

# METODE NUMERIK PADA RANGKAIAN RLC SERI MENGUNAKAN VBA EXCEL

Latifah Nurul Qomariyatuzzamzami<sup>1</sup>, Neny Kurniasih<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Departemen Fisika, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 40132

latifah\_zamzami@yahoo.co.id

## Abstrak

Telah dirancang program dengan menggunakan VBA Excel untuk menentukan nilai tegangan resistor, induktor, dan kapasitor rangkaian RLC seri dengan metode numerik dan analitik, menggambarkan arus dan tegangan R, L, dan C sebagai fungsi waktu, dan menentukan frekuensi resonansi pada rangkaian RLC seri. Metode numerik yang digunakan adalah metode diferensiasi numerik beda maju untuk menentukan nilai tegangan pada induktor dan metode integrasi numerik kaidah trapesium untuk menentukan nilai tegangan pada kapasitor. Hasilnya dapat disimpulkan bahwa menghitung tegangan pada R, L, dan C dapat dilakukan dengan VBA Excel secara numerik yang hasilnya mendekati perhitungan secara analitik. Arus dan tegangan R, L, dan C sebagai fungsi waktu dapat digambarkan dengan VBA Excel, di mana pada resistor arus sefasa dengan tegangan yang melaluinya, sedangkan pada induktor, arus tertinggal oleh tegangan dengan beda fasa sebesar  $90^\circ$  dan pada kapasitor arus mendahului tegangan dengan beda fasa sebesar  $90^\circ$ . Program dapat digunakan untuk menentukan frekuensi resonansi pada rangkaian RLC seri yang terjadi saat  $X_L=X_C$ , impedansinya  $Z=R$ , ditunjukkan dengan grafik hubungan antara arus dan frekuensi dan grafik hubungan antara impedansi dengan frekuensi.

**Kata Kunci:** arus, numerik, resonansi, RLC, tegangan

## I. PENDAHULUAN

Rangkaian RLC merupakan rangkaian yang terdiri dari resistor, induktor, dan kapasitor yang dapat dirangkai secara seri atau secara parallel. Dalam pembahasan ini rangkaian RLC yang digunakan adalah rangkaian RLC seri. Apabila rangkaian RLC seri ini dihubungkan dengan sumber tegangan arus bolak balik, maka besarnya arus yang melewati tiap komponen adalah sama. Namun, besarnya tegangan pada masing-masing komponen akan berbeda. Selain itu, rangkaian RLC seri juga dapat mengalami resonansi jika beroperasi pada frekuensi tertentu.

Untuk menentukan nilai tegangan pada resistor, induktor, dan kapasitor ini, sering dijumpai permasalahan karena adanya beda fasa pada tegangan di setiap komponen. Oleh karena itu, dirancang sebuah program dengan menggunakan *VBA Excel* yang dapat menghitung nilai tegangan pada masing-masing komponen dengan metode numerik yang hasilnya akan dibandingkan dengan perhitungan secara analitik. Selain itu, hasil perhitungan tersebut dapat disajikan dalam bentuk grafik, sehingga mempermudah visualisasi perbedaan fasa antara arus dan tegangan rangkaian RLC serta tegangan pada tiap komponen. Program ini juga dilengkapi dengan perhitungan untuk mengetahui frekuensi resonansi dari rangkaian RLC tersebut.

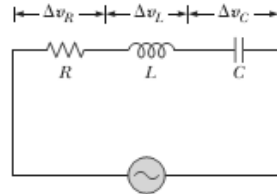
## II. METODE PENELITIAN

Rangkaian RLC seri (Gambar 1) dihubungkan dengan sumber tegangan arus bolak-balik  $V(t)$  yang besarnya diberikan oleh persamaan (1) akan memiliki arus sebesar  $I(t)$  yang berbeda fasa sebesar  $\phi$  terhadap tegangan yang ditunjukkan oleh persamaan (2). Beda fasa dapat dicari dengan menggunakan persamaan (3).

$$V(t) = V_{\max} \sin \omega t \quad (1)$$

$$I(t) = I_{\max} \sin(\omega t - \phi) \quad (2)$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{X_L - X_C}{R} \quad (3)$$



**Gambar 1.** Rangkaian RLC seri dihubungkan dengan sumber tegangan arus bolak balik [1]

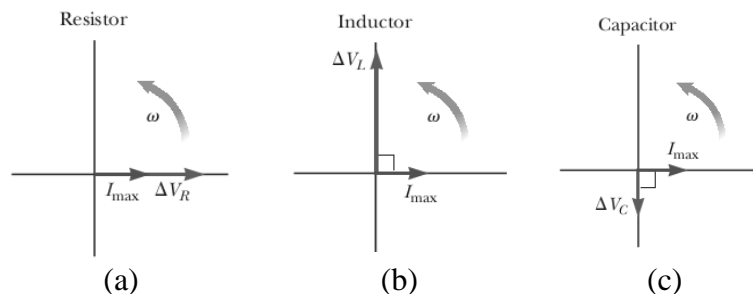
$I_{\max}$  merupakan arus maksimum yang besarnya ditentukan dengan menggunakan persamaan (4) yaitu:

$$I_{\max} = \frac{V_{\max}}{Z} \quad (4)$$

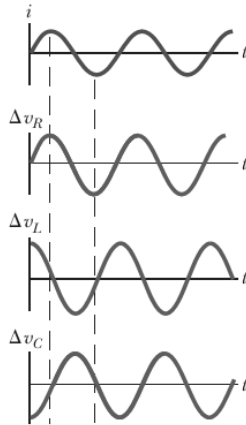
Di mana  $Z$  merupakan impedansi yang besarnya ditentukan oleh nilai resistansi, induktansi, dan kapasitansi dari komponen penyusunnya sesuai dengan persamaan (5) dengan  $X_L = \omega L$  merupakan reaktansi induktif dan  $X_C = \frac{1}{\omega C}$  adalah reaktansi kapasitif.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (5)$$

Hubungan antara arus dan tegangan pada masing-masing komponen digambarkan dalam fasor pada Gambar 2, di mana untuk resistor, arus dan tegangannya berada dalam satu fasa, sedangkan pada induktor, tegangan mendahului arus dengan beda fasa sebesar  $90^\circ$  dan pada kapasitor, tegangan tertinggal arus dengan beda fasa sebesar  $90^\circ$  [1]. Grafik arus dan tegangan sebagai fungsi waktu pada resistor, induktor, dan kapasitor ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 2.** Diagram fasor arus dan tegangan pada (a) resistor, (b) induktor, dan (c) kapasitor [1]



**Gambar 3.** Arus dan tegangan sebagai fungsi waktu pada masing-masing komponen rangkaian RLC [1]

Resonansi pada rangkaian RLC seri terjadi pada frekuensi di mana  $X_L = X_C$ , yaitu pada saat  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ . Hal tersebut ditandai dengan impedansi suatu rangkaian RLC seri minimum sama dengan nilai  $R$  dan arus mencapai nilai maksimum [2].

Program ini dirancang dengan menggunakan metode numerik dan metode analitik. Perhitungan secara numerik dan analitik akan dibandingkan. Dalam hal ini, perhitungan numerik dilakukan untuk menentukan tegangan pada induktor dan tegangan pada kapasitor.

Tegangan di induktor ditentukan berdasarkan persamaan (6) sebagai berikut:

$$V_L = L \frac{dI}{dt} \quad (6)$$

$\frac{dI}{dt}$  dicari dengan menggunakan diferensiasi numerik selisih maju (*Forward Difference*). Metode ini mengadopsi langsung definisi diferensial yang diuraikan berdasarkan deret Taylor seperti ditunjukkan persamaan (7) [3]:

$$f'(x) = \frac{f(x+h) - f(x)}{h} \quad (7)$$

Penentuan nilai  $h$  sebagai pias waktu dipilih sangat kecil yaitu 0.00000001 sekon supaya *error*-nya kecil. Persamaan (6) diaplikasikan untuk menurunkan arus sebagai fungsi waktu, sehingga persamaan differensialnya menjadi persamaan (8):

$$I'(t) = \frac{I(t+h) - I(t)}{h} \quad (8)$$

Sedangkan tegangan di kapasitor ditentukan berdasarkan persamaan (9).

$$V_C = \frac{1}{C} \int Idt \quad (9)$$

Secara numerik integral dari arus sebagai fungsi waktu digunakan integrasi numerik kaidah trapesium yang ditunjukkan oleh persamaan (10):

$$I \cong \frac{h}{2} \left[ f(x_0) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} f(x_i) + f(x_n) \right] \quad (10)$$

### III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Program yang dibuat dapat digunakan untuk menentukan nilai tegangan pada resistor, induktor, dan kapasitor serta tegangan pada rangkaian RLC yang dihubungkan dengan arus bolak-balik. Selain itu program ini dapat pula menggambarkan grafik arus dan tegangan sebagai fungsi waktu serta grafik hubungan antara arus terhadap frekuensi dan impedansi terhadap frekuensi sehingga dapat diketahui frekuensi resonansi pada rangkaian.

Uji program dilakukan dengan menggunakan besaran-besaran dengan nilai-nilai sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4 sebagai berikut:

Data	
Besaran	Nilai
Tegangan Maksimum (V)	311
Arus Maksimum (A)	0.2108
Frekuensi (Hz)	120
Frekuensi Sudut (rad/s)	754.286
Waktu Maksimum (s)	100
Resistansi R (Ohm)	670
Induktansi L (H)	0.015
Kapasitansi C (F)	1E-06

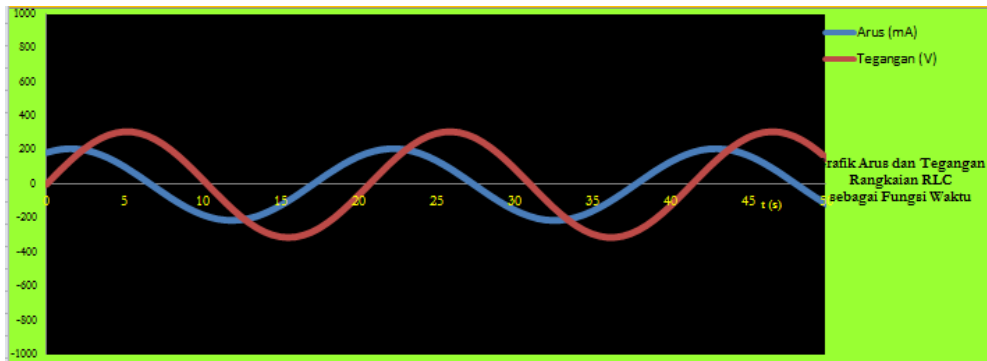
Gambar 4. Nilai-nilai besaran yang digunakan dalam perhitungan untuk uji program

Hasil perhitungan dengan metode numerik berdasarkan persamaan (6) dan (9) serta secara analitik ditampilkan pada Gambar 5. Perhitungan numerik tegangan pada induktor, dilakukan dengan memasukkan fungsi dari arus ke dalam persamaan (8). Sedangkan untuk tegangan pada kapasitor digunakan persamaan (10) dan pada program digunakan *syntax* "For" karena untuk menghitung integrasi, dilakukan perulangan n kali hingga mencapai waktu maksimum yang ditentukan. Hasil pada Gambar 5 menunjukkan bahwa error perhitungan secara numerik untuk tegangan pada induktor adalah sebesar  $1.9 \times 10^{-3} \%$ , sedangkan error perhitungan pada tegangan kapasitor adalah 1.4 %.

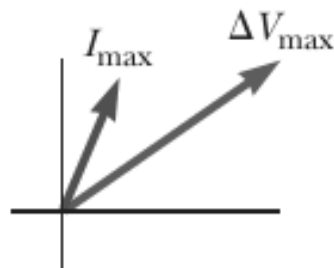
Berdasarkan nilai-nilai yang dihasilkan dalam perhitungan dapat diketahui bahwa tegangan pada kapasitor lebih besar dari pada tegangan pada induktor, sehingga rangkaian RLC ini bersifat kapasitif karena nilai  $X_L < X_C$ . Sifat kapasitif ini juga dapat dilihat berdasarkan grafik arus dan tegangan sebagai fungsi waktu dalam rangkaian RLC di mana tegangan pada RLC tertinggal oleh arus dengan beda fasa sebesar  $\phi$  (Gambar 6). Secara fasor, sifat kapasitif pada rangkaian ini dapat dilihat pada Gambar 7.

Olahan Data		
Besaran	Numerik	Analitik
Impedansi Z	1475.3512	1475.3512
Tegangan pada R (Vr)	4.4082872	4.4082872
Tegangan pada L (Vl)	2.3838573	2.3838109
Tegangan pada C (Vc)	-283.3206	-279.3354
Tegangan RLC Seri	-276.5284	-272.5433

Gambar 5. Hasil olah data secara numerik dan analitik



Gambar 6. Grafik arus dan tegangan pada rangkaian RLC yang bersifat kapasitif di mana arus mendahului tegangan



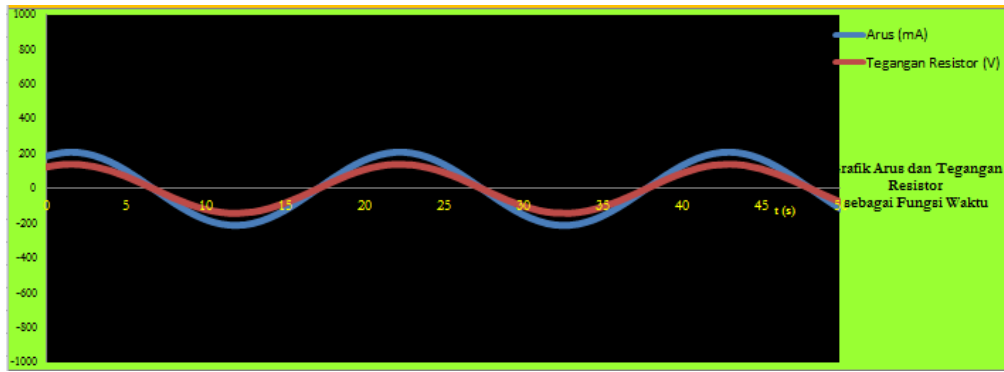
Gambar 7. Rangkaian RLC bersifat kapasitif, arus mendahului tegangan dengan beda fasa sebesar  $\phi$

Perhitungan nilai arus dan tegangan sebagai fungsi waktu pada masing-masing komponen disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut:

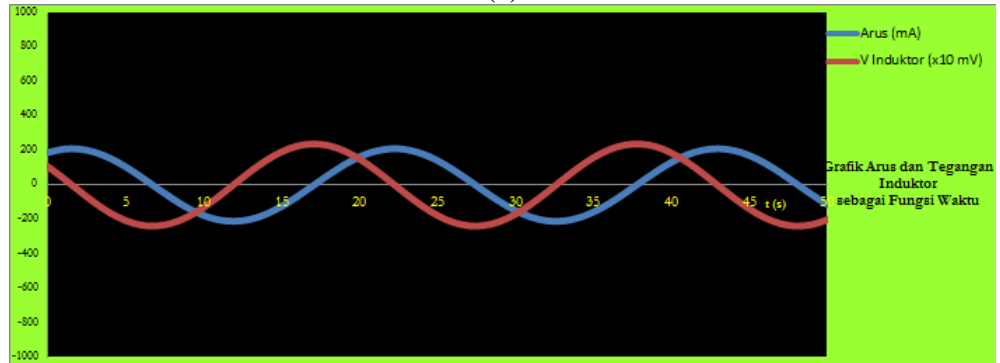
Tabel 1. Hasil perhitungan arus dan tegangan sebagai fungsi waktu pada rangkaian RLC

Tampilan Perhitungan					
t(s)	I (mA)	V <sub>r</sub> (V)	V <sub>l</sub> (x10 mV)	V <sub>c</sub> (V)	V (V)
0	187.8005	125.8263	107.4453962	-127.0595	-0.158724
1	207.8238	139.2419	39.4399903	-46.87258	92.76374
2	208.8532	139.9316	-32.1699889	37.59823	177.2082
3	190.7947	127.8325	-100.839828	118.6328	245.4568
4	155.2988	104.0502	-160.293526	188.825	291.2723
5	105.6095	70.75835	-205.097378	241.7598	310.4672
6	46.26813	30.99965	-231.156587	272.5993	301.2873
7	-17.30185	-11.59224	-236.089502	278.5248	264.5717
8	-79.29054	-53.12466	-219.445284	258.9949	203.6758
9	-134.0326	-89.80182	-182.745112	215.7944	124.1651
10	-176.5248	-118.2716	-129.343158	152.8716	33.30657
11	-202.8888	-135.8333	-64.1200335	75.87736	60.5866

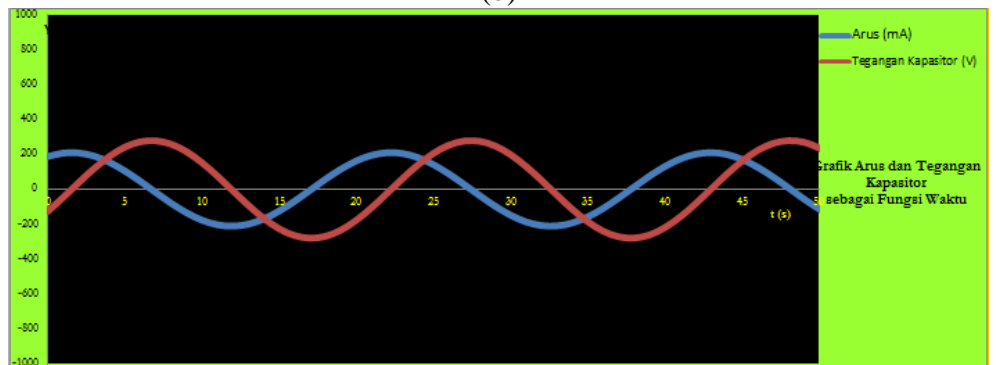
Hasil perhitungan ini dapat digunakan untuk memplot grafik arus dan tegangan sebagai fungsi waktu (Gambar 8) sehingga akan terlihat perbedaan fasa antara arus dan tegangan sebagai fungsi waktu pada resistor, induktor, dan kapasitor.



(a)



(b)



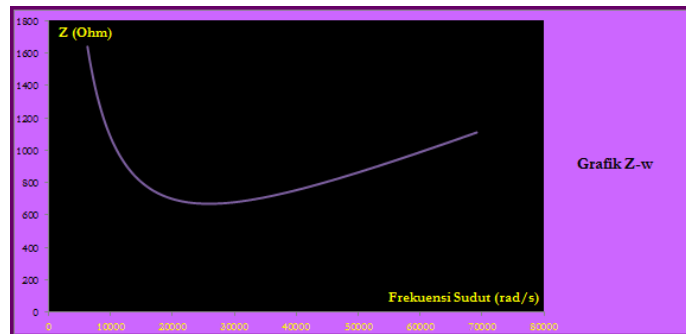
(c)

Gambar 8. Grafik arus dan tegangan sebagai fungsi waktu pada masing-masing komponen rangkaian RLC (a) resistor, (b) induktor, (c) kapasitor.

Hasil ini menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh dalam perhitungan secara numerik dan analitik yang diplotkan ini sesuai dengan hasil pada teori di mana pada resistor arus dan tegangannya sefasa. Sedangkan arus pada induktor tertinggal oleh tegangan sebesar  $90^\circ$  dan pada kapasitor arus mendahului tegangan dengan beda fasa sebesar  $90^\circ$ .

Selanjutnya untuk mengetahui frekuensi resonansi dari suatu rangkaian RLC seri, dilakukan uji program dengan menggunakan besaran-besaran yang ditunjukkan pada Gambar 9 berikut:





(b)

Gambar 11. Grafik hubungan antara (a) arus dengan frekuensi, di mana resonansi terjadi saat arus maksimum, (b) impedansi dengan frekuensi di mana resonansi terjadi saat impedansi bernilai minimum.

#### IV. SIMPULAN, SARAN, DAN REKOMENDASI

Menghitung tegangan pada R, L, dan C dapat dilakukan dengan VBA Excel secara numerik yang hasilnya mendekati perhitungan secara analitik. Arus dan tegangan R, L, dan C sebagai fungsi waktu dapat digambarkan dengan VBA Excel, di mana pada resistor arus sefasa dengan tegangan yang melaluinya, sedangkan pada induktor, arus tertinggal oleh tegangan dengan beda fasa sebesar  $90^\circ$  dan pada kapasitor arus mendahului tegangan dengan beda fasa sebesar  $90^\circ$ . Program dapat digunakan untuk menentukan frekuensi resonansi pada rangkaian RLC seri yang terjadi saat  $X_L = X_C$ , impedansinya  $Z = R$ , ditunjukkan dengan grafik hubungan antara arus dan frekuensi dan grafik hubungan antara impedansi dengan frekuensi.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Serway, Raymond A., Jewett, John W. 2010. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics Eighth Edition*. USA: Brooks/Cole Cengage Learning.
- [2]. Sutrisno. 1986. *Elektronika 1: Teori dan Penerapannya*. Bandung: Penerbit ITB.
- [3]. Setiawan, Agus. 2006. *Pengantar Metode Numerik*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.