2. Aljabar Matriks (Bagian a)

MODUL E-LEARNING ALJABAR LINIER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER, UNIVERSITAS INDONESIA

Refleksi

- Mengapa penyajian SPL dalam matriks lebih dipilih?
- Mengapa kita perlu belajar matriks? ☺

SPL dan matriks (ubahlah penyajian (3) ke dalam penyajian lainnya

1. Penyajian (1)

2. Penyajian (2): Persamaan matriks

3. **Penyajian (3):** Matriks augmented $\begin{pmatrix} 1 & 4 & 5 \\ 3 & 7 & 0 \\ 2 & 9 & -1 \end{pmatrix}$

4. Penyajian (4):

Contoh 5: Penyajian spl dengan persamaan matriks

$$
\begin{aligned}
x_1 + 2x_2 + x_3 &= 6 \\
-x_2 + x_3 &= 1 \\
4x_1 + 2x_2 + x_3 &= 4
\end{aligned}
$$

Spl dalam himp persamaan2

Matriks koefisien

$$
\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & -1 & 1 \\ 4 & 2 & 1 \end{pmatrix}
\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}
=
\begin{pmatrix} 6 \\ 1 \\ 4 \end{pmatrix}
$$

Spl dalam persamaan matriks

$$
\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 & 6 \\ 0 & -1 & 1 & 1 \\ 4 & 2 & 1 & 4 \end{pmatrix}
$$

Spl dalam matriks *augmented*

Catatan: perhatikan beda matriks koefisien dan augmented.

SPL dan matriks

SPL terdiri atas 5 persamaaan 8 *unknown*, berapa ordo matriks koefisien dan matriks *augmented*nya?

Jawaban: 5x8

Most common mistakes: mahasiswa sering tertukar, dan mengira bahwa jawabannya adalah 8x5.

SPL dan matriks

SPL terdiri atas m persamaaan n *unknown*,

matriks koefisien berordo mxn

matriks *augmented*nya berordo mx(n+1)

Latihan: Diberikan SPL dalam matriks augmented berordo 6x4. Mungkinkan SPL tersebut mempunyai tepat satu solusi?

Bagaimana jika matriks augmentednya berordo 4x6?

Matriks persegi: nxn

- Matriks persegi adalah matriks yang banyak baris sama dengan banyaknya kolom

- Catatan: Pembahasan matriks persegi: diagonal utama, trace, inverse, determinan, Aturan Cramer, nilai dan vektor eigen.

Pemicu: tentukan bentuk-bentuk EBT matriks 2x2 dan 3x3

- Matriks ordo 2x2. Mulai dengan yang mempunyai dua 1-utama, kemudian yang mempunyai satu 1-utama dan tidak mempunyai 1-utama.
- Dengan cara serupa lakukan untuk matriks 3x3.

- Kelompokkan menjadi dua:
  1. Matriks identitas
  2. Matriks dengan baris nol

Kesimpulan: Setiap matriks persegi, bentuk EBTnya matriks identitas atau matriks dengan baris nol.

Bentuk-bentuk eselon baris matriks persegi

- Matriks 2x2:

3 kemungkinan bentuk EB

$$\begin{bmatrix}0&0\\0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}1&*\\0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}1&*\\0&1\end{bmatrix}$$

3 kemungkinan bentuk EBT

$$\begin{bmatrix}0&0\\0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}1&*\\0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}1&0\\0&1\end{bmatrix}$$

- Matriks 3x3

* : bisa berapa saja

8 kemungkinan bentuk EB

$$\begin{bmatrix}0&0&0\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}1&*&*\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}0&1&*\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}0&0&1\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}1&*&*\\0&1&*\\0&0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}1&*&*\\0&0&1\\0&0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}0&1&*\\0&0&1\\0&0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}1&*&*\\0&1&*\\0&0&1\end{bmatrix};$$

8 kemungkinan bentuk EBT

$$\begin{bmatrix}0&0&0\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}1&*&*\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}0&1&*\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}0&0&1\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}1&0&*\\0&1&*\\0&0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}1&*&0\\0&0&1\\0&0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}0&1&0\\0&0&1\\0&0&0\end{bmatrix};\begin{bmatrix}1&0&0\\0&1&0\\0&0&1\end{bmatrix};$$

Contoh: Sifat matriks – SPL

- SPL matriks augmented A **direduksi menjadi** matriks identitas, maka

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- SPL homogen A **direduksi menjadi** matriks identitas, maka: **.....**

Menetahui sifat matriks → mengetahui sifat SPL yg disajikan

Contoh: Sifat matriks – SPL

- SPL A**x = b** matriks augmented [A|**b**] **direduksi menjadi** [A'|**b'**]**.** Jika A' matriks identitas, maka

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 9 \end{pmatrix}$$

- SPL homogen [A|**0**] **direduksi menjadi** [A'|**0**]. Jika A' matriks identitas, maka: =

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Menetahui sifat matriks → mengetahui sifat SPL yg disajikan

Teorema

SPL $Ax = b$

Jika EBT(A) = I maka SPL mempunyai tepat 1 solusi

Teorema

SPL homogen $A\mathbf{x} = 0$

Jika EBT(A) = *I*, maka SPL mempunyai solusi trivial SAJA.

EBT(A) = I dibaca'bentuk eselon baris tereduksi dari A adalam matriks identitas.

Matriks

Matriks adalah susunan bilangan-bilangan tdd **baris-baris** dan **kolom-kolom**

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i1} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mj} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

baris

kolom

a_{ij} atau A_{ij} atau $(A)_{ij}$ **elemen /entri** baris ke-*i*, kolom ke-*j*.

Matriks: $A = [a_{ij}]$

Ordo $A : m \times n$.

Notasi: Matriks

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}$$

a_{ij} = A_{ij} = $(A)_{ij}$ **elemen /entri** baris ke-*i*, kolom ke-*j*.

Matriks A = $[a_{ij}]$

Ordo A : *2* x *3.*

Matriks nol dan identitas

Matriks nol adalah matriks yang **semua elemennya nol**.

$$\begin{pmatrix} 0 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Matriks identitas adalah matriks persegi yang elemen diagonal **utamanya 1 dan elemen lainnya 0**.

$$I_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad I_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad I_4 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Matriks persegi

Matriks persegi (bujur sangkar): matriks yang banyaknya baris dan kolom sama.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 7 \\ 2 & 5 & 8 \\ 3 & 6 & 9 \end{pmatrix}$$

diagonal utama

Trace(A) = jumlahan entri-entri diagonal utama.

$$Trace(A) = 1 + 5 + 9 = 15$$

Matriks segitiga

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 7 \\ 0 & 5 & 8 \\ 0 & 0 & 9 \end{pmatrix}$$

Matriks segitiga **atas**

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 2 & 5 & 0 \\ 3 & 6 & 9 \end{pmatrix}$$

Matriks segitiga **bawah**

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 9 \end{pmatrix}$$

Matriks **diagonal**

$$O = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Matriks **diagonal?**

- apakah matriks nol persegi merupakan matriks segitiga? diagonal? EBT?

Kesamaan dua matriks

Dua matriks sama jika **ordo sama** dan **setiap elemen yang bersesuaian adalah sama.**

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix} \qquad A = B$$

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix} \quad D = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix} \qquad C \neq D$$

$$E = \begin{pmatrix} \boxed{1} & 2 & 4 \\ 2 & 2 & 2 \end{pmatrix} \quad F = \begin{pmatrix} \boxed{x} & 2 & 4 \\ 2 & 2 & 2 \end{pmatrix} \qquad E = F, \text{jika } x = 1$$

$$I_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad I_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

[1] Definisi jumlahan & pengurangan matriks

$A = (a_{ij})$ dan $B = (b_{ij})$ keduanya berukuran m x n

$$(A+B)_{ij} = A_{ij} + B_{ij} = a_{ij} + b_{ij}$$

Jumlahan bersifat tertutup, komutatif, dan asosiatif.

Sifat komutatif diturunkan dari sifat komutatif bilangan-bilangan real.

Ingat bahwa membutkikan sifat di atas tidak boleh menggunakan contoh.

Jumlahan dan pengurangan dua matriks

$A = (a_{ij})$ dan $B = (b_{ij})$ keduanya berukuran m x n

$$(A+B)_{ij} = A_{ij} + B_{ij} = a_{ij} + b_{ij}$$

$$A = \begin{pmatrix} 10 & 22 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \qquad B = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix} \qquad C = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 5 \end{pmatrix}$$

Tentukan trace (A)

$A + B$

$B - A$

$A + C$

Catatan: contoh di atas membantu pemahaman (bukan bukti)

[2] Perkalian matriks dengan skalar

Hitung $2B$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 \\ 1 & 4 & -1 \end{bmatrix}$$

Perkalian matriks dengan skalar

$$(kA)_{ij} = k.(A)_{ij} = ka_{ij}$$

$$A = \begin{pmatrix} 10 & 22 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

$0A =$

$3A =$

- Perkalian matriks dengan skalar bersifat **tertutup**: menghasilkan matriks dengan ordo yang sama.
- *KA* matriks nol maka ....

Latihan

Hitung *AB, BA, AC, CA*

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & -1 \end{bmatrix} \qquad B = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 0 & 2 & 0 \end{bmatrix} \qquad C = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

[3] Mendefiisikan perkalian matriks

$$\underset{m \times n}{A} \qquad \underset{n \times k}{B}$$

$$AB_{mxk}$$

$$A = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \end{bmatrix} \qquad B = \begin{bmatrix} \dots & b_{1j} & \dots \\ & b_{2j} & \\ \dots & & \dots \\ & \vdots & \\ \dots & b_{nj} & \dots \end{bmatrix}$$

$$\left(AB \right)_{ij} = \sum_{s=1}^{n} a_{is} b_{sj}$$

Perkalian matriks (lanjutan)

$$\underset{m \times n}{A} \qquad \underset{n \times k}{B}$$

$$AB_{mxk}$$

$$\left(AB\right)_{ij} = \sum_{s=1}^{n} a_{is} b_{sj}$$

AB terdefinisi jika banyaknya kolom *A* sama dengan banyaknya baris di *B*.

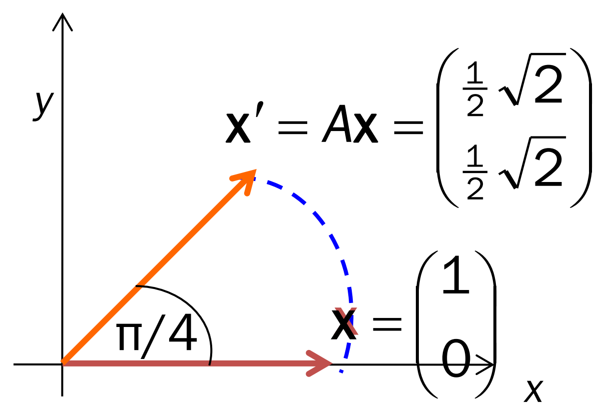
A berordo *m* x *n*, *B* berordo *n* x *k*, maka *AB* berordo *m* x *k*.

Aplikasi: perkalian matriks sebagai rotasi

A matriks rotasi 45° dan $\mathbf{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$

$$A = \begin{bmatrix} \frac{1}{2}\sqrt{2} & \frac{1}{2}\sqrt{2} \\ \frac{1}{2}\sqrt{2} & -\frac{1}{2}\sqrt{2} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \longrightarrow A\mathbf{x} = \begin{pmatrix} \frac{1}{2}\sqrt{2} \\ \frac{1}{2}\sqrt{2} \end{pmatrix}$$



Aplikasi Perkalian Matriks

Perkalian matriks untuk menyajikan:

- rotasi
- proyeksi
- pencerminan
- kontraksi, delatasi,
- *Shear*
- *dll*

Dibahas pada bab Transformasi Linear

[4] Perpangkatan matriks

$$A^2 = AA$$

$$A^k = A\ A\ A\ \ldots\ A \text{ (}k\text{ suku)}$$

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 1 & 2 \end{pmatrix} \qquad A^2 = \qquad A^3 = A^1 A^2 =$$

[4] Perpangkatan matriks

$A^k = I$ jika $k = 0$

$A^k = A\,A\,A \ldots A$

Jika n dan m bilangan cacah, maka $A^{n+m} = A^n A^m$

[5] Transpose

Transpose mariks *A* adalah matriks A^T kolom-kolomnya adalah baris-baris dari *A*, baris-barisnya adalah kolom-kolom dari *A*

$$(A^T)_{ij} = (A)_{ji}$$

$$A = \begin{pmatrix} 4 & 2 & 6 & 7 \\ 5 & 3 & -9 & 7 \end{pmatrix} \longrightarrow A^T = A' = \begin{pmatrix} 4 & 5 \\ 2 & 3 \\ 6 & -9 \\ 7 & 7 \end{pmatrix}$$

n x *m*

Jika *A* adalah matriks *m* x *n*, maka matriks A^T berukuran ....

Sifat-sifat transpose matriks

1. $(A^T)^T = A$

$$A \longrightarrow A^T \longrightarrow (A^T)^T \quad = A$$

$$\begin{pmatrix} 4 & 5 \\ 2 & 3 \\ 6 & -9 \\ 7 & 7 \end{pmatrix} \longrightarrow \begin{pmatrix} 4 & 2 & 6 & 7 \\ 5 & 3 & -9 & 7 \end{pmatrix} \longrightarrow \begin{pmatrix} 4 & 5 \\ 2 & 3 \\ 6 & -9 \\ 7 & 7 \end{pmatrix}$$

Sifat-sifat transpose matriks

2. $(A+B)^T = A^T + B^T$

$$\boxed{A+B}^T = \boxed{A}^T + \boxed{B}^T$$

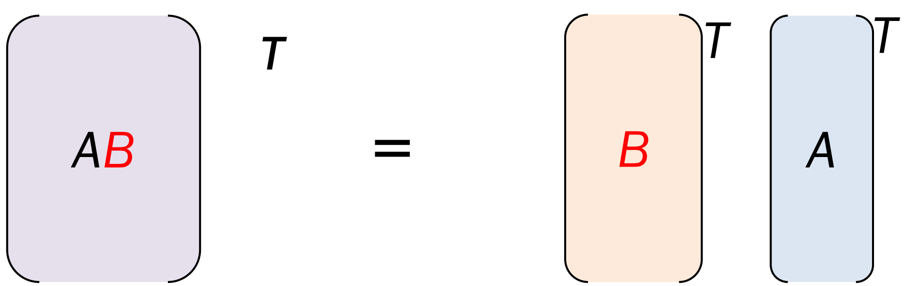
$$A = \begin{pmatrix} 4 & 5 \\ 2 & 3 \\ 6 & -9 \\ 7 & 7 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \\ 7 & 8 \end{pmatrix} \quad A+B = \begin{pmatrix} 5 & 7 \\ 5 & 7 \\ 11 & -3 \\ 14 & 15 \end{pmatrix} \quad (A+B)^T = \begin{pmatrix} 5 & 5 & 11 & 14 \\ 7 & 7 & -3 & 15 \end{pmatrix}$$

$$A^T = \begin{pmatrix} 4 & 2 & 6 & 7 \\ 5 & 3 & -9 & 7 \end{pmatrix} \quad B^T = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 \\ 2 & 4 & 6 & 8 \end{pmatrix} \quad \left(A^T + B^T\right) = \begin{pmatrix} 5 & 5 & 11 & 14 \\ 7 & 7 & -3 & 15 \end{pmatrix}$$

Sifat-sifat transpose matriks

3. $(kA)^T = k(A)^T$ $\quad k$ skalar

4. $(AB)^T = B^T A^T$

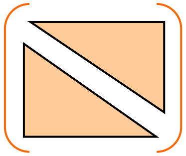


Matriks simetris

Matriks A **simetris** jika dan hanya jika $\boldsymbol{A = A^T}$

$$A = \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 3 \end{pmatrix} \qquad A^T = \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 5 & 7 & 0 \\ 3 & 7 & 8 & 2 \\ 4 & 0 & 2 & 9 \end{pmatrix} = B^T$$



A dan B simetris

Matriks ortogonal

Matriks A **ortogonal** jika dan hanya jika $\boldsymbol{A^{-1} = A^T}$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

I_2

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

I_3

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha \\ \sin\alpha & -\cos\alpha \end{bmatrix}$$

Sifat Operasi pada Matriks

MODUL E-LEARNING ALJABAR LINIER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER, UNIVERSITAS INDONESIA

Sifat jumlahan matriks: komutatif

Buktikan: $A + B = B + A$

Buktikan secara aljabar menggunakan definisi.

Bukti dengan contoh tidak valid

Sifat jumlahan matriks: asosiatif

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

Buktikan secara aljabar menggunakan definisi.

Bukti dengan contoh tidak valid

Sifat jumlahan dan perkalian: Distributif

Bukti: $(A + B)C = AC + BC$

Sifat-sifat bilangan real

1. $ab = 0$, maka $a = 0$ atau $b = 0$
2. $(a+b)^2 = a^2 + ab + ba + b^2 = a^2 + 2ab + b^2$
3. $a(b+c) = ab + ac$
4. $ab = ac \;=>\; b = c$ hukum pencoretan.

Latihan: BENAR/SALAH

Jika S, jelaskan alasan/*counter example*. Jika B buktikan

Diberikan A, B, C sedemikian hingga AB, AC terdefinisi.

1. Jumlahan matriks bersifat komutatif dan asosiatif
2. $AB = O$, maka $A = O$ atau $B = O$
3. $((AB)^T)^2 = ((AB)^2)^T$
4. $(A+B)^2 = A^2 + 2AB + B^2$
5. $A(B+C) = AB + AC$
6. $AB = AC \Rightarrow B = C$ hukum pencoretan.

Contoh: pd umumnya $AB \neq BA$

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 4 & 5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A \times B = O$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 10 & 2 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 22 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B \times A = D$$

$$AB \neq BA$$

Contoh: $AB = O$, bisa jadi $A \neq 0$ dan $B \neq 0$

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 4 & 5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A \times B = O$$

$AB = \mathbf{0}$, tetapi $A \neq \mathbf{0}$ dan $B \neq \mathbf{0}$

Temukan contoh yang lain

Contoh: $AB = AC$, tetapi $B \neq C$

$$\underset{A}{\begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}} \times \underset{B}{\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 4 & 5 \end{bmatrix}} = \underset{O}{\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}}$$

$$\underset{A}{\begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}} \times \underset{C}{\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 10 & 2 \end{bmatrix}} = \underset{O}{\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}}$$

$AB = AC$

tetapi $B \neq C$

Himpunan bil nyata vs himpunan matriks

- Penjumlahan/ pengurangan
- Perkalian dengan konstanta
- Perkalian
- Pembagian
- Elemen nol
- Elemen identitas
- Sifat-sifat aritmetika

- Notasi

Operasi aljabar bilangan real & matriks

Operasi	*R*	**M**	
Jumlahan			
Perkalian dgn scalar			
Perkalian			
Elemen nol (identitas thd +)			
Perkalian dgn nol			
hkm pencoretan			

Operasi aljabar bilangan real & matriks

Operasi	*R*	**M**	
Elemen identitas (thd perkalian)			
Inverse			
transpose			

Sifat-sifat aljabar pada matriks

$$(A+B)_{ij} = a_{ij} + b_{ij} \qquad (kA)_{ij} = ka_{ij}$$

1. **Jumlahan** matriks bersifat **komutatif** $A+B=B+A$
2. **Jumlahan** matriks bersifat **asosiatif** $(A+B)+C=A+(B+C)$
3. **Jumlahan** matriks nol adalah elm **identitas thd jumlahan**: $A+0=A$
4. Setiap matriks A memiliki **negatif** **$-A$**, dengan $-A$ (= (-1)A): $A+(-A)=0$
5. **Perkalian** matriks dengan skalar bersifat **asosiatif** $s(tA)=st(A)$
6. **Jumlahan dan perkalian matriks dengan skalar** bersifat **distributif**

$$(A+B)C = AC+BC; \qquad r(A+B)=rA+rB$$

Refleksi

Tuliskan

Hal baru yang dipelajari hari ini

Topik berikutnya:

Inverse Matriks