DELTA JOURNAL OF PHYSICS

Vol 1, No. 1, 2023

PENYELESAIAN AKAR PERSAMAAN NON-LINEAR PADA RANGKAIAN SERI RLC OSILASI TEREDAM MENGGUNAKAN METODE SECANT

Defifi[1*], Shofwa Stelsya I[1], Dede Parwati[1], Khofifah Indah M.N[1], Rifqi Maulidi[1], Syarif Hidayat[1], Beta Nur Pratiwi[1]

[1]Program Studi Fisika, Fakultas Sains, UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten
*e-mail korespondensi: defifi841@gmail.com

ABSTRAK

Solusi persamaan matematika yang sulit diselesaikan tidak bisa dilakukan dengan menggunakan metode analitik tetapi harus diselesaikan dengan metode numerik. Metode numerik merupakan suatu metode yang digunakan untuk memformulasikan persoalan matematika secara matematis dengan cara operasi aritmatika. Dalam metode numerik terdapat dua buah jenis sistem persamaan yaitu persamaan linear dan persamaan non-linear. Salah satu metode penyelesaian persamaan non-linear yaitu metode secant. Dalam penelitian ini, peneliti akan mencari akar persamaan non-linear dalam rangkaian seri RLC osilasi teredam menggunakan metode secant. Metode penelitian yang digunakan yaitu secara eksperimental dengan menggunakan perangkat pemprograman *Matlab.* Hasil diperoleh secara jelas dalam mengetahui akar persamaan non-linear pada rangakaian seri RLC osilasi teredam.

Kata Kunci: Metode Secant, Non- Linear, Rangkain RLC

1. PENDAHULUAN

Persamaan non-linear yang digunakan untuk menghitung akar persamaan non-linear menggunakan variabel *x*, *f(x)*, atau secara umum dituliskan dengan persamaan : *f(x)=0*. Metode numerik adalah teknik dimana masalah matematika diformulasikan sedemikian rupa sehingga dapat diselesaikan oleh pengoprasian aritmatika. Metode numerik ini digunakan untuk menyelesaikan persoalan dimana perhitungan secara analitik tidak dapat digunakan. Metode numerik ini berawal dari pemikiran bahwa permasalahan dapat diselesaikan dengan menggunakan pendekatan yang dipertanggung jawabkan secara analitik [1]. Persamaan umum untuk rangkaian seri RCL adalah:

$$\frac{Q}{C}\frac{dQ}{dt} + LI\frac{dI}{dt} = -I^2R \tag{1}$$

Metode numerik memberikan cara-cara untuk menyelesaikan bentuk persamaan tersebut secara perkiraan hingga didapat hasil yang mendekati penyelesaian secara benar (eksak). Penyelesaian numerik dilakukan dengan perkiraan yang berurutan (iterasi), maka tiap hasil akan lebih teliti dari perkiraan yang sebelumnya. Banyak metode numerik yang telah dikembangkan untuk memecahkan persoalan non-linear diantaranya seperti metode Bisection, metode Secant, Metode Newton Raphson, Metode Pengali Lagrange dan Metode Karush Kuhn Tucker. Tetapi metode tersebut jarang digunakan untuk persoalan non-linear berskala besar misalnya metode Bisection yang tidak dapat digunakan untuk persamaan akar ganda, Metode Newton Raphson dan Secant yang tidak selalu konvergen, jika mengalami nilai awal yang salah, sekalipun telah dilakukan beberapa perbaikan pada metode-metode tersebut.

Metode Secant adalah metode yang mengatasi kelemahan dari Metode Newton Raphson. Metode Secant bertujuan untuk menyelesaikan masalah yang terdapat pada Metode Newton Raphson yang terkadang sulit mendapatkan turunan pertama. Metode Newton Raphson memiliki syarat dimana memiliki syarat dimana mencari nilai turunan pertama dari fungsi *f(x).* Metode Secant ini hampir sama dengan Metode Newton Raphson. Metode Secant adalah perbaikan dari Metode Regula-Falsi dan Newton Raphson dimana kemiringan dua titik dinyatakan secara diskrit, dengan mengambil bentuk garis lurus yang melalui satu titik. Metode Secant memerlukan 2 tebakan awal yang tidak harus mengurung atau mengapit akar. Perbedaan antara Metode Secant dan Newton Raphson dalam menentukan sebuah akar dari suatu fungsi adalah dalam menentukan x_{n+1}. Adapun kelebihan Metode Secant adalah dapat digunakan untuk mencari akar-akar persamaan dari persamaan polinominal kompleks atau persamaan yang turunan pertamanya sangat sulit didapatkan. Metode Secant telah dimodifikasi seperti metode baru dalam menyelesaikan persamaan nonlinear. Modifikasi metode secant lebih cepat konvergansi dari pada Metode Secant biasa [2].

Persamaan untuk mencari akar dengan metode Secant yaitu:

$$X_{i+1} = X_i - \frac{f(x_i)(x_{i-1}-x_i)}{f(x_{i-1})f(x_i)} \quad (2)$$

Dalam artikel ini, peneliti menggunakan software *Matlab* dalam pengoperasiannya untuk mencari nilai tebakan *t* (waktu) pada kondisi *under damping* dan *over damping*. Sehingga setelah mendapatkan nilai tebakan *t* (waktu) akan digunakan untuk menentukan nilai akar pada rangkaian seri RLC osilasi teredam[5].

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian kali ini kita menggunakan metode penelitian secara ekperimental dengan menggunakan perangkat pemprograman *Matlab.* Dengan mula-mula mencari nilai tebakan untuk kemudian dibawa atau diinputkan ke persamaan numerik metode secant, Sehingga dapat secara jelas mengetahui akar persamaan non-linear pada rangkaian seri RLC osilasi teredam.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan ini, peneliti membahas tentang metode secant untuk menghitung akar persamaan pada osilasi teredam, pertama peneliti menentukan besaran-besaran seperti muatan awal, resistansi, besaran induktor, kapasitor, bilangan Euler, dan lainnya untuk menentukan tebakan awal dan kondisi osilasi teredam tersebut dalam rangkaian RLC.

3.1.Penyelesaian kasus *under damping*

a. Mencari tebakan *t* untuk *under damping*

Listing program yang digunakan untuk mencari nilai tebakan t adalah sebagai berikut:

```
% metode Secant mencari tebakan
function Q=tebakan (t1, t2)
Q0=1; %muatan awal penuh
e=2.71828183; % bilangan euler
R=2; % hambatan dalam satuan ohm
L=3; % induktor dalam satuan H
C=1; % kapasitor dalam satuan farad
y=R/(2*L); %faktor redaman
wo=1/sqrt(L*C); %frek osilasi harmonik
w=sqrt((wo^2)- (y^2)); %frek osilasi teredam
phi=pi/2;
t1=2; % akar persamaan pertama
t2=8; % akar persamaan kedua
Q1=Q0*e^-y*t1*cos(w*t1+phi);
Q2=Q0*e^-y*t2*cos(w*t2+phi);
```

```
%cari tebakan t1 dan t2
  if Q1*Q2<0
     disp('benar')
     else
     disp('salah')
     end
  %evaluasi
     if R^2<4*L/C
    disp ('under damping')
  elseif R^2==4*L/C
   disp ('critically damping')
  elseif R^2>4*L/C
    disp ('over damping')
  end
  end
```

Selanjutnya kita *running* dengan memasukkan nilai tebakan, jika tebakan benar maka akan keluar informasi benar, artinya nilai tebakan ini yang selanjutnya digunakan di metode Secant dalam menentukan akar persamaan RLC. Contoh hasil running dapat diamati pada Gambar 1.

```
>> tebakanunder(2,8)

Q1 =

   -5.7983


Q2 =

   16.8774

benar
under damping

>>
```

Gambar 1. Tebakan Nilai t untuk *Under Damping*

Terlihat bahwa keadaan *under damping* dicapai ketika t_1 dan t_2 mempunyai nilai berturut-turut yaitu 2 sekon dan 8 sekon. Setelah menentukan tebakan $t_1$dan t_2 maka selanjutnya peneliti menginputkan pada listing program untuk mencari akar dengan metode secant, dengan listing program seperti pada poin b.

b. Listing Program Metode Secant untuk kondisi *under damping*

```
disp (' ')
disp (' ')
disp ('   XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX')
disp ('   +++++ MENGHITUNG AKAR PERSAMAAN PADA OSILASI TEREDAM
+++++')
disp ('   ====================  METODE SECANT
=====================')
disp ('   XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX')
disp (' ')
  disp (' ')
  Q0=1; %muatan awal penuh
```

```
e=2.71828183; %bilangan euler
R=2; %hambatan dalam satuan ohm
L=3; % induktor dalam satuan H
C=1; %kapasitor dalam satuan farad
y=R/(2*L); %faktor redaman
wo=1/sqrt(L*C); %frek osilasi harmonik
w=sqrt((wo^2)-(y^2)); %frek osilasi teredam
phi=pi/2;
t1=2; %tebakan akar pertama
t2=8; %tebakan akar kedua
%nilai fungsi masing-masing
Q1=Q0*e^-y*t1*cos(w*t1+phi);
Q2=Q0*e^-y*t2*cos(w*t2+phi);
s1=t2-(Q2/(Q2-Q1)) * (t2-t1);
Qs1=Q0*e^-y*s1*cos(w*s1+phi);
%input jumlah iterasi
M=5;
T1=zeros(M,1);
T2=T1;
S=T1;
QT1=T1;QT2=T1;QS=T1;
T1(1)=t1;T2(1)=t2;S(1)=s1;
QT1(1) =Q1;QT2(1)=Q2;QS(1)=Qs1;
for m=2:M
    if QS(m-1) <0
        T1(m)=S(m-1);
      T2(m)=T2(m-1);
  else
    T1(m)=T1(m-1);
    T2(m)=S(m-1);
       End
QT1(m)=Q0*e^y*T1(m)*cos(w*T1(m)phi);
QT2(m)=Q0*e^-y*T2(m)*cos(w*T2(m)+phi);
S(m)=T2(m)-(QT2(m)*(T2(m)-T1(m)))/(QT2(m)-QT1(m));
QS(m)=Q0*e^-y*S(m)*cos(w*S(m)+Phi);
end
It=1:m;
disp('iterasi ke-      Tm-1      Tm           S      Q(Tm-1)       Q(Tm)
Q(S)')
disp ([It' T1 T2 S QT1 QT2 QS]) %mengisi table
```

Selanjutnya kita jalankan listing di atas dengan memasukkan nilai tebakan t yang sudah diperoleh dari poin a, yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2.

```
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
   +++++ MENGHITUNG AKAR PERSAMAAN PADA
OSILASI TEREDAM +++++
     ==================== METODE SECANT
=====================
   XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

under damping
iterasi ke-       Tm-1       Tm          S
Q(Tm-1)       Q(Tm)        Q(S)
  Columns 1 through 3

    1.0000     2.0000     8.0000
    2.0000     3.5342     8.0000
    3.0000     5.4435     8.0000
    4.0000     6.4305     8.0000
    5.0000     6.6354     8.0000

  Columns 4 through 6

    3.5342    -1.1597     3.3755
    5.4435    -2.5209     3.3755
    6.4305    -2.1228     3.3755
    6.6354    -0.5068     3.3755
    6.6611    -0.0648     3.3755

  Column 7

   -2.5209
   -2.1228
   -0.5068
   -0.0648
   -0.0072
```

Gambar 2. Hasil *running* untuk *Under Damping*

Dari hasil running sebagaimana Gambar 2, dapat dituliskan lebih jelas dalam Tabel 1 yaitu hasil penyelesaian akar untuk kasus *under damping.*

Tabel 1. Hasil Akar Kondisi *Under Damping*

Iterasi	T_{m-1}	T_m	S	$Q(T_{m-1})$	Q(T_m)	Q(S)
1	2,00000	8,0000	3,5342	-1,1597	3,3755	-2,5209
2	3,5342	8,0000	5,4435	-2,5209	3,3755	-2,1228
3	5,4435	8,0000	6,4305	-2,1228	3,3755	-0,5068
4	6,4305	8,0000	6,6354	-0,5068	3,3755	-0,0648
5	6,6354	8,0000	6,6611	-0,0648	3,3755	-0,0072

Hasil akar yang diperoleh adalah nilai S dengan nilai $Q(S) = 0$ atau mendekati nol. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai akar adalah 6,6611 dengan nilai $Q(S) = -0{,}0072$, nilai akar ini perlu dicari kembali sampai nilai $Q(S) = 0$ atau mendekati nol dengan cara memperbanyak jumlah iterasi. Secara fisis artinya kondisi *under damping* rangkaian RLC seri terjadi pada waktu sekitar 6,6611 sekon.

3.2.Penyelesaian kasus *over damping*

a. Mencari tebakan *t* untuk *over damping*

Listing program yang digunakan untuk mencari nilai tebakan t adalah sebagai berikut:

```
% metode Secant mencari tebakan
function Q=tebakan (t1, t2)
Q0=1; %muatan awal penuh
e=2.71828183; %bilangan euler
R=10; %hambatan dalam satuan ohm
L=25; %induktor dalam satuan H
C=25; %kapasitor dalam satuan farad
y=R/(2*L);%faktor redamam
```

```
wo=1/sqrt(L*C);%frek osilasi harmonik
w=sqrt((wo^2)-(y^2));%frek osilasi redaman
phi=pi/2;
t1=12;% akar persamaan pertama
t2=16;% akar persamaan kedua
Q1=Q0*e^-y*t1*cos(w*t1+phi);
Q2=Q0*e^-y*t2*cos(w*t2+phi);
%cari tebakan t1 dan t2
if Q1*Q2<0
    disp('benar')
else
    disp('salah')
end
%evaluasi
if R^2<4*L/C
    disp('under damping')
elseif R^2==4*L/C
    disp('critically damping')
elseif R^2>4*L/C
    disp ('over damping')
end
    end
```

Selanjutnya kita *running* dengan memasukkan nilai tebakan, jika tebakan benar maka akan keluar informasi benar, artinya nilai tebakan ini yang selanjutnya digunakan di metode Secant dalam menentukan akar persamaan RLC. Contoh hasil running dapat diamati pada Gambar 3.

Gambar 3. Tebakan Nilai t untuk *Over Damping*

Dapat dilihat dari Gambar 3 bahwa hasilnya berbeda dengan keadaan *under damping* yang memerlukan $t_1 = 2\ s$ dan $t_2 = 8\ s$, untuk keadaan over damping tebakan utuk t_1 dan $t_2$yang dicapai yaitu *12 s* dan *16 s*. selain waktu besaran yang lain pun harus dilakukan perubahan untuk mencapai keadaan yang didinginkan yaitu keadaan *over damping*. Setelah itu kita inputkan tebakan t_1 dan t_2 untuk menentukan nilai akar kasus *over damping* seperti pada poin b.

b. Listing Program Metode Secant untuk kondisi *over damping*

```
disp(' ')
disp(' ')
disp('   XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX')
disp('   +++++ MENGHITUNG AKAR PERSAMAAN PADA OSILASI TEREDAM +++++')
disp('   ===================== METODE SECANT ======================')
disp('   XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX')
disp(' ')
```

```
disp(' ')
Q0=1;%muatan awal penuh
e=2.71828183;% bilangan euler
R=10;% hambatan dalam satuan ohm
L=25;% induktor dalam satuan H
C=25;% kapasitor dalam satuan farad
y=R/(2*L);%faktor redaman
wo=1/sqrt(L*C);%frek osilasi harmonik
w=sqrt((wo^2)-(y^2));%frek osilasi teredam
phi=pi/2;
t1=12;% akar persamaan pertama
t2=16;% akar persamaan kedua
%nilai fungsi masing-masing
Q1=Q0*e^-y*t1*cos(w*t1+phi);
Q2=Q0*e^-y*t2*cos(w*t2+phi);
s1=t2-(Q2/(Q2-Q1))*(t2-t1);
Qs1=Q0*e^-y*s1*cos(w*s1+phi);
%input jumlah iterasi
M=5;
T1=zeros(M,1);
T2=T1;
S=T1;
QT1=T1;QT2=T1;QS=T1;
T1(1)=t1;T2(1)=t2;S(1)=s1;
QT1(1)=Q1;QT2(1)=Q2;QS(1)=Qs1;
for m=2:M
    if QS(m-1)<0
        T1(m)=S(m-1);
        T2(m)=T2(m-1);
    else
        T1(m)=T1(m-1);
        T2(m)=S(m-1);
    end
QT1(m)=Q0*e^-y*T1(m)*cos(w*T1(m)+phi);
QT2(m)=Q0*e^-y*T2(m)*cos(w*T2(m)+phi);
S(m)=T2(m)-(QT2(m)*(T2(m)-T1(m)))/(QT2(m)-QT1(m));
QS(m)=Q0*e^-y*S(m)*cos(w*S(m)+phi);
end
It=1:m;
disp('iterasi ke-     Tm-1     Tm    S     Q(Tm-1)     Q(Tm)     Q(S)')
disp ([It' T1 T2   S   QT1   QT2 QS]) %mengisi tabel
```

Selanjutnya kita jalankan listing di atas dengan memasukkan nilai tebakan t yang sudah diperoleh dari poin a, yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.

```
>> metodesecantover

   XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
   +++++ MENGHITUNG AKAR PERSAMAAN PADA
OSILASI TEREDAM +++++
   ==================== METODE SECANT
=====================
   XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

iterasi ke-      Tm-1      Tm         S
Q(Tm-1)     Q(Tm)        Q(S)
   1.0e+02 *

  Columns 1 through 2

   0.0100 + 0.0000i   0.1200 + 0.0000i
   0.0200 + 0.0000i   0.1200 + 0.0000i
   0.0300 + 0.0000i   0.1200 + 0.0000i
   0.0400 + 0.0000i   0.1200 + 0.0000i
   0.0500 + 0.0000i   0.1200 + 0.0000i

  Columns 3 through 4

   0.1600 + 0.0000i   0.0994 - 0.0000i
   0.0994 - 0.0000i   0.0745 - 0.0000i
   0.0745 - 0.0000i   0.0599 - 0.0000i
   0.0599 - 0.0000i   0.0501 - 0.0000i
   0.0501 - 0.0000i   0.0430 - 0.0000i

  Columns 5 through 6

   0.0000 - 0.5112i   0.0000 - 1.5034i
   0.0000 - 0.5112i   0.0000 - 0.2795i
   0.0000 - 0.5112i   0.0000 - 0.1243i
   0.0000 - 0.5112i   0.0000 - 0.0718i
   0.0000 - 0.5112i   0.0000 - 0.0471i

  Column 7

   0.0000 - 0.2795i
   0.0000 - 0.1243i
   0.0000 - 0.0718i
   0.0000 - 0.0471i
   0.0000 - 0.0333i
```

Gambar 4. Hasil *running* untuk *Over Damping*

Dari Gambar 4, dapat diamati bahwa akar persamaanya menyebabkan nilai Q mendekati nol tetapi disini ada bilangan yang menyertai bilangan riil yaitu bilangan imajiner. Hal ini dikarenakan inputan R, L dan C yang digunakan memiliki nilai yang ketika di masukan ke persamaan mencari ω (frek osilasi harmonik) tedapat inputan ω_0 (frek osilasi teredam) dan y (faktor redaman), jika inputan dimasukan kedalam persamaan ω_0 dan y, nilai ω_0 memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai y. Hal tersebut mengakibatkan nilai yang di dalam akar menjadi minus, akar dari bilangan yang minus akan menghasilkan bilangan imajiner. Dengan inputan ω (frekuensi osilasi harmonik) yang mengandung bilangan imajiner maka hasil seterusnya bergantung pada nilai ω (frekiensi osilasi harmonik) juga akan mengandung bilangan imajiner. Dari hasil running sebagaimana Gambar 4, dapat dituliskan lebih jelas dalam Tabel 2 yaitu hasil penyelesaian akar untuk kasus *over damping.*

Tabel 2. Hasil Akar Kondisi *Over Damping*

Iterasi	T_{m-1}	T_m	S	$Q(T_{m-1})$	Q(T_m)	Q(S)
1	0.1200+0.0000i	0.1600+0.0000i	0.0994-0.0000i	0.0000-0.5112i	0.0000-0.0000i	0.0000-0.2795i
2	0.1200+0.0000i	0.0994-0.0000i	0.0745-0.0000i	0.0000-0.5112i	0.0000-0.2795i	0.0000-0.1243i
3	0.1200+0.00001	0.0745-0.0000i	0.0599-0.0000i	0.0000-0.5112i	0.0000-0.1243i	0.0000-0.0718i
4	0.1200+0.0000i	0.0599-0.0000i	0.0501-0.0000i	0.0000-0.5112i	0.0000-0.0718i	0.0000-0.0471i
5	0.1200+0.0000i	0.0501-0.0000i	0.0430-0.0000i	0.0000-0.5112i	0.0000-0.0471i	0.0000-0.0333i

Hasil akar yang diperoleh adalah nilai S dengan nilai $Q(S) = 0$ atau mendekati nol. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai akar kisaran 0,043 dengan nilai $Q(S) = 0{,}0000 - 0{,}0333i$, nilai akar ini perlu dicari kembali sampai nilai $Q(S) = 0$ atau mendekati nol dengan cara memperbanyak jumlah iterasi. Secara fisis artinya kondisi *over damping* rangkaian RLC seri terjadi pada waktu sekitar 0,043 sekon. Nilai akar ini belum sesuai dengan interval nilai t tebakan, artinya masih perlu dilanjutkan lagi untuk mencari nilai akar yang sesuai.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dengan ini dapat disimpulkan bahwa untuk menghitung akar persamaan non-linear pada rangkaian seri RLC osilasi teredam dapat diselesaikan dengan metode numerik. Adapun metode yang digunakan yaitu metode secant. Nilai akar persamaan yang didapatkan untuk dua kasus yaitu saat *under damping* dan *over damping* dimana untuk *under damping* nilai akarnya yaitu 6,6611 sekon dan untuk kondisi *over damping* nilai akarnya yaitu 0,043 sekon. Hasil yang disajikan dalam penelitian ini adalah percobaan awal, yang akan dilanjutkan untuk mencari nilai akar yang paling akurat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ratna Wulan, Elis, Pajarudin, Ginanjar, Niraiman, Dian. 2017. Solusi Numerik Persamaan Non-Linear dengan Menggunakan Metode Newton Rapshon Modifiksi Fuzzy. ISSN 1979-8911. Vol X: (2)

[2] Sunandar, Endang, Indrianto. 2020. Perbandingan Methode Newthon Rapshon & Metode Secant untuk Mencari Akar Persamaan dalam Sistem Persamaan non-Linear. Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknik Informatika. Vol 13: (1)

[3] Panjaitan, Melda. Pemahaman Metode Numaerik Menggunkan Pemprograman Matlab (Studi kasus: Metode Secant). Jurnal Teknologi Informasi. Vol 1: (1)

[4] Rahmad, Cahya, dkk. 2017. Metode Numerik. Malang: Polinema press

[5] Sanjaya, Mada. 2013. Komputasi Fisika untuk Sains dan Teknik Menggunakan Matlab. Yogyakarta: Penerbit Andi