

IMPLEMENTASI METODE CRAMER MENGGUNAKAN MICROSOFT EXCEL DALAM PENYELESAIAN RANGKAIAN LISTRIK ARUS SEARAH

Nur Aida¹, Nenengsih Verawati², Indra Pratiwi³, Khairul Muttaqin⁴

^{1,2,3,4} Politeknik Negeri Ketapang, Jl. Rangka Sentap-Dalong, Ketapang, Indonesia

¹ nhuraidha@politap.ac.id, ²nenengverawati6@gmail.com, ³indra.pratiwi@politap.ac.id,

⁴muttaqin.khairul@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History

Received Jun 21, 2023

Revised Aug 13, 2023

Accepted Aug 13, 2023

Keywords:

Cramer's Method;

Direct Current Circuit;

Microsoft Excel

ABSTRACT

Direct current electrical circuits are one of the materials studied by students majoring in electrical engineering. To solve electrical circuit problems, students must understand the material on systems of linear equations and matrices. The purpose of this study is to find out what percentage of students apply the Cramer method with the help of Microsoft excel in solving problems of systems of linear equations in direct current electric circuits. This research is qualitative descriptive study. Data collection technique used is the documentation of test results. The subjects of this study were 52 students. First semester of the 2022/2023 academic year, majoring in electrical engineering. The instrument used is a description test of 5 questions, and the results of interviews. Data analysis technique by looking at the effectiveness of using Microsoft Excel in learning a system of linear equations with the Cramer rule method, the results are in the moderate category. To solve the problem of a system of linear equations in direct current circuits as much as 62,2% of students it is easier to use the Cramer method and can quickly use Microsoft Excel assistance in calculations, even for many n variables.

Corresponding Author:

Nur Aida,

Politeknik Negeri Ketapang

Ketapang, Indonesia

nhuraidha@politap.ac.id

Rangkaian listrik arus searah merupakan salah satu materi yang dipelajari oleh mahasiswa jurusan Teknik elektro. Untuk menyelesaikan permasalahan rangkaian listrik maka mahasiswa harus memahami materi sistem persamaan linear dan matriks. Tujuan dari penelitian ini mengetahui berapa persen mahasiswa yang menerapkan metode cramer dengan bantuan *Microsoft excel* dalam menyelesaikan persoalan sistem persamaan linear pada rangkaian listrik arus searah. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif. Teknik pengumpulan data yang digunakan ialah dokumentasi hasil tes. Subjek penelitian ini sebanyak 52 mahasiswa semester satu Tahun Akademik 2022/2023 Jurusan Teknik Elektro. Instrumen yang digunakan berupa tes uraian sebanyak 5 soal, dan hasil wawancara. Teknik analisis data dengan melihat keefektifan penggunaan *Microsoft Excel* dalam pembelajaran sistem persamaan linear dengan metode Aturan Cramer yang hasilnya kategori sedang. Untuk menyelesaikan persoalan sistem persamaan linear pada rangkaian arus searah sebanyak 62,2 % mahasiswa lebih mudah menggunakan metode Cramer dan dengan cepat bisa digunakan bantuan *Microsoft Excel* dalam perhitungannya, baik untuk n variabel yang banyak sekalipun.

How to cite:

Aida, N., Verawati, N., Pratiwi, I., & Muttaqin, K. (2023). Implementasi metode cramer menggunakan microsoft excel dalam penyelesaian rangkaian listrik arus searah. *JPPI – Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 6 (5), 1781-1794.

PENDAHULUAN

Rangkaian listrik arus searah merupakan salah satu materi yang dipelajari oleh mahasiswa semester satu jurusan teknik elektro pada mata kuliah fisika terapan. Untuk menyelesaikan permasalahan rangkaian listrik maka mahasiswa harus memahami materi sistem persamaan linear dan matriks. Untuk menyelesaikan sistem persamaan tersebut dapat digunakan metode Eliminasi Substitusi, Metode Cramer, Metode Invers, Eliminasi Gauss-Jordan, dan lain-lain. Metode-metode sebelumnya mewajibkan mahasiswa mengkonversi persamaan linear ke dalam bentuk matriks argumentasi. Jika terdapat n variabel yang harus ditentukan maka harus ada n persamaan yang terbentuk dalam sistem persamaan tersebut. Semakin banyak n variabel yang harus ditentukan, maka semakin panjang cara penyelesaiannya. Semakin besar sistem dan semakin kompleks, maka membutuhkan waktu yang cukup lama dan tidak efisien, sehingga diperlukan program bantuan komputer. Pemahaman mahasiswa pada konsep matriks pada mata kuliah Struktur Aljabar masih rendah, sehingga diperlukan penekanan khusus mengenai konsep matriks (Istikaanah, N., & Wardayani, 2022). Siswa masih kesulitan dalam proses melakukan operasi hitung dan kurang teliti saat proses menemukan jawaban (Khairunnisa, 2021). Pembelajaran matriks berbantuan aplikasi Geogebra efektif untuk digunakan dalam pembelajaran di kelas, dimana 85,7 % siswa telah tuntas dalam pembelajaran matriks (Asdarina, O., & Khatimah, 2021). Penggunaan alat peraga dan metode demonstrasi dalam materi matriks, dapat meningkatkan pemahaman siswa kelas X IPA 1 MA Negeri 2 Kuningan (Amanah, 2020).

Matlab dapat membantu menyelesaikan sistem persamaan linear dengan metode eliminasi Gauss, dimana hasil perhitungan secara manual maupun menggunakan matlab tidak ada perbedaan (Silmi, & Anugrahwaty, 2017). Penerapan metode eliminasi gaus pada sistem informasi investasi emas menunjukkan hasil perhitungan yang jika dibandingkan secara manual maupun dengan menggunakan software octave tidak ada perbedaan (Febri Sr, D., Triono, E., & Pranata, 2019). Penerapan metode Eliminasi Gauss-Jordan dengan menggunakan aplikasi Scilab dapat membantu menyelesaikan sistem persamaan linier yang besar dan kompleks dengan cara yang cepat dan akurat (Anam, K., & Arnas, 2019). Untuk memudahkan dalam perhitungan dengan jumlah n variabel yang tidak diketahui dari sistem yang besar dan kompleks maka digunakanlah aplikasi bahasa pemrograman Scilab (Anam, 2019).

Aplikasi pemrograman visual pada teori sistem persamaan linier dengan metode Cramer dapat membantu dosen jika ingin memberikan soal berbeda untuk masing-masing mahasiswa pada saat ujian agar meminimal mahasiswa bekerja sama (Santi, 2012). Penerapan metode Eliminasi Gauss lebih efektif dibandingkan dengan aturan Cramer karena langkah-langkah yang diperlukan hanya sedikit sedangkan untuk aturan Cramer langkah-langkah penyelesaiannya terlalu panjang dan membutuhkan jumlah operasi yang banyak (Kamaluddin, 2015). Penelitian lainnya, membuat media analisis rangkaian listrik pada rangkaian tertutup untuk satu loop atau lebih dengan pendekatan metode numerik Gauss-Jordan, Gauss-Seidel, dan Cramer, dimana media tersebut lebih akurat dan menghemat waktu (Nurullaeli, 2020). Sehingga, berbagai media atau aplikasi bisa digunakan dalam membantu analisis materi sistem persamaan linear dan matriks diantaranya : Matlab, software octave, dan Scilab. Tetapi dipembahasan ini, peneliti mencoba menggunakan program bawaan dari *Microsoft* yaitu salah satunya *Microsoft excel*, serta metode yang digunakan dalam penyelesaian sistem persamaan linear pada rangkaian listrik dengan metode Cramer.

Beberapa penelitian tersebut menggunakan aplikasi atau *software* yang harus diinstal di komputer atau perangkat dan mungkin itu merupakan hal baru yang harus mahasiswa pelajari

kembali, tetapi untuk *Microsoft Excel* merupakan perangkat yang sudah tidak asing bagi mahasiswa. Salah satu *software* yang sederhana yang dapat membantu dalam perhitungan dan pengolahan data. Mahasiswa dapat mengolah data secara cepat dan mudah hanya dengan menentukan rumus yang akan digunakan. Peran program tersebut mempercepat proses perhitungan tanpa membuat kesalahan. Salah satunya dalam pembelajaran penyajian data pada peserta didik dengan menggunakan *problem based learning* berbantuan *Microsoft excel* sangat membantu yang interpresentasinya dikategorikan kedalam kategori sedang (Saleha, L., & Senjayawati, 2022). *Microsoft excel* dapat membantu penyelesaian sistem persamaan linear yang terbentuk dari soal rangkaian listrik arus searah.

Dalam penelitian ini, peneliti menganalisis hasil pembelajaran mahasiswa semester satu Tahun Akademik 2022/2023 dengan materi ajar matriks yang diterapkan dalam penyelesaian rangkaian arus searah. Salah satu aplikasi yang digunakan pada pembelajaran ini yaitu *Microsoft excel*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui berapa persen mahasiswa yang menerapkan metode cramer dengan bantuan *Microsoft Excel* dalam menyelesaikan persoalan sistem persamaan linear pada rangkaian listrik arus searah. Diharapkan hasil penelitian ini memberikan solusi penyelesaian rangkaian listrik dengan menggunakan *Microsoft Excel* agar tidak membutuhkan waktu dan proses yang lama untuk menyelesaikan persamaan tersebut.

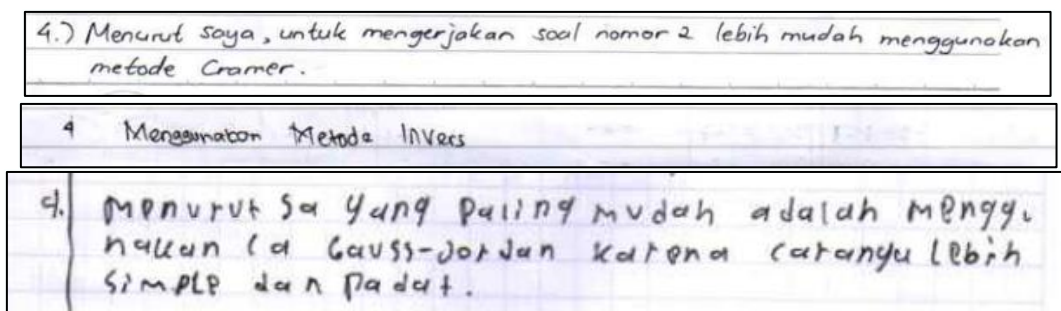
METODE

Dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kualitatif. Peneliti ingin mengungkapkan dan menjelaskan berapa persentase mahasiswa sudah menggunakan *Microsoft Excel* untuk perhitungan penentuan nilai variabel dalam sistem persamaan linear dengan metode Aturan Cramer. Teknik pengumpulan data yang digunakan ialah dokumentasi hasil tes. Subjek penelitian ini sebanyak 52 mahasiswa semester satu Tahun Akademik 2022/2023 Jurusan Teknik Elektro. Instrumen yang digunakan berupa tes hasil belajar berbentuk soal tes uraian sebanyak 5 soal, dan hasil wawancara. Teknik analisis data dalam penelitian ini analisis keefektifan penggunaan *Microsoft Excel* yang dapat dilihat dengan menggunakan hasil belajar. Dikatakan efektif apabila persentase hasil belajar mahasiswa minimal mencapai kriteria sedang (65% – 80%). Adapun waktu penelitian dari tanggal 3 Oktober 2022 sampai 30 Desember 2022.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Untuk mengetahui implimentasi penggunaan metode cramer dengan bantuan *Microsoft excel*, maka dilakukan analisis terhadap jawaban mahasiswa. Berikut analisis serta contoh jawaban mahasiswa pada setian soal tes.



Gambar 1. Beberapa Pendapat Mahasiswa dalam Menentukan Metode yang Mudah

Sebanyak 52 orang mahasiswa ada 45 orang mahasiswa yang menjawab soal tersebut, sedangkan 7 orang tidak memberikan jawaban. Ada 28 orang (62,2%) yang memilih metode Cramer untuk menyelesaikan sistem persamaan linear pada soal tersebut, kemudian sebanyak 8 orang mahasiswa (17,8%) memilih metode Eliminasi Gauss-Jordan, untuk 7 mahasiswa (15,6%) memilih metode invers, dan 2 orang mahasiswa (4,4%) memilih metode Dodgson yang hanya digunakan dalam penentuan determinan saja. Persentase tersebut menunjukkan metode Cramer lebih banyak dipilih dibandingkan metode lainnya dan dapat dilihat dari jawaban mahasiswa pada gambar 1.

2.) a.) NIM 3082022003 (Ganjil)

$$\begin{aligned} I_1 + I_2 - I_3 &= 0 \\ 7I_1 + 4I_3 &= 12 \\ 8I_1 + 4I_3 &= 9 \end{aligned}$$

• Metode Cramer

$$D_A = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 & | & 1 & 1 \\ 7 & 0 & 4 & | & 7 & 0 \\ 0 & 8 & 4 & | & 0 & 8 \end{vmatrix} = (0+0-56) - (0+32+28) = -56-60 = -116$$

$$D_{I_1} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & -1 & | & 0 & 1 \\ 12 & 0 & 4 & | & 12 & 0 \\ 9 & 8 & 4 & | & 9 & 8 \end{vmatrix} = (0+36-96) - (0+0+48) = -60-48 = -108$$

$$D_{I_2} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & | & 1 & 0 \\ 7 & 12 & 4 & | & 7 & 12 \\ 0 & 9 & 4 & | & 0 & 9 \end{vmatrix} = (48+0-63) - (0+36+0) = -15-36 = -51$$

$$D_{I_3} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & | & 1 & 1 \\ 7 & 0 & 12 & | & 7 & 0 \\ 0 & 8 & 9 & | & 0 & 8 \end{vmatrix} = (0+0+0) - (0+96+63) = -159$$

$$I_1 = \frac{D_{I_1}}{D_A} = \frac{-108}{-116} = 0,93 \qquad I_3 = \frac{D_{I_3}}{D_A} = \frac{-159}{-116} = 1,37$$

$$I_2 = \frac{D_{I_2}}{D_A} = \frac{-51}{-116} = 0,439$$

Gambar 2. Hasil Jawaban Mahasiswa Untuk Soal Ganjil

Untuk gambar 2, mahasiswa bisa menentukan konstanta variabel dari persamaan (1), (2), dan (3), kemudian membentuk matriks ordo 3×3 dari variabel arus untuk menentukan determinan dari masing-masing matriks D_A dengan nilai -116, D_{I_1} dengan nilai -108, D_{I_2} dengan nilai -51, dan D_{I_3} dengan nilai -159. Setelah nilai determinan diperoleh, mahasiswa langsung menentukan nilai variabel dari I_1 dengan nilai 0,93 A, I_2 dengan nilai 0,439 A dan I_3 dengan nilai 1,37 A.

b.) 3082022002 (Genap)

$$\begin{aligned} I_1 + I_2 &= -3 \\ I_2 - I_3 &= -7 \\ -4I_1 + 8I_2 + 12I_3 &= 0 \end{aligned}$$

Jawaban:

• Metode Cramer

$$D_A = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & | & -3 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & | & -7 & 1 \\ -4 & 8 & 12 & | & 0 & 1 \end{vmatrix} = (12+4+0) - (0+8+0) = 16+8 = 24$$

$$D_{E_1} = \begin{vmatrix} -3 & 1 & 0 & | & -3 & 1 \\ -7 & 1 & -1 & | & -7 & 1 \\ 0 & 8 & 12 & | & 0 & 8 \end{vmatrix} = (-36+0+0) - (0+24-84) = (-36)+60 = 24$$

$$D_{E_1}/D_A = 24/24 = 1$$

$$D_{E_2} = \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & | & 1 & -3 \\ 0 & -7 & -1 & | & 0 & -7 \\ -4 & 0 & 12 & | & -4 & 0 \end{vmatrix} = (-84-12+0) - (0+0+0) = -96$$

$$D_{E_2}/D_A = -96/24 = -4$$

$$D_{E_3} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -3 & | & 1 & 1 \\ 0 & 1 & -7 & | & 0 & 1 \\ -4 & 8 & 0 & | & -4 & 8 \end{vmatrix} = (0+28+0) - (12-56+0) = 28+44 = 72$$

$$D_{E_3}/D_A = 72/24 = 3$$

Jadi, Nilai $I_1 = 1, I_2 = 4, I_3 = 3$

Gambar 3. Hasil Jawaban Mahasiswa Untuk Soal Genap

Untuk gambar 3, ada dua persamaan yang nilai variabelnya tidak ada, sehingga mahasiswa harus menentukan nilai variabel tersebut adalah 0. Memposisikan angka variabel tersebut pada sebuah matriks orde 3×3 kemudian menentukan nilai determinan. Nilai determinan D_A dengan nilai 24, DI_1 dengan nilai 24, DI_2 dengan nilai -96, dan DI_3 dengan nilai 72. Setelah nilai determinan diperoleh, mahasiswa langsung menentukan nilai variabel dari I_1 dengan nilai 1 A, I_2 dengan nilai -4 A dan I_3 dengan nilai 3 A.

| Q19 | | fx | | | | | | | | |
|-----|------------|----|----|----|---|----|------|---------|---|--|
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | |
| 1 | NIM Ganjil | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | 1 | 1 | -1 | | I1 | | 0 | | |
| 4 | | 7 | 0 | 4 | | I2 | = | 12 | | |
| 5 | | 0 | 8 | 4 | | I3 | | 9 | | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 7 | | 0 | 1 | -1 | | | | | | |
| 8 | | 12 | 0 | 4 | | | | | | |
| 9 | I1 = | 9 | 8 | 4 | | = | -108 | 0.93103 | | |
| 10 | | 1 | 1 | -1 | | | -116 | | | |
| 11 | | 7 | 0 | 4 | | | | | | |
| 12 | | 0 | 8 | 4 | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | |
| 14 | | 1 | 0 | -1 | | | | | | |
| 15 | | 7 | 12 | 4 | | | | | | |
| 16 | I2 = | 0 | 9 | 4 | | = | -51 | 0.43966 | | |
| 17 | | 1 | 1 | -1 | | | -116 | | | |
| 18 | | 7 | 0 | 4 | | | | | | |
| 19 | | 0 | 8 | 4 | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | |
| 21 | | 1 | 1 | 0 | | | | | | |
| 22 | | 7 | 0 | 12 | | | | | | |
| 23 | I3 = | 0 | 8 | 9 | | = | -159 | 1.37069 | | |
| 24 | | 1 | 1 | -1 | | | -116 | | | |
| 25 | | 7 | 0 | 4 | | | | | | |
| 26 | | 0 | 8 | 4 | | | | | | |

Gambar 4. Hasil Analisis dengan Menggunakan Bantuan *Microsoft Excel* untuk Soal Ganjil

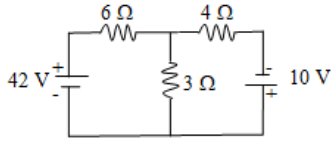
Gambar 4 menunjukkan hasil perhitungan mahasiswa menggunakan bantuan *Microsoft Excel* untuk soal ganjil dan hasilnya sama dengan perhitungan manual. Nilai determinan D_A dengan nilai -116, DI_1 dengan nilai -108, DI_2 dengan nilai -51, dan DI_3 dengan nilai -159. Setelah nilai determinan diperoleh, mahasiswa langsung menentukan nilai variabel dari I_1 dengan nilai 0,93 A, I_2 dengan nilai 0,439 A dan I_3 dengan nilai 1,37 A.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----|-----------|----|----|----|----|---|-----|----|----|
| 1 | NIM Genap | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | 1 | 1 | 0 | I1 | | | -3 | |
| 4 | | 0 | 1 | -1 | I2 | = | | -7 | |
| 5 | | -4 | 8 | 12 | I3 | = | | 0 | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | | -3 | 1 | 0 | | | | | |
| 8 | | -7 | 1 | -1 | | | | | |
| 9 | I1 = | 0 | 8 | 12 | = | | 24 | | 1 |
| 10 | | 1 | 1 | 0 | | | 24 | | |
| 11 | | 0 | 1 | -1 | | | | | |
| 12 | | -4 | 8 | 12 | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | |
| 14 | | 1 | -3 | 0 | | | | | |
| 15 | | 0 | -7 | -1 | | | | | |
| 16 | I2 = | -4 | 0 | 12 | = | | -96 | | -4 |
| 17 | | 1 | 1 | 0 | | | 24 | | |
| 18 | | 0 | 1 | -1 | | | | | |
| 19 | | -4 | 8 | 12 | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | |
| 21 | | 1 | 1 | -3 | | | | | |
| 22 | | 0 | 1 | -7 | | | | | |
| 23 | I3 = | -4 | 8 | 0 | = | | 72 | | 3 |
| 24 | | 1 | 1 | 0 | | | 24 | | |
| 25 | | 0 | 1 | -1 | | | | | |
| 26 | | -4 | 8 | 12 | | | | | |

Gambar 5. Hasil Analisis dengan Menggunakan Bantuan *Microsoft Excel* untuk Soal Genap

Gambar 5 menunjukkan hasil perhitungan mahasiswa menggunakan bantuan *Microsoft Excel* untuk soal genap dan hasilnya sama dengan perhitungan manual. Nilai determinan D_A dengan nilai 24, DI_1 dengan nilai 24, DI_2 dengan nilai -96, dan DI_3 dengan nilai 72. Setelah nilai determinan diperoleh, mahasiswa langsung menentukan nilai variabel dari I_1 dengan nilai 1 A, I_2 dengan nilai -4 A dan I_3 dengan nilai 3 A.

Perhatikan rangkaian berikut ini.



a. Tentukan apakah rangkaian tersebut bisa dibentuk kedalam sistem persamaan linear seperti berikut? Berikan alasan Anda!

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0$$

$$6I_1 - 3I_3 = 42$$

$$4I_2 + 3I_3 = 10$$

b. Buktikan dengan menggunakan salah satu metode yaitu... metode Cramer, atau Metode Invers atau Metode Eliminasi Gauss-Jordan, bahwa kuat arus listrik yang terukur adalah 4 A dan 6 A!

Gambar 6. Soal Rangkaian Listrik Arus Searah

Gambar 6 memperlihatkan soal yang memerlukan analisis rangkaian arus searah yang kemudian dibuat persamaan linear 3 variabel, yaitu I_1 , I_2 , dan I_3 . Jika persamaan linear yang dibuat tidak sama dengan soal, maka mahasiswa diwajibkan untuk memberikan alasan. Keakurat hasil juga dipengaruhi dari kesalahan dalam rangkaian listrik, karena jika ada kesalahan maka persamaan linear yang dihasilkan nilainya akan salah (Anam, K., & Arnas, 2019). Untuk pembuktian tersebut, mahasiswa yang menggunakan metode Cramer sebanyak 37 orang, metode Invers sebanyak 5 orang, dan metode Eliminasi Gauss-Jordan sebanyak 10 orang.

• Loop 1
 $E_1 = -42 \text{ Volt}$
 $\sum I.R = I_1.R_1 - I_2.R_2$
 $= 6I_1 - 3I_2$

Hukum II Kirchoff
 $\sum E + \sum I.R = 0$
 $-42 + 6I_1 - 3I_2 = 0$
 $6I_1 - 3I_2 = 42 \dots (2)$

• Loop 2
 $E_2 = -10 \text{ Volt}$
 $\sum I.R = I_2.R_2 + I_3.R_3$
 $= 4I_2 + 3I_3$

Hukum II Kirchoff
 $\sum E + \sum I.R = 0$
 $-10 + 4I_2 + 3I_3 = 0$
 $4I_2 + 3I_3 = 10 \dots (3)$

a.) Ya, bisa dibentuk.
 Karena persamaannya sesuai jika dihitung menggunakan hukum I Kirchoff dan hukum II Kirchoff.

b.)
$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 \\ 6 & 0 & -3 \\ 0 & 4 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 42 \\ 10 \end{pmatrix}$$

• Metode Cramer :

$D_A = \begin{vmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 6 & 0 & -3 & 6 & 0 \\ 0 & 4 & 3 & 0 & 4 \end{vmatrix} = (0+0+24) - (0-12-18) = 24+30 = 54$

$DI_1 = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 1 & 0 & -1 \\ 42 & 0 & -3 & 42 & 0 \\ 10 & 4 & 3 & 10 & 4 \end{vmatrix} = (0+30+168) - (0+0-126) = 198+126 = 324$

$DI_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 6 & 42 & -3 & 6 & 42 \\ 0 & 10 & 3 & 0 & 10 \end{vmatrix} = (126+0+60) - (0-30+0) = 186+30 = 216$

$DI_3 = \begin{vmatrix} 1 & -1 & 0 & 1 & -1 \\ 6 & 0 & 42 & 6 & 0 \\ 0 & 4 & 10 & 0 & 4 \end{vmatrix} = (0+0+0) - (0+168-60) = -108$

$I_1 = \frac{DI_1}{D_A} = \frac{324}{54} = 6$ $I_2 = \frac{DI_2}{D_A} = \frac{216}{54} = 4$
 $I_3 = \frac{DI_3}{D_A} = \frac{-108}{54} = -2$

Gambar 7. Hasil Jawaban Mahasiswa untuk Soal Rangkaian Listrik

Gambar 7 memperlihatkan hasil perhitungan salah satu mahasiswi. Mahasiswa tersebut bisa menentukan sistem persamaan linear dari rangkaian listrik pada gambar 6 secara benar, kemudian menghitung secara manual nilai determinan D_A sebesar 54, DI_1 sebesar 324, DI_2 sebesar 216 dan DI_3 sebesar -108 serta perhitungan tersebut benar. Untuk perhitungan nilai I_1 sebesar 6 A, I_2 sebesar 4 A, dan I_3 sebesar -2 A juga benar.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----|---------|----|----|----|---|----|---|------|----|
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | 1 | -1 | 1 | | 11 | | 0 | |
| 3 | | 6 | 0 | -3 | | 12 | = | 42 | |
| 4 | | 0 | 4 | 3 | | 13 | | 10 | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | | 0 | -1 | 1 | | | | | |
| 7 | | 42 | 0 | -3 | | | | | |
| 8 | $I_1 =$ | 10 | 4 | 3 | | | = | 324 | 6 |
| 9 | | 1 | -1 | 1 | | | | 54 | |
| 10 | | 6 | 0 | -3 | | | | | |
| 11 | | 0 | 4 | 3 | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | |
| 13 | | 1 | 0 | 1 | | | | | |
| 14 | | 6 | 42 | -3 | | | | | |
| 15 | $I_2 =$ | 0 | 10 | 3 | | | = | 216 | 4 |
| 16 | | 1 | -1 | 1 | | | | 54 | |
| 17 | | 6 | 0 | -3 | | | | | |
| 18 | | 0 | 4 | 3 | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | |
| 20 | | 1 | -1 | 0 | | | | | |
| 21 | | 6 | 0 | 42 | | | | | |
| 22 | $I_3 =$ | 0 | 4 | 10 | | | = | -108 | -2 |
| 23 | | 1 | -1 | 1 | | | | 54 | |
| 24 | | 6 | 0 | -3 | | | | | |
| 25 | | 0 | 4 | 3 | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | |

Gambar 8. Hasil Analisis menggunakan Bantuan Microsoft Excel untuk Soal Rangkaian Listrik

Gambar 8 merupakan perhitungan cepat menggunakan *Microsoft Excel* untuk nilai variabel I_1 , I_2 , dan I_3 dari soal pada gambar 6. Analisis mahasiswa menunjukkan nilai I_1 sebesar 6 A, nilai I_2 sebesar 4 A dan nilai I_3 sebesar -2 A. Hasil tersebut sama dengan perhitungan manual pada gambar 7.

3. Berdasarkan sistem persamaan linear empat variabel di bawah ini, tentukanlah nilai I_1, I_2, I_3 , dan I_4 dari sistem persamaan tersebut dengan Metode Eliminasi Gauss-Jordan!

$$\begin{aligned} 10I_1 - 4I_2 + 0I_3 + 0I_4 &= -10 \\ -4I_1 + 12I_2 - 2I_3 + 0I_4 &= 0 \\ 0I_1 - 2I_2 + 12I_3 - 4I_4 &= 0 \\ 0I_1 + 0I_2 - 4I_3 + 10I_4 &= 10 \end{aligned}$$

Jawaban:

$$\left[\begin{array}{cccc|cccc} 10 & -4 & 0 & 0 & -10 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 12 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 12 & -4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -4 & 10 & 10 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \quad b_1. \left(\frac{1}{10} \right)$$

$$\left[\begin{array}{cccc|cccc} 1 & -0,4 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 12 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 12 & -4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -4 & 10 & 10 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \quad b_2. (-4) b_1$$

$$\left[\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0,4 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10,4 & -2 & 0 & -4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 12 & -4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -4 & 10 & 10 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \quad b_3. \left(\frac{1}{10,4} \right)$$

$$\left[\begin{array}{cccc|cccc} 1 & -0,4 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -0,192 & 0 & -0,384 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 12 & -4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -4 & 10 & 10 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \quad \begin{array}{l} b_1. (-0,4) b_2 \\ b_2. (-2) b_2 \\ b_4. (-0) b_2 \end{array}$$

$$\left[\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0 & -0,0769 & 0 & -1,153 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -0,1923 & 0 & -0,384 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 11,6153 & -4 & -0,769 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -4 & 10 & 10 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \quad b_3. \left(\frac{1}{11,6153} \right)$$

$$\left[\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0 & -0,0769 & 0 & -1,153 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -0,1923 & 0 & -0,384 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -0,3443 & -0,06622 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -4 & 10 & 10 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \quad \begin{array}{l} b_1. (-0,07 \dots 69) b_3 \\ b_2. (-0,19 \dots 23) b_3 \\ b_4. (-4) b_3 \end{array}$$

$$\left[\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0 & 0 & -0,0264 & -1,1589 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -0,06622 & -0,39735 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -0,34437 & -0,06622 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 8,6251 & 9,73509 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \quad b_4. \left(\frac{1}{8,62 \dots 64} \right)$$

$$\left[\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0 & 0 & -0,02649 & -1,15894 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -0,06622 & -0,39735 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -0,34437 & -0,06622 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1,2903 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \quad \begin{array}{l} b_1. (-0,26 \dots 62) b_4 \\ b_2. (-0,06 \dots 56) b_4 \\ b_3. (-0,34 \dots 05) b_4 \end{array}$$

$$\left[\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0 & 0 & 0 & -1,12903 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -0,32258 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0,32258 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1,12903 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right]$$

Gambar 9. Hasil Jawaban mahasiswa dengan Cara ELiminasi Gauss-Jordan

Untuk gambar 9, merupakan jawaban salah satu mahasiswa untuk soal nomor 3. Mahasiswa tersebut menjawab sesuai dengan perintah dalam soal yaitu menggunakan metode Eliminasi Gauss-Jordan dan jawabannya tersebut benar. Hasil tersebut menunjukkan mahasiswa juga memahami dan mudah menghitung nilai I_1 , I_2 , I_3 dan I_4 . Soal nomor 3 merupakan sistem persamaan linear dengan empat variabel.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----|------|-----|-----|-----|-----|---|----|--------|---------|---|
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | 10 | -4 | 0 | 0 | | I1 | | -10 | |
| 3 | | -4 | 12 | -2 | 0 | | I2 | | 0 | |
| 4 | | 0 | -2 | 12 | -4 | | I3 | = | 0 | |
| 5 | | 0 | 0 | -4 | 10 | | I4 | | 10 | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 7 | | -10 | -4 | 0 | 0 | | | | | |
| 8 | | 0 | 12 | -2 | 0 | | | | | |
| 9 | | 0 | -2 | 12 | -4 | | | | | |
| 10 | I1 = | 10 | 0 | -4 | 10 | | = | -11760 | -1.129 | |
| 11 | | 10 | -4 | 0 | 0 | | | 10416 | | |
| 12 | | -4 | 12 | -2 | 0 | | | | | |
| 13 | | 0 | -2 | 12 | -4 | | | | | |
| 14 | | 0 | 0 | -4 | 10 | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | |
| 16 | | 10 | -10 | 0 | 0 | | | | | |
| 17 | | -4 | 0 | -2 | 0 | | | | | |
| 18 | | 0 | 0 | 12 | -4 | | | | | |
| 19 | I2 = | 0 | 10 | -4 | 10 | | = | -3360 | -0.3226 | |
| 20 | | 10 | -4 | 0 | 0 | | | 10416 | | |
| 21 | | -4 | 12 | -2 | 0 | | | | | |
| 22 | | 0 | -2 | 12 | -4 | | | | | |
| 23 | | 0 | 0 | -4 | 10 | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | |
| 25 | | 10 | -4 | -10 | 0 | | | | | |
| 26 | | -4 | 12 | 0 | 0 | | | | | |
| 27 | | 0 | -2 | 0 | -4 | | | | | |
| 28 | I3 = | 0 | 0 | 10 | 10 | | = | 3360 | 0.3226 | |
| 29 | | 10 | -4 | 0 | 0 | | | 10416 | | |
| 30 | | -4 | 12 | -2 | 0 | | | | | |
| 31 | | 0 | -2 | 12 | -4 | | | | | |
| 32 | | 0 | 0 | -4 | 10 | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | |
| 34 | | 10 | -4 | 0 | -10 | | | | | |
| 35 | | -4 | 12 | -2 | 0 | | | | | |
| 36 | | 0 | -2 | 12 | 0 | | | | | |
| 37 | I4 = | 0 | 0 | -4 | 10 | | = | 11760 | 1.129 | |
| 38 | | 10 | -4 | 0 | 0 | | | 10416 | | |
| 39 | | -4 | 12 | -2 | 0 | | | | | |
| 40 | | 0 | -2 | 12 | -4 | | | | | |
| 41 | | 0 | 0 | -4 | 10 | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | |

Gambar 10. Hasil Analisis menggunakan Bantuan *Microsoft Excel* untuk Soal Empat Variabel

Untuk gambar 10 merupakan salah satu jawaban mahasiswa dengan bantuan *Microsoft Excel* dengan metode Cramer, karena rumus formula MDETERM sudah ada. Untuk penggunaan rumus Eliminasi Gauss Jordan mahasiswa harus pandai dalam menentukan formula apakah dikurang atau ditambah antara satu konstantan variabel persamaan dengan persamaan lainnya. Rumus formula yang dibuat disesuaikan dengan soal persamaan linearnya.

Peneliti mengumpulkan hasil jawaban mahasiswa untuk menghitung persentase jawaban dari setiap soal yang telah dikerjakan oleh setiap mahasiswa. Adapun rekapitulasi persentase jawaban tiap indikator ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Persentase Jawaban Tiap Indikator

| No | Indikator | Persentase Kompetensi | Persentase (%) |
|----|--|-----------------------|----------------|
| 1 | Menentukan konstanta dalam setiap variabel persamaan linear | | 83,3 |
| 2 | Menentukan determinan variabel I ₁ , I ₂ , dan I ₃ | | 76,9 |
| 3 | Menghitung nilai setiap variabel I ₁ , I ₂ , I ₃ dan I ₄ | | 67,3 |
| 4 | Menyelesaikan masalah persamaan linear tiga variabel menggunakan Aturan Cramer | | 62,2 |
| 5 | Menafsirkan rangkaian listrik menggunakan Hukum Kirchoff I dan II menjadi persamaan linear tiga variabel | | 89,0 |

Analisis keefektifan untuk melihat efektifitas proses pembelajaran metode Cramer menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* berdasarkan tes hasil belajar mahasiswa. Berdasarkan Tabel 1 maka diperoleh persentase keseluruhan rata-rata 75,74 % hal tersebut interpretasi mahasiswa termasuk kategori sedang (Saleha, L., & Senjayawati, 2022). Artinya pembelajaran materi sistem persamaan linear dengan menggunakan metode Cramer berbantuan *Microsoft Excel* efektifnya dalam kategori sedang.

Pembahasan

Untuk mengetahui besar kuat arus listrik pada suatu rangkaian maka mahasiswa harus membuat persamaan-persamaan yang akan terbentuk dari rangkaian listrik terlebih dahulu berdasarkan Hukum I Kirchoff dan Hukum II Kirchoff, kemudian mahasiswa dapat menggunakan berbagai metode diantaranya : metode cramer, metode invers, dan metode eliminasi Gauss-Jordan. Sesuai dengan hasil penelitian bahwa metode numerik yaitu dengan metode Invers Determinan, metode Cramer, metode Matriks Invers dan metode Eliminasi Gauss-Jordan dapat digunakan dengan mudah dalam menyelesaikan perhitungan rangkaian listrik dengan bantuan contohnya aplikasi komputer Matlab, tetapi untuk persamaan linearnya memang harus dibentuk terlebih dahulu (Rahayu, 2011). Berdasarkan penelitian lainnya, alternatif media analisis rangkaian listrik pada rangkaian tertutup untuk satu loop atau lebih diperlukan agar mahasiswa lebih mudah menghitung arus listrik saja dari sistem persamaan linear yang sudah mereka dapatkan saat mengerjakan soal, berarti mahasiswa memang dituntut untuk membuat system persamaan linear terlebih dahulu (Nurullaeli, 2020).

Dari berbagai metode, ketiga metode tersebut sudah dijelaskan kepada mahasiswa. Salah satu soal menuntut mahasiswa untuk memberikan pendapat mana metode yang lebih mudah digunakan dalam menyelesaikan sistem persamaan linear, maka sebanyak 28 mahasiswa (62,2 %) memilih metode Cramer. Secara konsep metode Eliminasi Gauss lebih efektif dibandingkan dengan aturan Cramer, tetapi mahasiswa ternyata lebih memahami aturan Cramer dibandingkan Eliminasi Gauss dalam menyelesaikan sistem persamaan linier (Maharani, 2020). Metode selain metode cramer tidak bisa diselesaikan secara langsung dengan bantuan sintaks di *Microsoft excel*, kecuali rumusnya dibuat manual. Adapun tahap-tahap dalam penyelesaian sistem persamaan linear dengan metode Cramer dapat dilihat pada gambar 11.

| |
|---|
| <p>1. Mahasiswa membentuk sistem persamaan linear dari suatu rangkaian listrik.</p> $a_1 I_1 + b_1 I_2 + c_1 I_3 = d_1$ $a_2 I_1 + b_2 I_2 + c_2 I_3 = d_2$ $a_3 I_1 + b_3 I_2 + c_3 I_3 = d_3$ <p>2. Mahasiswa membentuk sistem persamaan linear tersebut kedalam matrik bujur sangkar dengan orde 3×3.</p> $\begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix}$ <p>3. Mahasiswa menentukan determinan D_A, D_{I_1}, D_{I_2}, dan D_{I_3}.</p> $D_A = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$ $D_{I_1} = \begin{vmatrix} d_1 & b_1 & c_1 \\ d_2 & b_2 & c_2 \\ d_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$ $D_{I_2} = \begin{vmatrix} a_1 & d_1 & c_1 \\ a_2 & d_2 & c_2 \\ a_3 & d_3 & c_3 \end{vmatrix}$ $D_{I_3} = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & d_1 \\ a_2 & b_2 & d_2 \\ a_3 & b_3 & d_3 \end{vmatrix}$ <p>4. Mahasiswa membagi D_{I_1}/D_A sehingga diperoleh I_1, kemudian membagi D_{I_2}/D_A sehingga diperoleh I_2, dan membagi D_{I_3}/D_A sehingga diperoleh I_3.</p> $I_1 = \frac{D_{I_1}}{D_A}$ $I_2 = \frac{D_{I_2}}{D_A}$ $I_3 = \frac{D_{I_3}}{D_A}$ |
|---|

Gambar 11. Tahap penyelesaian menggunakan metode cramer

Untuk menyelesaikan sistem persamaan linear dengan menggunakan bantuan *Microsoft excel*, maka mahasiswa harus melakukan langkah-langkah berikut: 1) Mahasiswa menginputkan nilai masing-masing elemen pada kolom dan sel di *Microsoft excel*, dengan posisi yang tidak ditentukan. 2) Mahasiswa memasukkan sintaks rumus MDETERM pada tahap berikutnya. 3) Mahasiswa membagi determinan D_{I_1}/D_A , dan seterusnya sehingga diperoleh nilai I_1 , I_2 , dan I_3 .

Untuk sistem persamaan linear yang mengandung lebih dari 3 variabel, dapat dilakukan dengan menambah kolom sel dan baris pada matriks tersebut seperti pada gambar 12.

$$\begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & d_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & d_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 & d_3 \\ a_4 & b_4 & c_4 & d_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \end{bmatrix}$$

Gambar 12. Contoh penambahan kolom sel dan baris

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa terdapat jawaban mahasiswa yang menyatakan bahwa sistem persamaan linear lebih mudah dianalisis dengan menggunakan metode Cramer, atau metode invers, atau metode Eliminasi Gauss-Jordan. Berdasarkan perhitungan juga kebanyakan mahasiswa menghitung dengan metode Cramer yang dapat di lihat pada Gambar 2 dan 3.

Berdasarkan soal ganjil dan genap, terlihat bahwa mahasiswa sudah memahami sistem persamaan linear, dimana jika pada persamaan tidak terdapat variabelnya maka nilai variabel tersebut dianggap nol. Pemahaman tersebut diperlukan sebelum mahasiswa membuat matriks argument dari sistem persamaan tersebut, yang kemudian baru menggunakan metode Cramer dalam menyelesaikan soal tersebut. Berdasarkan penelitian sebelumnya, sebanyak 77% peserta didik kategori tinggi mampu menyelesaikan masalah sistem persamaan linear tiga variabel menggunakan metode Cramer (Saputri, R., Sarassanti, Y., & Lestari, 2022).

Implementasi dari metode Cramer menunjukkan hasil perhitungan secara manual maupun menggunakan *Microsoft Excel* tidak ada perbedaan. Hal ini dibuktikan dengan menggunakan tiga persamaan linear untuk soal ganjil, nilai kuat arus listrik dari I_1 sampai I_3 hasilnya sama yaitu : untuk I_1 sebesar 0,93 A, I_2 sebesar 0,44 A dan I_3 sebesar 1,37A. Untuk soal genap, nilai kuat arus listrik dari I_1 sampai I_3 hasilnya sama yaitu : untuk I_1 sebesar 0,93 A, I_2 sebesar 0,44 A dan I_3 sebesar 1,37A. Perhitungan dan analisis dapat di lihat pada Gambar 2 sampai Gambar 5.

Soal pada Gambar 6, menunjukkan bahwa mahasiswa dituntut untuk menentukan terlebih dahulu sistem persamaan-persamaan linear yang didasarkan pemahaman menggunakan Hukum Kirchoff I dan II. Misalnya pada penelitian sebelumnya, matriks yang digunakan pada aplikasi Matlab memerlukan matriks argumentasi sebagai input yang tidak dapat dibentuk secara otomatis, sehingga perlu dibentuk persamaan linear yang diperoleh dari rangkaian listrik dengan menggunakan hukum Kirchoff (Silmi, & Anugrahwaty, 2017). Untuk soal ini mahasiswa hanya membuktikan saja apakah persamaannya akan sama dengan persamaan yang telah dibuat. Sebanyak 89% mahasiswa berpendapat sama, sehingga mahasiswa bisa langsung ke tahap berikutnya menentukan besar kuat arus listrik yang terhitung menggunakan berbagai metode Cramer, metode Invers, atau metode Eliminasi Gauss Jordan. Salah satu hasil perhitungan mahasiswa yang menggunakan metode Cramer dapat di lihat pada Gambar 7 berikut. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa hasil tersebut bisa diketahui secara cepat dengan menggunakan bantuan *Microsoft excel*. Dengan menggunakan *Microsoft excel* besaran kuat arus listrik adalah $I_1 = 6$ A; $I_2 = 4$ A; dan $I_3 = -2$ A (Gambar 8).

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan oleh mahasiswa dengan cara manual sama dengan perhitungan dengan menggunakan bantuan *Microsoft excel*. Hal tersebut bisa dilakukan dengan

variabel yang lebih dari 3 persamaan (n buah persamaan). Adapun soal yang menuntut mahasiswa untuk menghitung empat variabel dapat di lihat pada Gambar 9 berikut. Untuk soal ini mahasiswa tidak dituntut menggunakan metode Cramer tetapi menggunakan Eliminasi Gauss-Jordan. Untuk aplikasi yang digunakan dalam implementasi metode Eliminasi Gauss dapat menggunakan Matlab yang dapat membantu proses perhitungan dengan hasil yang akurat dan tidak membutuhkan waktu yang lama (Silmi, & Anugrahwaty, 2017).

Berdasarkan hasil wawancara kepada mahasiswa AD dan NS, menurut mahasiswa metode yang digunakan sebenarnya menghitung determinan terlebih dahulu dengan menggunakan metode Sarrus, kemudian hasil pembagian antara determinan I_1 dan determinan asal itulah yang disebut metode Cramer. Jika variabel yang dicari ada empat variabel, maka sel kolom dan barisnya perlu ditambah satu kolom dan baris dimana menjadi matriks berorde 4×4 . Hasil wawancara menunjukkan bahwa mahasiswa AD dan NS sangat mengerti dan memahami perhitungan kuat arus listrik tersebut dengan manual maupun menggunakan bantuan *Microsoft excel*. Terbukti dengan jawaban data yang langsung diolah menggunakan bantuan sintaks yang ada di *Microsoft excel* pada saat wawancara. Tidak ada keterbatasan dalam penelitian ini, karena mahasiswa dapat langsung menghitung dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* melalui laptop atau handphone pribadi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pembelajaran sistem persamaan linier dengan metode Cramer berbantuan *Microsoft Excel* sangat membantu dengan interpresentasi kedalam kategori sedang. Untuk menyelesaikan persoalan sistem persamaan linear pada rangkaian arus searah lebih mudah menggunakan metode Cramer dan dengan cepat bisa digunakan bantuan *Microsoft Excel* dalam perhitungannya, baik untuk n variabel yang banyak sekalipun. Saran penelitian untuk mengkaji efektivitas pengembangan pembelajaran menggunakan metode Eliminasi Gauss Jordan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanah, A. . (2020). Penggunaan alat peraga dan metode demonstrasi dalam materi matriks kelas X IPA 1 untuk meningkatkan pemahaman siswa. *Journal for Lesson and Learning Studies*, 3(1), 50–57.
- Anam, K., & Arnas, Y. (2019). Penerapan Metode eliminasi gauss-jordan pada rangkaian listrik menggunakan scilab. *Jurnal Ilmiah Aviassi Langit Biru*, 12(2), 37–44.
- Anam, K. (2019). Implementasi metode numerik pada rangkaian listrik menggunakan scilab. *Jurnal Penelitian*, 5(1), 59–67. <https://doi.org/https://10.46491/jp.v5e1.487.59-67>
- Asdarina, O., & Khatimah, H. (2021). Pengembangan modul pembelajaran matriks berbantuan aplikasi geogebra. *Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika AKSIOMA*, 10(2), 860–871. <https://doi.org/https://doi.org/10.24127/ajpm.v10i2.3515>
- Febri Sr, D., Triono, E., & Pranata, H. . (2019). Implementasi metode eliminasi gauss pada sistem informasi investasi emas menggunakan OCTAVE. *Jurnal Informasi Polinema*, 5(2), 53–61. <https://doi.org/https://doi.org/10.33795/jip.v5i2.189>
- Istikaanah, N., & Wardayani, A. (2022). Profil pemahaman konsep matriks dalam mata kuliah struktur aljabar. *Journal of Mathematics and Mathematics Education*, 4(1), 61–66. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.21580/square.2022.4.1.9385>
- Kamaluddin, K. (2015). *Analisis metode eliminasi gauss dan aturan cramer dalam menyelesaikan sistem persamaan linear serta aplikasinya*. Universitas Islam Negeri

Alauddin Makasae.

- Khairunnisa, K. (2021). *Kesulitan siswa kelas XI pada materi matriks dalam pembelajaran online di SMA Negeri 4 Pekalongan tahun ajaran 2020/2021*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Maharani, N. (2020). Perbandingan tingkat pemahaman mahasiswa STMIK STIKOM Indonesia pada metoda eliminasi gauss dan metoda cramer pada penyelesaian sistem persamaan linier. *Journal of Science Education, PENDIPA*, 4(2), 66–73.
- Nurullaeli. (2020). Media analisis rangkaian listrik menggunakan pendekatan numerik gauss-jordan, gauss-seidel, dan cramer. *Journal of Physics Education, Navigation Physics*, 2(1), 1–8.
- Rahayu, Y. (2011). Penerapan metode numerik pada rangkaian listrik. *Jurnal Teknologi Informasi, Techno, COM*, 10(4), 145–152.
- Saleha, L., & Senjayawati, E. (2022). Pembelajaran materi penyajian data pada siswa smp kelas VII dengan menggunakan problem based learning berbantuan microsoft excel. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 5(6), 1849–1858. <https://doi.org/10.22460/jpmi.v5i6.1849-1858>
- Santi, R. C. N. (2012). Implementasi sistem persamaan linier menggunakan metode aturan cramer. *Jurnal Teknologi Informasi, DINAMIK*, 17(1), 34–38.
- Saputri, R., Sarassanti, Y., & Lestari, N. (2022). Kemampuan representasi dalam menyelesaikan masalah sistem persamaan linear tiga variabel. *Jurnal Pendidikan Matematika, AL KHAWARIZMI*, 2(1), 19–28.
- Silmi, & Anugrahwaty, R. (2017). Implementasi metode eliminasi gauss pada rangkaian listrik menggunakan matlab. *Jurnal Politeknik Penerbangan Makasar*, 6(1), 30–35.

