

Tugas Besar 1 IF2123 Aljabar Linier dan Geometri
Sistem Persamaan Linier, Determinan, dan Aplikasinya
Semester I Tahun 2023/2024



Disusun oleh tim Riemann Func

Ahmad Naufal Ramadan (13522005)

Sa'ad Abdul Hakim (13522092)

Muhammad Dava Fathurrahman (13522114)

SEKOLAH TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
BANDUNG
2023

Daftar Isi

BAB 1	3
Deskripsi Masalah	3
BAB 2	6
Teori Singkat	6
BAB 3	13
Implementasi Pustaka dan Program dalam Bahasa Java	13
BAB 4	19
Eksperimen	19
BAB 5	45
Kesimpulan	45
Daftar Referensi	46

BAB 1

Deskripsi Masalah

Sistem persamaan linier (SPL) banyak ditemukan di dalam bidang sains dan rekayasa. Anda sudah mempelajari berbagai metode untuk menyelesaikan SPL, termasuk menghitung determinan matriks. Sembarang SPL dapat diselesaikan dengan beberapa metode, yaitu metode eliminasi Gauss, metode eliminasi Gauss-Jordan, metode matriks balikan ($x = A^{-1}b$), dan kaidah *Cramer* (khusus untuk SPL dengan n peubah dan n persamaan). Solusi sebuah SPL mungkin tidak ada, banyak (tidak berhingga), atau hanya satu (unik/tunggal).

A. Tujuan

1. Implementasi metode eliminasi Gauss, Gauss-Jordan, matriks balikan, dan kaidah Cramer untuk menyelesaikan SPL.
2. Implementasi algoritma untuk menghitung determinan matriks dengan metode reduksi baris dan ekspansi kofaktor.
3. Implementasi metode adjoin dan reduksi baris untuk menghitung balikan matriks..
4. Implementasi interpolasi polinom, bicubic spline interpolation, dan regresi linier menggunakan pustaka.

B. Spesifikasi

1. Program dapat menerima masukan (*input*) baik dari *keyboard* maupun membaca masukan dari *file text*. Untuk SPL, masukan dari *keyboard* adalah m , n , koefisien a_{ij} , dan b_i . Masukan dari *file* berbentuk matriks *augmented* tanpa tanda kurung, setiap elemen matriks dipisah oleh spasi. Misalnya,

```
3 4.5 2.8 10 12
-3 7 8.3 11 -4
0.5 -10 -9 12 0
```

2. Untuk persoalan menghitung determinan dan matriks balikan, masukan dari *keyboard* adalah n dan koefisien a_{ij} . Masukan dari *file* berbentuk matriks, setiap elemen matriks dipisah oleh spasi. Misalnya,

```
3 4.5 2.8
-3 7 8.3
0.5 -10 -9
```

Luaran (*output*) disesuaikan dengan persoalan (determinan atau invers) dan penghitungan balikan/invers dilakukan dengan metode matriks balikan dan adjoin.

3. Untuk persoalan interpolasi, masukannya jika dari *keyboard* adalah $n, (x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$, dan nilai x yang akan ditaksir nilai fungsinya. Jika masukannya dari *file*, maka titik-titik dinyatakan pada setiap baris tanpa koma dan tanda kurung. Masukan kemudian dilanjutkan dengan satu buah baris berisi satu buah nilai x yang akan ditaksir menggunakan fungsi interpolasi yang telah didefinisikan. Misalnya jika titik-titik datanya adalah $(8.0, 2.0794), (9.0, 2.1972)$, dan $(9.5, 2.2513)$ dan akan mencari nilai y saat $x = 8.3$, maka di dalam *file text* ditulis sebagai berikut:

```
8.0 2.0794
9.0 2.1972
9.5 2.2513
8.3
```

4. Untuk persoalan regresi, masukannya jika dari *keyboard* adalah n (jumlah peubah x), m (jumlah sampel), semua nilai-nilai $x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni}$, nilai y_i , dan nilai-nilai x_k yang akan ditaksir nilai fungsinya. Jika masukannya dari *file*, maka titik-titik dinyatakan pada setiap baris tanpa koma dan tanda kurung.
5. Untuk persoalan SPL, luaran program adalah solusi SPL. Jika solusinya tunggal, tuliskan nilainya. Jika solusinya tidak ada, tuliskan solusi tidak ada, jika solusinya banyak, maka tuliskan solusinya dalam bentuk parametrik (misalnya $x_4 = -2, x_3 = 2s - t, x_2 = s$, dan $x_1 = t$).
6. Untuk persoalan polinom interpolasi dan regresi, luarannya adalah persamaan polinom/regresi dan taksiran nilai fungsi pada x yang diberikan. Contoh luaran untuk interpolasi adalah

$$f(x) = -0.0064x^2 + 0.2266x + 0.6762, \quad f(5) = \dots$$

dan untuk regresi adalah

$$f(x) = -9.5872 + 1.0732x_1, \quad f(x_k) = \dots$$

7. Untuk persoalan *bicubic spline interpolation*, masukan dari *file text* (.txt) yang berisi matriks berukuran 4×4 yang berisi konfigurasi nilai fungsi dan turunan berarah disekitarnya, diikuti dengan nilai a dan b untuk mencari nilai $f(a, b)$.

Misalnya jika nilai dari $f(0, 0), f(1, 0), f(0, 1), f(1, 1), f_x(0, 0), f_x(1, 0), f_x(0, 1), f_x(1, 1), f_y(0, 0), f_y(1, 0), f_y(0, 1), f_y(1, 1), f_{xy}(0, 0), f_{xy}(1, 0), f_{xy}(0, 1), f_{xy}(1, 1)$ berturut-turut adalah 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 serta nilai a dan b yang dicari berturut-turut adalah 0.5 dan 0.5 maka isi *file text* ditulis sebagai berikut:

```
1 2 3 4
5 6 7 8
9 10 11 12
13 14 15 16
0.5 0.5
```

Luaran yang dihasilkan adalah nilai dari $f(0.5, 0.5)$.

8. Luaran program harus dapat ditampilkan **pada layar komputer dan dapat disimpan ke dalam file**.
9. Bahasa program yang digunakan adalah Java. Anda bebas untuk menggunakan versi java apapun dengan catatan di atas java versi 8 (8/9/11/15/17/19/20).
10. Program **tidak harus** berbasis GUI, cukup *text-based* saja, namun boleh menggunakan GUI (memakai kakas *Eclipse* misalnya).
11. Program dapat dibuat dengan pilihan menu. Urutan menu dan isinya dipersilakan dirancang masing-masing. Misalnya, menu:

MENU

1. Sistem Persamaan Linier
2. Determinan
3. Matriks balikan
4. Interpolasi Polinom
5. Interpolasi Bicubic Spline
6. Regresi linier berganda
7. Keluar

Untuk pilihan menu nomor 1 ada sub-menu lagi yaitu pilihan metode:

1. Metode eliminasi Gauss
2. Metode eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode matriks balikan
4. Kaidah Cramer

Begitu juga untuk pilihan menu nomor 2 dan 3.

BAB 2

Teori Singkat

2.1 Sistem Persamaan Linear

a. Eliminasi Gauss

Metode Eliminasi Gauss adalah algoritma yang mengubah sistem persamaan linier menjadi sistem ekuivalen (yaitu sistem yang memiliki solusi sama dengan persamaan awal) dalam bentuk eselon baris. Operasi baris elementer, seperti menukar urutan persamaan, mengalikan atau membagi persamaan dengan konstanta non-nol, dan menambahkan kelipatan dari beberapa persamaan ke persamaan lainnya dilakukan pada sistem hingga sistem berada dalam bentuk eselon baris. Kemudian, hal ini dapat dengan mudah diselesaikan dengan substitusi balik.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & b_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} & b_n \end{bmatrix} \sim \text{OBE} \sim \begin{bmatrix} 1 & * & * & \dots & * & * \\ 0 & 1 & * & \dots & * & * \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \vdots & 1 & * \end{bmatrix}$$

b. Eliminasi Gauss-Jordan

Metode eliminasi Gauss-Jordan adalah suatu algoritma yang mengubah sistem persamaan linear menjadi bentuk yang setara dalam bentuk baris eselon tereduksi. Perbedaan utama dengan metode eliminasi Gauss adalah eliminasi Gauss-Jordan akan menghasilkan matriks identitas jika menemukan solusi unik sehingga tidak diperlukan backward substitution untuk menemukan solusi-solusi SPL. Tujuan dari algoritma eliminasi Gauss-Jordan adalah untuk mengubah sistem persamaan linear dengan m persamaan dan n variabel tak diketahui menjadi sistem yang setara dalam bentuk baris eselon tereduksi. Untuk mencapai hal ini, algoritma ini melibatkan serangkaian operasi baris elementer, seperti menukar urutan persamaan, mengalikan atau membagi persamaan dengan konstanta non-nol, dan menambahkan kelipatan dari beberapa persamaan ke persamaan lainnya. Hasil dari proses ini adalah sistem dalam bentuk baris eselon tereduksi, di mana setiap pivot (elemen utama dalam kolomnya) adalah satu-satunya elemen non-nol di kolom tersebut.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & b_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} & b_m \end{bmatrix} \sim \text{OBE} \sim \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & * \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & * \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \vdots & 1 & * \end{bmatrix}$$

c. Metode Matriks Balikan

Matriks balikan adalah sebuah matriks yang apabila dikalikan dengan matriks asli menghasilkan matriks identitas. Matriks balikan dapat digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear matriks. Misalkan kita memiliki sistem persamaan linear $Ax = b$, A adalah matriks koefisien, x adalah vektor variabel, dan b adalah vektor konstanta.

$$\begin{aligned} Ax &= b && \dots \text{ kalikan kedua ruas dengan } A^{-1} \\ (A^{-1})Ax &= (A^{-1})b && \dots A^{-1}A = I \\ Ix &= A^{-1}b && \dots Ix = x \\ x &= A^{-1}b \end{aligned}$$

Untuk menyelesaikan sistem persamaan ini dengan metode matriks balikan, kita dapat melakukan langkah-langkah berikut:

1. Menentukan matriks balikan A
2. Mengalikan matriks balikan A dengan vektor konstanta b
3. Solusi sistem persamaan linear tersebut merupakan hasil dari perkalian matriks balikan A dengan vektor konstanta b

Metode penyelesaian SPL dengan menggunakan matriks balikan sangat berguna untuk menyelesaikan sejumlah SPL $Ax = b$ dengan A yang sama tetapi dengan b yang berbeda-beda. Namun, metode ini tidak dapat digunakan apabila A tidak memiliki matriks balikan.

d. Kaidah Cramer

Kaidah Cramer, ditemukan oleh matematikawan Gabriel Cramer pada 1750-an, adalah suatu metode yang digunakan untuk mencari solusi dari sistem persamaan linear dengan banyak variabel dan jumlah persamaan yang sama. Aturan ini memungkinkan kita untuk menentukan nilai variabel tertentu tanpa harus mencari nilai dari variabel lainnya. Kaidah Cramer hanya dapat digunakan pada sistem yang memiliki solusi unik. Untuk menerapkan aturan ini, sistem persamaan harus diwakili dalam bentuk matriks dengan matriks koefisien, variabel, dan konstanta. Melalui penggunaan determinan, aturan ini memungkinkan kita untuk mencari nilai dari setiap variabel dalam sistem persamaan.

$$x_1 = \frac{\det(A_1)}{\det(A)}, \quad x_2 = \frac{\det(A_2)}{\det(A)}, \quad \dots, \quad x_n = \frac{\det(A_n)}{\det(A)}$$

2.2 Determinan

a. Reduksi Baris

Determinan dari sebuah matriks dapat dicari dengan mengalikan tiap elemen diagonal utama sebuah matriks segitiga. Dengan fakta tersebut, determinan dari sebuah matriks sembarang dapat diperoleh dengan melakukan operasi baris elementer pada matriks tersebut hingga menjadi sebuah matriks segitiga. Penukaran baris pada operasi baris elementer merubah tanda positif negatif dari determinan yang dihasilkan.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{OBE}} \begin{bmatrix} a'_{11} & a'_{12} & \dots & a'_{1n} \\ 0 & a'_{22} & \dots & a'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & a'_{nn} \end{bmatrix}$$

$$\text{maka } \det(A) = (-1)^p a'_{11} a'_{22} \dots a'_{nn} \quad (*)$$

p menyatakan banyaknya operasi pertukaran baris di dalam OBE

b. Ekspansi Kofaktor

Metode ekspansi kofaktor adalah salah satu metode untuk menentukan determinan matriks. Metode ini memanfaatkan konsep kofaktor, yaitu determinan dari sebuah submatriks diperoleh dengan menghilangkan satu baris dan satu kolom dari matriks asli. Kofaktor dari elemen a_{ij} merupakan determinan dari submatriks yang diperoleh dengan menghilangkan baris i dan kolom j dari matriks A . Misalkan matriks A

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Determinan matriks dapat dihitung dengan menggunakan salah satu persamaan berikut,

$$\det(A) = a_{11}C_{11} + a_{12}C_{12} + \dots + a_{1n}C_{1n}$$

$$\det(A) = a_{21}C_{21} + a_{22}C_{22} + \dots + a_{2n}C_{2n}$$

\vdots

$$\det(A) = a_{n1}C_{n1} + a_{n2}C_{n2} + \dots + a_{nn}C_{nn}$$

secara baris

$$\det(A) = a_{11}C_{11} + a_{21}C_{21} + \dots + a_{n1}C_{n1}$$

$$\det(A) = a_{12}C_{12} + a_{22}C_{22} + \dots + a_{n2}C_{n2}$$

\vdots

$$\det(A) = a_{1n}C_{1n} + a_{2n}C_{2n} + \dots + a_{nn}C_{nn}$$

secara kolom

2.3 Matriks Balikan

a. Metode Adjoin

Metode adjoin adalah salah satu metode untuk menentukan matriks balikan suatu matriks. Metode ini memanfaatkan konsep adjoin matriks, yaitu matriks yang dibentuk dari transpose kofaktor-kofaktor matriks asli. Misalkan matriks A

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Adjoin dari A adalah

$$\text{adj}(A) = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{n1} & C_{n2} & \dots & C_{nn} \end{bmatrix}^T$$

Jika determinan matriks A tidak sama dengan nol, matriks balikan A dapat ditentukan menggunakan rumus berikut

$$A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} \text{adj}(A)$$

b. Metode Gauss-Jordan

Metode eliminasi Gauss-Jordan (G-J) dapat digunakan untuk menghitung matriks balikan suatu matriks dengan memanfaatkan sifat $AA^{-1} = A^{-1}A = I$ (Misalkan A adalah matriks persegi berukuran $n \times n$). Dengan memanfaatkan I yaitu matriks identitas yang berukuran $n \times n$ dan menerapkan metode eliminasi Gauss-Jordan secara simultan pada A maupun I, matriks balikan, yaitu A^{-1} dapat dicari dengan cara berikut:

$$[A|I] \xrightarrow{\text{G-J}} [I|A^{-1}]$$

2.4 Interpolasi Polinomial

Interpolasi polinomial adalah metode interpolasi dengan pencocokan grafik polinomial. Metode ini dapat menentukan nilai yang tidak diketahui dengan menggunakan nilai polinomial yang melewati pasangan titik yang diketahui. Misalnya, jika data yang diberikan berbentuk pasangan titik (x_i, y_i) maka soal interpolasi berarti mencari fungsi yang memenuhi $f(x_i) = y_i$. Polinom interpolasi derajat n yang menginterpolasi $(n+1)$ titik adalah berbentuk $p_n(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$.

Dengan menyulihkan (x_i, y_i) ke dalam persamaan polinom $p_n(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$ untuk $i = 0, 1, 2, \dots, n$, akan diperoleh n buah sistem persamaan linier dalam $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ seperti berikut,

$$\begin{aligned} a_0 + a_1x_0 + a_2x_0^2 + \dots + a_nx_0^n &= y_0 \\ a_0 + a_1x_1 + a_2x_1^2 + \dots + a_nx_1^n &= y_1 \\ &\vdots \\ a_0 + a_1x_n + a_2x_n^2 + \dots + a_nx_n^n &= y_n \end{aligned}$$

Solusi sistem persamaan linier ini, yaitu nilai a_0, a_1, \dots, a_n , diperoleh dengan menggunakan metode eliminasi Gauss.

2.5 Regresi Linear Berganda

Regresi Linear Berganda atau *Multiple Linear Regression* adalah teknik statistik yang menggunakan beberapa variabel penjelas untuk memprediksi hasil suatu variabel respon. Tujuan dari regresi linier berganda adalah untuk memodelkan hubungan linier antara variabel penjelas (independen) dan variabel respon (dependen). Variabel independen adalah parameter yang digunakan untuk menghitung variabel dependen atau hasil. Regresi linier berganda (MLR) digunakan untuk menentukan hubungan matematis antara beberapa variabel acak. Dengan istilah lain, MLR menguji bagaimana beberapa variabel independen berhubungan dengan satu variabel dependen. Setelah masing-masing faktor independen ditentukan untuk memprediksi variabel dependen, informasi tentang beberapa variabel dapat digunakan untuk membuat prediksi yang akurat mengenai tingkat pengaruhnya terhadap variabel hasil. Model tersebut menciptakan hubungan dalam bentuk garis lurus (linier) yang paling mendekati semua titik data individual. Untuk mendapatkan persamaan dari regresi linear berganda yang diinginkan, dapat menggunakan *Normal Estimation Equation for Multiple Linear Regression*. Kemudian, Sistem persamaan linier tersebut diselesaikan dengan menggunakan metode eliminasi Gauss sehingga didapat nilai dari setiap β_i .

$$\begin{aligned} nb_0 + b_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} + b_2 \sum_{i=1}^n x_{2i} + \dots + b_k \sum_{i=1}^n x_{ki} &= \sum_{i=1}^n y_i \\ b_0 \sum_{i=1}^n x_{1i} + b_1 \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 + b_2 \sum_{i=1}^n x_{1i}x_{2i} + \dots + b_k \sum_{i=1}^n x_{1i}x_{ki} &= \sum_{i=1}^n x_{1i}y_i \\ \vdots &\vdots \\ b_0 \sum_{i=1}^n x_{ki} + b_1 \sum_{i=1}^n x_{ki}x_{1i} + b_2 \sum_{i=1}^n x_{ki}x_{2i} + \dots + b_k \sum_{i=1}^n x_{ki}^2 &= \sum_{i=1}^n x_{ki}y_i \end{aligned}$$

$$y_i = \beta_0 + \beta_1x_{1i} + \beta_2x_{2i} + \dots + \beta_kx_{ki} + \epsilon_i$$

2.6 Bicubic Spline Interpolation

Bicubic Spline Interpolation adalah metode yang digunakan untuk memperkirakan nilai fungsi di antara titik-titik data yang diberikan. Metode ini melibatkan konstruksi serangkaian polinomial kubik di dalam setiap sel segi empat dari data yang diketahui, menghasilkan permukaan yang halus dan kontinu. Hal ini memungkinkan untuk memperluas data dengan lebih akurat daripada metode interpolasi linear. Dalam proses interpolasi bicubic spline, 16 titik digunakan, dengan 4 titik inti di tengah dan 12 titik di sekitarnya untuk mendekati turunan dari keempat titik inti dan membangun permukaan bikubik. Metode ini sangat berguna dalam mengevaluasi nilai di antara titik-titik data yang ada dengan presisi yang tinggi.

$$f(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} x^i y^j$$

$$f_x(x, y) = \sum_{j=0}^3 \sum_{i=1}^3 a_{ij} i x^{i-1} y^j$$

$$f_y(x, y) = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=0}^3 a_{ij} j x^i y^{j-1}$$

$$f_{xy}(x, y) = \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 a_{ij} i j x^{i-1} y^{j-1}$$

$$y = Xa$$

$$\begin{bmatrix} f(0,0) \\ f(1,0) \\ f(0,1) \\ f(1,1) \\ f_x(0,0) \\ f_x(1,0) \\ f_x(0,1) \\ f_x(1,1) \\ f_y(0,0) \\ f_y(1,0) \\ f_y(0,1) \\ f_y(1,1) \\ f_{xy}(0,0) \\ f_{xy}(1,0) \\ f_{xy}(0,1) \\ f_{xy}(1,1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 3 & 0 & 1 & 2 & 3 & 0 & 1 & 2 & 3 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 0 & 2 & 4 & 6 & 0 & 3 & 6 & 9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{00} \\ a_{10} \\ a_{20} \\ a_{30} \\ a_{01} \\ a_{11} \\ a_{21} \\ a_{31} \\ a_{02} \\ a_{12} \\ a_{22} \\ a_{32} \\ a_{03} \\ a_{13} \\ a_{23} \\ a_{33} \end{bmatrix}$$

BAB 3

Implementasi Pustaka dan Program dalam Bahasa Java

a. Matrix.java

Atribut

No	Nama	Tipe Data	Deskripsi
1	row	int	Menyimpan banyaknya baris pada objek Matrix
2	col	int	Menyimpan banyaknya kolom pada objek Matrix
3	data	double[][]	Menyimpan data elemen objek Matrix

Konstruktor

No	Nama	Tipe Data	Deskripsi
1	Matrix	Matrix	Menginisialisasi objek Matrix

Fungsi/Prosedur

No	Nama	Tipe Data Output	Deskripsi
1	readMatrix	void	Membaca matriks dari input user
2	readMatrixFromFile	Matrix	Membaca matriks dari file dengan menerima input path ke file
3	readInterpolationMatrixFromFile	Matrix	Membaca titik interpolasi dari file
4	readInterpolationTestFromFile	Matrix	Membaca titik uji interpolasi dari file
5	displayMatrix	void	Menampilkan matriks pada terminal
6	getRow	int	Mengembalikan jumlah baris matriks
7	getCol	int	Mengembalikan jumlah kolom matriks
8	getRowElmt	Matrix	Mengembalikan elemen baris ke-i dari matriks
9	getColElmt	Matrix	Mengembalikan elemen kolom ke-i dari matriks

10	getElement	double	Mengembalikan elemen matriks pada baris dan kolom tertentu
11	setElement	void	Mengubah elemen matriks pada baris dan kolom tertentu
12	isMatrixIdxValid	boolean	Mengecek apakah indeks baris dan kolom valid
13	copyMatrix	Matrix	Men-copy matriks ke matriks baru
14	isSquareMatrix	boolean	Mengecek apakah matriks merupakan matriks persegi
15	isIdentity	boolean	Mengecek apakah matriks merupakan matriks identitas
16	transpose	Matrix	Mengembalikan transpose dari matriks

b. Gauss.java

Fungsi/Prosedur

No	Nama	Tipe Data Output	Deskripsi
1	swapRow	Matrix	Menukar 2 baris pada matriks M
2	multiplyRow	Matrix	Mengalikan baris row pada matriks M dengan multiplier
3	addRow	Matrix	Menambahkan baris row2 pada baris row1 dengan multiplier
4	isAnyNaN	boolean	Mengembalikan true jika ada elemen NaN pada matriks M
5	isAnyInf	boolean	Mengembalikan true jika ada elemen Infinity pada matriks M
6	gauss	Matrix	Mengembalikan solusi SPL dengan metode Gauss

c. GaussJordan.java

Fungsi/Prosedur

No	Nama	Tipe Data Output	Deskripsi
1	swapRow	Matrix	Menukar 2 baris pada matriks M
2	multiplyRow	Matrix	Mengalikan baris row pada matriks M dengan multiplier
3	addRow	Matrix	Menambahkan baris row2 pada baris row1 dengan multiplier
4	isAnyNaN	boolean	Mengembalikan true jika ada elemen NaN pada matriks M
5	isAnyInf	boolean	Mengembalikan true jika ada elemen Infinity pada matriks M
6	gaussJordan	Matrix	Mengembalikan solusi SPL dengan metode Gauss-Jordan

d. MatriksBalikan.java

Fungsi/Prosedur

No	Nama	Tipe Data Output	Deskripsi
1	multiplyMatrix	Matrix	Mengembalikan hasil perkalian matriks m1 dan m2
2	SPLInverse	Matrix	Mengembalikan solusi SPL dengan matriks balikan

e. Cramer.java

Fungsi/Prosedur

No	Nama	Tipe Data Output	Deskripsi
1	getA	Matrix	Mengembalikan matriks A dari matriks augmented M
2	getB	Matrix	Mengembalikan matriks B dari matriks augmented M
3	changeEntry	Matrix	Mengembalikan matriks dengan mengganti kolom ke-i dengan matriks B
4	cramer	double[]	Mengembalikan solusi SPL dengan metode Cramer

f. ReduksiBaris.java

Atribut Pair

No	Nama	Tipe Data	Deskripsi
1	k	X	Menyimpan key dari Pair
2	v	Y	Menyimpan value dari Pair

Konstruktor Pair

No	Nama	Tipe Data	Deskripsi
1	Pair	Pair	Menginisialisasi objek Pair

Fungsi/Prosedur Pair

No	Nama	Tipe Data Output	Deskripsi
1	retrieveKey	X	Mengembalikan key dari objek Pair
2	retrieveVal	Y	Mengembalikan value dari objek Pair

Fungsi/Prosedur ReduksiBaris

No	Nama	Tipe Data Output	Deskripsi
1	swapRow	Matrix	Menukar 2 baris pada matriks M
2	addRow	Matrix	Menambahkan baris row2 pada baris row1 dengan multiplier
3	reduceToTriangle	Pair<Matrix, Integer>	Mengembalikan matriks segitiga atas dari matriks M
4	determinan	Double	Mengembalikan determinan dari matriks M

g. Kofaktor.java

No	Nama	Tipe Data Output	Deskripsi
1	Minor	Matrix	Mengembalikan matriks minor dari matriks M
2	detKofaktor	Matrix	Mengembalikan determinan dari matriks M

h. Adjoin.java

No	Nama	Tipe Data Output	Deskripsi
1	MtxKofaktor	Matrix	Mengembalikan matriks kofaktor dari matriks M
2	MtxAdjoin	Matrix	Mengembalikan matriks adjoin dari matriks M
3	inverseAdjoin	Matrix	Mengembalikan matriks balikan dari matriks M

i. BalikanGaussJordan.java

Fungsi/Prosedur

No	Nama	Tipe Data Output	Deskripsi
1	balikanGaussJordan	Matrix	Mengembalikan matriks balikan / invers matriks dari matriks m

j. InterpolasiPolinom.java

No	Nama	Tipe Data Output	Deskripsi
1	SPLInterpol	Matrix	Mengembalikan solusi SPL dengan metode Gauss-Jordan
2	countTest	Integer	Mengembalikan jumlah titik uji interpolasi dari file

k. RegresiLinearBerganda.java

Fungsi/Prosedur

No	Nama	Tipe Data Output	Deskripsi
1	regresiLinear	Matrix	Membuat matriks persamaan estimasi normal untuk regresi linier berganda dari matriks A dan mengembalikan solusinya

l. BicubicSpline.java

Fungsi/Prosedur Pair

No	Nama	Tipe Data Output	Deskripsi
1	f	double	Mengembalikan nilai dari $f(x, y)$ dari penyelesaian SPL bicubic spline interpolation
2	bicubicSpline	Matrix	Mengembalikan matriks solusi X

BAB 4

Eksperimen

1. Temukan solusi SPL $Ax = b$, berikut:

a.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 2 & 5 & -7 & -5 \\ 2 & -1 & 1 & 3 \\ 5 & 2 & -4 & 2 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \\ 4 \\ 6 \end{bmatrix}$$

Gauss

```
Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 1
Masukkan dari terminal (T) atau file (F) > T
Masukkan jumlah baris: 4
Masukkan jumlah kolom: 5
Masukkan nilai matriks:
1 1 -1 -1 1
2 5 -7 -5 -2
2 -1 1 3 4
5 2 -4 2 6

[1.0, 1.0, -1.0, -1.0, 1.0]
[0.0, 1.0, -1.6667, -1.0, -1.3333]
[-0.0, -0.0, 1.0, -1.0, 1.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0]

-> SPL tidak memiliki solusi
```

Gauss-Jordan

```
Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 2
Masukkan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[1.0, 1.0, -1.0, -1.0, 1.0]
[2.0, 5.0, -7.0, -5.0, -2.0]
[2.0, -1.0, 1.0, 3.0, 4.0]
[5.0, 2.0, -4.0, 2.0, 6.0]

[1.0, 0.0, 0.0, 0.6667, 1.6667]
[0.0, 1.0, 0.0, -2.6667, 0.3333]
[-0.0, -0.0, 1.0, -1.0, 1.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0]

-> SPL tidak memiliki solusi
```

Balikan

```
Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 3
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test/SPL-1a.txt
[1.0, 1.0, -1.0, -1.0, 1.0]
[2.0, 5.0, -7.0, -5.0, -2.0]
[2.0, -1.0, 1.0, 3.0, 4.0]
[5.0, 2.0, -4.0, 2.0, 6.0]

-> Gagal menghitung solusi! Matriks A tak memiliki balikan
Simpan ke dalam file? (Y/N)
Y
Masukkan nama file:
test/result_SPL-1a.txt
Berhasil menyimpan ke dalam file
```

Cramer

```
Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 4
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[1.0, 1.0, -1.0, -1.0, 1.0]
[2.0, 5.0, -7.0, -5.0, -2.0]
[2.0, -1.0, 1.0, 3.0, 4.0]
[5.0, 2.0, -4.0, 2.0, 6.0]

-> Gagal menghitung solusi! Matriks A tak memiliki balikan
```

b.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & -3 & 0 \\ 2 & -1 & 0 & 1 & -1 \\ -1 & 2 & 0 & -2 & -1 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 3 \\ 6 \\ 5 \\ -1 \end{bmatrix}$$

Gauss

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 1
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > T
Masukkan jumlah baris: 4
Masukkan jumlah kolom: 6
Masukkan nilai matriks:
1 -1 0 0 1 3
1 1 0 -3 0 6
2 -1 0 1 -1 5
-1 2 0 -2 -1 -1

[1.0, -1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 3.0]
[0.0, 1.0, 0.0, -1.5, -0.5, 1.5]
[0.0, 0.0, 0.0, 2.5, -2.5, -2.5]
[0.0, 0.0, 0.0, -0.5, 0.5, 0.5]

-> SPL memiliki banyak solusi

1.0(x_1) + -1.0(x_2) + 0.0(x_3) + 0.0(x_4) + 1.0(x_5) = 3.0
0.0(x_1) + 1.0(x_2) + 0.0(x_3) + -1.5(x_4) + -0.5(x_5) = 1.5
0.0(x_1) + 0.0(x_2) + 0.0(x_3) + 2.5(x_4) + -2.5(x_5) = -2.5
0.0(x_1) + 0.0(x_2) + 0.0(x_3) + -0.5(x_4) + 0.5(x_5) = 0.5

```

Gauss-Jordan

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 2
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[1.0, -1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 3.0]
[1.0, 1.0, 0.0, -3.0, 0.0, 6.0]
[2.0, -1.0, 0.0, 1.0, -1.0, 5.0]
[-1.0, 2.0, 0.0, -2.0, -1.0, -1.0]

[1.0, 0.0, 0.0, -1.5, 0.5, 4.5]
[0.0, 1.0, 0.0, -1.5, -0.5, 1.5]
[0.0, 0.0, 0.0, 2.5, -2.5, -2.5]
[0.0, 0.0, 0.0, -0.5, 0.5, 0.5]

-> SPL memiliki banyak solusi

1(x_1) + 0(x_2) + 0(x_3) + -1.5(x_4) + 0.5(x_5) = 4.5
0(x_1) + 1(x_2) + 0(x_3) + -1.5(x_4) + -0.5(x_5) = 1.5
0(x_1) + 0(x_2) + 0(x_3) + 2.5(x_4) + -2.5(x_5) = -2.5
0(x_1) + 0(x_2) + 0(x_3) + -0.5(x_4) + 0.5(x_5) = 0.5

```

Balikan

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 3
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test/SPL-1b.txt
[1.0, -1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 3.0]
[1.0, 1.0, 0.0, -3.0, 0.0, 6.0]
[2.0, -1.0, 0.0, 1.0, -1.0, 5.0]
[-1.0, 2.0, 0.0, -2.0, -1.0, -1.0]

-> Gagal menghitung solusi! Matriks A tak memiliki balikan
Simpan ke dalam file? (Y/N)
N

```

Cramer

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 4
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[1.0, -1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 3.0]
[1.0, 1.0, 0.0, -3.0, 0.0, 6.0]
[2.0, -1.0, 0.0, 1.0, -1.0, 5.0]
[-1.0, 2.0, 0.0, -2.0, -1.0, -1.0]
-> Tidak bisa dihitung menggunakan metode Cramer

```

c.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 2 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Gauss

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 1
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > T
Masukkan jumlah baris: 3
Masukkan jumlah kolom: 7
Masukkan nilai matriks:
0 1 0 1 0 2
0 0 1 1 0 -1
0 1 0 0 1 1

[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 2.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0, 0.0, -1.0]
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0]

-> SPL memiliki banyak solusi

0.0(x_1) + 1.0(x_2) + 0.0(x_3) + 0.0(x_4) + 1.0(x_5) + 0.0(x_6) = 2.0
0.0(x_1) + 0.0(x_2) + 0.0(x_3) + 1.0(x_4) + 1.0(x_5) + 0.0(x_6) = -1.0
0.0(x_1) + 1.0(x_2) + 0.0(x_3) + 0.0(x_4) + 0.0(x_5) + 1.0(x_6) = 1.0

```

Gauss-Jordan

```
Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 2
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 2.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0, 0.0, -1.0]
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0]

[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 2.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0, 0.0, -1.0]
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0]

-> SPL memiliki banyak solusi

0(x_1) + 1(x_2) + 0(x_3) + 0(x_4) + 1(x_5) + 0(x_6) = 2
0(x_1) + 0(x_2) + 0(x_3) + 1(x_4) + 1(x_5) + 0(x_6) = -1
0(x_1) + 1(x_2) + 0(x_3) + 0(x_4) + 0(x_5) + 1(x_6) = 1
```

Balikan

```
Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 3
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > F
Masukkan nama file: test/SPL-1c.txt
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 2.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0, 0.0, -1.0]
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0]

-> Gagal menghitung solusi! Matriks A tak memiliki balikan
Simpan ke dalam file? (Y/N)
Y
Masukkan nama file:
test/result_SPL-1c.txt
Berhasil menyimpan ke dalam file
```

Cramer

```
Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 4
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 2.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0, 0.0, -1.0]
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0]
-> Tidak bisa dihitung menggunakan metode Cramer
```

d.

$$H = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & \dots & \frac{1}{n} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & \dots & \frac{1}{n+1} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & \frac{1}{5} & \dots & \frac{1}{n+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{n} & \frac{1}{n+1} & \frac{1}{n+2} & \dots & \frac{1}{2n+1} \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

H adalah matriks *Hilbert*. Cobakan untuk $n = 6$ dan $n = 10$.

Gauss

```
Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 1
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > T
Masukkan jumlah baris: 6
Masukkan jumlah kolom: 6
Masukkan nilai matriks:
1.0000 0.5000 0.3333 0.2500 0.2000 0.1667
0.5000 0.3333 0.2500 0.2000 0.1667 0.1429
0.3333 0.2500 0.2000 0.1667 0.1429 0.1250
0.2500 0.2000 0.1667 0.1429 0.1250 0.1111
0.2000 0.1667 0.1429 0.1250 0.1111 0.1000
0.1667 0.1429 0.1250 0.1111 0.1000 0.0909

[1.0, 0.5, 0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667]
[0.0, 1.0, 1.0006, 0.9004, 0.8007, 0.7149]
[0.0, 0.0, 1.0, 1.5115, 1.7238, 1.7879]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 2.0791, 3.2438]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.9256]
[-0.0, -0.0, -0.0, -0.0, -0.0, 1.0]

-> SPL tidak memiliki solusi
```



```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 1
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > T
Masukkan jumlah baris: 10
Masukkan jumlah kolom: 10
Masukkan nilai matriks:
1.0000 0.5000 0.3333 0.2500 0.2000 0.1667 0.1429 0.1250 0.1111 0.1000
0.5000 0.3333 0.2500 0.2000 0.1667 0.1429 0.1250 0.1111 0.1000 0.0909
0.3333 0.2500 0.2000 0.1667 0.1429 0.1250 0.1111 0.1000 0.0909 0.0833
0.2500 0.2000 0.1667 0.1429 0.1250 0.1111 0.1000 0.0909 0.0833 0.0769
0.2000 0.1667 0.1429 0.1250 0.1111 0.1000 0.0909 0.0833 0.0769 0.0714
0.1667 0.1429 0.1250 0.1111 0.1000 0.0909 0.0833 0.0769 0.0714 0.0667
0.1429 0.1250 0.1111 0.1000 0.0909 0.0833 0.0769 0.0714 0.0667 0.0625
0.1250 0.1111 0.1000 0.0909 0.0833 0.0769 0.0714 0.0667 0.0625 0.0588
0.1111 0.1000 0.0909 0.0833 0.0769 0.0714 0.0667 0.0625 0.0588 0.0556
0.1000 0.0909 0.0833 0.0769 0.0714 0.0667 0.0625 0.0588 0.0556 0.0526

[1.0, 0.5, 0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1]
[0.0, 1.0, 1.0006, 0.9004, 0.8007, 0.7149, 0.6429, 0.5834, 0.5336, 0.491]
[0.0, 0.0, 1.0, 1.5115, 1.7238, 1.7879, 1.7944, 1.7616, 1.7045, 1.6413]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 2.0791, 3.2438, 3.9437, 4.3168, 4.6253, 4.9712]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.9256, 0.8352, 1.2164, 1.8868, 1.4684]
[-0.0, -0.0, -0.0, -0.0, -0.0, 1.0, 1.3154, 0.7658, 0.7311, 0.4882]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.346, 2.8916, 1.5646]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.3573, 1.0577]
[-0.0, -0.0, -0.0, -0.0, -0.0, -0.0, -0.0, -0.0, 1.0, -0.6036]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0]

-> SPL tidak memiliki solusi

```

Gauss-Jordan

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 2
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[1.0, 0.5, 0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667]
[0.5, 0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429]
[0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125]
[0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111]
[0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1]
[0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909]

[1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0]
[-0.0, -0.0, -0.0, -0.0, -0.0, 1.0]

-> SPL tidak memiliki solusi

```

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 2
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[1.0, 0.5, 0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1]
[0.5, 0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909]
[0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833]
[0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769]
[0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714]
[0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714, 0.0667]
[0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714, 0.0667, 0.0625]
[0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714, 0.0667, 0.0625, 0.0588]
[0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714, 0.0667, 0.0625, 0.0588, 0.0556]
[0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714, 0.0667, 0.0625, 0.0588, 0.0556, 0.0526]

[1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0]

-> SPL tidak memiliki solusi

```

Balikan

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 3
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test/SPL-1d-6.txt
[1.0, 0.5, 0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667]
[0.5, 0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429]
[0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125]
[0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111]
[0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1]
[0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909]

-> Gagal menghitung solusi! Matriks A tak memiliki balikan
Simpan ke dalam file? (Y/N)
N

```

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 3
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > F
Masukkan nama file: test/SPL-1d-10.txt
[1.0, 0.5, 0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1]
[0.5, 0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909]
[0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833]
[0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769]
[0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714]
[0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714, 0.0667]
[0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714, 0.0667, 0.0625]
[0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714, 0.0667, 0.0625, 0.0588]
[0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714, 0.0667, 0.0625, 0.0588, 0.0556]
[0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714, 0.0667, 0.0625, 0.0588, 0.0556, 0.0526]

-> Gagal menghitung solusi! Matriks A tak memiliki balikan
Simpan ke dalam file? (Y/N)
N

```

Cramer

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 4
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[1.0, 0.5, 0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667]
[0.5, 0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429]
[0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125]
[0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111]
[0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1]
[0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909]
-> Tidak bisa dihitung menggunakan metode Cramer

```

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 4
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[1.0, 0.5, 0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1]
[0.5, 0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909]
[0.3333, 0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833]
[0.25, 0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769]
[0.2, 0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714]
[0.1667, 0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714, 0.0667]
[0.1429, 0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714, 0.0667, 0.0625]
[0.125, 0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714, 0.0667, 0.0625, 0.0588]
[0.1111, 0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714, 0.0667, 0.0625, 0.0588, 0.0556]
[0.1, 0.0909, 0.0833, 0.0769, 0.0714, 0.0667, 0.0625, 0.0588, 0.0556, 0.0526]
-> Tidak bisa dihitung menggunakan metode Cramer

```

2. SPL berbentuk matriks augmented

a.

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 2 & -1 & -1 \\ 2 & 1 & -2 & -2 & -2 \\ -1 & 2 & -4 & 1 & 1 \\ 3 & 0 & 0 & -3 & -3 \end{bmatrix}$$

Gauss

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 1
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > T
Masukkan jumlah baris: 4
Masukkan jumlah kolom: 5
Masukkan nilai matriks:
1 -1 2 -1 -1
2 1 -2 -2 -2
-1 2 -4 1 1
3 0 0 -3 -3

[1.0, -1.0, 2.0, -1.0, -1.0]
[0.0, 1.0, -2.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]

-> SPL memiliki banyak solusi

1.0(x_1) + -1.0(x_2) + 2.0(x_3) + -1.0(x_4) = -1.0
0.0(x_1) + 1.0(x_2) + -2.0(x_3) + 0.0(x_4) = 0.0
0.0(x_1) + 0.0(x_2) + 0.0(x_3) + 0.0(x_4) = 0.0
0.0(x_1) + 0.0(x_2) + 0.0(x_3) + 0.0(x_4) = 0.0

```

Gauss-Jordan

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 2
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[1.0, -1.0, 2.0, -1.0, -1.0]
[2.0, 1.0, -2.0, -2.0, -2.0]
[-1.0, 2.0, -4.0, 1.0, 1.0]
[3.0, 0.0, 0.0, -3.0, -3.0]

[1.0, 0.0, 0.0, -1.0, -1.0]
[0.0, 1.0, -2.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]

-> SPL memiliki banyak solusi

1(x_1) + 0(x_2) + 0(x_3) + -1(x_4) = -1
0(x_1) + 1(x_2) + -2(x_3) + 0(x_4) = 0
0(x_1) + 0(x_2) + 0(x_3) + 0(x_4) = 0
0(x_1) + 0(x_2) + 0(x_3) + 0(x_4) = 0

```

Balikan

```
Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 3
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > F
Masukkan nama file: test/SPL-2a.txt
[1.0, -1.0, 2.0, -1.0, -1.0]
[2.0, 1.0, -2.0, -2.0, -2.0]
[-1.0, 2.0, -4.0, 1.0, 1.0]
[3.0, 0.0, 0.0, -3.0, -3.0]

-> Gagal menghitung solusi! Matriks A tak memiliki balikan
Simpan ke dalam file? (Y/N)
N
```

Cramer

```
Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 4
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[1.0, -1.0, 2.0, -1.0, -1.0]
[2.0, 1.0, -2.0, -2.0, -2.0]
[-1.0, 2.0, -4.0, 1.0, 1.0]
[3.0, 0.0, 0.0, -3.0, -3.0]

-> Gagal menghitung solusi! Matriks A tak memiliki balikan
```

b.

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 8 & 0 & 8 \\ 0 & 1 & 0 & 4 & 6 \\ -4 & 0 & 6 & 0 & 6 \\ 0 & -2 & 0 & 3 & -1 \\ 2 & 0 & -4 & 0 & -4 \\ 0 & 1 & 0 & -2 & 0 \end{bmatrix}$$

Gauss

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 1
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > T
Masukkan jumlah baris: 6
Masukkan jumlah kolom: 5
Masukkan nilai matriks:
2 0 8 0 8
0 1 0 4 6
-4 0 6 0 6
0 -2 0 3 -1
2 0 -4 0 -4
0 1 0 -2 0

[1.0, 0.0, 4.0, 0.0, 4.0]
[0.0, 1.0, 0.0, 4.0, 6.0]
[0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 1.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]

-> SPL memiliki banyak solusi

1.0(x_1) + 0.0(x_2) + 4.0(x_3) + 0.0(x_4) = 4.0
0.0(x_1) + 1.0(x_2) + 0.0(x_3) + 4.0(x_4) = 6.0
0.0(x_1) + 0.0(x_2) + 1.0(x_3) + 0.0(x_4) = 1.0
0.0(x_1) + 0.0(x_2) + 0.0(x_3) + 1.0(x_4) = 1.0
0.0(x_1) + 0.0(x_2) + 0.0(x_3) + 0.0(x_4) = 0.0
0.0(x_1) + 0.0(x_2) + 0.0(x_3) + 0.0(x_4) = 0.0

```

Gauss-Jordan

```

Masukkan metode pilihan Anda > 2
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[2.0, 0.0, 8.0, 0.0, 8.0]
[0.0, 1.0, 0.0, 4.0, 6.0]
[-4.0, 0.0, 6.0, 0.0, 6.0]
[0.0, -2.0, 0.0, 3.0, -1.0]
[2.0, 0.0, -4.0, 0.0, -4.0]
[0.0, 1.0, 0.0, -2.0, 0.0]

[1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 2.0]
[0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 1.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]

-> SPL memiliki banyak solusi

1(x_1) + 0(x_2) + 0(x_3) + 0(x_4) = 0
0(x_1) + 1(x_2) + 0(x_3) + 0(x_4) = 2
0(x_1) + 0(x_2) + 1(x_3) + 0(x_4) = 1
0(x_1) + 0(x_2) + 0(x_3) + 1(x_4) = 1
0(x_1) + 0(x_2) + 0(x_3) + 0(x_4) = 0
0(x_1) + 0(x_2) + 0(x_3) + 0(x_4) = 0

```

Balikan

```
Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 3
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test/SPL-2b.txt
[2.0, 0.0, 8.0, 0.0, 8.0]
[0.0, 1.0, 0.0, 4.0, 6.0]
[-4.0, 0.0, 6.0, 0.0, 6.0]
[0.0, -2.0, 0.0, 3.0, -1.0]
[2.0, 0.0, -4.0, 0.0, -4.0]
[0.0, 1.0, 0.0, -2.0, 0.0]

-> Gagal menghitung solusi! Matriks A tak memiliki balikan
Simpan ke dalam file? (Y/N)
n
```

Cramer

```
Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 4
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[2.0, 0.0, 8.0, 0.0, 8.0]
[0.0, 1.0, 0.0, 4.0, 6.0]
[-4.0, 0.0, 6.0, 0.0, 6.0]
[0.0, -2.0, 0.0, 3.0, -1.0]
[2.0, 0.0, -4.0, 0.0, -4.0]
[0.0, 1.0, 0.0, -2.0, 0.0]

-> Tidak bisa dihitung menggunakan metode Cramer
```

3. SPL berbentuk

a.

$$8x_1 + x_2 + 3x_3 + 2x_4 = 0$$

$$2x_1 + 9x_2 - x_3 - 2x_4 = 1$$

$$x_1 + 3x_2 + 2x_3 - x_4 = 2$$

$$x_1 + 6x_3 + 4x_4 = 3$$

Gauss

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 1
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > T
Masukkan jumlah baris: 4
Masukkan jumlah kolom: 5
Masukkan nilai matriks:
8 1 3 2 0
2 9 -1 -2 1
1 3 2 -1 2
1 0 6 4 3

[1.0, 0.125, 0.375, 0.25, 0.0]
[0.0, 1.0, -0.2, -0.2857, 0.1143]
[0.0, 0.0, 1.0, -0.1948, 0.7597]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, -0.2581]

-> SPL memiliki solusi unik

x_1 = -0.2243
x_2 = 0.1824
x_3 = 0.7095
x_4 = -0.2581

```

Gauss-Jordan

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 2
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[8.0, 1.0, 3.0, 2.0, 0.0]
[2.0, 9.0, -1.0, -2.0, 1.0]
[1.0, 3.0, 2.0, -1.0, 2.0]
[1.0, 0.0, 6.0, 4.0, 3.0]

[1.0, 0.0, 0.0, 0.0, -0.2243]
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.1824]
[0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.7095]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, -0.2581]

-> SPL memiliki solusi unik

x_1 = -0.2243
x_2 = 0.1824
x_3 = 0.7095
x_4 = -0.2581

```


Balikan

```
Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 3
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > F
Masukkan nama file: test/SPL-3a.txt
[8.0, 1.0, 3.0, 2.0, 0.0]
[2.0, 9.0, -1.0, -2.0, 1.0]
[1.0, 3.0, 2.0, -1.0, 2.0]
[1.0, 0.0, 6.0, 4.0, 3.0]

-> Solusi SPL:
x_1 = -0.2243
x_2 = 0.1824
x_3 = 0.7095
x_4 = -0.2581
Simpan ke dalam file? (Y/N)
N
```

Cramer

```
Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 4
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[8.0, 1.0, 3.0, 2.0, 0.0]
[2.0, 9.0, -1.0, -2.0, 1.0]
[1.0, 3.0, 2.0, -1.0, 2.0]
[1.0, 0.0, 6.0, 4.0, 3.0]

-> Solusi SPL:
x_1 = -0.2243
x_2 = 0.1824
x_3 = 0.7095
x_4 = -0.2581
```

b.

$$\begin{aligned}
x_7 + x_8 + x_9 &= 13.00 \\
x_4 + x_5 + x_6 &= 15.00 \\
x_1 + x_2 + x_3 &= 8.00 \\
0.04289(x_3 + x_5 + x_7) + 0.75(x_6 + x_8) + 0.61396x_9 &= 14.79 \\
0.91421(x_3 + x_5 + x_7) + 0.25(x_2 + x_4 + x_6 + x_8) &= 14.31 \\
0.04289(x_3 + x_5 + x_7) + 0.75(x_2 + x_4) + 0.61396x_1 &= 3.81 \\
x_3 + x_6 + x_9 &= 18.00 \\
x_2 + x_5 + x_8 &= 12.00 \\
x_1 + x_4 + x_7 &= 6.00 \\
0.04289(x_1 + x_5 + x_9) + 0.75(x_2 + x_6) + 0.61396x_3 &= 10.51 \\
0.91421(x_1 + x_5 + x_9) + 0.25(x_2 + x_4 + x_6 + x_8) &= 16.13 \\
0.04289(x_1 + x_5 + x_9) + 0.75(x_4 + x_8) + 0.61396x_7 &= 7.04
\end{aligned}$$

Gauss

```

Masukkan metode pilihan Anda > 1
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > T
Masukkan jumlah baris: 12
Masukkan jumlah kolom: 10
Masukkan nilai matriks:
0 0 0 0 0 1 1 1 13
0 0 0 1 1 1 0 0 0 15
1 1 1 0 0 0 0 0 0 8
0 0 0.04289 0 0.04289 0.75 0.04289 0.75 0.61396 14.79
0 0.25 0.91421 0.25 0.91421 0.25 0.91421 0.25 0 14.31
0.61396 0.75 0.04289 0.75 0.04289 0 0.04289 0 0 3.81
0 0 1 0 0 1 0 0 1 18
0 1 0 0 1 0 0 1 0 12
1 0 0 1 0 0 1 0 0 6
0.04289 0.75 0.61396 0 0.04289 0.75 0 0 0.04289 10.51
0.91421 0.25 0 0.25 0.91421 0.25 0 0.25 0.91421 16.13
0.04289 0 0 0.75 0.04289 0 0.61396 0.75 0.04289 7.04

[1.0, 1.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 8.0]
[0.0, 1.0, 3.6568, 1.0, 3.6568, 1.0, 3.6568, 1.0, 0.0, 57.24]
[0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 1.0, 17.4866, 1.0, 17.4866, 14.3148, 344.8356]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 15.0]
[-0.0, -0.0, -0.0, -0.0, 1.0, -1.6154626809719338E17, -5.530060054440778E15, -1.6707632815163414E17, -1.3777398906904458E17, -3.1558965052728576E18]
[-0.0, -0.0, -0.0, -0.0, -0.0, 1.0, 0.0342, 1.0342, 0.8528, 19.5356]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0, 1.0, 13.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 17.0, 13.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, -16.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 596.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1536.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, -4176.0]

-> SPL tidak memiliki solusi

```

Gauss-Jordan

```

Masukkan metode pilihan Anda > 2
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0, 1.0, 13.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 15.0]
[1.0, 1.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 8.0]
[0.0, 0.0, 0.0429, 0.0, 0.0429, 0.75, 0.0429, 0.75, 0.614, 14.79]
[0.0, 0.25, 0.9142, 0.25, 0.9142, 0.25, 0.9142, 0.25, 0.0, 14.31]
[0.614, 0.75, 0.0429, 0.75, 0.0429, 0.0, 0.0429, 0.0, 0.0, 3.81]
[0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 18.0]
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 12.0]
[1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 6.0]
[0.0429, 0.75, 0.614, 0.0, 0.0429, 0.75, 0.0, 0.0, 0.0429, 10.51]
[0.9142, 0.25, 0.0, 0.25, 0.9142, 0.25, 0.0, 0.25, 0.9142, 16.13]
[0.0429, 0.0, 0.0, 0.75, 0.0429, 0.0, 0.614, 0.75, 0.0429, 7.04]

[1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 24.0041]
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1024.0]
[0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 256.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, -256.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, -252.8116]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, -256.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 285.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, -16.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 596.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1536.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, -4176.0]

-> SPL tidak memiliki solusi

```

Balikan

```
test > SPL-3b.txt
1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 13.00
2 0 0 0 1 1 1 0 0 0 15.00
3 1 1 1 0 0 0 0 0 0 8.00
4 0 0 0.04289 0 0.04289 0.75 0.04289 0.75 0.61396 14.79
5 0 0.25 0.91421 0.25 0.91421 0.25 0.91421 0.25 0 14.31
6 0.61396 0.75 0.04289 0.75 0.04289 0 0.04289 0 0 3.81
7 0 0 1 0 0 1 0 0 1 18.00
8 0 1 0 0 1 0 0 1 0 12.00
9 1 0 0 1 0 0 1 0 0 6.00
10 0.04289 0.75 0.61396 0 0.04289 0.75 0 0 0.04289 10.51
11 0.91421 0.25 0 0.25 0.91421 0.25 0 0.25 0.91421 16.13
12 0.04289 0 0 0.75 0.04289 0 0.61396 0.75 0.04289 7.04

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 3
Masukkan dari terminal (T) atau file (F) > F
Masukkan nama file: test/SPL-3b.txt
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0, 1.0, 13.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 15.0]
[1.0, 1.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 8.0]
[0.0, 0.0, 0.0429, 0.0, 0.0429, 0.75, 0.0429, 0.75, 0.614, 14.79]
[0.0, 0.25, 0.9142, 0.25, 0.9142, 0.25, 0.9142, 0.25, 0.0, 14.31]
[0.614, 0.75, 0.0429, 0.75, 0.0429, 0.0, 0.0429, 0.0, 0.0, 3.81]
[0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 18.0]
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 12.0]
[1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 6.0]
[0.0429, 0.75, 0.614, 0.0, 0.0429, 0.75, 0.0, 0.0, 0.0429, 10.51]
[0.9142, 0.25, 0.0, 0.25, 0.9142, 0.25, 0.0, 0.25, 0.9142, 16.13]
[0.0429, 0.0, 0.0, 0.75, 0.0429, 0.0, 0.614, 0.75, 0.0429, 7.04]

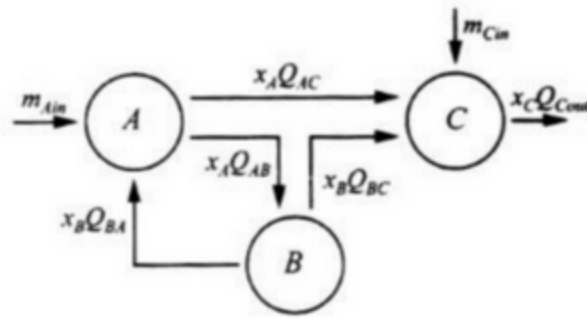
-> Gagal menghitung solusi! Matriks A tak memiliki balikan
Simpan ke dalam file? (Y/N)
N
```

Cramer

```
Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 4
Masukkan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0, 1.0, 13.0]
[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 15.0]
[1.0, 1.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 8.0]
[0.0, 0.0, 0.0429, 0.0, 0.0429, 0.75, 0.0429, 0.75, 0.614, 14.79]
[0.0, 0.25, 0.9142, 0.25, 0.9142, 0.25, 0.9142, 0.25, 0.0, 14.31]
[0.614, 0.75, 0.0429, 0.75, 0.0429, 0.0, 0.0429, 0.0, 0.0, 3.81]
[0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 18.0]
[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 12.0]
[1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 6.0]
[0.0429, 0.75, 0.614, 0.0, 0.0429, 0.75, 0.0, 0.0, 0.0429, 10.51]
[0.9142, 0.25, 0.0, 0.25, 0.9142, 0.25, 0.0, 0.25, 0.9142, 16.13]
[0.0429, 0.0, 0.0, 0.75, 0.0429, 0.0, 0.614, 0.75, 0.0429, 7.04]
-> Tidak bisa dihitung menggunakan metode Cramer
```

4.



Gauss

```

Masukkan metode pilihan Anda > 1
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > T
Masukkan jumlah baris: 3
Masukkan jumlah kolom: 5
Masukkan nilai matriks:
1300 60 -40 -80 0
0 40 -60 -20 0
200 80 20 -150 0

[1.0, 0.0462, -0.0308, -0.0615, 0.0]
[0.0, 1.0, -1.5, -0.5, 0.0]
[0.0, 0.0, 1.0, -0.7733, 0.0]

-> SPL memiliki banyak solusi

1.0(x_1) + 0.0462(x_2) + -0.0308(x_3) + -0.0615(x_4) = 0.0
0.0(x_1) + 1.0(x_2) + -1.5(x_3) + -0.5(x_4) = 0.0
0.0(x_1) + 0.0(x_2) + 1.0(x_3) + -0.7733(x_4) = 0.0
  
```

Gauss-Jordan

```

Masukkan metode pilihan Anda > 2
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[1300.0, 60.0, -40.0, -80.0, 0.0]
[0.0, 40.0, -60.0, -20.0, 0.0]
[200.0, 80.0, 20.0, -150.0, 0.0]

[1.0, 0.0, 0.0, -0.0087, 0.0]
[0.0, 1.0, 0.0, -1.6599, 0.0]
[0.0, 0.0, 1.0, -0.7733, 0.0]

-> SPL memiliki banyak solusi

1(x_1) + 0(x_2) + 0(x_3) + -0.0087(x_4) = 0
0(x_1) + 1(x_2) + 0(x_3) + -1.6599(x_4) = 0
0(x_1) + 0(x_2) + 1(x_3) + -0.7733(x_4) = 0
  
```

Balikan

```

test > SPL-4.txt
1  1300 60 -40 -80 0
2  0 40 -60 -20 0
3  200 80 20 -150 0

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 3
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > F
Masukkan nama file: test/SPL-4.txt
[1300.0, 60.0, -40.0, -80.0, 0.0]
[0.0, 40.0, -60.0, -20.0, 0.0]
[200.0, 80.0, 20.0, -150.0, 0.0]

-> Gagal menghitung solusi! Matriks A tak memiliki balikan
Simpan ke dalam file? (Y/N)
N

```

Cramer

```

Penyelesaian Sistem Persamaan Linier
1. Metode Eliminasi Gauss
2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
3. Metode Matriks Balikan
4. Metode Kaidah Cramer
5. Kembali

Masukkan metode pilihan Anda > 4
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > f
Masukkan nama file: test.txt
[1300.0, 60.0, -40.0, -80.0, 0.0]
[0.0, 40.0, -60.0, -20.0, 0.0]
[200.0, 80.0, 20.0, -150.0, 0.0]
-> Tidak bisa dihitung menggunakan metode Cramer

```

5. Studi Kasus Interpolasi

a.

Gunakan tabel di bawah ini untuk mencari polinom interpolasi dari pasangan titik-titik yang terdapat dalam tabel. Program menerima masukan nilai x yang akan dicari nilai fungsi $f(x)$.

x	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3
$f(x)$	0.003	0.067	0.148	0.248	0.370	0.518	0.697

Lakukan pengujian pada nilai-nilai berikut:

$x = 0.2$	$f(x) = ?$
$x = 0.55$	$f(x) = ?$
$x = 0.85$	$f(x) = ?$
$x = 1.28$	$f(x) = ?$

```
test > Interpol-5a.txt
1 0.1 0.003
2 0.3 0.067
3 0.5 0.148
4 0.7 0.248
5 0.9 0.370
6 1.1 0.518
7 1.3 0.697
8 0.2
9 0.55
10 0.85
11 1.28

test > resul_Interpol-5a.txt
1 p6(x) = -0.023 + 0.24(x) + 0.1974(x^2) + 0.0(x^3) + 0.026(x^4) + 0.0(x^5) + -0.0(x^6)
2 p6(0.2) = 0.0329
3 p6(0.55) = 0.1711
4 p6(0.85) = 0.3372
5 p6(1.28) = 0.6774
6

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS

Menginterpolasi Titik
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > F
Masukkan nama file: test/Interpol-5a.txt
[0.1, 0.003]
[0.3, 0.067]
[0.5, 0.148]
[0.7, 0.248]
[0.9, 0.37]
[1.1, 0.518]
[1.3, 0.697]
[0.2]
[0.55]
[0.85]
[1.28]

p6(x) = -0.023 + 0.24(x) + 0.1974(x^2) + 0.0(x^3) + 0.026(x^4) + 0.0(x^5) + -0.0(x^6)
p6(0.2) = 0.0329
p6(0.55) = 0.1711
p6(0.85) = 0.3372
p6(1.28) = 0.6774
Simpan ke dalam file? (Y/N)
Y
Masukkan nama file:
test/resul_Interpol-5a.txt
Berhasil menyimpan ke dalam file
```

n titik uji dapat diletakkan setelah masukan pasangan titik $\{x, f(x)\}$ yang diketahui. Jadi, kita dapat menguji n titik sekaligus.

Hasil:

$$p6(x) = -0.023 + 0.24(x) + 0.1974(x^2) + 0.0(x^3) + 0.026(x^4) + 0.0(x^5) + -0.0(x^6)$$

$$p6(0.2) = 0.0329$$

$$p6(0.55) = 0.1711$$

$$p6(0.85) = 0.3372$$

$$p6(1.28) = 0.6774$$

b.

Jumlah kasus positif baru Covid-19 di Indonesia semakin fluktuatif dari hari ke hari. Di bawah ini diperlihatkan jumlah kasus baru Covid-19 di Indonesia mulai dari tanggal 17 Juni 2022 hingga 31 Agustus 2022:

Tanggal	Tanggal (desimal)	Jumlah Kasus Baru
17/06/2022	6,567	12.624
30/06/2022	7	21.807
08/07/2022	7,258	38.391
14/07/2022	7,451	54.517
17/07/2022	7,548	51.952
26/07/2022	7,839	28.228
05/08/2022	8,161	35.764
15/08/2022	8,484	20.813
22/08/2022	8,709	12.408
31/08/2022	9	10.534

Tanggal (desimal) adalah tanggal yang sudah diolah ke dalam bentuk desimal 3 angka di belakang koma dengan memanfaatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Tanggal (desimal)} = \text{bulan} + (\text{tanggal} / \text{jumlah hari pada bulan tersebut})$$

Sebagai contoh, untuk tanggal 17/06/2022 (dibaca: 17 Juni 2022) diperoleh tanggal(desimal) sebagai berikut:

$$\text{Tanggal (desimal)} = 6 + (17/30) = 6,567$$

Gunakanlah data di atas dengan memanfaatkan **interpolasi polinomial** untuk melakukan prediksi jumlah kasus baru Covid-19 pada tanggal-tanggal berikut:

- 16/07/2022
- 10/08/2022
- 05/09/2022
- Masukan user lainnya berupa **tanggal (desimal)** yang sudah diolah dengan asumsi prediksi selalu dilakukan untuk tahun 2022.

```
Menginterpolasi Titik
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > F
Masukkan nama file: test/Interpol-5b.txt
[6.567, 12624.0]
[7.0, 21807.0]
[7.258, 38391.0]
[7.451, 54517.0]
[7.548, 51952.0]
[7.839, 28228.0]
[8.161, 35764.0]
[8.484, 20813.0]
[8.709, 12408.0]
[9.0, 10534.0]
[7.516]
[8.323]
[9.167]
[7.967]

p9(x) = 7.200093878806706E12 + -9.362131140303973E12(x) + 5.342010946202457E12(x^2) + -1.759156377519361E12(x^3) + 3.690034537331595E11(x^4) +
-5.11900224926286E10(x^5) + 4.7007795810754E9(x^6) + -2.757476501902E8(x^7) + 9381587.2817(x^8) + -141117.812(x^9)
p9(7.516) = 52946.1914
p9(8.323) = 34785.2969
p9(9.167) = -671509.7969
p9(7.967) = 25762.0
Simpan ke dalam file? (Y/N)
Y
Masukkan nama file:
test/result_Interpol-5b.txt
Berhasil menyimpan ke dalam file
```

Hasil:

$$\begin{aligned} p_9(x) = & 7.200093878806706E12 + -9.362131140303973E12(x) + \\ & 5.342010946202457E12(x^2) + -1.759156377519361E12(x^3) + \\ & 3.690034537331595E11(x^4) + -5.11900224926286E10(x^5) + \\ & 4.7007795810754E9(x^6) + -2.757476501902E8(x^7) + \\ & 9381587.2817(x^8) + -141117.812(x^9) \end{aligned}$$

$$16/07/2022 \Rightarrow 7.516$$

$$p_9(7.516) = 52946.1914$$

$$10/08/2022 \Rightarrow 8.323$$

$$p_9(8.323) = 34785.2969$$

$$05/09/2022 \Rightarrow 9.166$$

$$p_9(9.167) = -671509.7969$$

$$30/07/2022 \Rightarrow 7.967$$

$$p_9(7.967) = 25762.0$$

c.

Sederhanakan fungsi $f(x)$ yang memenuhi kondisi

$$f(x) = \frac{x^2 + \sqrt{x}}{e^x + x}$$

dengan polinom interpolasi derajat n di dalam selang $[0, 2]$.

Sebagai contoh, jika $n = 5$, maka titik-titik x yang diambil di dalam selang $[0, 2]$ berjarak $h = (2 - 0)/5 = 0.4$.


```

test > ≡ Interpol-5c.txt
1 0.0 0.0
2 0.4 0.418884
3 0.8 0.507158
4 1.2 0.560925
5 1.6 0.583686
6 2.0 0.576652
7 0.5

test > ≡ result_Interpol-5c.txt
1 p5(x) = 0.0 + 2.0353(x) + -3.5527(x^2) + 3.2371(x^3) + -1.4213(x^4) + 0.2363(x^5)
2 p5(0.5) = 0.4527
3

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS
Menginterpolasi Titik
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > F
Masukkan nama file: test/Interpol-5c.txt
[0.0, 0.0]
[0.4, 0.4189]
[0.8, 0.5072]
[1.2, 0.5609]
[1.6, 0.5837]
[2.0, 0.5767]
[0.5]

p5(x) = 0.0 + 2.0353(x) + -3.5527(x^2) + 3.2371(x^3) + -1.4213(x^4) + 0.2363(x^5)
p5(0.5) = 0.4527
Simpan ke dalam file? (Y/N)
Y
Masukkan nama file:
test/result_Interpol-5c.txt
Berhasil menyimpan ke dalam file

```

Hasil:

$$p5(x) = 0.0 + 2.0353(x) + -3.5527(x^2) + 3.2371(x^3) + -1.4213(x^4) + 0.2363(x^5)$$

Untuk $x = 0.5$ didapatkan $p5(0.5) = 0.4527$.

6. Studi Kasus Regresi Linear Berganda

Diberikan sekumpulan data sesuai pada tabel berikut ini.

Table 12.1: Data for Example 12.1

Nitrous Oxide, y	Humidity, x_1	Temp., x_2	Pressure, x_3	Nitrous Oxide, y	Humidity, x_1	Temp., x_2	Pressure, x_3
0.90	72.4	76.3	29.18	1.07	23.2	76.8	29.38
0.91	41.6	70.3	29.35	0.94	47.4	86.6	29.35
0.96	34.3	77.1	29.24	1.10	31.5	76.9	29.63
0.89	35.1	68.0	29.27	1.10	10.6	86.3	29.56
1.00	10.7	79.0	29.78	1.10	11.2	86.0	29.48
1.10	12.9	67.4	29.39	0.91	73.3	76.3	29.40
1.15	8.3	66.8	29.69	0.87	75.4	77.9	29.28
1.03	20.1	76.9	29.48	0.78	96.6	78.7	29.29
0.77	72.2	77.7	29.09	0.82	107.4	86.8	29.03
1.07	24.0	67.7	29.60	0.95	54.9	70.9	29.37

Source: Charles T. Hare, "Light-Duty Diesel Emission Correction Factors for Ambient Conditions," EPA-600/2-77-116. U.S. Environmental Protection Agency.

Gunakan *Normal Estimation Equation for Multiple Linear Regression* untuk mendapatkan regresi linear berganda dari data pada tabel di atas, kemudian estimasi nilai Nitrous Oxide apabila Humidity bernilai 50%, temperatur 76°F, dan tekanan udara sebesar 29.30.

```

Meregresi Linear Berganda Sampel

Masukan dari terminal (T) atau file (F) > T
Masukkan jumlah peubah x: 3
Masukkan jumlah sampel: 20
Masukkan nilai matriks:
72.4 76.3 29.18 0.90
41.6 70.3 29.35 0.91
34.3 77.1 29.24 0.96
35.1 68.0 29.27 0.89
10.7 79.0 29.78 1.00
12.9 67.4 29.39 1.10
8.3 66.8 29.69 1.15
20.1 76.9 29.48 1.03
72.2 77.7 29.09 0.77
24.0 67.7 29.60 1.07
23.2 76.8 29.38 1.07
47.4 86.6 29.35 0.94
31.5 76.9 29.63 1.10
10.6 86.3 29.56 1.10
11.2 86.0 29.48 1.10
73.3 76.3 29.40 0.91
75.4 77.9 29.28 0.87
96.6 78.7 29.29 0.78
107.4 86.8 29.03 0.82
54.9 70.9 29.37 0.95

f(x) = -3.5078 + -0.0026(x_1) + 8.0E-4(x_2) + 0.1542(x_3)

Prediksi nilai titik Ya (Y) atau Tidak (T) > Y
Masukkan nilai x_1: 50
Masukkan nilai x_2: 76
Masukkan nilai x_3: 29.30
f(x) = 0.9411

```

Dengan menggunakan data yang ada, didapat persamaan $f(x)$ diatas. Kemudian persamaan tersebut digunakan untuk melakukan estimasi nilai Nitrous Oxide dengan memasukan nilai tiap variabel x. Berdasarkan perhitungan diatas, estimasi nilai Nitrous Oxide-nya adalah 0.9411.

7. Studi Kasus Interpolasi Bicubic Spline

$$\begin{pmatrix} 21 & 98 & 125 & 153 \\ 51 & 101 & 161 & 59 \\ 0 & 42 & 72 & 210 \\ 16 & 12 & 81 & 96 \end{pmatrix}$$

Tentukan nilai:

$$f(0, 0) = ?$$

$$f(0.5, 0.5) = ?$$

$$f(0.25, 0.75) = ?$$

$$f(0.1, 0.9) = ?$$

```
MENU:
1. Sistem Persamaan Linier
2. Determinan
3. Matriks Balikan
4. Interpolasi Polinom
5. Interpolasi Bicubic Spline
6. Regresi Linier Berganda
7. Keluar

Masukkan menu pilihan Anda > 5
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > t
Masukkan nilai matriks:
21 98 125 153
51 101 161 59
0 42 72 210
16 12 81 96
0 0

z = 21
```

Nilai $f(0,0) = 21$

```
MENU:
1. Sistem Persamaan Linier
2. Determinan
3. Matriks Balikan
4. Interpolasi Polinom
5. Interpolasi Bicubic Spline
6. Regresi Linier Berganda
7. Keluar

Masukkan menu pilihan Anda > 5
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > t
Masukkan nilai matriks:
21 98 125 153
51 101 161 59
0 42 72 210
16 12 81 96
0.5 0.5

z = 87.7969
```

Nilai $f(0.5,0.5) = 87.7969$

```

MENU:
1. Sistem Persamaan Linier
2. Determinan
3. Matriks Balikan
4. Interpolasi Polinom
5. Interpolasi Bicubic Spline
6. Regresi Linier Berganda
7. Keluar

Masukkan menu pilihan Anda > 5
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > t
Masukkan nilai matriks:
21 98 125 153
51 101 161 59
0 42 72 210
16 12 81 96
0.25 0.75

z = 117.7322

```

Nilai $f(0.25, 0.75) = 117.7322$

```

MENU:
1. Sistem Persamaan Linier
2. Determinan
3. Matriks Balikan
4. Interpolasi Polinom
5. Interpolasi Bicubic Spline
6. Regresi Linier Berganda
7. Keluar

Masukkan menu pilihan Anda > 5
Masukan dari terminal (T) atau file (F) > t
Masukkan nilai matriks:
21 98 125 153
51 101 161 59
0 42 72 210
16 12 81 96
0.1 0.9

z = 128.5752

```

Nilai $f(0.1, 0.9) = 128.5752$

BAB 5

Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Dari kuliah IF2123 Aljabar Linier dan Geometri, kami mengambil konsep-konsep materi yang kami dapat dan mengimplementasikannya dalam program bahasa Java. Program yang kami buat mampu menyelesaikan berbagai masalah yang melibatkan matriks, seperti Sistem Persamaan Linier, Determinan, dan Matriks Balikan.

Melalui proyek besar ini, kami juga memahami berbagai metode untuk mengatasi berbagai masalah yang melibatkan matriks, seperti menghitung perkiraan nilai fungsi interpolasi polinomial dan interpolasi bikubik, serta menghitung hasil regresi linear berganda.

5.2 Saran

- Pengerjaan tugas besar seharusnya tidak ditunda-tunda dan tidak deadliner.
- Melakukan test case seharusnya dilakukan jauh-jauh hari agar ketika ada bug dapat diperbaiki dengan maksimal.

5.3 Refleksi

Kami dapat mengimplementasikan materi kuliah Aljabar Linear dan Geometri IF2123 yang dipelajari di kelas ke dalam sebuah program berbahasa Java. Melalui tugas besar ini, kami mengetahui lebih dalam mengenai metode-metode penyelesaian SPL, determinan, balikan, dan aplikasinya. Kami belajar banyak mulai dari bagaimana cara menggunakan algoritma untuk menyelesaikan masalah SPL hingga mengetahui cara menggunakan bahasa Java. Kami juga belajar bagaimana cara bekerja sama dengan baik menggunakan github.

5.4 Link Repository

<https://github.com/SandWithCheese/Algeo01-22005>

Daftar Referensi

<https://www.statlect.com/matrix-algebra/Gaussian-elimination>

<https://www.statlect.com/matrix-algebra/Gauss-Jordan-elimination>

<https://www.cuemath.com/algebra/cramers-rule/>

[https://www.investopedia.com/terms/m/mlr.asp#:~:text=Key%20Takeaways-,Multiple%20linear%20regression%20\(MLR\)%2C%20also%20known%20simply%20as%20multiple,uses%20just%20one%20explanatory%20variable.](https://www.investopedia.com/terms/m/mlr.asp#:~:text=Key%20Takeaways-,Multiple%20linear%20regression%20(MLR)%2C%20also%20known%20simply%20as%20multiple,uses%20just%20one%20explanatory%20variable.)