



ANALISIS PERANAN KONSEP ALJABAR LINEAR DALAM PENGEMBANGAN SISTEM KECERDASAN BUATAN (AI)

Nurjanah¹✉, Firda Amelia², Annisa Febriana³, Qisty Kinanti Sidiq⁴

Info Artikel

Article History:

Received December 2024

Revised December 2025

Accepted December 2025

Keywords:

Artificial Intelligence, Linear Algebra, Systematic Literature Review

How to Cite:

Nurjanah, Amelia, F., Febriana, A., Sidiq, Q, K. (tahun). Analisis Peran Konsep Aljabar Linear dalam Pengembangan Sistem Kecerdasan Buatan (AI). *Jurnal Silogisme: Kajian Ilmu Matematika dan Pembelajarannya*, 10 (2), halaman (101-110).

Abstrak

Aljabar linear merupakan salah satu cabang matematika yang berperan fundamental dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran aljabar linear dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan. Metode yang digunakan adalah penelitian kualitatif dengan pendekatan Systematic Literature Review terhadap artikel ilmiah yang terindeks pada database Scopus. Analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu identifikasi artikel berdasarkan kata kunci yang relevan, penyaringan menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi, serta analisis mendalam terhadap konten artikel terpilih untuk mengidentifikasi peran, kontribusi, dan konteks penggunaan aljabar linear dalam pengembangan AI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsep aljabar linear, seperti matriks, nilai eigen, SVD, dan fungsi Mittag-Leffler, berperan penting dalam representasi data, optimasi algoritma, dan analisis stabilitas sistem. Representasi matriks mendukung pengolahan data besar, transformasi linier seperti PCA mengurangi dimensi data, dan optimasi aljabar linear meningkatkan kecepatan konvergensi model serta mengurangi kesalahan komputasi. Dengan demikian, aljabar linear tidak hanya menjadi dasar teoritis tetapi juga alat praktis untuk mendukung pengembangan sistem AI yang lebih stabil, efisien, dan andal.

Abstract

Linear algebra is a fundamental branch of mathematics that plays a crucial role in the development of artificial intelligence (AI) systems. This study aims to analyze the role of linear algebra concepts in the development of artificial intelligence systems. This research employed a qualitative method using a Systematic Literature Review (SLR) approach on scientific articles indexed in the Scopus database. Data analysis was conducted through several stages, including article identification based on relevant keywords, screening using inclusion and exclusion criteria, and an in-depth content analysis of selected articles to identify the roles, contributions, and contexts of linear algebra concepts. The results showed that linear algebra concepts, such as matrices, eigenvalues, SVD, and Mittag-Leffler functions, play an important role in data representation, algorithm optimization, and system stability analysis. Matrix representations support big data processing, linear transformations such as PCA reduce data dimensionality, and linear algebra optimizations improve model convergence speed and reduce computational errors. Thus, linear algebra is not only a theoretical basis but also a practical tool to support the development of more stable, efficient, and reliable AI systems.

PENDAHULUAN

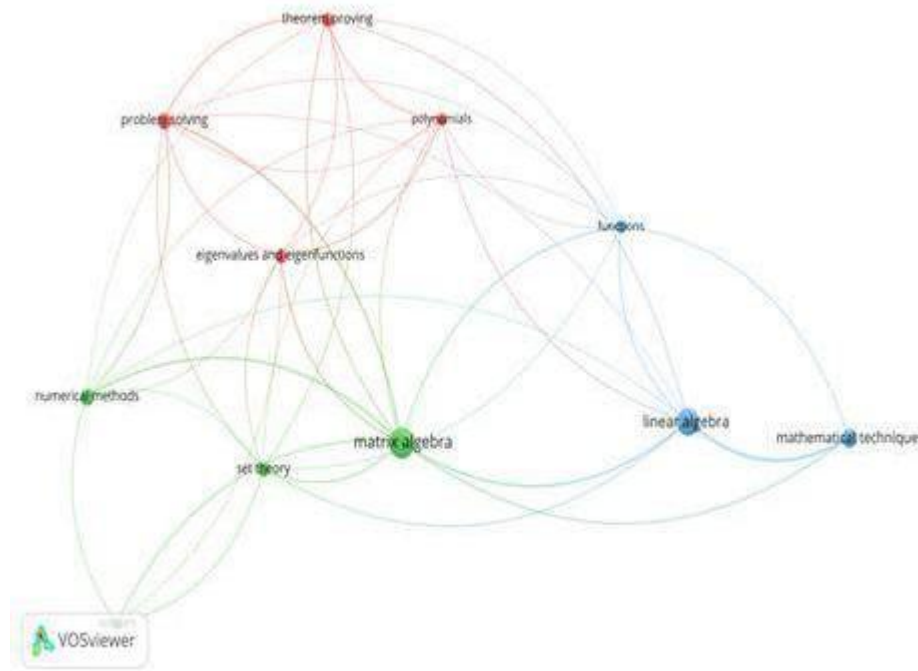
Dalam beberapa tahun terakhir ini, Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence) telah mengalami perkembangan pesat dan membawa dampak besar pada berbagai bidang kehidupan, termasuk dalam bidang pendidikan. Dalam konteks pendidikan, kecerdasan buatan dapat memberikan kontribusi yang beragam, mulai dari perbaikan dalam proses pembelajaran hingga personalisasi pengalaman belajar (Rifky, 2024). Kecerdasan buatan adalah kemampuan mesin untuk melakukan tugas-tugas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia. Kecerdasan buatan atau lebih dikenal dengan artificial intelligence (AI) adalah program komputer yang dirancang dan dibangun untuk dapat meniru kecerdasan manusia, termasuk kemampuan pengambilan keputusan, logika, dan karakteristik kecerdasan lainnya. Kecerdasan buatan (AI) ini juga merupakan cabang ilmu komputer yang berfokus kepada pengembangan sistem komputer yang mampu melakukan tugas layaknya manusia. Tujuan utama dari kecerdasan buatan adalah membuat mesin yang dapat belajar, memahami, merencanakan dan beradaptasi sehingga dapat menyelesaikan tugas-tugas secara mandiri. Seorang ilmuwan komputer yaitu Professor John McCarthy diketahui sebagai tokoh yang memperkenalkan konsep kecerdasan buatan (AI) pada tahun 1956 (Karyadi, 2023).

Perkembangan kecerdasan buatan pun tidak lepas dari kontribusi berbagai cabang ilmu matematika. Matematika menjadi dasar penting bagi kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin, dalam hal menyediakan alat dan cara kerja yang diperlukan untuk membuat algoritma dan model. Selain itu, kecerdasan buatan sangat mengandalkan matematika dalam merancang algoritma dan model yang dapat belajar dari data, memperkirakan hasil, serta menyelesaikan masalah-masalah kompleks. Beberapa peneliti mengungkapkan bahwa kemampuan berpikir matematis dapat membantu seseorang mengaktualisasikan apa yang dipikirkannya menjadi lebih sederhana menggunakan simbol-simbol, variabel (Zulkipli, 2023).

Salah satu cabang matematika yang berperan penting dalam kecerdasan buatan adalah aljabar linear. Aljabar linear berfungsi sebagai dasar dari berbagai algoritma yang menggerakkan kecerdasan buatan, seperti vektor, matriks, dan transformasi linear. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai konsep ini penting bagi siswa untuk mempersiapkan mereka menghadapi tantangan di era digital. Penguasaan konsep aljabar menjadi tuntutan penting dalam pendidikan Indonesia, di mana siswa diharapkan mampu menggunakan konsep tersebut dalam berbagai konteks, termasuk dalam aplikasi teknologi seperti AI (Nggaba, 2021). Kesiapan siswa dalam memahami aljabar linear sangat berpengaruh terhadap kemampuan mereka dalam menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan sistem persamaan linear, yang merupakan dasar dari banyak algoritma AI (Munthe & Hakim, 2022).

Meskipun perkembangan AI telah menciptakan peluang besar di berbagai bidang, tantangan matematis dalam perancangan algoritma dan model sering menjadi hambatan utama. Pemahaman yang mendalam tentang konsep aljabar linear tidak hanya membantu meningkatkan efisiensi dan akurasi algoritma AI tetapi juga membuka peluang untuk inovasi lebih lanjut. Di dunia pendidikan, pembelajaran aljabar linear yang relevan dengan aplikasi AI masih minim (Nggaba, 2021). Hal ini menciptakan kesenjangan antara teori dan praktik, yang pada akhirnya dapat membatasi pengembangan kemampuan siswa, mahasiswa dan praktisi dalam menghadapi tantangan di dunia kerja. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk memberikan wawasan baru yang dapat memperkuat integrasi aljabar linear dalam pengembangan sistem AI, baik dari sisi akademis maupun aplikasinya di dunia nyata.

Untuk memahami perkembangan dan keterkaitan berbagai konsep yang relevan dengan aljabar linear dan kecerdasan buatan, analisis bibliometrik menjadi alat yang sangat berguna. Salah satu alat yang digunakan dalam analisis ini adalah *VOSviewer* seperti Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Hasil Visualisasi dari VOSViewer

Gambar 1 menunjukkan beberapa kluster utama yang saling terhubung, seperti *matrix algebra*, *linear algebra*, *numerical methods*, dan *problem solving*. Kluster-kluster ini menyoroti peran penting aljabar linear, terutama dalam hal penggunaan matriks, transformasi linear, dan algoritma numerik, yang menjadi fondasi dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan. Hubungan erat antara konsep ini mencerminkan bagaimana aljabar linear tidak hanya mendasari teori tetapi juga aplikasi praktisnya dalam AI, seperti pembelajaran mesin dan analisis data.

Melalui visualisasi ini, terlihat jelas bahwa aljabar linear, khususnya konsep seperti matriks dan transformasi linear, memainkan peran sentral dalam berbagai algoritma AI. Hal ini menegaskan urgensi penelitian yang berfokus pada peran aljabar linear dalam mengembangkan model dan sistem AI. Selain itu, analisis ini memberikan panduan bagi peneliti untuk menjelajahi lebih jauh keterkaitan konsep-konsep utama dalam bidang kecerdasan buatan dan matematika, serta menemukan peluang penelitian baru.

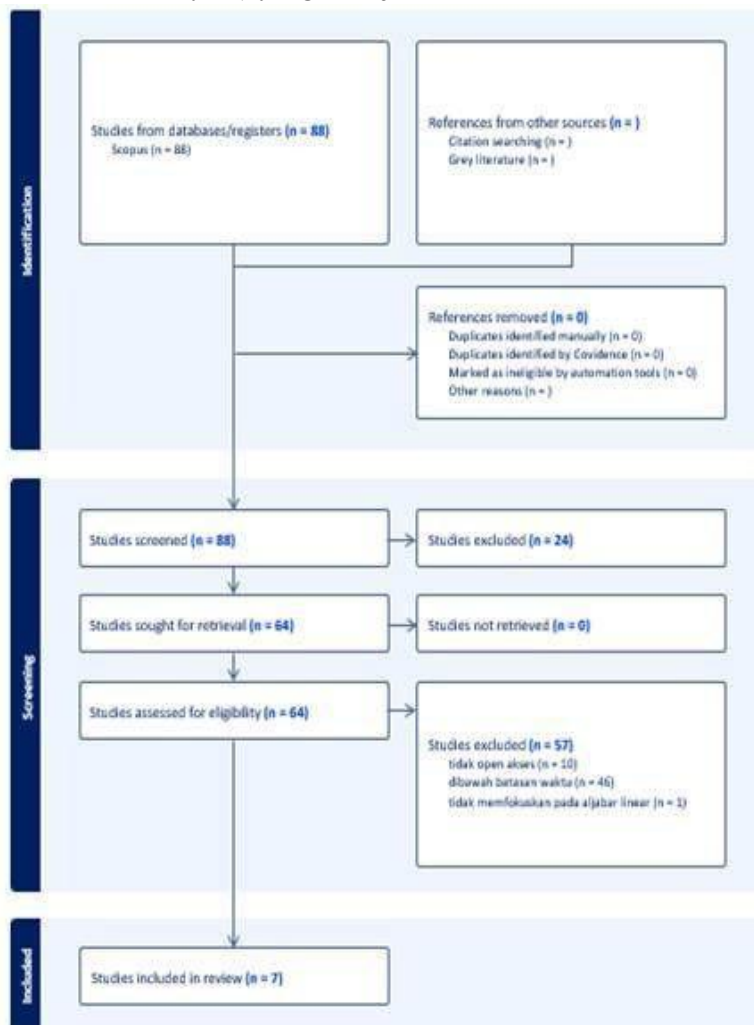
Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah: 1) Apa peran konsep aljabar linear dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan?, 2) Bagaimana kontribusi konsep aljabar linear terhadap desain dan implementasi sistem kecerdasan buatan?, dan 3) Dalam konteks apa konsep aljabar linear digunakan dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan, dan bagaimana hal ini mempengaruhi performa sistem?

Artikel ini bertujuan memberikan pemahaman mengenai peran konsep aljabar linear dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan (AI), menawarkan wawasan yang bermanfaat bagi peneliti, praktisi, dan pelajar. Dengan memahami secara mendalam kontribusi aljabar linear terhadap kecerdasan buatan, individu dapat lebih terampil dalam merancang dan menyempurnakan model AI, sekaligus mendorong inovasi dan membantu menemukan solusi baru untuk berbagai permasalahan kompleks.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan pendekatan Systematic Literature Review (SLR), yang bertujuan untuk menganalisis peranan konsep aljabar linear dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan (AI). Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2024-2025. Target penelitian ini adalah mengidentifikasi penggunaan konsep aljabar linear pada berbagai metode atau

algoritma dalam kecerdasan buatan, yang meliputi pengolahan data, pembelajaran mesin, dan jaringan saraf. Subjek penelitian ini adalah artikel ilmiah yang dipublikasikan di jurnal dalam database Scopus yang membahas tentang aljabar linear dan penerapannya dalam pengembangan kecerdasan buatan. Subjek penelitian diperoleh melalui identifikasi kata kunci, kriteria inklusi dan eksklusi, serta proses penyaringan. Prosedur penelitian mengikuti kerangka PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) yang ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. PRISMA Alur Seleksi Artikel

Identification

Peneliti mencari artikel menggunakan kata kunci *linear algebra* dan *artificial intelligence* di database Scopus, menghasilkan 88 artikel awal.

Screening

Peneliti menyeleksi kesesuaian 88 artikel tersebut dengan topik yang penelitian. Sebanyak 24 artikel memiliki judul dan abstrak yang kurang relevan, sehingga diperoleh 64 artikel terpilih.

Eligibility

Artikel yang terpilih dianalisis lebih mendalam untuk mengidentifikasi peranan konsep aljabar linear dalam pengembangan AI. Analisis mencakup aksesibilitas, hasil dan pembahasan, serta tahun publikasi. Dari 64 artikel, 10 diantaranya tidak memiliki akses terbuka, 46 diterbitkan lebih dari lima tahun lalu, dan 1 artikel yang tidak secara spesifik membahas peran konsep aljabar linear dalam pengembangan AI. Dengan demikian, tujuh artikel dinyatakan memenuhi kriteria inklusi dan dipilih untuk dianalisis lebih lanjut.



Included

Peneliti melakukan mendalam dan mengorganisasikan 7 artikel terpilih untuk menjawab pertanyaan penelitian.

HASIL

Berdasarkan analisis secara mendalam pada 7 artikel yang relevan dengan tema yang diteliti, peneliti merangkum hasil analisis terkait dengan peran konsep aljabar linear yang digunakan dalam pengembangan AI pada Tabel 1, kontribusi konsep aljabar linear dalam pengembangan AI pada Tabel 2, dan pengaruh performa sistem dalam pengembangan AI pada Tabel 3.

Tabel 1. Peranan Aljabar Linear Dalam Pengembangan Kecerdasan (AI)

<i>Peneliti</i>	<i>Judul Penelitian</i>	<i>Hasil Penelitian</i>
(A.Thirumalai, K. Muthunagai, dan M. Kaliyappan.)	Fractional Differential Equations and Matrix Bicomplex Two-parameter Mittag-Leffler Functions	Penelitian ini membahas pengembangan fungsi Mittag-Leffler matriks dalam konteks aljabar bicomplex dan persamaan diferensial fraksional yang merupakan konsep aljabar linear. Matriks digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial yang merupakan komponen penting dalam algoritma AI. Dalam AI operasi matriks sering digunakan untuk representasi data dan transformasi.
(Peter B. Denton, Stephen J. Parke, Terence Tao, dan Xining Zhang)keterangan gambar, teks dalam tabel,	Eigenvectors from Eigenvalues : A Survey of a Basic Identity in Linear Algebra	Penelitian ini memperkenalkan identitas eigenvektor-nilai eigen yang mengaitkan komponen dari unit eigenvektor dan minor yang dihasilkan dengan menghapus baris dan kolom tertentu. Penelitian ini memberikan kesimpulan pentingnya hubungan antara nilai eigen dan komponen eigenvektor serta relevansinya dalam berbagai aplikasi matematis yang pada akhirnya berkontribusi pada pengembangan teknik-teknik dalam kecerdasan buatan (AI).
(Pascal Koiran)	On the Uniqueness and Computation of Commuting Extensions	Penelitian ini memperkenalkan definisi “Commuting Extension” yaitu sekumpulan matriks yang saling komutatif dan memiliki submatriks tertentu dibagian atas kiri. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi keunikan dan algoritma untuk menghitung Commuting Extension” dari matriks. Dalam AI, data sering dipresentasikan dalam bentuk matriks. Commuting Extension” dapat digunakan untuk memahami dan mengelola struktur matriks yang lebih kompleks, yang berguna dalam representasi data multidimensi.
(Jianguo Zhao)	Notes On Majorizations For Singular Values	Penelitian ini membahas tentang majorisasi pada nilai singular dan produk serta jumlah matriks. Dimana konsep ini digunakan untuk membandingkan dua vektor berdasarkan urutan elemen-elemen vektor. Majorisasi dapat digunakan untuk mengoptimalkan fungsi objektif dalam algoritma pembelajaran mesin, dimana pengoptimalan sering kali melibatkan manipulasi matriks dan analisis nilai singular. Penelitian ini juga membahas aspek stabilitas sistem dalam konteks kontrol yang merupakan bagian penting dari AI terutama dalam pengembangan otonom dan robotika. Oleh karena itu memahami bagaimana matriks berinteraksi melalui majorisasi dapat membantu dalam merancang sistem yang lebih stabil dan efisien.
(Dustin Ruda, et all)	Very Fast Finite Element Poisson Solvers On Lower Precision Accelerator Hardware : A Proof Of Concept Study For Nvidia Tesla V100	Penelitian ini membahas tentang pengembangan algoritma untuk menyelesaikan persamaan poisson menggunakan perangkat keras akselerator modern, khususnya GPU NVIDIA Tesla V100. Penelitian ini juga membahas bagaimana kesalahan total dalam solusi numerik terdiri dari kesalahan diskretisasi dan kesalahan komputasi. Dengan mengelola angka kondisi matriks kelakuan, penulis menunjukkan bahwa mesh halus dapat digunakan tanpa mengorbankan akurasi. Dalam AI, terutama dalam pelatihan model efisiensi komputasi sangat penting. Penelitian ini menunjukkan bagaimana algoritma yang memanfaatkan prehandling dapat meningkatkan kinerja komputasi pada perangkat keras modern. Hal ini relevan untuk



		pengembangan algoritma AI yang memerlukan pemrosesan data besar secara efisien.
(Klau Jansen, Kim-Manual Klein, dan Alexandra Lassota)	The Double Exponential Runtime is Tight For 2-Stage Stochastic ILPs	Penelitian ini membahas tentang kompleksitas algoritma untuk menyelesaikan Integer Linear Programming (ILPs), khususnya pada 2-stage stochastic ILPs. penelitian ini menunjukkan bahwa waktu eksekusi algoritma untuk menyelesaikan masalah ini adalah double exponential, yang berarti bahwa algoritma yang ada saat ini hampir optimal. 2-stage stochastic Integer Linear Programming (ILPs) digunakan untuk memodelkan masalah pengambilan keputusan dimana ketidakpastian hadir. Dalam AI, banyak aplikasi seperti perencanaan dan pengendalian sistem yang memerlukan model yang dapat menangani ketidakpastian dan variabilitas dalam data atau lingkungan. Penelitian ini memberikan kerangka kerja matematis yang dapat digunakan untuk merancang algoritma AI yang lebih efisien dalam situasi tersebut.
Yongtao Li, Yang Huang, Lihua Feng, Weijun Liu	Some applications of two completely copositive maps	Penelitian ini membahas peran aljabar linear dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan (AI). Konsep aljabar linear berkontribusi signifikan terhadap desain dan implementasi AI tentang aplikasi konsep peta kopositif lengkap (completely copositive maps), terutama dalam pengolahan data dan algoritma pembelajaran mesin. Aljabar linear digunakan dalam konteks representasi data, transformasi, dan optimasi model, yang mempengaruhi performa sistem AI secara keseluruhan. Melalui penggunaan matriks dan vektor, aljabar linear memungkinkan efisiensi dalam komputasi dan analisis data besar, yang esensial untuk pengembangan AI yang handal dan efektif

Tabel 2. Kontribusi Konsep Aljabar Linear terhadap Desain dan Implementasi Sistem Kecerdasan Buatan

<i>Peneliti</i>	<i>Judul Penelitian</i>	<i>Hasil Penelitian</i>
(A.Thirumalai, K. Muthunagai, dan M. Kaliyappan.)	Fractional Differential Equations and Matrix Bicomplex Two-parameter Mittag-Leffler Functions	Penelitian ini menunjukkan empat kontribusi utama aljabar linear terhadap AI. Pertama, aljabar linear digunakan untuk merepresentasikan data dalam bentuk vektor dan matriks, memudahkan operasi matematis dalam pembelajaran mesin. Kedua, aljabar linear mendukung transformasi seperti Transformasi Fourier dan PCA, yang meningkatkan performa model AI. Ketiga, persamaan diferensial fraksional dengan fungsi Mittag-Leffler digunakan untuk memodelkan sistem dinamis dengan perilaku kompleks dan non-linear. Terakhir, fungsi Mittag-Leffler bicomplex menawarkan solusi adaptif untuk menyelesaikan persamaan diferensial fraksional dalam sistem linear dengan parameter kompleks.
(Peter B. Denton, Stephen J. Parke, Terence Tao, dan Xining Zhang)keterangan gambar, teks dalam tabel,	Eigenvectors from Eigenvalues : A Survey of a Basic Identity in Linear Algebra	Penelitian ini mengidentifikasi tiga kontribusi utama aljabar linear terhadap AI. Pertama, identitas Eigenvector-Eigenvalue memberikan wawasan baru tentang struktur dan sifat eigenvector melalui hubungan dengan nilai eigen dari matriks minor. Kedua, dalam sistem dinamis, analisis nilai dan vektor eigen membantu memahami stabilitas sistem, memungkinkan perancang untuk meramalkan perilaku sistem. Ketiga, diagonalization digunakan untuk menyederhanakan perhitungan dan analisis sistem linear dengan mengekspresikan matriks dalam bentuk yang lebih sederhana.
(Pascal Koiran)	On the Uniqueness and Computation of Commuting Extensions	Penelitian ini mengidentifikasi empat kontribusi utama konsep aljabar linear terhadap AI. Pertama, pemahaman struktur matriks melalui commuting extensions membantu merancang algoritma yang lebih efisien dan stabil. Kedua, pengembangan algoritma komputasi efisien mempercepat pelatihan model dengan mengoptimalkan struktur data yang digunakan. Ketiga, aplikasi commuting extensions dalam teori kompleksitas aljabar memungkinkan analisis algoritma yang mendukung pengembangan sistem AI lebih cepat. Terakhir, generalisasi hasil melalui teorema generik memungkinkan algoritma diterapkan pada berbagai jenis matriks, sehingga meningkatkan fleksibilitas metode dalam



		berbagai Konteks.
(Jianguo Zhao)	Notes On Majorizations For Singular Values	Penelitian ini mengungkapkan enam kontribusi aljabar linear terhadap AI. Pertama, dekomposisi nilai singular membantu mengidentifikasi fitur penting dari dataset besar. Kedua, pengolahan data dan pengurangan dimensi dengan SVD menyederhanakan data tanpa kehilangan informasi, penting dalam pengenalan wajah dan citra. Ketiga, analisis robustness model menggunakan majorisasi nilai singular meningkatkan ketahanan model terhadap gangguan data. Keempat, optimasi algoritma pembelajaran mesin mempercepat konvergensi pelatihan, terutama dengan dataset besar. Kelima, evaluasi performansi model menggunakan majorisasi nilai singular untuk penyesuaian kinerja. Terakhir, aplikasi dalam teori kompleksitas mempercepat pengembangan sistem AI yang lebih efisien.
(Dustin Ruda, et all)	Very Fast Finite Element Poisson Solvers On Lower Precision Accelerator Hardware : A Proof Of Concept Study For Nvidia Tesla V100	Penelitian ini mengidentifikasi enam kontribusi aljabar linear terhadap AI. Pertama, penggunaan akselerator seperti GPU Nvidia Tesla V100 meningkatkan komputasi dalam simulasi numerikal. Kedua, prehandeling stiffness matrix untuk Poisson's equation mengurangi kesalahan komputasi dan mempertahankan sparsitas matriks. Ketiga, hierarchical finite elements mengurangi nilai kondisional dan kekurangan sparsitas matriks. Keempat, penggunaan GPU dan CPU meningkatkan performansi komputasi hingga 5-10 kali lebih cepat. Kelima, implementasi dense matrix operations dengan half precision meningkatkan GFLOPS hingga 125 TFLOPS. Terakhir, metode baru meningkatkan kecepatan komputasi tanpa kehilangan akurasi dibandingkan metode standar.
(Klau Jansen, Kim-Manual Klein, dan Alexandra Lassota)	The Double Exponential Runtime is Tight For 2-Stage Stochastic ILPs	Penelitian ini menunjukkan lima kontribusi aljabar linear terhadap AI. Pertama, pemrograman linier stokastik digunakan untuk memodelkan masalah keputusan dengan ketidakpastian. Kedua, penelitian ini mengidentifikasi batasan runtime eksponensial ganda pada pemrograman linier stokastik dua tahap. Ketiga, memberikan dasar untuk meningkatkan algoritma pembelajaran mesin berbasis optimasi. Keempat, merancang solusi yang lebih robust untuk keputusan dibawah ketidakpastian. Terakhir, menyediakan kerangka kerja untuk menganalisis kinerja algoritma dalam konteks pemrograman linier stokastik.
Yongtao Li, Yang Huang, Lihua Feng, Weijun Liu	Some applications of two completely copositive maps	Penelitian ini mengidentifikasi lima kontribusi aljabar linear terhadap AI. Pertama, pemetaan copositive digunakan untuk memodelkan masalah dengan matriks positif dan non-negatif, yang sering muncul dalam pembelajaran mesin. Kedua, pemahaman peta copositive membantu merancang solusi optimasi yang lebih efektif. Ketiga, teori matriks dan stabilitas peta copositive meningkatkan robustnya algoritma AI. Keempat, peta copositive digunakan dalam pemodelan masalah stokastik terkait ketidakpastian. Terakhir, analisis kinerja algoritma yang menggunakan peta copositive penting untuk evaluasi dan perbaikan efektivitas algoritma AI.

Tabel 3. Konteks Penggunaan Konsep Aljabar Linear dalam Pengembangan Sistem Kecerdasan Buatan dan Dampaknya pada Performa Sistem

<i>Peneliti</i>	<i>Judul Penelitian</i>	<i>Hasil Penelitian</i>
(A.Thirumalai, K. Muthunagai, dan M. Kaliyappan.)	Fractional Differential Equations and Matrix Bicomplex Two-parameter Mittag-Leffler Functions	Penelitian oleh Thirumalai et al. (2023) menjelaskan penggunaan aljabar linear dalam AI, terutama untuk transformasi matriks dan penyelesaian persamaan diferensial fraksional. Dekomposisi matriks dan fungsi Mittag-Leffler meningkatkan efisiensi komputasi, memungkinkan perhitungan lebih cepat pada model kompleks. Hal ini juga mendukung akurasi model yang stabil dan konsisten, serta meningkatkan kemampuan generalisasi, memungkinkan sistem menangani data yang memiliki memori panjang dan ketidaklinieran, seperti pada deep learning atau simulasi fisik.
(Peter B. Denton, Stephen J. Parke, Terence Tao, dan Xining)	Eigenvectors from Eigenvalues : A Survey of a Basic Identity in Linear	Penelitian oleh Denton et al. (2022) menunjukkan bahwa aljabar linear mempercepat komputasi dalam AI melalui dekomposisi



Zhang)keterangan gambar, teks dalam tabel,	Algebra	matriks yang efisien, yang mempercepat pelatihan model. Penggunaan eigenvectors dan eigenvalues membantu menyaring dimensi data yang tidak relevan, meningkatkan akurasi model. Selain itu, eigenvalues juga menjaga stabilitas komputasi dalam algoritma optimasi, mencegah divergensi, dan memastikan konvergensi yang lebih cepat. Secara keseluruhan, aljabar linear meningkatkan kecepatan perhitungan, akurasi model, dan stabilitas, yang berkontribusi pada performa yang lebih baik dalam pengembangan AI.
(Pascal Koiran)	On the Uniqueness and Computation of Commuting Extensions	Penelitian oleh Koiran (2024) menekankan pentingnya aljabar linear dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem kecerdasan buatan (AI). Penggunaan matriks komutatif dan ekstensi komutatif membantu mengoptimalkan algoritma AI dan mempercepat perhitungan kompleks. Komputasi tensor yang efisien juga memungkinkan pengolahan data besar lebih cepat. Secara keseluruhan, aljabar linear meningkatkan stabilitas perhitungan, mengurangi kesalahan numerik, dan meningkatkan performa sistem AI, termasuk dalam komputasi kuantum.
(Jianguo Zhao)	Notes On Majorizations For Singular Values	Penelitian ini menunjukkan bahwa aljabar linear, khususnya analisis nilai singular dan eigen pada matriks, memainkan peran penting dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan. Aljabar linear membantu memahami sifat matriks semidefinit positif dan struktur blok, yang sangat relevan dalam pemrosesan data besar, optimasi, dan pembelajaran mesin. Dampaknya terhadap performa sistem AI mencakup peningkatan efisiensi komputasi dan kestabilan numerik, dengan menggunakan ketidaksamaan nilai singular dan majorisasi untuk mempercepat perhitungan, mengurangi kompleksitas, dan meminimalkan kesalahan numerik. Hal ini berkontribusi pada algoritma yang lebih cepat dan lebih akurat dalam sistem kecerdasan buatan.
(Dustin Ruda, et all)	Very Fast Finite Element Poisson Solvers On Lower Precision Accelerator Hardware : A Proof Of Concept Study For Nvidia Tesla V100	Penelitian ini menunjukkan bahwa aljabar linear memainkan peran penting dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan, terutama dalam metode numerik kompleks seperti metode elemen hingga (FEM). Penggunaan GPU modern dengan Tensor Core mempercepat operasi aljabar linear, termasuk perkalian matriks besar dan penyelesaian sistem linear, yang penting untuk algoritma AI. Teknik presisi rendah dan prehandling matriks meningkatkan efisiensi komputasi tanpa mengorbankan akurasi, mempercepat pengolahan data, dan meningkatkan performa sistem AI secara keseluruhan.
(Klau Jansen, Kim-Manual Klein, dan Alexandra Lassota)	The Double Exponential Runtime is Tight For 2-Stage Stochastic ILPs	Penelitian ini membahas kompleksitas algoritma dalam Integer Linear Programming (ILP) stokastik dua tahap dan menyoroti pentingnya aljabar linear dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan (AI). Meskipun tidak secara langsung terkait dengan AI, aljabar linear digunakan dalam representasi dan pemrosesan data melalui vektor dan matriks, yang mendasari berbagai operasi dalam jaringan saraf dan algoritma machine learning. Operasi aljabar linear, seperti perkalian matriks dan transformasi linear, berperan penting dalam mempercepat komputasi dan meningkatkan stabilitas numerik, yang secara langsung mempengaruhi performa sistem AI, terutama dalam pengolahan data skala besar.
Yongtao Li, Yang Huang, Lihua Feng, Weijun Liu	Some applications of two completely copositive maps	Penelitian ini menekankan pentingnya aljabar linear, terutama peta copositive dan matriks blok positif semidefinit, dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan (AI). Konsep-konsep ini digunakan dalam representasi data dan optimasi AI, memastikan stabilitas dan akurasi model. Peta copositive mendukung stabilitas solusi algoritma, sementara ketidaksamaan jejak meningkatkan efisiensi pelatihan model. Dalam komputasi kuantum, prinsip ini juga berkontribusi pada algoritma kuantum yang efisien. Secara keseluruhan,

PEMBAHASAN

Berdasarkan Tabel 1, konsep aljabar linear berperan penting dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan (AI) melalui berbagai aplikasi dalam representasi data, optimasi algoritma, analisis sistem, dan peningkatan efisiensi komputasi. Konsep seperti matriks, nilai eigen dan majorisasi digunakan untuk analisis data besar, stabilitas sistem serta pengendalian ketidakpastian. Penelitian ini juga mendukung pemanfaatan perangkat keras modern, menjadikan aljabar linear sebagai dasar pengembangan AI yang lebih canggih dan efisien. Temuan ini sejalan dengan teori aljabar linear yang menyatakan bahwa representasi data dalam bentuk vektor dan matriks merupakan fondasi utama dalam pemodelan komputasi modern. Menurut Denton et al. (2022), konsep nilai eigen dan eigenvektor berperan penting dalam memahami struktur data dan stabilitas sistem linear, yang banyak diterapkan dalam algoritma pembelajaran mesin. Selain itu, Zhao (2022) menegaskan bahwa analisis nilai singular dan struktur matriks berkontribusi terhadap kestabilan numerik dan efisiensi komputasi, sehingga relevan dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan yang andal.

Berdasarkan Tabel 2, konsep aljabar linear memiliki beragam kontribusi dalam desain dan implementasi sistem kecerdasan buatan, yakni sebagai representasi data dan transformasi, analisis sistem dinamis optimasi dan efisiensi algoritma, pemodelan masalah kompleks, dan evaluasi serta robustness model. Dengan pemanfaatan perangkat keras modern dan kerangka kerja matematis yang canggih, aljabar linear tidak hanya menjadi dasar teoritis, tetapi juga alat praktis yang mendorong inovasi AI di era data besar. Secara teoretis, kontribusi aljabar linear terhadap desain dan implementasi sistem AI berkaitan erat dengan prinsip transformasi linear dan optimasi matematika. Transformasi seperti dekomposisi matriks dan reduksi dimensi memungkinkan penyederhanaan data tanpa kehilangan informasi penting, yang merupakan dasar dalam berbagai metode pembelajaran mesin (Zhao, 2022). Selain itu, pemrograman linier dan optimasi stokastik memberikan kerangka matematis dalam pengambilan keputusan berbasis ketidakpastian, yang banyak digunakan dalam perencanaan dan pengendalian sistem AI (Jansen et al., 2023).

Berdasarkan Tabel 3, penggunaan aljabar linear terbukti meningkatkan efisiensi komputasi, terutama melalui representasi matriks dan analisis numerik. Operasi presisi rendah, seperti yang digunakan pada perangkat keras modern (GPU), memaksimalkan efisiensi tanpa mengorbankan akurasi. Dalam pemrosesan data besar dan pembelajaran mesin, dekomposisi matriks, analisis eigenvalue, dan stabilitas numerik memastikan performa sistem yang optimal. Dari perspektif teori komputasi numerik, efisiensi dan stabilitas sistem AI sangat dipengaruhi oleh sifat matriks dan metode penyelesaian sistem linear yang digunakan. Ruda et al. (2022) menjelaskan bahwa penggunaan perangkat keras akselerator dengan operasi presisi rendah tetap dapat menghasilkan solusi yang akurat apabila didukung oleh teknik aljabar linear yang tepat. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan teori aljabar linear tidak hanya meningkatkan performa komputasi, tetapi juga menjaga kestabilan numerik dalam pemrosesan data skala besar pada sistem kecerdasan buatan.

SIMPULAN & SARAN

Simpulan

Penelitian ini berhasil menjawab rumusan masalah mengenai peran aljabar linear dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan (AI). Hasilnya menunjukkan bahwa aljabar linear adalah fondasi penting bagi berbagai algoritma AI, berkontribusi dalam representasi data, optimasi algoritma, dan peningkatan efisiensi komputasi. Dengan pemahaman yang mendalam tentang aljabar linear, individu dapat merancang model AI yang lebih efektif, mendukung inovasi, dan menyelesaikan masalah kompleks.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar peneliti melakukan studi empiris yang lebih luas mengenai penerapan aljabar linear dalam konteks nyata. Penelitian juga perlu mengeksplorasi keterkaitan antara aljabar linear dan bidang matematika lain yang relevan dengan AI. Selain itu, penting untuk mengembangkan metode pengajaran aljabar linear yang lebih aplikatif dalam pendidikan untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan di dunia kerja. Dengan langkah-langkah ini, penelitian di masa depan dapat memberikan kontribusi yang lebih signifikan terhadap pengembangan sistem kecerdasan buatan yang inovatif dan efisien.

DAFTAR RUJUKAN

- Denton, P. B., Parke, S. J., Tao, T., & Zha, X. (2022). Eigenvectors From Eigenvalues: A Survey Of A Basic Identity In Linear Algebra. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 59(1), 31–58.
- Jansen, K., Klein, K. M., & Lassota, A. (2023). The Double Exponential Runtime Is Tight For 2-Stage Stochastic ILPs. *Mathematical Programming*, 197(2), 1145–1172.
- Karyadi, B. (2023). Pemanfaatan Kecerdasan Buatan Dalam Mendukung Pembelajaran Mandiri. *Educate: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 8(2), 253–258.
- Koiran, P. (2024). On The Uniqueness And Computation Of Commuting Extensions. *Linear Algebra and Its Applications*, 703, 645–666.
- Li, Y., Huang, Y., Feng, L., & Liu, W. (2020). Some Applications Of Two Completely Copositive Maps. *Linear Algebra and Its Applications*, 590, 124–132.
- Munthe, R. T. I., & Hakim, D. L. (2022). Analisis Kemampuan Berpikir Aljabar Siswa SMP dalam Menyelesaikan Masalah Sistem Persamaan Linear Dua Variabel (SPLDV). *Prisma*, 11(2), 371–383.
- Nggaba, M. E. (2021). Kemampuan Berpikir Aljabar Siswa Dalam Menyelesaikan Masalah Matematika Berbasis Kearifan Lokal Di Kecamatan Kambera, Kabupaten Sumba Timur. *Satya Widya*, 36(2), 97–104.
- Rifky, S. (2024). Dampak Penggunaan Artificial Intelligence Bagi Pendidikan Tinggi. *Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology*, 2(1), 37–42.
- Ruda, D., Turek, S., Ribbrock, D., & Zajac, P. (2022). Very Fast Finite Element Poisson Solvers On Lower Precision Accelerator Hardware: A Proof Of Concept Study For Nvidia Tesla V100. *International Journal of High Performance Computing Applications*, 36(4), 459–474.
- Thirumalai, A., Muthunagai, K., & Kaliyappan, M. (2023). Fractional Differential Equations And Matrix Bicomplex Two-Parameter Mittag-Leffler Functions. *Mathematics and Statistics*, 11(4), 726–732.
- Zhao, J. (2022). Notes On Majorizations For Singular Values. *Operators and Matrices*, 16(4), 975–987.
- Zulkipli, Z. (2023). Hubungan Antara Kemampuan Matematika Dengan Keterampilan Pemrograman. *Jurnal Bangkit Indonesia*, 12(2), 59–64.