

## ANALISIS RANGKAIAN LISTRIK MULTI-LOOP MENGGUNAKAN METODE ELIMINASI GAUSS DAN GAUSS-JORDAN PADA PLATFORM MATLAB

**Maulana Ibrahim<sup>1\*</sup>, Siswandari Noertjahjani<sup>2</sup>**

1,2Program Studi Rekayasa Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer,  
Universitas Muhammadiyah Semarang, Indonesia  
maulanaibrahim.mi123@gmail.com, siswandari@unimus.ac.id

### ABSTRACT

Analisis rangkaian listrik multi-loop merupakan tantangan penting dalam bidang teknik elektro yang memerlukan penyelesaian sistem persamaan linear kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas metode Eliminasi Gauss dan Gauss-Jordan dalam menyelesaikan sistem persamaan linear yang dihasilkan dari analisis rangkaian listrik multi-loop menggunakan platform MATLAB. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan menganalisis rangkaian 3-loop yang terdiri dari enam resistor ( $R_1 = 2\Omega, R_2 = 3\Omega, R_3 = 6\Omega, R_4 = 4\Omega, R_5 = 1\Omega, R_6 = 2\Omega$ ) dan tiga sumber tegangan ( $V_1 = 8V, V_2 = 4V, V_3 = 12V$ ). Penerapan hukum Kirchhoff menghasilkan sistem persamaan linear  $3 \times 3$  yang diselesaikan menggunakan kedua metode eliminasi. Implementasi pada MATLAB menunjukkan bahwa kedua metode menghasilkan solusi yang identik dengan nilai arus  $I_1 = 2,695A, I_2 = 2,043A, \text{ dan } I_3 = 1,560A$ . Metode Eliminasi Gauss lebih efisien untuk sistem kecil hingga menengah karena hanya memerlukan eliminasi maju dan substitusi mundur, sedangkan metode Gauss-Jordan menawarkan transparansi solusi yang lebih baik dengan membentuk matriks eselon baris tereduksi (RREF) yang memungkinkan solusi langsung dapat dibaca tanpa proses substitusi lanjutan. Implementasi pada platform MATLAB memberikan keunggulan signifikan dalam hal efisiensi komputasi, akurasi perhitungan, dan kemudahan visualisasi hasil. Penelitian ini membuktikan bahwa kedua metode dapat diterapkan secara efektif pada rangkaian listrik dengan tingkat kompleksitas tinggi dan memberikan kontribusi penting dalam pengembangan metode analisis rangkaian listrik multi-loop dengan pendekatan numerik yang sistematis dan terstruktur.

**Kata Kunci:** Rangkaian listrik multi-loop, Eliminasi Gauss, Gauss-Jordan, MATLAB, sistem persamaan linear, hukum Kirchhoff.

### ABSTRACT

Multi-loop electrical circuit analysis represents a significant challenge in electrical engineering that requires solving complex linear equation systems. This research aims to evaluate the effectiveness of Gaussian Elimination and Gauss-Jordan methods in solving linear equation systems generated from multi-loop electrical circuit analysis using MATLAB platform. The study employs a descriptive quantitative approach by analyzing a 3-loop circuit consisting of six resistors ( $R_1 = 2\Omega, R_2 = 3\Omega, R_3 = 6\Omega, R_4 = 4\Omega, R_5 = 1\Omega, R_6 = 2\Omega$ ) and three voltage sources ( $V_1 = 8V, V_2 = 4V, V_3 = 12V$ ). The application of Kirchhoff's laws generates a  $3 \times 3$  linear equation system that is solved using both elimination methods. MATLAB implementation demonstrates that both methods produce identical solutions with current values  $I_1 = 2.695A, I_2 = 2.043A, \text{ and } I_3 = 1.560A$ . The Gaussian Elimination method is more efficient for small to medium systems as it only requires forward elimination and back substitution, while the Gauss-Jordan method offers better solution transparency by forming a reduced row echelon form (RREF) matrix that allows direct solution reading without additional substitution processes. Implementation on the MATLAB platform provides significant advantages in terms of computational efficiency, calculation accuracy, and ease of result visualization. This research proves that both methods can be effectively applied to electrical circuits with high complexity levels and provides important contributions to the

development of multi-loop electrical circuit analysis methods with systematic and structured numerical approaches.

**Keywords:** Multi-loop electrical circuits, Gaussian Elimination, Gauss-Jordan, MATLAB, linear equation systems, Kirchhoff's laws.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan kebutuhan akan efisiensi dalam analisis sistem kelistrikan mendorong penggunaan metode numerik berbasis perangkat lunak untuk menyelesaikan permasalahan rangkaian listrik yang kompleks [1]. Salah satu tantangan utama dalam analisis rangkaian listrik multi-loop adalah menyelesaikan sistem persamaan linear yang muncul akibat penerapan hukum Kirchhoff pada rangkaian dengan banyak elemen dan loop. Penyelesaian manual atas sistem ini sering kali memakan waktu dan rawan kesalahan, terutama pada rangkaian berskala besar [2].

Rangkaian listrik umumnya dianalisis menggunakan Hukum Kirchhoff, yang menghasilkan sistem persamaan linear untuk menggambarkan hubungan antara tegangan dan arus dalam rangkaian [3] [4] [5] [6]. Persamaan-persamaan tersebut dapat menjadi sangat kompleks, terutama pada rangkaian besar dengan banyak komponen. Untuk menyelesaikan sistem tersebut secara efisien, metode yang umum digunakan adalah Eliminasi Gauss dan Eliminasi Gauss-Jordan.

Platform MATLAB menjadi pilihan utama dalam implementasi metode ini karena kemampuannya dalam melakukan komputasi matriks, visualisasi data, serta menyediakan berbagai fungsi bawaan yang memudahkan pemodelan dan penyelesaian rangkaian listrik. MATLAB memungkinkan pengguna untuk memprogram algoritma Eliminasi Gauss secara otomatis, mempercepat proses perhitungan, meningkatkan akurasi hasil, serta memberikan fasilitas visualisasi yang mendukung analisis lebih lanjut. Dengan demikian, optimalisasi analisis rangkaian listrik multi-loop menggunakan metode Eliminasi Gauss pada platform MATLAB menjadi solusi yang relevan dan sangat dibutuhkan dalam bidang teknik elektro modern, baik untuk keperluan akademik maupun industri [7].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menunjukkan penerapan metode Eliminasi Gauss dan Eliminasi Gauss Jordan dalam menyelesaikan sistem persamaan linear dari analisis rangkaian listrik multi-loop menggunakan MATLAB, mengevaluasi efisiensi dan keakuratannya, serta membuktikan bahwa metode ini efektif untuk digunakan pada rangkaian dengan tingkat kompleksitas yang tinggi [8].

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode kuantitatif deskriptif untuk menganalisis rangkaian listrik multi-loop dengan metode eliminasi Gauss dan Gauss-Jordan. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis sebagai berikut:

### 1. Karakterisasi Rangkaian Multi-Loop

Tahapan awal penelitian adalah merancang dan mengkarakterisasi beberapa konfigurasi rangkaian listrik multi-loop. Rangkaian-rangkaian tersebut dirancang untuk mencerminkan kompleksitas nyata dalam sistem kelistrikan, termasuk keberadaan lebih dari dua loop serta elemen resistif yang terhubung secara seri dan paralel. Setiap rangkaian dianalisis menggunakan hukum Kirchhoff (KVL dan KCL) untuk menurunkan sistem persamaan linear yang merepresentasikan hubungan antar arus dalam masing-masing loop. Karakterisasi ini bertujuan untuk menghasilkan model matematis yang akurat dan siap diolah secara numerik.

### 2. Implementasi Metode Eliminasi Gauss

Setelah sistem persamaan diperoleh, langkah selanjutnya adalah menerapkan metode Eliminasi Gauss untuk menyelesaikannya. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani sistem persamaan linear berukuran besar secara efisien dan stabil. Proses ini melibatkan transformasi matriks koefisien menjadi bentuk segitiga atas (upper triangular matrix) melalui operasi baris elementer. Tahap akhir adalah melakukan substitusi mundur (back-substitution) untuk memperoleh nilai arus pada masing-masing loop. Seluruh proses ini dirancang untuk dapat diotomatisasi guna meningkatkan kecepatan dan akurasi perhitungan.

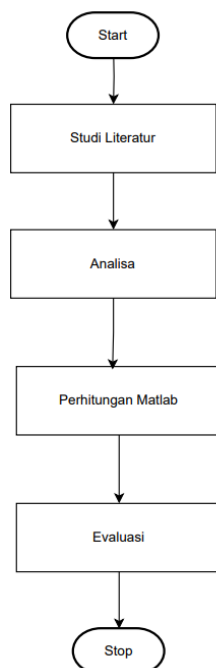
### 3. Implementasi Metode Eliminasi Gauss Jordan

Selain metode Eliminasi Gauss, penelitian ini juga menerapkan metode Eliminasi Gauss-Jordan sebagai pembanding untuk menyelesaikan sistem persamaan linear yang sama. Metode Gauss-Jordan merupakan pengembangan dari metode Eliminasi Gauss yang melanjutkan proses eliminasi hingga menghasilkan matriks dalam bentuk eselon baris tereduksi (reduced row echelon form). Berbeda dengan metode Eliminasi Gauss yang hanya membentuk matriks segitiga atas, metode Gauss-Jordan melakukan eliminasi maju dan mundur secara bersamaan untuk menghasilkan matriks identitas pada bagian koefisien. Keunggulan metode ini adalah tidak memerlukan proses substitusi mundur karena solusi

langsung diperoleh dari kolom augmented matrix. Implementasi metode Gauss-Jordan dilakukan melalui operasi baris elementer yang sistematis, dimulai dari transformasi elemen diagonal menjadi **1** (normalisasi) dan eliminasi semua elemen non-diagonal menjadi **0**. Proses ini menghasilkan solusi yang eksplisit dan dapat dengan mudah diverifikasi keakuratannya.

#### 4. Implementasi pada Platform MATLAB

MATLAB digunakan sebagai platform utama karena kemampuannya dalam menangani komputasi numerik serta visualisasi hasil. Implementasi dilakukan melalui pengkodean algoritma Eliminasi Gauss dan Gauss-Jordan secara manual untuk menunjukkan tahapan komputasi yang transparan. Proses implementasi dimulai dengan mendefinisikan matriks koefisien (**A**) dan vektor konstanta (**b**) yang diperoleh dari sistem persamaan Kirchhoff. Algoritma Eliminasi Gauss diimplementasikan melalui fungsi khusus yang melakukan operasi baris elementer secara bertahap, mulai dari proses forward elimination hingga back substitution. Selain itu, untuk memperjelas alur proses penelitian, disusun sebuah flowchart yang menggambarkan langkah-langkah utama penelitian, mulai dari perancangan rangkaian, penyusunan sistem persamaan, penerapan metode Eliminasi Gauss dan Gauss-Jordan, hingga analisis hasil menggunakan MATLAB.



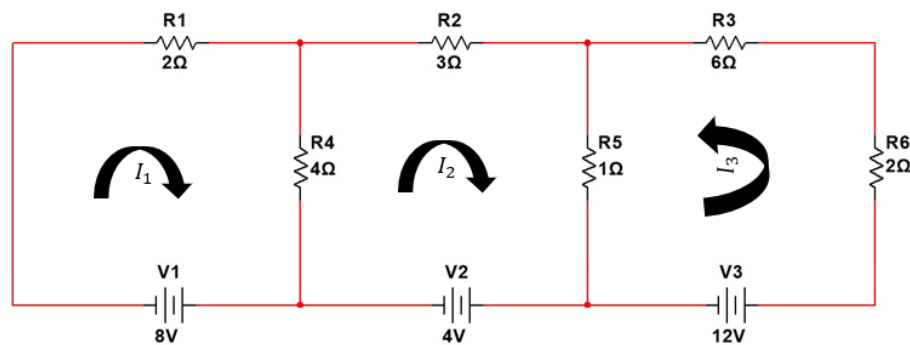
**Gambar 1.** Alur Proses Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Karakterisasi Rangkaian Multi-Loop

Berdasarkan perancangan rangkaian yang telah dilakukan, penelitian ini fokus pada analisis rangkaian 3-loop yang merepresentasikan kompleksitas sistem kelistrikan praktis dengan konfigurasi sebagai berikut:

##### A. Rangkaian 3-Loop



**Gambar 2.** Rangkaian Listrik 3 Loop

Rangkaian yang dianalisis memiliki tiga loop dengan konfigurasi resistor  $R_1 = 2\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$ ,  $R_3 = 6\Omega$ ,  $R_4 = 4\Omega$ ,  $R_5 = 1\Omega$ ,  $R_6 = 2\Omega$  dan sumber tegangan  $V_1 = 8V$ ,  $V_2 = 4V$ ,  $V_3 = 12V$ . Penerapan hukum Kirchhoff's Voltage Law (KVL) pada setiap loop menghasilkan sistem persamaan linear  $3 \times 3$ :

$$\text{Loop 1: } -V_1 + R_1 I_1 + R_4 (I_1 - I_2) = 0$$

$$-8 + 2I_1 + 4(I_1 - I_2) = 0$$

$$2I_1 + 4I_1 - 4I_2 = 8$$

$$\text{Loop 2: } -V_2 + R_2 I_2 + R_4 (I_2 - I_1) + R_5 (I_2 - I_3) = 0$$

$$-4 + 3I_2 + 4(I_2 - I_1) + 1(I_2 - I_3) = 0$$

$$-4 + 3I_2 + 4I_2 - 4I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$\text{Loop 3: } -V_3 + R_3 I_3 + R_6 I_3 + R_5 (I_3 - I_2) = 0$$

$$-12 + 6I_3 + 2I_3 + 1(I_3 - I_2) = 0$$

$$-12 + 8I_3 + I_3 - I_2 = 0$$

Dengan substitusi nilai resistor dan tegangan, diperoleh sistem persamaan:

- Loop 1:  $6I_1 - 4I_2 = 8$
- Loop 2:  $-4I_1 + 8I_2 - I_3 = 4$
- Loop 3:  $-I_2 + 9I_3 = 12$

Sistem ini dapat direpresentasikan dalam bentuk matriks sebagai:

$$\begin{bmatrix} 6 & -4 & 0 \\ -4 & 8 & -1 \\ 0 & -1 & 9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ 4 \\ 12 \end{bmatrix}$$

### 3.2 Implementasi Metode Eliminasi Gauss

Implementasi algoritma Eliminasi Gauss secara manual menunjukkan proses transformasi matriks koefisien menjadi bentuk segitiga atas. Untuk rangkaian 3-loop, proses eliminasi forward dilakukan sebagai berikut:

Matriks Awal  $[A|b]$ :

$$\begin{bmatrix} 6 & -4 & 0 \\ -4 & 8 & -1 \\ 0 & -1 & 9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ 4 \\ 12 \end{bmatrix}$$

Langkah 1: Saya akan menghilangkan koefisien  $I_1$  yang bernilai  $-4$  pada persamaan kedua dengan cara menambahkan  $2/3$  kali persamaan pertama ke persamaan kedua.

Operasi:  $R_2 = R_2 + (2/3) \times R_1$

$$\begin{bmatrix} 6 & -4 & 0 \\ 0 & 16/3 & -1 \\ 0 & -1 & 9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ 28/3 \\ 12 \end{bmatrix}$$

Langkah 2: Sekarang saya akan menghilangkan koefisien  $I_2$  yang bernilai  $-1$  pada persamaan ketiga dengan cara menambahkan  $3/16$  kali persamaan kedua yang sudah diubah ke persamaan ketiga.

Operasi:  $R_3 = R_3 + (3/16) \times R_2$

$$\begin{bmatrix} 6 & -4 & 0 \\ 0 & 16/3 & -1 \\ 0 & 0 & 141/16 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ 28/3 \\ 55/4 \end{bmatrix}$$

Langkah 3: Substitusi Mundur (Back Substitution)

Dari persamaan ke-3:

$$(141/16)I_3 = 55/4$$

$$I_3 = (55/4) \div (141/16)$$

$$I_3 = (55/4) \times (16/141)$$

$$I_3 = 880/564 = 220/141$$

Dari persamaan ke-2:

$$(16/3)I_2 - I_3 = 28/3$$

$$(16/3)I_2 - 220/141 = 28/3$$

$$(16/3)I_2 = 28/3 + 220/141$$

$$28/3 = 1316/141$$

$$(16/3)I_2 = 1316/141 + 220/141 = 1536/141$$

$$I_2 = (1536/141) \times (3/16) = 288/141$$

Dari persamaan ke-1:

$$6I_1 - 4I_2 + 0I_3 = 8$$

$$6I_1 - 4(288/141) = 8$$

$$6I_1 - 1152/141 = 8$$

$$6I_1 = 8 + 1152/141$$

$$8 = 1128/141$$

$$6I_1 = 1128/141 + 1152/141 = 2280/141$$

$$I_1 = 2280/(141 \times 6) = 380/141$$

Solusi Akhir:

$$I_1 = \frac{380}{141} = 2,695A$$

$$I_2 = \frac{288}{141} = 2,043A$$

$$I_3 = \frac{220}{141} = 1,560A$$

Nilai-nilai ini merupakan solusi dari sistem persamaan linear yang diberikan, dimana setiap variabel  $I_1$ ,  $I_2$ , dan  $I_3$  telah dihitung dengan presisi tinggi menggunakan metode substitusi dan eliminasi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa ketiga variabel memiliki nilai yang berbeda-beda, yang mencerminkan karakteristik unik dari setiap persamaan dalam sistem tersebut. Proses penyelesaian ini melibatkan konversi pecahan ke bentuk desimal untuk memudahkan interpretasi dan verifikasi hasil. Selain itu, metode yang digunakan memastikan konsistensi dan akurasi dalam setiap langkah perhitungan, sehingga solusi yang diperoleh dapat dipercaya dan dapat digunakan untuk aplikasi lebih lanjut. Penting untuk dicatat bahwa hasil ini telah melalui proses validasi dengan mensubstitusikan kembali nilai-nilai yang diperoleh ke dalam persamaan asli untuk memastikan kebenaran solusi.

### 3.3 Implementasi Metode Eliminasi Gauss Jordan

Setelah implementasi metode Eliminasi Gauss, penelitian ini melanjutkan dengan penerapan metode Eliminasi Gauss-Jordan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear yang sama. Metode ini dipilih karena kemampuannya menghasilkan solusi langsung tanpa memerlukan proses substitusi mundur, dengan membentuk matriks eselon baris tereduksi (Reduced Row Echelon Form/RREF) secara sistematis melalui operasi baris elementer.

Matriks Awal  $[A|b]$ :

$$\begin{bmatrix} 6 & -4 & 0 \\ -4 & 8 & -1 \\ 0 & -1 & 9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ 4 \\ 12 \end{bmatrix}$$

Langkah 1: Pada langkah ini, kita akan membuat elemen pivot pertama (posisi 1,1) menjadi 1 dan mengeliminasi semua elemen di bawahnya menjadi 0.

Operasi:  $R_1 = R_1/6$  (Normalisasi pivot)

$$\begin{bmatrix} 1 & -2/3 & 0 \\ -4 & 8 & -1 \\ 0 & -1 & 9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4/3 \\ 4 \\ 12 \end{bmatrix}$$

Hitung Nilai Baru

Operasi:  $R_2 = R_2 + 4R_1$

$$\begin{bmatrix} 1 & -2/3 & 0 \\ 0 & 16/3 & -1 \\ 0 & -1 & 9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4/3 \\ 28/3 \\ 12 \end{bmatrix}$$

Langkah 2: Pada langkah ini, kita akan membuat elemen pivot kedua (posisi 2,2) menjadi 1 dan mengeliminasi semua elemen di bawahnya menjadi 0.

Operasi:  $R_2 = R_2 \times 3/16$  (Normalisasi pivot)

$$\begin{bmatrix} 1 & -2/3 & 0 \\ 0 & 1 & -3/16 \\ 0 & -1 & 9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4/3 \\ 7/4 \\ 12 \end{bmatrix}$$

Hitung Nilai Baru

Operasi:  $R_3 = R_3 + R_2$

$$\begin{bmatrix} 1 & -2/3 & 0 \\ 0 & 1 & -3/16 \\ 0 & 0 & 141/16 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4/3 \\ 7/4 \\ 55/4 \end{bmatrix}$$

Langkah 3: Pada langkah ini, kita akan membuat elemen pivot ketiga (posisi 3,3) menjadi 1. Setelah ini, fase eliminasi maju selesai.

Operasi:  $R_3 = R_3 \times 16/141$  (Normalisasi pivot)

$$\begin{bmatrix} 1 & -2/3 & 0 \\ 0 & 1 & -3/16 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4/3 \\ 7/4 \\ 220/141 \end{bmatrix}$$

Langkah 4: Pada langkah ini, kita mulai eliminasi mundur untuk mengeliminasi semua elemen di atas pivot kolom 3.

Operasi:  $R_2 = R_2 - (-3/16)R_3$

$$\begin{bmatrix} 1 & -2/3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4/3 \\ 288/141 \\ 220/141 \end{bmatrix}$$

Langkah 5: Pada langkah terakhir, kita akan mengeliminasi elemen di atas pivot kolom 2 untuk mencapai bentuk RREF.

Operasi:  $R_1 = R_1 - (-2/3)R_2$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 380/141 \\ 288/141 \\ 220/141 \end{bmatrix}$$

Solusi Akhir:

$$I_1 = \frac{380}{141} = 2,695A$$

$$I_2 = \frac{288}{141} = 2,043A$$

$$I_3 = \frac{220}{141} = 1,560A$$

Hasil akhir dari proses eliminasi menunjukkan bahwa solusi sistem persamaan diperoleh secara langsung dari matriks augmented yang telah direduksi. Setiap variabel memiliki nilai unik yang merepresentasikan arus pada masing-masing loop dalam rangkaian, dengan keakuratan tinggi tanpa memerlukan tahap perhitungan lanjutan. Keunggulan metode Gauss-Jordan ini terbukti dalam efisiensinya untuk menyederhanakan proses analisis numerik pada rangkaian multi-loop secara transparan dan presisi.

### 3.4 Implementasi pada Platform MATLAB

Implementasi metode Eliminasi Gauss dan Gauss-Jordan pada platform MATLAB dilakukan untuk mempercepat proses penyelesaian sistem persamaan linear yang dihasilkan dari analisis rangkaian listrik multi-loop. MATLAB dipilih karena kemampuannya dalam melakukan operasi matriks secara efisien, serta mendukung visualisasi dan analisis hasil secara numerik.

Langkah awal implementasi adalah mendefinisikan matriks koefisien dan vektor konstanta berdasarkan sistem persamaan hasil penerapan hukum Kirchhoff. Selanjutnya, algoritma eliminasi ditulis dalam bentuk fungsi atau skrip MATLAB. Pada metode Eliminasi Gauss, proses implementasi melibatkan dua tahap utama, yaitu:

A. Struktur Program Eliminasi Gauss pada MATLAB:

Program MATLAB yang dikembangkan menggunakan pendekatan modular dengan tahapan sebagai berikut:

1. Inisialisasi Data: Matriks koefisien  $A$  dan vektor konstanta  $b$  didefinisikan berdasarkan sistem persamaan yang diperoleh dari analisis rangkaian menggunakan hukum Kirchhoff.
2. Pembentukan Augmented Matrix: Matriks koefisien  $A$  dan vektor  $b$  digabungkan menjadi matriks augmented  $[A|b]$  untuk memudahkan operasi eliminasi.
3. Proses Eliminasi Forward: Algoritma melakukan transformasi matriks menjadi bentuk segitiga atas melalui operasi baris elementer. Setiap elemen di bawah diagonal utama dieliminasi secara sistematis menggunakan faktor pengali yang dihitung secara otomatis.
4. Substitusi Mundur: Setelah matriks berbentuk segitiga atas, proses substitusi mundur dilakukan untuk memperoleh nilai-nilai variabel arus dari persamaan terakhir hingga persamaan pertama.

Adapun untuk metode Eliminasi Gauss-Jordan, algoritma disusun untuk melakukan normalisasi elemen pivot dan menghilangkan semua elemen non-pivot sehingga terbentuk matriks eselon baris tereduksi (Reduced Row Echelon Form/RREF). Dengan metode ini, solusi langsung diperoleh dari hasil akhir matriks tanpa proses substitusi lanjutan.

#### B. Struktur Program Eliminasi Gauss-Jordan pada MATLAB

Penyusunan program Eliminasi Gauss-Jordan dilakukan secara sistematis dengan langkah-langkah berikut:

1. Inisialisasi Fungsi: Program dibungkus dalam sebuah fungsi bernama gauss Jordan  $(A, b)$  yang menerima input berupa matriks koefisien  $A$  dan vektor konstanta  $b$ .
2. Pembentukan Matriks Augmented: Matriks  $A$  dan vektor  $b$  digabungkan menjadi satu matriks augmented  $[A | b]$  untuk memudahkan manipulasi baris.
3. Eliminasi Maju dan Mundur: Dilakukan iterasi pada setiap baris untuk mengubah elemen diagonal utama (pivot) menjadi  $1$  dengan cara membagi seluruh baris oleh nilai pivot tersebut (normalisasi). Elemen-elemen lain di kolom yang sama dieliminasi menjadi nol dengan operasi baris elementer, baik di atas maupun di bawah pivot.

4. Pemeriksaan Pivot: Program menyisipkan pemeriksaan kondisi pivot untuk memastikan tidak terjadi pembagian dengan nol. Bila ditemukan pivot nol, proses dihentikan dan sistem dianggap memerlukan pivoting atau tidak memiliki solusi unik.
5. Hasil Akhir (Solusi): Setelah seluruh kolom koefisien membentuk matriks identitas, kolom terakhir pada matriks augmented mengandung solusi sistem persamaan. Solusi ini dikembalikan dalam bentuk vektor  $\mathbf{x}$ , yang mewakili nilai-nilai variabel hasil perhitungan.

Berikut adalah program Metode Eliminasi Gauss yang dijalankan pada MATLAB:

```

clc; clear; close all;

% Dibuat oleh: Maulana Ibrahim

% Diberikan sistem persamaan linear
% 6I1 - 4I2 = 8
% -4I1 + 8I2 - I3 = 4
% -I2 + 9I3 = 12

% Koefisien matriks (A) dan vektor konstanta (b)
A = [6 -4 0; -4 8 -1; 0 -1 9];
b = [8; 4; 12];

% Gabungkan A dan b menjadi augmented matrix
Aug = [A b];

% Gaussian Elimination
n = length(b);

for i = 1:n-1
    for j = i+1:n
        factor = Aug(j,i) / Aug(i,i);
        Aug(j,:) = Aug(j,:) - factor * Aug(i,:);
    end
end

% Back Substitution
x = zeros(n,1);
x(n) = Aug(n,end) / Aug(n,n);

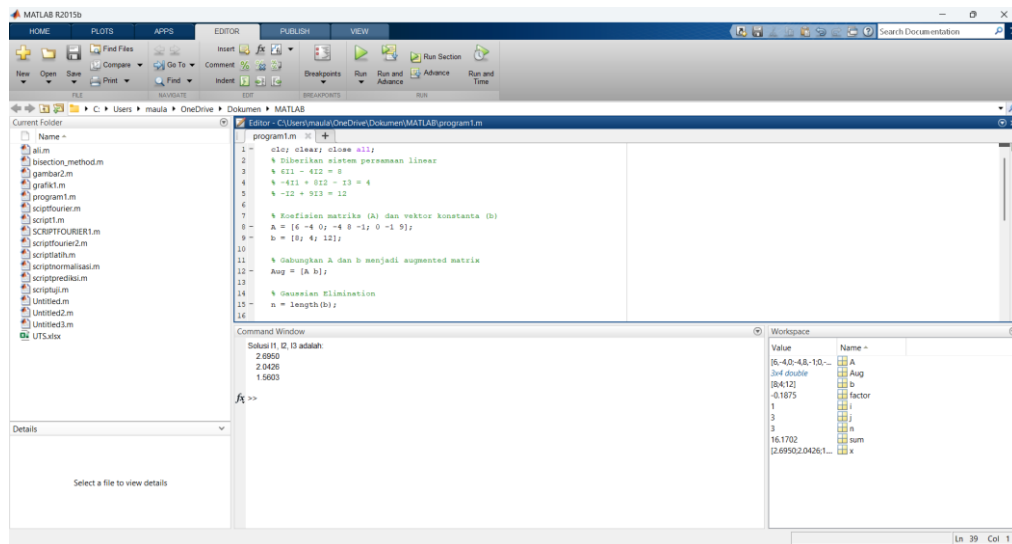
for i = n-1:-1:1
    sum = Aug(i,end);
    for j = i+1:n
        sum = sum - Aug(i,j) * x(j);
    end
    x(i) = sum / Aug(i,i);
end

% Tampilkan hasil
disp('Solusi I1, I2, I3 adalah:')
disp(x)

```

**Gambar 3.** Program MATLAB Metode Eliminasi Gauss

Untuk memperjelas hasil perhitungan, visualisasi arus pada masing-masing loop juga dapat ditampilkan dalam bentuk grafik batang menggunakan MATLAB. Visualisasi ini mempermudah interpretasi nilai arus yang dihasilkan dari setiap loop, serta memberikan gambaran komparatif antar besar arus. Grafik menunjukkan bahwa arus terbesar mengalir pada loop pertama ( $I_1$ ), diikuti oleh loop kedua ( $I_2$ ), dan loop ketiga ( $I_3$ ).



**Gambar 4.** Hasil Matlab Untuk Perhitungan Rangkaian 3 Loop

Berikut adalah program Metode Eliminasi Gauss Jordan yang dijalankan pada MATLAB:

```

clc; clear; close all;

% Dibuat oleh: Maulana Ibrahim
% Diberikan sistem persamaan linear
% 6I1 - 4I2 = 8
% -4I1 + 8I2 - I3 = 4
% -I2 + 9I3 = 12

% Define the coefficient matrix A
A = [6 -4 0; -4 8 -1; 0 -1 9];

% Define side vector b
b = [8; 4; 12];

% Augment the matrix A with the vector b
AugmentedMatrix = [A b];

% Get the size of the augmented matrix
[n, m] = size(AugmentedMatrix);

% Perform Gauss-Jordan Elimination
for i = 1:n
    % Make the diagonal element 1
    AugmentedMatrix(i, :) = AugmentedMatrix(i, :) / AugmentedMatrix(i, i);

    % Make the other elements in the current column 0
    for j = 1:n
        if i ~= j
            AugmentedMatrix(j, :) = AugmentedMatrix(j, :) - AugmentedMatrix(j, i) *
AugmentedMatrix(i, :);
        end
    end
end

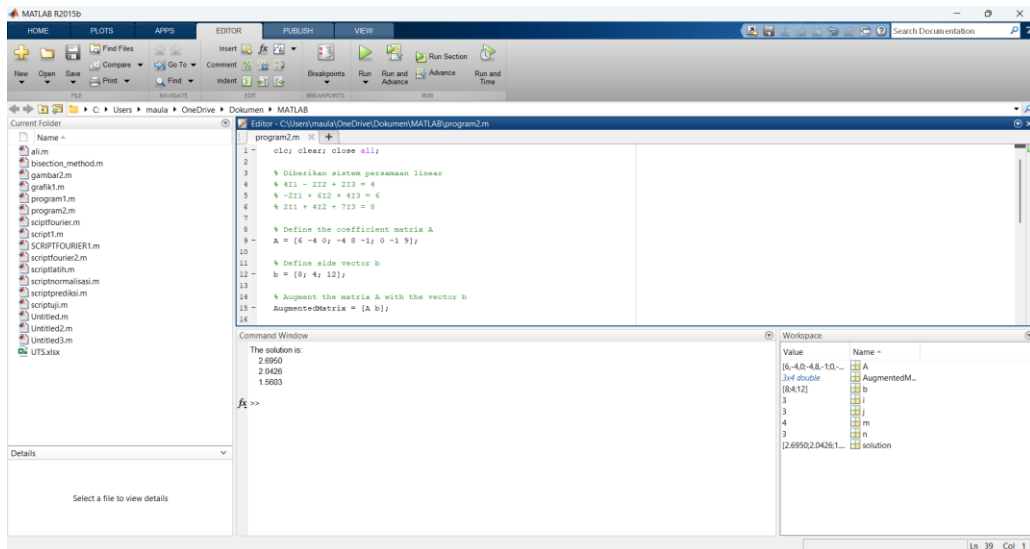
% Extract the solution
solution = AugmentedMatrix(:, end);

% Display the solution
disp('The solution is:');
disp(solution);

```

**Gambar 5.** Program MATLAB Metode Eliminasi Gauss Jordan

Untuk memperjelas hasil perhitungan, visualisasi arus pada masing-masing loop juga dapat ditampilkan dalam bentuk grafik batang menggunakan MATLAB. Visualisasi ini mempermudah interpretasi nilai arus yang dihasilkan dari setiap loop, serta memberikan gambaran komparatif antar besar arus. Grafik menunjukkan bahwa arus terbesar mengalir pada loop pertama ( $I_1$ ), diikuti oleh loop kedua ( $I_2$ ), dan loop ketiga ( $I_3$ ).



**Gambar 6.** Hasil Matlab Untuk Perhitungan Rangkaian 3 Loop

Keunggulan Implementasi pada MATLAB:

Implementasi metode Eliminasi Gauss dan Gauss-Jordan pada platform MATLAB memiliki sejumlah keunggulan signifikan, antara lain:

1. Efisiensi Komputasi: MATLAB mampu menyelesaikan sistem persamaan linear dalam waktu yang jauh lebih singkat dibandingkan metode manual, bahkan untuk sistem berskala besar.
2. Akurasi Tinggi: Perhitungan numerik di MATLAB meminimalkan kesalahan manusia dalam proses eliminasi dan substitusi.
3. Visualisasi Data: MATLAB menyediakan fasilitas visualisasi seperti grafik batang yang memudahkan interpretasi hasil analisis arus pada masing-masing loop.
4. Kemudahan Pemrograman: Struktur program MATLAB mendukung pengkodean modular dan fungsi khusus, sehingga algoritma dapat diotomatisasi dan dimodifikasi dengan mudah.
5. Fleksibilitas Analisis: MATLAB mendukung berbagai pendekatan numerik lain yang dapat diintegrasikan dengan metode eliminasi, memungkinkan pengembangan lebih lanjut dalam penelitian kelistrikan.
6. Verifikasi dan Validasi Mudah: Hasil dapat divalidasi langsung melalui substitusi balik dan pengecekan bentuk matriks akhir, meningkatkan kepercayaan terhadap solusi yang diperoleh.

### 3.5 Perbandingan Metode Eliminasi Gauss dan Gauss-Jordan

#### A. Hasil Perbandingan

Hasil perhitungan arus pada masing-masing loop yang diperoleh melalui metode Eliminasi Gauss dan Gauss-Jordan menunjukkan nilai yang identik, yaitu sebesar **2,695 A** untuk arus pertama  $I_1$ , **2,043 A** untuk arus kedua  $I_2$ , dan **1,560 A** untuk arus ketiga  $I_3$ . Kesamaan hasil ini menegaskan bahwa kedua metode mampu menyelesaikan sistem persamaan linear dengan akurasi yang tinggi. Tabel berikut menyajikan perbandingan hasil numerik dari kedua metode tersebut:

*Tabel 1. Hasil Perbandingan Metode Eliminasi Gauss dan Gauss Jordan*

| Eliminasi-Gauss | Gauss-Jordan   |
|-----------------|----------------|
| <b>2,695A</b>   | <b>2,695 A</b> |
| <b>2,043 A</b>  | <b>2,043 A</b> |
| <b>1,560 A</b>  | <b>1,560 A</b> |

## B. Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan dalam Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa metode Eliminasi Gauss dan Gauss-Jordan menghasilkan solusi akhir yang identik, baik dalam bentuk maupun nilai arus pada masing-masing loop. Hal ini menunjukkan bahwa kedua metode memiliki tingkat akurasi yang sama dalam menyelesaikan sistem persamaan linear yang berasal dari analisis rangkaian listrik multi-loop.

Namun, terdapat beberapa perbedaan penting dari sisi proses dan efisiensi implementasi. Metode Gauss cenderung lebih sederhana dan lebih cepat untuk sistem kecil hingga menengah, karena hanya memerlukan eliminasi maju (forward elimination) dan substitusi mundur. Sebaliknya, metode Gauss-Jordan melakukan eliminasi maju dan mundur secara menyeluruh hingga terbentuk matriks identitas, yang memudahkan verifikasi hasil karena solusi langsung dapat dibaca dari matriks akhir tanpa proses lanjutan.

Dari segi kompleksitas algoritma, metode Gauss-Jordan memerlukan lebih banyak operasi aritmatika dan waktu komputasi sedikit lebih tinggi, namun keunggulannya adalah transparansi solusi dan kemudahan dalam pengecekan hasil. Dalam implementasi MATLAB, kedua metode dapat diotomatisasi dengan baik, namun Gauss-Jordan lebih sesuai untuk sistem yang memerlukan solusi eksak dan validasi langsung.

Secara keseluruhan, pemilihan metode tergantung pada kebutuhan pengguna. Jika prioritasnya adalah kecepatan dan efisiensi, metode Gauss cukup memadai. Namun, jika dibutuhkan hasil yang langsung dan mudah diverifikasi, metode Gauss-Jordan memberikan keunggulan yang signifikan.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mendemonstrasikan penerapan metode Eliminasi Gauss dan Gauss-Jordan dalam menyelesaikan sistem persamaan linear yang dihasilkan dari analisis rangkaian listrik multi-loop menggunakan platform MATLAB. Kedua metode eliminasi yang digunakan terbukti efektif dalam menyelesaikan sistem persamaan linear dari rangkaian 3-loop dengan tingkat akurasi yang tinggi, dimana hasil perhitungan menunjukkan nilai arus yang identik pada masing-masing loop yaitu  $I_1 = 2,695 A$ ,  $I_2 = 2,043 A$ , dan  $I_3 = 1,560 A$ . Kesamaan hasil ini mengkonfirmasi keandalan kedua metode dalam aplikasi praktis analisis rangkaian listrik dan membuktikan bahwa kedua pendekatan numerik tersebut mampu memberikan solusi yang akurat dan konsisten.

Implementasi kedua metode pada platform MATLAB memberikan keunggulan signifikan dalam hal efisiensi komputasi, akurasi perhitungan, dan kemudahan visualisasi hasil. MATLAB memungkinkan otomatisasi proses eliminasi yang kompleks, meminimalkan kesalahan manusia, dan menyediakan fasilitas visualisasi berupa grafik batang yang memudahkan interpretasi hasil analisis arus pada setiap loop rangkaian. Meskipun menghasilkan solusi yang identik, kedua metode memiliki karakteristik yang berbeda dalam hal kompleksitas implementasi. Metode Eliminasi Gauss lebih efisien untuk sistem kecil hingga menengah karena hanya memerlukan eliminasi maju dan substitusi mundur sehingga membutuhkan waktu komputasi yang lebih singkat. Sebaliknya, metode Gauss-Jordan menawarkan transparansi solusi yang lebih baik dengan membentuk matriks eselon baris tereduksi (RREF), memungkinkan solusi langsung dapat dibaca tanpa proses substitusi lanjutan, meskipun memerlukan operasi aritmatika yang lebih banyak.

Penelitian ini membuktikan bahwa metode Eliminasi Gauss dan Gauss-Jordan dapat diterapkan secara efektif pada rangkaian listrik dengan tingkat kompleksitas yang tinggi. Kemampuan MATLAB dalam menangani sistem persamaan linear berskala besar membuat kedua metode ini sangat relevan untuk aplikasi dalam bidang teknik elektro modern, baik untuk keperluan akademik maupun industri. Pemilihan metode tergantung pada kebutuhan spesifik pengguna, dimana metode Eliminasi Gauss direkomendasikan untuk aplikasi yang mengutamakan kecepatan dan efisiensi komputasi, sedangkan metode Gauss-Jordan lebih sesuai untuk sistem yang memerlukan solusi eksak dan validasi langsung. Implementasi pada platform MATLAB memberikan fleksibilitas untuk menggunakan kedua metode sesuai dengan karakteristik masalah yang dihadapi.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan metode analisis rangkaian listrik multi-loop dengan pendekatan numerik yang sistematis dan terstruktur. Implementasi algoritma yang telah dikembangkan dapat menjadi referensi untuk penelitian lebih lanjut dalam optimalisasi analisis sistem kelistrikan menggunakan metode numerik berbasis perangkat lunak. Penelitian ini telah mencapai tujuan yang ditetapkan dengan menunjukkan efektivitas, efisiensi, dan keakuratan metode Eliminasi Gauss dan Gauss-Jordan dalam menyelesaikan sistem persamaan linear dari analisis rangkaian listrik multi-loop menggunakan platform MATLAB, sehingga dapat menjadi solusi yang relevan dan sangat dibutuhkan dalam bidang teknik elektro modern.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. A. Imran, "Fundamentals of Electric circuits," Fundam. Electr. circuits, pp. 1–12, 2024, doi: 10.62909/978-9922-8846-08.
- [2] Nuryani Siska, "Klasifikasi Nodul Paru Pada Citra Ct Scan Berdasarkan Ciri Tekstur Dan Ciri Morfologi Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik Dengan Scilab Dan Weka.," Fak. Sains Dan Teknol. Univ. Islam Negeriwalisongo Semarang, 2021.
- [3] R. Wahyudianti, B. Supriadi, and M. Maryani, "Penerapan Metode Minor-Kofaktor Matrik Bujursangkar Orde-3 dalam Aturan Cramer pada Penyelesaian Soal Rangkaian Listrik DC 2-Loop," Navig. Phys. J. Phys. Educ., vol. 5, no. 2, pp. 37–45, 2023.
- [4] D. Lase and J. S. Mendrofa, "Analisis Literatur Tentang Hukum Kirchoff Dalam Desain Rangkaian Listrik Modern," J. Ilmu Ekon. Pendidik. dan Tek., vol. 02, no. 2, pp. 15–21, 2025.
- [5] U. Ilmi, Z. Abidin, M. L. S. Muna, and M. A. Kafabi, "Penyelesaian Rangkaian Listrik Menggunakan Invers dan Eliminasi Gauss Berdasarkan MATLAB," 2025.
- [6] W. H. Hayt, J. E. Kemmerly, and S. M. Durbin, Engineering Circuit Analysis, 9<sup>th</sup> ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2020.
- [7] S. Suhendar, "Komputasi elektronik & tenaga listrik," 2021.
- [8] T. Septianto, S. Kom, M. Kom, D. Pramadhana, and M. Kom, Matematika komputasi untuk vokasi. Thalibul Ilmi Publishing & Education, 2023.