapat dijelaskan dari total 14 artikel yang dipilih terdiri dari 2 benua dan 9 negara yang berbeda. Berikut merupakan Gambar 3. Metode Penelitian.



**Gambar 3.** Metode Penelitian

Berdasarkan Gambar 3. Metode Penelitian adalah teknik membagi data yang terkumpul yang nantinya akan dianalisis menjadi tiga kategori kuantitatif dimana data tersebut berupa data yang dapat diolah dengan menggunakan aritmatika atau statistika, Metode kualitatif adalah metode yang terutama bergantung pada teori yang diambil dari temuan daripada data yang disajikan dalam bentuk statistik (wawancara, observasi.), dan metode campuran, yang menggabungkan metodologi penelitian kuantitatif dan kualitatif. Berdasarkan hasil temuan, 10 penelitian menggunakan metode kuantitatif, 3 penelitian menggunakan metode kualitatif, dan 1 penelitian menggunakan metode campuran. Karena pemodelan sistem, pemrograman, algoritma pemrograman, simulasi, dan aktivitas lain yang membutuhkan data berupa angka presisi yang diolah lebih lanjut atau menggunakan statistik yang diinterpretasikan menjadi aplikasi lebih sering dibahas ketika membahas penggunaan kecerdasan buatan di gudang, penggunaan data kuantitatif karena itu yang paling umum. Pemrosesan di masa depan berkaitan dengan perangkat lunak simulasi.

### Hubungan Antara Variabel Implementasi

Prosedur ini digunakan untuk menentukan apakah ada korelasi antara faktor dan penggunaan model kecerdasan buatan di gudang. Korelasi ini mungkin positif, negatif, substansial (efek besar), atau tidak signifikan. Berikut Tabel 5. Hubungan Antar Variabel.

**Tabel 5.** Hubungan Antar Variabel

Variabel Independen	variabel dependen	Pengaruh	
Algoritma sistem (penjualan historis, data stok real time, data pesanan real time, rekomendasi WMS, WCS)	<i>Artificial Intelligence</i>	positif	Signifikan
<i>Receiving, storage, order picking, packing</i>	Durasi waktu proses warehouse	positif	Signifikan
Algoritma sistem (Logika Fuzzy)	<i>Key Performance Indicator</i>	positif	Signifikan
Teknologi, organisasi, lingkungan, manfaat dirasakan	<i>Artificial Intelligence</i>	positif	Tidak Signifikan
Algoritma sistem (Logika Fuzzy)	Skema Penilaian gudang	positif	Signifikan
RFID, AR, AGV, IOT, <i>Scanner, Warehouse Management System, Warehouse Communication</i>	Desain arsitektur, diagram fitur, dan proses bisnis warehouse	positif	Signifikan
Jenis tas jinjing dan jumlah total tas jinjing	Total waktu untuk memproses	positif	Signifikan
<i>Automated Guided Vehicle (AGV)</i>	Waktu penyelesaian pemrosesan paket terakhir	positif	Signifikan
Sistem pendingin dan karbon dioksida	<i>Warehouse Energy System</i>	positif	Signifikan

Sumber: Pengolahan Data, 2023

**Tabel 5.** Hubungan Antar Variabel (Lanjutan)

Variabel independen	variabel dependen	Pengaruh	
<i>Case-based reasoning, case-base, dan principal component analysis</i>	Prediksi kinerja kueri data <i>warehouse</i>	positif	Signifikan
<i>Automated Guided Vehicle (AGV)</i>	Pembaruan iteratif adaptif dari konsumsi waktu busur jalur	positif	Signifikan
Algoritma sistem (metaheuristik)	Persediaan dua <i>warehouse</i> (peningkatan kapasitas penyimpanan barang dengan menyewa gudang tambahan)	positif	Signifikan
varian diskrit	<i>Order Picking Routing (OPR)</i>	positif	Signifikan
Jumlah lorong dan jumlah slot per zona	Konfigurasi <i>warehouse</i> yang digunakan dalam simulasi	positif	Signifikan

Sumber: *Pengolahan Data, 2023*

Berdasarkan Tabel 5. Hubungan Antar Variabel beberapa perubahan terjadi dan mempengaruhi subjek penelitian karena setiap variabel memiliki pengaruh yang baik dan substansial. Namun, satu studi memiliki dampak yang tidak penting karena hasilnya tidak mendukung solusi yang ditawarkan, sehingga hanya memberikan gambaran. Misalnya, penelitian telah menghasilkan kemampuan AI yang kuat, dan karena efek utamanya pada keseluruhan waktu dan biaya tenaga kerja, gudang telah berkembang menjadi bagian penting dari logistik dan manajemen rantai pasokan (Zhang, *et al.*, 2021).

### Model Pengukuran

Praktik penyelidikan model yang difokuskan pada indikator yang menjelaskan suatu variabel pada dasarnya adalah menggunakan model

pengukuran. Berikut Tabel 6. Model Pengukuran.

Tabel 6. Model Pengukuran

No	Model	Jumlah Riset	Sumber
1	<i>Data Algoritma sistem</i>	7	(Zhang, <i>et al.</i> , 2021), (Tokat, <i>et al.</i> , 2022), (AlAlawin, <i>et al.</i> , 2022), (Tan, <i>et al.</i> , 2021), (Manna, <i>et al.</i> , 2021), (Lian, <i>et al.</i> , 2020), (Zivicnjak, <i>et al.</i> , 2022).
2	<i>Simulasi</i>	4	(Reda, <i>et al.</i> , 2022), (Ferrari, <i>et al.</i> , 2022), (Reza, <i>et al.</i> , 2020), (Pawar, <i>et al.</i> , 2022).
3	<i>Technology Organization Environment (TOE)</i>	1	(Mahroof, <i>et al.</i> , 2019).
4	Domain	1	(Van Geest, <i>et al.</i> , 2021).
5	Jaringan Syaraf Tiruan (JST)	1	(Opalic, <i>et al.</i> , 2020).

Sumber: *Pengolahan Data, 2023*

Berdasarkan Tabel 6. Model Pengukuran dapat dijelaskan bahwa mengelola data fuzzy, k-means, dan algoritma sistem lainnya adalah yang paling umum. Solusi optimal (global) untuk masalah optimisasi dalam ruang pencarian dimensi ditentukan menggunakan *Algoritma Evolusi Diferensial* (DE). Mengetahui jumlah sumber daya yang diperlukan untuk menjalankan algoritme dalam masalah sangat bergantung pada seberapa menuntut program secara komputasi (Manna, *et al.*, 2021).

### Diskusi

Kecerdasan buatan adalah otaknya, dan aktivitas yang dilakukan di gudang adalah keluarannya, sehingga ilmu penerapan AI pada pembangunan gudang tidak dapat dipisahkan. (ATS). Untuk menggantikan gudang manual dan mengotomatisasi prosedur penyimpanan, ATS dikembangkan (Zhang, *et al.*, 2021). Efektivitas rekomendasi pengoptimalan yang diberikan telah dibuktikan oleh aktivitas kecerdasan buatan berdasarkan simulasi penggunaannya

dengan FlexSim. Sementara itu, redistribusi pekerja disarankan karena studi di business analyzer mengungkapkan bahwa terlalu banyak karyawan di beberapa prosedur gudang (Zivicnjak, *et al.*, 2022).

Meskipun merupakan sebagian kecil dari semua studi di bidang ini, penelitian pergudangan masih merupakan aspek yang belum dipelajari dari penelitian rantai pasokan secara keseluruhan. Namun, menurut penelitian gudang yang tersedia, faktor-faktor yang memengaruhi adopsi kecerdasan buatan di gudang sebagian besar diabaikan demi desain, kinerja, dan pemanfaatan teknologi gudang (Mahroof, *et al.*, 2019). Pendekatan desain arsitektur berbasis domain dan penggunaan pengetahuan desain arsitektur, pergudangan cerdas berupaya meningkatkan kualitas layanan, produktivitas, dan efisiensi keseluruhan sekaligus mengurangi biaya dan kegagalan. Model domain yang mendukung desain arsitektur gudang cerdas dan dapat mengkarakterisasi berbagai jenis gudang (Van Geest, *et al.*, 2021).

Selanjutnya Penggerak utama dalam menilai strategi perusahaan adalah pengukuran kinerja. Mengukur keadaan saat ini adalah langkah pertama dalam proses peningkatan kinerja. Kinerja pemuatan gudang diukur menggunakan KPI berbantuan kecerdasan buatan, dan analisis dilakukan tergantung pada berbagai keadaan. KPI yang diusulkan menggunakan metode fuzzy c-way yang dapat berdampak langsung pada layanan pelanggan Kualitas dalam manajemen gudang sangat penting untuk implementasinya karena kepentingan ekonominya (Tokat, *et al.*, 2022). Dampak dari mengubah beberapa faktor diperiksa, kebijakan optimal menjadi sasaran analisis sensitivitas, dan hasil yang mendalam ditarik bersama dengan rekomendasi untuk studi lebih lanjut. (Manna, *et al.*, 2021).

#### 4. KESIMPULAN

Jurnal utama adalah IFAC-PapersOnLine (publikasi Elsevier), dan sebagian besar penelitian dilakukan di China. Mayoritas penelitian menggunakan penelitian berbasis kuantitatif karena lebih banyak membahas tentang pemodelan sistem, pemrograman, algoritma pemrograman, simulasi, dan sejenisnya, yang kesemuanya itu membutuhkan angka-angka yang tepat yang diolah atau diolah lebih lanjut menggunakan statistik. Algoritma sistem dan *Automated Guided Vehicle (AGV)*

merupakan variabel yang sering ditemukan pada variabel independen, sedangkan variabel dependen adalah total waktu penyelesaian proses dan kecerdasan buatan dengan rata-rata efek positif dan substansial. Data algoritme sistem berisi model pengukuran yang paling umum, dan model pengukuran simulasi berada di urutan kedua.

Salah satu elemen kunci dari sebuah penelitian adalah kebaruan penelitian berikutnya yang dapat ditentukan dengan membandingkannya dengan tahun-tahun penelitian sebelumnya sehingga dapat menjadi tolok ukur yang lebih komprehensif untuk penelitian selanjutnya tentang penerapan model kecerdasan buatan di gudang. Karena penelitian dari tahun 2018 hingga 2022 masih sedikit, terutama model yang jarang digunakan seperti *Artificial Neural Networks (ANN)* dan pendekatan yang ada, termasuk optimasi, fuzzy c-means clustering (FCM)/logika fuzzy, dan metaheuristik atau heuristik, masih dipelajari dengan buruk. namun pembahasan topik ini meningkat dalam beberapa tahun terakhir, terdapat peluang besar untuk studi tambahan, terutama di bidang ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- AlAlawin, A. H., AlAlaween, W. H., Salem, M. A., Mahfouf, M., Albashabsheh, N. T., & He, C. (2022). A fuzzy logicbased assessment algorithm for developing a warehouse assessment scheme. *Computers & Industrial Engineering*, 168, 108088. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2022.108088>
- Ferrari, A., Zenezini, G., Rafele, C., & Carlin, A. (2022). A Roadmap towards an Automated Warehouse Digital Twin: current implementations and future developments. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 1899–1905. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.676>
- Lian, Y., Xie, W., & Zhang, L. (2020). A probabilistic time-constrained based heuristic path planning algorithm in warehouse multi-AGV systems. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 2538–2543. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.293>
- Mahroof, K. (2019). A human-centric perspective exploring the readiness towards smart warehousing: The case of a large retail distribution warehouse.



- International Journal of Information Management*, 45, 176–190.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.11.008>
- Manna, A. K., Akhtar, M., Shaikh, A. A., & Bhunia, A. K. (2021). Optimization of a deteriorated two-warehouse inventory problem with all-unit discount and shortages via tournament differential evolution. *Applied Soft Computing*, 107. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107388>
- Opalic, S. M., Goodwin, M., Jiao, L., Nielsen, H. K., Pardiñas, Á. Á., Hafner, A., & Kolhe, M. L. (2020). ANN modelling of CO2 refrigerant cooling system COP in a smart warehouse. *Journal of Cleaner Production*, 260. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120887>
- Pawar, N. S., Rao, S. S., & Adil, G. K. (2022). A New Measure for Scattering of Stocks in E-commerce Warehouses. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 1357–1362. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.579>
- Raza, B., Aslam, A., Sher, A., Malik, A. K., & Faheem, M. (2020). Autonomic performance prediction framework for data warehouse queries using lazy learning approach. *Applied Soft Computing Journal*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106216>
- Reda, M., Onsy, A., Elhosseini, M. A., Haikal, A. Y., & Badawy, M. (2022). A discrete variant of cuckoo search algorithm to solve the Travelling Salesman Problem and path planning for autonomous trolley inside warehouse. *Knowledge-Based Systems*, 252, 109290. <https://doi.org/10.1016/J.KNOSYS.2022.109290>
- Tan, Z., Li, H., & He, X. (2021). Optimizing parcel sorting process of vertical sorting system in e-commerce warehouse. *Advanced Engineering Informatics*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101279>
- Tokat, S., Karagul, K., Sahin, Y., & Aydemir, E. (2022). Fuzzy c-means clustering-based key performance indicator design for warehouse loading operations. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(8), 6377–6384. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.08.003>
- van Geest, M., Tekinerdogan, B., & Catal, C. (2021). Design of a reference architecture for developing smart warehouses in industry 4.0. *Computers in Industry*, 124. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103343>
- Zhang, D., Pee, L. G., & Cui, L. (2021). Artificial intelligence in E-commerce fulfillment: A case study of resource orchestration at Alibaba's Smart Warehouse. *International Journal of Information Management*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102304>
- Živičnjak, M., Rogić, K., & Bajor, I. (2022). Case-study analysis of warehouse process optimization. *Transportation Research Procedia*, 64, 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.09.026>