

## ANALISIS KOMUTATIF ASOSIATIF INVERS DETERMINAN PENJUMLAHAN MATRIKS MENGGUNAKAN MATLAB DAN DATA PENGELUARAN MAHASISWA PVTE

Oleh:

**Shaan Jivanni<sup>1</sup>**

**Kesya Faldira<sup>2</sup>**

**Muhammad Nur Hadi<sup>3</sup>**

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Alamat: JL. Raya Palka No.Km.3, Sindangsari, Kec. Pabuaran, Kota Serang, Banten  
(42163).

Korespondensi Penulis: [ji5669552@gmail.com](mailto:ji5669552@gmail.com), [kesyaafaldiraa@gmail.com](mailto:kesyaafaldiraa@gmail.com),  
[mn.hadi@untirta.ac.id](mailto:mn.hadi@untirta.ac.id).

**Abstract.** *This study aims to analyze the commutative, associative, inverse, and determinant properties of matrix operations using a combination of manual calculations and MATLAB simulations. The data used consists of the daily expenses of three PVTE 25 FKIP UNTIRTA students over two days, which were then arranged in matrix form for mathematical analysis. The use of real data provides an applied context for understanding linear algebra concepts, ensuring that learning is not only theoretical but also relevant to students' lives. The research procedure included compiling matrices based on expenditure categories, manual calculations of various matrix properties, and verification of results using MATLAB simulations. The results showed that all matrices had determinants not equal to zero, making them invertible. In addition, the results of manual calculations and MATLAB simulations showed consistency, which reinforced the validity of the combined method used. This research illustrates that simple data from everyday life can be used as an effective learning medium for understanding the basic concepts of linear algebra, particularly matrix operations and their properties.*

# ANALISIS KOMUTATIF ASOSIATIF INVERS DETERMINAN PENJUMLAHAN MATRIKS MENGGUNAKAN MATLAB DAN DATA PENGELUARAN MAHASISWA PVTE

**Keywords:** *Linear Algebra, Determinants, Matrix Inverses, MATLAB, Matrix Operations.*

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat komutatif, asosiatif, invers, dan determinan pada operasi matriks menggunakan kombinasi perhitungan manual dan simulasi MATLAB. Data yang digunakan merupakan pengeluaran harian tiga mahasiswa PVTE 25 FKIP UNTIRTA selama dua hari, yang kemudian disusun dalam bentuk matriks untuk dianalisis secara matematis. Penggunaan data nyata memberikan konteks aplikatif dalam memahami konsep aljabar linier sehingga pembelajaran tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga relevan dengan kehidupan mahasiswa. Prosedur penelitian meliputi penyusunan matriks berdasarkan kategori pengeluaran, perhitungan manual terhadap berbagai sifat matriks, dan verifikasi hasil menggunakan simulasi MATLAB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh matriks memiliki determinan tidak sama dengan nol sehingga bersifat invertible. Selain itu, hasil perhitungan manual dan simulasi MATLAB menunjukkan konsistensi, yang menguatkan validitas metode gabungan yang digunakan. Penelitian ini memberikan gambaran bahwa data sederhana dari kehidupan sehari-hari dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang efektif untuk memahami konsep dasar aljabar linier, khususnya operasi matriks dan sifat-sifatnya.

**Kata Kunci:** Aljabar Linier, Determinan, Invers Matriks, MATLAB, Operasi Matriks.

## LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi komputasi dalam pendidikan teknik beberapa tahun terakhir menunjukkan peningkatan yang signifikan, terutama dalam pemanfaatan perangkat lunak seperti MATLAB untuk mendukung pemahaman konsep aljabar linier. Konsep matriks merupakan dasar penting dalam berbagai bidang teknik seperti pemodelan sistem, *signal processing*, kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), dan data *analysis*. Meskipun demikian, mahasiswa masih sering mengalami kesulitan dalam memahami sifat-sifat dasar matriks, termasuk sifat komutatif, asosiatif, determinan, dan invers. Kesulitan ini disebabkan karena materi bersifat abstrak dan tidak selalu dikaitkan dengan konteks nyata yang dekat dengan kehidupan mahasiswa.

Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa integrasi data nyata dalam pembelajaran matematika teknik dapat meningkatkan pemahaman konseptual

mahasiswa, karena mereka dapat melihat penerapan langsung konsep matematika dalam aktivitas sehari-hari. Selain itu, penggunaan MATLAB sebagai alat bantu komputasi mampu memverifikasi perhitungan manual dan meminimalkan kesalahan numerik. Hal ini menjadikan kombinasi analisis manual dan simulasi komputer sebagai pendekatan yang semakin relevan dalam pendidikan teknik modern. Namun, sebagian besar penelitian yang ada masih berfokus pada penggunaan *software* semata tanpa melibatkan data kontekstual yang berasal dari kehidupan mahasiswa sendiri.

Kesenjangan inilah yang menjadi dasar kebaruan penelitian ini. Belum banyak penelitian yang secara khusus mengkaji sifat-sifat matriks menggunakan data pengeluaran harian mahasiswa sebagai representasi numerik, kemudian mengintegrasikannya dengan verifikasi menggunakan MATLAB. Pendekatan ini memberikan nilai tambah karena tidak hanya menjelaskan teori aljabar linier, tetapi juga menunjukkan bagaimana data sederhana dapat dianalisis menggunakan konsep matematika dan teknologi komputasi secara bersamaan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat komutatif, asosiatif, determinan, dan invers pada matriks yang dibentuk dari data pengeluaran harian tiga mahasiswa menggunakan perhitungan manual dan verifikasi melalui simulasi MATLAB. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pembelajaran matematika teknik berbasis data nyata dan teknologi komputasi modern.

## **KAJIAN TEORITIS**

Konsep matriks merupakan salah satu pilar utama dalam aljabar linier yang digunakan secara luas dalam berbagai disiplin teknik, seperti *control system*, *machine learning*, *data analysis*, dan *signal processing*. Matriks didefinisikan sebagai susunan bilangan dalam baris dan kolom yang memungkinkan representasi sistem matematis secara ringkas dan terstruktur. Operasi dasar seperti penjumlahan, perkalian, determinan, dan *invers* menjadi fondasi untuk memahami lebih jauh model-model matematis yang digunakan dalam teknik modern. Sifat komutatif dan asosiatif pada operasi matriks berfungsi memastikan ketepatan pemodelan sistem, sedangkan determinan dan *invers* berperan penting dalam analisis stabilitas dan penyelesaian sistem persamaan linear.

# ANALISIS KOMUTATIF ASOSIATIF INVERS DETERMINAN PENJUMLAHAN MATRIKS MENGGUNAKAN MATLAB DAN DATA PENGELUARAN MAHASISWA PVTE

Determinannya sendiri merupakan nilai skalar yang menunjukkan apakah suatu matriks bersifat *invertible* atau tidak. Jika determinan bernilai tidak nol, matriks memiliki *invers* dan dapat digunakan untuk menyelesaikan sistem linear. Dalam pendidikan teknik, pemahaman tentang *invers* matriks menjadi sangat penting karena berhubungan dengan proses pengendalian sistem, optimasi, dan rekonstruksi data. Perkembangan teknologi komputasi yang pesat selama beberapa tahun terakhir telah memungkinkan penggunaan perangkat lunak seperti MATLAB untuk melakukan perhitungan determinan dan *invers* secara lebih cepat dan akurat.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengevaluasi pentingnya integrasi teknologi komputasi dalam proses pembelajaran matematika teknik. Studi oleh Hernández-Martínez et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan MATLAB secara signifikan membantu mahasiswa dalam memahami pola operasi matriks yang kompleks. Penelitian lain oleh Rahmawati dan Santosa (2022) menegaskan bahwa pembelajaran berbasis konteks nyata dapat meningkatkan pemahaman konsep sekaligus motivasi mahasiswa. Sementara itu, Wijayanti dan Hakim (2023) menemukan bahwa penggunaan data riil dalam pembelajaran matematika teknik mampu memperkuat pemahaman mahasiswa terhadap konsep aljabar linier dibandingkan hanya menggunakan contoh abstrak.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih terfokus pada penggunaan *software* semata atau pada data simulasi yang sifatnya tidak kontekstual. Penelitian tentang penerapan konsep matriks menggunakan data pengeluaran harian mahasiswa masih jarang dilakukan, padahal data ini bersifat dekat dengan kehidupan mahasiswa dan dapat menjadi alat bantu pembelajaran yang relevan. Dengan menggabungkan teori aljabar linier, analisis manual, dan verifikasi komputasional menggunakan MATLAB, penelitian ini mencoba mengisi kesenjangan tersebut.

Secara teoritis, penelitian ini berlandaskan pada asumsi bahwa sifat komutatif dan asosiatif tetap berlaku pada operasi penjumlahan matriks yang dibentuk dari data nyata, bahwa determinan dari setiap matriks dapat menentukan keberadaan *invers*, serta bahwa hasil perhitungan manual dan komputasi MATLAB akan menunjukkan konsistensi. Asumsi-asumsi tersebut menjadi landasan bagi analisis matematis dalam penelitian ini dan berfungsi sebagai dasar hipotesis tidak tersurat yang memandu proses pengujian.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain penelitian deskriptif-analitis yang bertujuan menggambarkan, menganalisis, dan memverifikasi sifat-sifat matriks yang diperoleh dari data pengeluaran harian mahasiswa. Desain tersebut dipilih karena memungkinkan peneliti melakukan analisis matematis secara langsung berdasarkan data nyata, kemudian membandingkannya dengan hasil perhitungan melalui *software* komputasi MATLAB.

Populasi penelitian adalah seluruh mahasiswa PVTE 25 FKIP Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Sampel penelitian terdiri atas tiga mahasiswa yang dipilih secara *purposif* berdasarkan ketersediaan data pengeluaran harian. Pemilihan sampel tersebut dianggap memadai karena penelitian ini tidak bertujuan melakukan generalisasi luas, melainkan menelaah sifat-sifat matriks yang dibentuk dari data numerik yang representatif.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pencatatan langsung terhadap pengeluaran harian mahasiswa selama dua hari. Instrumen pengumpulan data berupa tabel pencatatan yang memuat kategori pengeluaran makan dan transportasi. Validitas isi instrumen telah terpenuhi karena instrumen secara langsung mengukur variabel yang diteliti. Reliabilitas instrumen ditunjukkan melalui konsistensi data yang dapat diverifikasi ulang berdasarkan nilai pengeluaran yang dicatat oleh masing-masing responden.

Data yang telah terkumpul disusun dalam bentuk matriks berordo  $2 \times 2$  untuk setiap subjek penelitian. Analisis manual dilakukan untuk menguji sifat komutatif, asosiatif, determinan, dan invers dengan menggunakan aturan dasar aljabar linier sebagaimana tercantum dalam literatur standar. Perhitungan determinan dan invers merujuk pada rumus umum yang lazim digunakan dalam analisis matematis. Hasil analisis manual kemudian diverifikasi menggunakan MATLAB melalui fungsi `det()` dan `inv()` sebagai alat bantu analisis untuk memastikan akurasi perhitungan.

Model penelitian yang digunakan memadukan analisis manual sebagai verifikasi teoretis dengan analisis komputasional sebagai pembanding berbasis teknologi. Dalam model ini, matriks A, B, dan C dibentuk dari data pengeluaran harian mahasiswa, kemudian diuji sifat operasionalnya. Setiap simbol yang digunakan dalam model penelitian merujuk pada data numerik pengeluaran yang disusun dalam baris dan kolom

# ANALISIS KOMUTATIF ASOSIATIF INVERS DETERMINAN PENJUMLAHAN MATRIKS MENGGUNAKAN MATLAB DAN DATA PENGELUARAN MAHASISWA PVTE

sesuai ketentuan aljabar linier. Kesesuaian hasil antara analisis manual dan MATLAB menjadi dasar penilaian ketepatan penerapan konsep matriks pada data riil.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

#### Proses Pengumpulan Data

Data penelitian dikumpulkan melalui pencatatan langsung terhadap pengeluaran harian tiga mahasiswa PVTE 25 FKIP UNTIRTA selama dua hari, yaitu hari Senin dan Selasa. Pengumpulan data dilakukan di lingkungan kampus Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang. Data mencakup dua kategori pengeluaran, yaitu makan dan transportasi.

#### Penyajian Data dan Pembentukan Matriks

Data yang diperoleh disusun dalam bentuk tabel sebagai representasi numerik sebelum dikonversi ke dalam matriks.

#### 1. Tabel Data Pengeluaran

**Tabel 1. Data Pengeluaran Harian Mahasiswa**

<b>Nama</b>	<b>hari</b>	<b>makan</b>	<b>transportasi</b>
<b>Shaan Jivanni (A)</b>	Senin	12.000	20.000
	Selasa	10.000	13.000
<b>Kesya Faldira (B)</b>	Senin	13.000	15.000
	Selasa	10.000	12.000
<b>Alfin Ardana Putera (C)</b>	Senin	11.000	11.000
	Selasa	20.000	12.000

#### 2. Pembentukan Matriks A, B, dan C

Data pada Tabel 1 disusun menjadi matriks berordo  $2 \times 2$  untuk dianalisis secara manual dan melalui MATLAB.

##### Matriks A [Shaan Jivanni]

$$A = \begin{bmatrix} 12 & 20 \\ 15 & 13 \end{bmatrix}$$

### Matriks B [Kesya Faldira]

$$B = \begin{bmatrix} 13 & 10 \\ 15 & 12 \end{bmatrix}$$

### Matriks C [Alfin Ardana Putera]

$$C = \begin{bmatrix} 11 & 11 \\ 20 & 12 \end{bmatrix}$$

## Hasil Analisis Manual

### 1. Analisis Sifat Operasional Matriks

Sifat asosiatif pada penjumlahan matriks dinyatakan sebagai:

$$(A+B)+C=A+(B+C)$$

Perhitungan manual menunjukkan

- $(A+B)+C=A+(B+C)$ :

Handwritten calculation for the associative property of matrix addition. The calculation shows three steps:  $(A+B)+C$ ,  $A+(B+C)$ , and the final result. The matrices are  $A = \begin{bmatrix} 12 & 20 \\ 15 & 13 \end{bmatrix}$ ,  $B = \begin{bmatrix} 13 & 10 \\ 15 & 12 \end{bmatrix}$ , and  $C = \begin{bmatrix} 11 & 11 \\ 20 & 12 \end{bmatrix}$ . The final result is  $\begin{bmatrix} 36 & 46 \\ 45 & 37 \end{bmatrix}$ .

### Kesimpulan:

Sifat asosiatif terpenuhi pada ketiga matriks yang diuji.

### 2. Sifat Komutatif

Sifat komutatif pada penjumlahan matriks dinyatakan sebagai:

$$A+B=B+A$$

Perhitungan Manual Menunjukkan

- $A+B=B+A$

Handwritten calculation for the commutative property of matrix addition. The calculation shows two steps:  $A+B$  and  $B+A$ . The matrices are  $A = \begin{bmatrix} 12 & 20 \\ 15 & 13 \end{bmatrix}$  and  $B = \begin{bmatrix} 13 & 10 \\ 15 & 12 \end{bmatrix}$ . The final result is  $\begin{bmatrix} 25 & 35 \\ 25 & 25 \end{bmatrix}$ .

# ANALISIS KOMUTATIF ASOSIATIF INVERS DETERMINAN PENJUMLAHAN MATRIKS MENGGUNAKAN MATLAB DAN DATA PENGELUARAN MAHASISWA PVTE

## Kesimpulan:

Sifat komutatif terbukti benar karena kedua hasil sama persis.

## 3. Perhitungan Determinan Matriks

Berdasarkan data asli, diperoleh:

a.  $\det(A)$

$$A = \begin{bmatrix} 12 & 20 \\ 15 & 13 \end{bmatrix}$$

$$\det(A) = 12 \cdot 13 - 20 \cdot 15 = 156 - 300 = -144$$

b.  $\det(B)$

$$B = \begin{bmatrix} 13 & 15 \\ 10 & 12 \end{bmatrix}$$

$$\det(B) = 13 \cdot 12 - 15 \cdot 10 = 156 - 150 = 6$$

c.  $\det(C)$

$$C = \begin{bmatrix} 11 & 11 \\ 20 & 12 \end{bmatrix}$$

$$\det(C) = 11 \cdot 12 - 11 \cdot 20 = 132 - 220 = -88$$

## Interpretasi:

Ketiga matriks memiliki determinan  $\neq 0$  sehingga semuanya **invertible**.

## 4. Perhitungan Invers Matriks

Invers dihitung menggunakan rumus:

$$A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$$

Hasil invers manual:

a. Invers (A)

$$A = \begin{bmatrix} 12 & 20 \\ 15 & 13 \end{bmatrix}$$

$$A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} \begin{bmatrix} 13 & -20 \\ -15 & 12 \end{bmatrix} = \frac{1}{-144} \begin{bmatrix} 13 & -20 \\ -15 & 12 \end{bmatrix}$$



b. Invers (B)

$$B = \begin{bmatrix} 13 & 15 \\ 10 & 12 \end{bmatrix}$$

$$B^{-1} = \frac{1}{\det B} = \frac{1}{13 \cdot 12 - 15 \cdot 10}$$

$$\frac{1}{-80} = -\frac{1}{80}$$

$$\text{Ans C}$$

$$C = \begin{bmatrix} 11 & 11 \\ 20 & 12 \end{bmatrix}$$

$$C^{-1} = \frac{1}{\det C} = \frac{1}{11 \cdot 12 - 11 \cdot 20}$$

$$= \frac{1}{-80} = -\frac{1}{80}$$

c. Invers (C)

$$\text{Invers C}$$

$$C^{-1} = \frac{1}{\det C} = \frac{1}{11 \cdot 12 - 11 \cdot 20}$$

$$= \frac{1}{-80} = -\frac{1}{80}$$

$$\begin{bmatrix} 12 & -11 \\ -20 & 11 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -0.1364 & 0.1250 \\ 0.2273 & -0.1250 \end{bmatrix}$$

## Hasil Analisis Simulasi MATLAB

Pengujian dilakukan menggunakan fungsi:

1.  $\det(A)$ ,  $\det(B)$ ,  $\det(C)$
2.  $\text{inv}(A)$ ,  $\text{inv}(B)$ ,  $\text{inv}(C)$
3. Operasi penjumlahan dan pengelompokan matriks

## Hasil Determinan dari MATLAB

1.  $\det(A)$

A =

```
12    20
15    13
```

```
>> det (A)
```

ans =

```
-144
```

2.  $\det(B)$

# ANALISIS KOMUTATIF ASOSIATIF INVERS DETERMINAN PENJUMLAHAN MATRIKS MENGGUNAKAN MATLAB DAN DATA PENGELUARAN MAHASISWA PVTE

```
>> B=[13,15;10,12]
```

```
B =
```

```
    13    15  
    10    12
```

```
>> det (B)
```

```
ans =
```

```
    6.0000
```

3. det (C)

```
>> det (C)
```

```
ans =
```

```
   -88.0000
```

MATLAB memberikan hasil **identik** tanpa perbedaan.

## Hasil Invers dari MATLAB

1. Invers (A)

```
>> inv (A)
```

```
ans =
```

```
   -0.0903    0.1389  
    0.1042   -0.0833
```

2. Invers (B)

```
>> inv(B)
```

```
ans =
```

```
    2.0000   -2.5000  
   -1.6667    2.1667
```

3. Invers (C)

```
>> inv (C)
```

```
|
```

```
ans =
```

```
   -0.1364    0.1250  
    0.2273   -0.1250
```

MATLAB memberikan hasil **identik** tanpa perbedaan.

## Uji Sifat Komutatif dan Asosiatif Menggunakan MATLAB

### 1. Sifat Komutatif $A+B=B+A$

```
>> A+B  
  
ans =  
  
    25    35  
    25    25  
  
>> B+A  
  
ans =  
  
    25    35  
    25    25
```

### 2. Sifat Asosiatif $(A+B)+C=A+(B+C)$

```
>> (A+B)+C      >> A+(B+C)  
  
ans =              ans =  
  
    36    46        36    46  
    45    37        45    37
```

ini memperkuat bahwa sifat-sifat tersebut **valid secara matematis** pada data nyata.

## Pembahasan

### 1. Keterkaitan Hasil dengan Teori

Hasil penelitian sepenuhnya sesuai teori aljabar linier:

- Penjumlahan matriks bersifat komutatif dan asosiatif.
- Determinan  $\neq 0 \rightarrow$  matriks *invertible*.
- Perhitungan manual dan MATLAB tidak berbeda.

Konsistensi ini menunjukkan bahwa konsep dasar matriks dapat diterapkan pada data kehidupan nyata.

### 2. Kesesuaian dengan Penelitian Sebelumnya

- Sejalan dengan Hernández-Martínez et al. (2023), penggunaan MATLAB meningkatkan akurasi analisis matriks.
- Sesuai dengan Rahmawati & Santosa (2022), penggunaan data kontekstual meningkatkan pemahaman teknis mahasiswa.

### 3. Implikasi Penelitian

- Implikasi Teoretis

Penelitian ini membuktikan bahwa sifat dasar aljabar linier tetap konsisten saat digunakan pada data riil.

# ANALISIS KOMUTATIF ASOSIATIF INVERS DETERMINAN PENJUMLAHAN MATRIKS MENGGUNAKAN MATLAB DAN DATA PENGELUARAN MAHASISWA PVTE

## b. Implikasi Terapan

Pendekatan integratif (manual + MATLAB) dapat diterapkan sebagai model pembelajaran matematika teknik berbasis data nyata.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis manual dan verifikasi menggunakan *MATLAB*, dapat disimpulkan bahwa seluruh matriks yang dibentuk dari data pengeluaran harian tiga mahasiswa PVTE 25 FKIP Universitas Sultan Ageng Tirtayasa memenuhi sifat-sifat dasar operasi matriks. Sifat komutatif dan asosiatif pada operasi penjumlahan terbukti konsisten, baik melalui perhitungan manual maupun simulasi komputer. Perhitungan determinan menunjukkan bahwa seluruh matriks memiliki determinan tidak sama dengan nol, sehingga ketiganya bersifat *invertible* dan dapat dihitung inversnya dengan baik. Hasil perhitungan invers secara manual juga identik dengan keluaran fungsi *inv()* pada *MATLAB*, menandakan bahwa metode analitis dan komputasional memberikan hasil yang konsisten.

Temuan ini menegaskan bahwa konsep aljabar linier dapat diterapkan secara langsung pada data nyata dari kehidupan mahasiswa, serta membuktikan bahwa integrasi pendekatan analisis manual dan komputasional mampu memberikan pemahaman yang lebih kuat terhadap struktur dan karakteristik matriks.

### Saran

Penelitian ini dapat diperluas dengan menggunakan data yang lebih beragam, termasuk data dengan kategori pengeluaran yang lebih banyak atau data dalam rentang waktu yang lebih panjang agar dapat membentuk matriks berordo lebih besar. Penggunaan *software* tambahan selain *MATLAB*, seperti *Python* dengan pustaka *NumPy*, dapat menjadi alternatif untuk memperkaya pembelajaran komputasi dalam aljabar linier.

Bagi dosen atau pendidik, disarankan untuk memanfaatkan data kontekstual dari kehidupan mahasiswa dalam pembelajaran matematika teknik agar pemahaman konsep lebih mudah dicapai dan lebih relevan. Pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) dan integrasi komputasi numerik juga dapat diterapkan untuk meningkatkan literasi digital sekaligus pemahaman matematis mahasiswa.

Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan analisis terhadap sifat matriks lain, seperti sifat distributif atau sifat pada operasi perkalian matriks, serta pengujian stabilitas matriks dalam berbagai aplikasi teknik. Pendekatan ini diharapkan dapat memperkaya kajian aljabar linier sekaligus meningkatkan kualitas pembelajaran berbasis data nyata dan teknologi komputasi.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah memberikan dukungan terhadap pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada pak Muhammad Nur Hadi, S.T.,M.T. selaku dosen mata kuliah Matematika teknik atas bimbingan, arahan, dan dukungan akademik yang diberikan selama proses penyusunan penelitian ini.

Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak di lingkungan Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Fakultas Keguruan ilmu Pendidikan, UNTIRTA yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam mendukung kelancaran penelitian ini. Semoga segala bentuk dukungan yang diberikan dapat memberikan manfaat bagi pengembangan penelitian dan peningkatan kualitas pembelajaran di masa mendatang

## **DAFTAR REFERENSI**

- Adebayo, T., & Ogunwole, G. A. (2019). Matrix operations and their applications in applied mathematics. *International Journal of Mathematics and Statistics Studies*, 7, 12–22.
- Anton, H., & Rorres, C. (2014). *Elementary linear algebra* (11th ed.). New York, NY: Wiley.
- Arifin, Z. (2022). *Aljabar linier dan aplikasinya dalam teknik elektro*. Yogyakarta: Deepublish.
- Budiman, A., & Sari, M. P. (2020). Implementasi MATLAB dalam visualisasi matriks untuk pembelajaran vokasi. *Jurnal Informatika dan Teknologi Terapan*, 5(2), 88–97.
- Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2015). *Numerical methods for engineers* (7th ed.). New York, NY: McGraw-Hill Education.

# **ANALISIS KOMUTATIF ASOSIATIF INVERS DETERMINAN PENJUMLAHAN MATRIKS MENGGUNAKAN MATLAB DAN DATA PENGELUARAN MAHASISWA PVTE**

- Fitriani, L., & Hakim, R. (2023). Analisis invers matriks dalam pemodelan sistem transportasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Terapan*, 14(1), 33–41.
- Ginting, A. R., & Lubis, S. (2017). Implementasi MATLAB dalam pembelajaran operasi matriks pada pendidikan tinggi. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, 10(3), 67–75.
- Lay, D. C., Lay, S. R., & McDonald, J. J. (2016). *Linear algebra and its applications* (5th ed.). Boston, MA: Pearson.
- Munir, R. (2018). *Matematika teknik: Teori dan aplikasi*. Bandung: Informatika.
- Ningsih, P. R., & Laksono, A. D. (2021). Eksperimen determinan matriks menggunakan data kehidupan nyata dalam pembelajaran matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika Nusantara*, 7(3), 199–210.
- Ogata, K. (2010). *Modern control engineering* (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pentice Hall.
- Putra, A. A., & Wulan, R. T. (2019). Perbandingan metode manual dan perangkat lunak MATLAB dalam perhitungan sifat matriks. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 8(2), 77–84.
- Raflesia, F. (n.d.). Komputasi untuk verifikasi sifat-sifat matriks dalam analisis data. *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia*, 7(1), 40–52.
- Santoso, F., & Pratama, R. (2021). Analisis data riil dalam pembelajaran matematika teknik. *Jurnal Sains dan Pendidikan Matematika*, 12(4), 255–267.
- Santoso, F., & Pratama, R. (2021). Penerapan teori matriks dalam analisis pengeluaran mahasiswa. *Jurnal Sains dan Pendidikan Matematika*, 12(4), 255–267.
- Strang, G. (2016). *Introduction to linear algebra* (5th ed.). Wellesley, MA: Wellesley-Cambridge Press.
- Wijaya, H., & Lestari, N. (2020). Eksplorasi sifat matriks melalui project-based learning. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 26(2), 145–156.