

**LAPORAN TUGAS BESAR**  
**EL 2008 PEMECAHAN MASALAH DENGAN C**  
**SIMULASI RANGKAIAN RC**



**Kelompok 4:**  
Ivan Giovanni (13218006)  
Christian Dinata (13218024)

**Dosen:**  
Arif Sasongko S.T., M.T., Ph.D.  
Dr. Reza Darmakusuma S.T., M.T.  
Muhammad Ogin Hasanuddin S.T.,M.T.

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**SEKOLAH TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA**  
**INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**

**2020**

## DAFTAR ISI

Daftar Isi .....	1
1. Desain Rangkaian .....	3
1.1. Deskripsi Simulasi .....	3
1.2. Spesifikasi Program Circuit Simulator .....	3
1.3. Nodal Analysis.....	3
1.4. Pilihan Rangkaian .....	3
2. Analisis Rangkaian .....	6
2.1. Rangkaian 1R-1C seri .....	6
2.2. Rangkaian R seri RC paralel.....	8
2.3. Rangkaian R-C Paralel.....	10
2.4. Rangkaian R Seri (R    RC) .....	12
2.5. Rangkaian R Seri (RC    RC) – Sumber Tegangan .....	14
2.6. Rangkaian R Seri (RC    RC) – Sumber Arus .....	17
2.7. Susunan Resistor .....	20
2.8. Susunan Kapasitor .....	20
3. Flowchart dan DFD .....	21
3.1. Flowchart .....	21
3.2. Data Flow Diagram (DFD) .....	39
4. Desain Uji Fungsi .....	40
4.1. Prosedur displayHead .....	40
4.2. Prosedur displayLogo .....	40
4.3. Prosedur menu .....	41
4.4. Prosedur displayCreator.....	43
4.5. Prosedur jns_rangkaian .....	45
4.6. Prosedur confirmCircuit.....	46
4.7. Prosedur keluar .....	49
5. Implementasi .....	50
5.1. Program executable: CircuitSim.exe.....	50
5.2. Display Menu dan Navigasi: menu_display.c.....	50
5.3. Perhitungan dan Analisis Rangkaian: circuitcalc.c .....	51
5.4. Perhitungan Susunan Resistor dan Kapasitor: resistor_capacitor.c .....	52
5.5. Penanganan Hasil Perhitungan: output.c .....	52
5.6. Menampilkan Grafik: python.....	53
5.7. Menampilkan ikon pada file executable .....	54

6.	Pengujian .....	55
6.1.	Batasan Input .....	55
6.2.	Rangkaian 1 - DC.....	57
6.3.	Rangkaian 1 - AC.....	59
6.4.	Rangkaian 2 - DC.....	61
6.5.	Rangkaian 2 - AC.....	63
6.6.	Rangkaian 3 - DC.....	65
6.7.	Rangkaian 3 - AC.....	67
6.8.	Rangkaian 4 - DC.....	69
6.9.	Rangkaian 4 - AC.....	71
6.10.	Rangkaian 5 - DC.....	73
6.11.	Rangkaian 5 - AC.....	75
6.12.	Rangkaian 6 - DC.....	77
6.13.	Rangkaian 6 - AC.....	79
6.14.	Susunan Resistor.....	81
6.15.	Susunan Kapasitor.....	83
6.16.	Pengujian Tampilan Logo.....	85
6.17.	Pengujian Menu Utama.....	85
6.18.	Pengujian Menu Jenis Rangkaian .....	86
6.19.	Pengujian Fungsi Creator.....	87
6.20.	Pengujian Fungsi Exit .....	88
7.	Kesimpulan.....	89

# CIRCUIT SIMULATOR

## 1. Desain Rangkaian

### 1.1. Deskripsi Simulasi

Program yang dibuat akan melakukan simulasi rangkaian RC dengan metode Nodal Analysis. Pengguna akan diberikan beberapa pilihan rangkaian dengan batasan input 1 sumber tegangan, 2 resistor (R), dan 2 kapasitor (C). Pengguna lalu memasukkan nilai resistansi beserta Output yang dihasilkan program berupa tegangan atau arus di node tersebut.

### 1.2. Spesifikasi Program Circuit Simulator

Program yang dirancang ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Mampu menerima input nilai komponen yang digunakan seperti resistor, kapasitor, dan sumber tegangan
- Mampu menerima sumber tegangan dalam bentuk AC maupun DC
- Mampu melakukan simulasi rangkaian RC baik seri maupun paralel
- Memberikan keluaran tegangan tiap node dan arus tiap branch secara transien
- Mampu memvisualisasikan keluaran berupa grafik tegangan dan arus kapasitor tiap waktunya
- Memberikan kemudahan dalam accessibility dengan fitur navigasi dan penyimpanan data

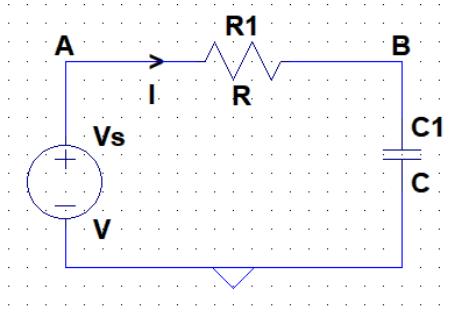
### 1.3. Nodal Analysis

Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam nodal analisis

Elemen	Persamaan Branch
Resistor	$I_R = V_R/R$
Kapasitor	$I_C = C \frac{dV_C}{dt}$

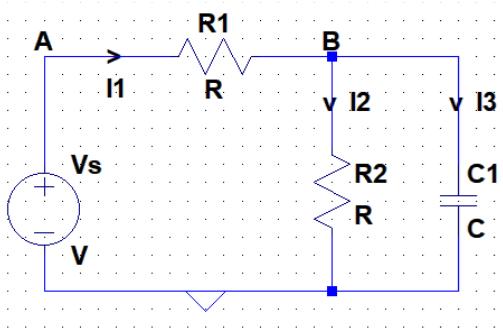
### 1.4. Pilihan Rangkaian

#### 1.4.1. Rangkaian RC Seri



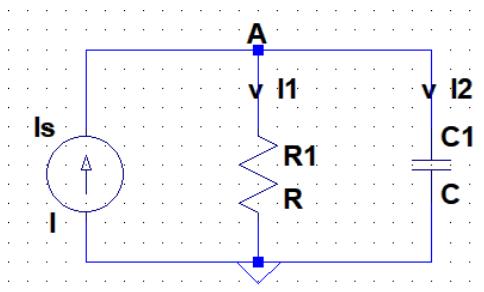
**Gambar 1-4-1 Rangkaian R-C Seri**

#### 1.4.2. Rangkaian R Seri RC Paralel



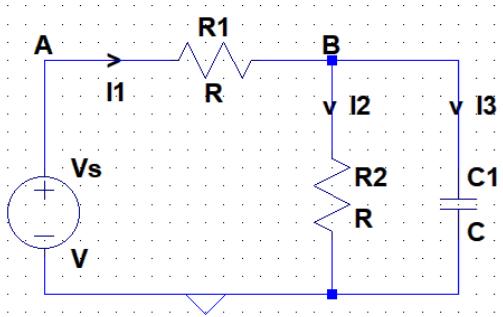
**Gambar 1-4-2 Rangkaian R Seri RC Paralel**

#### 1.4.3. Rangkaian RC Paralel



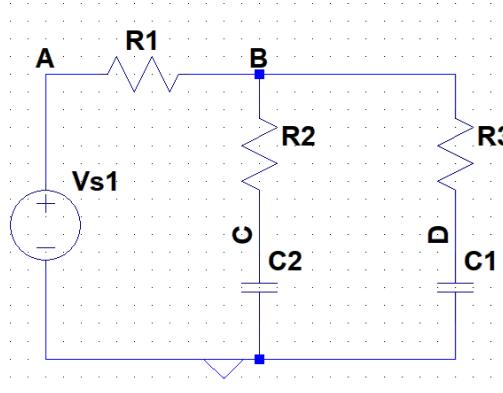
**Gambar 1-4-3 Rangkaian RC Paralel**

#### 1.4.4. Rangkaian RC Paralel



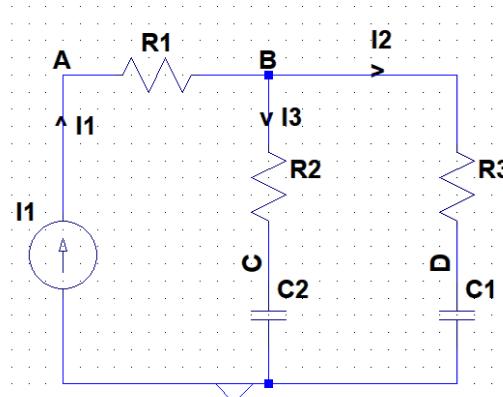
**Gambar 1-4-4 Rangkaian R Seri RC Paralel**

1.4.5. Rangkaian R Seri ( $RC \parallel RC$ ) dengan Sumber Tegangan



**Gambar 1-4-5 Rangkaian R Seri ( $RC \parallel RC$ ) dengan Sumber Tegangan**

1.4.6. Rangkaian R Seri ( $RC \parallel RC$ ) dengan Sumber Arus



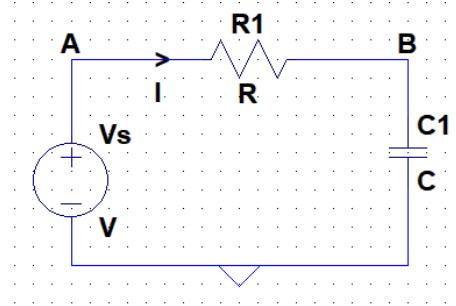
**Gambar 1-4-6 Rangkaian R Seri ( $RC \parallel RC$ ) dengan Sumber Arus**

1.4.7. Perhitungan Resistansi Susunan Resistor (Seri/Paralel/Campuran)

1.4.8. Perhitungan Kapasitansi Susunan Kapasitor (Seri/Paralel/Campuran)

## 2. Analisis Rangkaian

### 2.1. Rangkaian 1R-1C seri



Gambar 2-1 Rangkaian R-C Seri

- Node A:

$$V_A = V_s$$

- Node B:

Analisis AC	Analisis DC
$\frac{V_B - V_A}{R_1} + V_B j \omega C = 0$ $V_B - V_A + V_B R_1 j \omega C = 0$ $V_B (1 + R_1 j \omega C) = V_A$ $V_B = \frac{V_A}{1 + R_1 j \omega C}$	$\frac{V_B - V_A}{R_1} + C \frac{dV_B}{dt} = 0$ $-\frac{V_B - V_A}{R_1 C} = \frac{dV_B}{dt}$ $-\frac{dt}{R_1 C} = \frac{dV_B}{V_B - V_A}$ $-\int_0^t \frac{dt}{R_1 C} = \int_0^{V_B(t)} \frac{dV_B}{V_B - V_A}$ $\frac{-t}{R_1 C} = \ln V_A - V_B(t)  - \ln V_A $ $\frac{-t}{R_1 C} = \ln \left  \frac{V_A - V_B(t)}{V_A} \right $ $\exp\left(\frac{-t}{R_1 C}\right) = \frac{V_A - V_B(t)}{V_A}$ $V_B(t) = V_A - V_A \exp\left(\frac{-t}{R_1 C}\right)$ $V_B(t) = V_A \left(1 - e^{\frac{-t}{R_1 C}}\right)$

$$V_R(t) = V_A e^{\frac{-t}{R_1 C}}$$

- Arus I:

$$I(t) = \frac{V_A - V_B(t)}{R_1}$$

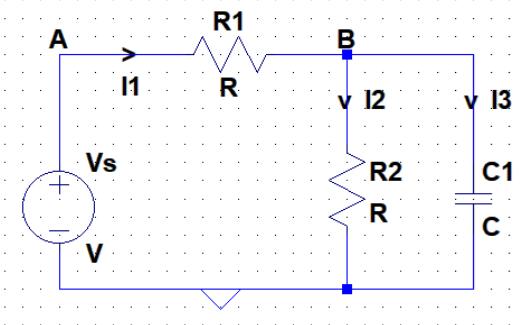
Berdasarkan penurunan rumus yang telah dijabarkan, misalkan diambil Vs = 10V, R1 = 1k ohm, dan C = 1 mikro F serta w = 40 rad/s. Maka apabila dilakukan perhitungan akan didapatkan Va = Vs, Vb =  $\frac{V_A}{1+R_1j\omega C} = 10/1+(1000xjx40x0.000001)$

Vb = 9.984 – 0.3993i atau dalam fasor 9.992 sudut -0.0399° yang mana nanti grafiknya akan naik turun dengan amplitudo 9.99

Hasil perhitungan ini sesuai dengan uji coba pada spice dan benar, karena penurunan rumus yang dilakukan adalah sistematis sesuai dengan yang telah dipelajari pada rangkaian elektrik hanya saja dengan memperhatikan pembulatan 4 angka belakang koma, maka hasil dari perhitungan apabila dengan spice akan memiliki perbedaan sekitar 0.003%.

Arus I(t) akan bergantung dari nilai Va dan Vb sesuai dengan rumus di atas, hal ini juga sudah di uji coba dengan menggunakan spice seperti pada poin desain uji fungsi di bawah.

## 2.2. Rangkaian R seri RC paralel



Gambar 2-2 Rangkaian R Seri RC Paralel

- Node A:

$$V_A = V_s$$

- Node B:

Analisis AC	Analisis DC
$\frac{V_B - V_A}{R_1} + \frac{V_B}{R_2} + V_B j\omega C = 0$ $V_B(R_1 + R_2) - V_A R_2 + R_1 R_2 V_B j\omega C = 0$ $V_B(R_1 + R_2 + R_1 R_2 j\omega C) = V_A R_2$ $V_B = \frac{V_A R_2}{R_1 + R_2 + R_1 R_2 j\omega C}$	$\frac{V_B - V_A}{R_1} + \frac{V_B}{R_2} + C \frac{dV_B}{dt} = 0$ $-\frac{V_B(R_1 + R_2) - V_A R_2}{CR_1 R_2} = \frac{dV_B}{dt}$ $-\frac{V_B(R_1 + R_2) - V_A R_2 dt}{CR_1 R_2} = dV_B$ $-\int_0^t \frac{V_B(R_1 + R_2) - V_A R_2}{CR_1 R_2} dt = \int_0^{V_B(t)} dV_B$ $V_B(t) = - \int_0^t \frac{V_B(R_1 + R_2) - V_A R_2}{CR_1 R_2} dt$ <p>Persamaan di atas berbentuk integral, program akan melakukan pendekatan riemann</p>

- Arus I1:

$$I_1(t) = \frac{V_A - V_B(t)}{R_1}$$

- Arus I2:

$$I_2(t) = \frac{V_B(t)}{R_2}$$

- Arus I3:

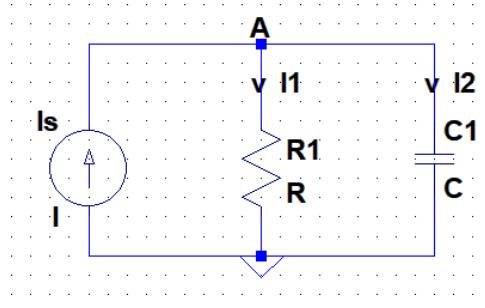
$$I_3(t) = I_1(t) - I_2(t)$$

Berdasarkan penurunan rumus yang telah dijabarkan di atas, apabila kita mengambil contoh uji perhitungan dengan memisalkan  $R1 = 2k$ ,  $R2 = 4k$ ,  $C = 1$  mikro F, tegangan = 10V,  $w = 2$  rad/s dan sudut fasa  $0^\circ$ . Dengan melakukan perhitungan sesuai rumus di atas didapatkan nilai  $Vb = 6.67$  sudut  $-0.085$  rad yang mana nanti grafiknya akan naik turun dengan amplitudo 6.67 dan sesuai dengan spice. Hasil spice akan sama dengan perhitungan dengan besar perbedaan sebesar 0.003%.

Hasil uji dengan spice dapat dilihat pada bagian desain uji fungsi di bawah.

Arus yang didapatkan juga telah sesuai dengan perhitungan dan simulasi dari spice. Hal ini benar dikarenakan penurunan rumus ini dilakukan dengan penurunan yang telah di pelajari pada rangkaian elektrik.

### 2.3. Rangkaian R-C Paralel



Gambar 2-3 Rangkaian R-C Paralel

- Node A:

Analisis AC	Analisis DC
$-I_S + \frac{V_A}{R_1} + V_A j\omega C = 0$ $-I_S R_1 + V_A + V_A R_1 j\omega C = 0$ $V_A(1 + R_1 j\omega C) = I_S R_1$ $V_A = \frac{I_S R_1}{1 + R_1 j\omega C}$	$-I_S + \frac{V_A}{R_1} + C \frac{dV_A}{dt} = 0$ $-I_S R_1 + V_A + CR_1 \frac{dV_A}{dt} = 0$ $-I_S R_1 + V_A = -CR_1 \frac{dV_A}{dt}$ $\frac{V_A - I_S R_1}{CR_1} = \frac{-dV_A}{dt}$ $\frac{-dt}{CR_1} = \frac{dV_A}{V_A - I_S R_1}$ $\int_0^t \frac{-dt}{CR_1} = \int_0^{V_A(t)} \frac{dV_A}{V_A - I_S R_1}$ $\frac{-t}{CR_1} = (\ln I_S R_1 - V_c(t)  - \ln I_S R_1 )$ $\frac{-t}{CR_1} = \ln \left  \frac{I_S R_1 - V_A(t)}{I_S R_1} \right $ $\exp\left(\frac{-t}{R_1 C}\right) = \frac{I_S R_1 - V_A(t)}{I_S R_1}$ $V_A(t) = I_S R_1 - I_S R_1 \exp\left(\frac{-t}{R_1 C}\right)$ $V_A(t) = I_S R_1 \left(1 - e^{\frac{-t}{R_1 C}}\right)$

- Arus I1:

$$I_1(t) = \frac{V_A(t)}{R_1}$$

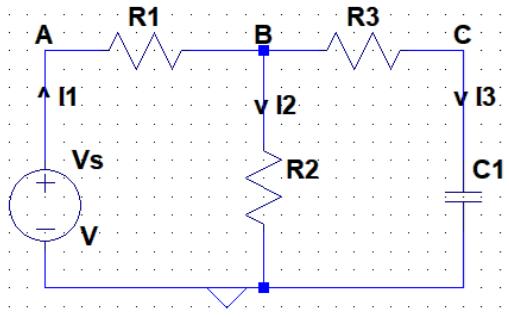
- Arus I2:

$$I_2(t) = I_s - I_1(t)$$

Berdasarkan perhitungan dengan mengambil uji coba angka misalnya R1 = 1k, C = 1 mikro F, dan Is = 10 A dengan sudut fasa awal 0. Maka Va yang dikalkulasikan akan sama dengan perhitungan spice dengan perbedaan 0.004%, hal ini menandakan bahwa penurunan rumus yang telah dijabarkan ini benar.

Penurunan rumus ini sesuai dengan teori yang sistematis seperti pada saat kita menurunkan rumus pada rangkaian elektrik sehingga hasil yang didapatkan juga sama, demikian untuk arus akan mendapatkan hasil yang sama pula.

## 2.4. Rangkaian R Seri ( $R \parallel RC$ )



Gambar 2-4 Rangkaian R Seri ( $R \parallel RC$ )

- Node A:

$$V_A = V_s$$

- Node B:

$$\frac{V_B - V_A}{R_1} = \frac{V_B}{R_2} + \frac{V_B - V_c}{R_3}$$

$$\frac{V_A}{R_1} - V_B \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) + \frac{V_c}{R_3} = 0$$

$$V_B = \frac{\frac{V_A}{R_1} + \frac{V_c}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Saat  $t=0$ , berlaku:

$$V_B(0) = V_s - (I_1(0) \times R_1)$$

- Node C:

Analisis AC	Analisis DC
$\frac{V_c - V_B}{R_3} + V_c j \omega C = 0$ $V_c - V_B + V_c R_3 j \omega C = 0$ $V_c (1 + R_3 j \omega C) = V_B$ $V_c = \frac{V_B}{1 + R_3 j \omega C}$	$\frac{V_c - V_B}{R_3} + C \frac{dV_c}{dt} = 0$ $-\frac{V_c - V_B}{R_3 C} = \frac{dV_c}{dt}$ $-\frac{dt}{R_3 C} = \frac{dV_c}{V_c - V_B}$ $-\int_0^t \frac{dt}{R_3 C} = \int_0^{V_c(t)} \frac{dV_c}{V_c - V_B}$ $\frac{-t}{R_3 C} = \ln V_B - V_c(t)  - \ln V_B $

$$\begin{aligned}\frac{-t}{R_3C} &= \ln \left| \frac{V_B - V_C(t)}{V_B} \right| \\ \exp\left(\frac{-t}{R_3C}\right) &= \frac{V_B - V_C(t)}{V_B} \\ V_C(t) &= V_B - V_B \exp\left(\frac{-t}{R_3C}\right) \\ V_C(t) &= V_B \left(1 - e^{\frac{-t}{R_3C}}\right)\end{aligned}$$

Saat t=0, berlaku:

$$V_C(0) = V_B(0) - (I_3(0)R_3)$$

- Arus I1:

$$I_1(t) = \frac{V_A - V_B(t)}{R_1}$$

Saat t=0, berlaku:

$$I_1(0) = \frac{Vi}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

- Arus I2:

$$I_2(t) = \frac{V_B(t)}{R_2}$$

Saat t=0, berlaku:

$$I_2(0) = \frac{V_B(0)}{R_2}$$

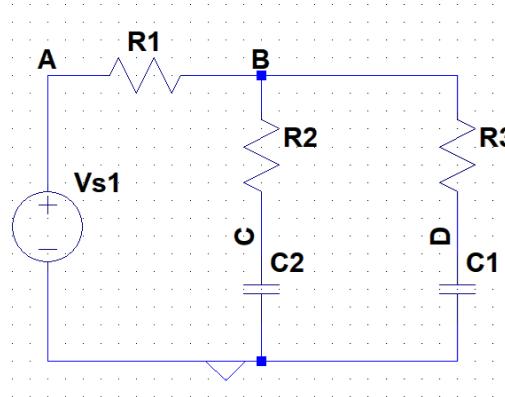
- Arus I3:

$$I_3(t) = I_1(t) - I_2(t)$$

Berdasarkan penurunan rumus yang telah dilakukan, sebenarnya konsepnya sama dengan rumus pada rangkaian 2, dengan mengambil uji coba angka misalnya R1 = 1k, R2= 2k, R3 = 3k, dan C= 1 mikro F, serta tegangan sumber = 10V dengan beda fasa 35°. Maka nanti grafik akan bergerak sinusoid dengan amplitudo 10V untuk tegangan Va dan Vb akan bergerak sinusoid dengan besar amplitudo 6 V dan tidak dimulai dari 0 karena adanya perbedaan fasa. Hal ini sama dengan hasil simulasi dengan spice dan memiliki error sebesar 0.0034% yang mana menyatakan bahwa hasil ini cukup akurat.

Hasil yang didapat benar karena penurunan rumus ini dilakukan secara sistematis dengan menggunakan nodal analysis yang menganalisis tiap node pada rangkaian tersebut. Arus yang didapatkan pada perhitungan juga sama dengan arus pada spice dan hasilnya dapat dilihat pada pengujian fungsi pada bab di bawah.

## 2.5. Rangkaian R Seri (RC || RC) – Sumber Tegangan



Gambar 2-5 Rangkaian R Seri (RC || RC) dengan Sumber Tegangan

- Node A:

$$V_A = V_s$$

- Node B:

$$\frac{V_A - V_B}{R_1} = \frac{V_B - V_c}{R_2} + \frac{V_B - V_D}{R_3}$$

$$\frac{V_A}{R_1} - V_B \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) + \frac{V_c}{R_2} + \frac{V_D}{R_3} = 0$$

$$V_B(t) = \frac{\frac{V_A}{R_1} + \frac{V_c}{R_2} + \frac{V_D}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Saat t=0, berlaku:

$$V_B(0) = V_s - (I_1(0) \times R_1)$$

- Node C:

Analisis AC	Analisis DC
$\frac{V_C - V_B}{R_2} + V_C j\omega C = 0$ $V_C - V_B + V_C R_2 j\omega C = 0$ $V_C (1 + R_2 j\omega C) = V_B$ $V_C = \frac{V_B}{1 + R_2 j\omega C}$	$\frac{V_C - V_B}{R_2} + C \frac{dV_C}{dt} = 0$ $-\frac{V_C - V_B}{R_2 C} = \frac{dV_C}{dt}$ $-\frac{dt}{R_2 C} = \frac{dV_C}{V_C - V_B}$

	$-\int_0^t \frac{dt}{R_2 C} = \int_0^{V_C(t)} \frac{dV_C}{V_C - V_B}$ $\frac{-t}{R_2 C} = \ln V_B - V_C(t)  - \ln V_B $ $\frac{-t}{R_2 C} = \ln \left  \frac{V_B - V_C(t)}{V_B} \right $ $\exp\left(\frac{-t}{R_2 C}\right) = \frac{V_B - V_C(t)}{V_B}$ $V_C(t) = V_B - V_B \exp\left(\frac{-t}{R_2 C}\right)$ $V_C(t) = V_B \left(1 - e^{\frac{-t}{R_2 C}}\right)$
--	---

Saat t=0, berlaku:

$$V_C(0) = V_B(0) - (I_2(0)R_3)$$

- Node D:

Analisis AC	Analisis DC
$\frac{V_D - V_B}{R_3} + V_D j \omega C = 0$ $V_D - V_B + V_D R_3 j \omega C = 0$ $V_D(1 + R_3 j \omega C) = V_B$ $V_D = \frac{V_B}{1 + R_3 j \omega C}$	$\frac{V_D - V_B}{R_3} + C \frac{dV_D}{dt} = 0$ $-\frac{V_D - V_B}{R_3 C} = \frac{dV_D}{dt}$ $-\frac{dt}{R_3 C} = \frac{dV_D}{V_D - V_B}$ $\frac{-t}{R_3 C} = \ln V_B - V_D(t)  - \ln V_B $ $\frac{-t}{R_3 C} = \ln \left  \frac{V_B - V_D(t)}{V_B} \right $ $\exp\left(\frac{-t}{R_3 C}\right) = \frac{V_B - V_D(t)}{V_B}$ $V_D(t) = V_B - V_B \exp\left(\frac{-t}{R_3 C}\right)$ $V_D(t) = V_B \left(1 - e^{\frac{-t}{R_3 C}}\right)$

Saat t=0, berlaku:

$$V_D(0) = V_B(0) - (I_3(0)R_3)$$

- Arus I1:

$$I_1(t) = \frac{V_A - V_B(t)}{R_1}$$

Saat t=0, berlaku:

$$I_1(0) = \frac{Vi}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

- Arus I2:

$$I_2(t) = \frac{V_B(t) - V_C(t)}{R_2}$$

Saat t=0, berlaku:

$$I_2(0) = \frac{V_B(0)}{R_2}$$

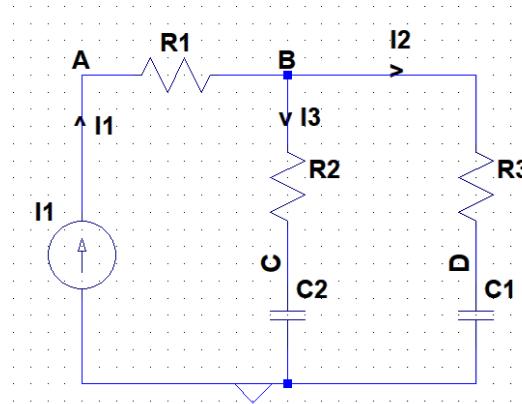
- Arus I3:

$$I_3(t) = I_1(t) - I_2(t)$$

Berdasarkan pernurunan rumus yang telah dijabarkan di atas, apabila kita uji ambil angka bebas misalnya R1 = 1k, R2= 2k, R3= 3k, C1 = 1mikro F, C2 = 2 mikro F, dengan tegangan sumber 10V dan beda fasa nya 10° maka hasil yang didapatkan pada tegangan Va dan Vb akan sama dengan hasil pada spice dengan error sebesar 0.006%.

Hasil yang didapatkan sudah benar karena penurunan rumus dilakukan dengan sistematis dan terstruktur sesuai yang telah diajarkan. Asumsi yang digunakan juga tidak terlalu mempengaruhi jawaban yang didapatkan yaitu dengan mengambil 4 angka dibelakang koma.

## 2.6. Rangkaian R Seri (RC || RC) – Sumber Arus



Gambar 2-6 Rangkaian R Seri (RC || RC) dengan Sumber Arus

- Node A:

$$V_A(t) - V_B(t) = I_1 R_1$$

$$V_A(t) = I_1 R_1 + V_B(t)$$

Saat t=0, berlaku:

$$V_A(0) = I_S \left( R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \right)$$

- Node B:

$$I_1 = \frac{V_B - V_c}{R_2} + \frac{V_B - V_D}{R_3}$$

$$I_1 - V_B \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) + \frac{V_c}{R_2} + \frac{V_D}{R_3} = 0$$

$$V_B(t) = \frac{I_1 + \frac{V_c}{R_2} + \frac{V_D}{R_3}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Saat t=0, berlaku:

$$V_B(0) = V_s - (I_1(0) \times R_1)$$

- Node C:

Analisis AC	Analisis DC
$\frac{V_C - V_B}{R_2} + V_C j\omega C = 0$ $V_C - V_B + V_C R_2 j\omega C = 0$ $V_C(1 + R_2 j\omega C) = V_B$ $V_C = \frac{V_B}{1 + R_2 j\omega C}$	$\frac{V_C - V_B}{R_2} + C \frac{dV_C}{dt} = 0$ $-\frac{V_C - V_B}{R_2 C} = \frac{dV_C}{dt}$ $-\frac{dt}{R_2 C} = \frac{dV_C}{V_C - V_B}$ $-\int_0^t \frac{dt}{R_2 C} = \int_0^{V_C(t)} \frac{dV_C}{V_C - V_B}$ $\frac{-t}{R_2 C} = \ln V_B - V_C(t)  - \ln V_B $ $\frac{-t}{R_2 C} = \ln \left  \frac{V_B - V_C(t)}{V_B} \right $ $\exp\left(\frac{-t}{R_2 C}\right) = \frac{V_B - V_C(t)}{V_B}$ $V_C(t) = V_B - V_B \exp\left(\frac{-t}{R_2 C}\right)$ $V_C(t) = V_B \left(1 - e^{\frac{-t}{R_2 C}}\right)$

Saat t=0, berlaku:

$$V_C(0) = V_B(0) - (I_2(0)R_3)$$

- Node D:

Analisis AC	Analisis DC
$\frac{V_D - V_B}{R_3} + V_D j\omega C = 0$ $V_D - V_B + V_D R_3 j\omega C = 0$ $V_D(1 + R_3 j\omega C) = V_B$ $V_D = \frac{V_B}{1 + R_3 j\omega C}$	$\frac{V_D - V_B}{R_3} + C \frac{dV_D}{dt} = 0$ $-\frac{V_D - V_B}{R_3 C} = \frac{dV_D}{dt}$ $-\frac{dt}{R_3 C} = \frac{dV_D}{V_D - V_B}$ $-\int_0^t \frac{dt}{R_3 C} = \int_0^{V_D(t)} \frac{dV_D}{V_D - V_B}$ $\frac{-t}{R_3 C} = \ln V_B - V_D(t)  - \ln V_B $ $\frac{-t}{R_3 C} = \ln \left  \frac{V_B - V_D(t)}{V_B} \right $ $\exp\left(\frac{-t}{R_3 C}\right) = \frac{V_B - V_D(t)}{V_B}$

	$V_D(t) = V_B - V_B \exp\left(\frac{-t}{R_3 C}\right)$ $V_D(t) = V_B \left(1 - e^{\frac{-t}{R_3 C}}\right)$
--	---

Saat t=0, berlaku:

$$V_D(0) = V_B(0) - (I_3(0)R_3)$$

- Arus I1:

$$I_1(t) = I_s$$

- Arus I2:

$$I_2(t) = \frac{V_B(t) - V_C(t)}{R_2}$$

Saat t=0, berlaku:

$$I_2(0) = \frac{V_B(0)}{R_2}$$

- Arus I3:

$$I_3(t) = I_1(t) - I_2(t)$$

Berdasarkan penurunan rumus yang telah dilakukan di atas, apabila kita ingin menguji hasilnya, kita dapat mengambil angka yang random dan memisalkannya pada perhitungan. Kami telah mencoba untuk menghitung dan membandingkannya dengan simulasi pada spice dan didapatkan hasil yang sama dengan error yang sangat kecil tidak sampai 1%. Hal ini dikarenakan asumsi yang kami gunakan adalah hanya mengambil 4 angka di belakang koma sehingga terjadi pembulatan tapi tidak terlalu signifikan terhadap perubahan hasil.

Penurunan rumus juga telah dilakukan secara sistematis dan sesuai dengan metoda nodal analysis.

Arus yang didapat juga telah sesuai dengan hasil simulasi pada spice yang mana bisa dilihat pada bagian uji fungsi di bawah setelahnya.

## 2.7. Susunan Resistor

- Seri

$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$$

- Paralel

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

- Campuran

Persamaan disesuaikan

## 2.8. Susunan Kapasitor

- Seri

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots + \frac{1}{C_n}$$

- Paralel

$$C_{total} = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots + C_n$$

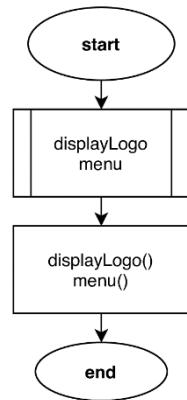
- Campuran

Persamaan disesuaikan

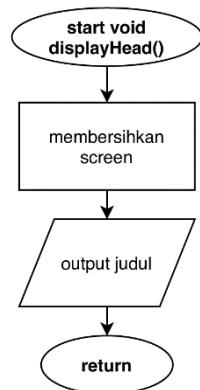
### 3. Flowchart dan DFD

#### 3.1. Flowchart

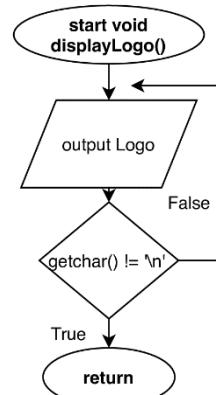
##### 3.1.1. Flowchart main



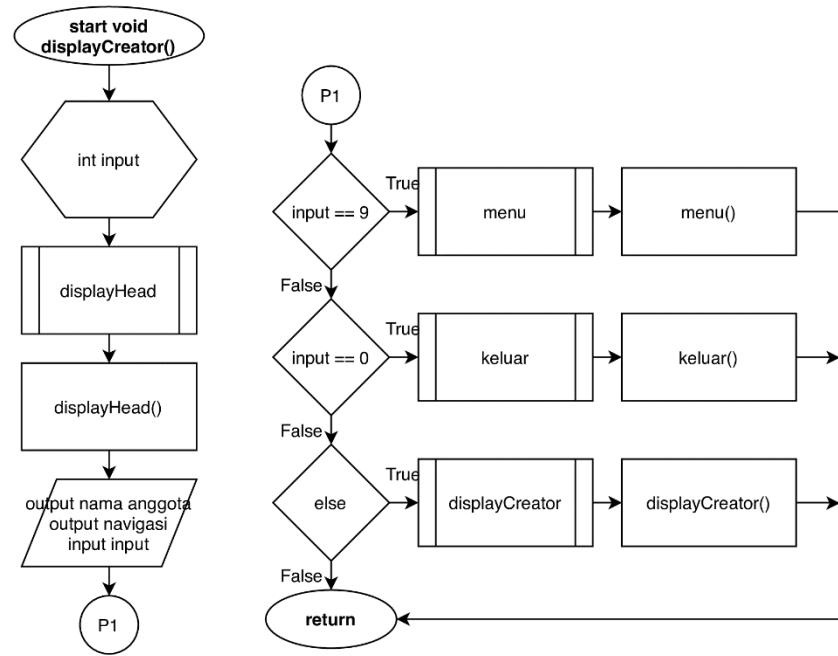
##### 3.1.2. Flowchart displayHead



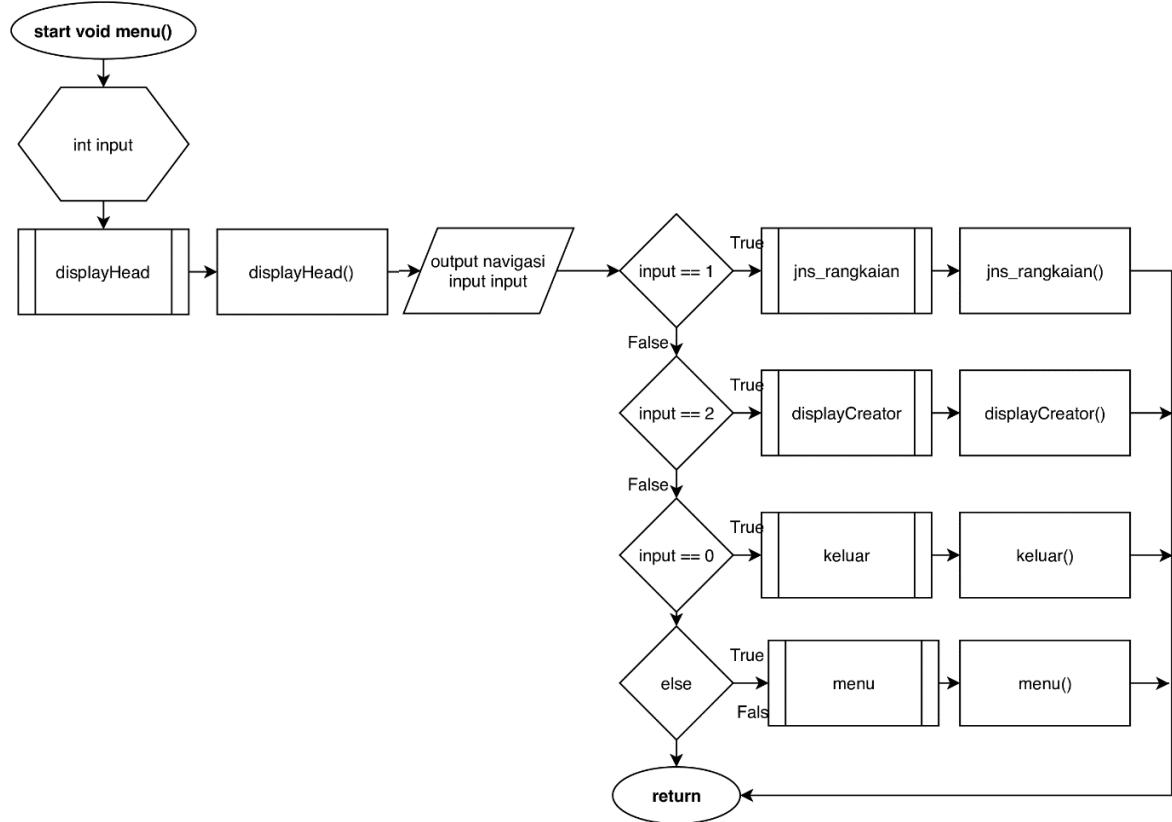
##### 3.1.3. Flowchart displayLogo



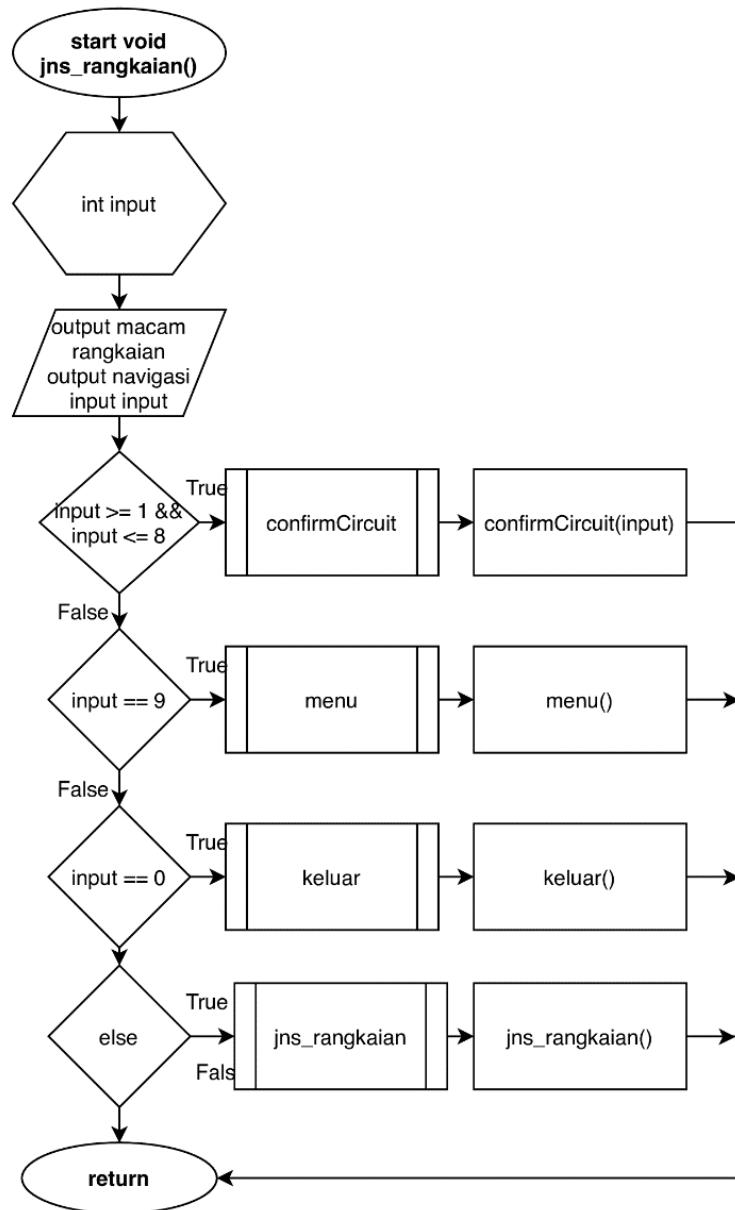
### 3.1.4. Flowchart displayCreator



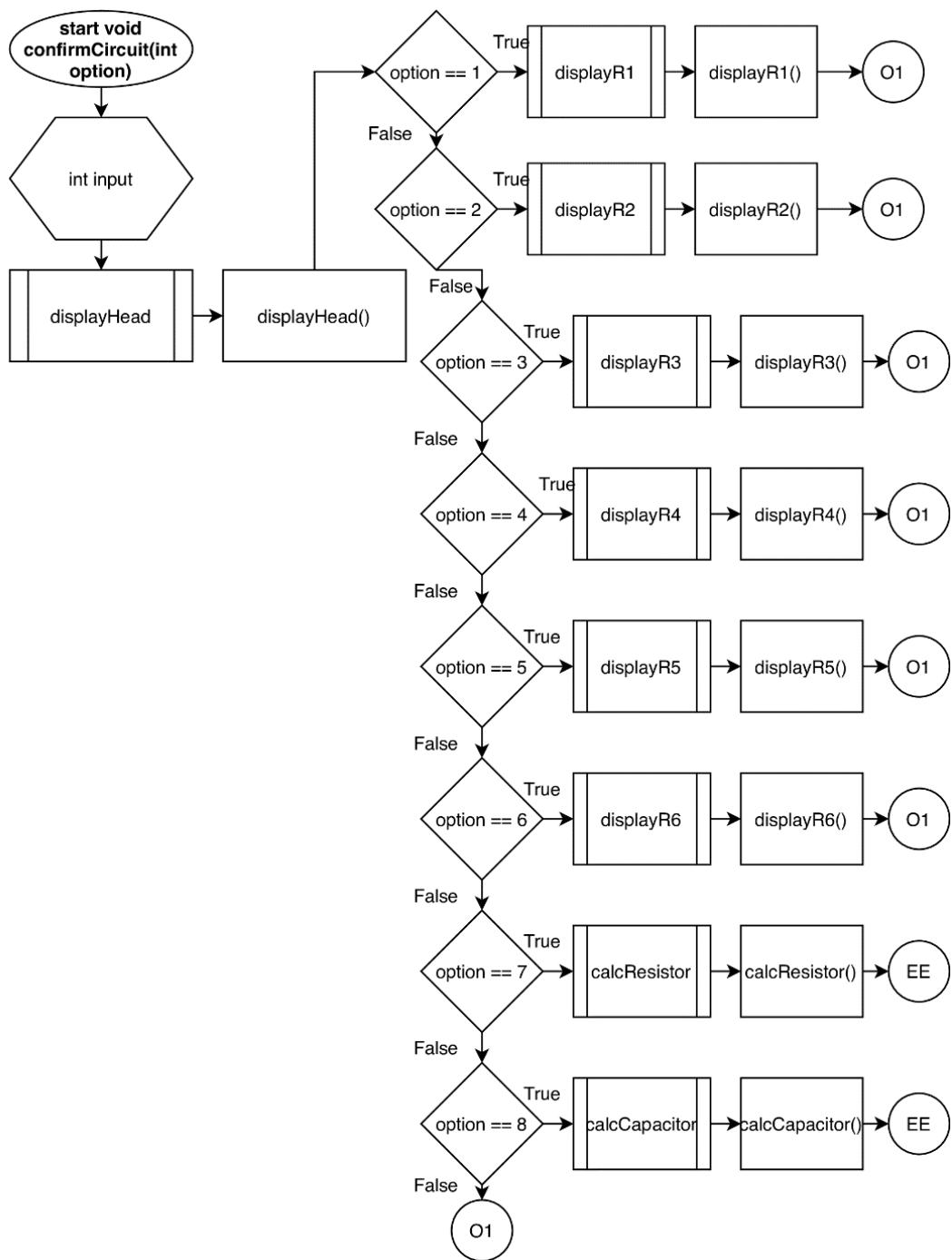
### 3.1.5. Flowchart menu

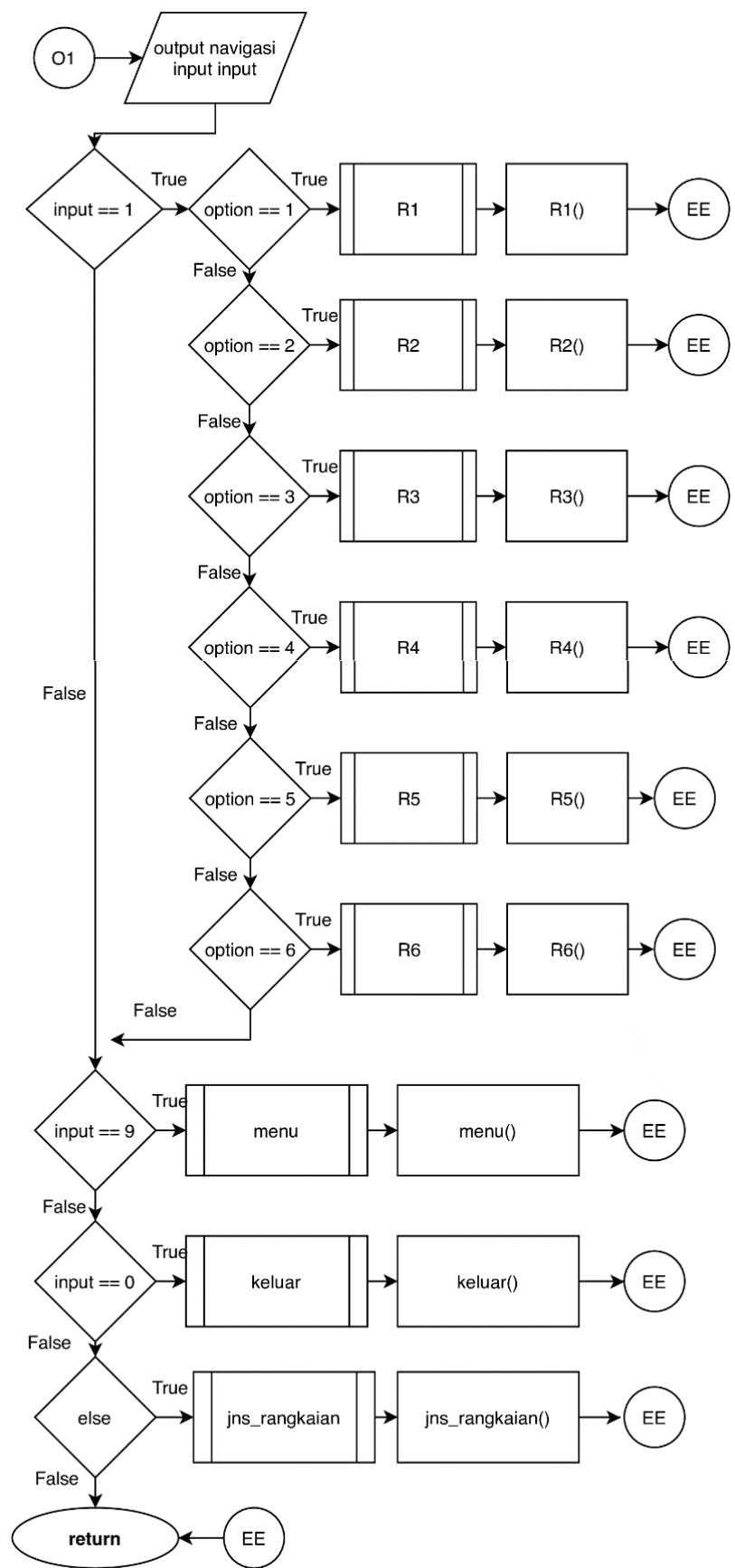


### 3.1.6. Flowchart jns\_rangkaian

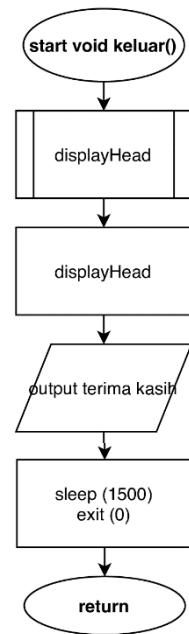


### 3.1.7. Flowchart confirmCircuit

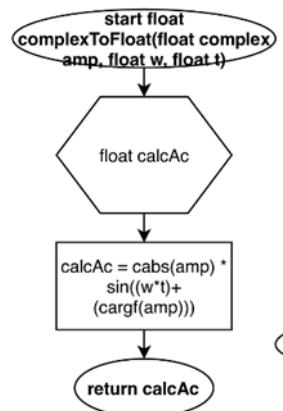




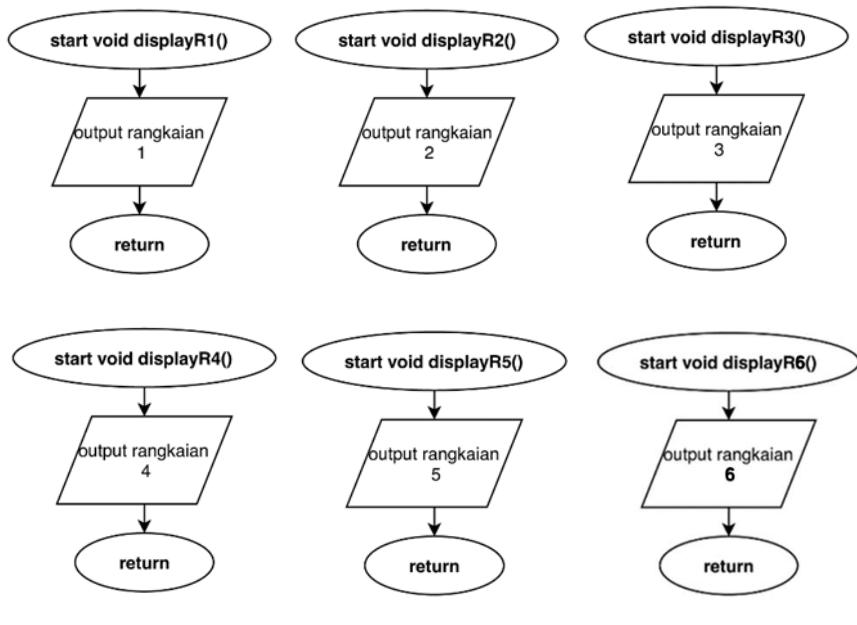
### 3.1.8. Flowchart keluar



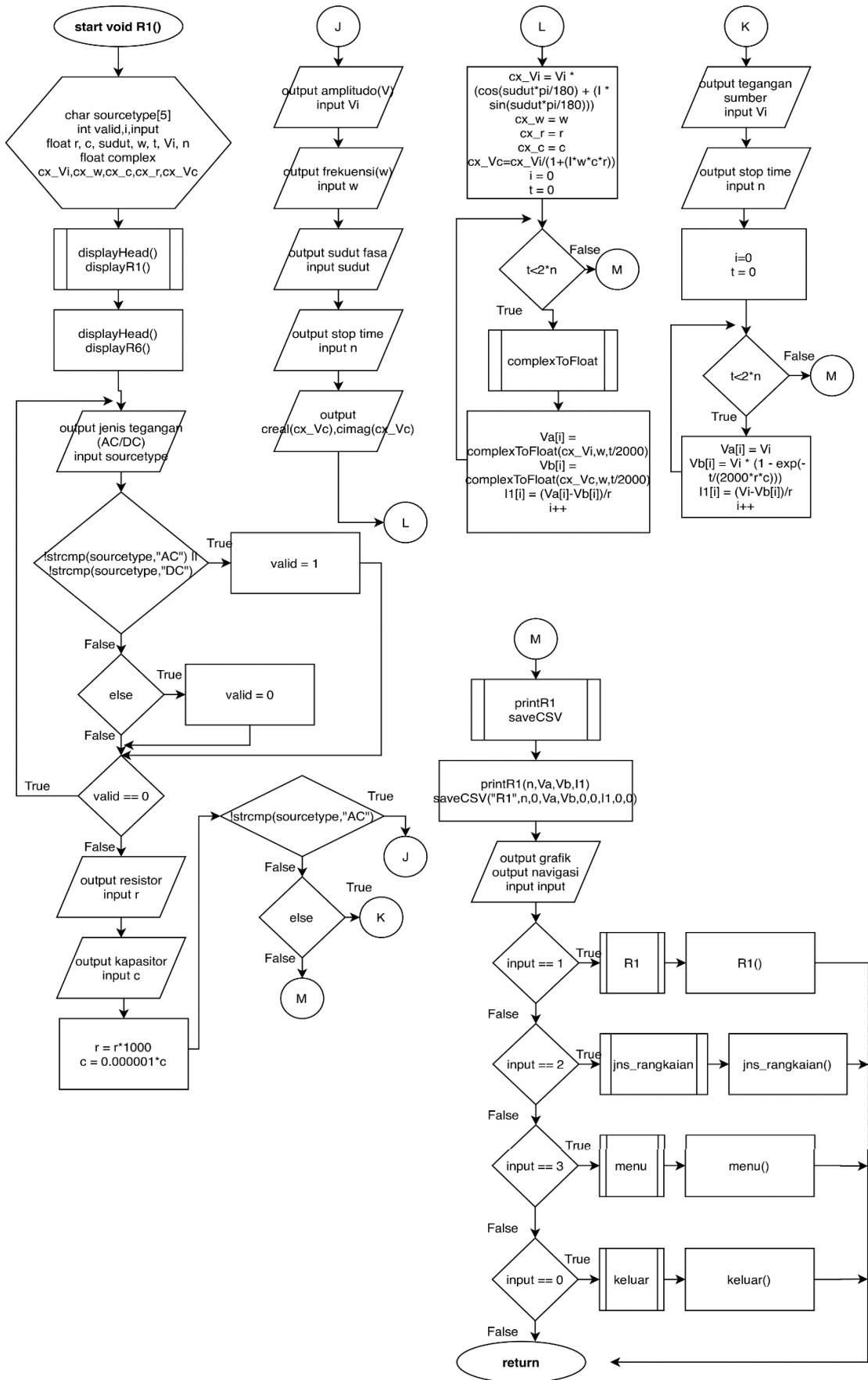
### 3.1.9. Flowchart complexToFloat



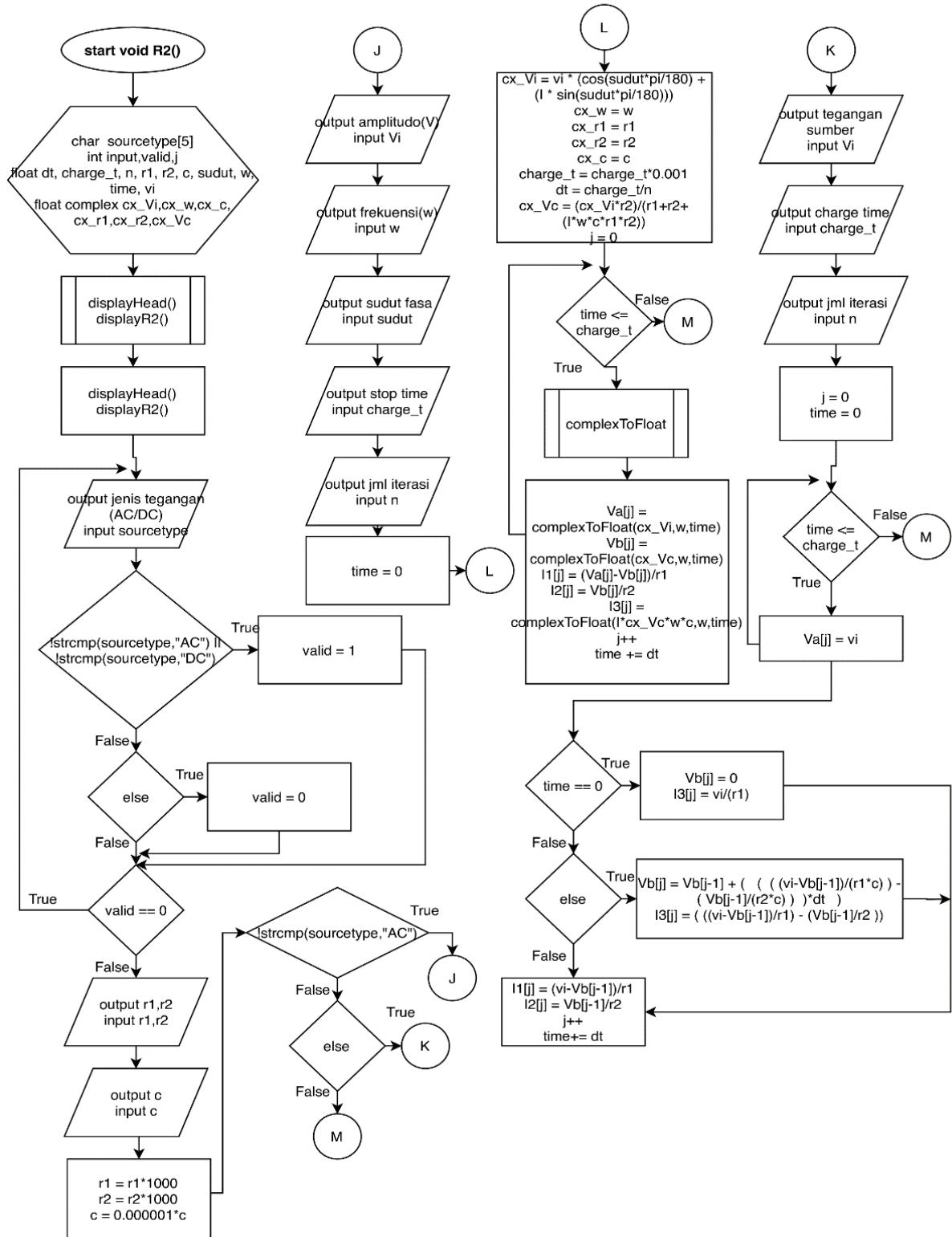
### 3.1.10. Flowchart displayR1 – displayR6

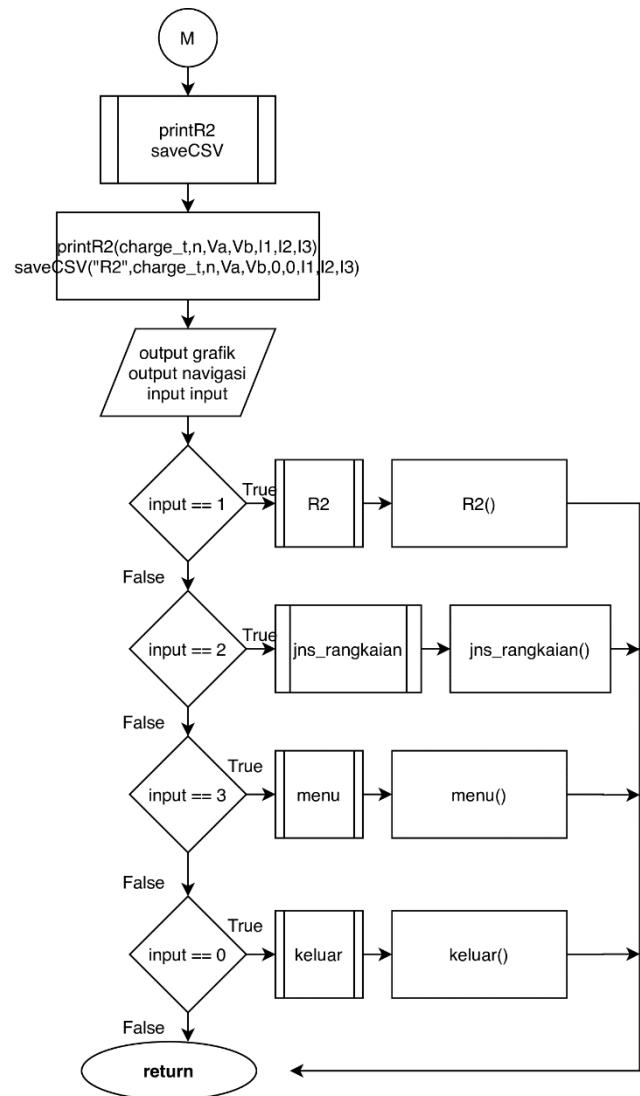


### 3.1.11. Flowchart R1

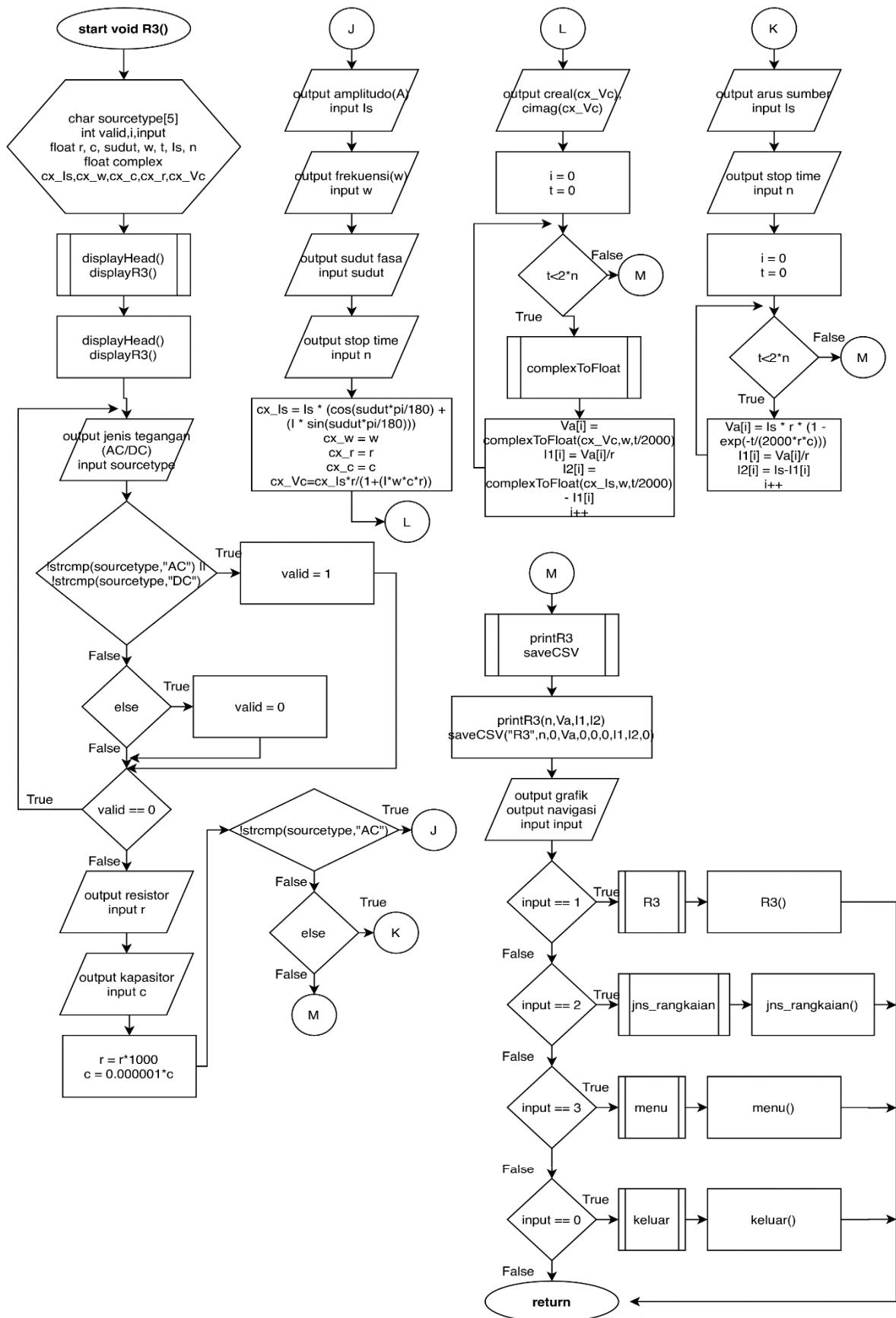


### 3.1.12. Flowchart R2

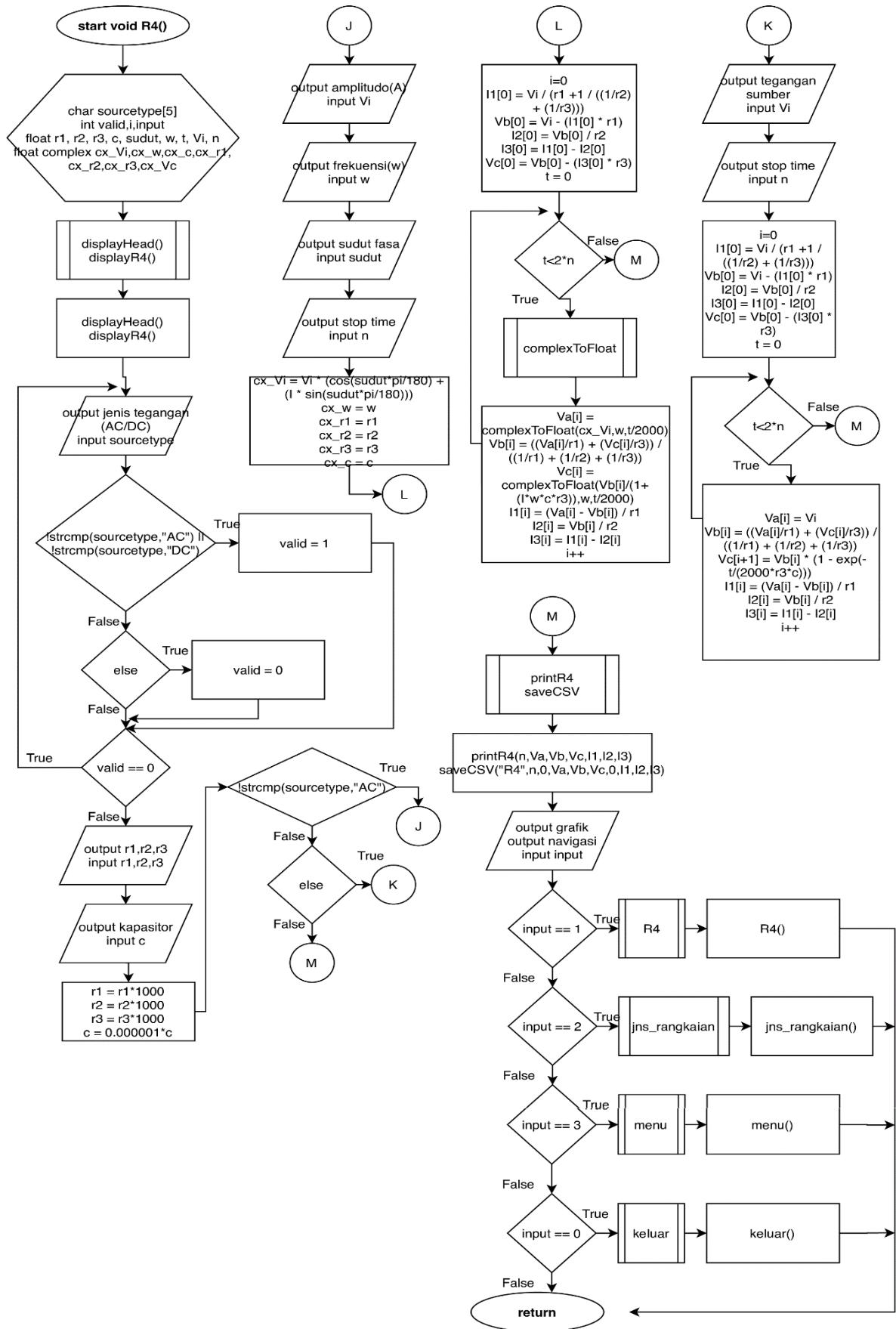




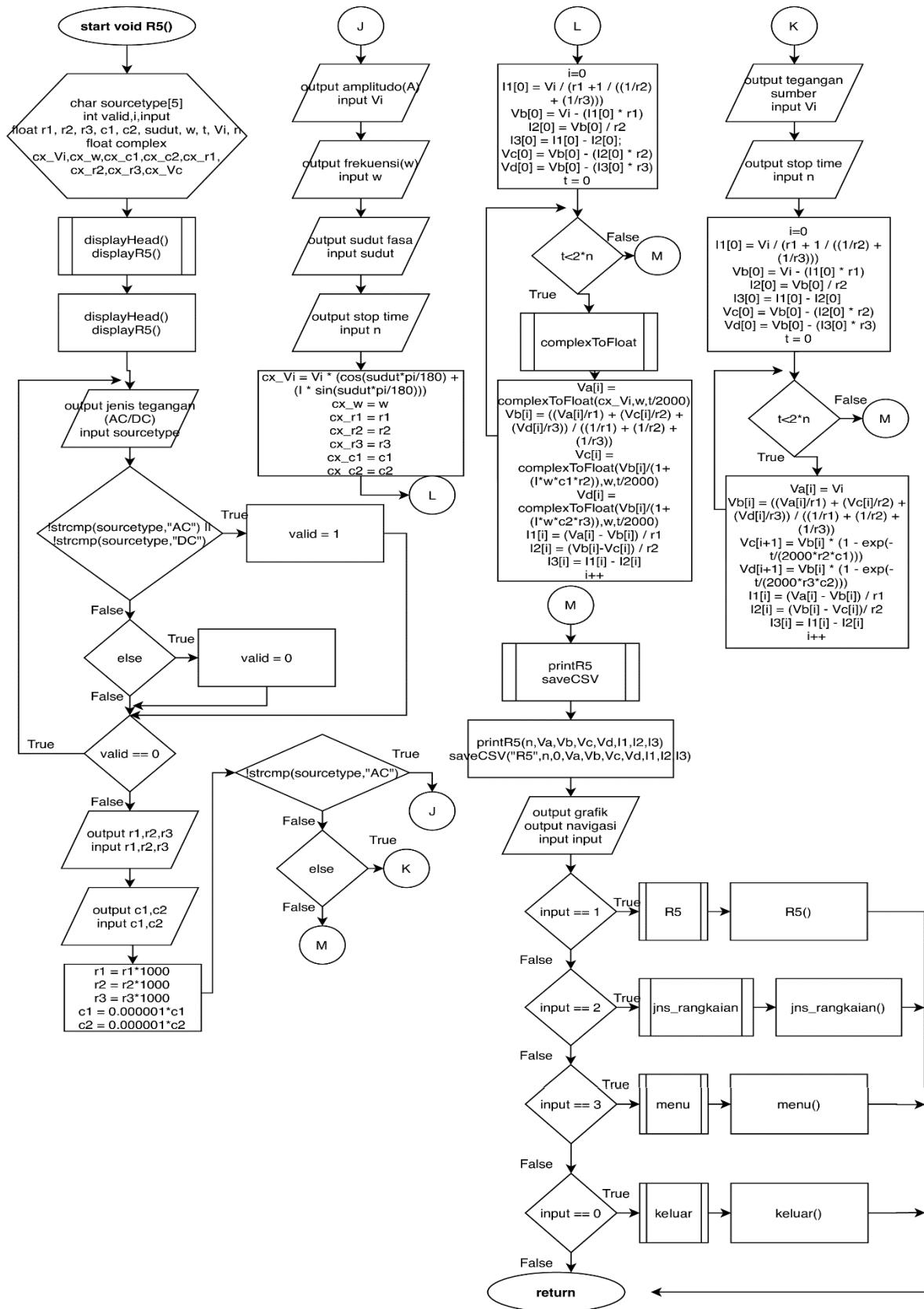
### 3.1.13. Flowchart R3



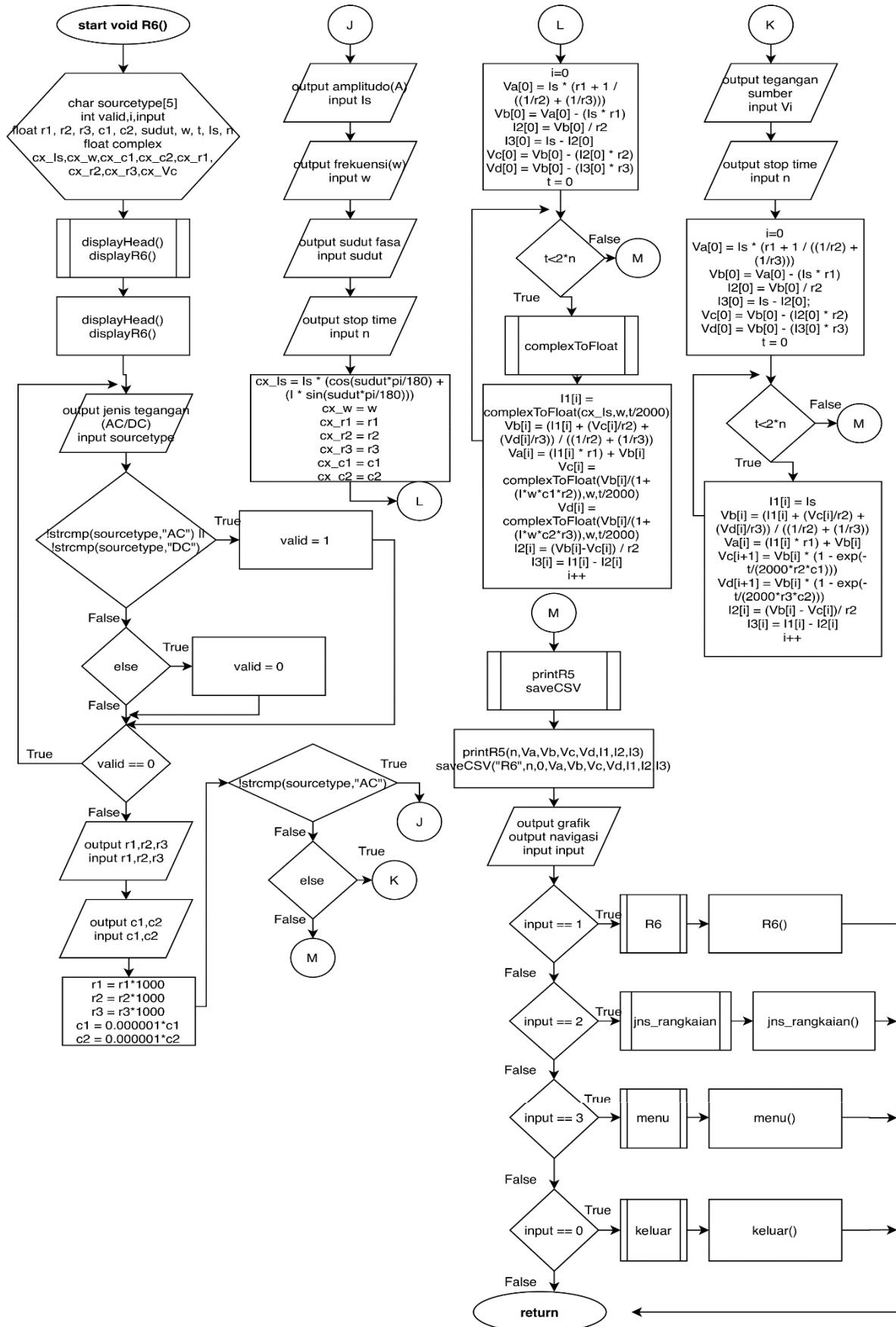
### 3.1.14. Flowchart R4



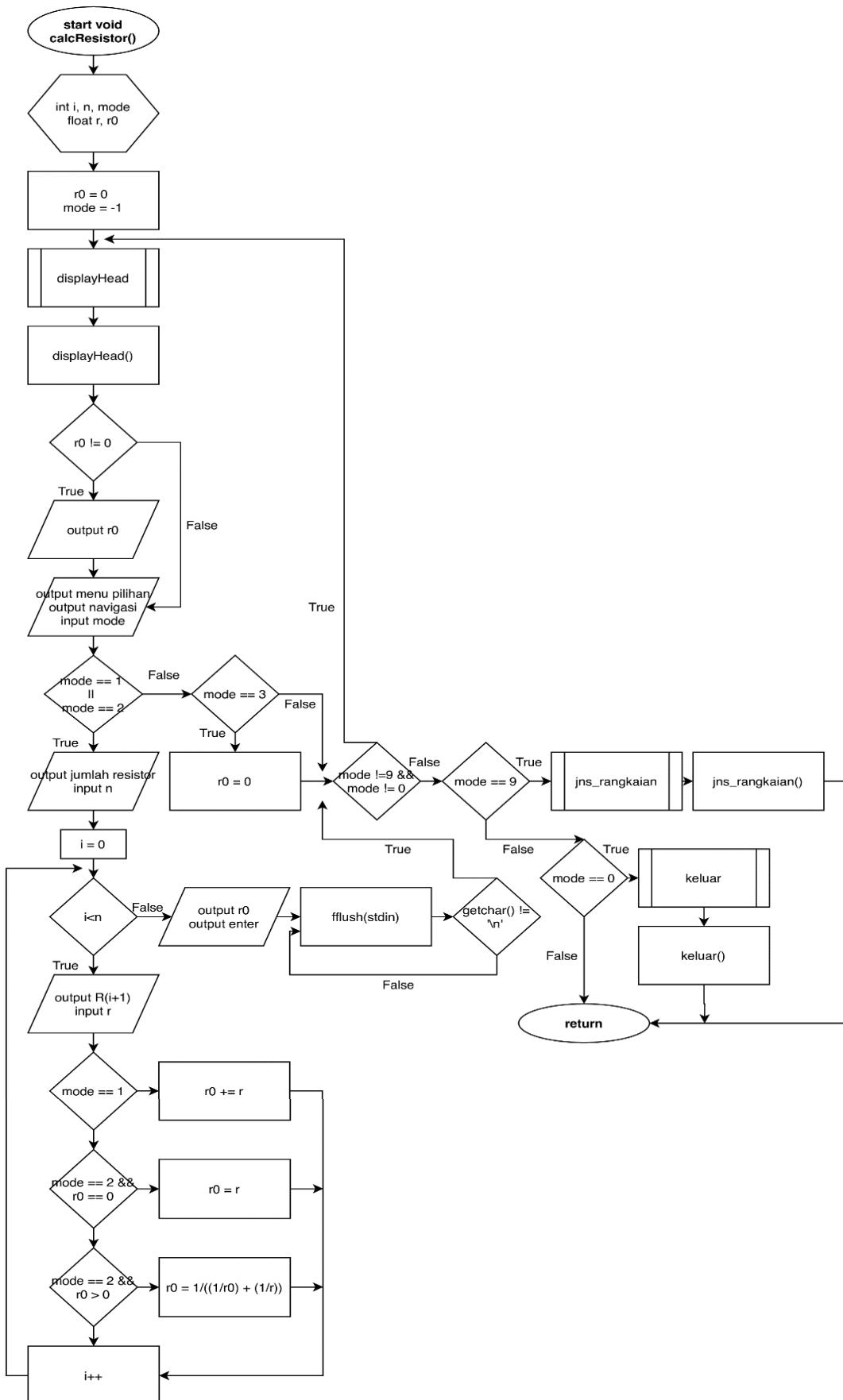
### 3.1.15. Flowchart R5



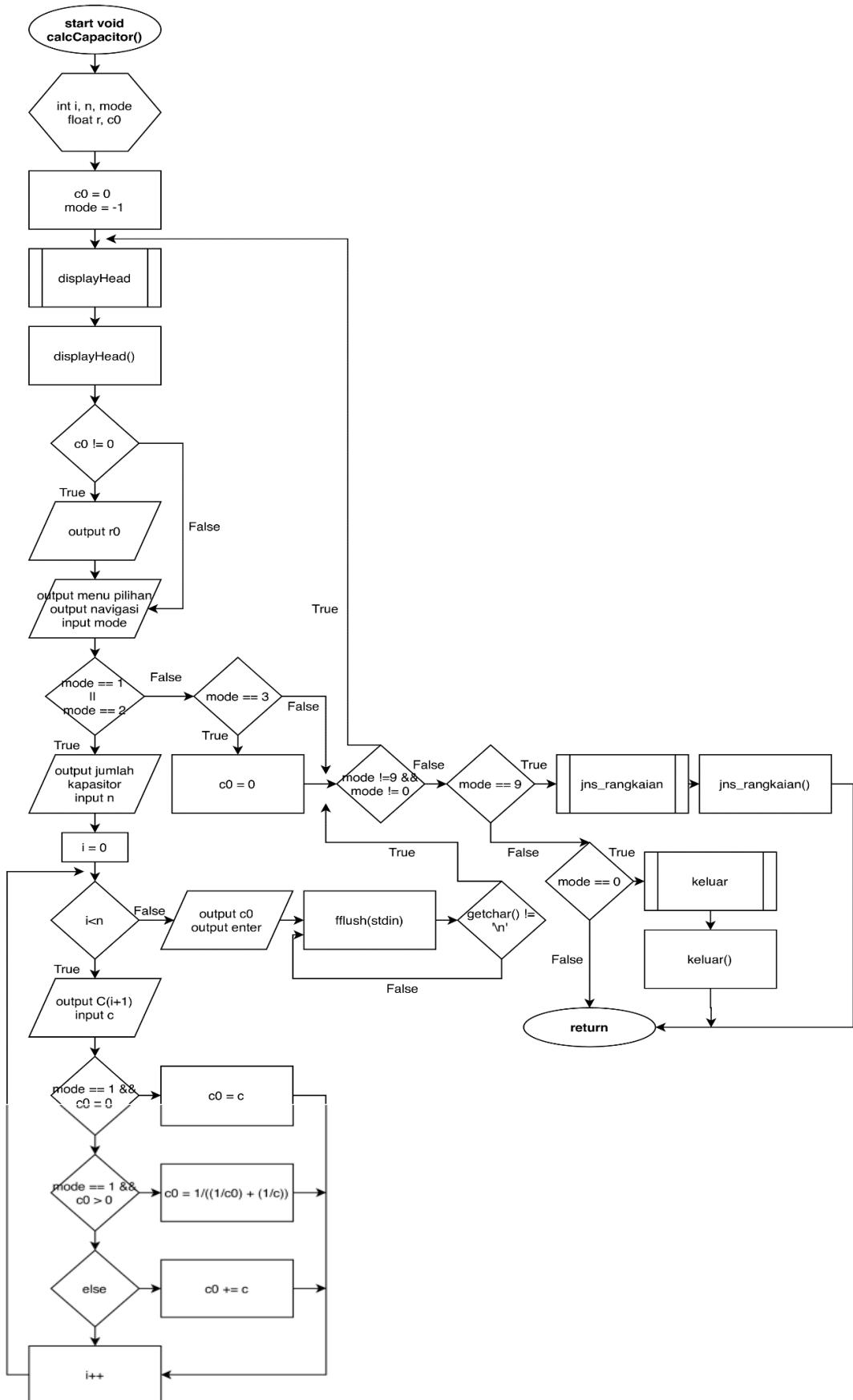
### 3.1.16. Flowchart R6



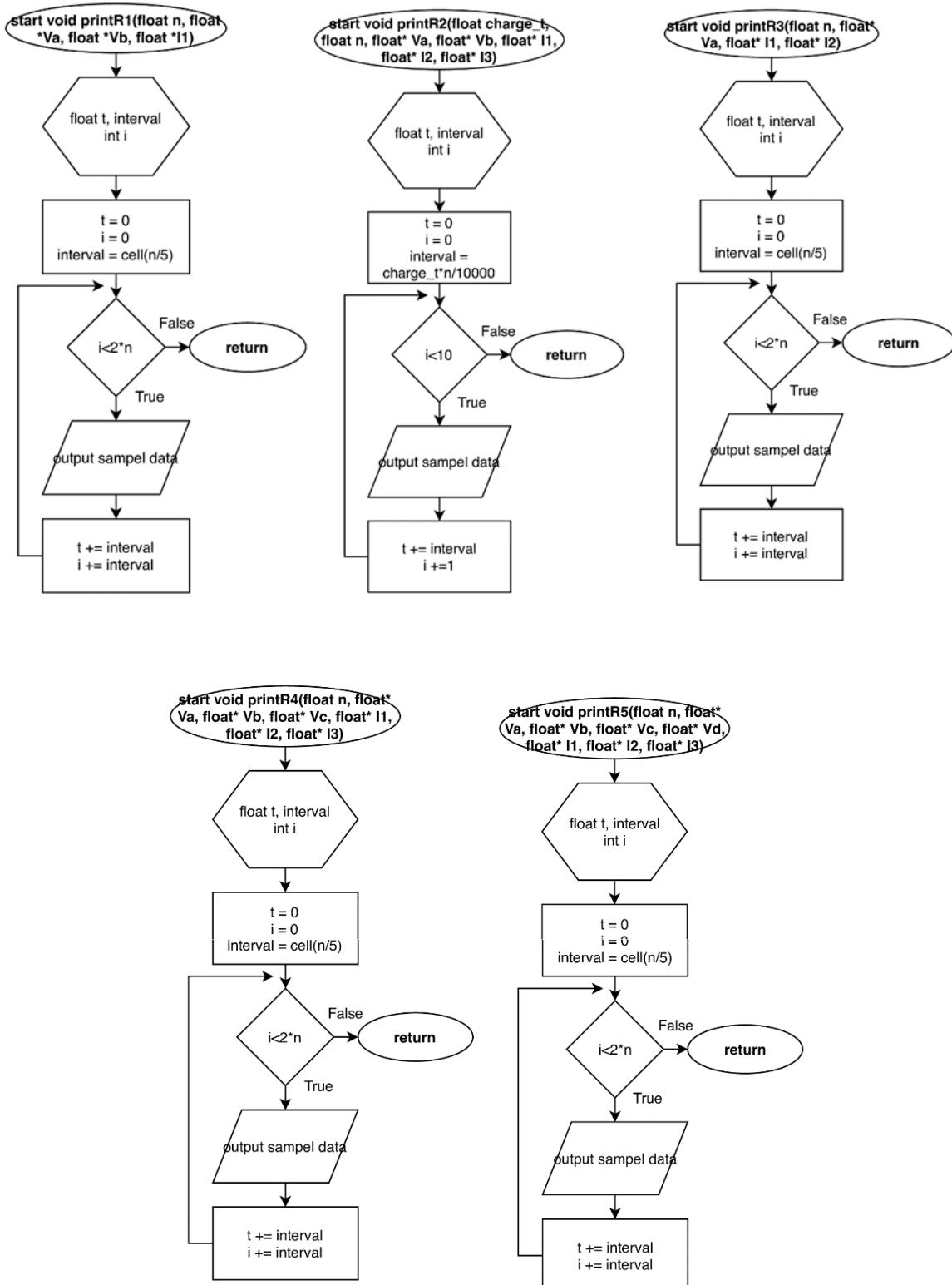
### 3.1.17. Flowchart calcResistor



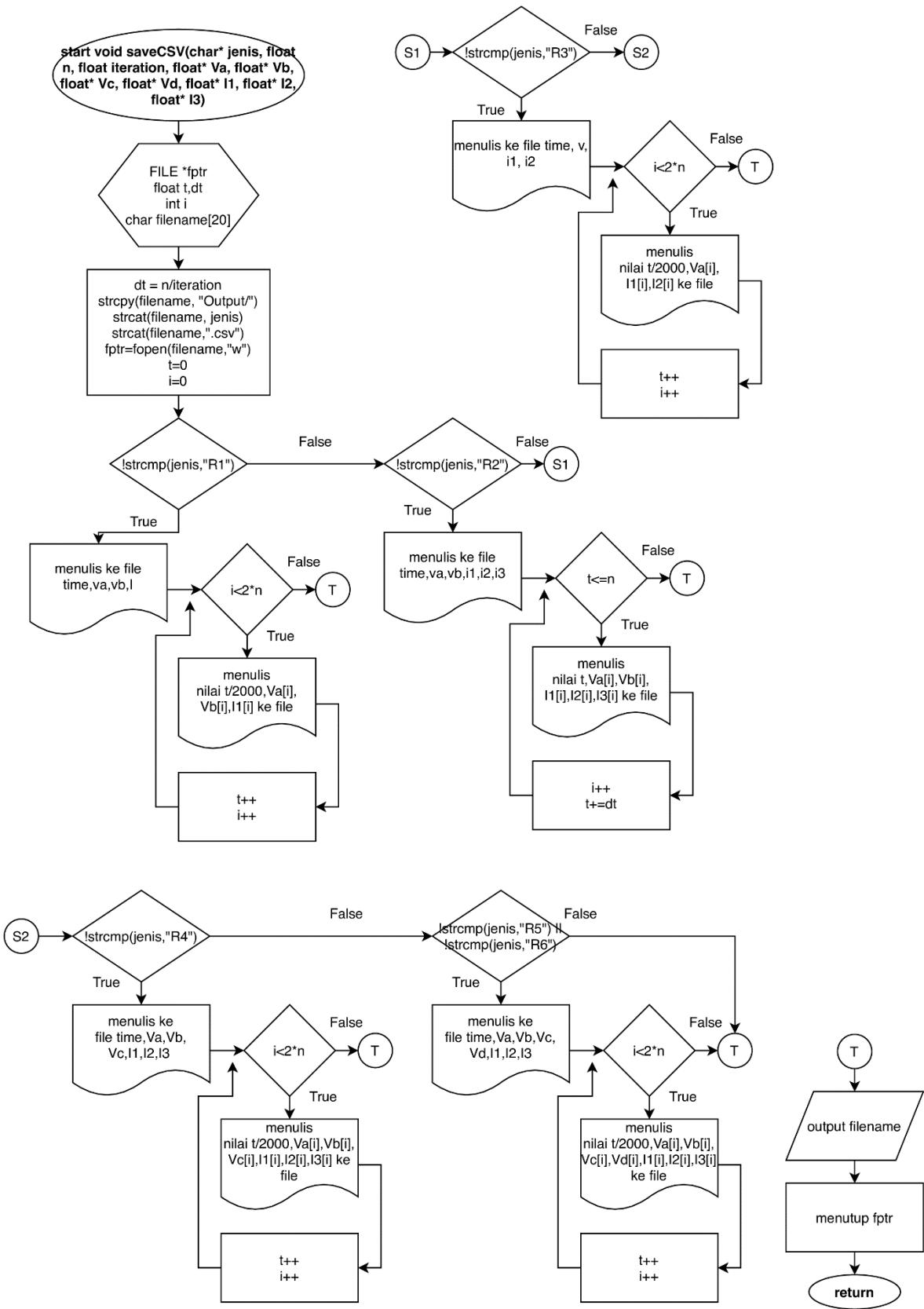
### 3.1.18. Flowchart calcCapacitor



### 3.1.19. Flowchart printR1 – printR5



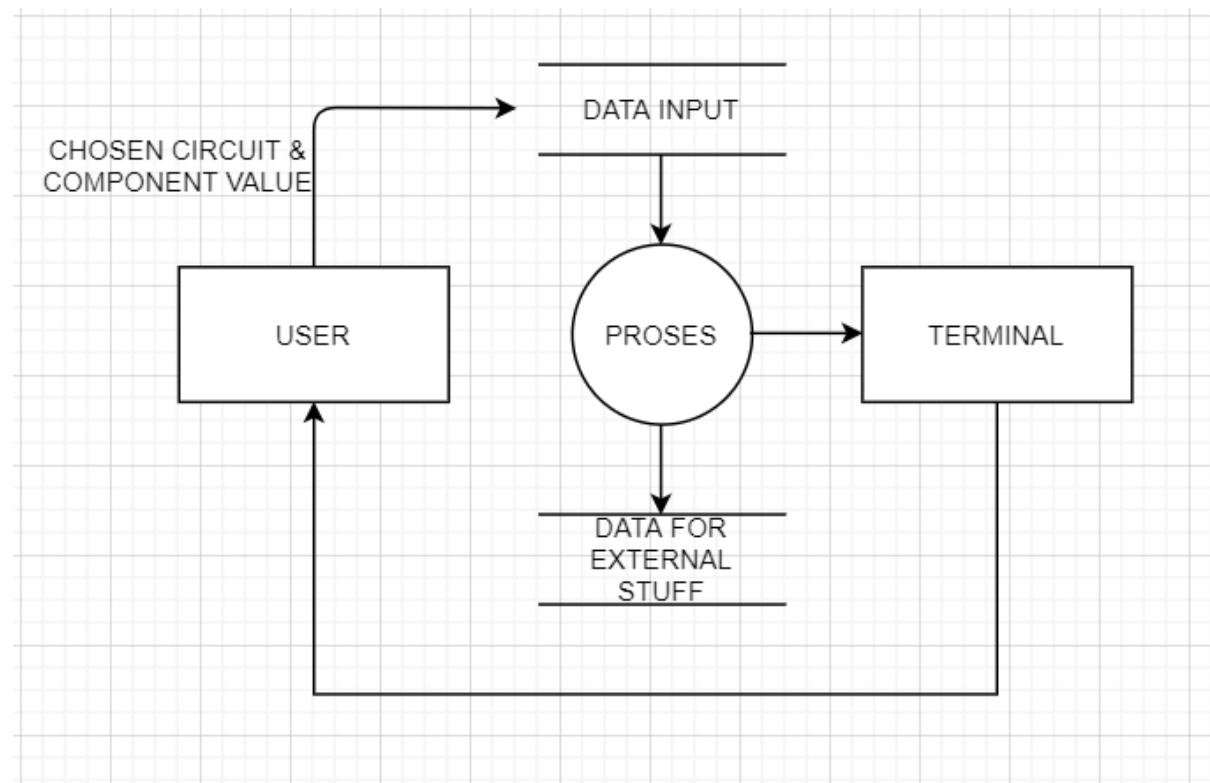
### 3.1.20. Flowchart saveCSV



### 3.2. Data Flow Diagram (DFD)

DFD yang diaplikasikan disini adalah sebagai berikut:

DFD Level 0 Context Diagram



Gambar 3-2 DFD Level 0 Context Diagram

Secara ringkas, user diminta untuk memasukkan input jenis rangkaian yang akan dianalisis kemudian nilai dari masing-masing komponen tersebut baik berupa resistor, kapasitor, sumber tegangan ataupun sumber arus.

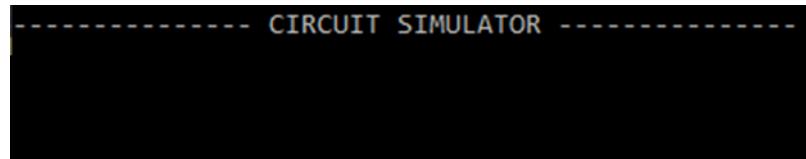
Setelah diproses, maka akan menghasilkan beberapa data yang digunakan untuk user plot ke dalam bentuk visualisasi grafik menggunakan bahasa pemrograman Python dengan memanfaatkan library Pandas dan Matplotlib.

Adapun proses tersebut dilanjutkan ke Terminal dan hasilnya kembali lagi ke user untuk dapat dilihat dan disimpulkan.

## 4. Desain Uji Fungsi

### 4.1. Prosedur displayHead

Prosedur ini akan me-refresh tampilan (clear screen) dan menampilkan judul pada bagian atas program. Hasil pengujian menunjukkan prosedur bekerja dengan baik.



Gambar 4-1 Pengujian Prosedur displayHead

### 4.2. Prosedur displayLogo

Prosedur ini menampilkan halaman awal berisi displayLogo program dan credits. Hasil pengujian menunjukkan prosedur bekerja dengan baik.



Gambar 4-2 Pengujian Prosedur displayLogo

### 4.3. Prosedur menu

Prosedur untuk menampilkan menu utama. Secara umum, hasil pengujian menunjukkan prosedur bekerja dengan baik.

Dilakukan 3 pengujian fungsi navigasi dengan input angka 1, 2 , dan nol. Ketika diberikan input angka 1, program akan menampilkan opsi jenis rangkaian (prosedur jns\_rangkaian). Ketika diberikan input angka 2, program akan nama kreator program (prosedur creator). Ketika diinput angka nol, program akan menampilkan pesan penutup dan berhenti. Selain itu, dilakukan pula pengujian dengan kasus input yang salah, hasilnya program akan memunculkan ulang pilihan menu utama.

```
1. Jenis Rangkaian
2. Program Creators
0. Exit
Input:
```

Gambar 4-3-1 Pengujian Tampilan Prosedur menu

```
1. Jenis Rangkaian
2. Program Creators
0. Exit
Input: 1
Jenis Rangkaian

1. Rangkaian 1: RC Seri

      Va -----[R]----- Vb
      |           |           |
      [V]         [C]         I
      |           |           |
      |           |           GND

2. Rangkaian 2: R Seri (R || C)
      I1           I3
      Va -->-[R1]->----->----- Vb
      |           |           |
      I2           v           |
```

Gambar 4-3-2 Pengujian Prosedur menu dengan Input 1

```
1. Jenis Rangkaian
2. Program Creators
0. Exit
Input: 2
                                Created by:
                                <<<KELOMPOK 4>>>
Ivan Giovanni          (13218006)
Christian Dinata        (13218024)

Icon credit: flaticon.com/authors/wichaiwi

9. Back
0. Exit
Input: -
```

Gambar 4-3-3 Pengujian Prosedur menu dengan Input 2

Ketika diinput angka 0, program akan menampilkan pesan penutup sebelum akhirnya berhenti.

```
1. Jenis Rangkaian
2. Program Creators
0. Exit
Input: 0
                                Anda keluar. Terima kasih!
```

Gambar 4-3-4 Pengujian Prosedur displayCreator dengan Input 0

Pengujian untuk kasus kesalahan input:

```
1. Jenis Rangkaian
2. Program Creators
0. Exit
Input: 5
1. Jenis Rangkaian
2. Program Creators
0. Exit
Input: -1
1. Jenis Rangkaian
2. Program Creators
0. Exit
Input:
```

Gambar 4-3-5 Pengujian Prosedur displayCreator untuk Kasus Kesalahan Input

#### 4.4. Prosedur displayCreator

Prosedur ini menampilkan nama kreator program. Hasil pengujian menunjukkan prosedur bekerja dengan baik.

```
        Created by:  
  
        <<<KELOMPOK 4>>>  
        Ivan Giovanni      (13218006)  
        Christian Dinata (13218024)  
  
Icon credit: flaticon.com/authors/wichaiwi  
  
9. Back  
0. Exit  
Input: -
```

Gambar 4-3-1 Tampilan Prosedur displayCreator

Ketika diinput angka 9, program akan kembali ke menu utama.

```
        Created by:  
  
        <<<KELOMPOK 4>>>  
        Ivan Giovanni      (13218006)  
        Christian Dinata (13218024)  
  
Icon credit: flaticon.com/authors/wichaiwi  
  
9. Back  
0. Exit  
Input: 9  
1. Jenis Rangkaian  
2. Program Creators  
0. Exit  
Input: -
```

Gambar 4-3-2 Pengujian Prosedur displayCreator dengan Input 9

Ketika diinput angka 0, program akan menampilkan pesan penutup dan berhenti.

```
        Created by:  
  
        <<<KELOMPOK 4>>>  
        Ivan Giovanni      (13218006)  
        Christian Dinata (13218024)  
  
Icon credit: flaticon.com/authors/wichaiwi  
  
9. Back  
0. Exit  
Input: 0  
                                Anda keluar. Terima kasih!
```

Gambar 4-3-2 Pengujian Prosedur displayCreator dengan Input 0

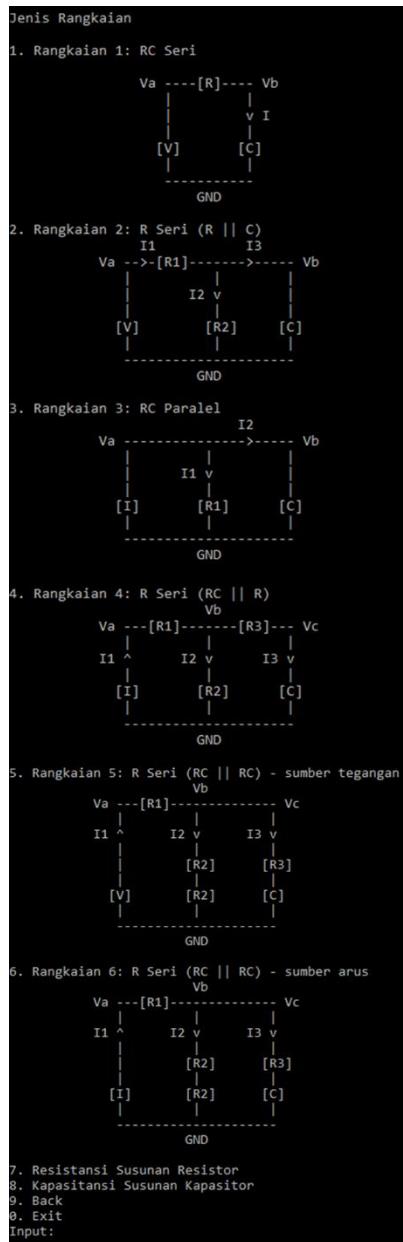
Ketika input tidak dikenali, program akan mengulang tampilan (dalam pengujian, perintah clearscreen tidak digunakan)

```
        Created by:  
  
        <<<KELOMPOK 4>>>  
Ivan Giovanni      (13218006)  
Christian Dinata   (13218024)  
  
Icon credit: flaticon.com/authors/wichaiwi  
  
9. Back  
0. Exit  
Input: 1          Created by:  
  
        <<<KELOMPOK 4>>>  
Ivan Giovanni      (13218006)  
Christian Dinata   (13218024)  
  
Icon credit: flaticon.com/authors/wichaiwi  
  
9. Back  
0. Exit  
Input: -
```

Gambar 4-3-4 Pengujian Prosedur displayCreator untuk Kasus Kesalahan Input

#### 4.5. Prosedur jns\_rangkaian

Prosedur untuk menampilkan pilihan jenis rangkaian ke layar. Dilakukan 10 pengujian terhadap navigasi program dengan input angka 0 – 9. Ketika diinput angka 1 – 8 program akan menjalankan prosedur confirmcircuit. Ketika diinput angka 9 program akan kembali ke menu utama. Ketika diinput angka 0 program akan menampilkan pesan penutup dan berhenti. Ketika input salah, program akan merefresh tampilan (dengan perintah clearscreen) dan mengulang seluruh tampilan.

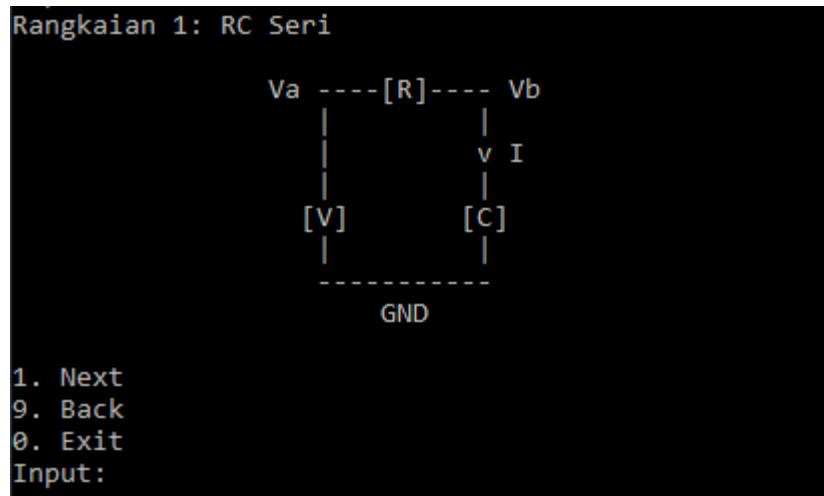


Gambar 4-4 Pengujian Prosedur jns\_rangkaian

#### 4.6. Prosedur confirmCircuit

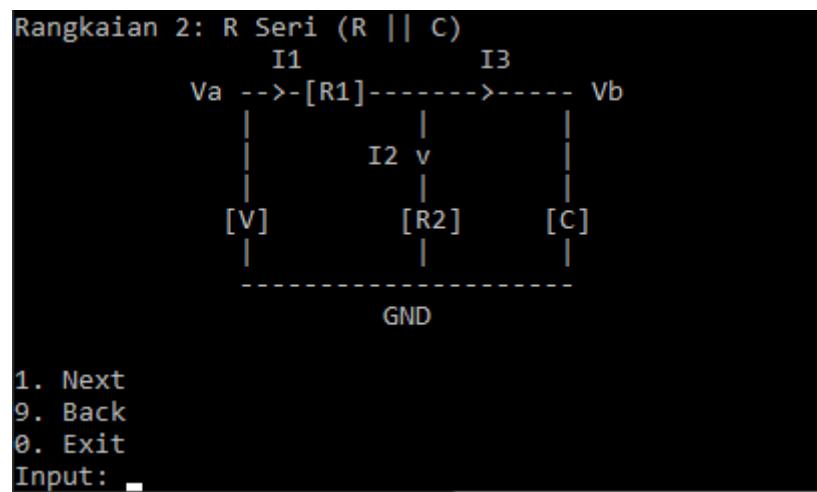
Prosedur berguna untuk mengonfirmasi pilihan rangkaian kepada pengguna. Hasil pengujian menunjukkan prosedur bekerja dengan baik.

Ketika dijalankan prosedur confirmCircuit(1), maka program akan menampilkan rangkaian 1 dan menu konfirmasinya.



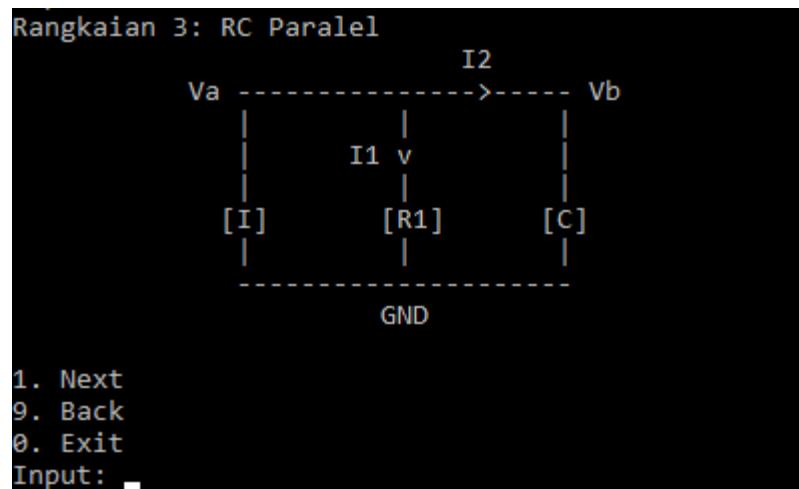
Gambar 4-5-1 Pengujian Prosedur confirmCircuit(1)

Ketika prosedur menerima opsi 2 (confirmCircuit(2)), maka program akan menampilkan rangkaian 2 dan menu konfirmasinya.



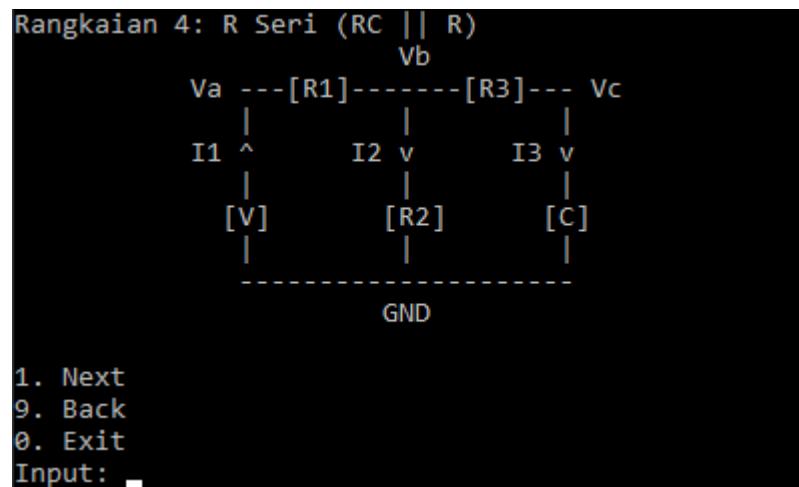
Gambar 4-5-2 Pengujian Prosedur confirmCircuit(2)

Ketika prosedur menerima opsi 3 (confirmCircuit(3)), maka program akan menampilkan rangkaian 3 dan menu konfirmasinya.



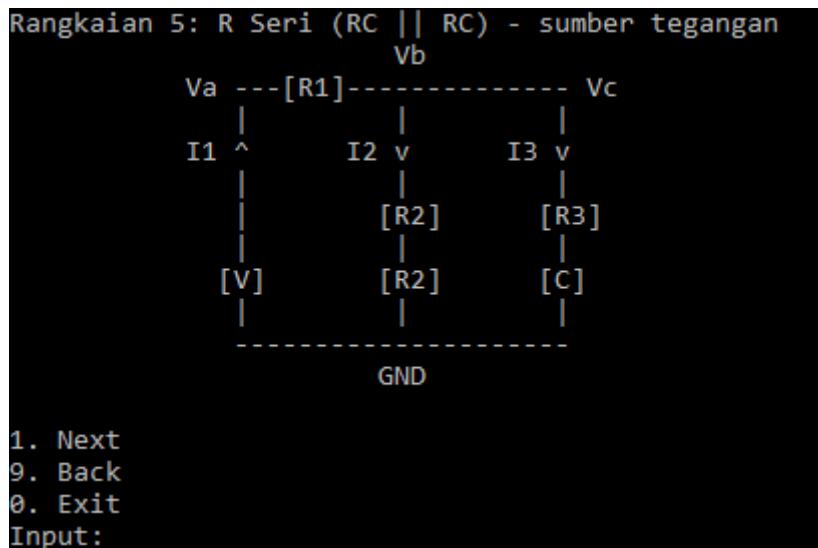
Gambar 4-5-3 Pengujian Prosedur confirmCircuit(3)

Ketika prosedur menerima opsi 4 (confirmCircuit(4)), maka program akan menampilkan rangkaian 4 dan menu konfirmasinya.



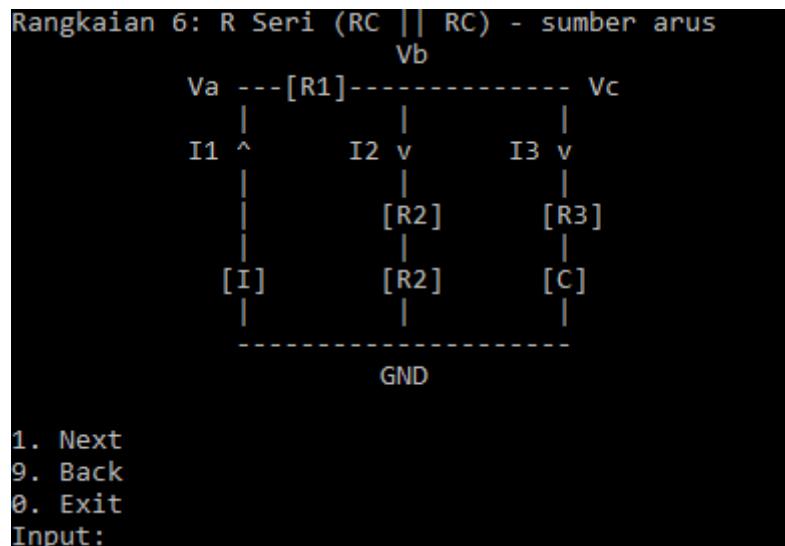
Gambar 4-5-4 Pengujian Prosedur confirmCircuit(4)

Ketika prosedur menerima opsi 5 (confirmCircuit(5)), maka program akan menampilkan rangkaian 5 dan menu konfirmasinya.



Gambar 4-5-5 Pengujian Prosedur confirmCircuit(5)

Ketika prosedur menerima opsi 6 (confirmCircuit(6)), maka program akan menampilkan rangkaian 6 dan menu konfirmasinya.

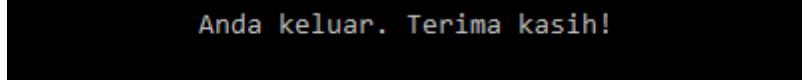


Gambar 4-5-6 Pengujian Prosedur confirmCircuit(6)

Ketika dilakukan input angka 1, program akan melanjutkan ke fungsi rangkaian yang sesuai, ketika diinput angka 9, program akan kembali ke menu jenis rangkaian, sedangkan ketika diinput angka nol program akan menjalankan fungsi keluar. Apabila dilakukan input angka sembarang, program akan merefresh konsol dan menampilkan ulang prosedur confirmCircuit.

#### **4.7. Prosedur keluar**

Prosedur untuk menampilkan halaman penutup sebelum program berakhir. Hasil pengujian menunjukkan prosedur bekerja dengan baik.



Anda keluar. Terima kasih!

**Gambar 4-7 Pengujian Prosedur keluar**

## 5. Implementasi

### 5.1. Program executable: CircuitSim.exe

Program utama dapat dikompilasi pada Windows dengan kompiler gcc dan windres (untuk mengompilasi ikon program). Berikut adalah cara kompilasinya

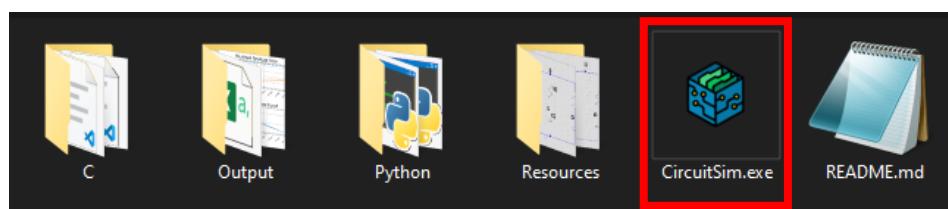
1. Buka cmd pada folder utama (CircuitSimulator)

2. Ketik perintah berikut:

```
"cd C  
windres resources.rc resources.o"  
gcc -o ..\CircuitSim main.c menu_display.c circuitcalc.c output.c  
resistor_capacitor.c resources.o -I."
```

3. Tekan enter untuk mengompilasi program.

Setelah mengikuti prosedur diatas, maka program CircuitSim.exe akan muncul pada folder utama. Program dapat dikenali dengan mudah lewat ikon berupa boks berwarna biru.



Gambar 5-1 Tampilan Ikon CircuitSim.exe

Sebelum menjalankan program, pastikan bahwa komputer memiliki aplikasi Python dengan package library Pandas dan Matplotlib.

### 5.2. Display Menu dan Navigasi: menu\_display.c

- Prosedur displayHead

Prosedur untuk merefresh tampilan (clear screen) dan menampilkan judul program ke konsol.

- Prosedur displayLogo

Prosedur untuk menampilkan halaman awal berisi displayLogo program dan credits ke konsol.

- Prosedur displayCreator

Prosedur untuk menampilkan nama pembuat program ke konsol.

- Prosedur menu

Prosedur untuk menampilkan menu utama.

- Prosedur jns\_rangkaian

Prosedur untuk menampilkan pilihan jenis rangkaian ke layar.

- Prosedur confirmCircuit(int option);

Prosedur untuk mengonfirmasi pilihan rangkaian.

- Prosedur keluar

Prosedur untuk menampilkan halaman penutup sebelum program berakhir.

### 5.3. Perhitungan dan Analisis Rangkaian: circuitcalc.c

- Fungsi complexToFloat  
Fungsi untuk mengubah bilangan kompleks ke float.  
Input : amplitudo (float kompleks), omega (float), waktu dalam milidetik (float)  
Output: float
- Prosedur displayR1  
Fungsi untuk menampilkan gambar rangkaian RC Seri (R1) dalam bentuk karakter ASCII.
- Prosedur displayR2  
Fungsi untuk menampilkan gambar rangkaian RC Campuran (R2) dalam bentuk karakter ASCII.
- Prosedur displayR3  
Fungsi untuk menampilkan gambar rangkaian RC Paralel (R3) dalam bentuk karakter ASCII.
- Prosedur displayR4  
Fungsi untuk menampilkan gambar rangkaian RC Campuran (R4) dalam bentuk karakter ASCII.
- Prosedur displayR5  
Fungsi untuk menampilkan gambar rangkaian RC Campuran (R5) dalam bentuk karakter ASCII.
- Prosedur displayR6  
Fungsi untuk menampilkan gambar rangkaian RC Campuran (R6) dalam bentuk karakter ASCII.
- Prosedur R1  
Prosedur untuk menghitung tegangan node dan arus cabang pada rangkaian RC Seri (R1) dengan sumber tegangan AC ataupun DC dan menyimpan hasil perhitungan pada array. Prosedur akan menyimpan hasil perhitungan dalam file csv.
- Prosedur R2  
Prosedur untuk menghitung tegangan node dan arus cabang pada rangkaian R2 dengan sumber tegangan AC ataupun DC dan menyimpan hasil perhitungan pada array. Prosedur akan menyimpan hasil perhitungan dalam file csv.
- Prosedur R3  
Prosedur untuk menghitung tegangan node dan arus cabang pada rangkaian RC Paralel (R3) dengan sumber arus AC ataupun DC dan menyimpan hasil perhitungan pada array. Prosedur akan menyimpan hasil perhitungan dalam file csv.
- Prosedur R4

Prosedur untuk menghitung tegangan node dan arus cabang pada rangkaian RC Campuran (R4) dengan sumber arus AC ataupun DC dan menyimpan hasil perhitungan pada array. Prosedur akan menyimpan hasil perhitungan dalam file csv.

- Prosedur R5  
Prosedur untuk menghitung tegangan node dan arus cabang pada rangkaian RC Campuran (R5) dengan sumber arus AC ataupun DC dan menyimpan hasil perhitungan pada array. Prosedur akan menyimpan hasil perhitungan dalam file csv.

- Prosedur R6  
Prosedur untuk menghitung tegangan node dan arus cabang pada rangkaian RC Campuran (R6) dengan sumber arus AC ataupun DC dan menyimpan hasil perhitungan pada array. Prosedur akan menyimpan hasil perhitungan dalam file csv.

#### **5.4. Perhitungan Susunan Resistor dan Kapasitor: resistor\_capacitor.c**

- Prosedur calcResistor  
Prosedur untuk menghitung resistansi dari susunan resistor seri, paralel, dan campuran
- Prosedur calcCapacitor  
Prosedur untuk menghitung kapasitansi dari susunan kapasitor seri, paralel, dan campuran

#### **5.5. Penanganan Hasil Perhitungan: output.c**

- Prosedur printR1  
Prosedur untuk menampilkan cuplikan data hasil perhitungan rangkaian 1 dalam bentuk tabel ke layar. Jumlah maksimal data yang ditampilkan yakni 10 data dengan interval waktu data yang seragam.  
Input : batasan waktu dalam milidetik (float), pointer ke array tegangan dan arus
- Prosedur printR3  
Prosedur untuk menampilkan cuplikan data hasil perhitungan rangkaian 3 dalam bentuk tabel ke layar. Jumlah maksimal data yang ditampilkan yakni 10 data dengan interval waktu data yang seragam.  
Input : batasan waktu dalam milidetik (float), pointer ke array tegangan dan arus
- Prosedur printR2  
Prosedur untuk menampilkan cuplikan data hasil perhitungan rangkaian 2 dalam bentuk tabel ke layar. Jumlah maksimal data yang ditampilkan yakni 10 data dengan interval waktu data yang seragam.  
Input : batasan waktu dalam milidetik, jumlah iterasi, dan pointer ke array tegangan dan arus
- Prosedur printR4

Prosedur untuk menampilkan cuplikan data hasil perhitungan rangkaian 4 dalam bentuk tabel ke layar. Jumlah maksimal data yang ditampilkan yakni 10 data dengan interval waktu data yang seragam.

Input : batasan waktu dalam milidetik (float), pointer ke array tegangan dan arus

- Prosedur printR5

Prosedur untuk menampilkan cuplikan data hasil perhitungan rangkaian 5 dan 6 dalam bentuk tabel ke layar. Jumlah maksimal data yang ditampilkan yakni 10 data dengan interval waktu data yang seragam.

Input : batasan waktu dalam milidetik (float), pointer ke array tegangan dan arus

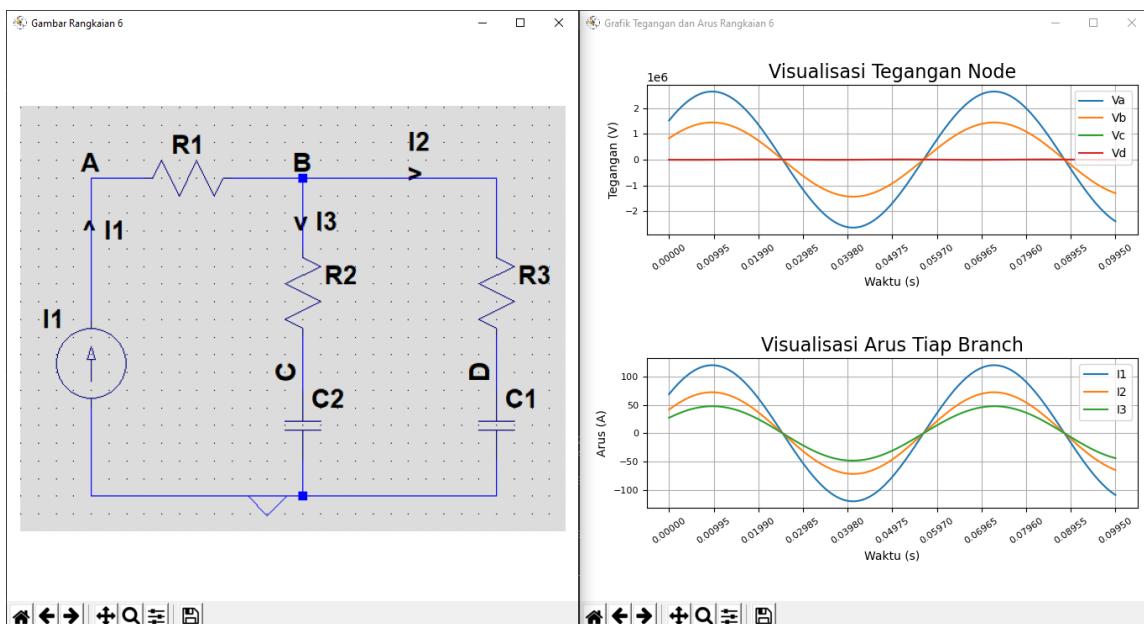
- Prosedur saveCSV

Prosedur untuk menyimpan data hasil perhitungan ke file csv dalam folder Output.

Input : jenis rangkaian, n, jumlah interation, pointer ke array tegangan dan arus

## 5.6. Menampilkan Grafik: python

Program untuk menampilkan grafik dibuat dalam bahasa Python dengan menggunakan library Pandas dan Matplotlib. Terdapat 6 program penampil grafik, masing-masing program menampilkan grafik untuk rangkaian yang berbeda. Ketika dijalankan, program akan menampilkan grafik tegangan dan arus, serta skematik rangkaian terkait. Hal ini bertujuan untuk memudahkan pengguna dalam menganalisis grafik. Grafik yang ditampilkan akan disimpan dalam folder Output. Berikut adalah contoh tampilan grafik dan skematik rangkaian.



Gambar 5-6 Tampilan Skematik dan Grafik Hasil Perhitungan Rangkaian 6

### **5.7. Menampilkan ikon pada file executable**

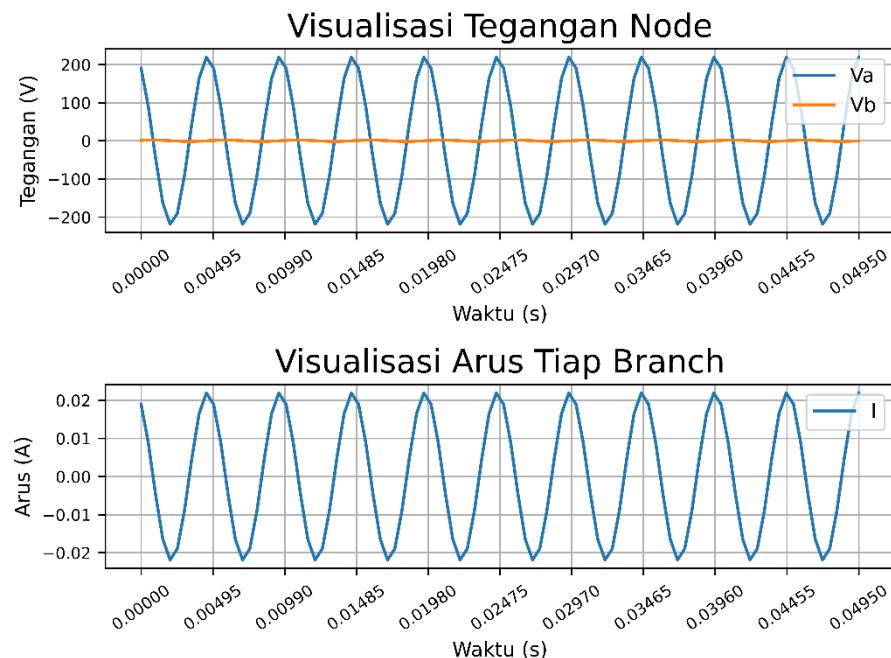
Untuk menampilkan ikon pada file exe, digunakan file resources.h dan resources.rc yang berisi pengaturan untuk menampilkan icon. Kedua file tersebut akan dikompilasi dengan kompiler windres dan membentuk file resources.o. Selanjutnya file resources.o akan dikompilasi kembali bersamaan dengan file .c lainnya menjadi sebuah file executable.

## 6. Pengujian

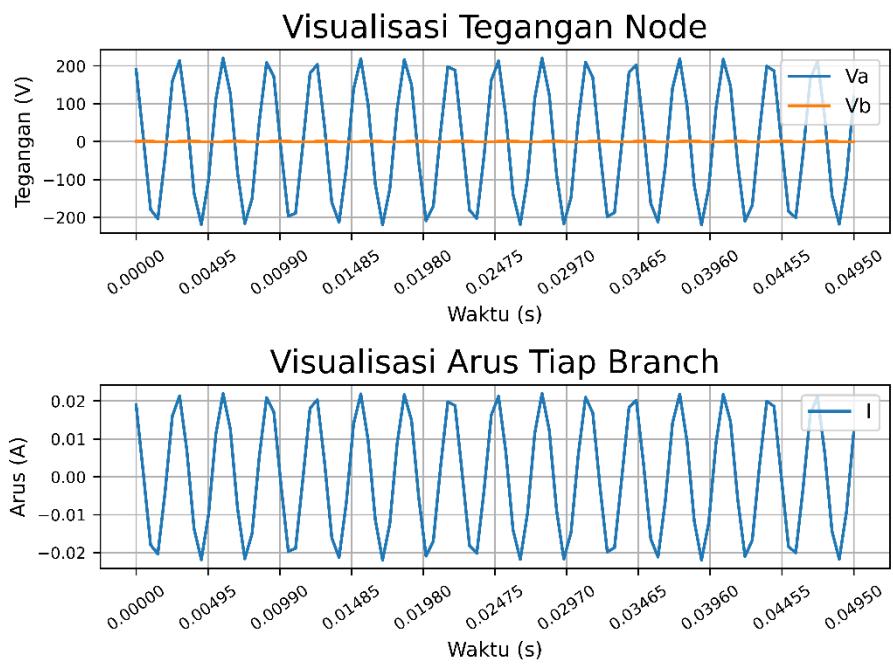
### 6.1. Batasan Input

Pada program ini, hasil perhitungan dan analisis disimpan dalam format tipe data float dengan tingkat akurasi hingga 7 digit desimal. Tipe data tersebut dipilih untuk menjaga efisiensi memori dan kecepatan program. Namun, pemilihan tipe data tersebut berdampak pada berkurangnya akurasi perhitungan.

Secara umum, perhitungan rangkaian 1, 3, 4, 5, dan 6 dilakukan dengan iterasi sebanyak 2000 sampel per detik, sedangkan pada rangkaian ke 2, jumlah iterasi dapat diinput secara manual. Dengan demikian, untuk menjaga akurasi, input frekuensi sudut pada rangkaian 1, 3, 4, 5, dan 6 memiliki batasan maksimal, yakni sebesar 1256.637 radian/detik. Apabila dilakukan input yang melebihi batasan tersebut, maka program tidak dapat menghasilkan perhitungan secara akurat.



Gambar 6-1-1 Tampilan Grafik R1 dengan  $\omega = 1256.637$  rad/s (Cukup Akurat)



**Gambar 6-1-2 Tampilan Grafik R1 dengan  $\omega = 2000$  rad/s (Tidak Akurat)**

## 6.2. Rangkaian 1 - DC

Format pengujian:

- Jenis sumber (DC/AC) : DC
- Resistor (k ohm) : 10
- Kapasitor (uF) : 33
- Stop time (ms) : 200
- Tegangan sumber (V) : 110

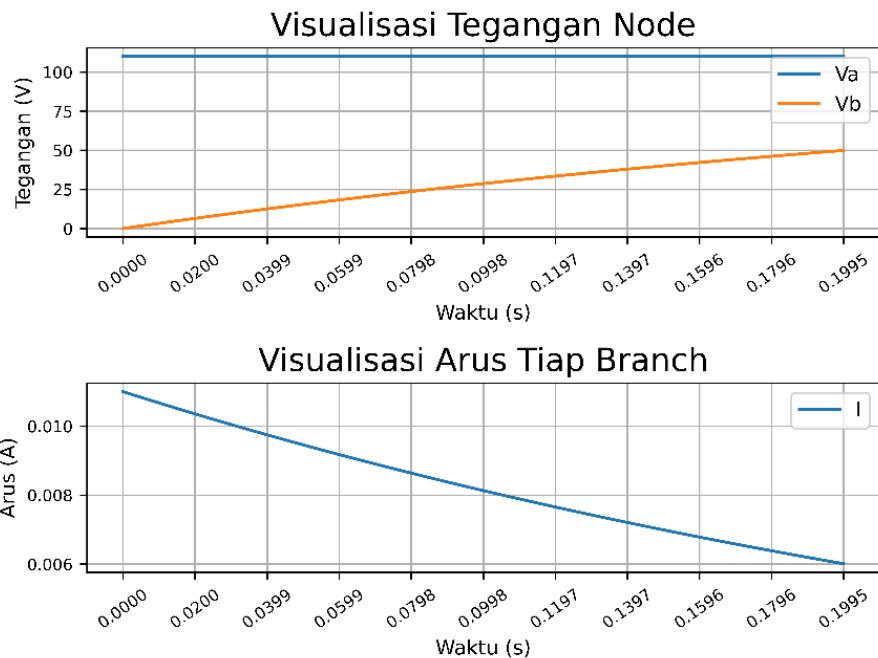
Tampilan Program:

```
----- CIRCUIT SIMULATOR -----  
Rangkaian 1: RC Seri  
  
Va ---[R]--- Vb  
| | v I  
| [V] | [C]  
| |  
GND  
  
Jenis sumber (DC/AC) : DC  
Resistor (k ohm) : 10  
Kapasitor (uF) : 33  
Tegangan sumber (V) : 110  
Stop time (ms) : 200  
Sampel Data  

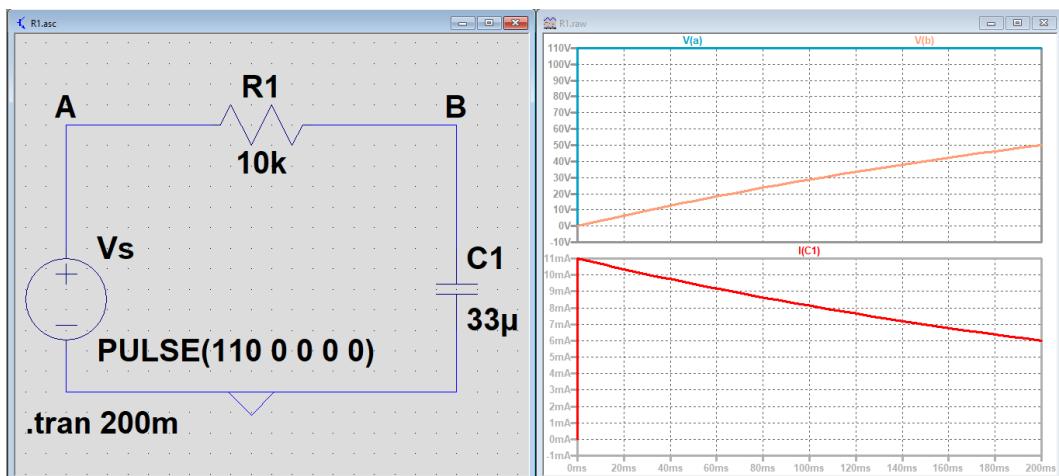

| t     | Va      | Vb     | I     |
|-------|---------|--------|-------|
| 0.000 | 110.000 | 0.000  | 0.011 |
| 0.020 | 110.000 | 6.469  | 0.010 |
| 0.040 | 110.000 | 12.557 | 0.010 |
| 0.060 | 110.000 | 18.287 | 0.009 |
| 0.080 | 110.000 | 23.680 | 0.009 |
| 0.100 | 110.000 | 28.757 | 0.008 |
| 0.120 | 110.000 | 33.534 | 0.008 |
| 0.140 | 110.000 | 38.031 | 0.007 |
| 0.160 | 110.000 | 42.263 | 0.007 |
| 0.180 | 110.000 | 46.246 | 0.006 |

  
Data lengkap tersimpan dalam folder Output/R1.csv  
Menampilkan Grafik Tegangan dan Arus  
Mohon tunggu sejenak
```

Gambar 6-2-1 Tampilan Program Rangkaian 1 DC



Gambar 6-2-2 Tampilan Grafik Rangkaian 1 DC



Gambar 6-2-3 Hasil Pengujian Rangkaian 1 DC pada LT Spice

Tabel 6-2 Pengukuran Galat Rangkaian 1 DC saat t=200ms

	V <sub>A</sub> (V)	V <sub>B</sub> (V)	I (A)
Program	110	49.995487	0.006000
LT Spice	110	49.995487	6.0004513m
Galat (%)	0%	0%	0.00752%

Dari kedua gambar diatas, diketahui bahwa grafik keluaran program sesuai dengan hasil pengujian pada LT Spice. Dari perbandingan hasil perhitungan, galat terbesar diperoleh ketika pengukuran I dengan persentase sebesar 0.00752%. Galat tersebut sangat kecil dan tidak berpengaruh secara signifikan. Dengan demikian, perhitungan program telah dilakukan dengan tepat.

### 6.3. Rangkaian 1 - AC

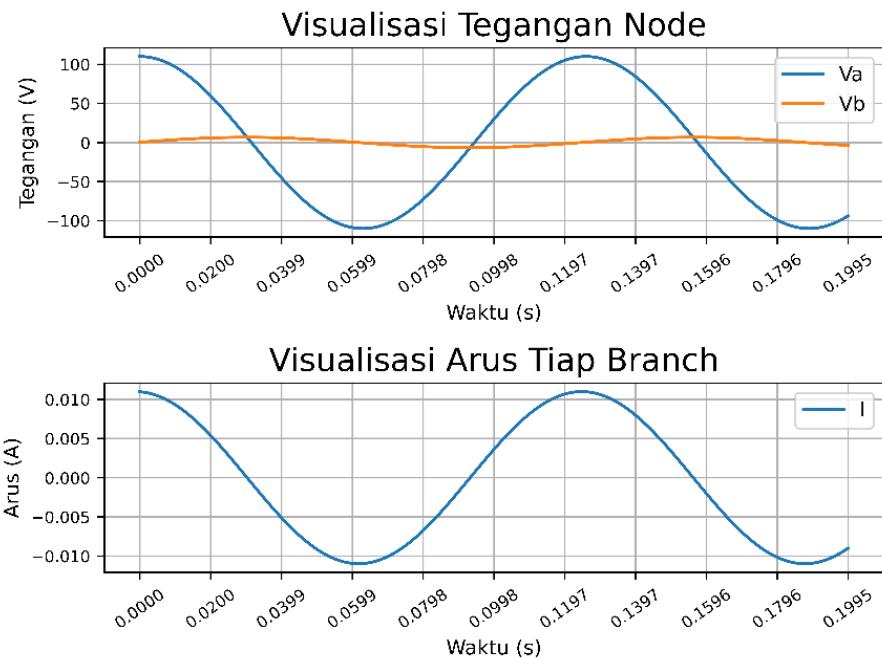
Format pengujian:

- Jenis sumber (DC/AC) : AC
- Resistor (k ohm) : 10
- Kapasitor (uF) : 33
- Amplitudo sumber (V) : 110
- Frekuensi sudut (w) : 50
- Sudut fasa (derajat) : 90
- Stop time (ms) : 200

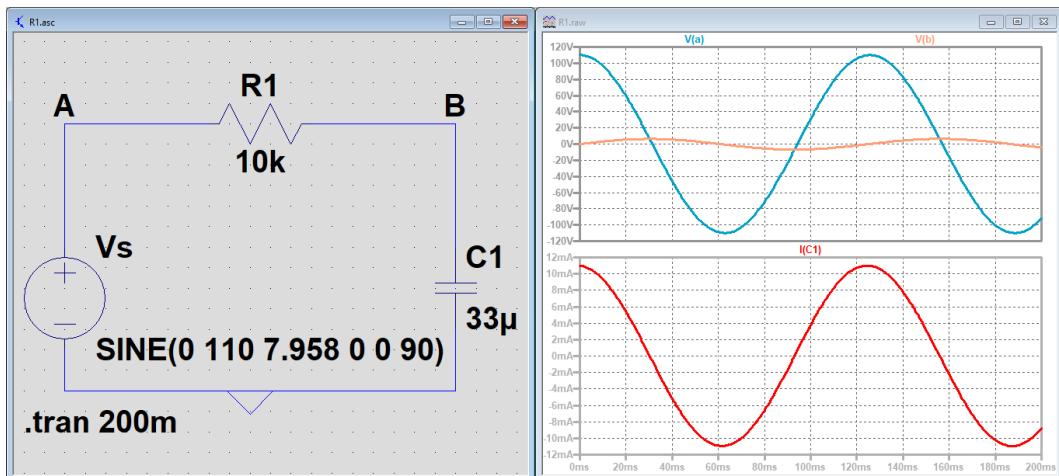
Tampilan Program:

```
----- CIRCUIT SIMULATOR -----  
Rangkaian 1: RC Seri  
  
          Va ---[R]--- Vb  
          |           |  
          |           v I  
          [V]         [C]  
          |           |  
          GND  
  
Jenis sumber (DC/AC) : AC  
Resistor (k ohm) : 10  
Kapasitor (uF) : 33  
Amplitudo sumber (V) : 110  
Frekuensi sudut (w) : 50  
Sudut fasa (derajat) : 90  
Stop time (ms) : 200  
6.64 + 0.40i  
Sampel Data  
| t | Va | Vb | I |  
| 0.000 | 110.000 | 0.403 | 0.011 |  
| 0.020 | 59.433 | 5.807 | 0.005 |  
| 0.040 | -45.776 | 5.872 | -0.005 |  
| 0.060 | -108.899 | 0.539 | -0.011 |  
| 0.080 | -71.901 | -5.290 | -0.007 |  
| 0.100 | 31.203 | -6.255 | 0.004 |  
| 0.120 | 105.619 | -1.469 | 0.011 |  
| 0.140 | 82.929 | 4.667 | 0.008 |  
| 0.160 | -16.005 | 6.513 | -0.002 |  
| 0.180 | -100.224 | 2.371 | -0.010 |  
  
Data lengkap tersimpan dalam folder Output/R1.csv  
Menampilkan Grafik Tegangan dan Arus  
Mohon tunggu sejenak
```

Gambar 6-3-1 Tampilan Program Rangkaian 1 AC



Gambar 6-3-2 Tampilan Grafik Rangkaian 1 AC



Gambar 6-3-3 Hasil Pengujian Rangkaian 1 DC pada LT Spice

Tabel 6-3 Pengukuran Galat Rangkaian 1 AC saat t=200ms

	V <sub>A</sub> (V)	V <sub>B</sub> (V)	I (A)
Program	-92.297867	-3.951313	-0.008835
LT Spice	-92.278847	-4.0770183	-8.8106431m
Galat (%)	0%	0.308%	0.276%

Dari kedua gambar diatas, diketahui bahwa grafik keluaran program sesuai dengan hasil pengujian pada LT Spice. Dari perbandingan hasil perhitungan, galat diperoleh ketika pengukuran VB sebesar 0.00308% dan galat pada pengukuran I dengan sebesar 0.00276%. Galat tersebut sangat kecil dan tidak berpengaruh secara signifikan. Dengan demikian, perhitungan program telah dilakukan dengan tepat.

#### 6.4. Rangkaian 2 - DC

Format pengujian:

- Jenis sumber (DC/AC) : DC
- Resistor 1 (k ohm) : 20
- Resistor 2 (k ohm) : 40
- Kapasitor (uF) : 100
- Tegangan sumber (V) : 200
- Stop time (ms) : 120
- Jumlah iterasi (semakin besar semakin akurat): 1000

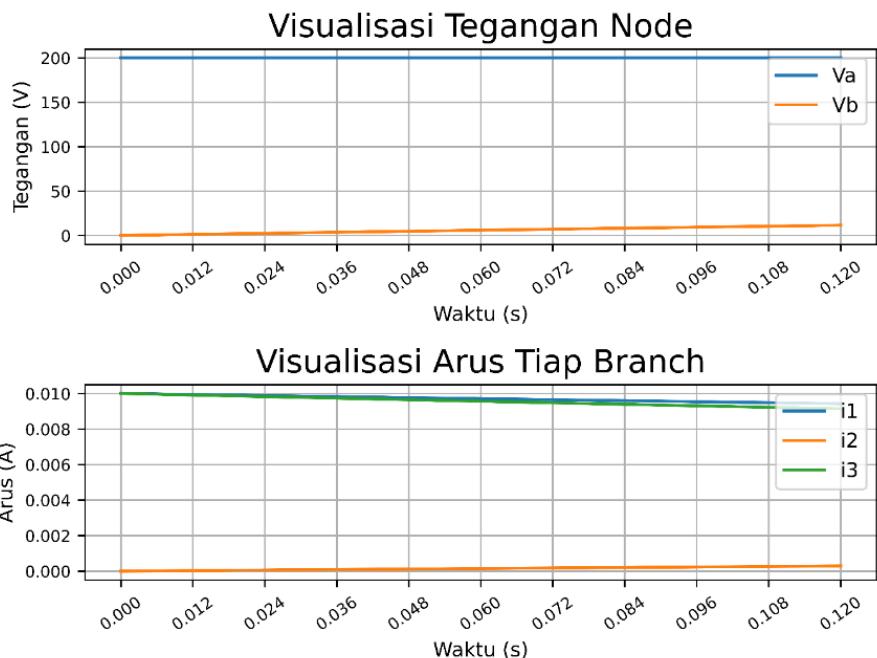
Tampilan Program:

```
----- CIRCUIT SIMULATOR -----  
Rangkaian 2: R Seri (R || C)  
           I1          I3  
           |           |  
Va -->-[R1]----->-- Vb  
           |           |  
           I2 v  
           |           |  
           [V]         [R2]   [C]  
-----  
           GND  
  
Jenis sumber (DC/AC) : DC  
Resistor 1 (k ohm) : 20  
Resistor 2 (k ohm) : 40  
Kapasitor (uF) : 100  
Tegangan sumber (V) : 200  
Stop time (ms) : 120  
Jumlah iterasi (semakin besar semakin akurat): 1000  
Sampel Data  

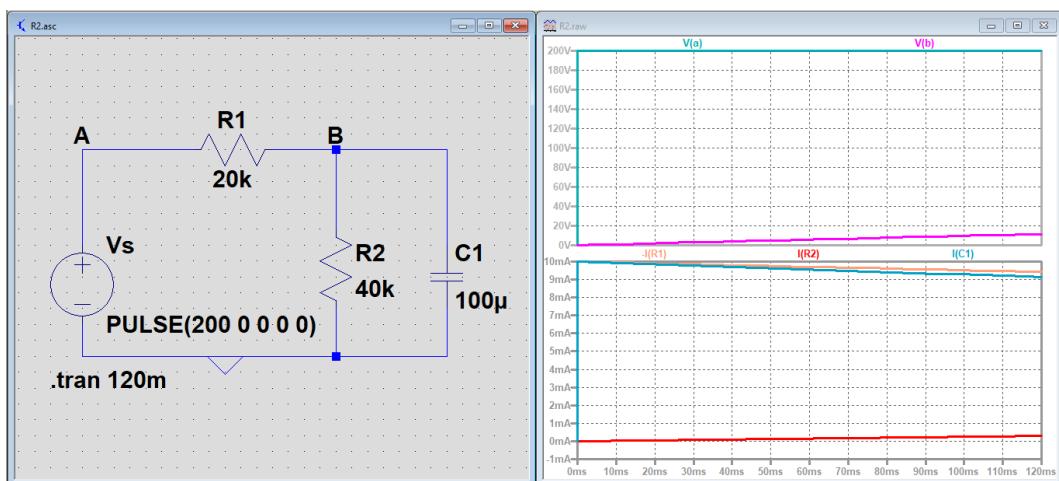

| t     | Va      | I1    | I2    |
|-------|---------|-------|-------|
| 0.000 | 200.000 | 0.010 | 0.000 |
| 0.012 | 200.000 | 0.010 | 0.000 |
| 0.024 | 200.000 | 0.010 | 0.000 |
| 0.036 | 200.000 | 0.010 | 0.000 |
| 0.048 | 200.000 | 0.010 | 0.000 |
| 0.060 | 200.000 | 0.010 | 0.000 |
| 0.072 | 200.000 | 0.010 | 0.000 |
| 0.084 | 200.000 | 0.010 | 0.000 |
| 0.096 | 200.000 | 0.010 | 0.000 |
| 0.108 | 200.000 | 0.010 | 0.000 |

  
Data lengkap tersimpan dalam folder Output/R2.csv  
Menampilkan Grafik Tegangan dan Arus  
Mohon tunggu sejenak
```

Gambar 6-4-1 Tampilan Program Rangkaian 2 DC



Gambar 6-4-2 Tampilan Grafik Rangkaian 2 DC



Gambar 6-4-3 Hasil Pengujian Rangkaian 2 DC pada LT Spice

Dari kedua gambar diatas, diketahui bahwa grafik keluaran program sesuai dengan hasil pengujian pada LT Spice. Dengan demikian, perhitungan program telah dilakukan dengan tepat.

## 6.5. Rangkaian 2 - AC

Format pengujian:

- Jenis sumber (DC/AC) : AC
- Resistor 1 (k ohm) : 20
- Resistor 2 (k ohm) : 40
- Kapasitor (uF) : 100
- Amplitudo sumber (V) : 200
- Frekuensi sudut (w) : 100
- Sudut fasa (derajat) : 80
- Stop time (ms) : 120
- Jumlah iterasi (semakin besar semakin akurat): 1000

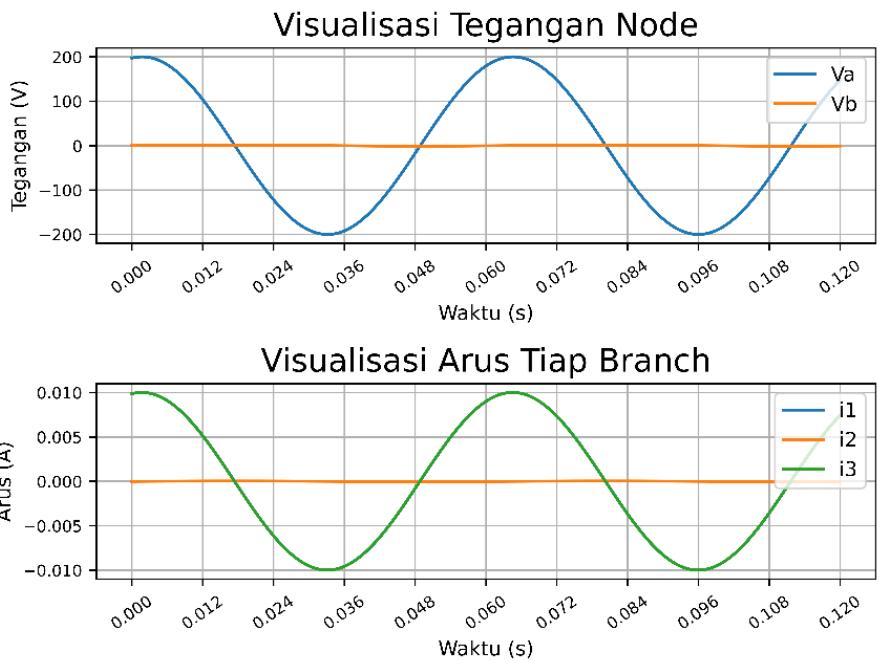
Tampilan Program:

```
----- CIRCUIT SIMULATOR -----
Rangkaian 2: R Seri (R || C)
      I1          I3
      |           |
Va -->-[R1]----->-- Vb
      |           |
      |           v
      |           |
[V]     [R2]     [C]
      |           |
      |           GND

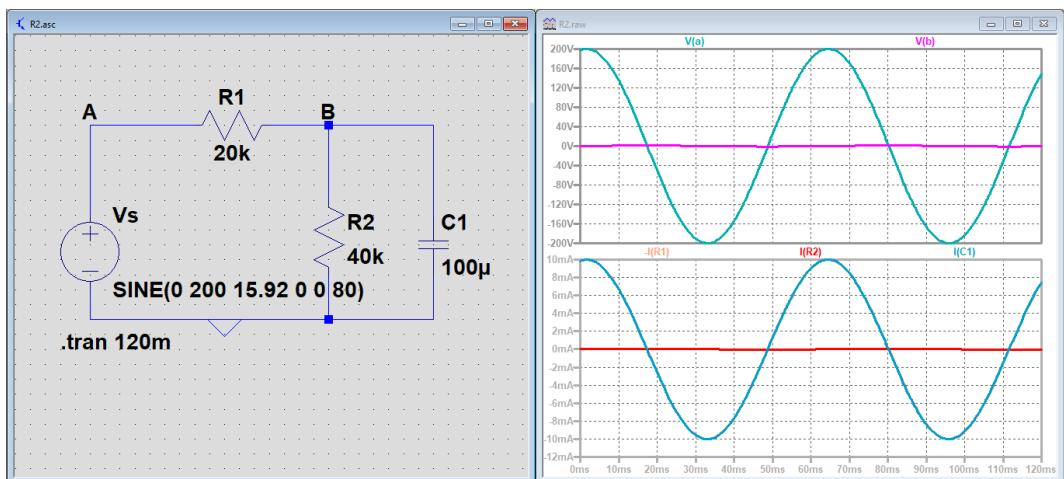
Jenis sumber (DC/AC) : AC
Resistor 1 (k ohm) : 20
Resistor 2 (k ohm) : 40
Kapasitor (uF) : 100
Amplitudo sumber (V) : 200
Frekuensi sudut (w) : 100
Sudut fasa (derajat) : 80
Stop time (ms) : 120
Jumlah iterasi (semakin besar semakin akurat): 1000
Sampel Data
| t | Va | I1 | I2 |
| 0.000 | 196.962 | 0.010 | -0.000 |
| 0.012 | 197.364 | 0.010 | -0.000 |
| 0.024 | 197.738 | 0.010 | -0.000 |
| 0.036 | 198.084 | 0.010 | -0.000 |
| 0.048 | 198.401 | 0.010 | -0.000 |
| 0.060 | 198.690 | 0.010 | -0.000 |
| 0.072 | 198.950 | 0.010 | -0.000 |
| 0.084 | 199.181 | 0.010 | -0.000 |
| 0.096 | 199.384 | 0.010 | -0.000 |
| 0.108 | 199.557 | 0.010 | -0.000 |

Data lengkap tersimpan dalam folder Output/R2.csv
Menampilkan Grafik Tegangan dan Arus
Mohon tunggu sejenak
```

Gambar 6-5-1 Tampilan Program Rangkaian 2 AC



**Gambar 6-5-2 Tampilan Grafik Rangkaian 2 AC**



**Gambar 6-5-3 Hasil Pengujian Rangkaian 2 AC pada LT Spice**

Dari kedua gambar diatas, diketahui bahwa grafik keluaran program sesuai dengan hasil pengujian pada LT Spice. Dengan demikian, perhitungan program telah dilakukan dengan tepat.

## 6.6. Rangkaian 3 - DC

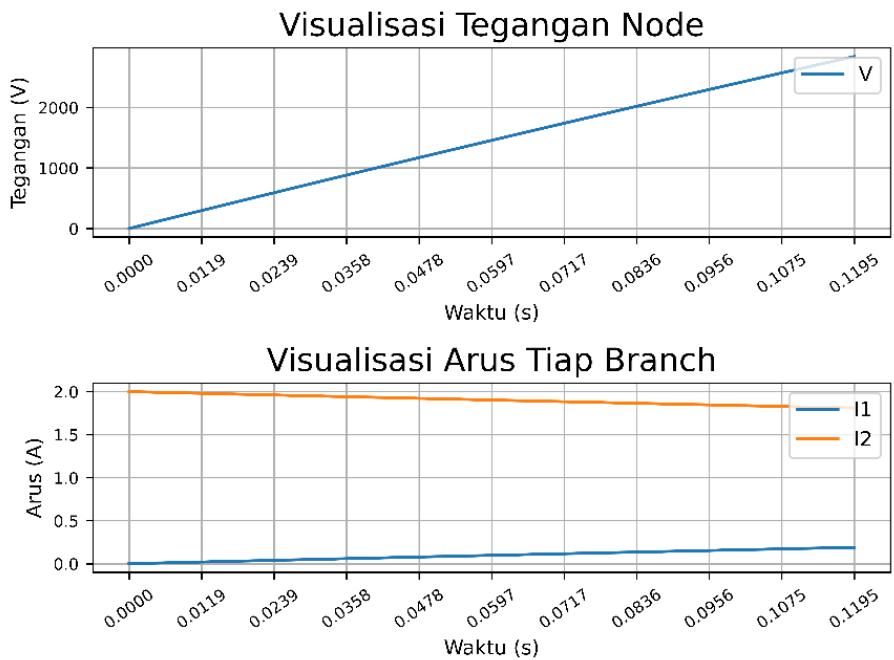
Format pengujian:

- Jenis sumber (DC/AC) : DC
- Resistor (k ohm) : 15
- Kapasitor (uF) : 80
- Stop time (ms) : 120
- Arus sumber (A) : 2

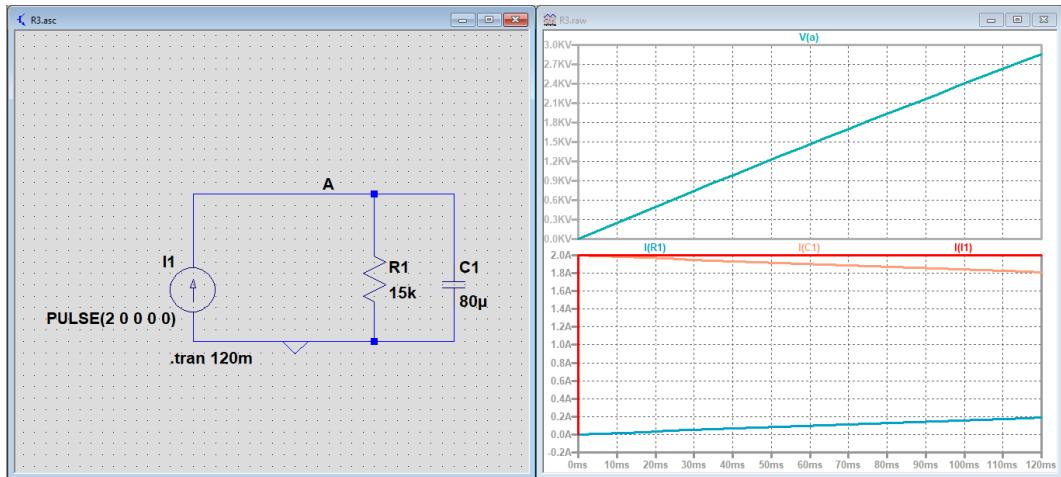
Tampilan Program:

```
----- CIRCUIT SIMULATOR -----  
Rangkaian 3: RC Paralel  
          I2  
Va ->--> Vb  
|   |  
|   I1 v  
[I] | [R1] | [C]  
|   |  
----- GND  
Jenis sumber (DC/AC) : DC  
Resistor (k ohm) : 15  
Kapasitor (uF) : 80  
Arus sumber (A) : 2  
Stop time (ms) : 120  
Sampel Data  
| t | Va | I1 | I2 |  
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | 2.000 |  
| 0.012 | 298.505 | 0.020 | 1.980 |  
| 0.024 | 594.040 | 0.040 | 1.960 |  
| 0.036 | 886.634 | 0.059 | 1.941 |  
| 0.048 | 1176.317 | 0.078 | 1.922 |  
| 0.060 | 1463.117 | 0.098 | 1.902 |  
| 0.072 | 1747.064 | 0.116 | 1.884 |  
| 0.084 | 2028.185 | 0.135 | 1.865 |  
| 0.096 | 2306.510 | 0.154 | 1.846 |  
| 0.108 | 2582.064 | 0.172 | 1.828 |  
Data lengkap tersimpan dalam folder Output/R3.csv  
Menampilkan Grafik Tegangan dan Arus  
Mohon tunggu sejenak
```

Gambar 6-6-1 Tampilan Program Rangkaian 3 DC



**Gambar 6-6-2 Tampilan Grafik Rangkaian 3 DC**



**Gambar 6-6-3 Hasil Pengujian Rangkaian 3 DC pada LT Spice**

Dari kedua gambar diatas, diketahui bahwa grafik keluaran program sesuai dengan hasil pengujian pada LT Spice. Dengan demikian, perhitungan program telah dilakukan dengan tepat.

## 6.7. Rangkaian 3 - AC

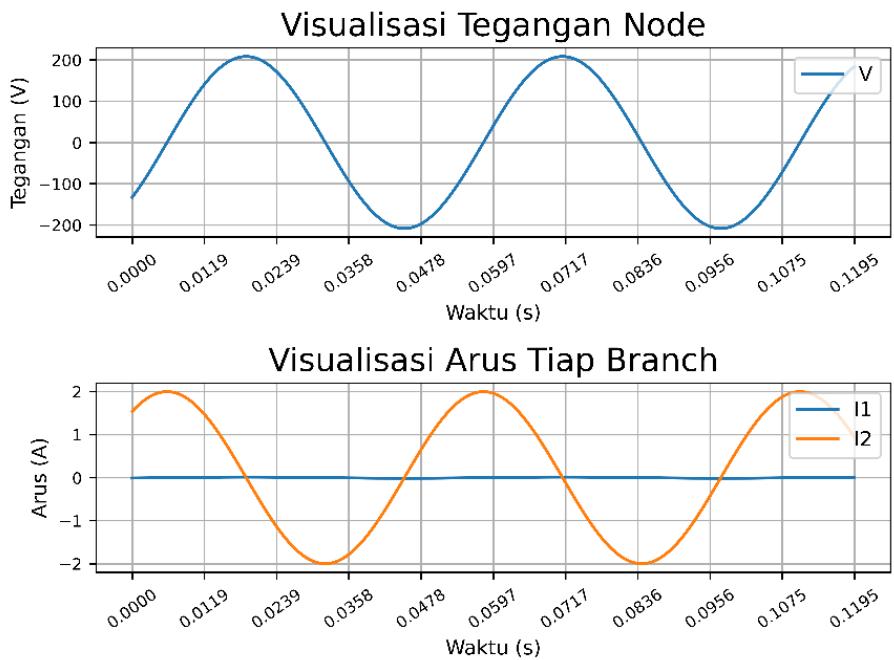
Format pengujian:

- Jenis sumber (DC/AC) : AC
- Resistor (k ohm) : 15
- Kapasitor (uF) : 80
- Amplitudo sumber (A) : 2
- Frekuensi sudut (w) : 120
- Sudut fasa (derajat) : 50
- Stop time (ms) : 120

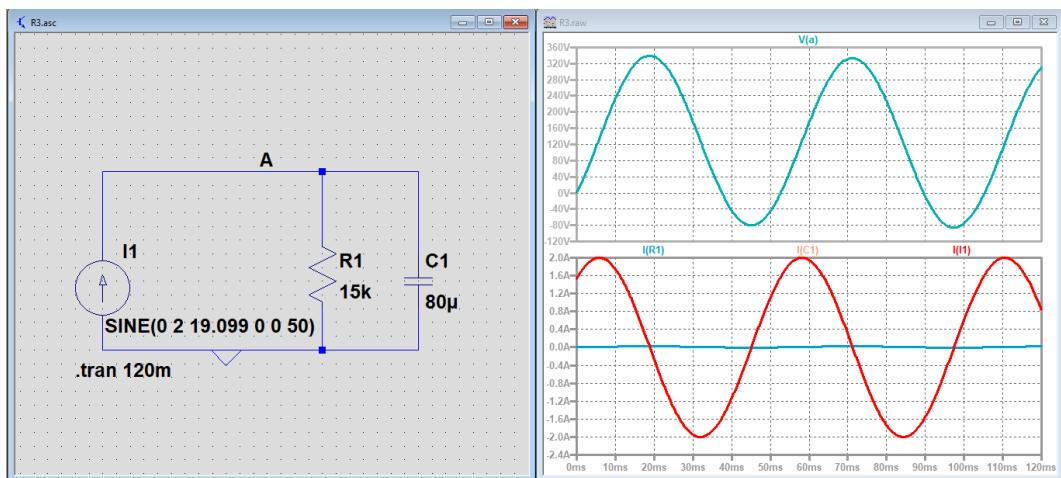
Tampilan Program:

```
----- CIRCUIT SIMULATOR -----
Rangkaian 3: RC Paralel
          I2
          |
          Va ----->----- Vb
          |           |
          |           I1 v
          |           |
          [I]         [R1]   [C]
          |           |
          |           GND
Jenis sumber (DC/AC) : AC
Resistor (k ohm) : 15
Kapasitor (uF) : 80
Amplitudo sumber (A) : 2
Frekuensi sudut (w) : 120
Sudut fasa (derajat) : 50
Stop time (ms) : 120
Vc = 160.51 + -132.80i
Sampel Data
| t | Va | I1 | I2 |
| 0.000 | -132.799 | -0.009 | 1.541 |
| 0.012 | 141.824 | 0.009 | 1.465 |
| 0.024 | 169.794 | 0.011 | -1.159 |
| 0.036 | -97.533 | -0.007 | -1.767 |
| 0.048 | -195.235 | -0.013 | 0.698 |
| 0.060 | 46.607 | 0.003 | 1.949 |
| 0.072 | 207.392 | 0.014 | -0.189 |
| 0.084 | 7.491 | 0.000 | -1.999 |
| 0.096 | -205.438 | -0.014 | -0.332 |
| 0.108 | -61.079 | -0.004 | 1.912 |
Data lengkap tersimpan dalam folder Output/R3.csv
Menampilkan Grafik Tegangan dan Arus
Mohon tunggu sejenak
```

Gambar 6-7-1 Tampilan Program Rangkaian 3 AC



**Gambar 6-7-2 Tampilan Grafik Rangkaian 3 AC**



**Gambar 6-7-3 Hasil Pengujian Rangkaian 3 AC pada LT Spice**

Dari kedua gambar diatas, diketahui bahwa grafik keluaran program sesuai dengan hasil pengujian pada LT Spice. Dengan demikian, perhitungan program telah dilakukan dengan tepat.

## 6.8. Rangkaian 4 - DC

Format pengujian:

- Jenis sumber (DC/AC) : DC
- Resistor 1 (k ohm) : 3
- Resistor 2 (k ohm) : 5
- Resistor 3 (k ohm) : 7
- Kapasitor (uF) : 10
- Tegangan sumber (V) : 220
- Stop time (ms) : 100

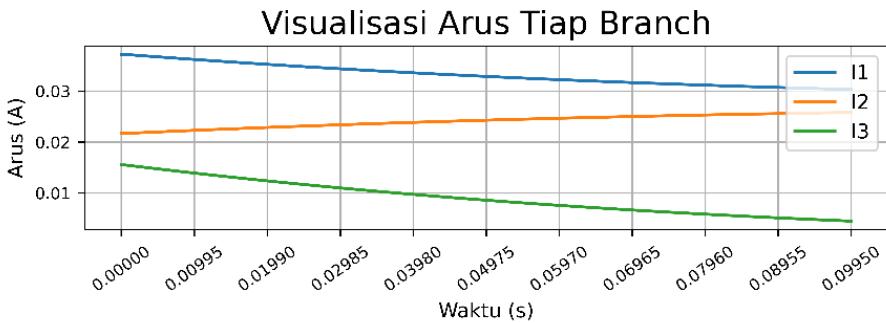
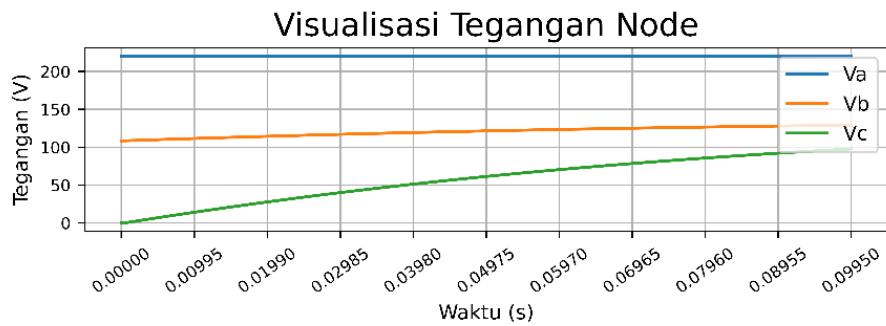
Tampilan Program:

```
----- CIRCUIT SIMULATOR -----  
Rangkaian 4: R Seri (RC || R)  
          Vb  
          |  
          Va ---[R1]-----[R3]--- Vc  
          |           |           |  
          I1 ^         I2 v         I3 v  
          |           |           |  
          [V]         [R2]         [C]  
          |           |           |  
          |           |           |  
          GND  
  
Jenis sumber (DC/AC) : DC  
Resistor 1 (k ohm) : 3  
Resistor 2 (k ohm) : 5  
Resistor 3 (k ohm) : 7  
Kapasitor (uF) : 10  
Tegangan sumber (V) : 220  
Stop time (ms) : 100  
Sampel Data  

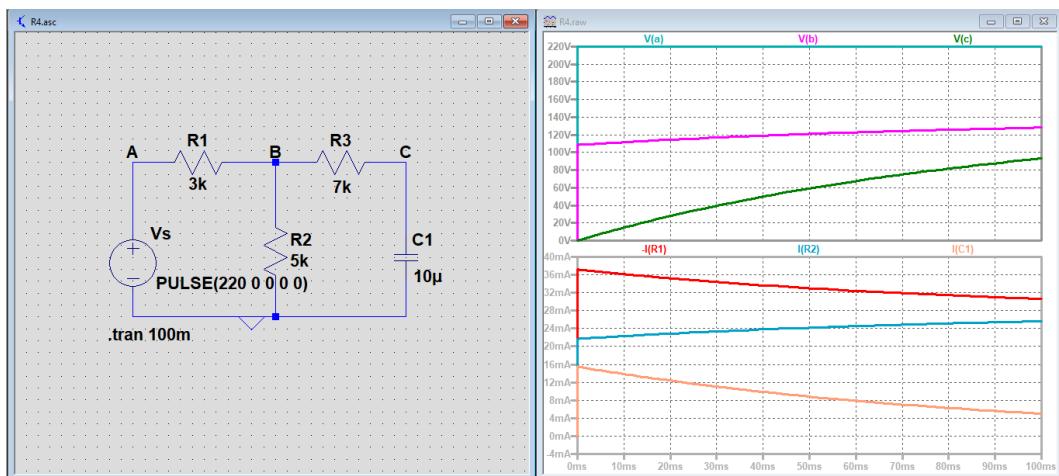

| t     | Va      | Vb      | Vc     | I1    | I2    | I3    |
|-------|---------|---------|--------|-------|-------|-------|
| 0.000 | 220.000 | 108.451 | 0.000  | 0.037 | 0.022 | 0.015 |
| 0.010 | 220.000 | 111.434 | 14.123 | 0.036 | 0.022 | 0.014 |
| 0.020 | 220.000 | 114.316 | 27.761 | 0.035 | 0.023 | 0.012 |
| 0.030 | 220.000 | 116.937 | 40.171 | 0.034 | 0.023 | 0.011 |
| 0.040 | 220.000 | 119.310 | 51.402 | 0.034 | 0.024 | 0.010 |
| 0.050 | 220.000 | 121.447 | 61.516 | 0.033 | 0.024 | 0.009 |
| 0.060 | 220.000 | 123.363 | 70.584 | 0.032 | 0.025 | 0.008 |
| 0.070 | 220.000 | 125.073 | 78.681 | 0.032 | 0.025 | 0.007 |
| 0.080 | 220.000 | 126.595 | 85.885 | 0.031 | 0.025 | 0.006 |
| 0.090 | 220.000 | 127.945 | 92.275 | 0.031 | 0.026 | 0.005 |

  
Data lengkap tersimpan dalam folder Output/R4.csv  
Menampilkan Grafik Tegangan dan Arus  
Mohon tunggu sejenak
```

Gambar 6-8-1 Tampilan Program Rangkaian 4 DC



**Gambar 6-8-2 Tampilan Grafik Rangkaian 4 DC**



**Gambar 6-7-3 Hasil Pengujian Rangkaian 4 DC pada LT Spice**

Dari kedua gambar diatas, diketahui bahwa grafik keluaran program sesuai dengan hasil pengujian pada LT Spice. Dengan demikian, perhitungan program telah dilakukan dengan tepat.

## 6.9. Rangkaian 4 - AC

Format pengujian:

- Jenis sumber (DC/AC) : AC
- Resistor 1 (k ohm) : 3
- Resistor 2 (k ohm) : 5
- Resistor 3 (k ohm) : 7
- Kapasitor (uF) : 10
- Amplitudo sumber (V) : 220
- Frekuensi sudut (w) : 50
- Sudut fasa (derajat) : 150
- Stop time (ms) : 100

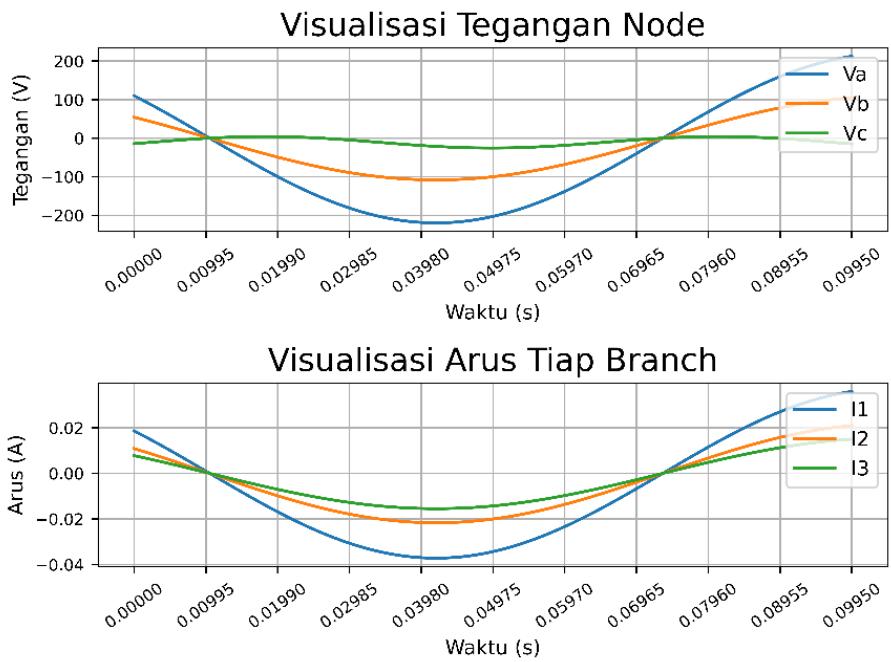
Tampilan Program:

```
----- CIRCUIT SIMULATOR -----
Rangkaian 4: R Seri (RC || R)
Vb
Va ---[R1]-----[R3]--- Vc
    |           |           |
I1  ^           I2  v           I3  v
    |           |           |
    [V]         [R2]         [C]
    |
    GND

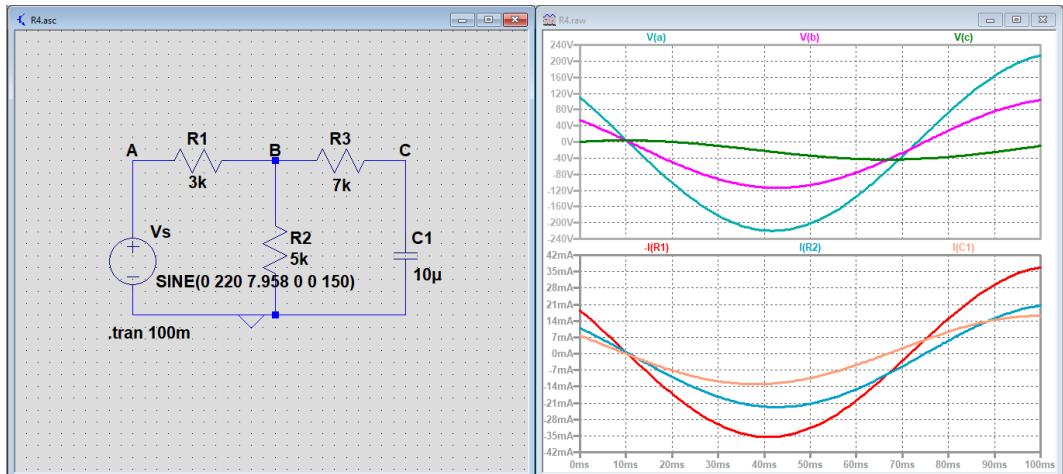
Jenis sumber (DC/AC) : AC
Resistor 1 (k ohm) : 3
Resistor 2 (k ohm) : 5
Resistor 3 (k ohm) : 7
Kapasitor (uF) : 10
Amplitudo sumber (V) : 220
Frekuensi sudut (w) : 50
Sudut fasa (derajat) : 150
Stop time (ms) : 100
Sampel Data
| t      | Va     | Vb     | Vc     | I1     | I2     | I3     |
| 0.000 | 110.000 | 54.225 | -14.324 | 0.019 | 0.011 | 0.008 |
| 0.010 | 5.191   | 3.977  | -0.778  | 0.000 | 0.001 | -0.000 |
| 0.020 | -100.889 | -46.879 | 3.713  | -0.018 | -0.009 | -0.009 |
| 0.030 | -182.267 | -85.619  | -4.846  | -0.032 | -0.017 | -0.015 |
| 0.040 | -219.021 | -102.421 | -18.288 | -0.039 | -0.020 | -0.018 |
| 0.050 | -202.150 | -92.853  | -23.844 | -0.036 | -0.019 | -0.018 |
| 0.060 | -135.786 | -58.951  | -16.044 | -0.026 | -0.012 | -0.014 |
| 0.070 | -36.177  | -8.724   | -1.927  | -0.009 | -0.002 | -0.007 |
| 0.080 | 72.289   | 45.806   | 5.293   | 0.009 | 0.009 | -0.000 |
| 0.090 | 163.057  | 91.549   | -1.656  | 0.024 | 0.018 | 0.006 |

Data lengkap tersimpan dalam folder Output/R4.csv
Menampilkan Grafik Tegangan dan Arus
Mohon tunggu sejenak
```

Gambar 6-9-1 Tampilan Program Rangkaian 4 AC



**Gambar 6-9-2 Tampilan Grafik Rangkaian 4 AC**



**Gambar 6-9-3 Hasil Pengujian Rangkaian 4 AC pada LT Spice**

Dari kedua gambar diatas, diketahui bahwa grafik keluaran program sesuai dengan hasil pengujian pada LT Spice. Dengan demikian, perhitungan program telah dilakukan dengan tepat.

## 6.10. Rangkaian 5 - DC

Format pengujian:

- Jenis sumber (DC/AC) : DC
- Resistor 1 (k ohm) : 5
- Resistor 2 (k ohm) : 10
- Resistor 3 (k ohm) : 30
- Kapasitor 1 (uF) : 10
- Kapasitor 2 (uF) : 15
- Tegangan sumber (V) : 120
- Stop time (ms) : 100

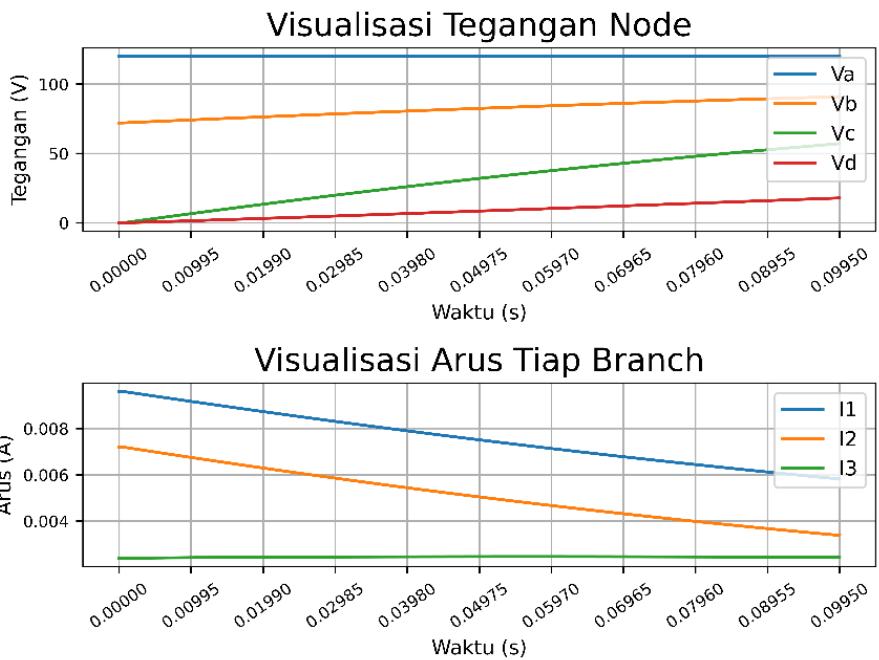
Tampilan Program:

```
----- CIRCUIT SIMULATOR -----  
Rangkaian 5: R Seri (RC || RC) - sumber tegangan  
Vb  
Va ---[R1]----- Vc  
| I1 ^ | I2 v | I3 v |  
| | | |  
| [R2] | [R3] |  
| [V] | [R2] | [C] |  
| | | |  
|----- GND |  
  
Jenis sumber (DC/AC) : DC  
Resistor 1 (k ohm) : 5  
Resistor 2 (k ohm) : 10  
Resistor 3 (k ohm) : 30  
Kapasitor 1 (uF) : 10  
Kapasitor 2 (uF) : 15  
Tegangan sumber (V) : 120  
Stop time (ms) : 100  
Sampel Data  

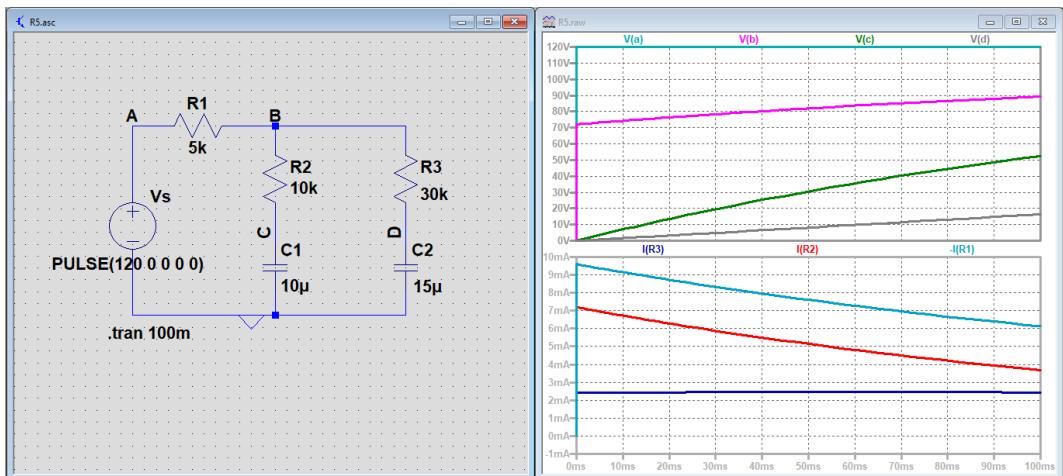

| t     | Va      | Vb     | Vc     | Vd     | I1    | I2    | I3    |
|-------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 0.000 | 120.000 | 72.000 | 0.000  | -0.000 | 0.010 | 0.007 | 0.002 |
| 0.010 | 120.000 | 74.168 | 6.711  | 1.547  | 0.009 | 0.007 | 0.002 |
| 0.020 | 120.000 | 76.377 | 13.512 | 3.234  | 0.009 | 0.006 | 0.002 |
| 0.030 | 120.000 | 78.506 | 20.029 | 4.975  | 0.008 | 0.006 | 0.002 |
| 0.040 | 120.000 | 80.552 | 26.253 | 6.761  | 0.008 | 0.005 | 0.002 |
| 0.050 | 120.000 | 82.512 | 32.178 | 8.585  | 0.007 | 0.005 | 0.002 |
| 0.060 | 120.000 | 84.384 | 37.800 | 10.440 | 0.007 | 0.005 | 0.002 |
| 0.070 | 120.000 | 86.168 | 43.120 | 12.319 | 0.007 | 0.004 | 0.002 |
| 0.080 | 120.000 | 87.864 | 48.141 | 14.215 | 0.006 | 0.004 | 0.002 |
| 0.090 | 120.000 | 89.472 | 52.867 | 16.123 | 0.006 | 0.004 | 0.002 |

  
Data lengkap tersimpan dalam folder Output/R5.csv  
Menampilkan Grafik Tegangan dan Arus  
Mohon tunggu sejenak
```

Gambar 6-10-1 Tampilan Program Rangkaian 5 DC



Gambar 6-10-2 Tampilan Grafik Rangkaian 5 DC



Gambar 6-10-3 Hasil Pengujian Rangkaian 5 DC pada LT Spice

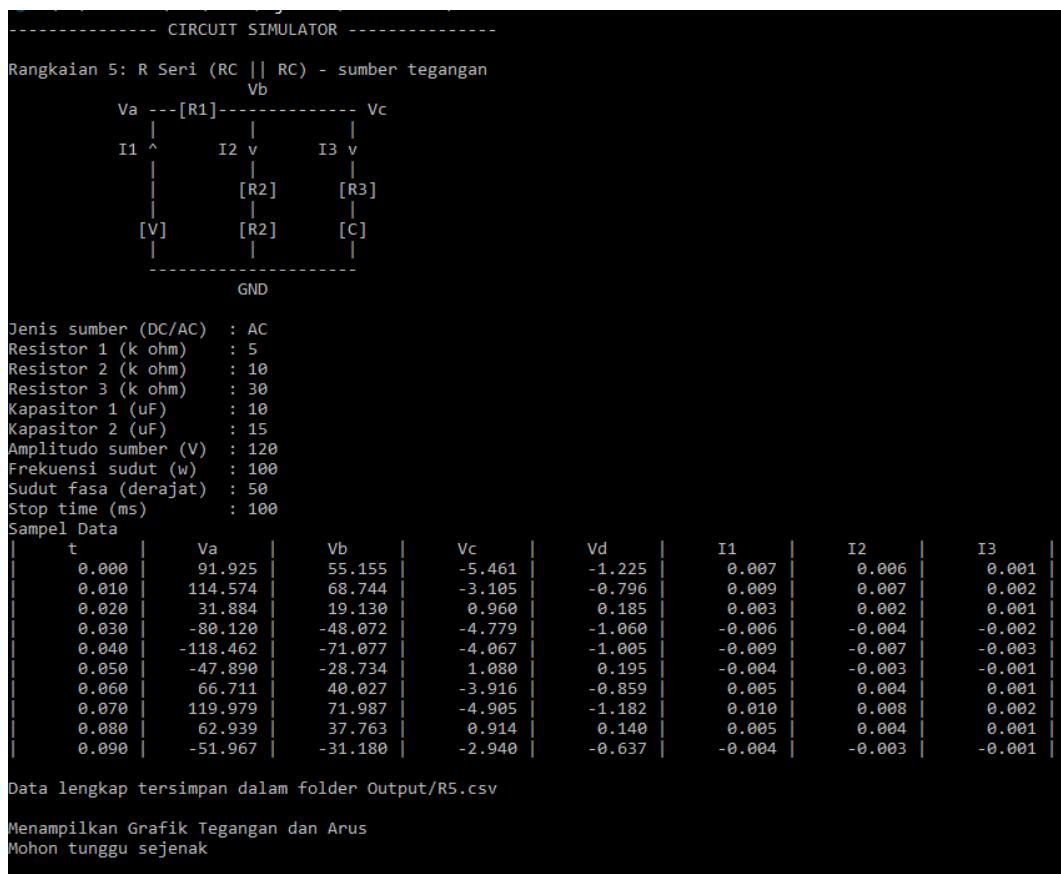
Dari kedua gambar diatas, diketahui bahwa grafik keluaran program sesuai dengan hasil pengujian pada LT Spice. Dengan demikian, perhitungan program telah dilakukan dengan tepat.

## 6.11. Rangkaian 5 - AC

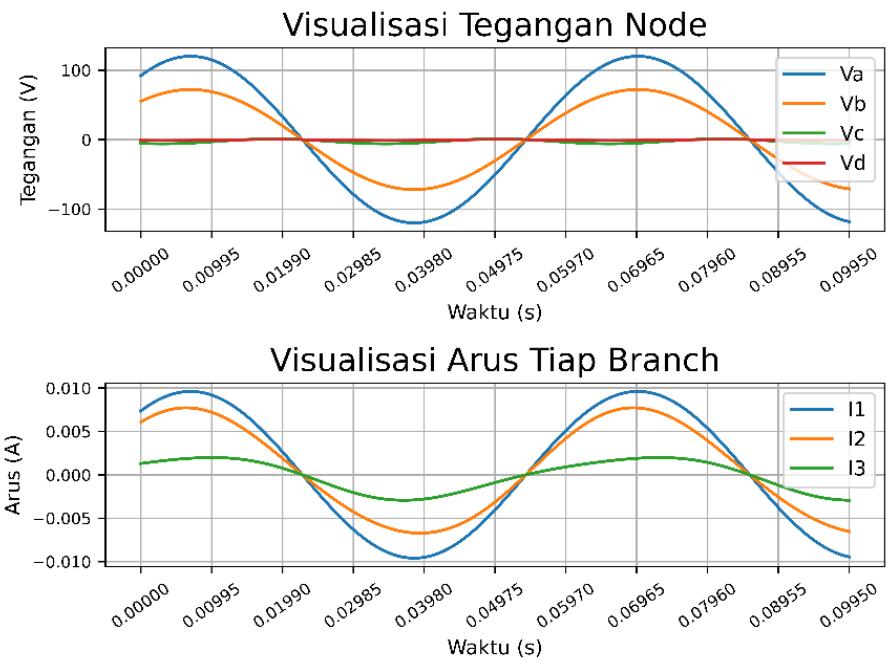
Format pengujian:

- Jenis sumber (DC/AC) : AC
- Resistor 1 (k ohm) : 5
- Resistor 2 (k ohm) : 10
- Resistor 3 (k ohm) : 30
- Kapasitor 1 (uF) : 10
- Kapasitor 2 (uF) : 15
- Amplitudo sumber (V) : 120
- Frekuensi sudut (w) : 100
- Sudut fasa (derajat) : 50
- Stop time (ms) : 100

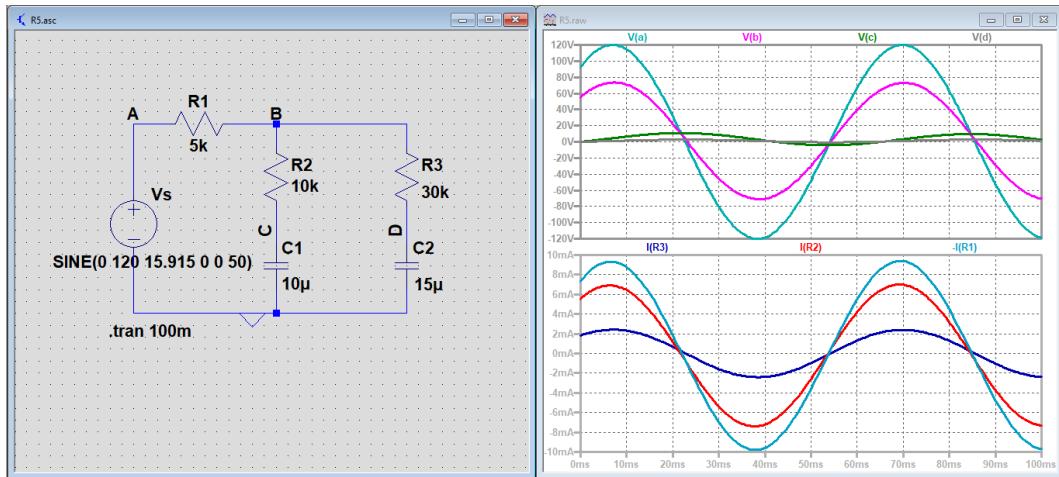
Tampilan Program:



Gambar 6-11-1 Tampilan Program Rangkaian 5 AC



Gambar 6-11-2 Tampilan Grafik Rangkaian 5 AC



Gambar 6-11-3 Hasil Pengujian Rangkaian 5 AC pada LT Spice

Dari kedua gambar diatas, diketahui bahwa grafik keluaran program sesuai dengan hasil pengujian pada LT Spice. Dengan demikian, perhitungan program telah dilakukan dengan tepat.

## 6.12. Rangkaian 6 - DC

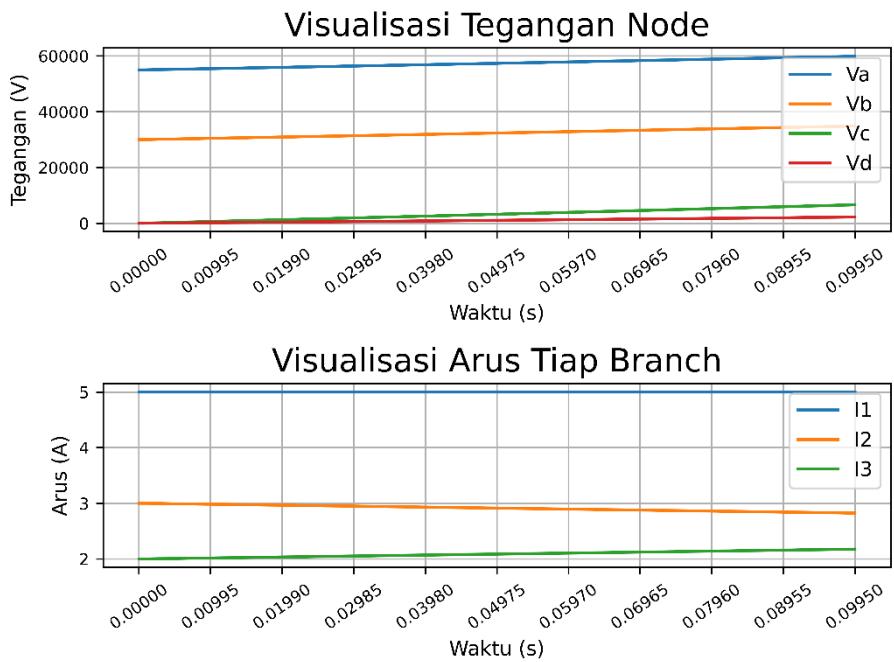
Format pengujian:

- Jenis sumber (DC/AC) : DC
- Resistor 1 (k ohm) : 5
- Resistor 2 (k ohm) : 10
- Resistor 3 (k ohm) : 15
- Kapasitor 1 (uF) : 47
- Kapasitor 2 (uF) : 100
- Arus sumber (A) : 5
- Stop time (ms) : 100

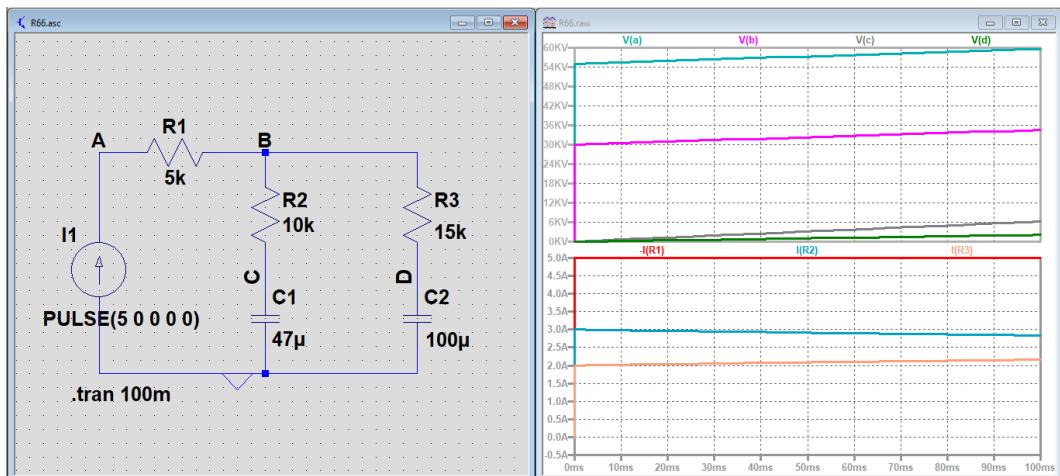
Tampilan Program:

```
----- CIRCUIT SIMULATOR -----  
Rangkaian 5: R Seri (RC || RC) - sumber arus  
Vb  
Va ---[R1]----- Vc  
| I1 ^ | I2 v | I3 v |  
| | | |  
| [R2] | [R3] |  
| [I] | [R2] | [C] |  
| | |  
----- GND -----  
Jenis sumber (DC/AC) : DC  
Resistor 1 (k ohm) : 5  
Resistor 2 (k ohm) : 10  
Resistor 3 (k ohm) : 15  
Kapasitor 1 (uF) : 47  
Kapasitor 2 (uF) : 100  
Arus sumber (A) : 5  
Stop time (ms) : 100  
Sampel Data  
| t | Va | Vb | Vc | Vd | I1 | I2 | I3 |  
| 0.000 | 55000.000 | 30000.000 | 0.000 | 0.000 | 5.000 | 3.000 | 2.000 |  
| 0.010 | 55442.020 | 30442.020 | 608.672 | 192.043 | 5.000 | 2.983 | 2.017 |  
| 0.020 | 55912.793 | 30912.793 | 1255.348 | 398.960 | 5.000 | 2.966 | 2.034 |  
| 0.030 | 56389.227 | 31389.227 | 1908.161 | 610.824 | 5.000 | 2.948 | 2.052 |  
| 0.040 | 56871.355 | 31871.355 | 2567.128 | 827.695 | 5.000 | 2.930 | 2.070 |  
| 0.050 | 57359.211 | 32359.211 | 3232.264 | 1049.630 | 5.000 | 2.913 | 2.087 |  
| 0.060 | 57852.828 | 32852.828 | 3903.585 | 1276.689 | 5.000 | 2.895 | 2.105 |  
| 0.070 | 58352.234 | 33352.234 | 4581.106 | 1508.930 | 5.000 | 2.877 | 2.123 |  
| 0.080 | 58857.469 | 33857.469 | 5264.840 | 1746.411 | 5.000 | 2.859 | 2.141 |  
| 0.090 | 59368.559 | 34368.559 | 5954.801 | 1989.190 | 5.000 | 2.841 | 2.159 |  
  
Data lengkap tersimpan dalam folder Output/R6.csv  
Menampilkan Grafik Tegangan dan Arus  
Mohon tunggu sejenak
```

Gambar 6-12-1 Tampilan Program Rangkaian 6 DC



Gambar 6-12-2 Tampilan Grafil Rangkaian 6 DC



Gambar 6-12-3 Hasil Pengujian Rangkaian 6 DC pada LT Spice

Dari kedua gambar diatas, diketahui bahwa grafik keluaran program sesuai dengan hasil pengujian pada LT Spice. Dengan demikian, perhitungan program telah dilakukan dengan tepat.

### 6.13. Rangkaian 6 - AC

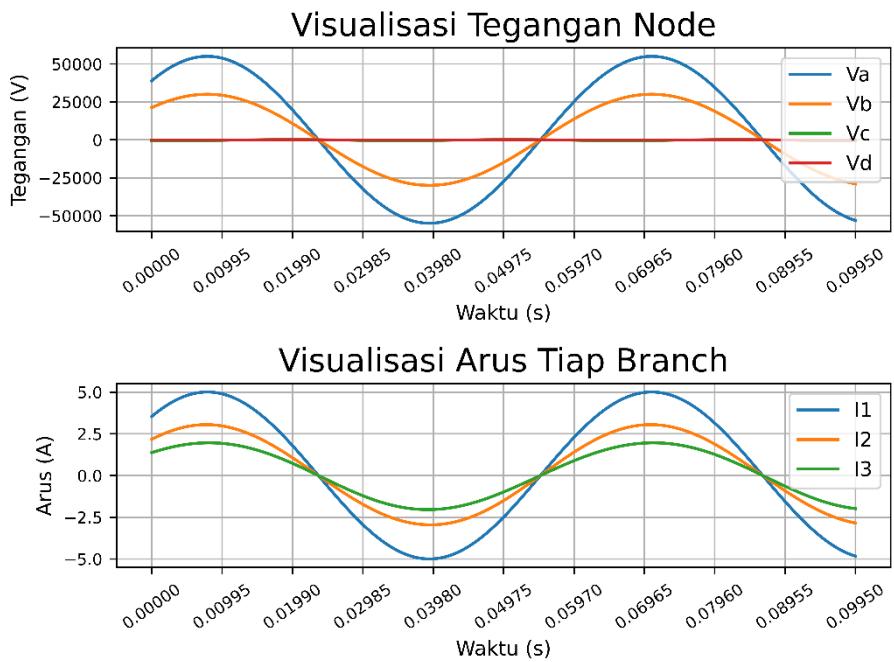
Format pengujian:

- Jenis sumber (DC/AC) : AC
- Resistor 1 (k ohm) : 5
- Resistor 2 (k ohm) : 10
- Resistor 3 (k ohm) : 15
- Kapasitor 1 (uF) : 47
- Kapasitor 2 (uF) : 100
- Amplitudo sumber (A) : 5
- Frekuensi sudut (w) : 100
- Sudut fasa (derajat) : 45
- Stop time (ms) : 100

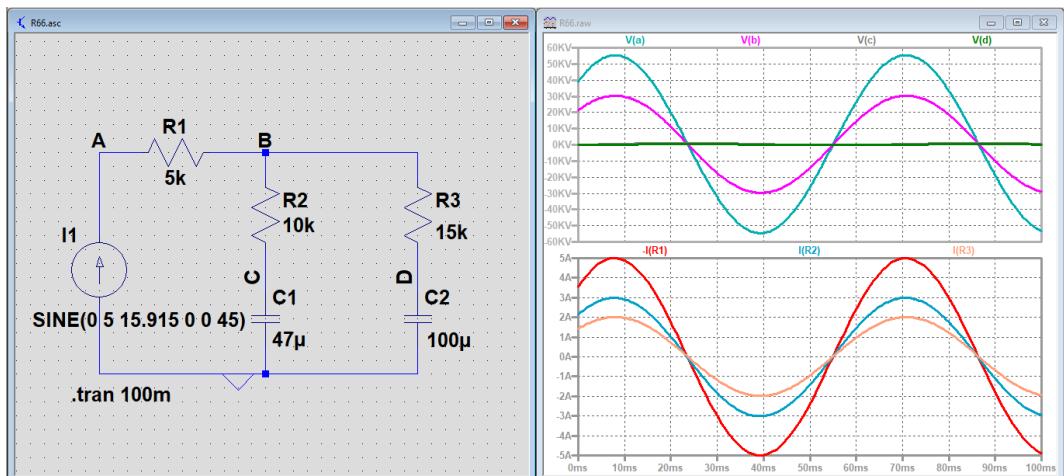
Tampilan Program:

```
----- CIRCUIT SIMULATOR -----  
Rangkaian 5: R Seri (RC || RC) - sumber arus  
Vb  
Va ---[R1]----- Vc  
I1 ^ | I2 v | I3 v  
| | [R2] | [R3]  
[I] | [R2] | [C]  
| | |  
GND  
  
Jenis sumber (DC/AC) : AC  
Resistor 1 (k ohm) : 5  
Resistor 2 (k ohm) : 10  
Resistor 3 (k ohm) : 15  
Kapasitor 1 (uF) : 47  
Kapasitor 2 (uF) : 100  
Amplitudo sumber (A) : 5  
Frekuensi sudut (w) : 100  
Sudut fasa (derajat) : 45  
Stop time (ms) : 100  
Sampel Data  
| t | Va | Vb | Vc | Vd | I1 | I2 | I3 |  
| 0.000 | 38890.871 | 21213.283 | -451.141 | -141.415 | 3.536 | 2.166 | 1.369 |  
| 0.010 | 53738.371 | 29311.838 | -325.650 | -104.481 | 4.885 | 2.964 | 1.922 |  
| 0.020 | 19179.057 | 10461.304 | 96.889 | 29.444 | 1.744 | 1.036 | 0.707 |  
| 0.030 | -33013.391 | -18007.305 | -380.278 | -118.955 | -3.001 | -1.763 | -1.239 |  
| 0.040 | -54853.480 | -29920.080 | -405.674 | -129.368 | -4.987 | -2.951 | -2.035 |  
| 0.050 | -26261.533 | -14324.473 | 92.630 | 27.698 | -2.387 | -1.442 | -0.946 |  
| 0.060 | 26475.148 | 14440.990 | -296.710 | -92.614 | 2.407 | 1.474 | 0.933 |  
| 0.070 | 54870.699 | 29929.473 | -470.968 | -149.545 | 4.988 | 3.040 | 1.948 |  
| 0.080 | 32818.383 | 17900.936 | 63.405 | 18.150 | 2.983 | 1.784 | 1.200 |  
| 0.090 | -19407.004 | -10585.639 | -207.092 | -64.490 | -1.764 | -1.038 | -0.726 |  
  
Data lengkap tersimpan dalam folder Output/R6.csv  
Menampilkan Grafik Tegangan dan Arus  
Mohon tunggu sejenak
```

Gambar 6-13-1 Tampilan Program Rangkaian 6 AC



**Gambar 6-13-2 Grafik Rangkaian 6 AC pada program**



**Gambar 6-13-3 Hasil Pengujian Rangkaian 6 AC pada LT Spice**

Dari kedua gambar diatas, diketahui bahwa grafik keluaran program sesuai dengan hasil pengujian pada LT Spice. Dengan demikian, perhitungan program telah dilakukan dengan tepat.

## 6.14. Susunan Resistor

Pada pengujian ini digunakan susunan rangkaian ( $R_1||R_2||(R_3+R_4+R_5)$ ). Untuk menghitung susunan campuran tersebut, dilakukan perhitungan secara serial terlebih dahulu.

Pengujian Susunan Resistor Seri

```
----- CIRCUIT SIMULATOR -----  
  
Resistansi Susunan Resistor  
  
*Bila susunan campuran, lakukan perhitungan dari  
susunan terdalam.  
  
Menu:  
1. Resistansi Seri  
2. Resistansi Paralel  
3. Reset r0  
9. Back  
0. Exit  
  
Pilihan : 1  
Jumlah resistor : 3  
R1 (ohm) :10  
R2 (ohm) :18  
R3 (ohm) :22  
Resistansi total : 50.0000 ohm  
  
Press Enter to Continue.
```

Gambar 6-14-1 Pengujian Program Susunan Resistor Seri

Berdasarkan perhitungan, dengan rumus

$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Maka diperoleh

$$R_{total} = 10 + 18 + 22 = 50 \Omega$$

Dengan demikian, diketahui bahwa program menghasilkan perhitungan yang akurat.

Pengujian Susunan Resistor Paralel dengan  $R_0$  berupa hasil perhitungan sebelumnya

```
----- CIRCUIT SIMULATOR -----  
Resistansi Susunan Resistor  
*Bila susunan campuran, lakukan perhitungan dari susunan terdalam.  
r0 = 50.0000 ohm  
Menu:  
1. Resistansi Seri  
2. Resistansi Paralel  
3. Reset r0  
9. Back  
0. Exit  
  
Pilihan : 2  
Jumlah resistor : 2  
R1 (ohm) :10  
R2 (ohm) :45  
Resistansi total : 7.0313 ohm  
  
Press Enter to Continue
```

Gambar 6-14-2 Pengujian Program Susunan Resistor Paralel

Berdasarkan perhitungan, dengan rumus

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Maka diperoleh

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{50} + \frac{1}{10} + \frac{1}{45} = \frac{32}{255}$$

$$R_{total} = \frac{255}{32} = 7.0313\Omega$$

Dengan demikian, diketahui bahwa program menghasilkan perhitungan yang akurat.

## 6.15. Susunan Kapasitor

Pada pengujian ini digunakan susunan rangkaian kapasitor ( $C_1 \parallel C_2 \parallel (C_3 + C_4 + C_5)$ ). Untuk menghitung susunan campuran tersebut, dilakukan perhitungan secara serial terlebih dahulu.

Pengujian Susunan Kapasitor Seri

```
----- CIRCUIT SIMULATOR -----  
  
Kapasitansi Susunan Kapasitor  
  
*Bila susunan campuran, lakukan perhitungan dari  
susunan terdalam.  
  
Menu:  
1. Kapasitansi Seri  
2. Kapasitansi Paralel  
3. Reset c0  
9. Back  
0. Exit  
  
Pilihan : 1  
Jumlah Kapasitor : 3  
C1 (uF) :33  
C2 (uF) :10  
C3 (uF) :47  
Kapasitansi total : 6.5972 uF  
  
Press Enter to Continue
```

Gambar 6-15-1 Pengujian Program Susunan Kapasitor Seri

Berdasarkan perhitungan, dengan rumus

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Maka diperoleh

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{33} + \frac{1}{10} + \frac{1}{47} = \frac{2351}{15510}$$

$$R_{total} = \frac{15510}{2351} = 6.5972\Omega$$

Dengan demikian, diketahui bahwa program menghasilkan perhitungan yang akurat.

Pengujian Susunan Kapasitor Paralel dengan  $C_0$  berupa hasil perhitungan sebelumnya

```
----- CIRCUIT SIMULATOR -----  
Kapasitansi Susunan Kapasitor  
*Bila susunan campuran, lakukan perhitungan dari susunan terdalam.  
  
c0 = 6.5972 uF  
Menu:  
1. Kapasitansi Seri  
2. Kapasitansi Paralel  
3. Reset c0  
9. Back  
0. Exit  
  
Pilihan : 2  
Jumlah Kapasitor : 2  
C1 (uF) :10  
C2 (uF) :70  
Kapasitansi total : 86.5972 uF  
  
Press Enter to Continue.
```

Gambar 6-15-2 Pengujian Program Susunan Kapasitor Paralel

Berdasarkan perhitungan, dengan rumus

$$C_{total} = C_0 + C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Maka diperoleh

$$C_{total} = 6.5972 + 10 + 70 = 86.5972$$

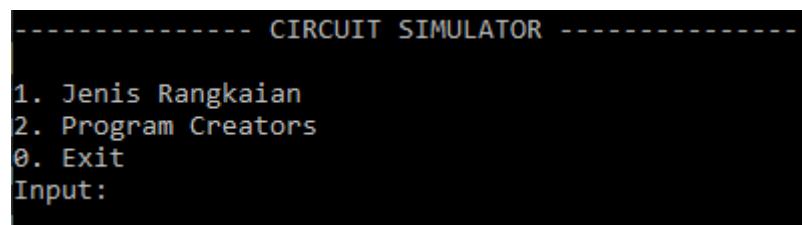
Dengan demikian, diketahui bahwa program menghasilkan perhitungan yang akurat.

### 6.16. Pengujian Tampilan Logo



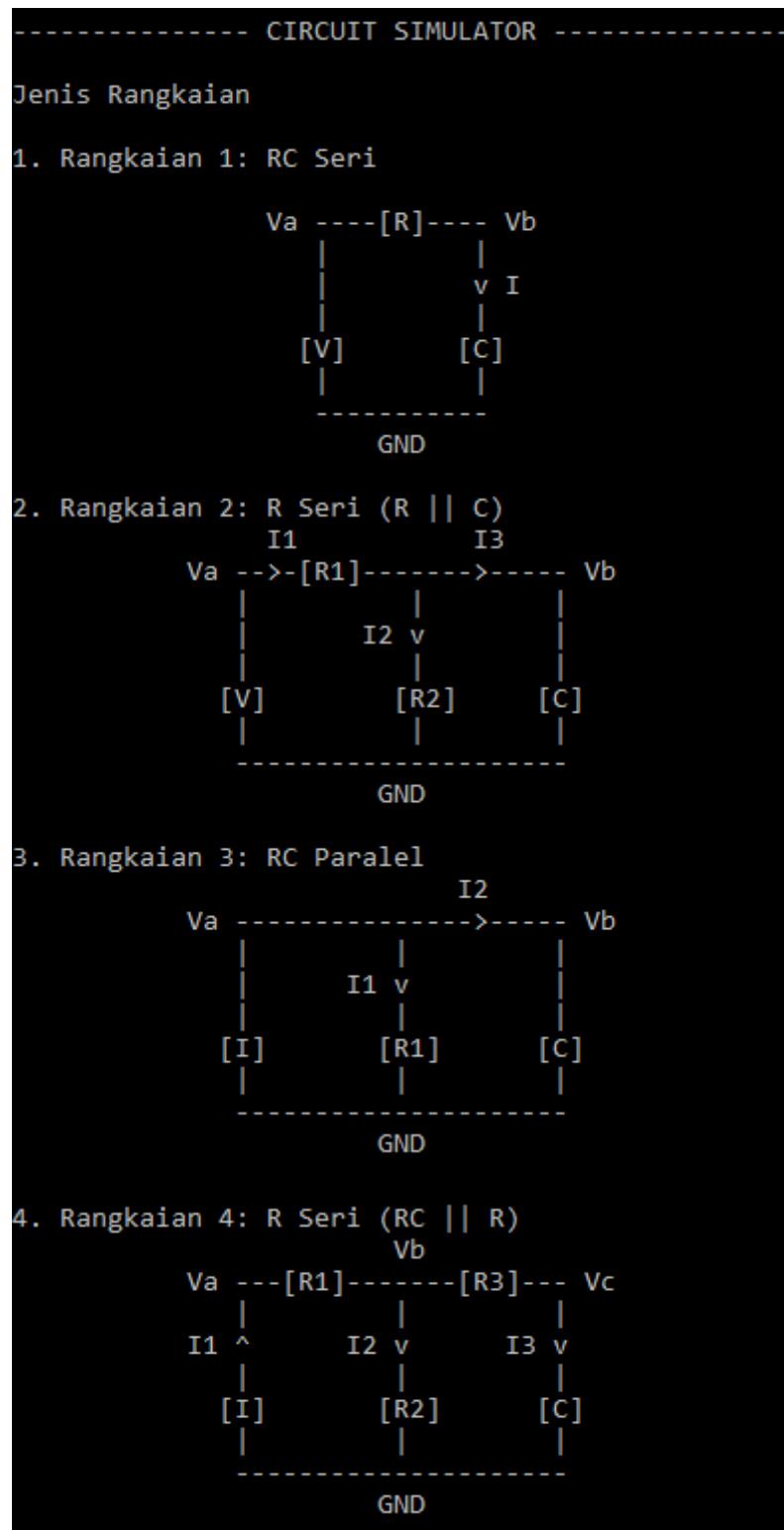
Gambar 6-16 Tampilan Logo Program

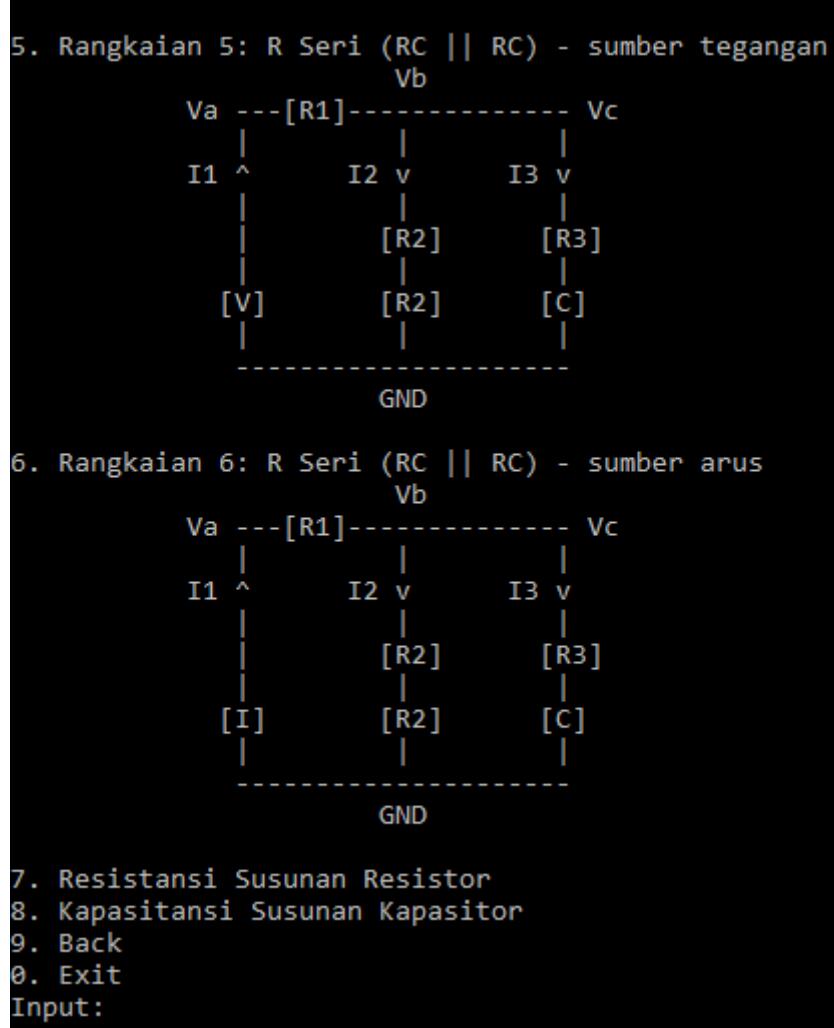
### 6.17. Pengujian Menu Utama



Gambar 6-17 Tampilan Menu Utama

### 6.18. Pengujian Menu Jenis Rangkaian





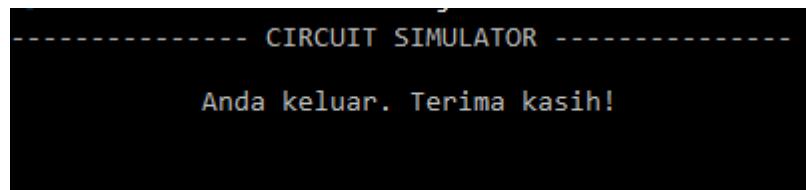
Gambar 6-18 Tampilan Jenis Rangkaian

### 6.19. Pengujian Fungsi Creator



Gambar 6-19 Keluaran Fungsi Creator

## 6.20. Pengujian Fungsi Exit



Gambar 6-20 Keluaran Fungsi Exit

## 7. Kesimpulan

Berdasarkan program yang telah dirancang sedemikian rupa dan memenuhi spesifikasi yang diinginkan, adapun kesimpulan yang dapat diambil yaitu:

- Circuit Simulator bekerja dengan baik dan sesuai spesifikasi yang telah diuraikan baik pada rangkaian RC seri dan rangkaian RC campuran (seri paralel)
- Masukan atau input yang diminta dari user bebas dari masalah dan mudah untuk dimengerti dengan struktur bahasa yang rapi dan interface yang ramah
- Perhitungan yang dilakukan pada program didapatkan melalui penurunan rumus persamaan nodal
- Sampling rate untuk perhitungan rangkaian 1, 3, 4, 5, dan 6 dilakukan setiap 0.5ms, sedangkan sampling rate untuk rangkaian 2 dapat ditentukan secara manual oleh user
- Untuk sumber AC, terdapat batas maksimal frekuensi sudut sumber, yakni sebesar 1256.637 radian/detik.
- Hasil perhitungan program telah diuji menggunakan LT Spice dan dapat berjalan dengan baik dengan galat antara 0 hingga 0.4% ketika pengujian dengan 2000 kali iterasi dan t=200ms. Galat ini dapat berubah seiring dengan perubahan jumlah iterasi dan stop time.
- Hasil perhitungan dari program ini disimpan dalam file csv dan divisualisasikan dalam bentuk plot grafik menggunakan bahasa pemrograman Python