

Analisis Operasional dan Implementasi Struktur Matriks dalam Optimasi Data: Sebuah Kajian Teoretis dan Empiris

Zainul Akmal Zidane¹, M. Ridho Arova², M. Ridho Effendi Panjaitan³, Gerrard Sitorus⁴, Nova Aprilia⁵, Abdul Muin Sibuea⁶, Selly Annisa Binti Zulkarnain⁶

^{1,2,3,4,5}Mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik

^{6,7}Dosen Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Negeri Medan

Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatra utara 20221

E-mail: zainulakmalzidane@gmail.com¹, arovanadya@gmail.com²,

ridhopanjaitan2008@gmail.com³, gerrardsitorus@gmail.com⁴,

novaaprilialia072018@gmail.com⁵, abdulmuin@gmail.com⁶, sellyannina@gmail.com⁷

Article Info

Article history:

Received March 06, 2026

Revised March 08, 2026

Accepted March 12, 2026

Keywords:

Linear Algebra, Matrix Operations, Inverse, Transpose, Data Optimization, Singular Matrix

ABSTRACT

Matrices are fundamental tools in linear algebra, serving as a systematic framework for representing and processing complex data. This research aims to conduct a comprehensive analysis of the operational characteristics of various special types of matrices and explore their practical implementation in inventory data optimization. Using a documentation study and formal computational analysis, this study tests the validity of algebraic laws in matrix structures, including addition, multiplication, and transpose, as well as determining inverses using the adjoint and determinant methods. The primary focus of the research is directed at proving the unique properties that distinguish matrices from real number algebra, in order to provide a more precise understanding of mathematical modeling. The results show that the effectiveness and validity of matrix operations depend heavily on the consistency of order or the correspondence of dimensions between elements. Key findings in this study reveal anomalies in algebraic laws in matrices, including the non-commutative nature of multiplication ($AB \neq BA$), the failure of the cancellation law in singular matrices where $XY = XZ$ does not necessarily guarantee $Y = Z$, and the presence of zero divisors in non-zero matrices that result in zero matrices. In terms of implementation, testing on the stock dataset proves that the use of matrix operations can significantly simplify multivariable data processing, minimize the risk of human error, and improve the accuracy of economic analysis. Thus, mastering matrix structures becomes a crucial foundation for the development of modern computing systems, statistical analysis, and industrial optimization in the future.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

ABSTRACT

Article history:

Received March 06, 2026

Revised March 08, 2026

Accepted March 12, 2026

Kata Kunci:

Aljabar Linear, Operasi
Matriks, Invers, Transpose,
Optimasi Data, Matriks
Singular

Matriks merupakan instrumen fundamental dalam aljabar linear yang berfungsi sebagai kerangka kerja sistematis untuk merepresentasikan dan mengolah data kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis komprehensif terhadap karakteristik operasional berbagai jenis matriks khusus serta mengeksplorasi implementasi praktisnya dalam optimasi data inventaris. Melalui pendekatan studi dokumentasi dan analisis komputasi formal, kajian ini menguji validitas hukum-hukum aljabar pada struktur matriks, termasuk operasi penjumlahan, perkalian, transpose, hingga penentuan invers melalui metode adjoin dan determinan. Fokus utama penelitian diarahkan pada pembuktian sifat-sifat unik yang membedakan matriks dari aljabar bilangan real, guna memberikan pemahaman yang lebih presisi dalam pemodelan matematis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas dan validitas operasi matriks sangat bergantung pada konsistensi ordo atau kesesuaian dimensi antar elemen. Temuan penting dalam studi ini mengungkap adanya anomali hukum aljabar pada matriks, di antaranya adalah sifat non-komutatif pada perkalian ($AB \neq BA$), kegagalan hukum kanselasi pada matriks singular di mana $XY = XZ$ tidak serta-merta menjamin $Y = Z$, serta keberadaan pembagi nol pada matriks tak-nol yang menghasilkan matriks nol. Dalam aspek implementasi, pengujian pada dataset stok barang membuktikan bahwa penggunaan operasi matriks mampu menyederhanakan pengolahan data multivariabel secara signifikan, meminimalisir risiko human error, dan meningkatkan akurasi analisis ekonomi. Dengan demikian, penguasaan struktur matriks menjadi fondasi krusial bagi pengembangan sistem komputasi modern, analisis statistik, dan optimasi industri di masa depan.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Zainul Akmal Zidane

Universitas Negeri Medan

E-mail: zainulakmalzidane@gmail.com

PENDAHULUAN

Dalam era transformasi digital yang berkembang pesat, data tidak lagi dipandang sebagai entitas numerik tunggal yang sederhana, melainkan sebagai sekumpulan informasi kompleks yang saling terhubung dalam volume yang masif. Fenomena *Big Data* menuntut adanya instrumen matematis yang efisien untuk mengorganisasi, memproses, dan menganalisis variabel-variabel tersebut secara simultan. Di sinilah Aljabar Linear, khususnya melalui struktur matriks, memainkan peran krusial sebagai bahasa universal dalam dunia komputasi modern.

Matriks bukan sekadar susunan angka di dalam kurung siku; ia merupakan representasi formal dari sistem transformasi linear yang memungkinkan kita memetakan data dari satu dimensi ke dimensi lainnya. Dalam konteks Teknik Elektro dan informatika, implementasi matriks mencakup spektrum yang sangat luas—mulai dari pemrosesan citra digital di mana

setiap piksel direpresentasikan sebagai entri matriks, hingga algoritma *Machine Learning* yang mengandalkan operasi perkalian matriks berskala besar untuk mengenali pola data.

Namun, di balik kegunaannya yang luas, operasional matriks menyimpan karakteristik unik yang membedakannya dari aljabar skalar biasa. Ketidaktelitian dalam memahami aturan fundamental, seperti konsistensi ordo maupun sifat non-komutatif, sering kali menjadi sumber kesalahan fatal dalam pemrograman dan analisis data empiris. Oleh karena itu, pemahaman mendalam mengenai struktur matriks tidak hanya bersifat teoretis, tetapi juga praktis untuk memastikan validitas hasil dalam sistem optimasi.

Artikel ini akan mengkaji lebih jauh bagaimana struktur matriks dioperasikan secara sistematis, menganalisis anomali aljabar yang sering ditemukan di lapangan, serta mengeksplorasi bagaimana integrasi antara teori linear dengan alat bantu teknologi (seperti Excel atau MATLAB) dapat meminimalisir *human error*.

Dengan menguasai aspek-aspek ini, diharapkan praktisi teknik dapat membangun fondasi yang kokoh untuk pengembangan studi lanjut di bidang optimasi sistem industri dan kecerdasan buatan.

Dalam lanskap teknologi modern yang didorong oleh data, Aljabar Linear telah bertransformasi dari sekadar cabang matematika teoretis menjadi pilar utama dalam arsitektur komputasi global. Data di era digital saat ini tidak lagi hadir dalam bentuk skalar atau angka tunggal yang terisolasi, melainkan dalam struktur kolektif yang kompleks dan multivariabel. Fenomena Big Data dan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) menuntut adanya instrumen yang tidak hanya mampu menyimpan informasi, tetapi juga memanipulasinya secara efisien dan simultan. Di sinilah struktur matriks hadir sebagai solusi fundamental untuk merepresentasikan serta menyelesaikan sistem linear yang melibatkan ribuan hingga jutaan variabel secara bersamaan.

Secara konseptual, matriks merupakan sebuah abstraksi elegan yang memungkinkan kita mengorganisir data ke dalam format baris dan kolom yang teratur. Namun, fungsi matriks jauh melampaui aspek organisasionalnya; ia adalah representasi formal dari transformasi linear yang memungkinkan pemetaan informasi dari satu ruang vektor ke ruang vektor lainnya. Dalam konteks Pendidikan Teknik Elektro, implementasi ini sangat nyata, mulai dari analisis jaringan transmisi daya yang kompleks, pemrosesan sinyal digital, hingga optimasi kendali otomatis yang memerlukan akurasi numerik tingkat tinggi.

Urgensi dari kajian ini muncul dari adanya kesenjangan antara pemahaman teoretis mahasiswa dengan realitas operasional di lapangan. Seringkali, aturan-aturan dasar aljabar skalar diterapkan secara keliru pada operasi matriks. Misalnya, ketidaktahuan mengenai sifat non-komutatif perkalian matriks atau kegagalan hukum kanselasi pada matriks singular dapat berakibat pada bias data yang fatal dalam simulasi teknik. Oleh karena itu, penguasaan terhadap ordo, jenis-jenis matriks khusus, serta teknik inversi bukan sekadar pemenuhan kurikulum akademik, melainkan prasyarat mutlak untuk membangun sistem yang valid dan optimal.

Artikel ini disusun untuk memberikan tinjauan mendalam mengenai analisis operasional matriks, dengan memadukan landasan teoretis yang rigid serta temuan-temuan empiris dari simulasi data. Melalui pembahasan mengenai sinkronisasi dataset menggunakan operasi transpose hingga penyelesaian Sistem Persamaan Linear (SPL) melalui metode adjoin, diharapkan kajian ini dapat menjadi panduan komprehensif. Fokus utama dari pembahasan ini

adalah bagaimana integrasi antara logika aljabar linear dan alat bantu teknologi, seperti Microsoft Excel atau MATLAB, dapat secara signifikan mereduksi potensi *human error* dan meningkatkan efisiensi komputasi dalam skala industri.

METODE PENELITIAN

Metodologi yang diterapkan dalam kajian ini menggunakan pendekatan deskriptif-analitis yang dipadukan dengan eksperimen komputasi untuk mengeksplorasi efektivitas struktur matriks dalam pengolahan data. Alur penelitian dimulai dengan tahap identifikasi dan observasi data, di mana variabel-variabel mentah dikelompokkan berdasarkan karakteristiknya untuk kemudian ditransformasikan ke dalam model matriks yang koheren. Dalam tahap ini, penentuan ordo matriks ($m \times n$) menjadi langkah krusial, karena ketidaksesuaian dimensi akan menggagalkan seluruh proses komputasi pada tahap berikutnya. Peneliti melakukan standarisasi terhadap format data agar memenuhi syarat operasional, seperti memastikan bahwa jumlah kolom pada matriks input pertama selaras dengan jumlah baris pada matriks kedua dalam operasi perkalian. Langkah ini sangat penting untuk menjamin sinkronisasi dataset, terutama ketika bekerja dengan sistem multivariabel yang memerlukan ketelitian tinggi dalam pemetaan elemen-elemennya.

Setelah model matriks terbentuk, prosedur berlanjut pada tahap simulasi operasional yang mencakup penerapan algoritma dasar hingga teknik transformasi tingkat lanjut. Peneliti menggunakan operasi transpose sebagai instrumen utama untuk melakukan reposisi data, yang memungkinkan perubahan sudut pandang analisis dari orientasi baris ke orientasi kolom tanpa merusak integritas informasi aslinya. Simulasi ini tidak hanya dilakukan secara manual untuk memahami logika proseduralnya, tetapi juga diverifikasi menggunakan perangkat lunak spreadsheet seperti Microsoft Excel dengan memanfaatkan fungsi-fungsi otomatis seperti MMULT, MINVERSE, dan MDETERM. Penggunaan teknologi ini bertujuan untuk melakukan triangulasi metode, yaitu membandingkan hasil kalkulasi manual dengan keluaran digital guna meminimalisir potensi *human error* dan memastikan bahwa setiap digit desimal yang dihasilkan memiliki validitas yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Bagian terdalam dari metodologi ini adalah analisis anomali aljabar melalui uji empiris yang dirancang untuk membuktikan batasan-batasan hukum matematika pada struktur matriks. Peneliti menyiapkan skenario khusus untuk menguji hukum kanselasi dan sifat non-komutatif dengan menggunakan matriks singular (matriks dengan determinan nol) dan matriks tak-nol yang secara paradoks menghasilkan matriks nol ketika dikalikan. Prosedur ini diikuti dengan penerapan algoritma penyelesaian sistem persamaan linear melalui metode invers dan adjoin. Proses ini dilakukan secara sistematis melalui lima sub-langkah teknis: penghitungan determinan melalui ekspansi kofaktor, pembentukan matriks minor, penentuan tanda kofaktor, operasi adjoin (transpose kofaktor), dan diakhiri dengan ekstraksi nilai invers. Dengan pendekatan yang komprehensif ini, metodologi penelitian berhasil menciptakan kerangka kerja yang tidak hanya menguji teori secara abstrak, tetapi juga menyediakan solusi praktis bagi optimasi data dalam skala industri yang lebih luas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan serangkaian pengujian dan simulasi yang telah dilakukan, hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi struktur matriks dalam optimasi data memberikan kerangka kerja yang jauh lebih presisi dibandingkan metode pengolahan skalar konvensional. Temuan utama dalam tahap operasional mengonfirmasi bahwa konsistensi ordo ($m \times n$) merupakan syarat mutlak yang menjamin validitas integrasi informasi dalam sistem multivariabel. Dalam eksperimen perkalian matriks, peneliti memverifikasi aturan "Baris kali Kolom" sebagai algoritma dasar yang tidak dapat ditawar; jika jumlah kolom pada matriks pertama tidak identik dengan jumlah baris pada matriks kedua, maka terjadi diskontinuitas data yang menyebabkan kegagalan sistematis pada seluruh proses komputasi. Lebih lanjut, operasi transpose ditemukan memiliki peran vital dalam efisiensi sinkronisasi dataset.

Dengan menukar posisi elemen baris menjadi kolom, peneliti berhasil mengubah perspektif analisis tanpa merusak integritas atau substansi informasi asli, sebuah teknik yang sangat krusial saat melakukan integrasi data antar platform perangkat lunak seperti MATLAB dan Microsoft Excel.

Pembahasan mengenai aspek empiris mengungkap adanya anomali aljabar yang membedakan struktur matriks secara signifikan dari sistem bilangan real, yang seringkali menjadi jebakan dalam pengolahan data teknis. Melalui uji hukum kanselasi, ditemukan bukti nyata bahwa persamaan $XY = XZ$ tidak selalu berimplikasi pada $Y = Z$. Fenomena ini terjadi khususnya ketika matriks X merupakan matriks singular dengan nilai determinan nol ($\det(X) = 0$), yang mengakibatkan ketiadaan invers untuk membatalkan operasi tersebut. Selain itu, eksperimen pada "Mini Riset" menunjukkan kasus di mana dua matriks tak-nol ($D \neq 0, E \neq 0$) jika dikalikan dapat menghasilkan matriks nol ($DE = 0$). Temuan ini memberikan pelajaran penting bagi praktisi teknik bahwa ketergantungan linear antar variabel dapat menyebabkan "hilangnya" informasi unik dalam sistem, sehingga verifikasi terhadap karakteristik determinan harus dilakukan sebelum mengambil keputusan berdasarkan hasil perkalian matriks tersebut.

Melalui uji hukum kanselasi, ditemukan bukti nyata bahwa persamaan $XY = XZ$ tidak selalu berimplikasi pada $Y = Z$. Fenomena ini secara empiris dibuktikan dengan menggunakan matriks singular $X = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$, di mana $1 \ 1$ hasil kali XY dan XZ tetap sama meskipun Y dan Z memiliki nilai yang berbeda. Hal ini terjadi karena matriks X memiliki nilai determinan nol ($\det(X) = 0$), yang mengakibatkan ketiadaan invers untuk "membatalkan" atau menetralkan operasi tersebut. Temuan ini memberikan peringatan penting bagi praktisi teknik bahwa ketergantungan linear antar variabel dapat menyebabkan "hilangnya" informasi unik dalam sistem, sehingga verifikasi terhadap karakteristik determinan harus dilakukan sebelum mengambil keputusan berdasarkan hasil perkalian matriks.

Selain itu, eksperimen menunjukkan kasus paradoks aljabar pada perkalian matriks tak-nol. Ditemukan bahwa dua matriks yang masing-masing elemennya tidak bernilai dalam aljabar linear, keberadaan elemen data tidak menjamin adanya hasil output yang signifikan jika struktur data tersebut saling ortogonal. Dalam upaya penyelesaian Sistem Persamaan Linear (SPL) yang kompleks, penggunaan metode Invers dan Adjoin terbukti sebagai strategi optimasi yang paling efektif. Melalui prosedur lima tahap yang sistematis—ekstraksi determinan, pembentukan

matriks minor, penentuan kofaktor, aplikasi adjoin, dan kalkulasi invers—peneliti berhasil membuktikan bahwa variabel data yang tidak diketahui dapat diisolasi secara akurat.

Dalam upaya penyelesaian Sistem Persamaan Linear (SPL) yang kompleks, penggunaan metode Invers dan Adjoin terbukti sebagai strategi optimasi yang paling efektif. Melalui prosedur lima tahap yang sistematis—ekstraksi determinan, pembentukan matriks minor, penentuan kofaktor, aplikasi adjoin, dan kalkulasi invers—peneliti berhasil membuktikan bahwa variabel data yang tidak diketahui dapat diisolasi secara akurat. Penggunaan matriks identitas sebagai elemen netral dalam operasi ini memastikan stabilitas transformasi data. Hasil verifikasi komputasi menggunakan fungsi MMULT dan MINVERSE menunjukkan bahwa otomatisasi tidak hanya mempercepat waktu pemrosesan secara eksponensial, tetapi juga mengeliminasi potensi human error pada perhitungan angka-angka desimal yang rumit. Secara keseluruhan, hasil dan pembahasan ini menegaskan bahwa penguasaan mendalam atas struktur matriks bukan sekadar nol, seperti matriks 10×10 kebutuhan akademik, melainkan fondasi $D = (0) \ E = (010)$, ketika dikalikan akan utama bagi pengembangan algoritma, statistika tingkat lanjut, dan optimasi sistem industri di masa depan.

KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh rangkaian analisis operasional, uji eksperimental, dan simulasi komputasi yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa matriks bukan sekadar representasi statis dari sekumpulan angka, melainkan instrumen dinamis yang memegang peranan vital dalam optimasi data modern. Integrasi antara landasan teoretis aljabar linear yang rigid dengan alat bantu teknologi terbukti secara signifikan mampu meminimalisir human error dan meningkatkan akurasi analisis hingga taraf yang sangat presisi. Penguasaan terhadap struktur matriks, mulai dari pemahaman mendalam mengenai konsistensi ordo hingga teknik *transformasi transpose*, merupakan prasyarat mutlak bagi setiap praktisi teknik untuk dapat mengelola dataset yang heterogen dan multivariabel secara efisien. Tanpa pemahaman dasar ini, pengolahan data berskala besar akan rentan terhadap kegagalan sinkronisasi yang dapat merusak validitas hasil akhir.

Lebih lanjut, temuan empiris mengenai anomali aljabar matriks memberikan kontribusi penting bagi paradigma berpikir dalam matematika terapan. Fakta bahwa hukum kanselasi tidak berlaku pada matriks singular dan adanya fenomena perkalian matriks tak-nol yang menghasilkan matriks nol menegaskan bahwa logika aljabar skalar tidak dapat diterapkan secara mentah dalam ruang vektor. Hal ini menuntut ketelitian dalam memverifikasi nilai determinan sebelum melakukan operasi inversi atau penyelesaian Sistem Persamaan Linear (SPL). Keberhasilan penggunaan metode Adjoin dan Invers dalam mengisolasi variabel yang tidak diketahui menunjukkan bahwa matriks menyediakan jalur solusi yang sistematis dan terukur untuk memecahkan masalah kompleks yang sering ditemui dalam manajemen rantai pasok, analisis jaringan tenaga listrik, maupun algoritma kecerdasan buatan.

Sebagai penutup, kajian ini menegaskan bahwa sinergi antara logika manual yang sistematis dan pemanfaatan fungsi otomatis pada perangkat lunak seperti Excel atau MATLAB adalah kunci utama menuju efisiensi komputasi di era industri modern. Struktur matriks menyediakan kerangka kerja yang stabil untuk mengorganisasi informasi, sementara operasi-operasinya memungkinkan transformasi data menjadi wawasan yang berguna bagi

pengambilan keputusan teknis. Oleh karena itu, penguatan kompetensi di bidang aljabar linear harus terus ditingkatkan, tidak hanya terbatas pada lingkup akademik, tetapi juga dalam implementasi praktis pada skala *Big Data*. Rekomendasi untuk studi masa depan mencakup eksplorasi lebih lanjut mengenai matriks diagonalisasi dan nilai eigen guna mengoptimalkan pemrosesan data yang jauh lebih masif dan kompleks di masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anton, H., & Rorres, C. (2013). *Elementary Linear Algebra: Applications Version*. Wiley.
- Strang, G. (2016). *Introduction to Linear Algebra*. Wellesley-Cambridge Press.
- Azizah, N. L., & Ariyanti, N. (2020). *Buku Ajar Mata Kuliah Dasar-Dasar Aljabar Linear*. Umsida Press, 1-159.
- Buliali, J. L., & Limanto, S. (2025). *Aljabar Linier: Dasar dan Aplikasinya di Era Kini*. Penerbit Andi.
- Gunawan, E. R. S., Saputri, R., Nurhafsari, A., Safitri, Y., Wijaya, H., Sulisti, H., ... & Masruroh, M. (2025). *Buku Ajar Matematika Dasar*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- HERYANDI, Y. (2025). *ALJABAR LINIER*. CV. Zenius Publisher.
- Judijanto, L., Nurhafsari, A., Lolang, E., Patmaningrum, A., Hartoyo, T., & Newton, N. (2025). *Pengantar Matematika*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Kamindra, R. (2025). *ALJABAR LINEAR-OPERASI PADA MATRIKS*.
- Rafi Kamindra. Maryana, M., Agus, F., Utami, D. T., Astuti, I. P., & Diana, H. A. (2025). *Buku Ajar Matematika Teknik*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Pratiwi, Y. D. (2024). *Matriks dan Vektor*. wawasan Ilmu. Vinsensia, D., & Utami, Y. (2023). *Aljabar Linear*. IOCS Publisher. Vkar, I. (2014). *ALJABAR LINEAR*.