

LAPORAN TUGAS BESAR 1
IF2123 ALJABAR LINIER DAN GEOMETRI

Sistem Persamaan Linier, Determinan, dan Aplikasinya



Disusun oleh:

Kelompok 15

Najwa Kahani Fatima 13523043

Adinda Putri 13523071

Muhammad Fathur Rizky 13523105

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
SEKOLAH TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
JL. GANESA 10, BANDUNG 40132

2024

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	2
BAB 1 DESKRIPSI MASALAH	5
BAB 2 TEORI SINGKAT	7
2.1 Sistem Persamaan Linear	7
2.1.1 Metode Gauss	7
2.1.2 Metode Gauss Jordan	8
2.1.3 Metode Matriks Balikan	9
2.1.4 Kaidah Cramer	9
2.2 Determinan	9
2.2.1 Ekspansi Kofaktor	9
2.2.2 Reduksi Baris	10
2.3 Matriks Balikan	10
2.3.1 Metode Operasi Baris Elementer (OBE)	10
2.3.2 Matriks Kofaktor dan Adjoin	11
2.4 Interpolasi	11
2.4.1 Interpolasi Polinomial	11
2.4.2 Interpolasi Bicubic Spline	12
2.5 Regresi	13
2.5.1 Regresi Linear Berganda	13
2.5.1.1 Metode Ordinary Least Square (OLS)	13
2.5.1.2 Metode Ridge	13
2.5.2 Regresi Kuadratik Berganda	14
BAB 3 IMPLEMENTASI PROGRAM	15
3.1 Arsitektur Program	15
3.2 Kelas, Atribut, dan Metode	15
3.2.1 Folder Data Types	15
3.2.1.1 Array.java	16
3.2.1.2 Matrix.java	16
3.2.1.3 Tuple3.java, Tuple4.java, dan Tuple5.java	17
3.2.2 Folder Helpers	18
3.2.2.1 AddIdentity.java	18
3.2.2.2 BackwardSubstitution.java	19
3.2.2.3 CheckSolutionType.java	19
3.2.2.4 GetConst.java	19
3.2.2.5 GetMainMatrix.java	19
3.2.2.6 GetString.java	20
3.2.2.7 GetUniqueEquation.java	20
3.2.2.8 MakeAugmented.java	20
3.2.2.9 MatrixCopy.java	20

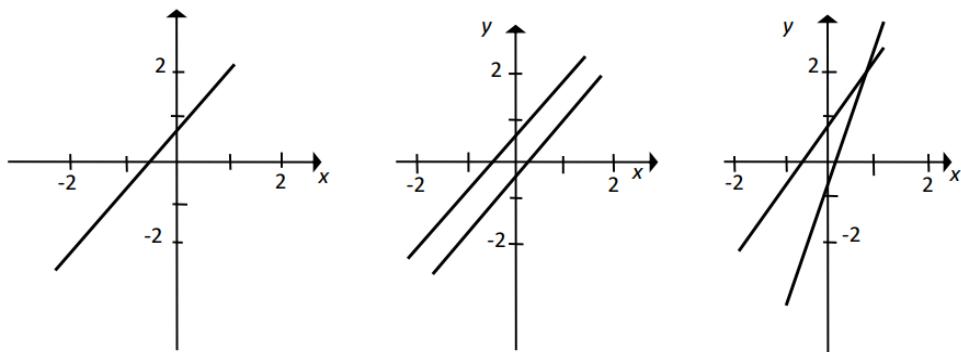
3.2.2.10 SwapRows.java	21
3.2.2.11 Utils.java	21
3.2.3 Folder Models	21
3.2.3.1 BicubicSplineInterpolation.java	22
3.2.3.2 EkspansiKofaktor.java	23
3.2.3.3 Matrix2x2.java	23
3.2.3.4 ReduksiBaris.java	24
3.2.3.5 InterpolasiPolinom.java	24
3.2.3.6 LinearRegression.java	25
3.2.3.7 AdjoinMethod.java	26
3.2.3.8 GaussJordanMethod.java	27
3.2.3.9 QuadraticRegression.java	27
3.2.3.10 Gauss.java	28
3.2.3.11 GaussJordan.java	28
3.2.3.12 KaidahCramer.java	29
3.2.3.13 MatriksBalikan.java	30
3.2.3.14 ImageResizingModel.java	30
3.2.4 Folder Views	31
3.2.4.1 Menu.java	31
3.2.4.2 Pprint.java	32
3.2.4.3 BicubicSplineInterpolationView.java	32
3.2.4.4 DeterminanView.java	33
3.2.4.5 InterpolasiPolinomView.java	33
3.2.4.6 MatriksBalikanView.java	33
3.2.4.7 LinearRegressionView.java	34
3.2.4.8 QuadraticRegressionView.java	35
3.2.4.9 RegressionView.java	35
3.2.4.10 SistemPersamaanLinearView.java	36
3.2.4.11 ImageResizingView.java	37
3.2.5 Folder Controllers	37
3.2.5.1 Determinan.java	37
3.2.5.2 InterpolasiPolinomController.java	38
3.2.5.3 BicubicSplineInterpolationController.java	39
3.2.5.4 LinearRegressionController.java	39
3.2.5.5 QuadraticRegressionController.java	40
3.2.5.6 RegressionController.java	40
3.2.5.7 MatriksBalikanController.java	41
3.2.5.8 SistemPersamaanLinier.java	42
3.2.5.9 MainController.java	43
3.2.5.10 ImageResizingController.java	43
3.3 Garis Besar Program	43

3.3.1 Sistem Persamaan Linier	44
3.3.2 Determinan	45
3.3.3 Matriks Balikan	45
3.3.4 Interpolasi Polinom	46
3.3.5 Interpolasi Bicubic Spline	46
3.3.6 Regresi Linier dan Kuadratik Berganda	47
3.3.7 Interpolasi Gambar	48
BAB 4 EKSPERIMEN	49
4.1 Sistem Persamaan Linier	49
4.1.1 Test Case 1 Bagian A	49
4.1.2 Test Case 1 Bagian B	51
4.1.3 Test Case 1 Bagian C	52
4.1.3 Test Case 1 Bagian D	54
4.1.3.1 $N = 6$	54
4.1.3.1 $N = 10$	55
4.1.4 Test Case 2 Bagian A	56
4.1.5 Test Case 2 Bagian B	58
4.1.6 Test Case 3 Bagian A	60
4.1.7 Test Case 3 Bagian B	61
4.1.8 Test Case 4	62
4.2 Interpolasi	64
4.2.1 Test Case 5 Bagian A	64
4.2.2 Test Case 5 Bagian B	66
4.3 Regresi Linier dan Kuadratik Berganda	68
4.4 Interpolasi Bicubic Spline	69
4.5 Image Resizing	70
BAB 5 KESIMPULAN	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	72
5.3 Refleksi	72
LAMPIRAN	73
Referensi	73
Tautan Repository	73
Tautan Video	73

BAB 1

DESKRIPSI MASALAH

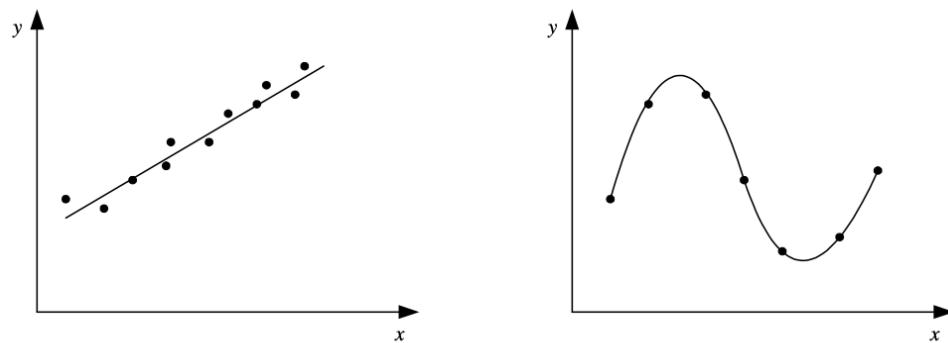
Mahasiswa Institut Teknologi Bandung (ITB) sering menghadapi berbagai tantangan akademis dalam menyelesaikan masalah-masalah sains dan rekayasa, terutama yang melibatkan sistem persamaan linier (SPL) dan determinan matriks. SPL dan determinan merupakan konsep yang banyak digunakan dalam berbagai disiplin ilmu seperti teknik, fisika, ekonomi, dan ilmu komputer. Meskipun konsep-konsep tersebut telah diajarkan dalam berbagai mata kuliah, seperti Aljabar Linier dan Geometri, banyak mahasiswa yang masih mengalami kesulitan dalam menyelesaikan SPL yang kompleks. Solusi sebuah SPL mungkin tidak ada, lebih dari satu (tidak berhingga), atau hanya satu (unik/tunggal), sehingga mahasiswa sering kesulitan dalam menentukan jenis solusi yang tepat dan metode penyelesaian yang harus digunakan.



Gambar 1. Tiga Kemungkinan Solusi Sistem Persamaan Linear

Dalam melakukan perhitungan SPL dan determinan secara manual, mahasiswa sering menghadapi keterbatasan waktu dan kemampuan, terutama ketika berhadapan dengan sistem persamaan yang rumit dan variabel dalam jumlah besar. Penyelesaian SPL melalui metode eliminasi Gauss, eliminasi Gauss-Jordan, kaidah Cramer, dan matriks balikan, serta perhitungan matriks dengan metode ekspansi kofaktor dan reduksi baris, memerlukan ketelitian yang tinggi, sehingga apabila dilakukan tanpa alat bantu, proses tersebut dapat menghabiskan waktu yang lama. Kendala tersebut menjadi masalah serius bagi mahasiswa, karena SPL dan determinan merupakan dasar dalam pemodelan berbagai fenomena ilmiah dan teknologi, seperti analisis *electric circuit*, optimasi produksi, dan pemrosesan gambar.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, solusi efektif yang dapat dilakukan adalah mengembangkan kalkulator matrix berbasis program komputer yang mampu menyelesaikan SPL dan menghitung determinan dengan cepat dan akurat. Kalkulator ini memungkinkan mahasiswa untuk melakukan perhitungan dengan lebih efisien dan meminimalisasi kesalahan. Dengan memanfaatkan berbagai *library* berbasis Java dan menerapkan konsep *Object Oriented Programming* (OOP), kalkulator ini dapat menjadi alat bantu yang efektif untuk menghitung solusi dari SPL dan determinan secara efisien pada berbagai tingkat kompleksitas.



Gambar 2. Regresi dan Interpolasi

Selain menyelesaikan SPL dan menghitung determinan dengan berbagai metode, kalkulator ini juga dapat digunakan dalam pengaplikasian SPL seperti interpolasi polinomial, interpolasi *bicubic spline*, serta regresi linier dan kuadratik berganda. Dalam interpolasi polinomial, mahasiswa dapat memperkirakan nilai fungsi berdasarkan titik-titik data yang diketahui yang berguna untuk *prediction analysis*. Sementara itu, interpolasi *bicubic spline* digunakan untuk menghasilkan permukaan halus antara titik-titik data, yang sering diterapkan dalam grafik komputer dan pemrosesan gambar. Di sisi lain, regresi linier dan kuadratik berganda menganalisis hubungan antara variabel, yang bermanfaat untuk prediksi nilai-nilai tertentu berdasarkan data.

Kalkulator ini bertujuan sebagai alat bantu mahasiswa untuk lebih memahami materi SPL dan determinan secara mendalam dan terstruktur, serta menyelesaikan masalah berbasis SPL dan determinan secara lebih efisien. Dengan adanya kalkulator matrix yang interaktif dan mudah digunakan, mahasiswa Institut Teknologi Bandung dapat lebih fokus pada pemahaman konsep secara teoritis dan penerapan dari metode-metode yang dipelajari.

BAB 2

TEORI SINGKAT

2.1 Sistem Persamaan Linear

Sebuah persamaan linear dalam n variabel x_1, x_2, \dots, x_n dapat direpresentasikan dalam bentuk $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n = b$ dengan a_1, a_2, \dots, a_n dan b adalah konstanta serta semua a tidak nol. Jika $b = 0$, maka persamaan linear tersebut disebut persamaan linear homogen. Suatu set yang terdiri atas beberapa persamaan linear disebut sistem persamaan linear (SPL). Solusi dari SPL dengan n variabel x_1, x_2, \dots, x_n adalah kumpulan n bilangan s_1, s_2, \dots, s_n sehingga untuk masing-masing substitusi $x_1 = s_1, x_2 = s_2, \dots, x_n = s_n$ memenuhi SPL.

Dalam penyelesaian SPL, terdapat tiga jenis solusi yang mungkin, yaitu 1) memiliki tepat satu solusi, 2) memiliki banyak solusi, dan 3) tidak memiliki solusi. SPL yang konsisten merupakan SPL yang memiliki minimal satu solusi, sedangkan SPL inkonsisten tidak memiliki solusi. SPL yang konsisten dapat berupa SPL independen yang memiliki solusi tunggal dan SPL dependen yang memiliki solusi banyak. Beberapa metode penentuan solusi yang dapat digunakan adalah metode Gauss, metode Gauss Jordan, metode matriks balikan, dan kaidah Cramer. Pada metode-metode tersebut, digunakan konsep matriks *augmented*. Matriks *augmented* merupakan matriks yang menambahkan konstanta b pada kolom terakhir dari matriks koefisien SPL (a_1, a_2, \dots, a_n).

2.1.1 Metode Gauss

Metode eliminasi Gauss dapat digunakan untuk mencari solusi dari suatu SPL melalui dua tahap, yaitu tahap *forward elimination* dan tahap *backward substitution*. Metode ini menggunakan konsep matriks *augmented* dan matriks Eselon Baris. Matriks Eselon Baris didapatkan dengan menerapkan Operasi Baris Elementer (OBE) pada matriks *augmented* hingga mendapatkan bentuk matriks dengan elemen 0 di bawah masing-masing elemen 1 utama. Tahap ini disebut *forward elimination*. Berikut adalah contoh bentuk matriks Eselon Baris dengan * merupakan bilangan real bebas.

$$\begin{array}{c} \left[\begin{array}{cccc} 1 & * & * & * \\ 0 & 1 & * & * \\ 0 & 0 & 1 & * \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \quad \left[\begin{array}{cccc} 1 & * & * & * \\ 0 & 1 & * & * \\ 0 & 0 & 1 & * \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \quad \left[\begin{array}{cccc} 1 & * & * & * \\ 0 & 1 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 1 & * \end{array} \right] \quad \left[\begin{array}{cccccc} 0 & 1 & * & * & * & * \\ 0 & 0 & 1 & * & * & * \\ 0 & 0 & 0 & 1 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \\ \text{Matriks 1} \qquad \qquad \text{Matriks 2} \qquad \qquad \text{Matriks 3} \qquad \qquad \text{Matriks 4} \end{array}$$

Gambar 3. Matriks Eselon Baris

Setelah mendapatkan bentuk matriks Eselon Baris, maka dilakukan tahap *backward substitution* dengan mensubtitusikan kembali koefisien yang ada pada matriks pada masing-masing persamaan linear untuk mendapatkan solusi SPL. Terdapat beberapa parameter yang dapat menentukan jenis solusi SPL dengan melihat matriks Eselon Baris secara sekilas. Jika matriks yang didapat berbentuk seperti Matriks 3, maka SPL memiliki solusi unik. Sedangkan jika berbentuk seperti Matriks 1, maka SPL tidak memiliki solusi sebab tidak ada nilai yang memenuhi $0x_1 + 0x_2 + 0x_3 = 1$. Jika berbentuk seperti matriks 2, maka SPL memiliki banyak solusi ditinjau dari subtitusi pada baris terakhir.

2.1.2 Metode Gauss-Jordan

Metode Gauss-Jordan dilakukan melalui tiga tahap, yaitu *forward elimination*, *backward elimination*, dan *backward substitution*. Setelah melalui tahap *forward elimination* seperti pada metode Gauss, matriks *augmented* akan diproses lagi menggunakan OBE untuk mendapatkan matriks Eselon Baris Tereduksi, disebut *backward elimination* dengan tujuan membuat semua elemen di atas 1 utama menjadi 0. Kemudian, dilakukan *backward substitution* seperti pada metode Gauss untuk mendapat solusi SPL. Penentuan jenis solusi berdasarkan bentuk sekilas pada matriks Eselon Baris Tereduksi juga dapat ditentukan dengan logika serupa pada metode Gauss. Berikut merupakan beberapa contoh bentuk matriks Eselon Baris Tereduksi.

$$\begin{array}{c} \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \quad \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & * \\ 0 & 1 & 0 & * \\ 0 & 0 & 1 & * \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \quad \left[\begin{array}{ccccc} 1 & 0 & * & 0 & * \\ 0 & 1 & * & 0 & * \\ 0 & 0 & 0 & 1 & * \end{array} \right] \\ \text{Matriks 5} \qquad \qquad \text{Matriks 6} \qquad \qquad \text{Matriks 7} \end{array}$$

Gambar 4. Matriks Eselon Baris Tereduksi

2.1.3 Metode Matriks Balikan

Penentuan solusi SPL untuk matriks koefisien $n \times n$ juga dapat dilakukan dengan metode matriks balikan atau matriks invers. SPL dapat dinyatakan dalam perkalian matriks $Ax = b$ dengan A adalah matriks koefisien dan b adalah matriks konstanta. Sehingga bisa dinyatakan solusi SPL, yaitu x , dengan $x = A^{-1}b$ dimana A^{-1} adalah invers dari matriks koefisien.

2.1.4 Kaidah Cramer

Kaidah Cramer yang memanfaatkan properti matriks berupa determinan dapat dijadikan sebagai salah satu metode pencarian solusi SPL. Jika $Ax = b$ merupakan sistem dari n persamaan linear dan $\det(A) \neq 0$, maka SPL memiliki solusi tunggal. Solusi tersebut adalah

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

dengan A_j merupakan matriks yang didapat dengan mengubah entri pada kolom j dari matriks A dengan entri pada matriks b (matriks konstanta).

2.2 Determinan

Determinan merupakan suatu fungsi yang menetapkan suatu bilangan real ke matriks variabel A . Fungsi determinan menghubungkan berbagai konsep dalam aljabar linier dan dapat digunakan untuk pencarian matriks balikan hingga solusi SPL. Beberapa metode menghitung determinan matriks adalah melalui ekspansi kofaktor, reduksi baris, dan menggunakan matriks segitiga.

2.2.1 Ekspansi Kofaktor

Metode ekspansi kofaktor dalam menghitung determinan menggunakan konsep dan definisi minor dan kofaktor. Jika A merupakan matriks $n \times n$, maka minor dari elemen a_{ij} yang dinotasikan dalam M_{ij} merupakan determinan dari submatriks yang menghilangkan baris ke- i dan kolom ke- j dari matriks A . Sedangkan kofaktor elemen a_{ij} yang dinotasikan sebagai C_{ij} bernilai $(-1)^{i+j}M_{ij}$.

Determinan matriks A dapat dicari menggunakan ekspansi kofaktor pada salah satu baris atau kolom. Ekspansi kofaktor adalah penjumlahan dari perkalian antara elemen dan kofaktornya pada satu baris atau kolom bebas pada matriks A . Berikut merupakan contoh rumus ekspansi kofaktor baris ke- i .

$$\det(A) = a_{i1}C_{i1} + a_{i2}C_{i2} + \cdots + a_{in}C_{in}$$

Melalui cara ini, didapatkan rumus singkat untuk mencari nilai determinan dari sebuah matriks 2×2 . Sebagai contoh, jika $A = \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix}$, maka $\det(A) = ad - bc$.

2.2.2 Reduksi Baris

Penentuan nilai determinan suatu matriks juga dapat dilakukan melalui metode reduksi baris yang mereduksi matriks menjadi berbentuk matriks eselon baris. Terdapat beberapa teorema yang akan digunakan. Untuk matriks A berukuran $n \times n$, berlaku $\det(A) = \det(A^T)$. Jika matriks B merupakan hasil perkalian suatu baris atau kolom A dengan skalar k maka $\det(B) = k \det(A)$. Jika terdapat pertukaran baris atau kolom, maka $\det(B) = -\det(A)$. Sedangkan untuk B yang merupakan matriks hasil pertambahan suatu baris atau kolom ke baris atau kolom lainnya pada A , maka $\det(B) = \det(A)$. Untuk matriks identitas I , jika E adalah hasil pertambahan antar baris atau kolom pada I , maka $\det(E) = 1$.

Dengan teorema-teorema tersebut, dapat ditentukan determinan suatu matriks A dengan mereduksinya menjadi matriks eselon baris (matriks segitiga atas) sembari mengaplikasian teorema-teorema di atas. Sehingga dapat ditentukan nilai determinan dari suatu matriks segitiga atas yaitu hasil perkalian dari elemen-elemen diagonal utamanya.

2.3 Matriks Balikan

Jika A merupakan suatu matriks persegi dan B merupakan matriks dengan ukuran yang sama sehingga $AB = BA = I$, dengan I adalah matriks identitas, maka B disebut invers atau balikan dari matriks A dengan sifat *nonsingular*. Jika tidak ada matriks B yang memenuhi, maka A disebut matriks singular. Matriks balikan dapat ditentukan melalui metode Operasi Baris Elementer (OBE) atau metode matriks adjoint.

2.3.1 Metode Operasi Baris Elementer (OBE)

Invers atau balikan dari suatu matriks A dapat dicari dengan metode eliminasi Gauss-Jordan. Kondisi awal ditulis $[A | I]$ dengan I adalah matriks identitas, yaitu matriks $n \times n$ dengan seluruh elemen diagonal utama bernilai 1 dan elemen lainnya bernilai 0. Kemudian, dilakukan operasi OBE dengan metode eliminasi Gauss-Jordan pada $[A | I]$ sehingga mendapatkan bentuk matriks identitas di bagian kiri $[I | A^{-1}]$. Matriks pada bagian kanan merupakan matriks balikan dari A . Jika terdapat baris dengan seluruh elemen bernilai 0 pada bagian kiri, maka matriks A tidak memiliki balikan (matriks singular).

2.3.2 Matriks Kofaktor dan Adjoin

Matriks adjoin didefinisikan sebagai transpos dari matriks kofaktor suatu matriks. Matriks kofaktor merupakan matriks yang dibentuk dari kofaktor masing-masing elemen. Matriks balikan dapat dicari menggunakan matriks adjoin. Untuk matriks A , matriks balikannya dapat dicari melalui $A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} adj(A)$. Sehingga untuk matriks 2×2 , misal $M = \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix}$, rumus mencari matriks balikan dapat disederhanakan menjadi $M^{-1} = \frac{1}{ad-bc} \begin{vmatrix} d & -b \\ -c & a \end{vmatrix}$.

2.4 Interpolasi

Interpolasi merupakan salah satu metode pencocokan kurva (*curve fitting*) yang bertujuan untuk menebak suatu nilai data pada rentang yang diketahui dengan memperhatikan data lain melalui pencarian fungsi yang mencocokkan titik-titik pada data yang diberikan. Interpolasi digunakan ketika data diketahui memiliki ketelitian yang sangat tinggi sehingga kurva perlu dibuat melalui setiap titik.

2.4.1 Interpolasi Polinomial

Interpolasi polinomial mengasumsikan pola data yang diberikan mengikuti pola polinomial berderajat satu (linear) atau berderajat tinggi. Dalam interpolasi polinomial orde tinggi, untuk $n+1$ titik data interpolasi, didapatkan persamaan polinomial dengan orde n . Fungsi interpolasi polinomial harus memenuhi $p(x_i) = y_i$ untuk setiap titik data berpasangan (x_i, y_i) . Sehingga didapatkan fungsi interpolasi dengan bentuk umum:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \dots + \beta_{n-1} x_i^{n-1} + \beta_n x_i^n$$

Masing-masing masukan $n + 1$ data dibuat persamaan linear dengan mensubtitusikan titik data pada bentuk umum sehingga dapat disusun matriks *augmented*. Kemudian, dilakukan eliminasi dengan metode Gauss atau Gauss-Jordan untuk mendapatkan nilai masing-masing koefisien pada polinom berderajat n . Persamaan polinom tersebut digunakan sebagai fungsi untuk memprediksi nilai x pada kurva.

2.4.2 Interpolasi Bicubic Spline

Interpolasi Bicubic Spline merupakan ekstensi dari interpolasi cubic spline yang merupakan salah satu metode untuk menginterpolasi titik data pada grid reguler dua dimensi. Permukaan yang diinterpolasi lebih halus dibandingkan permukaan yang diperoleh dengan interpolasi bilinear atau *nearest neighbour*.

Interpolasi bicubic spline dilakukan dengan menormalisasi *grid* menjadi suatu matriks 4×4 sehingga terbentuk 16 titik yang merepresentasikan permukaan bicubic $2D$. Tujuan pada interpolasi ini adalah menentukan model $f(x, y) = \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 a_{ij}x^i y^j$ dan mencari nilai a_{ij} . Penentuan model dilakukan dengan menggunakan ekspansi sigma untuk titik normalisasi $f(0,0), f(1,0), f(0,1),$ dan $f(1,1)$ menggunakan persamaan polinomial sebagai berikut:

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

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

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

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

Melalui persamaan di atas, didapatkan sebuah matriks solusi X yang membentuk persamaan penyelesaian $y = Xa$, sehingga bisa diestimasi nilai koefisien a untuk kemudian dilakukan interpolasi dengan persamaan $f(x, y) = \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 a_{ij}x^i y^j$.

2.5 Regresi

Regresi merupakan teknik statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel dependen dan satu atau lebih variabel independen. Regresi digunakan untuk memprediksi nilai variabel dependen berdasarkan nilai variabel independen. Suatu model regresi umum dinyatakan sebagai $y = f(x) + \epsilon$.

2.5.1 Regresi Liner Berganda

Pada regresi linier berganda, hubungan antara variabel dependen dan independen dianggap linear. Hubungan tersebut dapat diekspresikan dalam bentuk persamaan yang menghubungkan variabel independen Y dengan beberapa variabel bebas X . Terdapat beberapa jenis regresi linier yang dapat digunakan, diantaranya adalah regresi linier dengan metode *Ordinary Least Square* (OLS) dan regresi linear dengan Ridge. Persamaan umumnya adalah sebagai berikut dengan nilai β_i didapatkan melalui *Normal Estimation Equation for Multiple Linear Regression*:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \cdots + \beta_k x_{ki} + \epsilon_i$$

2.5.1.1 Metode *Ordinary Least Square* (OLS)

Regresi linear dengan metode ini menggunakan suatu proses dimana suatu garis lurus digunakan untuk mengestimasi hubungan antara dua interval atau level rasio variabel. Metode ini bertujuan untuk menentukan garis regresi yang meminimalkan jumlah kesalahan pada prediksi total.

2.5.1.2 Metode Ridge

Regresi Ridge merupakan suatu teknik yang dikembangkan untuk menstabilkan nilai koefisien regresi karena adanya multikolininearitas. Metode ini ditujukan untuk mengatasi kondisi buruk yang diakibatkan oleh korelasi yang tinggi antara beberapa peubah bebas di dalam model regresi. Regresi Ridge merupakan metode estimasi koefisien regresi yang diperoleh melalui penambahan faktor regulasi.

2.5.2 Regresi Kuadratik Berganda

Regresi kuadratik berganda digunakan apabila hubungan antara variabel dependen dan independen tidak lagi linear. Tujuan regresi kuadratik berganda adalah memodelkan hubungan antara variabel melalui suatu kurva. Pada setiap n peubah, jumlah variabel linear, kudarat, dan interaksi akan berbeda-beda. Variabel linear adalah variabel dengan derajat satu, kuadrat dengan derajat dua, dan interaksi dengan gabungan derajat satu yang dikalikan satu sama lain. Pada contoh matriks regresi kuadratik 2 variabel berikut, N menandakan jumlah peubah dengan 2 variabel linear u_i dan v_i , 2 variabel kuadrat u_i^2 dan v_i^2 , serta 1 variabel interaksi uv . Solusi dapat ditentukan menggunakan SPL.

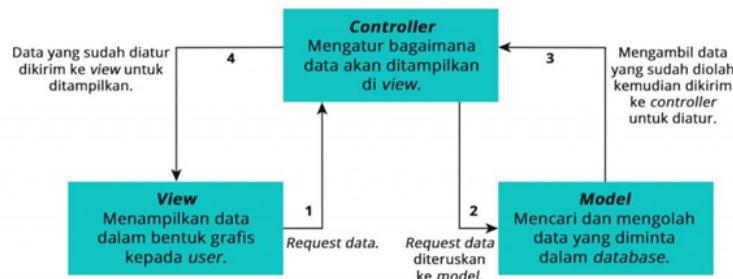
$$\begin{pmatrix} N & \sum u_i & \sum v_i & \sum u_i^2 & \sum u_i v_i & \sum v_i^2 \\ \sum u_i & \sum u_i^2 & \sum u_i v_i & \sum u_i^3 & \sum u_i^2 v_i & \sum u_i v_i^2 \\ \sum v_i & \sum u_i v_i & \sum v_i^2 & \sum u_i^2 v_i & \sum u_i v_i^2 & \sum v_i^3 \\ \sum u_i^2 & \sum u_i^3 & \sum u_i^2 v_i & \sum u_i^4 & \sum u_i^3 v_i & \sum u_i^2 v_i^2 \\ \sum u_i v_i & \sum u_i^2 v_i & \sum u_i v_i^2 & \sum u_i^3 v_i & \sum u_i^2 v_i^2 & \sum u_i v_i^3 \\ \sum v_i^2 & \sum u_i v_i^2 & \sum v_i^3 & \sum u_i^2 v_i^2 & \sum u_i v_i^3 & \sum v_i^4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum y_i \\ \sum y_i u_i \\ \sum y_i v_i \\ \sum y_i u_i^2 \\ \sum y_i v_i^2 \\ \sum y_i u_i v_i \end{pmatrix}$$

BAB 3

IMPLEMENTASI PROGRAM

3.1 Arsitektur Program

Program ini menggunakan pola arsitektur Model View Controller (MVC) yang membagi kumpulan kode menjadi tiga bagian: 1) Model, 2) View, 3) Controller. Model merupakan bagian yang bertugas untuk menyiapkan, mengatur, dan mengorganisasikan data pada *database*. View menampilkan informasi berupa antarmuka yang berhubungan langsung dengan pengguna. Sedangkan Controller bertugas dalam menghubungkan dan mengatur model serta view. Folder pada aplikasi ini tersusun atas dasar arsitektur MVC. Selain folder Model, View, dan Controller, dalam kode program ini juga terdapat folder Datatypes dan Helpers.



Gambar 5. Arsitektur Model View Controller

3.2 Kelas, Atribut, dan Metode

Berikut merupakan tabel kelas, atribut, dan metode dalam masing-masing folder pada program ini.

3.2.1 Folder Data Types

Folder ini berisi abstraksi tipe-tipe data yang digunakan dalam program ini yang terdiri atas kelas Array, Matrix, Tuple3, Tuple4, dan Tuple5.

3.2.1.1 Array.java

Atribut Array.java	Penjelasan Atribut
Private List<Double> data	Deklarasi dan inisialisasi Array berupa List yang dapat menampung data bertipe Double.

Metode Array.java	Penjelasan Metode
public Array(int size)	Konstruktor untuk membuat Array baru dengan ukuran size.
public Array(List<Double> data)	Konstruktor tipe data Array dengan menggunakan List dan nilai bertipe Double.
public List<Double> getData()	Mengembalikan seluruh data pada Array.
public void setData(List<Double> data)	Mengisi data pada Array.
public int getSize()	Mengembalikan panjang Array.
public Double get(int index)	Mengembalikan elemen Array pada indeks index bertipe Double.
public void set(int index, Double value)	Mengisi elemen Array pada indeks index dengan nilai value.
public void print()	Menampilkan Array pada terminal.

3.2.1.2 Matrix.java

Atribut Matrix.java	Keterangan
Private List<List<Double>> data	Deklarasi dan inisialisasi Matrix berupa List dua dimensi yang dapat menampung data bertipe Double.

Metode Matrix.java	Penjelasan
public Matrix(int rows, int cols)	Konstruktor untuk membuat objek Matrix dengan jumlah baris dan kolom tertentu.
Matrix(List<List<Double>> data)	Konstruktor untuk membuat objek Matrix berdasarkan data List dua dimensi.
public List<List<Double>> getData()	Mengembalikan data Matrix dalam bentuk list dua dimensi.

<code>public void setData(List<List<Double>> data)</code>	Mengisi data pada Matrix dengan list dua dimensi yang baru.
<code>public int getRowCount()</code>	Mengembalikan jumlah baris dalam Matrix.
<code>public int getColumnCount()</code>	Mengembalikan jumlah kolom dalam Matrix.
<code>public Array getRow(int row)</code>	Mengembalikan baris tertentu dalam Matrix dalam bentuk Array.
<code>public void print()</code>	Menampilkan Matrix dalam bentuk teks.
<code>public Array flatten()</code>	Mengubah Matrix menjadi Array satu dimensi.
<code>public Double get(int row, int column)</code>	Mengembalikan elemen Matrix dalam posisi baris dan kolom tertentu.
<code>public void set(int row, int column, Double value)</code>	Mengisi nilai elemen Matrix pada posisi baris dan kolom tertentu.
<code>public Double determinant()</code>	Menghitung determinan Matrix menggunakan metode ekspansiKofaktor.
<code>public Matrix minor(int rowToRemove, int colToRemove)</code>	Mengembalikan SubMatrix dengan menghapus baris dan kolom tertentu.
<code>public Matrix transpose()</code>	Mengembalikan Matrix transpose (pertukaran baris dan kolom).
<code>public Matrix inverse()</code>	Mengembalikan inverse Matrix menggunakan metode adjoin.
<code>public Matrix multiply(Matrix other)</code>	Mengalikan elemen Matrix dengan Matrix lain.
<code>public static Matrix identity(int n)</code>	Membuat Matrix identitas dengan ukuran $n \times n$.
<code>public Matrix add(Matrix other)</code>	Menjumlahkan elemen Matrix dengan Matrix lain.
<code>public Matrix multiplyConst(double constant)</code>	Mengalikan setiap elemen pada Matrix dengan konstanta.

3.2.1.3 Tuple3.java, Tuple4. java, dan Tuple5.java

Atribut Tuple3.java	Penjelasan Atribut
---------------------	--------------------

private final T1 item1	Inisialisasi item 1 pada Tuple
private final T2 item2	Inisialisasi item 2 pada Tuple
private final T3 item3	Inisialisasi item 3 pada Tuple
Tambahan Atribut Tuple4.java dan Tuple5.java	Penjelasan Atribut
private final T4 item4	Inisialisasi item 4 pada Tuple
Tambahan Atribut Tuple5.java	Penjelasan Atribut
private final T5 item5	Inisialisasi item 5 pada Tuple

Metode Tuple3.java	Penjelasan Metode
public T1 getItem1()	Mengambil item 1 pada Tuple
public T2 getItem2()	Mengambil item 2 pada Tuple
public T3 getItem3()	Mengambil item 3 pada Tuple
Tambahan Metode Tuple4.java dan Tuple5.java	Penjelasan Metode
public T4 getItem4()	Mengambil item 4 pada Tuple
Tambahan Metode Tuple5.java	Penjelasan Metode
public T5 getItem4()	Mengambil item 5 pada Tuple

3.2.2 Folder Helpers

Folder ini berisi berbagai kelas yang digunakan pada berbagai operasi matematika pada program, yaitu AddIdentity, AlignMatrix, BackwardElimination, BackwardSubstitution, CheckSolutionType, ForwardElimination, GetConst, GetMainMatrix, GetString, GetUniqueEquation, MakeAugmented, MatrixCopy, NormalizeMatrix, SwapRows, dan Utils.

3.2.2.1 AddIdentity.java

Tidak ada atribut pada kelas ini.

Metode AddIdentity.java	Penjelasan Metode
public Matrix addIdentity(Matrix matrix)	Mengembalikan Matrix baru dengan banyak

	kolom adalah 2 kali kolom matrix awal dengan salinan elemen matrix awal pada bagian kiri dan matriks identitas pada bagian kanan.
--	---

3.2.2.2 BackwardSubstitution.java

Atribut BackwardSubstitution.java	Keterangan
private double EPSILON	Definisi variabel EPSILON dengan nilai 1e-6.

Metode BackwardSubstitution.java	Penjelasan Metode
public boolean isZeroRow(Matrix matrix, int row, int m)	Mengembalikan nilai true jika seluruh nilai pada elemen suatu baris pada Matrix lebih kecil daripada EPSILON.
public Array backwardSubstitution(Matrix matrix)	Mengembalikan Array berupa hasil operasi <i>backward substitution</i> dari matrix.

3.2.2.3 CheckSolutionType.java

Tidak ada atribut pada kelas ini.

Metode CheckSolutionType.java	Penjelasan Metode
public int checkSolutionType(Matrix matrix)	Mengembalikan integer berdasarkan tipe solusi pada matrix.
private int calculateRank(Matrix matrix)	Mengembalikan nilai rank matriks bertipe integer.

3.2.2.4 GetConst.java

Tidak ada atribut pada kelas ini.

Metode GetConst.java	Penjelasan Metode
public Matrix getConst(Matrix arr)	Mengembalikan matrix dengan dimensi baris arr x 1 yang mengambil nilai kolom paling kanan pada arr.

3.2.2.5 GetMainMatrix.java

Tidak ada atribut pada kelas ini.

Metode GetMainMatrix.java	Penjelasan Metode
public Matrix main(Matrix matrix)	Mengembalikan matrix tanpa elemen pada kolom paling kanan pada matrix.

3.2.2.6 GetString.java

Tidak ada atribut pada kelas ini.

Metode GetString.java	Penjelasan Metode
public static String main(String filename)	Membaca file dari direktori.

3.2.2.7 GetUniqueEquation.java

Atribut GetUniqueEquation.java	Keterangan
public int cols	Deklarasi cols sebagai variabel kolom.

Metode GetUniqueEquation.java	Penjelasan Metode
public Matrix main(Matrix matrix)	Mengembalikan matrix unik yang terdiri atas elemen <i>augmented</i> yang bukan merupakan duplikat atau dependen secara linear terhadap baris lainnya.
private boolean isDuplicateOrLinearlyDependent(Array row, Matrix uniqueMatrix)	Mengembalikan nilai true jika baris-baris pada Matrix merupakan duplikasi baris lain dan dependen secara linear.
private Matrix addRowToMatrix(Matrix matrix, Array row)	Mengembalikan matrix dengan menambahkan baris baru pada matrix awal.

3.2.2.8 MakeAugmented.java

Tidak ada atribut pada kelas ini.

Metode MakeAugmented.java	Penjelasan Metode
public Matrix main(Matrix X, Matrix y)	Mengembalikan matrix augmented dengan menggabungkan matrix koefisien dan konstanta.

3.2.2.9 MatrixCopy.java

Tidak ada atribut pada kelas ini.

Metode MatrixCopy.java	Penjelasan Metode
public Matrix copy(Matrix original)	Mengembalikan salinan matrix ke dalam matrix baru.

3.2.2.10 SwapRows.java

Tidak ada atribut pada kelas ini.

Metode SwapRows.java	Penjelasan Metode
public void swapRows(Matrix matrix, int row1, int row2)	Mempertukar dua baris dalam sebuah Matrix.

3.2.2.11 Utils.java

Tidak ada atribut pada kelas ini.

Metode Utils.java	Penjelasan Metode
public static void clearTerminal()	Membersihkan terminal dengan perintah sesuai dengan sistem operasi yang digunakan (Windows, Unix, Linux, macOS).
public static int len(Matrix matrix)	Mengembalikan nilai suatu parameter pada matrix.
public static void printMatrix(Matrix matrix)	Menampilkan matrix dengan output standar dan format yang presisi untuk perataan setiap elemen.
public static void printData(Matrix X, Matrix y)	Menampilkan data matrix dengan format tabel yang mencakup header, serta format yang presisi untuk perataan setiap elemen.

3.2.3 Folder Models

Folder ini berisi berbagai folder dari model-model yang digunakan dalam pengolahan data, yaitu bicubicSplineInterpolation, determinan, imageResizing, interpolasiPolinom, linearRegression, matriksBalikan, quadraticRegression, dan sistemPersamaanLinier. Berikut merupakan tabel daftar folder dan kelas atau files pada folder Model.

Folder	Kelas
bicubicSplineInterpolation	BicubicSplineInterpolation.java

determinan	EkspansiKofaktor.java
	Matrix2x2.java
	ReduksiBaris.java
	Triangular.java
interpolasiPolinom	InterpolasiPolinom.java
linearRegression	LinearRegression.java
matriksBalikan	AdjoinMethod.java
	GaussJordanMethod.java
quadraticRegression	QuadraticRegression.java
sistemPersamaanLinear	Gauss.java
	GaussJordan.java
	KaidahCramer.java
	MatriksBalikan.java
imageResizing	imageResizingModel.java

3.2.3.1 BicubicSplineInterpolation.java

Kelas ini mengimplementasikan algoritma *bicubic spline interpolation* pada program, yaitu BicubicSplineInterpolation. Kelas ini bertugas melakukan interpolasi bicubic spline dengan memanfaatkan kelas-kelas lainnya, untuk memperhalus dan memperkirakan nilai antar titik dalam grid dua dimensi.

Atribut BicubicSplineInterpolation.java	Penjelasan Atribut
private Gauss gauss	Objek dari kelas Gauss yang digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linier dalam interpolasi.
private Array pers	Deklarasi variabel pers bertipe Array untuk menyimpan persamaan hasil interpolasi bicubic spline.

Metode BicubicSplineInterpolation.java	Penjelasan Metode
public Matrix createGrid(Matrix matrix,	Mengembalikan matrix grid 4x4 dari Matrix

Double x, Double y)	input berdasarkan posisi x dan y, untuk digunakan dalam perhitungan interpolasi.
public Array createGridArray(Matrix grid)	Mengembalikan Array dari matrix grid 4x4 dalam berisi 16 elemen.
public Matrix createCoefMatrix(Double x, Double y)	Mengembalikan matrix koefisien berukuran 16x16 berdasarkan nilai x dan y.
public Tuple3<Integer, Integer, Matrix> createAugmentedMatrix(Matrix matrix, Double x, Double y)	Menghasilkan baris, kolom, dan matriks augmented dari gabungan Matrix koefisien dan array grid untuk diselesaikan menggunakan metode Gauss.
public Array bicubicSplineInterpolation(Matrix matrix, Double x, Double y)	Mengembalikan hasil koefisien interpolasi bicubic spline dalam bentuk Array.
public void fit(Matrix matrix, Double x, Double y)	Meng-assign koefisien interpolasi bicubic spline dalam variabel pers.
public Double predict(Double x, Double y)	Mengembalikan hasil prediksi nilai interpolasi bicubic spline pada titik x dan y dalam rentang 0 sampai 255.

3.2.3.2 EkspansiKofaktor.java

Kelas ini digunakan untuk menghitung determinan matriks menggunakan metode ekspansi kofaktor.

Atribut EkspansiKofaktor.java	Penjelasan Atribut
public double result	Deklarasi result sebagai variabel hasil dengan nilai awal 0.0.

Metode EkspansiKofaktor.java	Penjelasan Metode
public double ekspansiKofaktor(Matrix matrix)	Mengembalikan nilai determinan matrix menggunakan metode ekspansi kofaktor baris pertama.
public double main(Matrix matrix)	Mengembalikan pemanggilan metode ekspansiKofaktor.

3.2.3.3 Matrix2x2.java

Kelas ini digunakan untuk menghitung determinan matriks dengan dimensi 2x2. Tidak ada atribut pada kelas ini.

Metode Matrix2x2.java	Penjelasan Metode
public double calculateDeterminant(Matrix matrix)	Mengembalikan nilai determinan matrix dengan dimensi 2x2.
public double main(Matrix matrix)	Mengembalikan pemanggilan metode calculateDeterminant.

3.2.3.4 ReduksiBaris.java

Kelas ini digunakan untuk menghitung determinan matriks dengan metode reduksi baris.

Atribut ReduksiBaris.java	Penjelasan Atribut
private AlignMatrix alignMatrix	Objek dari kelas AlignMatrix yang digunakan untuk mengurutkan baris matriks berdasarkan nilai elemen terbesar.
private BackwardElimination backwardElimination	Objek dari kelas BackwardElimination yang digunakan untuk menerapkan operasi <i>backward elimination</i> .
private Triangular triangular	Objek dari kelas Triangular yang digunakan untuk membuat matriks segitiga atas di dalam kelas.

Metode ReduksiBaris.java	Penjelasan Metode
public Matrix reduksiBarisElimination(Matrix matrix)	Mengembalikan Matrix hasil reduksi baris pada matrix awal.
public double calculateDeterminant(Matrix matrix)	Mengembalikan nilai determinan matrix menggunakan metode reduksi baris.
public double main(Matrix matrix)	Mengembalikan pemanggilan metode calculateDeterminant setelah membentuk segitiga matriks.

3.2.3.5 InterpolasiPolinom.java

Kelas ini mengimplementasikan interpolasi polinom untuk memprediksi masukan nilai x pada suatu kurva polinom melalui interpolasi.

Atribut InterpolasiPolinom.java	Penjelasan Atribut
private Gauss gauss	Objek dari kelas Gauss untuk digunakan pada metode interpolasi polinom.

private Array pers	Deklarasi variabel pers bertipe Array untuk menyimpan persamaan hasil interpolasi polinom.
--------------------	--

Metode InterpolasiPolinom.java	Penjelasan Metode
public Tuple3<Integer, Integer, Matrix> persamaanLanjar(Integer n, Integer m, Matrix X, Matrix Y)	Mengembalikan suatu tipe data Tuple3 yang berisi informasi banyaknya sampel dan matriks <i>augmented</i> sistem persamaan linear.
public Array interpolasiPolinom(Integer n, Integer m, Matrix X, Matrix Y)	Mengembalikan koefisien dari persamaan polinom hasil interpolasi bertipe Array.
public void fit(Matrix X, Matrix y)	Menerapkan operasi interpolasi polinom pada Matrix X dan Matrix y untuk mendapatkan pemodelan yang sesuai.
public Array getPers()	Mengembalikan koefisien persamaan hasil interpolasi dengan Array.
public Double predict(Double x)	Mengembalikan nilai hasil prediksi x pada polinom hasil interpolasi bertipe Double.

3.2.3.6 LinearRegression.java

Kelas ini digunakan untuk melakukan regresi linear terhadap input data dan memprediksi nilai berdasarkan model regresi yang dibuat.

Atribut LinearRegression.java	Penjelasan Atribut
private Matrix beta	Insiasi variabel beta bertipe Matrix.
private String method	Insiasi variabel method bertipe String.
private double alpha	Insiasi variabel alpha bertipe double.
private boolean fitIntercept	Insiasi variabel fitIntercept bertipe boolean.

Metode LinearRegression.java	Penjelasan Metode
public LinearRegression()	Konstruktor untuk default variabel pada pemanggilan metode LinearRegression dengan metode OLS, alpha 0.0, dan fitIntercept true.
public LinearRegression(String method)	Konstruktor untuk default variabel pada pemanggilan metode LinearRegression

	dengan input method.
public LinearRegression(String method, double alpha)	Konstruktor untuk default variabel pada pemanggilan metode LinearRegression dengan input method dan alpha.
public LinearRegression(String method, double alpha, boolean fitIntercept)	Konstruktor untuk default variabel pada pemanggilan metode LinearRegression dengan input method, alpha, dan fitIntercept.
public void fit(Matrix X, Matrix y)	Mengarahkan operasi regresi linear pada Matrix X dan Matrix y berdasarkan metode yang dipilih.
private void fitOLS(Matrix X, Matrix y)	Menerapkan operasi regresi linear metode OLS pada Matrix X dan Matrix y untuk mendapatkan pemodelan yang sesuai.
private void fitRidge(Matrix X, Matrix y)	Menerapkan operasi regresi linear metode Ridge pada Matrix X dan Matrix y untuk mendapatkan pemodelan yang sesuai.
public Matrix predict(Matrix X)	Mengembalikan Matrix hasil prediksi input X menggunakan model regresi linear yang telah dibuat.
public Matrix getBeta()	Mengembalikan nilai variabel beta.
private Matrix addInterceptColumn(Matrix X)	Mengembalikan Matrix dengan dimensi kolom lebih banyak satu dibanding matriks awal dengan elemen pada kolom 0 bernilai 1.0.

3.2.3.7 AdjoinMethod.java

Kelas ini digunakan untuk menghitung matriks balikan dengan metode Adjoin. Tidak ada atribut dalam kelas ini.

Metode AdjoinMethod.java	Penjelasan Metode
public Matrix adjoinMethod(Matrix matrix)	Mengembalikan inverse matrix dengan menggunakan metode adjoin.
public Matrix main(Matrix matrix)	Mengembalikan pemanggilan metode adjoinMethod.

3.2.3.8 GaussJordanMethod.java

Kelas ini digunakan untuk menghitung matriks balikan dengan metode Gauss Jordan. Tidak ada atribut dalam kelas ini.

Atribut GaussJordanMethod.java	Keterangan
private GaussJordan gaussJordan	Objek dari kelas GaussJordan yang digunakan untuk melakukan eliminasi Gauss-Jordan pada matrix.

Metode GaussJordanMethod.java	Penjelasan Metode
public Matrix extractMatrix(Integer n, Matrix matrix)	Mengembalikan matrix dengan ukuran kolom dua kali kolom semula untuk menghitung invers matrix menggunakan Gauss Jordan.
public Matrix inverseMatrix(Integer n, Integer m, Matrix matrix)	Mengembalikan hasil invers matrix dengan menggunakan Gauss Jordan.
public Matrix main(Matrix matrix)	Mengembalikan pemanggilan metode inverseMatrix.

3.2.3.9 QuadraticRegression.java

Kelas ini digunakan untuk melakukan regresi kuadratik berganda berdasarkan input dan memprediksi nilai berdasarkan model regresi kuadratik yang sudah dibuat.

Atribut QuadraticRegression.java	Keterangan
private Matrix beta	Insiasi variabel beta bertipe Matrix.
private double alpha	Insiasi variabel alpha bertipe double.

Metode QuadraticRegression.java	Penjelasan Metode
public QuadraticRegression(String method, double alpha)	Konstruktor Quadratic Regression untuk mendapat nilai alpha.
private Matrix processX(Matrix X)	Menerapkan proses untuk mencari model regresi kuadratik berganda dari matriks X.
public void fit(Matrix X, Matrix y)	Mengarahkan operasi regresi kuadratik berganda pada Matrix X dan Matrix y.

public Matrix predict(Matrix X)	Mengembalikan Matrix hasil prediksi input X menggunakan model regresi kuadratik berganda yang telah dibuat.
public Matrix getBeta()	Mengembalikan Matrix beta.

3.2.3.10 Gauss.java

Kelas ini digunakan untuk menemukan penyelesaian dari suatu sistem persamaan linear menggunakan metode eliminasi Gauss.

Atribut Gauss.java	Keterangan
private SwapRows swapRows	Objek yang diambil dari kelas SwapRows untuk menukar letak baris row1 dan baris row2 pada matrix.
private double EPSILON	Definisi variabel EPSILON dengan nilai 1e-6.

Metode Gauss.java	Penjelasan Metode
public boolean isNearZero(double x)	Mengembalikan nilai true jika nilai absolut x kurang dari EPSILON.
public Matrix gaussElimination(Matrix augmentedMatrix)	Mengembalikan Matrix <i>augmented</i> yang telah diproses melalui eliminasi Gauss.
public Array main(Matrix data)	Mengembalikan solusi sistem persamaan linear bertipe Array yang berisi koefisien persamaan linear.

3.2.3.11 GaussJordan.java

Kelas ini digunakan untuk menemukan penyelesaian dari suatu sistem persamaan linear menggunakan metode eliminasi Gauss Jordan.

Atribut GaussJordan.java	Keterangan
private double EPSILON	Definisi variabel EPSILON dengan nilai 1e-6.

Metode GaussJordan.java	Penjelasan Metode
public boolean isInside(double x)	Mengembalikan nilai true jika nilai absolut

	x kurang dari EPSILON.
public List<String> gaussJordanFreeVariable(Matrix augmentedMatrix)	Menerapkan operasi Gauss Jordan <i>elimination</i> pada matriks augmentedMatrix dengan variabel bebas dan mengembalikan List<String>.
private List<String> backSubstitutionWithFreeVariables(Matrix augmentedMatrix, boolean[] isPivotColumn, int rows, int cols)	Mengembalikan List<String> berisi solusi dari sistem persamaan linear dalam bentuk parametrik.
private void swapRows(Matrix matrix, int row1, int row2)	Menukar baris row1 dan baris row2 pada matrix.
public Matrix gaussJordanElimination(Integer n, Integer m, Matrix augmentedMatrix)	Menerapkan operasi Gauss Jordan <i>elimination</i> pada matriks augmentedMatrix dan mengembalikan hasil Matrix yang telah dieliminasi berupa matriks <i>augmented</i> .
public Array main(Matrix data)	Mengembalikan solusi berbentuk Array berisi koefisien persamaan linear setelah dioperasikan <i>backward substitution</i> .

3.2.3.12 KaidahCramer.java

Kelas ini digunakan untuk menemukan penyelesaian dari suatu sistem persamaan linear menggunakan kaidah Cramer.

Atribut KaidahCramer.java	Keterangan
private CheckConsistency checkConsistency	Objek dari kelas CheckConsistency untuk mengecek kekonsistenan solusi.
private ReduksiBaris reduksiBaris	Objek dari kelas ReduksiBaris untuk menerapkan operasi reduksi baris pada matriks.
private MatrixCopy matrixCopy	Objek dari kelas MatrixCopy untuk menyalin matriks ke matriks baru.
private GetConst getConst	Objek dari kelas GetConst untuk mengambil konstanta hasil operasi sistem persamaan linar dengan mengambil nilai-nilai pada kolom paling kanan.

Metode KaidahCramer.java	Penjelasan Metode
public Matrix replaceColumn(int n, Matrix matrix, int column, Matrix constantMatrix)	Mengembalikan Matrix dengan kolom tertentu yang sudah diganti dengan matriks konstan.
public Matrix main(Matrix augmentedMatrix)	Mengembalikan solusi bertipe Matrix setelah operasi kaidah cramer untuk mencari solusi sistem persamaan linear diterapkan.

3.2.3.13 MatriksBalikan.java

Kelas ini digunakan untuk menemukan penyelesaian dari suatu sistem persamaan linear menggunakan metode matriks balikan.

Atribut MatriksBalikan.java	Keterangan
private GaussJordan gaussJordan	Objek dari kelas GaussJordan untuk menerapkan operasi eliminasi Gauss Jordan.

Metode MatriksBalikan.java	Penjelasan Metode
public Matrix extractMatrix(Integer n, Matrix matrix)	Mengembalikan Matrix yang berisi nilai ekstrak dari matrix.
public Matrix inverseMatrix(Integer n, Integer m, Matrix matrix)	Mengembalikan Matrix matrix yang sudah dibalik (di-inverse).
public Matrix main(Tuple3<Integer, Integer, Matrix> data)	Mengembalikan nilai hasil solusi sistem persamaan linear menggunakan metode Matriks Balikan dalam bentuk Matrix.

3.2.3.14 ImageResizingModel.java

Kelas ini digunakan untuk melakukan *resizing* dan *stretching* image menggunakan metode *bicubic spline interpolation*.

Atribut MatriksBalikan.java	Keterangan
private BicubicSplineInterpolation splin	Objek dari kelas BicubicSplineInterpolation untuk menerapkan interpolasi pada gambar.

Metode MatriksBalikan.java	Penjelasan Metode
-----------------------------------	--------------------------

public Tuple3<Matrix, Matrix, Matrix> convertImageToMatrix(BufferedImage image) teger n, Matrix matrix)	Mengembalikan Tuple3 bertipe data Matrix yang berisi nilai RGB untuk masing-masing warna pada gambar image.
public BufferedImage convertMatrixToImage(Tuple3<Matrix, Matrix, Matrix> matrices)	Mengembalikan BufferedImage yang tersusun atas piksel-piksel hasil interpolasi dari matriks RGB ke matriks piksel gambar.
public BufferedImage resizeImage(BufferedImage inputImage, int newWidth, int newHeight)	Mengembalikan BufferedImage hasil interpolasi dengan <i>bicubic spline</i> .

3.2.4 Folder Views

Folder ini berisi berbagai folder dari kelas-kelas *views* yang berfungsi untuk menerima input dari pengguna, menampilkan, dan memvisualisasikan data hasil pengolahan program. Seluruh kelas pada folder ini berhubungan langsung dengan pengguna. Berikut merupakan daftar folder dan file atau kelas pada folder Views.

Folder	Kelas
./	Menu.java
./	Pprint.java
bicubicSplineInterpolation	BicubicSplineInterpolationView.java
determinan	DeterminanView.java
interpolasiPolinom	InterpolasiPolinomView.java
matriksBalikan	MatriksBalikanView.java
regression	RegressionView.java
regression\linearRegression	LinearRegressionView.java
regression\quadraticRegression	QuadraticRegressionView.java
sistemPersamaanLinear	SistemPersamaanLinearView.java
imageResizing	ImageResizingView.java

3.2.4.1 Menu.java

Atribut Menu.java	Keterangan
private Pprint pprint	Objek dari kelas Pprint.

Metode Menu.java	Keterangan
public void showMenu()	Menampilkan daftar menu di terminal.
public int getMethod()	Menampilkan daftar menu proses input dan menerima masukan berupa input.
public int getChoice()	Menerima masukan input terkait menu yang ingin dipilih.

3.2.4.2 Pprint.java

Atribut Pprint.java	Keterangan
private String root	Deklarasi variabel root bertipe String dengan “src/views/”.

Metode Pprint.java	Keterangan
public void thanks()	Menampilkan pesan “thanks” dengan rapi di terminal.
public void inputMatrix()	Menampilkan input matriks dengan rapi di terminal.
public void inputBoundary(boolean all)	Menampilkan input dengan rapi di terminal.
public void inputBoundary()	Menjalankan metode inputBoundary(boolean all)
public void showData()	Menampilkan data dengan rapi di terminal.
public void showResult()	Menampilkan hasil dengan rapi di terminal.

3.2.4.3 BicubicSplineInterpolationView.java

Kelas ini tidak memiliki atribut.

Metode BicubicSplineInterpolationView.java	Keterangan
public Tuple3<Matrix, Double, Double> getInput()	Menerima input dari pengguna untuk operasi interpolasi <i>bicubic spline</i> .
public void printPrediction(Double result)	Menampilkan hasil prediksi interpolasi <i>bicubic spline</i> di terminal.

3.2.4.4 DeterminanView.java

Kelas ini tidak memiliki atribut.

Metode DeterminanView.java	Keterangan
public Tuple3<Matrix, Double, Double> getInput()	Menerima input dari pengguna untuk operasi interpolasi <i>bicubic spline</i> .
public void printPrediction(Double result)	Menampilkan hasil prediksi interpolasi <i>bicubic spline</i> di terminal.

3.2.4.5 InterpolasiPolinomView.java

Atribut InterpolasiPolinomView.java	Penjelasan Atribut
private Pprint pprint	Objek dari kelas Pprint untuk menangani input string.
String filepath[]	Deklarasi variabel filepath menjadi "interpolasiPolinom/header".
String ptest	Deklarasi variabel ptest sebagai "test/interpolasiPolinom/".

Metode InterpolasiPolinomView.java	Penjelasan Metode
public void showHeader(int c)	Menampilkan header.
public Tuple4<Integer, Integer, Matrix, Matrix> getInput()	Menerima input dari pengguna dan mengembalikan Tuple berbentuk Tuple4.
public Tuple5<Integer, Integer, Matrix, Matrix, Matrix> getInputFromFile(int degree)	Menerima input dari pengguna dan mengembalikan Tuple berbentuk Tuple5.
public Tuple3<Integer, Integer, Matrix> getInputToPredict(int n)	Menerima input dari pengguna dan mengembalikan Tuple berbentuk Tuple3.
public void printPrediction(Array beta, Double X_tst, Double y_pred)	Menampilkan prediksi pada terminal.

3.2.4.6 MatriksBalikanView.java

Atribut MatriksBalikanView.java	Penjelasan Atribut
private Pprint pprint	Objek dari kelas Pprint untuk menangani

	input string.
String filepath[]	Deklarasi variabel filepath menjadi "matriksBalikan/header", "matriksBalikan/gaussJordan", "matriksBalikan/adjoin".

Metode MatriksBalikanView.java	Penjelasan Metode
public void showMenu()	Menampilkan menu pilihan metode matriks balikan di terminal.
public void showHeader(int c)	Menampilkan header di terminal.
public int getChoice()	Menerima dan mengembalikan input pilihan dari pengguna.
public Tuple3<Integer, Integer, Matrix> getInput()	Mengembalikan input dari pengguna menjadi data bertipe Tuple3.
public Tuple3<Integer, Integer, Matrix> getInputFromFile()	Mengembalikan Tuple3 yang berisi parameter input dari file.
public void showSingular()	Menampilkan pesan bahwa matriks singular di terminal.

3.2.4.7 LinearRegressionView.java

Atribut LinearRegressionView.java	Penjelasan Atribut
private Pprint pprint	Objek dari kelas Pprint untuk menangani input string.
private Menu menu	Objek dari kelas Menu untuk dihubungkan dengan menu utama.

Metode LinearRegressionView.java	Penjelasan Metode
public void showMenu()	Menampilkan menu pilihan metode matriks balikan di terminal.
public void showHeader(int c)	Menampilkan header di terminal.
public int getChoice()	Menerima dan mengembalikan input pilihan dari pengguna.
public void printOutput(Matrix beta, Matrix	Menampilkan matriks dan hasil prediksi

y_pred)	berdasarkan model di terminal.
---------	--------------------------------

3.2.4.8 QuadraticRegressionView.java

Atribut QuadraticRegressionView.java	Penjelasan Atribut
private Pprint pprint	Objek dari kelas Pprint untuk menangani input string.

Metode QuadraticRegressionView.java	Penjelasan Metode
public void showMenu()	Menampilkan menu pilihan metode matriks balikan di terminal.
public void showHeader(int c)	Menampilkan header di terminal.
public void printOutput(Matrix beta, Matrix y_pred, int numFeatures)	Menampilkan matriks dan hasil prediksi model regresi kuadratik di terminal.

3.2.4.9 RegressionView.java

Atribut RegressionView.java	Penjelasan Atribut
private Pprint pprint	Objek dari kelas Pprint untuk menangani input string.
private String[] filepath	Deklarasi variabel filepath menjadi "test/linearRegression/", "test/quadraticRegression/".

Metode RegressionView.java	Penjelasan Metode
public void showMenu()	Menampilkan menu pilihan metode matriks balikan di terminal.
public int getChoice()	Menerima dan mengembalikan input pilihan dari pengguna.
public Tuple4<Integer, Integer, Matrix, Matrix> getInput()	Mengembalikan tipe data Tuple4 berdasarkan input pengguna.
public Tuple3<Integer, Integer, Matrix> getInputToPredict(int n)	Mengembalikan tipe data Tuple3 berdasarkan input pengguna untuk diprediksi.
public Tuple5<Integer, Integer, Matrix,	Mengembalikan tipe data Tuple5 untuk

Matrix, Matrix> getInputFromFile(int degree)	menerima masukan dari file.
public void printMatrix(Matrix matrix)	Menampilkan matriks pada terminal.

3.2.4.10 SistemPersamaanLinearView.java

Atribut SistemPersamaanLinearView.java	Penjelasan Atribut
private Pprint pprint	Objek dari kelas Pprint untuk menangani input string.
private String[] filepath	Deklarasi variabel filepath sebagai "sistemPersamaanLinier/header", "sistemPersamaanLinier/gauss", "sistemPersamaanLinier/gaussJordan", "sistemPersamaanLinier/matriksBalikan", "sistemPersamaanLinier/kaidahCramer"

Metode SistemPersamaanLinearView.java	Penjelasan Metode
public void showMenu()	Menampilkan menu pilihan metode matriks balikan di terminal.
public void showHeader(int c)	Menampilkan header di terminal.
public int getChoice()	Menerima dan mengembalikan input pilihan dari pengguna.
public Tuple3<Integer, Integer, Matrix> getInput()	Mengembalikan tipe data Tuple3 berdasarkan input pengguna.
public Tuple3<Integer, Integer, Matrix> getSquareInput()	Mengembalikan tipe data Tuple3 berdasarkan input pengguna untuk matriks persegi.
public Tuple3<Integer, Integer, Matrix> getInputFromFile()	Mengembalikan tipe data Tuple3 untuk mendapatkan input dari file.
public void showSingular(int flag)	Menampilkan pesan bahwa matriks singular di terminal.
public void showFreeVariable(List<String> freeVariable)	Menampilkan variabel bebas di terminal.
public void printResult(Array result)	Menampilkan Array pada terminal.

public void printMatrix(Matrix matrix)	Menampilkan Matrix pada terminal.
--	-----------------------------------

3.2.4.11 ImageResizingView.java

Atribut ImageResizingView.java	Penjelasan Atribut
private String filepath	Deklarasi variabel filepath sebagai "test/imageResizing/".
private Pprint pprint	Objek dari kelas Pprint untuk menangani input string.

Metode ImageResizingView.java	Penjelasan Metode
public void showMenu()	Menampilkan menu pilihan metode matriks balikan di terminal.
public void showHeader(int c)	Menampilkan header di terminal.
public int getChoice()	Menerima dan mengembalikan input pilihan dari pengguna.
public BufferedImage getInputFromFile()	Mengembalikan BufferedImage dari file yang diinput.
public int getNewWidth()	Mengembalikan nilai lebar gambar baru dari input.
public int getNewHeight()	Mengembalikan nilai panjang gambar baru dari input
public void saveImageToFile(BufferedImage image, String outputFilename)	Menyimpan gambar yang telah di- <i>resize</i> ke direktori output.

3.2.5 Folder Controllers

Folder ini berisi berbagai kelas controller yang bertanggung jawab untuk mengelola alur logika antara tampilan (*views*) dan models dalam pengolahan data.

3.2.5.1 Determinan.java

Atribut Determinan.java	Keterangan
private DeterminanView view	Objek dari kelas DeterminanView yang digunakan untuk menampilkan determinan

	dan menerima <i>input</i> dari pengguna.
private Matrix matrix	Objek dari kelas Matrix untuk menyimpan data matrix yang akan dihitung determinannya.
private Tuple3<Integer, Integer, Matrix> input	Objek dari Tuple3 yang menyimpan tiga nilai, yaitu ukuran matrix, metode, dan nilai Matrix.
private int n	Variabel integer yang menyimpan ukuran baris dan kolom matrix persegi.
private Pprint pprint	Objek dari kelas Pprint untuk menampilkan matrix secara rapi.

Metode Determinan.java	Keterangan
public Determinan()	Konstruktor yang menginisialisasi objek DeterminanView untuk menampilkan <i>interface</i> ke pengguna.
public void getInput(int c)	Mengambil input matrix dari pengguna, baik dari file maupun terminal.
public double matrix2x2()	Mengembalikan hasil perhitungan determinan dengan menggunakan metode Matrix 2x2.
public double reduksiBaris()	Mengembalikan hasil perhitungan determinan dengan menggunakan metode Reduksi Baris (Gaussian Elimination)
public double ekspansiKofaktor()	Mengembalikan hasil perhitungan determinan dengan menggunakan metode Ekspansi Kofaktor.
public void main()	Metode utama untuk memilih metode perhitungan determinan berdasarkan pilihan pengguna.

3.2.5.2 InterpolasiPolinomController.java

Atribut InterpolasiPolinomController.java	Keterangan
private InterpolasiPolinomView view	Objek dari kelas InterpolasiPolinomView untuk menerima/menampilkan input/output

	dari pengguna.
private Pprint pprint	Objek dari kelas Pprint.
private Matrix X, y, X_test, input	Deklarasi variabel bertipe Matrix.
private Double x, y_pred	Deklarasi variabel bertipe Double.

Metode InterpolasiPolinomController.java	Keterangan
public void getInput()	Menerima data input yang dimasukkan pengguna pada view.
public void main()	Mengelola metode Interpolasi Polinom secara keseluruhan.

3.2.5.3 BicubicSplineInterpolationController.java

Atribut BicubicSplineInterpolationController.java	Keterangan
private BicubicSplineInterpolationView view	Objek dari kelas BicubicSplineInterpolationView untuk menerima/menampilkan input/output dari pengguna.
private Matrix matrix	Deklarasi variabel bertipe Matrix.
public Double x, y, result	Deklarasi variabel bertipe Double.

Metode BicubicSplineInterpolationController.java	Keterangan
public void main()	Mengelola metode Bicubic Spline Interpolation secara keseluruhan.

3.2.5.4 LinearRegressionController.java

Atribut LinearRegressionController.java	Keterangan
private Pprint pprint	Objek dari kelas Pprint.
private LinearRegressionView view	Objek dari kelas LinearRegressionView

	untuk menerima/menampilkan input/output dari pengguna.
private Matrix y_pred, y, X, X_test	Deklarasi variabel bertipe Matrix.

Metode LinearRegressionController.java	Keterangan
public void getInput()	Menerima data input yang dimasukkan pengguna pada view.
public void main()	Mengelola metode Linear Regression secara keseluruhan.

3.2.5.5 QuadraticRegressionController.java

Atribut QuadraticRegressionController.java	Keterangan
private QuadraticRegressionView view	Objek dari kelas QuadraticRegressionView untuk menerima/menampilkan input/output dari pengguna.
private Pprint pprint	Objek dari kelas Pprint.
private Matrix y_pred, y, X, X_test	Deklarasi variabel bertipe Matrix.

Metode QuadraticRegressionController.java	Keterangan
public void getInput()	Menerima data input yang dimasukkan pengguna pada view.
public void main()	Mengelola metode Quadratic Regression secara keseluruhan.

3.2.5.6 RegressionController.java

Atribut RegressionController.java	Keterangan
private RegressionView view	Objek dari kelas RegressionView untuk menerima/menampilkan input/output dari pengguna.
private LinearRegressionController	Objek dari kelas LinearRegressionController.

private QuadraticRegressionController	Objek dari kelas QuadraticRegressionController.
---------------------------------------	---

Metode RegressionController.java	Keterangan
public void main()	Mengelola metode Regression secara keseluruhan.

3.2.5.7 MatriksBalikanController.java

Atribut MatriksBalikanController.java	Keterangan
private MatriksBalikanView view	Objek dari kelas MatriksBalikanView untuk menerima/menampilkan input/output dari pengguna.
private DeterminanView inputView	Objek dari kelas DeterminanView untuk menerima/menampilkan input/output dari pengguna.
private AdjoinMethod adjoinMethod	Objek dari kelas AdjoinMethod.
public GaussJordanMethod gaussJordanMethod	Objek dari kelas GaussJordanMethod.
private Pprint pprint	Objek dari kelas Pprint.
private Matrix matrix	Deklarasi variabel bertipe Matrix.
private Tuple3<Integer, Integer, Matrix> input	Deklarasi variabel bertipe Tuple3.

Metode MatriksBalikanController.java	Keterangan
public boolean isSingular(Matrix matrix)	Mengembalikan true jika matrix merupakan matriks singular.
public Matrix adjoinMethod()	Mengembalikan Matrix yang sudah dioperasikan oleh metode Adjoin.
public Matrix gaussJordanMethod()	Mengembalikan Matrix yang sudah dioperasikan oleh metode Gauss Jordan.
public void getInput()	Menerima data input yang dimasukkan pengguna pada view.
public void getInput(int c)	Menerima data input yang dimasukkan

	pengguna pada view.
public void main()	Mengelola metode Matriks Balikan secara keseluruhan.

3.2.5.8 SistemPersamaanLinier.java

Atribut SistemPersamaanLinier.java	Keterangan
private SistemPersamaanLinierView view	Objek dari kelas SistemPersamaanLinearView untuk menerima/menampilkan input/output dari pengguna.
private GetMainMatrix getMainMatrix	Objek dari kelas GetMainMatrix.
private CheckSolutionType check	Objek dari kelas CheckSolutionType.
private GetUniqueEquation getUniqueEquation	Objek dari kelas GetUniqueEquation.
private Pprint pprint	Objek dari kelas Pprint.
private Tuple3<Integer, Integer, Matrix> input	Deklarasi variabel bertipe Tuple3.
private Matrix matrix	Deklarasi variabel bertipe Matrix,
private int n, m	Deklarasi variabel bertipe integer.

Metode SistemPersamaanLinier.java	Keterangan
public boolean isSingular(Matrix matrix)	Mengembalikan nilai true jika matrix singular.
public Array matriksBalikan()	Mengembalikan matriks balikan.
public Array gaussJordan()	Mengembalikan Array solusi SPL dengan metode Gauss Jordan.
public Array gauss()	Mengembalikan Array solusi SPL dengan metode Gauss.
public Array kaidahCramer()	Mengembalikan Array solusi SPL dengan kaidah Cramer.
public void getInput(int c)	Menerima data input yang dimasukkan pengguna pada view.

public void main()	Mengelola metode Sistem Persamaan Linear secara keseluruhan.
--------------------	--

3.2.5.9 MainController.java

Tidak ada atribut pada kelas ini.

Metode MainController.java	Keterangan
public void main()	Mengelola seluruh <i>controller</i> .

3.2.5.10 ImageResizingController.java

Atribut ImageResizingController.java	Keterangan
private ImageResizingViews view	Objek dari kelas ImageResizingView untuk menerima/menampilkan input/output dari pengguna.
private ImageResizingModel model	Objek dari kelas ImageResizingModel.
private Pprint pprint	Objek dari kelas Pprint.

Metode ImageResizingController.java	Keterangan
public void main()	Mengelola metode Image Resizing secara keseluruhan.

3.3 Garis Besar Program

Ketika program dijalankan, terminal langsung di-clear, sehingga layar terlihat kosong terlebih dahulu. Setelah itu, tampil banner besar bertuliskan "AlgeoSolver" dengan gaya ASCII art, sehingga memberikan kesan visual yang menarik kepada pengguna. Di bawah banner, terdapat daftar metode perhitungan yang dapat dipilih oleh pengguna, kemudian terdapat prompt INPUT untuk memasukkan perintah dalam format angka, sesuai dengan metode yang ingin dijalankan oleh pengguna.

The screenshot shows a terminal-like interface for the Algeo Solver. At the top right, there is a banner with the text "Team: pagi start cirebon siang ke serpong malam sampe lampung". Below the banner, it says "Contributors: Adinda Putri Muhammad Fathur Rizky Najwa Kahani Fatima". The main menu is titled "Available Methods:" and lists the following options:

- 1. Sistem Persamaan Linier
- 2. Determinan
- 3. Matriks Balikan
- 4. Interpolasi Polinom
- 5. Interpolasi Bicubic Spline
- 6. Regresi Linier dan Kuadratik Berganda
- 7. Interpolasi Gambar
- 8. Keluar

Below the menu, there is a dashed line followed by the word "INPUT". A prompt "Enter command in number format." is displayed, and there is an input field labeled "Input: |".

Gambar 6. Tampilan Algeo Solver

3.3.1 Sistem Persamaan Linier

Apabila pengguna memasukkan angka 1, maka terminal langsung di-clear dan menampilkan banner besar bertuliskan “Linear System Eq.” dengan gaya ASCII art. Dalam sistem persamaan linier, terdapat 4 metode yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan, yaitu Eliminasi Gauss, Eliminasi Gauss Jordan, Matriks Balikan, dan Kaidah Cramer. Pada setiap metode, pengguna dapat memasukkan input berupa file atau langsung di terminal.

The screenshot shows a terminal-like interface for the SPL application. At the top right, there is a banner with the text "LINEAR SYSTEM EQUATION". The main menu is titled "Available Methods:" and lists the following options:

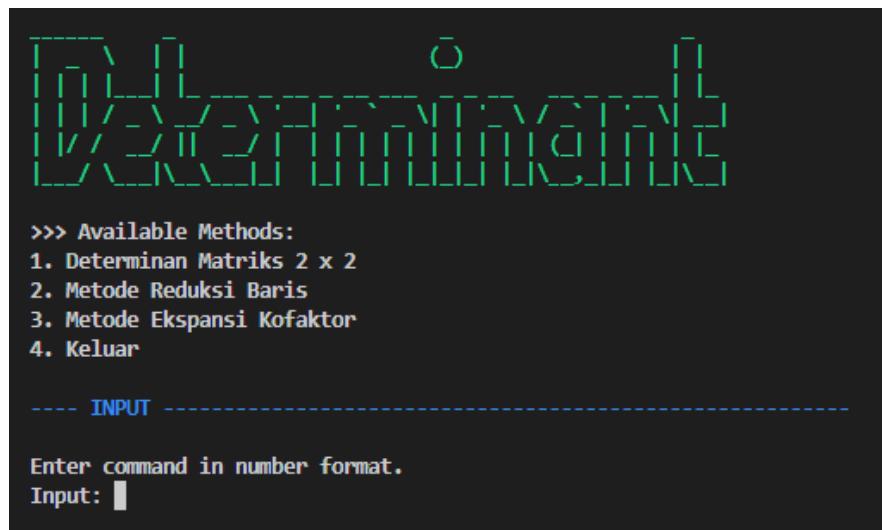
- 1. Metode Eliminasi Gauss
- 2. Metode Eliminasi Gauss-Jordan
- 3. Metode Matriks Balikan
- 4. Kaidah Cramer
- 5. Keluar

Below the menu, there is a dashed line followed by the word "INPUT". A prompt "Enter command in number format." is displayed, and there is an input field labeled "Input: |".

Gambar 7. Tampilan SPL

3.3.2 Determinan

Apabila pengguna memasukkan angka 2, maka terminal langsung di-clear dan menampilkan banner besar bertuliskan “Determinant.” dengan gaya ASCII art. Dalam determinan, terdapat 3 metode yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan, yaitu Determinan Matrix 2x2, Reduksi Baris, dan Ekspansi Kofaktor. Pada setiap metode, pengguna dapat memasukkan input berupa file atau langsung di terminal.



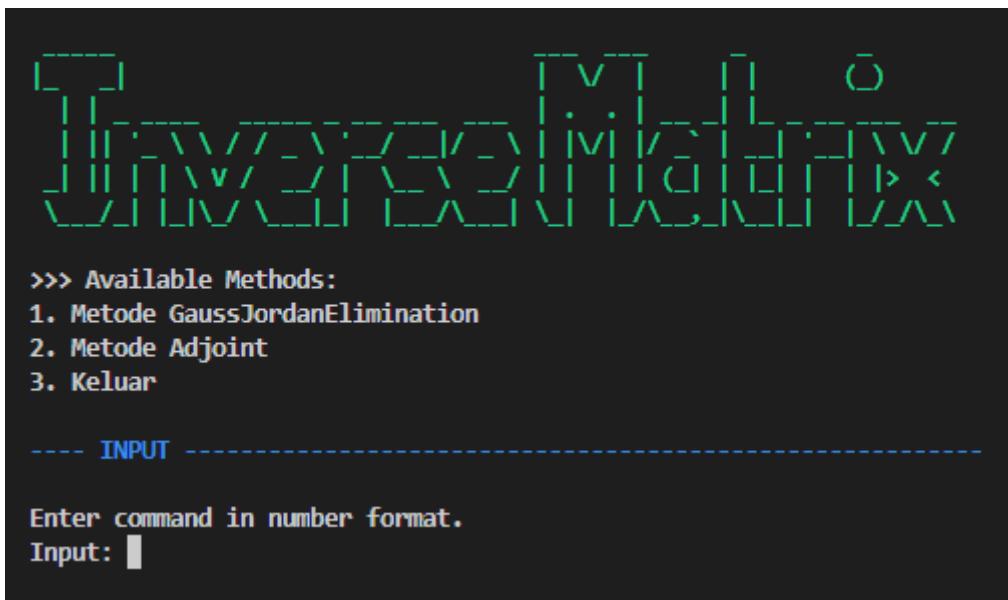
The screenshot shows a terminal window with a black background and white text. At the top, there is a large, stylized green ASCII-art logo of a square frame with internal lines forming a grid-like pattern. Below the logo, the text is arranged as follows:

```
>>> Available Methods:  
1. Determinan Matriks 2 x 2  
2. Metode Reduksi Baris  
3. Metode Ekspansi Kofaktor  
4. Keluar  
---- INPUT ----  
Enter command in number format.  
Input: █
```

Gambar 8. Tampilan Determinan

3.3.3 Matriks Balikan

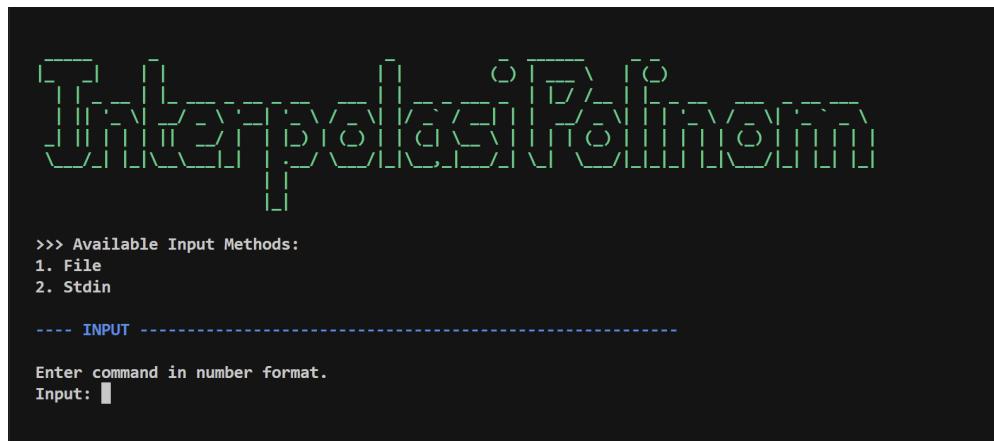
Apabila pengguna memasukkan angka 3, maka terminal langsung di-clear dan menampilkan banner besar bertuliskan “Inverse Matrix.” dengan gaya ASCII art. Dalam matriks balikan, terdapat 2 metode yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan, yaitu GaussJordanElimination dan Adjoint. Pada setiap metode, pengguna dapat memasukkan input berupa file atau langsung di terminal.



Gambar 9. Tampilan Invers Matriks

3.3.4 Interpolasi Polinom

Apabila pengguna memasukkan angka 4, maka terminal langsung di-clear dan menampilkan banner besar bertuliskan “Interpolasi Polinom.” dengan gaya ASCII art. Dalam program ini, pengguna dapat memasukkan input data titik melalui file maupun manual melalui terminal.



Gambar 10. Tampilan Interpolasi Polinom

3.3.5 Interpolasi Bicubic Spline

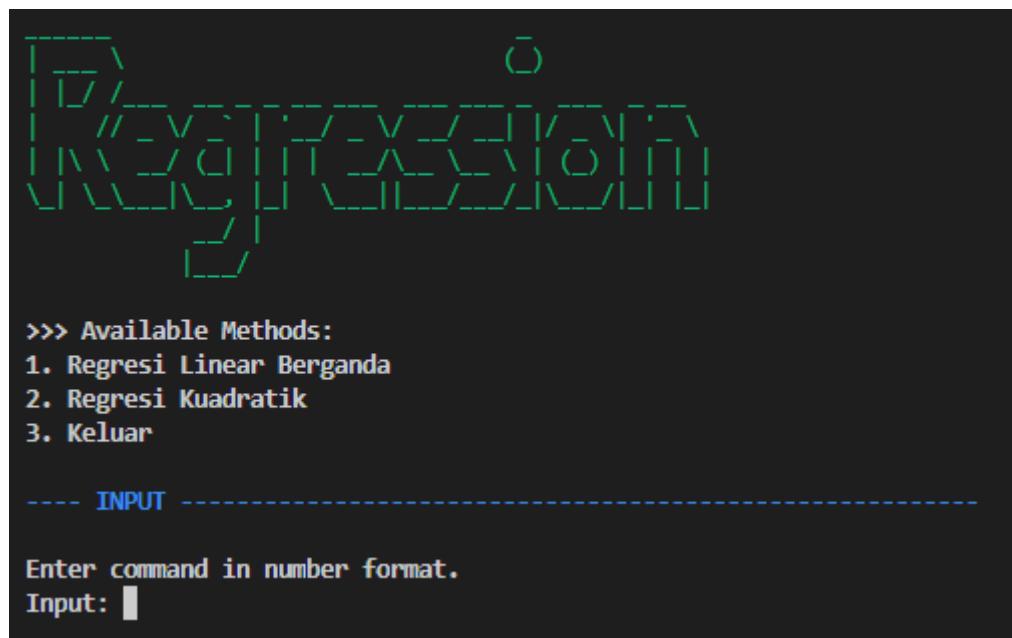
Apabila pengguna memasukkan angka 5, maka terminal langsung di-clear dan menampilkan banner besar bertuliskan “Bicubic Spline Interpolation.” dengan gaya ASCII art. Dalam program ini, pengguna dapat memasukkan input data matriks melalui file maupun manual melalui terminal.



Gambar 11. Tampilan Interpolasi Bicubic Spline

3.3.6 Regresi Linier dan Kuadratik Berganda

Apabila pengguna memasukkan angka 6, maka terminal langsung di-clear dan menampilkan banner besar bertuliskan “Regression.” dengan gaya ASCII art. Dalam regresi, terdapat 2 metode yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan, yaitu Regresi Linier dan Kuadratik Berganda. Pada setiap metode, pengguna dapat memasukkan input berupa file atau langsung di terminal.



Gambar 12. Tampilan Regresi

3.3.7 Interpolasi Gambar

Apabila pengguna memasukkan angka 7, maka terminal langsung di-clear dan menampilkan banner besar bertuliskan “Image Resizing.” dengan gaya ASCII art. Dalam program ini, pengguna dapat memasukkan input file atau batal melakukan *image resizing*.



Gambar 13. Tampilan Image Resizing

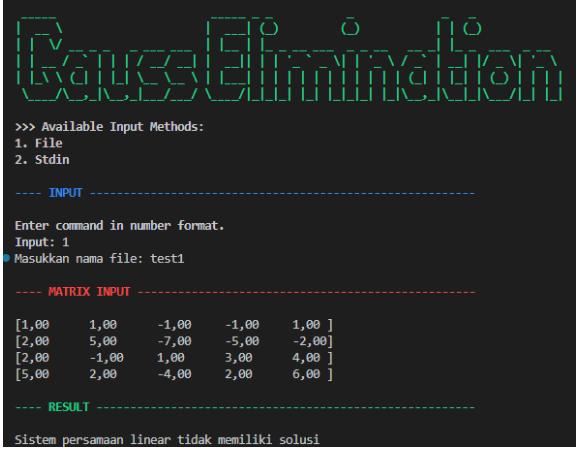
BAB 4

EKSPERIMEN

Dalam bab ini, terdapat berbagai eksperimen yang dilakukan untuk menguji fungsionalitas dan akurasi program AlgeoSolver. Eksperimen mencakup serangkaian test case yang disusun untuk menguji berbagai metode yang ada dalam program, seperti Sistem Persamaan Linier, Determinan, Matriks Balikan, Regresi Linier, Regresi Kuadratik Berganda, Interpolasi Polinom, Interpolasi Bicubic Spline, hingga Interpolasi Gambar. Eksperimen ini bertujuan untuk menunjukkan efisiensi dari implementasi AlgeoSolver dalam menyelesaikan permasalahan matematis yang berkaitan dengan Matrix.

4.1 Sistem Persamaan Linier

4.1.1 Test Case 1 Bagian A

Input	Output
$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 2 & 5 & -7 & -5 \\ 2 & -1 & 1 & 3 \\ 5 & 2 & -4 & 2 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \\ 4 \\ 6 \end{bmatrix}$	Metode Eliminasi Gauss  <pre>>>> Available Input Methods: 1. File 2. Stdin ----- INPUT ----- Enter command in number format. Input: 1 Masukkan nama file: test1 ----- MATRIX INPUT ----- [1,00 1,00 -1,00 -1,00 1,00] [2,00 5,00 -7,00 -5,00 -2,00] [2,00 -1,00 1,00 3,00 4,00] [5,00 2,00 -4,00 2,00 6,00] ----- RESULT ----- Sistem persamaan linear tidak memiliki solusi</pre>
	Metode Eliminasi Gauss-Jordan

```
>>> Available Input Methods:
```

- 1. File
- 2. Stdin

```
---- INPUT -----
```

```
Enter command in number format.
```

```
Input: 1
```

```
Masukkan nama file: test1
```

```
---- MATRIX INPUT -----
```

```
[1,00      1,00      -1,00      -1,00      1,00 ]  
[2,00      5,00      -7,00      -5,00      -2,00]  
[2,00      -1,00      1,00       3,00       4,00 ]  
[5,00      2,00      -4,00      2,00       6,00 ]
```

```
---- RESULT -----
```

```
Sistem persamaan linear tidak memiliki solusi
```

Metode Matriks Balikan

```
>>> Available Input Methods:
```

- 1. File
- 2. Stdin

```
---- INPUT -----
```

```
Enter command in number format.
```

```
Input: 1
```

```
Masukkan nama file: test1
```

```
---- MATRIX INPUT -----
```

```
[1,00      1,00      -1,00      -1,00      1,00 ]  
[2,00      5,00      -7,00      -5,00      -2,00]  
[2,00      -1,00      1,00       3,00       4,00 ]  
[5,00      2,00      -4,00      2,00       6,00 ]
```

```
Sistem persamaan linear tidak dapat diselesaikan dengan metode ini
```

Kaidah Cramer

```
>>> Available Input Methods:
```

- 1. File
- 2. Stdin

```
---- INPUT -----
```

```
Enter command in number format.
```

```
Input: 1
```

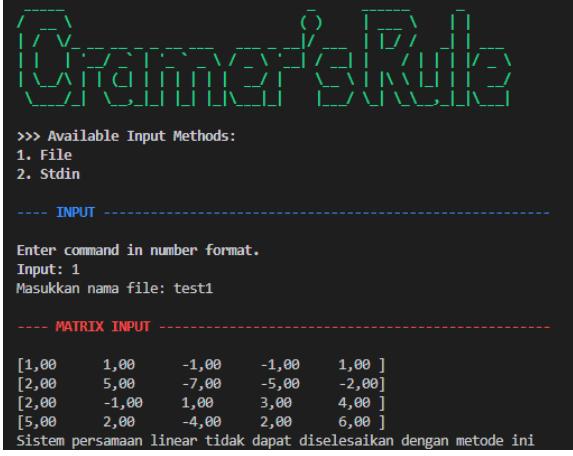
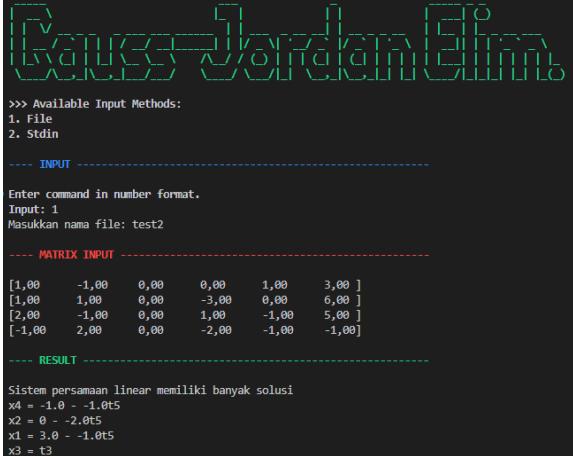
```
Masukkan nama file: test1
```

```
---- MATRIX INPUT -----
```

```
[1,00      1,00      -1,00      -1,00      1,00 ]  
[2,00      5,00      -7,00      -5,00      -2,00]  
[2,00      -1,00      1,00       3,00       4,00 ]  
[5,00      2,00      -4,00      2,00       6,00 ]
```

```
Sistem persamaan linear tidak dapat diselesaikan dengan metode ini
```

4.1.2 Test Case 1 Bagian B

Input	Output
$A = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & -3 & 0 \\ 2 & -1 & 0 & 1 & -1 \\ -1 & 2 & 0 & -2 & -1 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 3 \\ 6 \\ 5 \\ -1 \end{bmatrix}$	Metode Eliminasi Gauss
	 <pre>>>> Available Input Methods: 1. File 2. Stdin ---- INPUT ---- Enter command in number format. Input: 1 Masukkan nama file: test1 ---- MATRIX INPUT ---- [1,00 1,00 -1,00 -1,00 1,00] [2,00 5,00 -7,00 -5,00 -2,00] [2,00 -1,00 1,00 3,00 4,00] [5,00 2,00 -4,00 2,00 6,00] Sistem persamaan linear tidak dapat diselesaikan dengan metode ini</pre>
	Metode Eliminasi Gauss-Jordan
	 <pre>>>> Available Input Methods: 1. File 2. Stdin ---- INPUT ---- Enter command in number format. Input: 1 Masukkan nama file: test2 ---- MATRIX INPUT ---- [1,00 -1,00 0,00 0,00 1,00 3,00] [1,00 1,00 0,00 -3,00 0,00 6,00] [2,00 -1,00 0,00 1,00 -1,00 5,00] [-1,00 2,00 0,00 -2,00 -1,00 -1,00] ---- RESULT ---- Sistem persamaan linear memiliki banyak solusi x4 = -1.0 - -1.0t5 x2 = 0 - -2.0t5 x1 = 3.0 - -1.0t5 x3 = t3 x5 = t5</pre>
	Metode Matriks Balikan

```


    DIVERSE MATH
    DIVERSE MATRIX

>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin

---- INPUT ----

Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: test2

---- MATRIX INPUT ----

[1,00     -1,00     0,00      0,00      1,00      3,00 ]
[1,00     1,00     0,00      -3,00      0,00      6,00 ]
[2,00     -1,00     0,00      1,00      -1,00      5,00 ]
[-1,00     2,00     0,00      -2,00      -1,00     -1,00]
Sistem persamaan linear tidak dapat diselesaikan dengan metode ini


```

Kaidah Cramer


```


    DIVERSE MATH
    DIVERSE CRAMER

>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin

---- INPUT ----

Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: test2

---- MATRIX INPUT ----

[1,00     -1,00     0,00      0,00      1,00      3,00 ]
[1,00     1,00     0,00      -3,00      0,00      6,00 ]
[2,00     -1,00     0,00      1,00      -1,00      5,00 ]
[-1,00     2,00     0,00      -2,00      -1,00     -1,00]
Sistem persamaan linear tidak dapat diselesaikan dengan metode ini


```

4.1.3 Test Case 1 Bagian C

Input	Output
$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 2 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$	Metode Eliminasi Gauss

```

>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin

---- INPUT ----

Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: test3

---- MATRIX INPUT ----

[[0,00 1,00 0,00 0,00 1,00 0,00 2,00]
 [0,00 0,00 0,00 1,00 1,00 0,00 -1,00]
 [0,00 1,00 0,00 0,00 0,00 1,00 1,00]

---- RESULT ----

Sistem persamaan linear memiliki banyak solusi
x5 = 1.0 - 1.0t6
x4 = -2.0 - 1.0t6
x2 = 1.0 - 1.0t6
x1 = t1
x3 = t3
x6 = t6

```

Metode Eliminasi Gauss-Jordan

```

>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin

---- INPUT ----

Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: test3

---- MATRIX INPUT ----

[[0,00 1,00 0,00 0,00 1,00 0,00 2,00]
 [0,00 0,00 0,00 1,00 1,00 0,00 -1,00]
 [0,00 1,00 0,00 0,00 0,00 1,00 1,00]

---- RESULT ----

Sistem persamaan linear memiliki banyak solusi
x5 = 1.0 - 1.0t6
x4 = -2.0 - 1.0t6
x2 = 1.0 - 1.0t6
x1 = t1
x3 = t3
x6 = t6

```

Metode Matriks Balikan

```

>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin

---- INPUT ----

Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: test3

---- MATRIX INPUT ----

[[2.00 2.00 -1.00 0.00 1.00 0.00]
 [-1.00 -1.00 2.00 -3.00 1.00 0.00]
 [1.00 1.00 -2.00 0.00 -1.00 0.00]
 [0.00 0.00 1.00 1.00 1.00 0.00]

---- RESULT ----

Sistem persamaan linear tidak dapat diselesaikan dengan metode ini

```

Kaidah Cramer

```

GRIMMEX PERLUKE

>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin

---- INPUT ----

Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: test3

---- MATRIX INPUT ----

[2.00      2.00      -1.00      0.00      1.00      0.00]
[-1.00     -1.00      2.00      -3.00      1.00      0.00]
[1.00      1.00      -2.00      0.00      -1.00      0.00]
[0.00      0.00      1.00      1.00      1.00      0.00]

---- RESULT ----

Sistem persamaan linear tidak dapat diselesaikan dengan metode ini

```

4.1.3 Test Case 1 Bagian D

4.1.3.1 N = 6

Input	Output
$H = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & \cdots & \frac{1}{n} \\ 1 & 1 & 1 & \cdots & 1 \\ 2 & 3 & 4 & \cdots & n+1 \\ 1 & 1 & 1 & \cdots & 1 \\ 3 & 4 & 5 & \cdots & n+2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1 & 1 & 1 & \cdots & 1 \\ n & n+1 & n+2 & \cdots & 2n+1 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$	Metode Eliminasi Gauss
	<pre> GRIMMEX PERLUKE >>> Available Input Methods: 1. File 2. Stdin ---- INPUT ---- Enter command in number format. Input: 1 Masukkan nama file: test4 ---- MATRIX INPUT ---- [0,33 0,25 0,20 0,17 0,14 0,13 0,00] [0,25 0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,00] [0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,00] [0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,00] ---- RESULT ---- x1 = 9,596501644374555 x2 = -33,549125414913654 x3 = 32,425895025972498 x4 = -210,58760109664594 x5 = 522,6861574407868 x6 = -327,1718915601095 </pre>

Metode Matriks Balikan

```

• MATRIX BALIKAN
>>> Available Input Methods:
---- MATRIX INPUT ----
[1,00    0,50    0,33    0,25    0,20    0,17    1,00]
[0,50    0,33    0,25    0,20    0,17    0,14    0,00]
[0,33    0,25    0,20    0,17    0,14    0,13    0,00]
[0,25    0,20    0,17    0,14    0,13    0,11    0,00]
[0,20    0,17    0,14    0,13    0,11    0,10    0,00]
[0,17    0,14    0,13    0,11    0,10    0,09    0,00]

---- RESULT ----
x1 = 9.59650164437453
x2 = -33.549125414913476
x3 = 32.425095025972496
x4 = -210.50760109664589
x5 = 522.6861574407868
x6 = -327.1718915601095

```

Kaidah Cramer

```

• CRAMER PERLUAS
>>> Available Input Methods:
---- MATRIX INPUT ----
[1,00    0,50    0,33    0,25    0,20    0,17    1,00]
[0,50    0,33    0,25    0,20    0,17    0,14    0,00]
[0,33    0,25    0,20    0,17    0,14    0,13    0,00]
[0,25    0,20    0,17    0,14    0,13    0,11    0,00]
[0,20    0,17    0,14    0,13    0,11    0,10    0,00]
[0,17    0,14    0,13    0,11    0,10    0,09    0,00]

---- RESULT ----
x1 = 9.596501644372273
x2 = -33.54912541492154
x3 = 32.425095026021744
x4 = -210.5076010966738
x5 = 522.6861574407515
x6 = -327.1718915600787

```

4.1.3.1 N = 10

Input	Output
$H = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & \dots & \frac{1}{n} \\ \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{3} & \dots & \frac{1}{n+1} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & \dots & \frac{1}{n+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{n} & \frac{1}{n+1} & \frac{1}{n+2} & \dots & \frac{1}{2n+1} \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$	Metode Eliminasi Gauss

```

Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: test5

---- MATRIX INPUT -----
[[1,00 1,00 0,50 0,33 0,25 0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,11 1,00]
 [0,50 0,33 0,25 0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,10 0,09 0,00]
 [0,33 0,25 0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,09 0,08 0,00]
 [0,25 0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,08 0,00]
 [0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,08 0,07 0,00]
 [0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,07 0,07 0,06 0,00]
 [0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,07 0,07 0,07 0,06 0,00]
 [0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,07 0,07 0,07 0,06 0,06 0,00]
 [0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,07 0,07 0,07 0,06 0,06 0,06 0,00]
 [0,10 0,09 0,08 0,08 0,07 0,07 0,06 0,06 0,06 0,06 0,05 0,00]

---- RESULT -----
x1 = -0,381572434587938
x2 = 5,622217628127531
x3 = -22,09922174351445
x4 = -27,049332307203697
x5 = -3,065171776952886
x6 = -5,867130568774986
x7 = -3,0490458549908083
x8 = 0,4851925327006274
x9 = -10,151130247136738
x10 = 11,611010625215817

```

Metode Eliminasi Gauss-Jordan

```

Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: test5

---- MATRIX INPUT -----
[[1,00 1,00 0,50 0,33 0,25 0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,11 1,00]
 [0,50 0,33 0,25 0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,10 0,09 0,00]
 [0,33 0,25 0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,00]
 [0,25 0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,08 0,00]
 [0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,08 0,07 0,00]
 [0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,07 0,07 0,07 0,00]
 [0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,07 0,07 0,06 0,06 0,00]
 [0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,07 0,07 0,06 0,06 0,06 0,00]
 [0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,07 0,07 0,06 0,06 0,06 0,06 0,00]
 [0,10 0,09 0,08 0,08 0,07 0,07 0,06 0,06 0,06 0,06 0,05 0,00]

---- RESULT -----
x1 = -0,381572434587938
x2 = 5,622217628127531
x3 = -22,09922174351445
x4 = -27,049332307203697
x5 = -3,065171776952886
x6 = -5,867130568774986
x7 = -3,0490458549908083
x8 = 0,4851925327006274
x9 = -10,151130247136738
x10 = 11,611010625215817

```

Metode Matriks Balikan

```

Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: test5

---- MATRIX INPUT -----
[[1,00 1,00 0,50 0,33 0,25 0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,11 1,00]
 [0,50 0,33 0,25 0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,10 0,09 0,00]
 [0,33 0,25 0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,00]
 [0,25 0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,08 0,00]
 [0,20 0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,08 0,07 0,00]
 [0,17 0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,08 0,08 0,07 0,00]
 [0,14 0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,08 0,08 0,08 0,07 0,00]
 [0,13 0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,07 0,07 0,06 0,06 0,06 0,00]
 [0,11 0,10 0,09 0,08 0,08 0,07 0,07 0,06 0,06 0,06 0,06 0,00]
 [0,10 0,09 0,08 0,08 0,07 0,07 0,06 0,06 0,06 0,06 0,05 0,00]

---- RESULT -----
x1 = -0,381572434587938
x2 = 5,622217628127531
x3 = -22,09922174351445
x4 = -27,049332307203697
x5 = -3,065171776952886
x6 = -5,867130568774986
x7 = -3,0490458549908083
x8 = 0,4851925327006274
x9 = -10,151130247136738
x10 = 11,611010625215817

```

Kaidah Cramer

```

Enter command in number format,
Input: 1
Masukkan nama file: test5

----- MATRIX INPUT -----
[[1,00  1,00  0,50  0,33  0,25  0,20  0,17  0,14  0,13  0,11  1,00]
 [0,50  0,33  0,25  0,20  0,17  0,14  0,13  0,11  0,10  0,09  0,00]
 [0,33  0,25  0,20  0,17  0,14  0,13  0,11  0,10  0,09  0,08  0,00]
 [0,25  0,20  0,17  0,14  0,13  0,11  0,10  0,09  0,08  0,07  0,00]
 [0,20  0,17  0,14  0,13  0,11  0,10  0,09  0,08  0,07  0,06  0,00]
 [0,17  0,14  0,13  0,11  0,10  0,09  0,08  0,07  0,06  0,05  0,00]
 [0,14  0,13  0,11  0,10  0,09  0,08  0,07  0,06  0,05  0,04  0,00]
 [0,13  0,11  0,10  0,09  0,08  0,07  0,06  0,05  0,04  0,03  0,00]
 [0,11  0,10  0,09  0,08  0,07  0,06  0,05  0,04  0,03  0,02  0,00]
 [0,10  0,09  0,08  0,07  0,06  0,05  0,04  0,03  0,02  0,01  0,00]

----- RESULT -----
x1 = -0,33117234586777087
x2 = 5,69221762024769
x3 = -22,899221774399593
x4 = -27,94933230718728
x5 = -3,00517177629243914
x6 = -5,867130568782945
x7 = -3,9496458459962854
x8 = 0,4851825328730962
x9 = -10,151130247143579
x10 = 11,611010625218613

```

4.1.4 Test Case 2 Bagian A

Input	Output
$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 2 & -1 & -1 \\ 2 & 1 & -2 & -2 & -2 \\ -1 & 2 & -4 & 1 & 1 \\ 3 & 0 & 0 & -3 & -3 \end{bmatrix}$	<p style="text-align: center;">Metode Eliminasi Gauss</p> <pre> >>> Available Input Methods: 1. File 2. Stdin ----- INPUT ----- Enter command in number format. Input: 1 Masukkan nama file: test1 ----- MATRIX INPUT ----- [[1,00 -1,00 2,00 -1,00 -1,00] [2,00 1,00 -2,00 -2,00 -2,00] [-1,00 2,00 -4,00 1,00 1,00] [3,00 0,00 0,00 -3,00 -3,00]] ----- RESULT ----- Sistem persamaan linear memiliki banyak solusi x2 = 0 - -2.0t3 x1 = -1.0 - -1.0t4 x3 = t3 x4 = t4 </pre>
	Metode Eliminasi Gauss-Jordan

	Metode Matriks Balikan
	<pre> >>> Available Input Methods: 1. File 2. Stdin ---- INPUT ---- Enter command in number format. Input: 1 Masukkan nama file: test1 ---- MATRIX INPUT ---- [1,00 -1,00 2,00 -1,00 -1,00] [2,00 1,00 -2,00 -2,00 -2,00] [-1,00 2,00 -4,00 1,00 1,00] [3,00 0,00 0,00 -3,00 -3,00] Sistem persamaan linear tidak dapat diselesaikan dengan metode ini </pre>
	Kaidah Cramer

4.1.5 Test Case 2 Bagian B

Input	Output
$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 8 & 0 & 8 \\ 0 & 1 & 0 & 4 & 6 \\ -4 & 0 & 6 & 0 & 6 \\ 0 & -2 & 0 & 3 & -1 \\ 2 & 0 & -4 & 0 & -4 \\ 0 & 1 & 0 & -2 & 0 \end{bmatrix}$	Metode Eliminasi Gauss



>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin

---- INPUT -----

Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: test2

---- MATRIX INPUT -----

```
[2,00  0,00  8,00  0,00  8,00 ]  
[0,00  1,00  0,00  4,00  6,00 ]  
[-4,00  0,00  6,00  0,00  6,00 ]  
[0,00  -2,00  0,00  3,00  -1,00]  
[2,00  0,00  -4,00  0,00  -4,00]  
[0,00  1,00  0,00  -2,00  0,00 ]
```

---- RESULT -----

```
x1 = 0.0  
x2 = 2.0  
x3 = 1.0  
x4 = 1.0
```

Metode Eliminasi Gauss-Jordan



>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin

---- INPUT -----

Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: test2

---- MATRIX INPUT -----

```
[2,00  0,00  8,00  0,00  8,00 ]  
[0,00  1,00  0,00  4,00  6,00 ]  
[-4,00  0,00  6,00  0,00  6,00 ]  
[0,00  -2,00  0,00  3,00  -1,00]  
[2,00  0,00  -4,00  0,00  -4,00]  
[0,00  1,00  0,00  -2,00  0,00 ]
```

---- RESULT -----

```
x1 = 0.0  
x2 = 2.0  
x3 = 1.0  
x4 = 1.0
```

Metode Matriks Balikan



>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin

---- INPUT -----

Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: test2

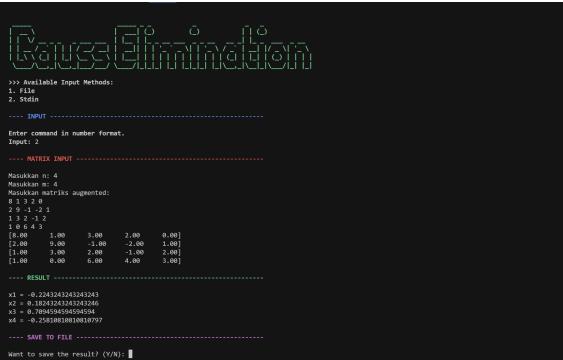
---- MATRIX INPUT -----

```
[2,00  0,00  8,00  0,00  8,00 ]  
[0,00  1,00  0,00  4,00  6,00 ]  
[-4,00  0,00  6,00  0,00  6,00 ]  
[0,00  -2,00  0,00  3,00  -1,00]  
[2,00  0,00  -4,00  0,00  -4,00]  
[0,00  1,00  0,00  -2,00  0,00 ]
```

Sistem persamaan linear tidak dapat diselesaikan dengan metode ini

Kaidah Cramer

4.1.6 Test Case 3 Bagian A

Input	Output
$8x_1 + x_2 + 3x_3 + 2x_4 = 0$ $2x_1 + 9x_2 - x_3 - 2x_4 = 1$ $x_1 + 3x_2 + 2x_3 - x_4 = 2$ $x_1 + 6x_2 + 4x_3 = 3$	<p style="text-align: center;">Metode Eliminasi Gauss</p>  <pre> Gauss Elimination >>> Available Input Methods: 1. FILE 2. Stein ---- INPUT ---- Enter command in number format. Input: 2 ---- MATRIX INPUT ---- Masukkan n: 4 Masukkan m: 4 Masukkan matriks augmented: [8 1 3 2 2 9 -1 -2 1 3 -1 0 1 6 4 3] [0.00 1.00 3.00 2.00 0.00 2.00 9.00 -1.00 2.00 1.00 1.00 1.00 2.00 -1.00 2.00 1.00 0.00 6.00 4.00 3.00] ---- RESULT ---- x1 = -0.224243243243243 x2 = 0.18293243243243246 x3 = 0.7894594594594594 x4 = -0.25018618618618610797 ---- SAVE TO FILE ---- Want to save the result? (Y/N): </pre>
	<p style="text-align: center;">Metode Eliminasi Gauss-Jordan</p>  <pre> Gauss-Jordan Elim. >>> Available Input Methods: 1. FILE 2. Stein ---- INPUT ---- Enter command in number format. Input: 2 ---- MATRIX INPUT ---- Masukkan n: 4 Masukkan m: 4 Masukkan matriks augmented: [8 1 3 2 2 9 -1 -2 1 3 -1 0 1 6 4 3] [0.00 1.00 3.00 2.00 0.00 2.00 9.00 -1.00 2.00 1.00 1.00 1.00 2.00 -1.00 2.00 1.00 0.00 6.00 4.00 3.00] ---- RESULT ---- x1 = -0.224243243243243 x2 = 0.18293243243243246 x3 = 0.7894594594594594 x4 = -0.25018618618618610797 ---- SAVE TO FILE ---- Want to save the result? (Y/N): </pre>
	<p style="text-align: center;">Metode Matriks Balikan</p>

<pre> Inverse Matrix >>> Available Input Methods: 1. File 2. Stdin INPUT ... Enter command in number format. Input: 2 MATRIX INPUT ... Masukkan n: 4 Masukkan m: 4 Masukkan matriks augmented: [1 1 2 0 2 9 -1 2 1 1 2 0 1 0 4 3] [1.00 1.00 2.00 0.00] [2.00 9.00 -1.00 2.00] [1.00 1.00 2.00 0.00] [1.00 0.00 4.00 3.00] RESULT x1 = -0.2243243243243243 x2 = 0.1820182018201820 x3 = 0.7094545454545454 x4 = -0.2581081081081081 SAVE TO FILE Want to save the result? (Y/N): </pre>	<pre> Kaidah Cramer Cramer's Rule >>> Available Input Methods: 1. File 2. Stdin INPUT ... Enter command in number format. Input: 1 Masukkan nama file: 3a MATRIX INPUT ... [8.00 1.00 3.00 2.00 0.00] [2.00 9.00 -1.00 -2.00 1.00] [1.00 3.00 2.00 -1.00 2.00] [1.00 0.00 6.00 4.00 3.00] RESULT x1 = -0.2243243243243243 x2 = 0.1820182018201820 x3 = 0.7094545454545454 x4 = -0.2581081081081081 SAVE TO FILE Want to save the result? (Y/N): </pre>
--	---

4.1.7 Test Case 3 Bagian B

Input	Output
$x_7 + x_8 + x_9 = 13.00$ $x_4 + x_5 + x_6 = 15.00$ $x_1 + x_2 + x_3 = 8.00$ $0.04289(x_3 + x_5 + x_7) + 0.75(x_6 + x_8) + 0.61396x_9 = 14.79$ $0.91421(x_3 + x_5 + x_7) + 0.25(x_2 + x_4 + x_6 + x_8) = 14.31$ $0.04289(x_3 + x_5 + x_7) + 0.75(x_2 + x_4) + 0.61396x_1 = 3.81$ $x_3 + x_6 + x_9 = 18.00$ $x_2 + x_5 + x_8 = 12.00$ $x_1 + x_4 + x_7 = 6.00$ $0.04289(x_1 + x_5 + x_9) + 0.75(x_2 + x_6) + 0.61396x_3 = 10.51$ $0.91421(x_1 + x_5 + x_9) + 0.25(x_2 + x_4 + x_6 + x_8) = 16.13$ $0.04289(x_1 + x_5 + x_9) + 0.75(x_4 + x_8) + 0.61396x_7 = 7.04$	<p>Metode Eliminasi Gauss</p> <pre> Gauss Elimination >>> Available Input Methods: 1. File 2. Stdin INPUT ... Enter command in number format. Input: 1 Masukkan nama file: 3b MATRIX INPUT ... [0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 1.00 1.00 13.00] [0.00 0.00 0.00 1.00 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 15.00] [1.00 0.00 1.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 8.00] [0.00 0.00 0.04 0.00 0.04 0.04 0.75 0.04 0.75 0.01 14.79] [0.00 0.25 0.91 0.25 0.91 0.25 0.91 0.25 0.91 0.00 14.31] [0.01 0.12 0.9 0.48 0.9 0.48 0.9 0.48 0.9 0.00 3.81] [0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 0.00 1.00 18.00] [0.00 1.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 12.00] [1.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 0.00 16.13] [0.04 0.75 0.61 0.80 0.84 0.84 0.75 0.00 0.00 0.04 10.51] [0.91 0.25 0.00 0.25 0.91 0.25 0.00 0.25 0.91 0.01 16.13] [0.04 0.00 0.00 0.75 0.04 0.04 0.00 0.01 0.75 0.04 7.04] RESULT Sistem persamaan linear tidak memiliki solusi SAVE TO FILE Want to save the result? (Y/N): </pre>
	<p>Metode Eliminasi Gauss-Jordan</p>

```

Gauss-Jordan Elim.
>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin
----- INPUT -----
Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: 3b
----- MATRIX INPUT -----
[0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  1.00  1.00  1.00  13.00]
[1.00  0.00  0.00  1.00  0.00  1.00  0.00  0.00  0.00  15.00]
[1.00  1.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  8.00]
[0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  13.00]
[0.00  0.25  0.91  0.25  0.91  0.25  0.51  0.25  0.25  0.00  14.31]
[0.64  0.75  0.04  0.75  0.04  0.00  0.00  0.00  0.00  3.81]
[0.00  0.51  0.04  0.51  0.04  0.00  0.00  0.00  0.00  15.00]
[1.00  1.00  0.00  0.00  0.00  1.00  0.00  0.00  1.00  12.00]
[1.00  0.00  0.00  1.00  0.00  0.00  0.00  1.00  0.00  6.00]
[0.00  0.75  0.63  0.00  0.63  0.00  0.00  0.00  0.00  13.00]
[0.91  0.25  0.00  0.25  0.00  0.25  0.00  0.25  0.00  0.91  16.13]
[0.04  0.00  0.00  0.75  0.04  0.40  0.61  0.75  0.04  7.04]
----- RESULT -----
Sistem persamaan linear tidak memiliki solusi
----- SAVE TO FILE -----
Want to save the result? (Y/N): █
```

Metode Matriks Balikan

```

Inverse Matrix
>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin
----- INPUT -----
Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: 3b
----- MATRIX INPUT -----
[0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  1.00  1.00  1.00  13.00]
[1.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  15.00]
[1.00  1.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  8.00]
[0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  13.00]
[0.00  0.25  0.91  0.25  0.91  0.25  0.51  0.25  0.25  0.00  14.31]
[0.64  0.75  0.04  0.75  0.04  0.00  0.00  0.00  0.00  3.81]
[0.00  0.51  0.04  0.51  0.04  0.00  0.00  0.00  0.00  15.00]
[1.00  1.00  0.00  0.00  0.00  1.00  0.00  0.00  1.00  12.00]
[1.00  0.00  0.00  1.00  0.00  0.00  0.00  1.00  0.00  6.00]
[0.00  0.75  0.63  0.00  0.63  0.00  0.00  0.00  0.00  13.00]
[0.91  0.25  0.00  0.25  0.00  0.25  0.00  0.25  0.00  0.91  16.13]
[0.04  0.00  0.00  0.75  0.04  0.40  0.61  0.75  0.04  7.04]
----- RESULT -----
Sistem persamaan linear tidak dapat diselesaikan dengan metode ini
----- SAVE TO FILE -----
Want to save the result? (Y/N): █
```

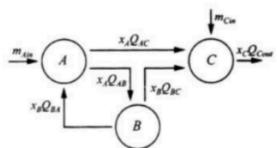
Kaidah Cramer

```

Cramer's Rule
>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin
----- INPUT -----
Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: 3b
----- MATRIX INPUT -----
[0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  1.00  1.00  1.00  13.00]
[1.00  0.00  0.00  1.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  15.00]
[1.00  1.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  8.00]
[0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  0.00  13.00]
[0.00  0.25  0.91  0.25  0.91  0.25  0.51  0.25  0.25  0.00  14.31]
[0.64  0.75  0.04  0.75  0.04  0.00  0.00  0.00  0.00  3.81]
[0.00  0.51  0.04  0.51  0.04  0.00  0.00  0.00  0.00  15.00]
[1.00  1.00  0.00  0.00  0.00  1.00  0.00  0.00  1.00  12.00]
[1.00  0.00  0.00  1.00  0.00  0.00  0.00  1.00  0.00  6.00]
[0.00  0.75  0.63  0.00  0.63  0.00  0.00  0.00  0.00  13.00]
[0.91  0.25  0.00  0.25  0.00  0.25  0.00  0.25  0.00  0.91  16.13]
[0.04  0.00  0.00  0.75  0.04  0.40  0.61  0.75  0.04  7.04]
----- RESULT -----
Sistem persamaan linear tidak dapat diselesaikan dengan metode ini
----- SAVE TO FILE -----
Want to save the result? (Y/N): █
```

4.1.8 Test Case 4

Input	Output
-------	--------



Dengan laju volume Q dalam m^3/s dan input massa min dalam mg/s . Konservasi massa pada tiap inti reaktor adalah sebagai berikut:

$$A: \quad m_{Ain} + Q_{BA}x_B - Q_{AB}x_A - Q_{AC}x_A = 0$$

$$B: \quad Q_{AB}x_A - Q_{BA}x_B - Q_{BC}x_B = 0$$

$$C: \quad m_{Cin} + Q_{AC}x_A + Q_{BC}x_B - Q_{Cout}x_C = 0$$

Tentukan solusi x_A, x_B, x_C dengan menggunakan parameter berikut : $Q_{AB} = 40, Q_{AC} = 80, Q_{BA} = 60, Q_{BC} = 20$ dan $Q_{Cout} = 150 \text{ } m^3/\text{s}$ dan $m_{Ain} = 1300$ dan $m_{Cin} = 200 \text{ mg/s}$.

Metode Eliminasi Gauss

```

>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin
Input: 1
Masukkan nama file: test3
----- MATRIX INPUT -----
[[60,00, -40,00, -80,00, -1300,00]
 [40,00, -60,00, -20,00, 0,00]
 [80,00, 20,00, -150,00, -200,00]
 ]
----- RESULT -----
x1 = 190.33333333333334
x2 = 88.666666666666667
x3 = 114.666666666666667

```

Metode Eliminasi Gauss-Jordan

```

>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin
Input: 1
Masukkan nama file: test3
----- INPUT -----
Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: test3
----- MATRIX INPUT -----
[[60,00, -40,00, -80,00, -1300,00]
 [40,00, -60,00, -20,00, 0,00]
 [80,00, 20,00, -150,00, -200,00]
 ]
----- RESULT -----
x1 = 190.33333333333334
x2 = 88.666666666666667
x3 = 114.666666666666667

```

Metode Matriks Balikan

```

>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin
Input: 1
Masukkan nama file: test3
----- INPUT -----
Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan nama file: test3
----- MATRIX INPUT -----
[[60,00, -40,00, -80,00, -1300,00]
 [40,00, -60,00, -20,00, 0,00]
 [80,00, 20,00, -150,00, -200,00]
 ]
----- RESULT -----
x1 = 190.33333333333331
x2 = 88.66666666666664
x3 = 114.66666666666664

```

4.2 Interpolasi

4.2.1 Test Case 5 Bagian A

$x = 0.55$

```
>>> Available Input Methods:  
1. File  
2. Stdin  
----- INPUT -----  
Enter command in number format.  
Input: 2  
Masukkan n (jumlah sampel): 7  
Masukkan x y:  
0.1 0.003  
0.3 0.067  
0.5 0.148  
0.7 0.248  
0.9 0.370  
1.1 0.518  
1.3 0.697  
Masukkan nilai yang ingin diprediksi:  
0.55  
----- DATASET -----  
| x1 | y |  
+-----+-----+  
| 0.10 | 0.00 |  
| 0.30 | 0.07 |  
| 0.50 | 0.15 |  
| 0.70 | 0.25 |  
| 0.90 | 0.37 |  
| 1.10 | 0.52 |  
| 1.30 | 0.78 |  
----- RESULT -----  
 $f(x) = -0.02 + 0.24x^1 + 0.20x^2 + 0.00x^3 + 0.03x^4 + 0.00x^5 - 0.00x^6$   
 $f(0.55) = 0.17$ 
```

$x = 0.85$

```
>>> Available Input Methods:  
1. File  
2. Stdin  
----- INPUT -----  
Enter command in number format.  
Input: 2  
Masukkan n (jumlah sampel): 7  
Masukkan x y:  
0.1 0.003  
0.3 0.067  
0.5 0.148  
0.7 0.248  
0.9 0.370  
1.1 0.518  
1.3 0.697  
Masukkan nilai yang ingin diprediksi:  
0.85  
----- DATASET -----  
| x1 | y |  
+-----+-----+  
| 0.10 | 0.00 |  
| 0.30 | 0.07 |  
| 0.50 | 0.15 |  
| 0.70 | 0.25 |  
| 0.90 | 0.37 |  
| 1.10 | 0.52 |  
| 1.30 | 0.78 |  
----- RESULT -----  
 $f(x) = -0.02 + 0.24x^1 + 0.20x^2 + 0.00x^3 + 0.03x^4 + 0.00x^5 - 0.00x^6$   
 $f(0.85) = 0.34$ 
```

$x = 1.28$

Interpolasi Polinomial

```
>>> Available Input Methods:  
1. File  
2. Stdin  
---- INPUT ----  
Enter command in number format.  
Input: 2  
Masukkan n (jumlah sampel): 7  
Masukkan x y:  
0.1 0.003  
0.3 0.067  
0.5 0.148  
0.7 0.248  
0.9 0.370  
1.1 0.518  
1.3 0.697  
Masukkan nilai yang ingin diprediksi:  
1.28  
---- DATASET ----  
| x1 | y |  
+-----+  
| 0.10 | 0.00 |  
| 0.30 | 0.07 |  
| 0.50 | 0.15 |  
| 0.70 | 0.25 |  
| 0.90 | 0.37 |  
| 1.10 | 0.52 |  
| 1.30 | 0.70 |  
---- RESULT ----  
f(x) = -0.02 + 0.24x^1 + 0.20x^2 + 0.00x^3 + 0.03x^4 + 0.00x^5 - 0.00x^6  
f(1.28) = 0.68
```

4.2.2 Test Case 5 Bagian B

Input	Output	
	Tanggal	Tanggal (desimal)
	17/06/2022	6,567
	30/06/2022	7
	08/07/2022	7,258
	14/07/2022	7,451
	17/07/2022	7,548
	26/07/2022	7,839
	05/08/2022	8,161
	15/08/2022	8,484
	22/08/2022	8,709
	31/08/2022	9
Tanggal (desimal) = bulan + (tanggal / jumlah hari pada bulan tersebut)		

Tanggal 16/07/2022 = 7.516

```
>>> Available Input Methods:  
1. File  
2. Stdin  
  
----- INPUT -----  
  
Enter command in number format.  
Input: 2  
Masukkan n (jumlah sampel): 10  
Masukkan x y:  
6.567 12.624  
7 21.807  
7.258 38.391  
7.451 54.517  
7.548 51.952  
7.839 28.228  
8.161 35.764  
8.484 20.813  
8.709 12.408  
9 10.534  
Masukkan nilai yang ingin diprediksi:  
7.516  
  
----- DATASET -----  


| x1   | y     |
|------|-------|
| 6.57 | 12.62 |
| 7.00 | 21.81 |
| 7.26 | 38.39 |
| 7.45 | 54.52 |
| 7.55 | 51.95 |
| 7.84 | 28.23 |
| 8.16 | 35.76 |
| 8.48 | 20.81 |
| 8.71 | 12.41 |
| 9.00 | 10.53 |

  
----- RESULT -----  
 $f(x) = 7188845115.46 - 9349061043.46x^1 + 5335270135.15x^2 - 1757130998.06x^3 + 36862737.43x^4 - 51139837.46x^5 + 4696487.71x^6 - 275511.99x^7 + 9374.05x^8 - 141.01x^9$   
 $f(7.52) = 53.54$ 
```

Tanggal 10/08/2022 = 8.322

```
>>> Available Input Methods:  
1. File  
2. Stdin  
  
----- INPUT -----  
  
Enter command in number format.  
Input: 2  
Masukkan n (jumlah sampel): 10  
Masukkan x y:  
6.567 12.624  
7 21.807  
7.258 38.391  
7.451 54.517  
7.548 51.952  
7.839 28.228  
8.161 35.764  
8.484 20.813  
8.709 12.408  
9 10.534  
Masukkan nilai yang ingin diprediksi:  
8.322  
  
----- DATASET -----  


| x1   | y     |
|------|-------|
| 6.57 | 12.62 |
| 7.00 | 21.81 |
| 7.26 | 38.39 |
| 7.45 | 54.52 |
| 7.55 | 51.95 |
| 7.84 | 28.23 |
| 8.16 | 35.76 |
| 8.48 | 20.81 |
| 8.71 | 12.41 |
| 9.00 | 10.53 |

  
----- RESULT -----  
 $f(x) = 7188845115.46 - 9349061043.46x^1 + 5335270135.15x^2 - 1757130998.06x^3 + 36862737.43x^4 - 51139837.46x^5 + 4696487.71x^6 - 275511.99x^7 + 9374.05x^8 - 141.01x^9$   
 $f(8.32) = 36.34$ 
```

Tanggal 05/09/2022 = 9.167
(input di luar range)

```
>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stdin

---- INPUT ----

Enter command in number format.
Input: 2
Masukkan n (jumlah sampel): 10
Masukkan x y:
6.567 12.624
7.21.807
7.258 38.391
7.451 54.517
7.548 51.952
7.839 28.228
8.161 35.764
8.484 20.813
8.709 12.408
9 10.534
Masukkan nilai yang ingin diprediksi:
9.167

---- DATASET ----

| x1 | y |
+---+---+
| 6.57 | 12.62 |
| 7.00 | 21.81 |
| 7.26 | 38.39 |
| 7.45 | 54.52 |
| 7.55 | 51.95 |
| 7.84 | 28.23 |
| 8.16 | 35.76 |
| 8.48 | 20.81 |
| 8.71 | 12.41 |
| 9.00 | 10.53 |

---- RESULT ----

f(x) = 7188845115.46 - 9349061043.46x^1 + 5335270135.15x^2 - 1757130998.06x^3 + 36861
2737.43x^4 - 51139837.46x^5 + 4696487.71x^6 - 275511.99x^7 + 9374.05x^8 - 141.01x^9
f(9.17) = -667.72
```

4.3 Regresi Linier dan Kuadratik Berganda

Input							Output																																																																																															
Table 12.1: Data for Example 12.1							Regresi Linier																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nitrous Oxide, y</th><th>Humidity, x_1</th><th>Temp., x_2</th><th>Pressure, x_3</th><th>Nitrous Oxide, y</th><th>Humidity, x_1</th><th>Temp., x_2</th><th>Pressure, x_3</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.90</td><td>72.4</td><td>76.3</td><td>29.18</td><td>1.07</td><td>23.2</td><td>76.8</td><td>29.38</td></tr> <tr><td>0.91</td><td>41.6</td><td>70.3</td><td>29.35</td><td>0.94</td><td>47.4</td><td>86.6</td><td>29.35</td></tr> <tr><td>0.96</td><td>34.3</td><td>77.1</td><td>29.24</td><td>1.10</td><td>31.5</td><td>76.9</td><td>29.63</td></tr> <tr><td>0.89</td><td>35.1</td><td>68.0</td><td>29.27</td><td>1.10</td><td>10.6</td><td>86.3</td><td>29.56</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>10.7</td><td>79.0</td><td>29.78</td><td>1.10</td><td>11.2</td><td>86.0</td><td>29.48</td></tr> <tr><td>1.10</td><td>12.9</td><td>67.4</td><td>29.39</td><td>0.91</td><td>73.3</td><td>76.3</td><td>29.40</td></tr> <tr><td>1.15</td><td>8.3</td><td>66.8</td><td>29.69</td><td>0.87</td><td>75.4</td><td>77.9</td><td>29.28</td></tr> <tr><td>1.03</td><td>20.1</td><td>76.9</td><td>29.48</td><td>0.78</td><td>96.6</td><td>78.7</td><td>29.29</td></tr> <tr><td>0.77</td><td>72.2</td><td>77.7</td><td>29.09</td><td>0.82</td><td>107.4</td><td>86.8</td><td>29.03</td></tr> <tr><td>1.07</td><td>24.0</td><td>67.7</td><td>29.60</td><td>0.95</td><td>54.9</td><td>70.9</td><td>29.37</td></tr> </tbody> </table>							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	<pre>>>> Available Input Methods: 1. File 2. Stdin ---- INPUT ---- Enter command in number format. Input: 1 Masukkan path file input: test2 ---- DATASET ---- x1 x2 x3 y +---+---+---+---+ 72.40 76.30 29.18 0.90 41.60 70.30 29.35 0.91 34.30 77.10 29.24 0.96 35.10 68.00 29.27 0.89 10.70 79.00 29.39 1.00 12.90 67.40 29.39 1.10 8.30 66.80 29.69 1.15 20.10 76.90 29.48 1.03 72.20 77.70 29.09 0.77 24.00 67.70 29.60 1.07 23.20 76.80 29.38 1.07 47.40 86.60 29.35 0.94 31.50 86.30 29.49 1.10 10.60 86.90 29.35 1.19 73.30 76.90 29.39 0.91 75.40 77.90 29.28 0.87 50.30 77.80 29.40 0.78 107.40 86.90 29.28 0.82 54.90 70.90 29.37 0.95 ---- RESULT ---- f(X) = -1.54 - 0.00x1 + 0.00x2 + 0.09x3 f(x1) = 0.93</pre>							
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																																																																																															
Table 12.1: Data for Example 12.1							Regresi Kuadratik Berganda																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nitrous Oxide, y</th><th>Humidity, x_1</th><th>Temp., x_2</th><th>Pressure, x_3</th><th>Nitrous Oxide, y</th><th>Humidity, x_1</th><th>Temp., x_2</th><th>Pressure, x_3</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.90</td><td>72.4</td><td>76.3</td><td>29.18</td><td>1.07</td><td>23.2</td><td>76.8</td><td>29.38</td></tr> <tr><td>0.91</td><td>41.6</td><td>70.3</td><td>29.35</td><td>0.94</td><td>47.4</td><td>86.6</td><td>29.35</td></tr> <tr><td>0.96</td><td>34.3</td><td>77.1</td><td>29.24</td><td>1.10</td><td>31.5</td><td>76.9</td><td>29.63</td></tr> <tr><td>0.89</td><td>35.1</td><td>68.0</td><td>29.27</td><td>1.10</td><td>10.6</td><td>86.3</td><td>29.56</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>10.7</td><td>79.0</td><td>29.78</td><td>1.10</td><td>11.2</td><td>86.0</td><td>29.48</td></tr> <tr><td>1.10</td><td>12.9</td><td>67.4</td><td>29.39</td><td>0.91</td><td>73.3</td><td>76.3</td><td>29.40</td></tr> <tr><td>1.15</td><td>8.3</td><td>66.8</td><td>29.69</td><td>0.87</td><td>75.4</td><td>77.9</td><td>29.28</td></tr> <tr><td>1.03</td><td>20.1</td><td>76.9</td><td>29.48</td><td>0.78</td><td>96.6</td><td>78.7</td><td>29.29</td></tr> <tr><td>0.77</td><td>72.2</td><td>77.7</td><td>29.09</td><td>0.82</td><td>107.4</td><td>86.8</td><td>29.03</td></tr> <tr><td>1.07</td><td>24.0</td><td>67.7</td><td>29.60</td><td>0.95</td><td>54.9</td><td>70.9</td><td>29.37</td></tr> </tbody> </table>							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	<pre>>>> Available Input Methods: 1. File 2. Stdin ---- INPUT ---- Enter command in number format. Input: 1 Masukkan path file input: test2 ---- DATASET ---- x1 x2 x3 y +---+---+---+---+ 72.40 76.30 29.18 0.90 41.60 70.30 29.35 0.91 34.30 77.10 29.24 0.96 35.10 68.00 29.27 0.89 10.70 79.00 29.39 1.00 12.90 67.40 29.39 1.10 8.30 66.80 29.69 1.15 20.10 76.90 29.48 1.03 72.20 77.70 29.09 0.77 24.00 67.70 29.60 1.07 23.20 76.80 29.38 1.07 47.40 86.60 29.35 0.94 31.50 86.30 29.49 1.10 10.60 86.90 29.35 1.19 73.30 76.90 29.39 0.91 75.40 77.90 29.28 0.87 50.30 77.80 29.40 0.78 107.40 86.90 29.28 0.82 54.90 70.90 29.37 0.95 ---- RESULT ---- f(X) = -1.54 - 0.00x1 + 0.00x2 + 0.09x3 f(x1) = 0.93</pre>							
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																																																																																															

Bicubic Regression

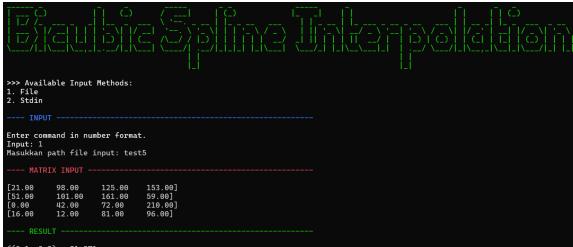
```

>>> Available Input Methods:
1. File
2. Stain
----- INPUT -----
Enter command in number format.
Input: 1
Masukkan path file input: test1
----- DATASET -----
| x1 | x2 | x3 | y |
+---+---+---+---+
| 72.40 | 76.38 | 29.18 | 0.90 |
| 44.40 | 76.38 | 29.24 | 0.91 |
| 34.30 | 77.18 | 29.24 | 0.96 |
| 35.10 | 68.98 | 29.27 | 0.89 |
| 10.70 | 79.08 | 29.39 | 1.00 |
| 23.00 | 67.48 | 29.39 | 1.00 |
| 1.30 | 66.48 | 29.49 | 1.15 |
| 29.10 | 76.98 | 29.40 | 1.03 |
| 72.20 | 77.78 | 29.09 | 0.77 |
| 24.00 | 67.78 | 29.69 | 1.07 |
| 23.00 | 77.78 | 29.69 | 1.07 |
| 47.40 | 86.58 | 29.35 | 0.94 |
| 31.50 | 86.38 | 29.40 | 1.10 |
| 10.60 | 86.98 | 29.35 | 1.10 |
| 73.40 | 77.98 | 29.40 | 0.93 |
| 75.40 | 77.98 | 29.28 | 0.87 |
| 50.30 | 77.98 | 29.40 | 0.78 |
| 107.40 | 86.98 | 29.28 | 0.82 |
| 54.90 | 70.98 | 29.37 | 0.95 |
----- RESULT -----
f(x) = -1871.82 + 0.39x1 + 1.18x2 + 123.84x3 + 0.00x1^2 + 0.00x2^2 - 2.04x3^2 - 0.00x1x2 - 0.01x1x3 - 0.04x2x3
f(x1) = 0.91

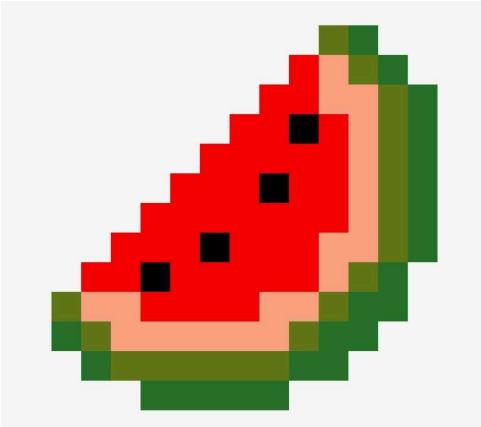
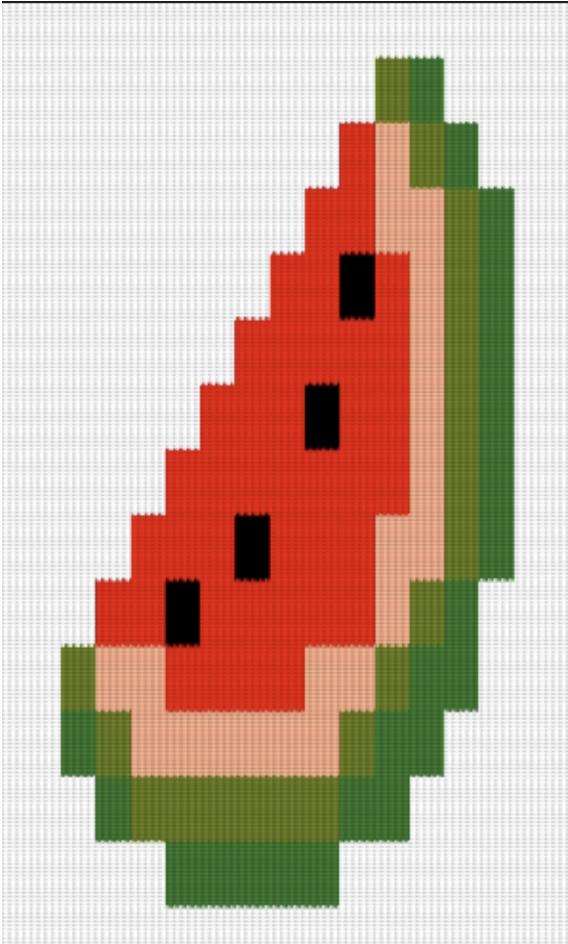
```

4.4 Interpolasi Bicubic Spline

Input	Output
$\begin{pmatrix} 21 & 98 & 125 & 153 \\ 51 & 101 & 161 & 59 \\ 0 & 42 & 72 & 210 \\ 16 & 12 & 81 & 96 \end{pmatrix}$	
$f(0, 0)$	<p style="text-align: center;">Bicubic Spline Interpolation</p> <pre> >>> Available Input Methods: 1. File 2. Stain ----- INPUT ----- Enter command in number format. Input: 1 Masukkan path file input: test2 ----- MATRIX INPUT ----- [21.00 98.00 125.00 153.00] [51.00 101.00 161.00 59.00] [0.00 42.00 72.00 210.00] [16.00 12.00 81.00 96.00] ----- RESULT ----- f(0.0, 0.0) = 21.000 </pre>
$f(0.5, 0.5)$	<p style="text-align: center;">Bicubic Spline Interpolation</p> <pre> >>> Available Input Methods: 1. File 2. Stain ----- INPUT ----- Enter command in number format. Input: 1 Masukkan path file input: test3 ----- MATRIX INPUT ----- [21.00 98.00 125.00 153.00] [51.00 101.00 161.00 59.00] [0.00 42.00 72.00 210.00] [16.00 12.00 81.00 96.00] ----- RESULT ----- f(0.5, 0.5) = 87.797 </pre>

$f(0.25, 0.75)$	
$f(0.1, 0.9)$	

4.5 Image Resizing

Foto Awal	Foto Setelah di Resize
	

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Pada mata kuliah IF2123 - Aljabar Liniear dan Geometri, kami mempelajari materi megenai operasi matriks. Melalui tugas besar ini, kami mengimplementasikan teori-teori pada operasi matriks dengan bahasa Java untuk membuat program operasi matematika. Matriks dapat digunakan dalam berbagai kebutuhan pada operasi matematika seperti penyelesaian sistem persamaan linear. Penerapan matriks pada proses penyelesaian sistem persamaan linear dapat digunakan untuk interpolasi dan regresi, yang dalam program ini diterapkan dalam interpolasi polinom, interpolasi bicubic spline, regresi linear, dan regresi kuadratik berganda. Penerapan lebih lanjut dari matriks dan interpolasi bicubic spline adalah proses *image stretching* dan *resizing*.

5.2 Saran

Untuk pengembangan kedepannya, dapat dibuat GUI untuk membuat program lebih interaktif. Beberapa penanganan terhadap kasus variasi input juga dapat lebih dikembangkan. Untuk input nilai sampel yang ingin diprediksi pada interpolasi berada di luar range data input dapat dimunculkan pesan khusus bahwa input berada di luar range. Pada hasil berupa persamaan parametrik untuk solusi SPL, dapat dikembangkan pada penyesuaian tanda plus dan minus.

5.3 Refleksi

Tugas besar 1 IF2123 - Aljabar Linear dan Geometri ini membantu kami dalam mengasah kemampuan mendekomposisi masalah dan pemrograman dengan bahasa Java serta memperdalam pemahaman mengenai teori umum matriks dan penerapannya. Melalui tugas besar ini, kami juga mempelajari implementasi matriks pada pemrosesan gambar. Selain itu, kami juga meningkatkan kemampuan bekerja sama dan berkomunikasi antar anggota kelompok.

..

LAMPIRAN

Referensi

Chapra, S.C., Canale R.P., 1990, Numerical Methods for Engineers, 2nd Ed., McGraw-Hill Book Co., New York.

Department of Sociology. (2024, October 17). *Sociology University of Utah*. From Ordinary Least Squares (OLS) Regression: [https://soc.utah.edu/sociology3112/regression.php#:~:text=Ordinary%20least%20squares%20\(OLS\)%20regression%20is%20a%20process%20in%20which,squares%22%20in%20the%20name](https://soc.utah.edu/sociology3112/regression.php#:~:text=Ordinary%20least%20squares%20(OLS)%20regression%20is%20a%20process%20in%20which,squares%22%20in%20the%20name)

Lay, D., McDonald, J., & Lay, S. (2014). *Linear Algebra and Its Applications*. Pearson.

Munir, R. (2024). *Bahan Kuliah IF4058 Topik Khusus Informatika I: Interpolasi Polinom Bagian 1*.

Rosidi, M. (2024, Oktober 17). *Chapter 8 Interpolasi dan Ekstrapolasi*. From https://bookdown.org/moh_rosidi2610/Metode_Numerik/interpolation.html

Rowe, D. (2018). *BiLinear, Bicubic, and In Between Spline Interpolation*. Department of Biophysics, Medical College of Wisconsin.

Soebagyo, J., Maarif, S., & Purwanto, S. E. (2019). *Matematika Teknik Aljabar Linier dan Matriks*. Bandung: Manggu Makmur Tanjung Lestari.

Tautan Repository

<https://github.com/fathurwithyou/Algeo01-23043>

Tautan Video

https://drive.google.com/drive/folders/1J_ksi96L6LPzw21YpwS3wC00Pn0QVNoN