SIMULASI MODEL RLC BERBANTUAN MS EXCEL

ASSISTED RLC MODEL SIMULATION MS EXCEL

Endang Habinuddin

(Staf Pengajar UP MKU Politeknik Negeri Bandung)
(Email : end_.hab@yahoo.co.id)

ABSTRAK

Sistem rangkaian listrik RLC seri dengan *input* tegangan berbentuk mode atau /persamaan diferensial linear orde dua terhadap waktu.. Persamaan ini diselesaikan secara numerik dengan metode Euler dan Runge-Kutta yang disimulasikan dengan berbantuan MS Excel. Simulasi dilakukan untuk menentukan nilai *output* (respons) berupa muatan dan arus pada setiap saat serta grafik secara numerik. Kedua metode dibandingkan. Diperoleh data bahwa metode Runga-Kutte lebih baik dibandingkan dengan metode Euler dengan memperhatikan *output* serta besarnya nilai kesalahan yang dihasilkan . Untuk nilai arus pada saat 0,80 detik dengan induktansi L = 2 H, tahanan R =16 ohm , kapasitansi C= 0,02 farad serta tegangan sumber v = 100 sin 3t volt , besarnya nilai kesalahan metode Euler lebih besar daripada nilai kesalahan metode Runge Kutta, yaitu $1,85x10^{-1}$ dan $9,81x10^{-6}$

Kata kunci : Simulasi, numerik, nilai output,, nilai kesalahan.

ABSTRACT

RLC series circuit system with a voltage input has second order linear differential equation in respect to time. This equation was solved numerically by Euler and Runge Kutta Methods and simulated using MS Excel.This simulation is intended to determine the solution or output system in form of the charge and the current at every shown with graph. Both methods were compared and it was found that the Runge – Kutta method is better than Euler method at solution and error values. For the current value at 0,08 second with Inductance L = 2 Henry, Resistance R =16 Ohm , Capacitance C = 0,02 farad and voltage input v = 100 sin 3t volt, the error value of Euler method is greater than Runge Kutta method respectively is $1,85x10^{-1}$ *dan* $9,81x10^{-6}$ *.*

Keywords : Simulation, numeric, solution, error value.

Pendahuluan

Pemahaman metode analisis dalam menyelesaikan masalah matematika yang dimodelkan dengan persamaan diferensial sangat diperlukan. Akan tetapi, pada saat tertentu pemahan ini seringkali dihadapkan pada masalah matematika yang memerlukan perhitungan-perhitungan yang cukup panjang dan memerlukan waktu yang cukup lama. Pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan metode numerik, yang secara teoritik telah dilakukan yang dikenal dengan metode Euler, metode Heun, dan metode Runga-Kutta. Metode ini juga dilakukan terutama didukung perkembangan komputer dengan perangkat-perangkat aplikasinya. Dengan metode ini, waktu yang digunakan relatif singkat, komputasi lengkap serta simulasi grafik yang mudah.
Salah satu model matematika dari masalah *engineering* dasar yang sering digunakan dalam pembelajaran matematika terapan dan pembelajaran elektro adalah masalah rangkaian listrik yang terdiri atas hambatan R, induktansi L, dan kapasitansi C. Jika R, L dan C disusun secara seri dengan *input* tegangan, model matematikanya berbentuk persamaan diferensial linear orde dua . Penyelesaian atau respons lengkap di antaranya dapat berupa arus atau muatan. Penyelesaian tersebut biasanya dilakukan secara analitis dengan metode-metode yang telah tersedia seperti metode variasi parameter dan metode koefisien tak tentu. Akan tetapi, sering ada kendala dalam pemahaman hasil baik secara matematika maupun fisisnya. Oleh karena itu, diperlukan bentuk dan media yang sederhana untuk dapat menunjangnya, seperti sejumlah hasil perhitungan atau penyajian secara grafik.

Berdasarkan uraian di atas, pada tulisan ini akan dibahas penyelesaian persamaan dari sistem RLC secara numerik dengan simulasi menggunakan perangkat aplikasi MS EXCEL.

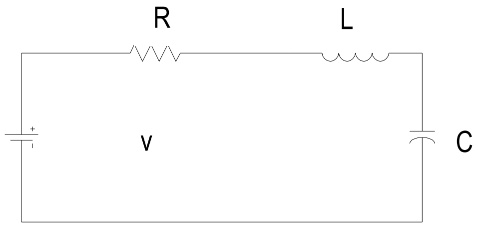
Tujuan

1. Menyelesaikan model rangkaian listrik RLC yang dimodelkan dengan persamaan diferensial secara numerik.
2. Membandingkan penggunaan metode Euler dan Runge-Kutta dalam komputasi numerik dengan bantuan MS Excel

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persamaan Diferensial Sistem

Suatu sistem rangkaian listrik RLC dengan induktansi L, tahanan R, dan sebuah kapasitor C yang disusun secara seri dengan *input* tegangan v ditunjukkan pada gambar 1 berikut :



Gambar 1 Rangkaian RLC

Dengan menggunakan hukum Kirchoff tegangan diperoleh

$$\mathrm{v(t)} = \mathrm{Ri(t)} + \mathrm{L\,di/dt} + 1/\mathrm{C}\int_0^t \mathrm{i(t)}\,dt, t > 0 \qquad (1)$$

Jika persamaan (1) didiferensialkan terhadap t , diperoleh persamanamaan berikut

$$\frac{\mathrm{dv(t)}}{\mathrm{dt}} = \mathrm{R}\frac{\mathrm{di(t)}}{\mathrm{dt}} + \mathrm{L}\frac{\mathrm{d}^2 i(t)}{dt^2} + \frac{1}{C}i(t) \qquad (2)$$

Keadaan awal untuk menyelesaikan persamaan ini adalah

$$\left.\frac{\mathrm{di(t)}}{\mathrm{dt}}\right|_{t=0^-} = 0 \text{ dan } \mathrm{i}(0^+)=0 \qquad (3)$$

Jika q(t) output dari sistem, persamaan diferensial (1) adalah

$$L\frac{d^2q}{dt^2}+R\frac{dq}{dt}+\frac{1}{C}q=v(t) \quad (4)$$

Untuk memperoleh penyelesaian persamaan diferensial (2) dan (4) secara eksak(analitis), dapat digunakan beberapa metode seperti metode variasi parameter, metode koefisien tak tentu. y(t) merupakan penyelesaian (tanggapan) lengkap sistem,

$$y(t) = y_{ho}(t) + y_{f0}(t) \quad (5)$$

dengan:

$y_{ho}(t)$ = tanggapan homogen, alami, bebas, dan *transient.*

$y_{f0}(t)$ = tanggapan paksa, akhir, *steady state*.

Tanggapan homogen didapatkan dengan menyelesaikan persamaan sistem pada saat masukan sama dengan nol . Tanggapan ini disebut tanggapan alami sistem yang merupakan tanggapan sistem sebelum ada masukan. Tanggapan paksa didapatkan dengan menerapkan masukan pada sistem.

2.2 Metode Numerik

Metode numerik merupakan metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah matematika yang cukup rumit dan hanya menggunakan operasi matematika biasa (+, * , /, -). Metode ini menghasilkan suatu komputasi dan memudahkan simulasi komputer. Di antara metode numerik untuk menyelesaikan persamaan diferensial adalah metode Euler dan metode Runge-Kuta. Secara umum, penyelesaian yang diperoleh dilakukan dengan menentukan harga y pada setiap langkah x dengan beda h dari sejumlah langkah N. Berikut ini adalah algoritma metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial orde satu dan dua :

a). Metode Euler

Metode ini digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial orde satu dengan bentuk :

$$y' = f(x, y) \text{ dan } y(x_0) = y_0 . \quad (6)$$

Jika $y = y_n$ pada $x = x_n$, penyelesaian ke n+1 adalah y_{n+1}. Algoritmanya sebagai berikut :

- Masukan x_0, y_0, h, dan N
- Keluaran y_{n+1} untuk solusi $y(x_{n+1})$ pada $x_{n+1} = x_0 + (n+1)h$

  Untuk n = 0, 1, …, N-1 , hitung

  $x_{n+1} = x_n + h$

  $y_{n+1} = y_n + f(x_n, y_n)h \quad (7)$

b). Metode Runge-Kutta-Nystrom

Metode ini digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial orde dua dengan bentuk :

$$y'' = f(x, y, y'),\ y(x_0) = y_0 \text{ dan}$$
$$y'(x_0) = y_0' . \quad (8)$$

Untuk memperoleh penyelesaian y_{n+1} pada x_{n+1} , algoritmanya sebagai berikut :

- Masukan x_0, y_0, h, dan N
- Keluaran y_{n+1} untuk solusi $y(x_{n+1})$ pada $x_{n+1} = x_0 + (n+1)h$,

  untuk n = 0, 1, …, N-1 , hitung

$$k_1 = \frac{1}{2}hf(x_n, y_n, y_n')$$

$$K = \frac{1}{2}h(y_n' + \frac{1}{2}k_1)$$

$$k_2 = \frac{1}{2}hf(x_n + \frac{1}{2}h, y_n + K, y_n' + k_1)$$

$$k_3 = \frac{1}{2}hf\left(x_n + \frac{1}{2}h, y_n + K, y_n' + k_2\right)$$

$$L = \frac{1}{2}h(y_n' + k_3)$$

$$k_4 = \frac{1}{2} hf \left(x_n + h, y_n + L, y_n' + 2k_3 \right)$$
$$x_{n+1} = x_n + h \;; \qquad (9)$$

dan

$$y_{n+1} = y_n + h(y_n' + \frac{1}{3}(k_1 + k_2 + k_3) \qquad (10)$$

$$y_{n+1}' = y_n' + \frac{1}{3}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \qquad (11)$$

5. Kesalahan Absolut

Hubungan antara nilai eksak, nilai perkiraan (numerik), dan kesalahan dapat direpresentasikan dalam bentuk berikut:

$p = p_* + E_e$ atau

$E_e = p - p_*$ (12)

dengan:

p = nilai eksak.
p_* = nilai perkiraan.
E_e = *kesalahan absolut* .

Pembahasan

Untuk melakukan simulasi rangkaian RLC baik berupa hasil komputasi maupun grafik atau diagram, diperlukan model, metode, dan perangkat/media simulasi . Pada pembahasan ini, digunakan model yang dinyatakan oleh persamaan (2) dan (4) dengan metode penyelesaian metode Euler dan Runge-Kutta serta berbantuan MS Excel. Simulasi ini pun akan dibandingkan dengan penyelesaian eksak untuk menunjukkan akurasi hasil yang dinyatakan oleh faktor kesalahan.

Dengan mengambil harga *L = 2 H, R=16 ohm, C 0,02 farad, v = 100 sin 3t, dan semua kondisi awal adalah nol, diperoleh model atau persamaan :*

$$q''(t) + 8q'(t) + 25q(t) = 50\sin 3t,$$
$$q(0) = 0 \quad q'(0) = 0 \qquad (13)$$

dan

$$i''(t) + 8i(t) + 25i(t) = 150\cos 3t,$$
$$i(0) = 0 \quad i'(0) = 0 \qquad (14)$$

Penyelesaian kedua persamaan berturut-turut adalah q dan i. Misalkan akan dihitung q dan i pada t = 0,80 det, serta simulasi grafiknya.

a). Penyelesaian untuk q sebagai berikut :

Metode Euler

Untuk menentukan q secara numerik dilakukan tahapan sebagai berikut :

- Ubah persamaan (13) dengan menyatakan q′ = v ke bentuk persamaan.(7) sehingga diperoleh sistem persamaan diferensial orde satu berikut

$$q'(t) = v(t), \quad q(0) = 0$$
$$v'(t) = 50\sin 3t - 25q(t) - 8v(t),$$
$$v(0) = 0 \quad ,(15)$$

- Simulasi numerik dihitung dengan algoritma sbb
  Berikan kondisi awal: $t_0 = 0$, $q_0 = 0$ dan $v_0 = 0$.
  Hitung q dan v ke n+1 dengan persamaan sebagai berikut

$$q_{n+1} = q_n + hv_n$$
$$v_{n+1} = v_n + h(-8v_n - 25q_n + 50\sin t_n)$$
$$t_{n+1} = t_n + h. \qquad (16)$$

Hitung besar kesalahan (E_e = q- q eksak) dengan q eksak :

$$q_{eksak}(t) = \frac{25}{52}(2\sin 3t - 3\cos 3t) + \frac{25}{52}e^{-4t}(3\cos 3t + 2\sin 3t) \qquad (17)$$

Dengan h = 0,025 dan diselesaikan dengan bantuan MS Excel, hasilnya seperti ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 1 Hasil Simulasi q Euler

	B	C	D	F	G
3	**h**	**t**	**q**	**q_eksak**	**Error**
4	**0.03**	0	0	0	0
5		0.025	0.000000	0.000371	3.71E-04
30		0.650	1.466987	1.453833	1.32E-02
31		0.675	1.531415	1.512397	1.90E-02
32		0.700	1.589066	1.564347	2.47E-02
33		0.725	1.639339	1.609142	3.02E-02
34		0.750	1.681705	1.646307	3.54E-02
35		0.775	1.715699	1.675427	4.03E-02
36		**0.800**	**1.740933**	**1.696154**	**4.48E-02**

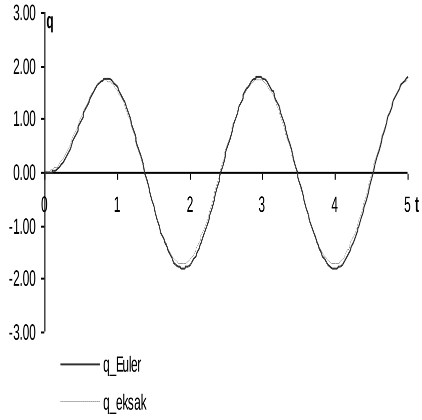
Penulisan dalam Excel :

B4 : = 0,05 ; C4 :=0 ; D4 : = 0;
E4 : = 0 ; E4 : = 0.
D5 : = D4 + $B$4*E4
E5 : = E4 + $B$4*(-25*D4 - 8*E4+50*SIN(3*C4))
F4 : =25/52*(2*SIN(3*C5)- 3*COS(3*C5))+25/52*EXP(- 4*C5)*(3*COS(3*C5)+2*SIN(3*C5))
F4 : = E4- D4.
(18)

Baris berikutnya di-*copy* sesuai dengan masing-masing kolom.

Hasil simulasi diperoleh q = 1.7940933 pada t = 0,80 det dengan besar kesalahan $e = 0{,}48x10^{-2}$. Diperoleh juga bahwa q maks = 1.799568 pada saat t = 2,95 det.

Dengan t dari 0 sampai 5,00 det , sketsa grafik q dan q eksak ditunjukkan pada gambar 2 :



Gambar 2 Grafik q-Euler dan q eksak

Dengan mengambil h yang berbeda-beda, diperoleh hasil q pada t =0,08 det seperti dalam tabel 2 berikut :

Tabel 2 Harga q pada t=0,08 det q(0.80)

h	q_Euler	q_Eksak	Error
0.025	1.740933	1.696154	4.48E-02
0.05	1.790465	1.696154	9.43E-02
0.1	1.968787	1.690492	2.78E-01
0.2	2.315792	1.696154	6.20E-01

Dari tabel terlihat h semakin kecil sehingga q numerik hasil semakin akurat (mendekati q eksak) dilihat dari nilai kesalahan yang semakin kecil.

Metode Runge-Kutta

Untuk menentukan q secara numerik, dilakukan tahapan sebagai berikut :

Ubah persamaan (15) menjadi :

$$q''(t) = 50\sin t - 25q(t) - 8q'(t),$$

$$q(0) = 0 \text{ dan } q'(0) = 0 \quad , (19)$$

Simulasi numerik dihitung dengan algoritma sbb:

Berikan kondisi awal: $t_0 = 0$ $q_0 = 0$, dan $q'_0 = 0$.

Hitung mulai n = 0 untuk :

$$k_1 = \frac{1}{2}h(50\sin 3t_n - 25q_n - 8q'_n)$$

$$K = \frac{1}{2}h(q_n^{'} + \frac{1}{2}k_1)$$

$$k_2 = \frac{1}{2}h(50\sin(t_n + \frac{1}{2}h) - 25(q_n + K) - 8(q_n^{'} + k_1))$$

$$k_3 = \frac{1}{2}h(50\sin(t_n + \frac{1}{2}h) - 25(q_n + K) - 8(q_n^{'} + k_2))$$

(20)

$$L = \frac{1}{2}h(q_n^{'} + k_3)$$

$$k_4 = \frac{1}{2}h(50\sin(t_n + h) - 25(q_n + L) - 8(q_n^{'} + 2k_3))$$

$$t_{n+1} = t_n + h \qquad (20)$$

Hitung

$$q_{n+1} = q_n + h(q_n^{'} + \frac{1}{3}(k_1 + k_2 + k_3) \qquad (21)$$

dan

$$q_{n+1}' = q_n' + \frac{1}{3}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \qquad (22)$$

Iterasi diulangi sesuai dengan nilai kesalahan yang diinginkan sehingga diperoleh hasil seperti ditunjukkan pada tabel 3 berikut

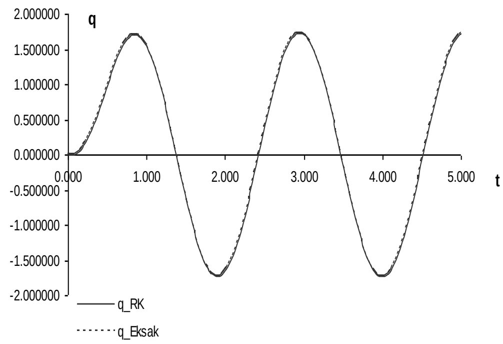
Tabel 3 Nilai q Runge Kutta

	B	I	K	L
3	**t**	**q_RK**	**q_eksak**	**error**
4	0	0	0	*0*
5	0.025	0.00037	0.00037	*4.51E-07*
30	0.650	1.45383	1.45383	*2.54E-09*
31	0.675	1.51239	1.51239	*2.43E-07*
32	0.700	1.56434	1.56434	*4.80E-07*
33	0.725	1.60914	1.60914	*7.06E-07*
34	0.750	1.64630	1.64630	*9.17E-07*
35	0.775	1.67542	1.67542	*1.11E-06*
36	**0.800**	**1.69615**	**1.69615**	***1.29E-06***

Penulisan dalam Excel :

C4 : =$A$4/2*(50*SIN(3*B4)-25*I4-8*J4)
D4 : =($A$4/2*(J4+0.5*C4))
E4 : =$A$4/2*(50*SIN(3*(B4+0.5*$A$4))-25*(I4+D4)-8*(J4+C4))
F4 : =$A$4/2*(50*SIN(3*(B4+0.5*$A$4))-25*(I4+D4)-8*(J4+E4))
G4: =$A$4*(J4+F4)
H4: =$A$4/2*(50*SIN(3*(B4+$A$4))-25*(I4+G4)-8*(J4+2*F4))
I4 : = 0
J4 : = 0.
I5 : =I4+$A$4*(J4+1/3*(C4+E4+F4))
J5 : =K4+1/3*(D4+2*F4+2*G4+I4)
(23)

Dengan *copy* untuk setiap kolom berikut dengan t dari 0 sampai 5,00, sketsa grafik q dengan q eksak diperoleh pada gambar berikut



Gambar 3 Grafik q Runge Kutta dan q eksak

Dengan mengambil h yang berbeda-beda, diperoleh hasil q pada t =0,08 det seperti dalam tabel 4 berikut

Tabel 4 Nilai q RK untuk harga berbeda **q(0,80)**

h	q_RK	q_Eksak	Error
0.025	1.696153	1.696154	*1.29E-06*
0.05	1.696135	1.696154	*1.90E-05*
0.1	1.695947	1.696154	*2.07E-04*
0,2	1.701000	1.696154	*4.85E-03*

b). Penyelesaian untuk menentukan arus i sebagai berikut :
Dengan menggunakan langkah-langkah yang sama seperti menentukan q, penyelesaiannya sebagai berikut :

Metode Euler

- *Ubah persamaan (14) dengan menyatakan i' = v ke bentuk persamaan (7), maka diperoleh sistem persamaan diferensial orde satu yaitu :*

  i' = v; i(0) = 0
  v' = 150 cos3t -25i- 8*v*, *dan*
  v(0) = *0.* *(24)*

Simulasi numerik dihitung dengan algoritma sbb :

- Berikan kondisi awal: $t_0 = 0$ $i_0 = 0$, dan $v_0 = 0$.
- Hitung i dan v dengan persamaan :

$$i_{n+1} = i_n + hv_n$$
$$v_{n+1} = v_n + h(150\cos t_n - 25q_n - 8v_n)$$
$$t_{n+1} = t_n + h. \qquad (25)$$

- Hitung besar kesalahan (E_e = i - i eksak) dengan

$$i_{eksak}(t) = \frac{75}{52}(2\cos 3t + 3\cos 3t) - \frac{25}{52}e^{-4t}(6\cos 3t + 17\sin 3t).$$

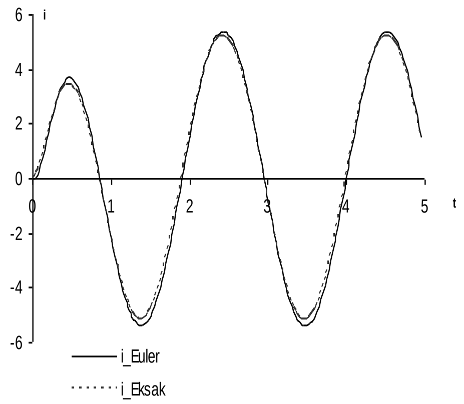
Dengan mengambil h = 0,025 dan menggunakan algoritma tersebut serta diselesaikan dengan bantuan MS Excel, hasilnya seperti pada tabel 5 berikut

Tabel 5 Nilai i Euler

	B	C	D	F	G
3	**h**	**t**	**i**	**i_eksak**	**Error**
4	**0.025**	0	0	0	0
5		0.025	0.000000	0.043823	4.38E-02
6		0.050	0.093750	0.163655	6.99E-02
7		0.075	0.262236	0.343302	8.11E-02
8		0.100	0.488258	0.568188	7.99E-02
34		0.750	1.550350	1.328231	2.22E-01
35		0.775	1.203414	0.999049	2.04E-01
36		**0.800**	**0.842751**	**0.657253**	**1.85E-01**

B4 : = 0,05 ; C4 :=0 ; D4 : = 0; E4 : = 0 ; E4 : = 0.
D5 : = D4 + $B$4*E4
E5 : = E4 + $B$4*(-25*D4-8*E4+150*cos(3*C4))
F5 : =75/52*(2*COS(3*C5)+3*SIN(3*C5))-25/52*EXP(-4*C5)*(17*SIN(3*C5)+6*COS(3*C5))
F4 : = E4- D4.
(26)

Dengan meng-*copy* untuk setiap kolom berikut dengan t dari 0 sampai 5,00, sketsa grafik i dengan i eksak diperoleh pada gambar 4 berikut,



Gambar 4 Grafik q Runge-Kutta dan q eksak

Dengan mengambil h yang berbeda-beda, diperoleh hasil i pada t = 0,08 det seperti dalam tabel 6 berikut

Tabel 6 Nilai i untuk 0,08 detik

i(0,80)

h	i_Euler	i_Eksak	Error
0.025	0.842751	0.657253	1.85E-01
0.05	1.037946	0.657253	3.81E-01
0.1	1.461476	0.657253	8.04E-01
0.2	2.714952	0.657253	2.06E+00

b). Metode Runge-Kutta

Ubah persamaan(15) menjadi :

$$i''(t) = 150\cos t - 25 i(t) - 8 i'(t)\,,$$
$$i(0) = 0 \text{ dan } i'(0) = 0 \qquad (27)$$

- *Simulasi numerik dihitung dengan algoritma sebagai berikut*

Berikan kondisi awal: $t_0 = 0$ $i_0 = 0$, dan $i'_0 = 0$.

Hitung mulai n = 0

$$k_1 = \frac{1}{2} h(150\cos 3t_n - 25 i_n - 8 i'_n)$$

$$K = \frac{1}{2} h(i'_n + \frac{1}{2} k_1)$$

$$k_2 = \frac{1}{2} h(150\cos(t_n + \frac{1}{2} h) - 25(i_n + K) - 8(i'_n + k_1))$$

$$k_3 = \frac{1}{2} h(150\cos(t_n + \frac{1}{2} h) - 25(i_n + K) - 8(i'_n + k_2))$$

(28)

$$L = \frac{1}{2} h(i'_n + k_3)$$

$$k_4 = \frac{1}{2} h(150\cos(t_n + h) - 25(i_n + L) - 8(i'_n + 2k_3))$$

$$t_{n+1} = t_n + h$$

Hitung

$$i_{n+1} = i_n + h(i'_n + \frac{1}{3}(k_1 + k_2 + k_3) \qquad (29)$$

dan

$$i_{n+1}' = i_n' + \frac{1}{3}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \qquad (30)$$

Iterasi diulangi sesuai dengan yang hasil atau nilai kesalahan yang ditentukan.

Dengan mengambil h = 0,025 dan menggunakan algoritma b) serta diselesaikan dengan bantuan MS Excel, hasilnya seperti pada tabel 7 berikut,

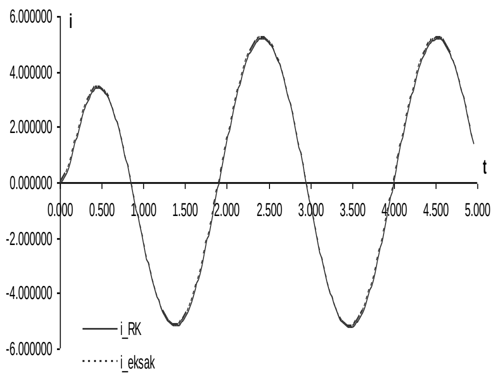
Tabel 7 Nilai arus i RK dan i eksak

	B	I	K	L
3	t	i_RK	i_eksak	error
4	0	0	0	*0*
5	0.025	0.04382	0.04382	*4.66E-06*
6	0.050	0.16366	0.16365	*7.33E-06*
7	0.075	0.34331	0.34330	*8.41E-06*
8	0.100	0.56819	0.56818	*8.26E-06*
34	0.750	1.32821	1.32823	*1.22E-05*
35	0.775	0.99903	0.99904	*1.10E-05*
36	0.800	0.65724	0.65725	*9.81E-06*

Penulisan dalam Excel :

C4 : =$A$4/2*(150*COS(3*B4)-25*I4-8*J4)
D4 : =($A$4/2*(J4+0.5*C4))
E4 : =$A$4/2*(150*COS(3*(B4+0.5*$A$4))-25*(I4+D4)-8*(J4+C4))
F4 : =$A$4/2*(150*COS(3*(B4+0.5*$A$4))-25*(I4+D4)-8*(J4+E4))
G4: =$A$4*(J4+F4)
H4: =$A$4/2*(150*COS(3*(B4+$A$4))-25*(I4+G4)-8*(J4+2*F4))
I4 : = 0
I5 : =I4+$A$4*(J4+1/3*(C4+E4+F4))

Dengan meng-*copy* untuk setiap kolom berikut dengan t dari 0 sampai 5,00, sketsa grafik i dengan i eksak diperoleh pada gambar



Gambar 4 Grafik i Runge Kutta dan i eksak

Dengan mengambil h yang berbeda-beda, diperoleh hasil i pada t =0,08 det seperti dalam tabel berikut :

Tabel 7 Nilai i Runge-Kutta untuk 0,08 detik i(0,80)

h	i_RK	i_Eksak	Error
0.025	0.657243	0.657253	*9.81E-06*
0.05	0.657064	0.657253	*1.89E-04*
0.1	0.652994	0.657253	*4.26E-03*
0.2	0.528423	0.657253	*1.29E-01*

Simpulan

Simulasi rangkain RLC sumber tegangan dengan model/ persamaan diferensial linear orde dua diselesaikan secara numerik dengan mengambil *output* (respons) berupa muatan (q) dan arus (i). Dengan menggunakan metode metode Euler dan Runge-Kutta serta mengambil harga R, L , C, tegangan sumber soinusoidal, hasil yang diperoleh dapat dijadikan pendekatan nilai eksak. Hal ini dapat ditunjukkan dengan memperhatikan nilai kesalahan yang cukup kecil.
Dengan mengambil L = 2 H, R=16 ohm, C 0,02 farad, v = 100 sin 3 ampere t, dihitung harga muatan dan arus pada waktu 0,08, dapat disimpulkan sebagai berikut :
metode Runge-Kutta menghasilkan lebih baik atau akurat. Hal ini dapat diperhatikan dari nilai kesalahan yang lebih kecil daripada metode Euler.

Untuk h yang semakin kecil, harga muatan dan arus cukup dekat dengan harga eksaknya. Hal ini dapat ditunjukkan arus pada saat 0,80 detik, arus i eksak 0.657253 ampere , arus i RK sama dengan 0.657243 ampere untuk h = 0,025 dan 0.657064 ampere untuk h = 0,05

Penggunaan MS Excel dengan fasilitas komputasi matematika dasar ternyata sangat membantu secara efektif untuk persamaan dan menyelesaikan matematika lanjut seperti bentuk persamaan diferensial. Kombinasi metode numerik dengan komputer sangat membantu dalam komputasi dan grafik. Hasil yang diperoleh dapat dengan mudah dipahami

DAFTAR PUSTAKA

Edminister, A. Joseph. 1972. Electric Circuits In SI Units, Schaums's Outline Series, McGraw-Hill Book Company, New York.

http://numericalmethods.eng.usf.edu, Euler's Method for ordinary differential equations

http://doc-search-engine.com/search-

ordinary%20differential%20equations-doc.html

Faculty.kfupm.edu.sa/MATH/ahasan/coursecontents/chapter10.doc, Numerical Methods for Ordinary Differential Equations.

Kreyszig, Erwin. 1988. Advanced Mathematics Engineering, Sixth Edition, John Wiley & Sons (SEA), Singapore.

pcwww.liv.ac.uk/~mehou/Y2_Eng_Analysis/ Differential.doc

Spiegel, R. Murray, Silaban, 1985. Transformasi Laplace, Penerbit Erlangga, Jakarta.