METODA CRAMER UNTUK SOLUSI ANALISA RANGKAIAN LISTRIK MENGGUNAKAN SCILAB

Khoirul Anam[1], Yenni Arnas[2]
Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia

ABSTRAK: Permasalahan - permasalahan pada analisa rangkaian listrik banyak digunakan model matematika dalam penyelesaiannya. Model matematika tersebut selanjutnya dirumuskan secara numerik dalam Sistem Persamaan Linier (SPL). Persamaan linier tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan beberapa Metode Numerik yaitu Metode Eliminasi Gauss, metode Cramer, Metode Pembalikan Matriks (matriks invers), Metode Eliminasi Gauss-Jordan dan lain-lain. Untuk menghitung m persamaan dengan jumlah n variable yang tidak diketahui dari sistem yang besar dan kompleks, membutuhkan waktu yang cukup lama dan tidak efisien. untuk menyelesaikan perhitungan matematika yang besar dan komplek dengan cara yang mudah dapat menggunakan program Scilab. Pada penulisan ini penulis membatasi hanya pada penyelesaian Sistem Persamaan Linier menggunakan Scilab dengan Metode Cramer.

Kata Kunci: Metode Cramer, Rangkaian Listrik, Scilab.

ABSTRACT: *Many problems in electrical circuit analysis are widely used mathematical models in their completion. The mathematical model is then formulated numerically in the Linear Equation System. The linear equation can be solved using several Numerical Methods, namely the Gauss Elimination Method, the Cramer method, the Inverse Matrix Method, the Gauss-Jordan Elimination Method and others. To calculate m equations with an unknown number of n variables from large and complex systems, it takes a long time and is not efficient. to complete large and complex mathematical calculations with an easy way to use the Scilab program. At this writing the authors limit only the completion of the Linear Equation System using Scilab with the Cramer Method.*

Keyword: *Cramer Method, Electrical Circuit, Scilab.*

I. PENDAHULUAN

Dalam berbagai disiplin ilmu banyak persoalan- persoalan yang melibatkan model matematika, salah satunya adalah persoalan-persoalan dalam analisa rangkaian Listrik. Analisa rangkaian listrik biasanya diformulasikan ke dalam model yang berbentuk persamaan matematika. Persamaan tersebut mungkin sangat kompleks atau jumlahnya lebih dari dua persamaan. Metode numerik dengan bantuan komputer memberikan cara penyelesaian persoalan matematika dengan cepat dan akurat. Sebagai ilustrasi metode penyelesaian model matematika dengan menggunakan rumus-rumus persamaan- persamaan linier.

Misal m buah persamaan linier dengan n buah variabel :

$$
\begin{aligned}
&a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + ... + a_{1n}x_n = b_1\\
&a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + ... + a_{2n}x_n = b_2\\
&... ... ...\\
&... ... ...\\
&... ... ...\\
&a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + ... + a_{mn}x_n = b_m
\end{aligned}
$$

a dan b adalah skalar, di mana a disebut koefisien dan b disebut konstanta dari persamaan. x_1, x_2, ... , x_n disebut sebagai variabel.

Persamaan-persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai bentuk perkalian matriks sebagai berikut:

$$
\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & ... & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & ... & a_{2n} \\ ... & ... & ... & ... \\ a_{m1} & a_{m2} & ... & a_{mn} \end{pmatrix}
\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ ... \\ x_n \end{pmatrix} =
\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ ... \\ b_m \end{pmatrix}
$$

Dalam menyelesaikan sistem persamaan linear tersebut ada beberapa metode numerik untuk menyelesaikannya yaitu diantaranya dengan metode eliminasi Gauss, metode cramer, metode pembalikan matriks dan eliminasi Gauss Jordan.

Pada penulisan ini penulis membatasi pada penyelesaian persamaan linier menggunakan metode Cramer. Namun untuk menghitung jumlah m persamaan dengan jumlah n variable yang tidak diketahui dari sistem yang sangat besar dan kompleks, diperlukan komputer untuk menghitung persamaan tersebut. Program *Scilab* diharapkan dapat menjadi solusi untuk membantu menyelesaikan sistem persamaan linear dengan menggunakan metode Crammer.

II. KAJIAN TEORI

A. Hukum-hukum Dasar Listrik

1. Hukum Ohm

Jika sebuah penghantar atau resistansi atau hantaran dilewati oleh sebuah arus maka pada kedua ujung penghantar tersebut akan muncul beda potensial, atau Hukum Ohm menyatakan bahwa tegangan melintasi berbagai jenis bahan pengantar adalah berbanding lurus dengan arus yang mengalir melalui bahan tersebut. Secara matematis:

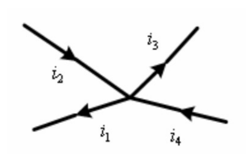
$$V = I.R$$

2. Hukum Kirchof I (KCL)

Jumlah arus yang memasuki suatu percabangan atau node atau simpul sama dengan arus yang meninggalkan percabangan atau node atau simpul, dengan kata lain jumlah aljabar semua arus yang memasuki sebuah percabangan atau node atau simpul sama dengan nol. Secara matematis:

ΣI pada satu titik percabangan = 0
ΣI masuk = ΣI keluar

Contoh :



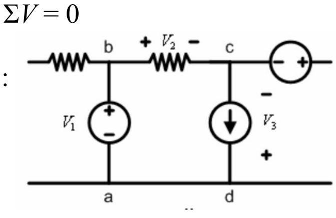
$$\sum arus\ masuk = \sum arus\ keluar$$
$$i_2 + i_4 = i_1 + i_3$$
$$i_2 + i_4 - i_1 - i_3 = 0$$

3. Hukum Kirchof II (KVL)

Jumlah tegangan pada suatu lintasan tertutup sama dengan nol, atau penjumlahan tegangan pada masing-masing komponen penyusunnya yang membentuk satu lintasan tertutup akan bernilai samadengan nol. Secara matematis:

$$\Sigma V = 0$$

Contoh :



$$v_{ab} + v_{bc} + v_{cd} + v_{da} = 0$$
$$-v_1 + v_2 - v_3 + 0 = 0$$
$$v_2 - v_1 - v_3 = 0$$

B. Metode Crammer

Sistem persamaan linier merupakan salah satu sistem persamaan yang terdiri dari sejumlah persamaan dan variabel yang berhingga. Untuk dapat menyelesaikan suatu sistem persamaan linier adalah mencari nilai-nilai variabel-variabel persamaan tersebut.

Ada dua cara untuk mencari penyelesaian persamaan linier :

- Metode langsung, yang mana terdiri dari metode eliminasi Gauss, eliminasi Gauss-Jordan, matriks invers dan metode Crammer.
- Metode tak langsung, yang sering disebut juga metode iterasi. Metode ini terdiri dari metode iterasi Jacobi dan metode iterasi Gauss-Seidel.

Dalam penulisan ini hanya dibahas tentang penyelesaian persamaan liner dengan menggunakan metode cramer. Metode cramer adalah salah satu metode untuk menetukan nilai variable dari sistem persamaan linier dengan menggunakan determinan matriks.

Jika aX = b, merupakan persamaan linier n variable yang tidak diketahui, maka dapat dinyatakan dalam bentuk matriks sebagai berikut :

[A][X] = [B]

Dimana matriks A merupakan matriks bujur sangkar berorde nxn dan matrik B berorde nx1, sehingga persamaan tersebut dapat diselesesaikan dengan cara sebagai berikut :

$$X_1 = \frac{detA_1}{\det A}, X_2 = \frac{detA_2}{\det A}, \ldots, X_n = \frac{detA_n}{\det A}$$

dimana A_j adalah matrik yang didapat dengan mengganti kolom ke-j dengan matrik b dan determinan matriks A tidak boleh sama dengan nol (0)

Misal diketahui sistem persamaan linier sebagai berikut :

$$a_{11}i_1 + a_{12}i_2 + a_{13}i = b_1$$
$$a_{21}i_1 + a_{22}i_2 + a_{23}i_3 = b_2$$
$$a_{31}i_1 + a_{32}i_2 + a_{33}i_3 = b_3$$

Persamaan-persamaan tersebut dapat dituliskan dalam bentuk matriks sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix}$$

Maka nilai i_1, i_2 dan i_3 dapat dihitung :

$$i_1 = \frac{detA_1}{\det A} = \frac{\begin{vmatrix} b_1 & a_{12} & a_{13} \\ b_2 & a_{22} & a_{23} \\ b_3 & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}}$$

$$i_2 = \frac{detA_2}{\det A} = \frac{\begin{vmatrix} a_{11} & b_1 & a_{13} \\ a_{21} & b_2 & a_{23} \\ a_{31} & b_3 & a_{33} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}}$$

$$i_3 = \frac{detA_1}{\det A} = \frac{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & b_2 \\ a_{31} & a_{32} & b_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}}$$

C. Scilab

Scilab adalah sebuah perangkat lunak yang dirancang dan dikembangkan untuk komputasi numerik serta untuk visualisasi data secara dua dimensi maupun tiga dimensi. Scilab juga merupakan sebuah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang berorientasi numerik. Scilab adalah suatu interpreter sehingga suatu kode program yang dibuat dapat dieksekusi secara langsung dan dilihat hasilnya tanpa harus melalui tahapan kompilasi.

Scilab adalah sebuah *freeware* yang dapat digunakan secara gratis untuk keperluan pribadi maupun komersial. Scilab tersedia dalam berbagai macam sistem operasi utama, seperti Windows (XP, Vista, 7, 8, 10), Linux, serta MacOS X.

Tampilan depan program scilab dapat dilihat pada Gambar 4 Tampilan depan program scilab

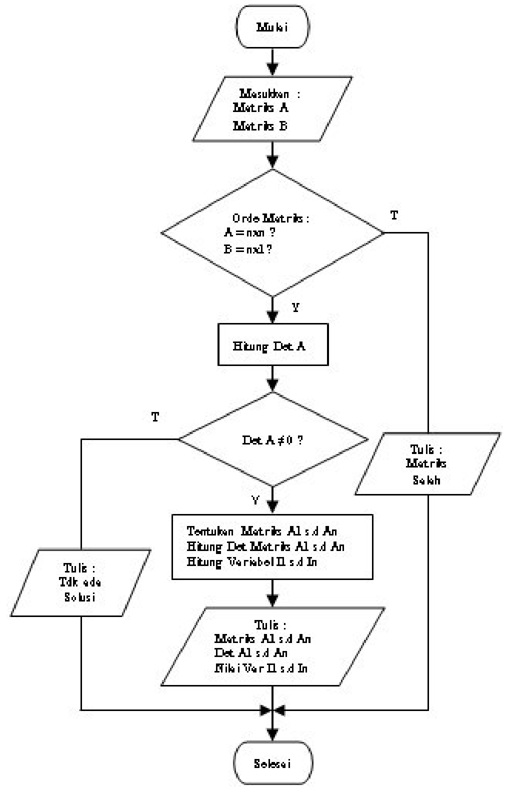
III.PEMBAHASAN

Ada enam tahapan yang harus dilakukan dalam menyelesaikan persoalan dengan metode numerik menggunakan Program Komputer, yaitu :

1. *Pemodelan*, Semua parameter dalam persoalan dimodelkan dalam bentuk persamaan matematika.
2. *Formulasi numerik,* Setelah model matematika yang sederhana diperoleh, tahap selanjutnya adalah memformulasikannya secara numerik, atau memilih metode numerik apa yang akan digunakan untuk penyelesaian persoalan tersebut.
3. *Menyusun algoritma,* Dari metode numerik yang dipilih kemudian kita buat algoritmanya
4. *Pemrograman,* Algoritma yang telah disusun diterjemahkan dalam program komputer, dengan terlebih dahulu membuat flowchart-nya kemudian dituliskan dalam bentuk program.
5. *Operasional*, Program komputer dijalankan dengan data uji coba sebelum menggunakan data sebenarnya.
6. *Evaluasi*, Bila program sudah selesai dijalankan dengan menggunakan data sesungguhnya, hasil yang diperoleh diinterpretasi. Interpretasi meliputi analisis hasil perhitungan dan membandingkannya dengan prinsip dasar dan hasil-hasil empirik untuk menentukan kualitas solusi numerik.

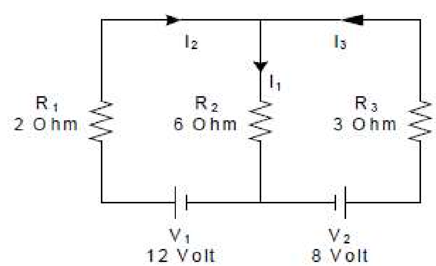
Adapun algoritma Analisa Rangkaian Listrik menggunakan metode cramer dengan program SCILAB adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan matriks A dan B.
2. Memerikasa ukuran matriks A dan B, matriks A harus matriks bujur sangkar dan matriks B harus matriks kolom yang jumlah barisnya sama dengan matriks A.
3. Menghitung nilai determinan matriks A
4. Memeriksa determinan matriks A, Karena jika determina matriks A = 0, maka persamaan tersebut kita tidak bisa dapatkan satu penyelesaian. Karena mungkin ada banyak penyelesaian, atau bisa juga tidak ada penyelesaian.
5. Mencari matriks A1 sampai dengan An berikut determinannya. Setelah itu masing-masing matriks dicari determinannya.
6. Mencari nilai masing-masing variable persamaan dengan membagi determinan matriks A1 sampai dengan An dengan determinan matriks A.



Gambar 1. Flowchart Program Scilab

A. Aplikasi Kasus Penyelesaian analisa rangkaian Listrik dengan 3 Variabel



Gambar 2. Rangkaian listrik 3 variabel

Dengan menggunakan hukum Kirchoff didapat persamaan sebagai berikut:

$$
\begin{aligned}
0i_1 + 8i_2 + 6i_3 &= 12 \\
0i_1 + 6i_2 + 9i_3 &= 8 \\
-i_1 + i_2 + i_3 &= 0
\end{aligned}
$$

Dari persamaan di atas dapat disusun ke dalam persamaan matriks di bawah ini:

$$\begin{bmatrix} 0 & 8 & 6 \\ 0 & 6 & 9 \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \\ 8 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Setelah terbentuk persamaan matriks, maka nilai arus i_1, i_2, dan i_3 dapat ditentukan dengan metode cramer dengan rumusan:

$$i_1 = \frac{detA_{i1}}{\det A} = \frac{\begin{vmatrix} 12 & 8 & 6 \\ 8 & 6 & 9 \\ 0 & 1 & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 0 & 8 & 6 \\ 9 & 6 & 9 \\ -1 & 1 & 1 \end{vmatrix}} = \frac{-52}{-36}$$

$$i_1 = 1{,}444\ A$$

$$i_2 = \frac{detA_{i2}}{\det A} = \frac{\begin{vmatrix} 0 & 12 & 6 \\ 9 & 8 & 9 \\ -1 & 0 & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 0 & 8 & 6 \\ 9 & 6 & 9 \\ -1 & 1 & 1 \end{vmatrix}} = \frac{-60}{-36}$$

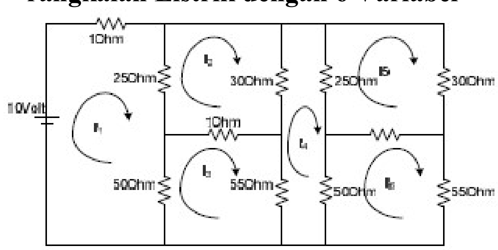
$$i_2 = 1{,}667\ A$$

$$i_3 = \frac{detA_{i3}}{\det A} = \frac{\begin{vmatrix} 0 & 8 & 12 \\ 9 & 6 & 8 \\ -1 & 1 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 0 & 8 & 6 \\ 9 & 6 & 9 \\ -1 & 1 & 1 \end{vmatrix}} = \frac{8}{-36}$$

$$i_3 = -0{,}222\ A$$

Dengan menggunakan Program Scilab didapat perhitungan yang sama dengan perhitungan manual yaitu, $i_1 = 1{,}444$ A; $i_2 = 1{,}667$ A; dan $i_3 = -\ 0{,}222$ A.

B. Aplikasi Kasus Penyelesaian analisa rangkaian Listrik dengan 6 Variabel



Gambar 3. Rangkaian listrik 6 variabel

Dengan menggunakan hukum Kirchoff didapat persamaan sebagai berikut:

$76i_1 - 25i_2 - 50i_3 + 0i_4 + 0i_5 + 0i_6 = 10$
$-25i_1 + 56i_2 - i_3 - 30i_4 + 0i_5 + 0i_6 = 0$
$-50i_1 - i_2 + 106i_3 - 55i_4 + 160i_5 - 25i_6 = 0$
$0i_1 - 30i_2 - 55i_3 + 160i_4 - 25i_5 - 50i_6 = 0$
$0i_1 + 0i_2 + 0i_3 - 25i_4 + 56i_5 - i_6 = 0$
$0i_1 + 0i_2 + 0i_3 - 50i_4 - i_5 + 106i_6 = 0$

Dari persamaan di atas dapat disusun ke dalam persamaan matriks di bawah ini:

$$\begin{bmatrix} 76 & -25 & -50 & 0 & 0 & 0 \\ -25 & 56 & -1 & -30 & 0 & 0 \\ -50 & -1 & 106 & -55 & 160 & -25 \\ 0 & -30 & -55 & 160 & -25 & -50 \\ 0 & 0 & 0 & -25 & 56 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -50 & -1 & 106 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ i_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Setelah terbentuk persamaan matriks, maka nilai arus i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, dan i_6 dapat ditentukan dengan metode cramer dengan rumusan:

$$i_1 = \frac{detA_{i1}}{\det A}$$

$$i_1 = \frac{\begin{vmatrix} 10 & -25 & -50 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 56 & -1 & -30 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 106 & -55 & 160 & -25 \\ 0 & -30 & -55 & 160 & -25 & -50 \\ 0 & 0 & 0 & -25 & 56 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -50 & -1 & 106 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 76 & -25 & -50 & 0 & 0 & 0 \\ -25 & 56 & -1 & -30 & 0 & 0 \\ -50 & -1 & 106 & -55 & 160 & -25 \\ 0 & -30 & -55 & 160 & -25 & -50 \\ 0 & 0 & 0 & -25 & 56 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -50 & -1 & 106 \end{vmatrix}}$$

$$i_1 = 0{,}2706\ A$$

$$i_2 = \frac{detA_{i2}}{\det A}$$

$$i_2$$

$$= \frac{\begin{vmatrix} 76 & 10 & -50 & 0 & 0 & 0 \\ -25 & 0 & -1 & -30 & 0 & 0 \\ -50 & 0 & 106 & -55 & 160 & -25 \\ 0 & 0 & -55 & 160 & -25 & -50 \\ 0 & 0 & 0 & -25 & 56 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -50 & -1 & 106 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 76 & -25 & -50 & 0 & 0 & 0 \\ -25 & 56 & -1 & -30 & 0 & 0 \\ -50 & -1 & 106 & -55 & 160 & -25 \\ 0 & -30 & -55 & 160 & -25 & -50 \\ 0 & 0 & 0 & -25 & 56 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -50 & -1 & 106 \end{vmatrix}}$$

$$i_2 = 0{,}1748\ A$$

$$i_3 = \frac{detA_{i3}}{\det A}$$

i_3

$$= \frac{\begin{vmatrix} 76 & -25 & 10 & 0 & 0 & 0 \\ -25 & 56 & 0 & -30 & 0 & 0 \\ -50 & -1 & 0 & -55 & 160 & -25 \\ 0 & -30 & 0 & 160 & -25 & -50 \\ 0 & 0 & 0 & -25 & 56 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -50 & -1 & 106 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 76 & -25 & -50 & 0 & 0 & 0 \\ -25 & 56 & -1 & -30 & 0 & 0 \\ -50 & -1 & 106 & -55 & 160 & -25 \\ 0 & -30 & -55 & 160 & -25 & -50 \\ 0 & 0 & 0 & -25 & 56 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -50 & -1 & 106 \end{vmatrix}}$$

$i_3 = 0{,}1239\,A$

$$i_4 = \frac{detA_{i4}}{\det A}$$

i_4

$$= \frac{\begin{vmatrix} 76 & -25 & -50 & 10 & 0 & 0 \\ -25 & 56 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -50 & -1 & 106 & 0 & 160 & -25 \\ 0 & -30 & -55 & 0 & -25 & -50 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 56 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 106 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 76 & -25 & -50 & 0 & 0 & 0 \\ -25 & 56 & -1 & -30 & 0 & 0 \\ -50 & -1 & 106 & -55 & 160 & -25 \\ 0 & -30 & -55 & 160 & -25 & -50 \\ 0 & 0 & 0 & -25 & 56 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -50 & -1 & 106 \end{vmatrix}}$$

$i_4 = 0{,}0966\,A$

$$i_5 = \frac{detA_{i5}}{\det A}$$

i_5

$$= \frac{\begin{vmatrix} 76 & -25 & -50 & 0 & 10 & 0 \\ -25 & 56 & -1 & -30 & 0 & 0 \\ -50 & -1 & 106 & -55 & 0 & -25 \\ 0 & -30 & -55 & 160 & 0 & -50 \\ 0 & 0 & 0 & -25 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -50 & 0 & 106 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 76 & -25 & -50 & 0 & 0 & 0 \\ -25 & 56 & -1 & -30 & 0 & 0 \\ -50 & -1 & 106 & -55 & 160 & -25 \\ 0 & -30 & -55 & 160 & -25 & -50 \\ 0 & 0 & 0 & -25 & 56 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -50 & -1 & 106 \end{vmatrix}}$$

$i_5 = 0{,}0439\,A$

$$i_6 = \frac{detA_{i6}}{\det A}$$

i_6

$$= \frac{\begin{vmatrix} 76 & -25 & -50 & 0 & 0 & 10 \\ -25 & 56 & -1 & -30 & 0 & 0 \\ -50 & -1 & 106 & -55 & 160 & 0 \\ 0 & -30 & -55 & 160 & -25 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -25 & 56 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -50 & -1 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 76 & -25 & -50 & 0 & 0 & 0 \\ -25 & 56 & -1 & -30 & 0 & 0 \\ -50 & -1 & 106 & -55 & 160 & -25 \\ 0 & -30 & -55 & 160 & -25 & -50 \\ 0 & 0 & 0 & -25 & 56 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -50 & -1 & 106 \end{vmatrix}}$$

$i_6 = 0{,}0460$

Dengan menggunakan Program Scilab didapat perhitungan yang sama dengan perhitungan manual yaitu:

i_1 = 0,2706 A; i_2 = 0,1748 A; i_3 = 0,1239 A; i_4 = 0,0966 A; i_5 = 0,0439 A; i_6 = 0,0460 A.

Program scilab dan tampilan hasil perhitungan scilab dapat dilihat pada gambar 5 dan 6

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan kasus-kasus Permasalahan analisa rangkaian listrik yang telah dilakukan pada tulisan ini, bahwa metode cramer dapat menjadi solusi analisa analisa rangkaian listrik. Implementasi metode Crammer menggunakan software Scilab dapat membantu proses perhitungan dengan hasil yang akurat dan tidak membutuhkan waktu yang lama, khususnya untuk persoalan-persoalan yang komplek dan dan banyak.

DAFTAR PUSTAKA

Silmi, Rina Anugrahwaty, "Implementasi Metode Eliminasi Gauss Pada Rangkaian Listrik Menggunakan *Matlab*," Politeknik Negeri Medan Teknik Mesin, JITEKH, Vol 6, No 1, Tahun 2017

Yuniarsi Rahayu, "Penerapan Metode Numerik Pada Rangkaian Listrik Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dian Nuswantoro Semarang *Techno.COM, Vol. 10, No. 4, November 2011*.

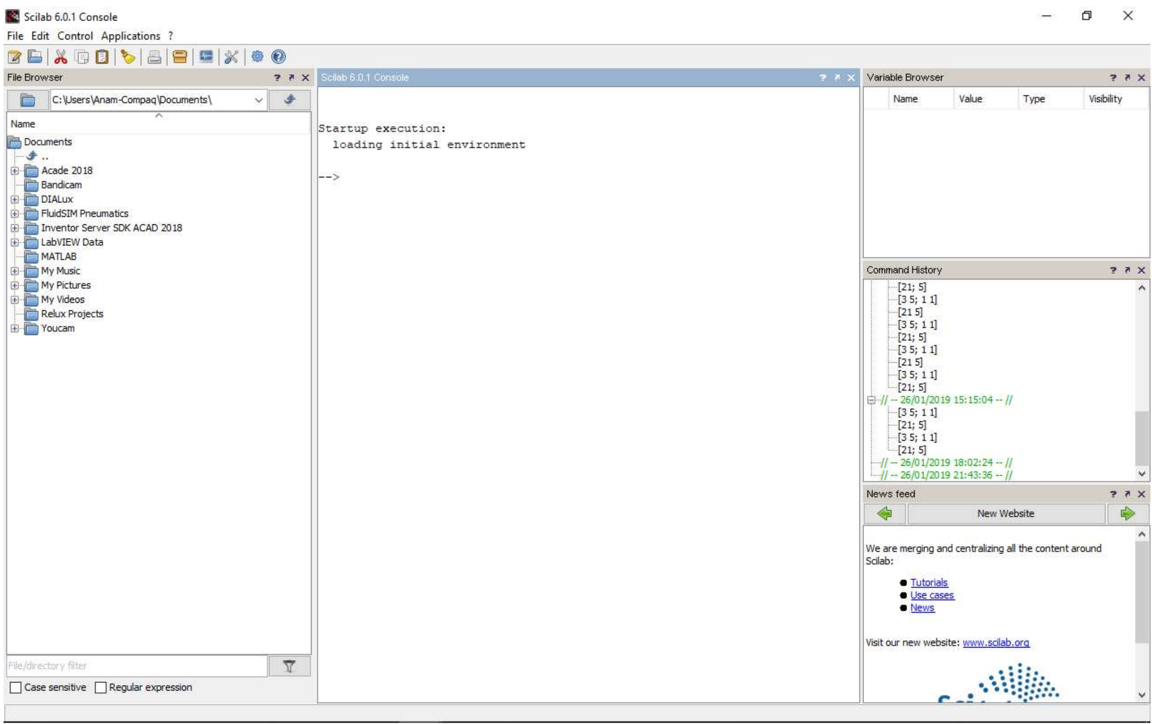
Rina Candra Noor Santi, “Implementasi Sistem Persamaan Linier menggunakan Metode Aturan *Cramer*”, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Stikubank, *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK Volume 17, No.1, Januari 2018.*

Ramdhani, Mohamad.2005. *Rangkaian Listrik*. STTTELKOM ; Bandung

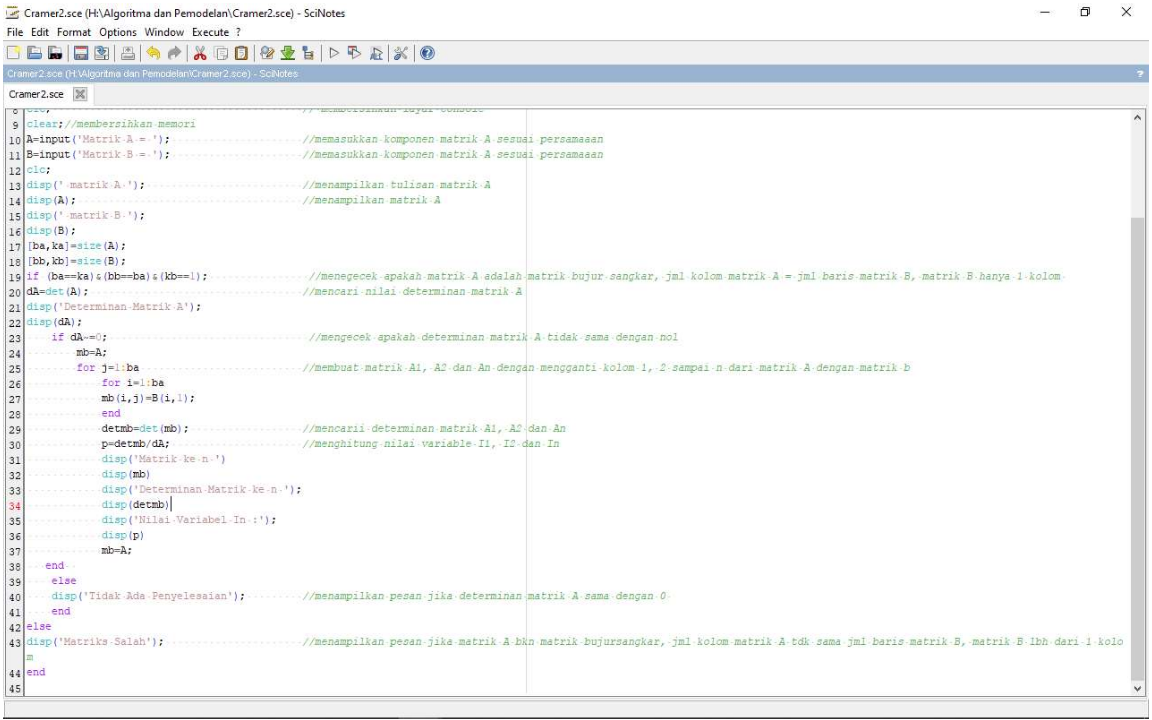
William H. Hayt, Jr, Jack E. Kemmerly, 1996. *Rangkaian Listrik alih bahasa* Pantur Silaban, Ph.D, Departemen Fisika, ITB.

Stephen L. Campbell, Jean-Philippe Chancelier, and Ramine Nikoukhah. 2006. Modeling and Simulation in Scilab/Scicos.

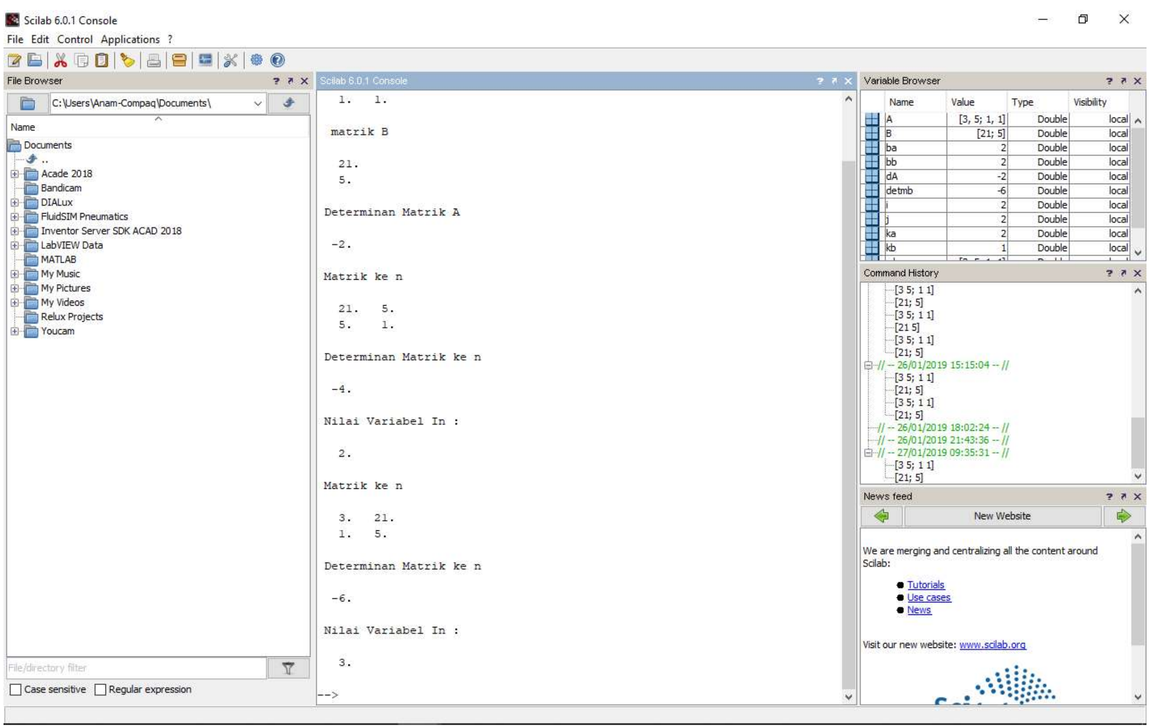
Saifuddin Arief 2015. Pengenalan Scilab perangkat lunak gratis untuk komputasi numerik dan visualisasi data.



Gambar 4 Tampilan depan program scilab



Gambar 5 Program scilab



Gambar 6 Tampilan Hasil Perhitungan scilab