

# **BAB I**

## **RANGKAIAN RESISTOR SERI-PARALEL**

### **1.1 Capaian Pembelajaran**

Setelah praktikum rangkaian resistor seri-paralel, mahasiswa akan mampu:

1. Menjelaskan karakteristik rangkaian resistor seri-paralel,
2. Menghitung nilai tegangan dan arus dalam rangkaian resistor seri-paralel secara teori,
3. Menghitung nilai tegangan dan arus dalam rangkaian resistor seri-paralel menggunakan simulasi *software*,
4. Mengukur nilai tegangan dan arus dalam rangkaian resistor seri-paralel secara praktek,
5. Membandingkan hasil perhitungan secara teori, simulasi *software* dan praktikum.

Praktikum dengan sub pokok bahasan rangkaian resistor seri-paralel adalah membuktikan karakteristik tegangan dan arus dalam rangkaian resistor yang disusun seri dan paralel. Resistor yang disusun seri dapat digunakan sebagai pembagi tegangan. Resistor yang disusun paralel dapat digunakan sebagai pembagi arus. Praktikum dilakukan melalui tiga tahap yaitu perhitungan, simulasi dengan *software* dan pengukuran hasil praktikum. Dari hasil ketiga tahapan tersebut mahasiswa dapat membandingkan nilai yang diperoleh dan dapat menyimpulkan penyebab terjadinya perbedaan nilai tersebut.

### **1.2 Alat dan Bahan**

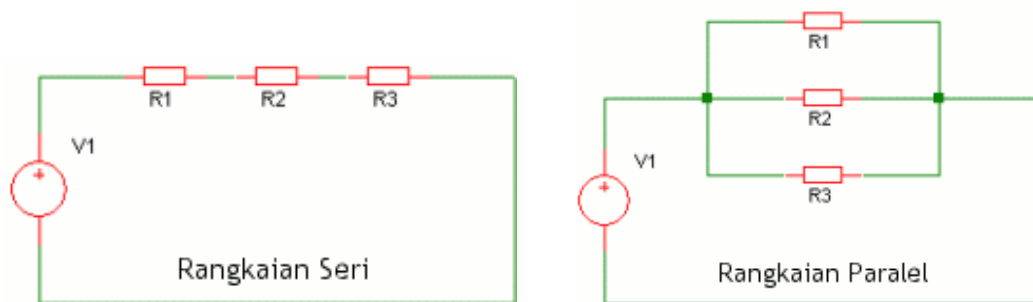
Alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum, adalah sebagai berikut:

1. *Power supply* : 1 buah,
2. Multimeter analog : 1 buah,
3. Multimeter digital : 1 buah,
4. Kabel *banana to banana* : 2 buah,
5. Aligator kabel : 2 buah
6. Modul rangkaian resistor seri-paralel/*proto board*: 1 buah,
7. *Software* simulasi (*multisim/lifewire*).

### 1.3 Teori Dasar

#### 1.3.1 Rangkaian Resistor Seri-Paralel

Dalam rangkaian listrik terdapat banyak sekali konfigurasi rangkaian komponen-komponen elektronika, bukan sekedar rangkaian sederhana yang hanya terdiri dari sumber tegangan dan beban, tetapi lebih dari itu. Dua konfigurasi rangkaian yang paling banyak digunakan dalam rangkaian elektronika adalah seri dan paralel. Rangkaian resistor seri dan paralel ditunjukkan dalam Gambar 1.1.



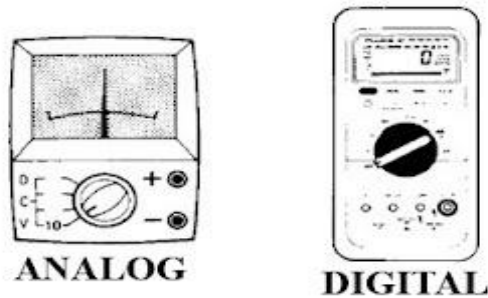
**Gambar 1.1** Rangkaian resistor seri-paralel

Pada rangkaian seri, resistor disusun seperti rangkaian gerbong kereta, dimana aliran elektron mengalir hanya pada satu jalur. Pada rangkaian paralel, resistor disusun dengan menggabungkan masing-masing ujungnya menjadi satu sehingga aliran elektron dapat terbagi ke dalam beberapa jalur.

#### 1.3.2 Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan untuk praktikum rangkaian listrik antara lain, multimeter yang berfungsi untuk mengukur arus (amperemeter), mengukur tegangan (volt meter) dan mengukur tahanan (ohmmeter). Karena kemampuan sebagai ampermeter (A), voltmeter (V) dan ohmmeter (O), sehingga disebut AVO meter.

Jenis multimeter, yaitu multimeter analog dan multimeter digital. Multimeter analog menggunakan jarum penunjuk, sedangkan multimeter digital menunjukkan hasil pengukuran berupa angka, yang ditunjukkan dalam Gambar 1.2.



**Gambar 1.2** Multimeter analog dan digital

### 1. **Multimeter Analog**

Multimeter analog merupakan multi meter dengan penunjukan jarum ukur, multi meter analog banyak digunakan karena harganya lebih murah, namun pembacaan hasil ukur lebih sulit karena skala ukur pada *display* cukup banyak. Aplikasi multimeter analog untuk pengukuran tegangan DC, tegangan AC, arus dan resistor.

Prosedur Kalibrasi multimeter analog:

#### a) **Kalibrasi Pengukuran Tegangan dan Arus**

Kalibrasi dilakukan sebelum pengukuran (tegangan DC, tegangan AC, dan Arus DC), posisikan jarum skala pada angka nol (disebelah kiri). Jika belum menunjukkan angka nol, maka pengatur jarum skala diatur secara perlahan agar tidak rusak.

#### b) **Kalibrasi Pengukuran resistor**

Kalibrasi ohmmeter dilakukan sebelum mengukur nilai resistor. Saklar pemilih diarahkan pada batas ukur ohmmeter terlebih dahulu, lalu probe positif (+) dan probe negative (-) dihubungkan sampai ujung probe saling bersentuhan, setelah itu jarum skala diatur sampai menunjukkan angka nol disebelah kanan dengan menggunakan knop pengatur nol ohm.

#### c) **Pengukuran Tegangan DC**

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum menggunakan voltmeter, yaitu:

- Tegangan yang diukur lebih rendah daripada skala yang dipilih, misalnya mengukur tegangan baterai 12V DC maka dipilih skala 25V DC.



- Metode memasang voltmeter pada rangkaian adalah secara paralel, pengukuran secara seri dapat menyebabkan multimeter terbakar.
  - *Test lead* (colok ukur) dipasang dengan tepat.
- Prosedur pengukuran tegangan DC:
- Selektor diatur pada posisi DCV.
  - Skala batas ukur dipilih berdasarkan perkiraan besar tegangan yang akan diukur, jika tegangan yang diukur sekitar 12Volt maka posisi skala diatur pada batas ukur 50V.
  - Pengukuran tegangan yang tidak diketahui nilainya maka batas ukur diatur pada posisi tertinggi agar multimeter tidak rusak.
  - Probe multimeter dihubungkan ke titik tegangan yang akan diukur, probe warna merah pada posisi (+) dan probe warna hitam pada titik (-) dan tidak boleh terbalik.
  - Nilai hasil pengukuran dibaca pada multimeter.

#### d) Pengukuran Tegangan AC

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum menggunakan voltmeter, yaitu:

- Tegangan yang diukur lebih rendah daripada skala yang dipilih, misalnya mengukur tegangan baterai 220 VAC maka dipilih skala 250 V AC.
- Metode memasang voltmeter pada rangkaian adalah secara paralel, pengukuran secara seri dapat menyebabkan multimeter terbakar.
- *Test lead* (colok ukur) dapat dipasang bolak-balik.

Prosedur pengukuran tegangan AC:

- Selektor diatur pada posisi ACV.
- Skala batas ukur dipilih berdasarkan perkiraan besar tegangan.
- Pengukuran tegangan yang tidak diketahui nilainya maka batas ukur diatur pada posisi tertinggi agar multimeter tidak rusak.
- Probe multimeter dihubungkan ke titik tegangan yang akan diukur.
- Probe multimeter dipasang dengan tepat.

#### e) Pengukuran Arus

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum menggunakan amperemeter, yaitu:

- Arus yang diukur lebih rendah dari skala ukur yang dipilih, beberapa multimeter mempunyai batas 500 mA atau 0,5 A.
- Metode memasang amperemeter pada rangkaian adalah secara seri, pengukuran secara paralel dapat menyebabkan multimeter terbakar.
- *Test lead* (colok ukur) dipasang dengan tepat. Skala ukur amperemeter pada multimeter sangat beragam, diantara 250 mA dan 20 A.

Prosedur pengukuran arus:

- Selektor diatur pada posisi 250 mA.
- Amperemeter dipasang secara seri dengan beban, colok ukur merah (+) ke positif beban dan colok ukur hitam (-) ke arah negatif beban.

#### f) **Pengukuran Resistor**

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum menggunakan ohmmeter, yaitu:

- Tahanan yang diukur dalam rentang pengukuran efektif tahanan yang diukur, misal mengukur tahanan  $220\ \Omega$  maka pilih skala 1X, tahanan  $800\ \Omega$  menggunakan 10X, tahanan  $8\ K\ \Omega$  menggunakan 1x1K.
- Kalibrasi alat ukur sebelum digunakan, dengan cara menghubungkan singkat colok ukur, dan mengatur jarum pada posisi 0 (nol).
- Pengukuran resistor dalam rangkian tidak dialiri listrik, dan lepas komponen saat melakukan pengukuran.

Prosedur pengukuran resistor:

- Selektor diputar pada posisi 1X  $\Omega$ .
- Alat ukur dikalibrasi dengan cara menghubungkan singkat colok ukur, dan mengatur jarum pada posisi 0 (nol) dengan memutar kalibrasi ohm.
- Colok ukur dihubungkan ke resistor yang akan diukur.
- Hasil pengukuran dibaca.

## 2. **Multimeter Digital**

Multimeter digital mempunyai fungsi yang hampir sama dengan multimeter analog, namun multimeter digital menggunakan tampilan berupa angka digital. Hasil pengukuran multimeter digital menghasilkan nilai lebih tepat jika dibandingkan dengan multimeter analog. Multimeter digital dapat digunakan untuk mengukur suatu nilai tertentu dari sebuah komponen secara mendetail.



Kalibrasi multimeter digital dilakukan sebelum pengukuran. Probe positif (+) dan probe negatif (-) dihubungkan sampai ujung probe saling bersentuhan, dan diputar pengaturan sampai *display* menunjukkan angka 0 (no1).

**a) Pengukuran Tegangan AC**

- Selektor dipilih pada posisi ACV (Volt AC).
- Sakelar pemilih diputar pada posisi skala yang dibutuhkan.
- Probe dihubungkan ke komponen yang akan diukur setelah disambungkan dengan alat ukur.
- Angka yang tertera pada multimeter digital dicatat.

**b) Pengukuran Tegangan DC**

- Selektor dipilih pada posisi DCV (Volt DC).
- Sakelar pemilih diputar pada posisi skala yang dibutuhkan.
- Probe dihubungkan ke komponen yang akan diukur setelah disambungkan dengan alat ukur.
- Angka yang tertera pada multimeter digital dicatat.

**c) Pengukuran Arus DC**

- Selektor dipilih pada posisi DCA.
- Sakelar pemilih dipilih pada posisi skala yang dibutuhkan.
- Probe dihubungkan ke komponen yang akan diukur setelah disambungkan dengan alat ukur.
- Angka yang tertera pada multimeter digital dicatat.

**d) Pengukuran Resistor**

- Nilai resistor diukur pada kondisi *power off*.
- Selektor dipilih pada posisi ohmmeter.
- Colok merah ditempatkan pada polaritas positif dan colok hitam ditempatkan pada polaritas negatif.
- Angka yang tertera pada multimeter digital dicatat.
- Satuan diperhatikan agar tidak salah dalam membuat data pengukuran.

Tabel 1.1 adalah cara membaca nilai resistor. Cara pembacaan nilai resistor dengan tabel yang memiliki nilai resistansi 5 gelang warna, sebagai berikut:

- Gelang warna urutan 1 , 2 dan 3 adalah sebagai digit.
- Gelang warna urutan 4 adalah sebagai nilai pengali.

- Gelang warna urutan 5 adalah sebagai nilai toleransi.

**Tabel 1.1** Cara pembacaan nilai resistor

Warna Cincin	Cincin I	Cincin II	Cincin III	Cincin IV Pengali	Cincin V Toleransi
Hitam	0	0	0	$\times 1$	
Coklat	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1 \%$
Merah	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2 \%$
Jingga	3	3	3	$\times 10^3$	
Kuning	4	4	4	$\times 10^4$	
Hijau	5	5	5	$\times 10^5$	
Biru	6	6	6	$\times 10^6$	
Ungu	7	7	7	$\times 10^7$	
Abu-abu	8	8	8	$\times 10^8$	
Putih	9	9	9	$\times 10^9$	
Emas				$\times 0,1$	$\pm 5 \%$
Perak				$\times 0,01$	$\pm 10 \%$
Tanpa warna					$\pm 20 \%$

#### 1.4 Gambar Rangkaian

Gambar 1.3 adalah rangkaian resistor seri-paralel yang digunakan untuk praktikum.



**Gambar 1.3** Modul praktikum rangkaian resistor seri-paralel

#### 1.5 Prosedur Praktikum



Prosedur praktikum rangkaian resistor seri-paralel, sebagai berikut:

1. Nilai masing-masing resistor dan nilai resistor ekuivalen dibaca, kemudian hasilnya diisikan dalam tabel 1.2, pada kolom ‘pembacaan’. Hasil perhitungan nilai resistor ekuivalen menggunakan rumus, sebagai berikut:

a) Seri:

$$R_s = R_1 + R_2 + R_n$$

b) Paralel:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_n}$$

2. Kalibrasi dilakukan pada alat ukur multimeter analog dan digital.
3. Nilai rangkaian seri diukur terlebih dahulu dengan cara menghubungkan rangkaian resistor seri dengan ohmmeter. Nilai resistor dibaca pada ohmmeter dan membandingkan nilai hasil pembacaan berdasarkan gelang warna, lalu nilai diisikan dalam tabel 1.2 pada kolom ‘pengukuran’.
4. *Power supply* disiapkan
5. Voltmeter dihubungkan secara paralel dengan  $V_s$  dan amperemeter dihubungkan secara seri dengan rangkaian resistor. Ujung resistor di-*jumper* bagian kanan dengan kutub negatif tegangan sumber.
6. Tegangan sumber ( $V_s$ ) diatur sesuai dengan tabel 1.2 hasil praktikum.
7. Nilai arus yang mengalir pada amperemeter diamati, yang dihubungkan seri dengan rangkaian resistor sesuai dengan perubahan tegangan sumber kemudian diisikan pada Tabel 1.2 hasil praktikum kolom “Arus”.
8. Setiap perubahan yang terjadi diamati dan dibuat grafik untuk perubahan  $V_s$  terhadap arus ( $I$ ) pada nilai hasil perhitungan, simulasi dan pengukuran.
9. Setelah selesai dengan rangkaian resistor seri, dilanjutkan dengan praktikum pada rangkaian resistor paralel.
10. Praktikum rangkaian paralel terlebih dahulu mengukur nilai resistor dengan menghubungkan kabel *banana to banana* pada ujung resistor paralel dengan kutub negatif sumber tegangan. Nilai resistor diamati pada ohmmeter, hasil pembacaan dibandingkan lalu diisikan dalam tabel 1.3 pada kolom ‘pengukuran’.
11. Voltmeter paralel dihubungkan dengan  $V_s$  dan di-*jumper* antara ujung kiri amperemeter modul dengan ujung atas resistor paralel.



12. Tegangan sumber ( $V_s$ ) diatur sesuai dengan Tabel 1.3.
13. Nilai arus yang mengalir pada rangkaian diamati pada setiap perubahan tegangan sumber dan mengisi Tabel 1.3 pada kolom 'Arus'.
14. Setiap perubahan  $V_s$  yang terjadi diamati dan dibuat grafik untuk perubahan  $V_s$  terhadap arus ( $I$ ).
15. Praktikum rangkaian resistor seri-paralel telah selesai dilakukan.
16. Tahap berikutnya adalah membuat laporan hasil praktikum.

### 1.6 Tabel Hasil Praktikum

Hasil praktikum diisikan dalam Tabel 1.2 dan Tabel 1.3.

**Tabel 1.2** Hasil praktikum rangkaian resistor seri

No	Nilai R Seri		Nilai Tegangan (U;H;S)					Nilai Arus (U;H;S)			
	R (kOhm) (P)	R (kOhm) (U)	$V_s$ (Volt)	VR1 (U)	VR2 (U)	VR3 (U)	$V_s$ (Volt) (Simulasi)	Arus (mA) (H)	Arus I (mA) (U)	Skala	Arus (mA) (Simulasi)
1.	R1 = R2 = R3 = RS =	R1 = R2 = R3 = RS =									
2.											
3.			4								
4.			5								
5.			8								
6.											
7.											
8.											
9.											
10.											

Keterangan: P = pembacaan, U = pengukuran, H = perhitungan.

**Tabel 1.3** Hasil praktikum rangkaian resistor paralel



No	Nilai R Paralel		Nilai Tegangan				Nilai Arus			
	R (kOhm) (P)	R (kOhm) (U)	Vs (Volt)	Vs (Volt) (U)	Vs (H)	Vs (Volt) (simulasi )	Arus I (mA) (U)	Arus (I4) (mA) (U)	Arus (I5) (mA) (U)	Arus (mA) (Simulasi)
1.										
2.										
3.			4							
4.	R <sub>4</sub> =	R <sub>4</sub> =	5							
5.	R <sub>5</sub> =	R <sub>5</sub> =	8							
6.	R <sub>p</sub> =	R <sub>p</sub> =								
7.										
8.										
9.										
10.										

Keterangan: P = pembacaan, U = pengukuran, H = perhitungan

### 1.7 Analisis Hasil Praktikum

Analisis hasil praktikum dibuat berdasarkan pada capaian pembelajaran sub bahasan (1.1) dan untuk mempermudah analisis hasil praktikum. Tabel 1.2 (hasil praktikum rangkaian resistor seri) dibuat grafik perubahan nilai Vs terhadap nilai arus yang digambarkan secara grafis (*excel*). Tabel 1.3 (hasil praktikum rangkaian resistor paralel) dibuat grafik perubahan nilai Vs terhadap nilai arus yang digambarkan secara grafis (*excel*). Dalam satu grafik terdapat tiga nilai yaitu hasil perhitungan, pengukuran dan simulai *software*. Analisis difokuskan pada hasil perbedaan nilai hasil perhitungan, simulasi *software* dan pengukuran. Perbedaan nilai tersebut dianalisis dan dicari solusi penyebabnya.

### 1.8 Kesimpulan

Kesimpulan diperoleh berdasarkan analisis grafik hasil praktikum yang mengacu pada capaian pembelajaran.

### 1.9 Referensi

Referensi yang digunakan untuk membuat dasar teori dan bahan menganalisis hasil praktikum.

### 1.10 Lampiran

Lampiran merupakan data pendukung untuk membuat laporan praktikum yang berisi data sementara pada saat setelah praktikum dilaksanakan dan/atau data *sheet* tambahan.

## **BAB II**

### **RANGKAIAN RESISTOR KOMBINASI SERI-PARALEL**

#### **2.1 Capaian Pembelajaran**

Setelah praktikum rangkaian resistor kombinasi seri-paralel, mahasiswa akan mampu:

1. Menjelaskan karakteristik rangkaian resistor kombinasi seri-paralel,
2. Menghitung nilai tegangan dan arus dalam rangkaian resistor kombinasi seri-paralel secara teori,
3. Menghitung nilai tegangan dan arus dalam rangkaian resistor kombinasi seri-paralel menggunakan simulasi *software*,
4. Mengukur nilai tegangan dan arus dalam rangkaian resistor kombinasi seri-paralel secara praktek,
5. Membandingkan hasil perhitungan secara teori, simulasi *software* dan praktikum.

Praktikum dengan sub pokok bahasan rangkaian resistor kombinasi seri-paralel adalah membuktikan karakteristik tegangan dan arus dalam rangkaian resistor yang disusun seri dan paralel secara kombinasi. Praktikum dilakukan melalui tiga tahap yaitu perhitungan, simulasi dengan *software* dan pengukuran hasil praktikum. Dari hasil ketiga tahapan tersebut mahasiswa dapat membandingkan nilai yang diperoleh dan dapat menyimpulkan penyebab terjadinya perbedaan nilai tersebut.

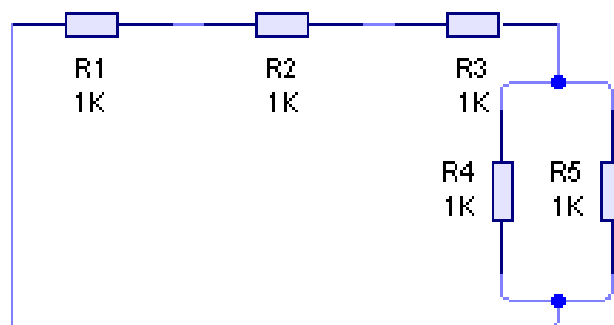
#### **2.2 Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum, adalah sebagai berikut:

1. *Power supply* : 1 buah,
2. Multimeter analog : 1 buah,
3. Multimeter digital : 1 buah,
4. Kabel *banana to banana* : 4 buah,
5. Kabel *to aligator* : 2 buah,
6. Modul rangkaian resistor kombinasi seri-paralel/*protoboard*: 1 buah,
7. *Software* simulasi (*multisim/lifewire*).

## 2.3 Teori Dasar

Dalam rangkaian listrik terdapat banyak sekali konfigurasi rangkaian komponen-komponen elektronika, bukan sekedar rangkaian sederhana yang hanya terdiri dari sumber tegangan dan beban, tetapi lebih dari itu. Dua konfigurasi rangkaian yang paling banyak digunakan dalam rangkaian elektronika adalah seri dan paralel. Ada pula gabungan dari keduanya yaitu rangkaian resistor kombinasi seri-paralel. Gambar 2.1 adalah rangkaian resistor kombinasi seri-paralel.



**Gambar 2.1** Rangkaian resistor kombinasi seri-paralel.

Pada rangkaian seri, resistor disusun seperti rangkaian gerbong kereta, dimana aliran elektron mengalir hanya pada satu jalur. Pada rangkaian paralel, resistor disusun dengan menggabungkan masing-masing ujungnya menjadi satu sehingga aliran elektron dapat terbagi ke dalam beberapa jalur. Rangkaian kombinasi resistor seri-paralel adalah menghubungkan kedua jalur tersebut yaitu antara ujung seri dan ujung dari gabungan beberapa jalur paralel.

## 2.4 Gambar Rangkaian Praktikum

Gambar 2.2 adalah rangkaian resistor kombinasi seri-paralel yang digunakan untuk praktikum.



**Gambar 2.2** Rangkaian kombinasi resistor seri-paralel

## 2.5 Prosedur Praktikum

Prosedur praktikum rangkaian resistor kombinasi seri-paralel, adalah sebagai berikut:

1. Kalibrasi dilakukan pada multimeter.
2. *Power supply* disiapkan.
3. Tegangan sumber ( $V_s$ ) dihubungkan pada modul dengan *power supply*, amperemeter dihubungkan pada  $A_1$ , voltmeter dihubungkan pada  $V_1$ , dan ujung kiri  $R_2$  dihubungkan dengan kutub negatif  $V_s$ . Nilai tegangan pada  $R_1$  diukur sebagai  $V_1$ , nilai tegangan pada  $R_2$  diukur sebagai  $V_2$  dan pada saat yang sama nilai arus yang mengalir pada  $R_1$  maupun  $R_2$  diukur sebagai  $A_1$ .
4. Nilai besar tegangan sumber ( $V_s$ ) diatur sesuai dengan Tabel 2.1 hasil praktikum.
5. Pengamatan nilai tegangan  $V_1$  pada  $R_1$ ,  $V_2$  pada  $R_2$  serta nilai arus  $A_1$  yang mengalir pada  $R_1$  maupun  $R_2$ . Hasil pengamatannya dicatat dalam tabel 2.1 pada kolom " $V_1$ "; " $V_2$ " " $I_1$ "; " $I_2$ ". **Ukur**
6. Setiap perubahan yang terjadi diamati dan dibuat grafik untuk perubahan  $V_s$  terhadap  $V_1$  dan  $V_s$  terhadap  $I_1$ .
7. Praktikum selanjutnya adalah pengamatan untuk  $V_2$  dan  $A_2$ .



8.  $V_S$  dihubungkan pada modul dengan *power supply*, kedua ujung  $A_1$  di-*jumper*, voltmeter dihubungkan pada  $V_2$  dan amperemeter dihubungkan pada  $A_2$ , nilai tegangan pada  $R_2$  diukur sebagai  $V_2$  dan nilai arus yang mengalir diukur sebagai  $A_2$ .
9. Nilai tegangan sumber ( $V_S$ ) diatur sesuai dengan tabel 2.2 hasil praktikum.
10. Nilai tegangan  $V_2$  pada  $R_2$  diukur dan nilai arus yang mengalir  $A_2$  dicatat kemudian hasil nilainya diisikan dalam Tabel pada kolom " $V_2$ " dan " $I_2$ ".
11. Setiap perubahan yang terjadi diamati dan dibuat grafik untuk perubahan nilai  $V_S$  terhadap  $V_2$  dan  $V_S$  terhadap  $I_2$ .
12. Setelah selesai pengukuran untuk  $V_2$  dan  $A_2$  selanjutnya adalah pengukuran untuk  $V_3$  dan  $A_3$ . Tegangan sumber ( $V_S$ ) dan *power supply* dihubungkan, kedua ujung  $A_1$  dan  $A_2$  di-*jumper*. Voltmeter dihubungkan pada  $V_3$  dan amperemeter dihubungkan pada  $A_3$ , nilai tegangan diukur pada  $R_{\text{paralel}}$  sebagai  $V_3$  dan arus yang mengalir diukur sebagai  $A_3$ .
13. Nilai tegangan sumber  $V_S$  diatur sesuai dengan Tabel 2.3 hasil praktikum.
14. Nilai tegangan  $V_3$  diamati dan nilai arus yang mengalir pada  $A_3$ , kemudian dicatat hasilnya dalam Tabel 2.3 hasil praktikum pada kolom " $V_3$ " dan " $I_3$ ".
15. Setiap perubahan yang terjadi diamati dan dibuat grafik untuk perubahan nilai  $V_S$  terhadap  $V_3$  dan  $V_S$  terhadap  $I_3$ .
16. Praktikum rangkaian resistor kombinasi seri-paralel telah selesai dilakukan.
17. Tahap berikutnya adalah membuat laporan hasil praktikum.

## 2.6 Tabel Hasil Praktikum

Hasil praktikum diisikan dalam Tabel 2.1, Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

Tabel RANGKAIAN KOMBINASI SERI PARALEL

V(S) volt	R (P)	R (U)	VR1 (U)	VR2 (U)	Vrab (U)	I(Total)	IA (U)	IB (U)	IC (U)
	R1-R6								
	RS								
	RP								
	RT								
4									
6									
8									

Tabel 2.1 Hasil praktikum rangkaian resistor seri

No	Nilai R <sub>1</sub>		V <sub>s</sub> (Volt)	Nilai Tegangan V <sub>1</sub> & V <sub>2</sub>				Nilai Arus I <sub>1</sub>			
	R (kOhm) (P)	R (kOhm) (U)		V <sub>1,2</sub> * (Volt) (H)	V <sub>1</sub> (Volt) (U)	V <sub>2</sub> (Volt) (U)	V <sub>12</sub> * (Volt) (S)	I <sub>1</sub> (mA) (H)	I <sub>1</sub> (mA) (U)	Skala	I <sub>1</sub> (mA) (S)
1.	R <sub>1</sub> = R <sub>2</sub> =	R <sub>1</sub> = R <sub>2</sub> =									
2.											
3.			4								
4.			5								
5.			8								
6.											
7.											
8.											
9.											
10.											

Keterangan: P = pembacaan, U = pengukuran, H = perhitungan, S = simulasi *software*,

v<sub>1,2</sub>\*:kolomnya(V1 & V2)



**Tabel 2.2** Hasil praktikum rangkaian resistor paralel

No	Nilai R		Vs (Volt)	Nilai Tegangan V <sub>3</sub>				Nilai Arus I <sub>3,4</sub>			
	R (kOhm) (P)	R (kOhm) (U)		V <sub>3</sub> (Volt) (H)	V <sub>3</sub> (Volt) (U)	Skala	V <sub>3</sub> (Volt) (S)	I <sub>3</sub> (mA) (H)	I <sub>3</sub> (mA) (U)	I <sub>4</sub> (mA) (U)	I <sub>3</sub> (mA) (S)
1.	R <sub>3</sub> = R <sub>4</sub> = R <sub>paralel</sub> =	R <sub>3</sub> = R <sub>4</sub> = R <sub>paralel</sub> =									
2.											
3.			4								
4.			5								
5.			8								
6.											
7.											
8.											
9.											
10.											

Keterangan: P = pembacaan, U = pengukuran, H = perhitungan, S = simulasi *software*

**Tabel 2.3** Hasil praktikum rangkaian resistor kombinasi seri-paralel

No	Nilai R		Vs (Volt)	Nilai Tegangan V <sub>3</sub>				Nilai Arus I <sub>3</sub>				
	R (kOhm) (P)	R (kOhm) (U)		V <sub>1</sub> (Volt) (U)	V <sub>2</sub> (Volt) (U)	V <sub>3</sub> (Volt) (U)	V <sub>456</sub> (Volt) (U;H S)	I <sub>s(123)</sub> mA (U;H:S )	I <sub>4</sub> (mA) (U)	I <sub>5(m)</sub> A (U)	I <sub>6(m)</sub> A (U)	I <sub>134</sub> (mA) (S)
1.	R <sub>123</sub> = R <sub>456</sub> =	R <sub>seri</sub> = R <sub>paralel</sub> =										
2.												
3.			4									
4.			5									
5.			8									
6.												
7.												
8.												
9.												
10.												

Keterangan: P = pembacaan, U = pengukuran, H = perhitungan, S = simulasi *software*

## 2.7 Analisis Hasil Praktikum

Analisis hasil praktikum dibuat berdasarkan pada capaian pembelajaran sub bahasan (2.1) dan untuk mempermudah analisis data hasil praktikum. Untuk Tabel 2.1 dibuat grafik perubahan nilai Vs terhadap V<sub>1</sub> dan Vs terhadap I<sub>1</sub>, Tabel 2.2 dibuat grafik perubahan nilai Vs terhadap V<sub>2</sub> dan Vs terhadap I<sub>2</sub>, dan Tabel 2.3 dibuat grafik perubahan nilai Vs terhadap V<sub>3</sub> dan Vs terhadap I<sub>3</sub>, dimana satu grafik terdapat tiga nilai yaitu hasil perhitungan, pengukuran dan simulai *software*. Nilai



tersebut digambarkan secara grafis menggunakan *excel*. Analisis difokuskan pada perbedaan nilai hasil perhitungan, simulasi *software* dan pengukuran. Perbedaan nilai tersebut dianalisis dan dicari solusi penyebabnya.

## **2.8 Kesimpulan**

Kesimpulan diperoleh berdasarkan analisis grafik hasil praktikum yang mengacu pada capaian pembelajaran.

## **2.9 Referensi**

Referensi yang digunakan untuk membuat dasar teori dan bahan menganalisis hasil praktikum.

## **2.10 Lampiran**

Lampiran merupakan data pendukung untuk membuat laporan praktikum yang berisi data sementara pada saat setelah praktikum dilaksanakan dan/atau data *sheet* tambahan.



## **BAB III**

### **PEMBAGI TEGANGAN TANPA BEBAN**

#### **3.1 Capaian Pembelajaran**

Setelah praktikum rangkaian pembagi tegangan tanpa beban, mahasiswa akan mampu:

1. Menjelaskan karakteristik pembagi tegangan tanpa beban,
2. Menghitung nilai pembagi tegangan tanpa beban menggunakan resistor dan potensiometer secara teori,
3. Menghitung nilai pembagi tegangan tanpa beban menggunakan resistor dan potensiometer menggunakan simulasi *software*,
4. Mengukur nilai pembagi tegangan tanpa beban menggunakan resistor dan potensiometer secara praktek,
5. Membandingkan hasil perhitungan secara teori, simulasi *software* dan praktikum.

Praktikum dengan sub pokok bahasan rangkaian pembagi tegangan tanpa beban adalah membuktikan karakteristik rangkaian pembagi tegangan tanpa beban. Praktikum dilakukan melalui tiga tahap yaitu perhitungan, simulasi dengan *software* dan pengukuran hasil praktikum. Dari hasil ketiga tahapan tersebut mahasiswa dapat membandingkan nilai yang diperoleh dan dapat menyimpulkan penyebab terjadinya perbedaan nilai tersebut.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum rangkaian pembagi tegangan tanpa beban menggunakan resistor, adalah sebagai berikut:

1. *Power supply* : 1 buah,
2. Multimeter analog : 1 buah,
3. Multimeter digital : 1 buah,
4. Kabel *banana to banana* : 4 buah,
5. Modul rangkaian pembagi tegangan tanpa beban/*protoboard*: 1 buah,
6. *Software* simulasi (*multisim/lifewire*).

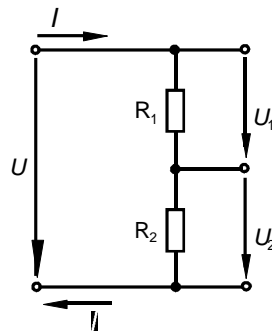
Alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum rangkaian pembagi tegangan tanpa beban menggunakan potensiometer, adalah sebagai berikut:

1. *Power supply* : 1 buah,
2. Multimeter analog : 2 buah,
3. Multimeter digital : 2 buah,
4. Kabel *banana to banana* : 8 buah,
5. Plug putih : 2 buah,
6. Plug kecil : 10 buah,
7. Modul rangkaian pembagi tegangan tanpa beban/ *proto board*: 1 buah.

### 3.3 Teori Dasar

#### 3.3.1 Rangkaian Pembagi Tegangan Tanpa Beban

Rangkaian pembagi tegangan terdiri dari dua resistor ( $R_1$ ,  $R_2$ ) yang terhubung seri. Dengan bantuan  $R_1$  dan  $R_2$  maka tegangan terpasang ( $U$ ) dapat dibagi menjadi dua tegangan yaitu ( $U_1$ ,  $U_2$ ), yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Pembagi tegangan tanpa beban

Resistor  $R_1$  dan  $R_2$  berturut-turut dialiri oleh arus  $I$  yang sama, untuk rangkaian resistor seri berlaku persamaan berikut:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Selanjutnya resistor total  $R_{total}$ :

$$\begin{aligned} \frac{U_1}{U} &= \frac{R_1}{R_{total}} & \frac{U_2}{U} &= \frac{R_2}{R_{total}} \\ \frac{U_1}{U} &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} & \frac{U_2}{U} &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

Sehingga rumus pembagi tegangan menjadi:

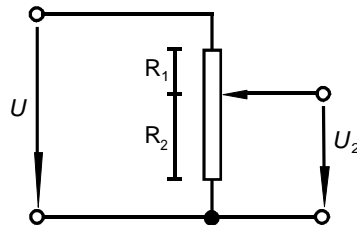
$$U_1 = U \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Persamaan tersebut hanya berlaku, jika arus yang mengalir pada kedua resistor adalah sama, dan berarti bahwa pada “*tap*” pembagi tegangan tidak ada arus yang diambil (pembagi tegangan tidak berbeban).

Nilai  $R_1$  dan  $R_2$  dipilih yang sesuai sehingga seluruh nilai tegangan dapat distel antara nol dan tegangan total  $U$ .

### 3.3.2 Rangkaian Pembagi Tegangan Tanpa Beban Dengan Potensiometer

Rangkaian pembagi tegangan tanpa beban dapat juga menggunakan suatu resistor dengan “*tap*” yang variabel (dapat berubah), biasa disebut *potensiometer*.



**Gambar 3.2** Pembagi tegangan menggunakan potensiometer

Potensiometer adalah resistor tiga terminal dengan sambungan geser yang membentuk pembagi tegangan dapat distel. Jika hanya dua terminal yang digunakan (salah satu terminal tetap dan terminal geser), potensiometer berperan sebagai resistor variabel atau *rheostat*. Potensiometer biasanya digunakan untuk mengendalikan peranti elektronik seperti pengendali suara pada penguat. Potensiometer yang dioperasikan oleh suatu mekanisme dapat digunakan sebagai transduser, misalnya sebagai sensor *joystick*.

### 3.4 Gambar Rangkaian

Rangkaian pembagi tegangan tanpa beban ditunjukkan dalam Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Rangkaian pembagi tegangan tanpa beban

### 3.5 Prosedur Praktikum

Prosedur praktikum rangkaian pembagi tegangan tanpa beban, adalah sebagai berikut:

#### a) Praktikum menggunakan nilai resistor variabel

1. Kalibrasi dilakukan pada multimeter.
2. Nilai  $R_1$  ( $R_a = 100\Omega$ ,  $R_b = 330\Omega$ ,  $R_c = 560\Omega$ ,  $R_d = 680\Omega$  dan  $R_e = 1K\Omega$ ) dan  $R_2$  diukur dan dicatat dalam Tabel 3.1.
3. *Power Supply* disiapkan.
4. Voltmeter dihubungkan pada  $V_1$  untuk mengukur tegangan pada  $R_1$  yang diubah-ubah dan voltmeter dihubungkan pada  $V_2$  untuk mengukur tegangan pada  $R_2$  *fixed*.
5.  $R_1$  dan  $R_2$  dihubungkan secara seri,  $R_1$  dipindah-pindah sesuai nilai variabel yang diukur menggunakan kabel *banana to banana*, terdapat 5 nilai variabel resistor ( $100\Omega$ ,  $330\Omega$ ,  $560\Omega$ ,  $680\Omega$  dan  $1K\Omega$ ).
6. Tegangan sumber ( $V_s$ ) diatur sesuai dengan Tabel 3.2 hasil praktikum.
7. Nilai tegangan pada  $V_1$  dan  $V_2$  diamati dan dicatat hasilnya dalam Tabel 3.2.



8. Setiap perubahan yang terjadi diamati dan dibuat grafik untuk perubahan  $V_s$  terhadap  $V_1$  dan  $V_s$  terhadap  $V_2$ , pada masing-masing perubahan nilai  $R_1$  ( $100\Omega$ ,  $330\Omega$ ,  $560\Omega$ ,  $680\Omega$  dan  $1K\Omega$ ).

#### b) Praktikum menggunakan Potensiometer

1. Pertama, nilai resistor diukur pada  $R_{seri}$  ( $R_1$  dan  $R_2$ ), ohmmeter dihubungkan pada ujung-ujung potensiometer, dan nilai resistor diamati pada ohmmeter. Hasil pengamatan praktikum dicatat dalam Tabel 3.3.
2. Selanjutnya nilai resistor diukur pada  $R_1$  dan  $R_2$  yang dihubungkan secara seri.
3. Potensiometer diputar pada posisi minimum, ohmmeter dihubungkan pada  $R_1$  lalu pada  $R_2$ , kemudian nilai tahanan diamati pada masing-masing resistor, hasil pengukuran praktikum dicatat dalam Tabel 3.3. Potensiometer diputar pada posisi yang berbeda ( $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ , max).
4. Nilai tegangan diukur pada  $R_{seri}$  ( $R_1$  dan  $R_2$ ). Voltmeter dihubungkan pada ujung-ujung potensiometer, nilai tegangan diamati yang terbaca pada voltmeter, hasil pengamatan praktikum dicatat dalam Tabel 3.3.
5. Potensiometer diputar pada posisi minimum, voltmeter dihubungkan pada  $R_1$  kemudian pada  $R_2$ , nilai tegangan diamati tiap-tiap resistor, potensiometer diputar pada posisi yang berbeda ( $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ , max). Hasil pengamatan praktikum dicatat dalam Tabel 3.3.

### 3.6 Tabel Hasil Praktikum

Hasil praktikum diisikan dalam Tabel 3.1, Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

**Tabel 3.1** Hasil praktikum rangkaian pembagi tegangan tanpa beban

Keterangan	$R_1$					$R_2$
Pembacaan	$R_a = 100\Omega$	$R_b = 330\Omega$	$R_c = 560\Omega$	$R_d = 680\Omega$	$R_e = 1K\Omega$	$100\Omega$
Pengukuran						
Skala						

**Tabel 3.2** Hasil praktikum rangkaian pembagi tegangan tanpa beban

Vs (Volt)	Perhitungan		Pengukuran			Simulasi <i>Software</i>	
	V <sub>1</sub> (Volt)	V <sub>2</sub> (Volt)	R <sub>1</sub> (Ω)	V <sub>1</sub> (Volt) & Skala	V <sub>2</sub> (Volt) & Skala (R <sub>2</sub> : 100 Ω)	V <sub>1</sub> (Volt)	V <sub>2</sub> (Volt)
2			100				
			330				
			560				
			680				
			1K				
4							
6							
8							
10							

Tabel 3.2 hasil praktikum terdiri dari 5 Tabel, yaitu:

- Tabel 3.2a, Hasil praktikum pada kondisi (**R<sub>1</sub> = R<sub>a</sub> = 100Ω dan R<sub>2</sub> = 100Ω**),
- Tabel 3.2b, Hasil praktikum pada kondisi (**R<sub>1</sub> = R<sub>b</sub> = 330Ω dan R<sub>2</sub> = 100Ω**),
- Tabel 3.2c, Hasil praktikum pada kondisi (**R<sub>1</sub> = R<sub>c</sub> = 560Ω dan R<sub>2</sub> = 100Ω**),
- Tabel 3.2d, Hasil praktikum pada kondisi (**R<sub>1</sub> = R<sub>d</sub> = 680Ω dan R<sub>2</sub> = 100Ω**),
- Tabel 3.2e, Hasil praktikum pada kondisi (**R<sub>1</sub> = R<sub>e</sub> = 1kΩ dan R<sub>2</sub> = 100Ω**).

**Tabel 3.3** Hasil praktikum rangkaian pembagi tegangan tanpa beban

Nilai R Potensiometer	Vs (Volt)	Nilai Tegangan V <sub>1</sub>			Nilai Tegangan V <sub>2</sub>			Nilai R Potensiometer (U)	
		V <sub>1</sub> (V) (H)	V <sub>1</sub> (V) (U)	V <sub>1</sub> (V) (S)	V <sub>2</sub> (V) (H)	V <sub>2</sub> (V) (U)	V <sub>2</sub> (V) (S)	R <sub>1</sub> (kOhm)	R <sub>2</sub> (kOhm)
0	5								
1/4									
1/2									
3/4									
1 (penuh)									

Keterangan: H = Perhitungan, U = Pengukuran, S = Simulasi *software*



### 3.7 Analisis Hasil Praktikum

Analisis hasil praktikum dibuat berdasarkan pada capaian pembelajaran sub bahasan (3.1), dan untuk mempermudah analisis data hasil praktikum dibuat dalam bentuk grafik. Tabel 3.2 dibuat grafik perubahan nilai  $V_s$  terhadap  $V_1$  dan  $V_s$  terhadap  $V_2$ , Tabel 3.2 terdapat 5 tabel hasil praktikum sehingga ada 10 grafik yang dibuat, dimana satu grafik terdapat tiga nilai yaitu hasil perhitungan, pengukuran dan simulai *software*. Tabel 3.3 dibuat grafik perubahan nilai  $V_1$  terhadap  $V_2$ , perubahan nilai  $V_1$  terhadap  $R_1$  dan perubahan nilai  $V_1$  terhadap  $R_2$ , dimana satu grafik terdapat tiga nilai yaitu hasil perhitungan, pengukuran dan simulai *software*. Analisis difokuskan pada ketiga perbedaan nilai hasil perhitungan, simulasi *software* dan pengukuran. Perbedaan nilai tersebut kemudian dianalisis dan dicari solusi penyebabnya.

### 3.8 Kesimpulan

Kesimpulan diperoleh berdasarkan analisis grafik hasil praktikum yang mengacu pada capaian pembelajaran.

### 3.9 Referensi

Referensi yang digunakan dalam praktikum untuk membuat dasar teori dan menganalisis hasil praktikum.

### 3.10 Lampiran

Lampiran merupakan data pendukung untuk membuat laporan praktikum yang berisi data sementara pada saat setelah praktikum dilaksanakan dan/atau data *sheet* tambahan.



## **BAB IV**

### **PEMBAGI TEGANGAN DENGAN BEBAN**

#### **4.1 Capaian Pembelajaran**

Setelah praktikum rangkaian pembagi tegangan dengan beban, mahasiswa akan mampu:

1. Menjelaskan karakteristik pembagi tegangan dengan beban,
2. Menghitung nilai pembagi tegangan dengan beban secara teori,
3. Menghitung nilai pembagi tegangan dengan beban menggunakan simulasi *software*,
4. Mengukur nilai pembagi tegangan dengan beban secara praktek,
5. Membandingkan hasil perhitungan secara teori, simulasi *software* dan praktikum.

Praktikum dengan sub pokok bahasan rangkaian pembagi tegangan dengan beban adalah membuktikan karakteristik rangkaian pembagi tegangan dengan beban. Praktikum dilakukan melalui tiga tahap yaitu perhitungan, simulasi dengan *software* dan pengukuran hasil praktikum. Dari hasil ketiga tahapan tersebut mahasiswa dapat membandingkan nilai yang diperoleh dan dapat menyimpulkan penyebab terjadinya perbedaan nilai tersebut.

#### **4.2 Alat dan Bahan**

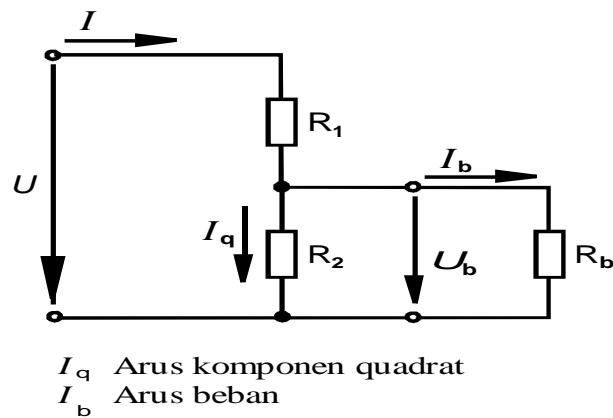
Alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum, adalah sebagai berikut:

1. *Power supply* : 1 buah,
2. Multimeter analog : 1 buah,
3. Multimeter digital : 1 buah,
4. Kabel *banana to banana* : 4 buah,
5. Potensiometer : 1 buah,
6. Modul rangkaian pembagi tegangan dengan beban/*protoboard*: 1 buah,
7. *Software* simulasi (*multisim/lifewire*).

#### **4.3 Teori Dasar**

Rangkaian pembagi tegangan menggunakan dasar rangkaian pembagi tegangan tanpa beban, yang dihubungkan dengan sebuah beban secara paralel pada

R2, maka menjadi suatu pembagi tegangan dengan beban, dan merupakan suatu rangkaian campuran, yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Pembagi tegangan dengan beban

Tegangan jatuh pada beban terletak pada resistor paralel  $R_{2,b}$ . Tegangan total  $U$  berpengaruh pada resistor total  $R_1 + R_{2,b}$ .

Pembagi tegangan dengan beban menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$\frac{U_b}{U} = \frac{R_{2,b}}{R_1 + R_{2,b}}$$

Nilai resistor ekivalen  $R_2$  dan  $R_b$  paralel:

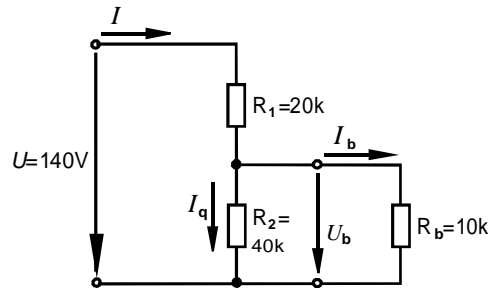
$$R_{2,b} = \frac{R_2 \cdot R_b}{R_2 + R_b}$$

Dengan:  $R_{2b}$  = resistor paralel dalam  $\Omega$ ,  
 $R_1$  = resistor bagian dalam  $\Omega$ ,  
 $U$  = tegangan total dalam V,  
 $U_b$  = tegangan beban dalam V.

Contoh:

Hitung tegangan  $U_b$  sebagai pembagi tegangan, sebagai berikut:

- Dengan resistor beban,
- Tanpa resistor beban,



**Gambar 4.2** Rangkaian pembagi tegangan dengan beban

**Solusi:**

a) Berdasarkan rumus pembagi tegangan dengan beban menjadi:

$$U_b = U \frac{R_{2,b}}{R_1 + R_{2,b}} : \quad U_b = \frac{140 \text{ V} \cdot 8000 \Omega}{28000 \Omega} = 40 \text{ V}$$

Nilai resistor paralel:

$$R_{2,b} = \frac{R_2 \cdot R_b}{R_2 + R_b} : \quad R_{2,b} = \frac{40 \text{ k}\Omega \cdot 10 \text{ k}\Omega}{40 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega} = \frac{400 (\text{k}\Omega)^2}{50 \text{ k}\Omega} = 8 \text{ k}\Omega$$

Nilai resistor total:

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_{2,b} : \quad R_{\text{total}} = 20 \text{ k}\Omega + 8 \text{ k}\Omega = 28 \text{ k}\Omega$$

b) Berdasarkan rumus pembagi tegangan (tanpa beban):

$$U'_b = U \frac{R_2}{R_1 + R_2} : \quad U'_b = \frac{140 \text{ V} \cdot 40000 \Omega}{60000 \Omega} = 93,3 \text{ V}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, menunjukkan bahwa pembagi tegangan dengan beban, hasil tegangan keluaran berkurang sangat besar. Hal tersebut disebabkan karena arus melalui resistor beban maka nilai resistor total rangkaian mengecil, sehingga penyerapan arus meningkat dan tegangan jatuh pada resistor  $R_1$  lebih besar, hal tersebut menyebabkan tegangan  $U_b$  menjadi lebih kecil.

- Untuk memperkecil perbedaan tegangan pada rangkaian pembagi tegangan tanpa beban ke rangkaian pembagi tegangan dengan beban, maka resistor beban terpasang harus lebih besar dari resistor total pembagi tegangan. Namun terdapat sesuatu yang harus diperhatikan, yaitu resistor pembagi tegangan jangan sampai menjadi terlalu kecil, sehingga menyebabkan arus  $I_q$  mengalir sangat besar dan terjadi kerugian yang besar.

Rangkaian pembagi tegangan dengan digunakan untuk pembangkit tegangan yang tetap dan untuk mempertahankan arus yang melalui beban dalam keadaan tetap kecil dalam suatu rangkaian.

#### 4.4 Gambar Rangkaian

Rangkaian pembagi tegangan dengan beban ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Rangkaian pembagi tegangan dengan beban

#### 4.5 Prosedur Praktikum

Prosedur Praktikum rangkaian pembagi tegangan dengan beban, sebagai berikut:

1. Alat dan bahan praktikum disiapkan.
2. Multimeter dihubungkan pada ujung-ujung potensiometer untuk mendapatkan nilai tahanan pada  $R_{\text{seri}}$ , nilai yang terbaca dicatat dalam Tabel 4.1.
3. Voltmeter dihubungkan pada  $V_1$  untuk mengukur tegangan pada  $R_1$  dan voltmeter dihubungkan pada  $V_2$  untuk mengukur tegangan pada  $R_2$  berbeban.
4. Kabel *banana to banana* dihubungkan pada  $R_{\text{beban}}$ , posisi  $R_{\text{beban}}$  dipindah- pindahkan sesuai nilai tabel praktikum.
5. Potensiometer diputar pada posisi yang berbeda.
6. Hasil praktikum dicatat dalam Tabel 4.1.

7. Langkah- langkah tersebut diulangi untuk nilai tegangan sumber yang berbeda sehingga mahasiswa mendapatkan nilai perbandingan. Hasil praktikum dicatat dalam Tabel 4.2 (a, b, dan c).

#### 4.6 Tabel Hasil Praktikum

Hasil praktikum diisikan dalam Tabel 4.1 (Tabel 4.1a adalah hasil perhitungan, Tabel 4.1b hasil simulasi *software* dan Tabel 4.1c hasil pengukuran) dan Tabel 4.2 (a, b, dan c) diisi hasil praktikum untuk  $V_s = 10$  Volt.

**Tabel 4.1a Hasil perhitungan** rangkaian pembagi tegangan dengan beban

Posisi Potensio (putaran-searah jarum jam)	$V_s$ (Volt)	$R_1$ (pot) ( $\Omega$ )	$R_2$ (pot) ( $\Omega$ )	Rbeban (100 $\Omega$ )		Rbeban (470 $\Omega$ )		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{1}{4}$ ) putaran		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{1}{2}$ ) putaran		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{3}{4}$ ) putaran	
				$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)
0	5	....											
$\frac{1}{4}$	5	....											
$\frac{1}{2}$	5	....											
$\frac{3}{4}$	5	...											
1	5	...											

**Tabel 4.1b Hasil simulasi *software*** rangkaian pembagi tegangan dengan beban

Posisi Potensio (putaran-searah jarum jam)	$V_s$ (Volt)	$R_1$ (pot) ( $\Omega$ )	$R_2$ (pot) ( $\Omega$ )	Rbeban (100 $\Omega$ )		Rbeban (470 $\Omega$ )		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{1}{4}$ ) putaran		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{1}{2}$ ) putaran		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{3}{4}$ ) putaran	
				$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)
0	5	....											
$\frac{1}{4}$	5	....											
$\frac{1}{2}$	5	....											
$\frac{3}{4}$	5	...											
1	5	...											

**Tabel 4.1c Hasil pengukuran** rangkaian pembagi tegangan dengan beban

Posisi Potensio (putaran-searah jarum jam)	$V_s$ (Volt)	$R_1$ (pot) ( $\Omega$ )	$R_2$ (pot) ( $\Omega$ )	Rbeban (100 $\Omega$ )		Rbeban (470 $\Omega$ )		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{1}{4}$ ) =1000 $\Omega$ putaran		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{1}{2}$ ) =2500 $\Omega$ . putaran		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{3}{4}$ ) =3750 $\Omega$ putaran		Max 4000 $\Omega$	
				$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)
0	5	....													
$\frac{1}{4}$	5	....													
$\frac{1}{2}$	5	....													
$\frac{3}{4}$	5	...													
1	5	...													



**Tabel 4.2a** Hasil perhitungan rangkaian pembagi tegangan dengan beban

Posisi Potensio (putaran-searah jarum jam)	$V_s$ (Volt)	$R_1$ (pot) ( $\Omega$ )	$R_2$ (pot) ( $\Omega$ )	Rbeban (100 $\Omega$ )		Rbeban (470 $\Omega$ )		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{1}{4}$ ) putaran		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{1}{2}$ ) putaran		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{3}{4}$ ) putaran	
				$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)
0	8	....											
$\frac{1}{4}$		....											
$\frac{1}{2}$		....											
$\frac{3}{4}$		...											
1		...											

**Tabel 4.2b** Hasil simulasi *software* rangkaian pembagi tegangan dengan beban

Posisi Potensio (putaran-searah jarum jam)	$V_s$ (Volt)	$R_1$ (pot) ( $\Omega$ )	$R_2$ (pot) ( $\Omega$ )	Rbeban (100 $\Omega$ )		Rbeban (470 $\Omega$ )		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{1}{4}$ ) putaran		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{1}{2}$ ) putaran		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{3}{4}$ ) putaran	
				$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)
0	8	....											
$\frac{1}{4}$		....											
$\frac{1}{2}$		....											
$\frac{3}{4}$		...											
1		...											

**Tabel 4.2c** Hasil pengukuran rangkaian pembagi tegangan dengan beban

Posisi Potensio (putaran-searah jarum jam)	$V_s$ (Volt)	$R_1$ (pot) ( $\Omega$ )	$R_2$ (pot) ( $\Omega$ )	Rbeban (100 $\Omega$ )		Rbeban (470 $\Omega$ )		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{1}{4}$ ) putaran		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{1}{2}$ ) putaran		Rbeban /Rvariabel ( $\frac{3}{4}$ ) putaran	
				$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)
0	8	....											
$\frac{1}{4}$		....											
$\frac{1}{2}$		....											
$\frac{3}{4}$		...											
1		...											

## 4.7 Analisis Hasil Praktikum

Analisis hasil praktikum dibuat berdasarkan pada capaian pembelajaran sub bahasan (4.1), dan untuk mempermudah analisis data hasil praktikum dibuat dalam bentuk grafik. Tabel 4.1 (a,b dn c) dan Tabel 4.2 (a, b, dan c) dibuat grafik perubahan nilai  $R_1$  terhadap  $V_1$  dan perubahan nilai  $R_1$  terhadap  $V_2$ . Tabel 4.1 terdapat 12 grafik dan Tabel 4.2 terdapat 12 grafik hasil praktikum sehingga total

ada 24 grafik, dimana satu grafik terdapat tiga nilai yaitu hasil perhitungan, pengukuran dan simulasi *software*. Analisis difokuskan pada ketiga perbedaan nilai hasil perhitungan, simulasi *software* dan pengukuran. Perbedaan nilai tersebut kemudian dianalisis dan dicari solusi penyebabnya.

#### **4.8 Kesimpulan**

Kesimpulan diperoleh berdasarkan analisis grafik hasil praktikum yang mengacu pada capaian pembelajaran.

#### **4.9 Referensi**

Referensi yang digunakan dalam praktikum untuk membuat dasar teori dan menganalisis hasil praktikum.

#### **4.10 Lampiran**

Lampiran merupakan data pendukung untuk membuat laporan praktikum yang berisi data sementara pada saat setelah praktikum dilaksanakan dan/atau data *sheet* tambahan.



## BAB V

### TRANSFORMASI Y – $\Delta$

#### 5.1. Capaian Pembelajaran

Setelah praktikum rangkaian transformasi Y– $\Delta$ , mahasiswa akan mampu:

1. Menjelaskan karakteristik konfigurasi rangkaian resistor selain seri-paralel,
2. Menjelaskan karakteristik rangkaian transformasi Y –  $\Delta$ ,
3. Menghitung nilai rangkaian transformasi Y– $\Delta$  secara teori,
4. Menghitung nilai rangkaian transformasi Y– $\Delta$  menggunakan simulasi *software*,
5. Mengukur nilai rangkaian transformasi Y– $\Delta$  secara praktek,
6. Membandingkan hasil perhitungan secara teori, simulasi *software* dan praktikum.

Praktikum dengan sub pokok bahasan rangkaian transformasi Y– $\Delta$  adalah membuktikan karakteristik rangkaian transformasi Y– $\Delta$ . Praktikum dilakukan melalui tiga tahap yaitu perhitungan, simulasi dengan *software* dan pengukuran hasil praktikum. Dari hasil ketiga tahapan tersebut mahasiswa dapat membandingkan nilai yang diperoleh dan dapat menyimpulkan penyebab terjadinya perbedaan nilai tersebut.

#### 5.2 Alat dan Bahan

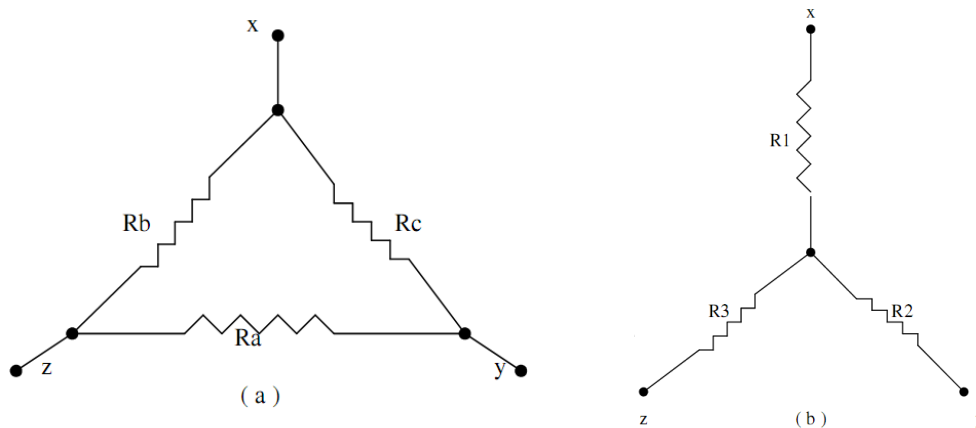
Alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum, adalah sebagai berikut:

1. Multimeter analog : 1 buah,
2. Multimeter digital : 1 buah,
3. *Plug* kecil : 10 buah,
4. Resistor 100  $\Omega$  : 1 buah,
5. Resistor 1000  $\Omega$  : 1 buah,
6. Resistor 330  $\Omega$  : 1 buah
7. Resistor 560  $\Omega$  : 1 buah,
8. Resistor 680  $\Omega$  : 1 buah,
9. *Protoboard* : 1 buah,
10. *Software* simulasi (*multisim/lifewire*).



### 5.3 Teori Dasar

Terdapat bentuk rangkaian tertentu yang tidak dapat disederhanakan dengan hanya menggunakan kombinasi seri-paralel. Konfigurasi tersebut sering dapat diselesaikan dengan menggunakan transformasi Y- $\Delta$ . Transformasi ini memungkinkan tiga resistor yang dihubungkan dalam bentuk Y digantikan oleh tiga resistor lain dalam bentuk  $\Delta$ , dan sebaliknya. Rangkaian dalam Gambar 5.1 adalah rangkaian Y dan  $\Delta$ .



**Gambar 5.1** Rangkaian Y (b) dan rangkaian  $\Delta$  (a)

Jika kedua rangkaian tersebut harus setara maka resistansi antara setiap pasangan kutubnya harus sama, baik untuk bentuk rangkaian Y maupun rangkaian  $\Delta$ . Tiga persamaan serentak dapat ditulis untuk menyatakan kesetaraan ketiga pasang resistansi kutub tersebut. Untuk pasangan kutub x dan y, resistansi setara  $\Delta$  adalah  $R_c$  dalam hubungan paralel dengan kombinasi seri  $R_a$  dan  $R_b$ , dan resistansi setara dalam bentuk Y pada pasangan kutub tersebut adalah kombinasi seri  $R_1$  dan  $R_2$ .

Persamaan rumus  $R_{xy}$  adalah sebagai berikut:

$$R_{xy} = R_1 + R_2 = \frac{R_c (R_a + R_b)}{(R_a + R_b) + R_c}$$

Dua persamaan pasangan kutub serupa dapat ditulis untuk kedua pasangan kutub lainnya.

Ketiga persamaan tersebut dapat diselesaikan secara serentak untuk nilai  $\Delta$  (yaitu:  $R_a$ ,  $R_b$ , dan  $R_c$ ) dan nilai Y (yaitu:  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$ ), dan hasilnya adalah:

$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_2 = \frac{RaRc}{Ra+Rb+Rc}$$

$$R_3 = \frac{RaRb}{Ra+Rb+Rc}$$

atau:

$$Ra = \frac{R1R2+R2R3+R3R1}{R1}$$

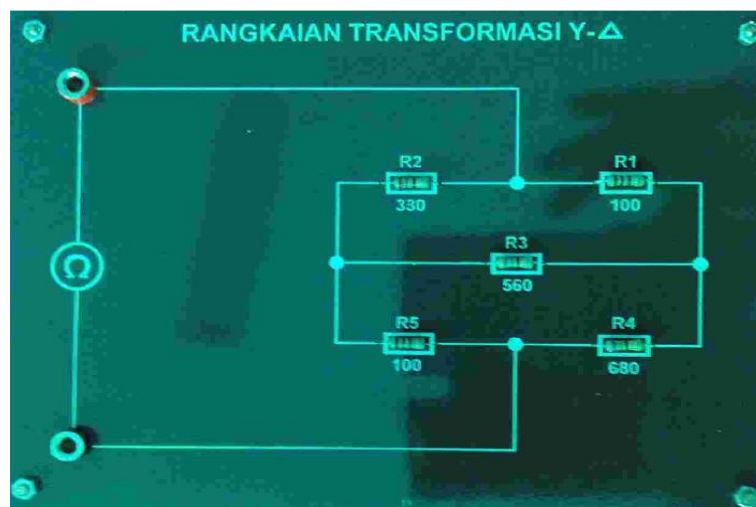
$$Rb = \frac{R1R2+R2R3+R3R1}{R2}$$

$$Rc = \frac{R1R2+R2R3+R3R1}{R3}$$

## 5.4 Gambar Rangkaian

Rangkaian transformasi Y- $\Delta$  ditunjukkan dalam Gambar 5.2.

**Gambar 5.2** Rangkaian transformasi Y- $\Delta$



### 5.5 Prosedur Praktikum

Prosedur Praktikum rangkaian transformasi Y- $\Delta$ , sebagai berikut:

1. *Protoboard* dan resistor disiapkan.
2. Resistor dirangkai sesuai Gambar 5.2 rangkaian transformasi Y- $\Delta$ .
3. Nilai tahanan ekuivalen ( $R_{EQ}$ ) pada rangkaian transformasi Y- $\Delta$  dihitung sesuai persamaan rumus tersebut, sehingga diperoleh nilai hasil pengukuran.
4. Nilai tahanan ekuivalen ( $R_{EQ}$ ) pada rangkaian transformasi Y- $\Delta$  disimulasikan dengan *software*, sehingga diperoleh nilai hasil simulasi *software*.
5. Nilai tahanan ekuivalen ( $R_{EQ}$ ) pada rangkaian transformasi Y- $\Delta$  diukur pada ujung- ujung rangkaian menggunakan ohmmeter, sehingga diperoleh nilai hasil pengukuran.
6. Nilai  $R_{EQ}$  dibandingkan berdasarkan hasil perhitungan, simulasi *software* dan pengukuran.

### 5.6 Tabel Hasil Praktikum

Hasil praktikum diisikan dalam Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Nilai tahanan ekuivalen ( $R_{EQ}$ )

Nilai $R_{EQ}$ ( $\Omega$ )		
Hasil perhitungan	Hasil simulasi <i>software</i>	Hasil pengukuran

### 5.7 Analisis Hasil Praktikum

Analisis hasil praktikum dibuat berdasarkan pada capaian pembelajaran sub bahasan (5.1). Analisis difokuskan pada ketiga perbedaan nilai tahanan ekuivalen ( $R_{EQ}$ ) hasil perhitungan, simulasi *software* dan pengukuran. Perbedaan nilai tersebut kemudian dianalisis dan dicari solusi penyebabnya.

### 5.8 Kesimpulan

Kesimpulan diperoleh berdasarkan analisis hasil praktikum yang mengacu pada capaian pembelajaran.

### 5.9 Referensi



Referensi yang digunakan dalam praktikum untuk membuat dasar teori dan menganalisis hasil praktikum.

### **5.10 Lampiran**

Lampiran merupakan data pendukung untuk membuat laporan praktikum yang berisi data sementara pada saat setelah praktikum dilaksanakan dan/atau data *sheet* tambahan.

## **BAB VI**

### **JEMBATAN *WHEATSTONE***

#### **6.1 Capaian Pembelajaran**

Setelah praktikum rangkaian jembatan *wheatstone*, mahasiswa akan mampu:

1. Menjelaskan karakteristik rangkaian jembatan *wheatstone*,
2. Menjelaskan fungsi rangkaian jembatan *wheatstone*,
3. Menghitung nilai rangkaian jembatan *wheatstone* secara teori,
4. Menghitung nilai rangkaian jembatan *wheatstone* menggunakan simulasi *software*,
5. Mengukur nilai rangkaian jembatan *wheatstone* secara praktek,
6. Membandingkan hasil perhitungan secara teori, simulasi *software* dan praktikum.

Praktikum dengan sub pokok bahasan rangkaian jembatan *wheatstone* adalah membuktikan karakteristik rangkaian jembatan *wheatstone*. Praktikum dilakukan melalui tiga tahap yaitu perhitungan, simulasi dengan *software* dan pengukuran hasil praktikum. Dari hasil ketiga tahapan tersebut mahasiswa dapat membandingkan nilai yang diperoleh dan dapat menyimpulkan penyebab terjadinya perbedaan nilai tersebut.

#### **6.2 Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum, adalah sebagai berikut:

1. Multimeter analog : 1 buah,
2. Multimeter digital : 1 buah,
3. *Plug* kecil : 10 buah,
4. Resistor 1 k $\Omega$  : 2 buah,
5. Resistor 2,2 k $\Omega$  : 1 buah,
6. Resistor 10 k $\Omega$  : 1 buah
7. Resistor 22 k $\Omega$  : 1 buah,
8. Potensiometer 10 k $\Omega$  : 1 buah,
9. *Protoboard* : 1 buah,



#### 10. *Software* simulasi (*multisim/lifewire*).

1. Multimeter analog
2. Psuply
3. Aligator 7 buah
4. Potensiometer 10 K: 5K
5. LED
6. LDR
7. Resistor 2K (2 buah)
8. Kabel solid 4 buah
9. Proto board
10. Modul Jembt.Wheastone

### 6.3 Teori Dasar

Hambatan listrik suatu penghantar merupakan karakteristik dari suatu bahan penghantar tersebut yang menunjukkan kemampuan dari penghantar untuk mengalirkan arus listrik, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$R = \rho \cdot (L/A)$$

Dengan:

$R$  = Hambatan listrik suatu penghantar ( $\Omega$ )

$\rho$  = Resitivitas atau hambatan jenis ( $\Omega \cdot m$ )

$L$  = Panjang penghantar (m)

$A$  = Luas penghantar ( $m^2$ )

Menurut hukum ohm, hambatan listrik merupakan hasil perbandingan dari besar nilai beda potensial pada ke-2 ujung penghantar terhadap besar nilai arus listrik yang mengalir melalui hambatan tersebut.

Persamaan matematis hukum ohm, adalah sebagai berikut:

$$R = V/I$$

Dengan:

$R$  = Hambatan ( $\Omega$ )

$V$  = Beda potensial (V)

$I$  = Arus Listrik (A)

Untuk menentukan besar nilai suatu hambatan dapat dilakukan dengan cara berikut:

Nilai hambatan menggunakan teori hubungan antara resistivitas terhadap besar hambatan (jika hambatan berupa suatu penghantar), sehingga harus diketahui luas penghantar dan panjang penghantar dan hambatan jenis dari bahan penghantar.

Namun bila nilai hambatan merupakan suatu komponen listrik ( $R$ ), maka nilai arus dapat diperoleh dengan cara mengukur besar arus yang mengalir dan besar beda potensial pada ke-2 ujung penghantar, sehingga hukum Ohm dapat digunakan dan diperoleh “*besar hambatan berbanding lurus dengan besar beda potensial dan berbanding terbalik terhadap besar arus listrik yang mengalir*”.

Metode jembatan *wheatstone* dapat juga digunakan dengan memanfaatkan rangkaian jembatan *wheatstone* dan melakukan perbandingan antara besar hambatan yang telah diketahui dengan besar hambatan yang belum diketahui dalam keadaan jembatan seimbang ( $G=0$ ). Rangkaian jembatan *wheatstone* terdiri dari susunan 4 buah hambatan (resistor), dua hambatan dari 4 hambatan tersebut adalah hambatan *variable* yang belum diketahui besar nilainya, dengan susunan hambatan secara seri satu sama lain. Kedua titik diagonal dipasang sebuah galvanometer dan pada kedua titik diagonal yang lain diberikan sumber tegangan. Hambatan variabel diatur sedemikian rupa sehingga arus yang mengalir pada galvanometer = 0, dalam keadaan tersenut jembatan disebut seimbang, sehingga sesuai dengan hukum Ohm. Rangkaian jembatan *wheatstone* juga dapat disederhanakan dengan menggunakan kawat geser bila besar nilai hambatan tergantung pada panjang penghantar.

### 6.3.1 Pengertian Hukum Ohm

Didalam logam pada keadaan suhu tetap, rapat arus  $I$  berbanding lurus dengan medan listrik. Hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan disebut “Hukum Ohm”. George Simon Ohm adalah penemu hukum ohm yang dipublikasikan pada sebuah paper pada tahun 1827. *The galvanic circuit investigated mathematically*, prinsip ohm adalah besarnya arus listrik yang mengalir melalui sebuah penghantar metal pada rangkaian, Ohm menemukan sebuah persamaan yang sederhana, menjelaskan bagaimana hubungan antara tegangan, arus dan hambatan yang saling berhubungan.

#### Hukum Ohm:

- Tegangan dinyatakan dengan nilai volt, disimbolkan  $E$  dan  $V$ ,
- Arus dinyatakan dengan Ampere, disimbolkan  $I$ ,



- Hambatan dinyatakan dengan Ohm, disimbolkan R.

Jika luas penampang A yang diperhatikan cukup kecil dan tegak lurus kearah J (misalnya panjang konduktor besar sekali dibanding dengan luas penampangnya), maka J dapat dianggap sama pada seluruh bagian penampang, sampai ( $I = J.A$ ) maka untuk beda potensial berlaku ( $\Delta V = \int E \cdot dl$ ) dan juga integrasi diambil sepanjang suatu garis gaya ( $\Delta V = \int E \cdot Dl$ ) menunjukkan bahwa faktor yang berupa integrasi hanya tergantung pada konduktor dan merupakan sifat khusus konduktor dan biasa disebut sebagai tahanan (R) atau resistans, dan dapat ditulis persamaan:  $V = I \cdot R$ .

### 6.3.2 Pengertian Hukum Kirchoff

Hukum kirchoff dibagi menjadi dua, yaitu:

#### 1) Hukum Kirchoff I

Dipertengahan abad 19, Gustav Robert Kichoff (1824-1887) menemukan suatu cara untuk menentukan arus listrik pada rangkaian bercabang yang kemudian dikenal dengan hukum Kirchoff. Hukum Kirchoff menyatakan “*Jumlah kuat arus yang masuk dalam titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus yang keluar dari titik percabangan*”, atau jumlah I masuk = I keluar.

#### 2) Hukum Kirchoff II

Hukum Kirchoff II menyatakan “*Dalam rangkaian tertutup, jumlah aljabar GGL (E) dan jumlah penurunan potensial sama dengan nol ...*”  
Pengertian dari jumlah penurunan potensial sama dengan nol adalah tidak adanya energi listrik yang hilang dalam rangkaian tersebut atau dalam arti semua energi bisa digunakan atau diserap.

### 6.3.3 Pengertian Galvanometer

Galvanometer adalah alat yang digunakan untuk deteksi dan pengukuran arus. Kebanyakan alat tersebut bekerja tergantung pada momen yang berlaku pada kumparan di dalam medan magnet.

Awal mula bentuk galvanometer adalah seperti alat yang dipakai Oersted yaitu jarum kompas yang diletakkan dibawah kawat yang dialiri arus yang akan diukur. Kawat dan jarum diantara keduanya mengarah utara-selatan apabila tidak ada arus di dalam kawat. Kepekaan galvanometer semacam ini bertambah apabila



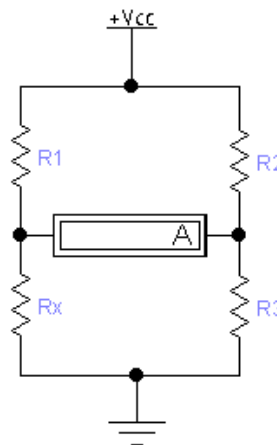
kawat itu dililitkan menjadi kumparan dalam bidang vertikal dengan jarum kompas ditengahnya. Alat semacam ini dibuat oleh Lord Kelvin pada tahun 1890, yang tingkat kepekaanya jarang sekali dilampaui oleh alat-alat yang ada pada waktu ini.

#### 6.3.4 Teori Singkat

Lengan-lengan jembatan *wheatstone* terdiri dari resistor R1, R2, R3 dan Rx. Resistor R1 dan R2 adalah rangkaian yang diketahui nilainya sedangkan R3 dan Rx adalah resistor yang tidak diketahui nilainya. Sehingga pada pertemuannya R1, R2 diberikan tegangan maka akan terjadi perbedaan tegangan pada titik R2,3 dan perbedaan tegangan pada titik R1,x. Perbedaan arus tersebut dideteksi oleh Galvanometer. Gambar 6.1 adalah rangkaian jembatan *wheatstone*.

Galvanometer digunakan untuk mengukur nilai suatu hambatan dengan cara mengusahakan arus yang mengalir pada galvanometer = nol (karena potensial di ujung-ujung galvanometer sama besar). Jadi berlaku rumus perkalian silang hambatan:

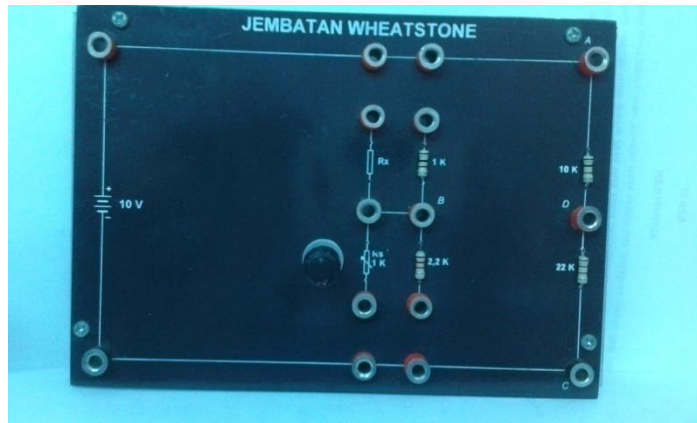
$$R1.R3 = R2.Rx$$



**Gambar 6.1** Rangkaian jembatan *wheatstone*

#### 6.4 Gambar Rangkaian

Rangkaian jembatan *wheatstone* ditunjukkan dalam Gambar 6.2.



**Gambar 6.2** Rangkaian jembatan *wheatstone*

### 6.5 Prosedur Praktikum

Prosedur praktikum rangkaian jembatan *wheatstone*, sebagai berikut:

1. Alat dan bahan disiapkan,
2. Resistor dirangkai sesuai Gambar 6.2 rangkaian praktikum jembatan *wheatstone*, Nilai besar arus yang mengalir diukur pada *output* jembatan *wheatstone* menggunakan amperemeter sebagai pengganti galvanometer,
3. Setelah itu, nilai  $R_1$  diganti dengan  $R_X$ , dan  $R_3$  diganti dengan potensiometer 10 k $\Omega$ ,
4. Nilai arus pada *output* galvanometer atau amperemeter diukur kembali, sambil memutar potensiometer untuk memperoleh nilai arus nol ampere,
5. Jika nilai arus yang diukur sudah mencapai nol ampere, maka nilai besar resistor  $R_X$  dan R potensiometer yang terpasang diukur dan dicatat dalam Tabel 6.1.

### 6.6 Tabel Hasil Praktikum

Hasil praktikum diisikan dalam Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Hasil praktikum jembatan *wheatstone*

Nilai arus rangkaian J. <i>Wheatstone</i> (resistor tetap)		
I Perhitungan (A)	I Simulasi <i>software</i> (A)	I Pengukuran (A)
Nilai arus rangkaian J. <i>Wheatstone</i> ( $R_X$ dan Variabel Resistor)		

I Perhitungan (A)	I Simulasi <i>software</i> (A)	I Pengukuran (A)
Nilai $R_X$ =		
R potensiometer =		

### 6.7 Analisis Hasil Praktikum

Analisis hasil praktikum dibuat berdasarkan pada capaian pembelajaran sub bahasan (6.1). Analisis difokuskan pada ketiga perbedaan nilai arus pada amperemeter (galvanometer) hasil perhitungan, simulasi *software* dan pengukuran. Nilai nol (0) pada amperemeter (rangkaiannya kedua yang menggunakan potensiometer) diukur nilai  $R_X$  dan  $R_{\text{potensiometer}}$ . Perbedaan nilai tersebut kemudian dianalisis dan dicari solusi penyebabnya.

### 6.8 Kesimpulan

Kesimpulan diperoleh berdasarkan analisis hasil praktikum yang mengacu pada capaian pembelajaran.

### 6.9 Referensi

Referensi yang digunakan dalam praktikum untuk membuat dasar teori dan menganalisis hasil praktikum.

### 6.10 Lampiran

Lampiran merupakan data pendukung untuk membuat laporan praktikum yang berisi data sementara pada saat setelah praktikum dilaksanakan dan/atau data *sheet* tambahan.



## BAB VII

### HUKUM KIRCHOFF DAN SUPERPOSISI

#### 7.1 capaian Pembelajaran

Setelah praktikum rangkaian hukum Kirchoff dan superposisi, mahasiswa akan mampu:

1. Menjelaskan cara kerja hukum Kirchoff dan superposisi,
2. Membuktikan kebenaran hukum Kirchoff dan superposisi, melalui perhitungan, simulasi *software*, dan pengukuran.
3. Membandingkan hasil perhitungan secara teori, simulasi *software* dan praktikum.

Praktikum dengan sub pokok bahasan hukum Kirchoff dan superposisi adalah mengetahui cara kerja dan membuktikan kebenaran hukum Kirchoff dan superposisi. Praktikum dilakukan melalui tiga tahap yaitu perhitungan, simulasi dengan *software* dan pengukuran hasil praktikum. Dari hasil ketiga tahapan tersebut mahasiswa dapat membandingkan nilai yang diperoleh dan dapat menyimpulkan penyebab terjadinya perbedaan nilai tersebut.

#### 7.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum, adalah sebagai berikut:

1. *Power supply* : 2 buah
2. Multimeter analog : 2 buah,
3. Multimeter digital : 2 buah,
4. Kabel *power supply* : 2 buah,
5. Kabel *banana to banana* : 6 buah,
6. Modul rangkaian hukum kirchoff dan superposisi : 1 buah,
7. *Software* simulasi (*multisim/lifewire*).

#### 7.3 Teori Dasar

##### 7.3.1 Hukum Ohm

Jika sebuah penghantar (resistansi atau hantaran) dilewati oleh sebuah arus maka pada kedua ujung penghantar tersebut akan terdapat beda potensial. Hukum Ohm menyatakan bahwa tegangan pada berbagai jenis bahan pengantar adalah

berbanding lurus dengan arus yang mengalir melalui bahan tersebut. Secara matematis dinyatakan:  $V = I.R$ .

### 7.3.2 Hukum Kirchoff I / *Kirchoff's Current Law (KCL)*

Hukum Kirchoff I menyatakan bahwa jumlah arus yang memasuki suatu percabangan atau *node* atau simpul sama dengan arus yang meninggalkan percabangan atau *node* atau simpul, dengan kata lain jumlah aljabar semua arus yang memasuki sebuah percabangan atau *node* atau simpul sama dengan nol. Secara matematis dinyatakan:  $\Sigma$  Arus pada satu titik percabangan = 0.

$$\Sigma \text{ Arus yang masuk percabangan} = \Sigma \text{ Arus yang keluar percabangan}$$

Hukum kirchoff I diilustrasikan bahwa arus yang mengalir sama dengan aliran sungai, dimana pada saat menemui percabangan maka aliran sungai tersebut akan terbagi sesuai proporsinya pada percabangan tersebut, artinya bahwa aliran sungai akan terbagi sesuai dengan jumlah percabangan yang ada, dimana tentunya jumlah debit air yang masuk akan sama dengan jumlah debit air yang keluar dari percabangan tersebut.

### 7.3.3 Hukum Kirchoff II / *Kirchoff's Voltage Law (KVL)*

Hukum Kirchoff II menyatakan bahwa jumlah tegangan pada suatu lintasan tertutup sama dengan nol, atau penjumlahan tegangan pada masing-masing komponen penyusunnya yang membentuk satu lintasan tertutup akan bernilai sama dengan nol. Secara matematis dinyatakan:  $\Sigma V = 0$

## 7.4 Gambar Rangkaian

Gambar 7.1 adalah rangkaian yang digunakan dalam praktikum.





**Gambar 7.1** Rangkaian hukum kirchoff dan superposisi

## 7.5 Prosedur Praktikum

Prosedur praktikum rangkaian hukum kirchoff dan superposisi, adalah sebagai berikut:

### 7.5.1 Hukum Kirchoff

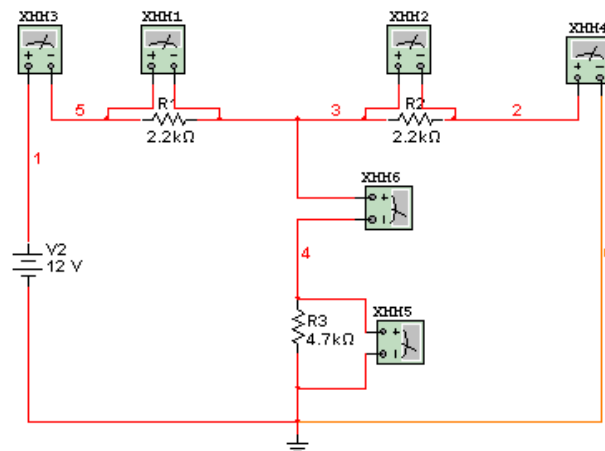
Prosedur praktikum rangkaian hukum kirchoff menggunakan Gambar 7.1.

- 1) Bahan dan alat disiapkan.
- 2) *Power supply* dihubungkan pada  $V_s$  (12 Volt) dan  $V_s$  (6 Volt).
- 3) Amperemeter dihubungkan dengan resistor secara seri untuk mengukur arus,  $A_1$  dihubungkan dengan  $R_1$ ,  $A_2$  dihubungkan dengan  $R_2$ ,  $A_3$  dihubungkan dengan  $R_3$ .
- 4) Voltmeter dihubungkan dengan resistor secara paralel untuk mengukur tegangan,  $V_1$  dihubungkan dengan  $R_1$ ,  $V_2$  dihubungkan dengan  $R_2$ ,  $V_3$  dihubungkan dengan  $R_3$ .
- 5) Nilai arus dan tegangan yang diukur dan dicatat dalam Tabel 7.1.

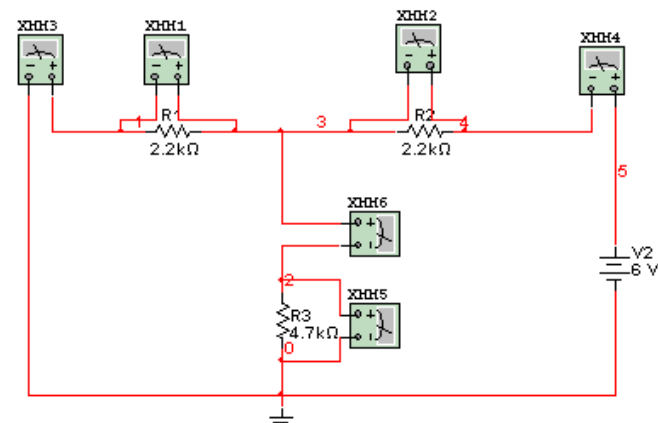
### 7.5.2 Superposisi

Prosedur praktikum rangkaian superposisi menggunakan Gambar 7.2.

- 1) Bahan dan alat disiapkan.
- 2) *Power supply* 1 dihubungkan dengan tegangan sumber ( $V_s = 12\text{ V}$ ) dan sumber tegangan 6 Volt di-dihilangkan pengaruhnya (Gambar 7.2a).
- 3) Tegangan ( $V$ ) dan arus ( $I$ ) diukur pada masing-masing resistor dan dicatat dalam Tabel 7.2.
- 4) *Power supply* 2 dihubungkan dengan tegangan sumber ( $V_s = 6\text{ V}$ ) dan tegangan sumber ( $V_s = 12\text{ V}$ ) di-dihilangkan pengaruhnya (Gambar 7.2b).
- 5) Tegangan ( $V$ ) dan arus ( $I$ ) diukur pada masing-masing resistor dan dicatat dalam Tabel 7.2.
- 6) Nilai  $V$  dan  $I$  dihitung pada masing-masing resistor dari rangkaian Gambar 7.2a dan Gambar 7.2b, dan dicatat dalam Tabel 7.2.
- 7) Nilai resistor masing-masing pada rangkaian superposisi dihitung menggunakan simulasi *software* (Gambar 7.2a dan Gambar 7.2b).



**Gambar 7.2a** Rangkaian pengukuran superposisi



**Gambar 7.2b** Rangkaian pengukuran superposisi

## 7.6 Tabel Hasil Praktikum

Hasil praktikum rangkaian Gambar 7.1 diisikan dalam Tabel 7.1 dan Gambar 7.2 diisikan dalam Tabel 7.2.

**Tabel 7.1** Hasil praktikum rangkaian hukum kirchoff

Perhitungan		Simulasi <i>software</i>		Pengukuran	
Tegangan (V)	Arus (mA)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Tegangan (V)	Arus (mA)
$V_{R1} =$	$I_{R1} =$	$V_{R1} =$	$I_{R1} =$	$V_{R1} =$	$I_{R1} =$
$V_{R2} =$	$I_{R2} =$	$V_{R2} =$	$I_{R2} =$	$V_{R2} =$	$I_{R2} =$
$V_{R3} =$	$I_{R3} =$	$V_{R3} =$	$I_{R3} =$	$V_{R3} =$	$I_{R3} =$



**Tabel 7.2** Hasil praktikum rangkaian superposisi

Perhitungan					
Tegangan (Volt)			Arus (mA)		
Rangkaian a	Rangkaian b	Total Tegangan	Rangkaian a	Rangkaian b	Total Arus
$V_{R1} =$	$V_{R1} =$		$I_{R1} =$	$I_{R1} =$	
$V_{R2} =$	$V_{R2} =$		$I_{R2} =$	$I_{R2} =$	
$V_{R3} =$	$V_{R3} =$		$I_{R3} =$	$I_{R3} =$	
Simulasi <i>software</i>					
Tegangan (Volt)			Arus (mA)		
Rangkaian a	Rangkaian b	Total Tegangan	Rangkaian a	Rangkaian b	Total Arus
$V_{R1} =$	$V_{R1} =$		$I_{R1} =$	$I_{R1} =$	
$V_{R2} =$	$V_{R2} =$		$I_{R2} =$	$I_{R2} =$	
$V_{R3} =$	$V_{R3} =$		$I_{R3} =$	$I_{R3} =$	
Pengukuran					
Tegangan (Volt)			Arus (mA)		
Rangkaian a	Rangkaian b	Total Tegangan	Rangkaian a	Rangkaian b	Total Arus
$V_{R1} =$	$V_{R1} =$		$I_{R1} =$	$I_{R1} =$	
$V_{R2} =$	$V_{R2} =$		$I_{R2} =$	$I_{R2} =$	
$V_{R3} =$	$V_{R3} =$		$I_{R3} =$	$I_{R3} =$	

## 7.7 Analisis Hasil Praktikum

Analisis hasil praktikum dibuat berdasarkan pada capaian pembelajaran sub bahasan (7.1). Tabel 7.1 adalah hasil praktikum berupa nilai tegangan dan arus pada masing-masing resistor menggunakan hukum kirchoff. Tabel 7.2 adalah hasil praktikum berupa nilai tegangan dan arus pada masing-masing resistor menggunakan teorema superposisi. Analisis difokuskan pada perbedaan nilai tegangan dan arus pada masing-masing resistor hasil perhitungan, simulasi *software* dan pengukuran. Perbedaan nilai tersebut kemudian dianalisis dan dicari solusi penyebabnya.



### **7.8 Kesimpulan**

Kesimpulan diperoleh berdasarkan analisis hasil praktikum yang mengacu pada capaian pembelajaran.

### **7.9 Referensi**

Referensi yang digunakan dalam praktikum untuk membuat dasar teori dan menganalisis hasil praktikum.

### **7.10 Lampiran**

Lampiran merupakan data pendukung untuk membuat laporan praktikum yang berisi data sementara pada saat setelah praktikum dilaksanakan dan/atau data *sheet* tambahan.



## BAB VIII

# TEOREMA THEVENIN DAN NORTON

### 8.1 Capaian Pembelajaran

Setelah praktikum teorema thevenin dan norton, mahasiswa akan mampu:

1. Menjelaskan cara kerja teorema thevenin dan norton,
2. Membuktikan kebenaran teorema thevenin dan norton, melalui perhitungan, simulasi *software*, dan pengukuran.
3. Membandingkan hasil perhitungan secara teori, simulasi *software* dan praktikum.

Praktikum dengan sub pokok bahasan teorema thevenin dan norton adalah mengetahui cara kerja dan membuktikan kebenaran teorema thevenin dan norton. Praktikum dilakukan melalui tiga tahap yaitu perhitungan, simulasi dengan *software* dan pengukuran hasil praktikum. Dari hasil ketiga tahapan tersebut mahasiswa dapat membandingkan nilai yang diperoleh dan dapat menyimpulkan penyebab terjadinya perbedaan nilai tersebut.

### 8.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum, adalah sebagai berikut:

- |   |            |
|---|------------|
| 1. <i>Power supply</i>  | : 2 buah   |
| 2. Multimeter analog  | : 1 buah,  |
| 3. Multimeter digital   | : 2 buah,  |
| 4. <i>Plug</i>  | : 1 buah,  |
| 5. <i>Plug</i> kecil  | : 10 buah, |
| 6. Resistor (2,2 k $\Omega$ ; 4,7 k $\Omega$ ; 1 k $\Omega$ )     | : 1 buah,  |
| 7. Potensiometer 5 k $\Omega$                                     | : 1 buah,  |
| 8. Kabel <i>banana to banana</i>                                  | : 4 buah,  |
| 9. Modul rangkaian teorema thevenin dan norton/ <i>protoboard</i> | : 1 buah,  |
| 10. <i>Software</i> simulasi ( <i>multisim/lifewire</i> ).        |            |

### 8.3 Teori Dasar

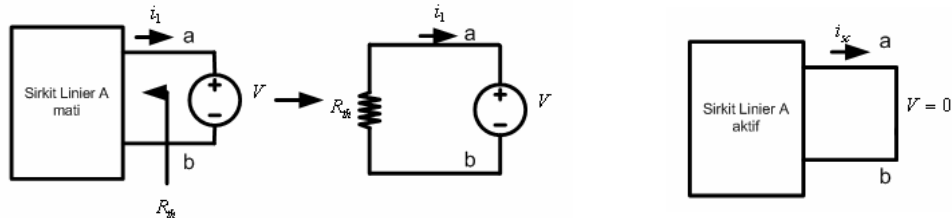
#### 8.3.1 Teorema Thevenin

Teorema Thevenin menyatakan, bahwa:

“Suatu rangkaian listrik dapat disederhanakan dengan hanya terdiri dari satu buah sumber tegangan yang dihubungkan dengan sebuah tahanan ekivalennya pada dua terminal yang diamati”.

Tujuan dari teorema tersebut adalah untuk menyederhanakan analisis rangkaian, yaitu membuat rangkaian pengganti pada sumber tegangan yang dihubungkan seri dengan suatu resistansi ekivalen. Dengan teorema substitusi dapat dilihat rangkaian sirkuit B dapat diganti dengan sumber tegangan yang bernilai sama saat arus melewati sirkuit B pada dua terminal yang diamati yaitu terminal a-b. Setelah diperoleh rangkaian substitusinya, maka dengan menggunakan teorema superposisi diperoleh bahwa:

- 1) Ketika sumber tegangan  $V$  aktif/bekerja maka rangkaian pada sirkuit linier A tidak aktif (semua sumber bebasnya mati diganti tahanan dalamnya), sehingga diperoleh nilai resistansi ekivalen, yang ditunjukkan dalam Gambar 8.1.
- 2) Ketika sirkuit linier A aktif/bekerja maka pada sumber tegangan bebas diganti dengan tahanan dalamnya yaitu nol atau rangkaian *short circuit*.



**Gambar 8.1** Rangkaian ekivalen teorema Thevenin

Resistansi pengganti ( $R_{th}$ ) diperoleh dengan cara mematikan atau menonaktifkan semua sumber bebas pada rangkaian linier A (untuk sumber tegangan tahanan dalamnya  $= 0$  atau rangkaian *short circuit* dan untuk sumber arus tahanan dalamnya  $= \infty$  atau rangkaian *open circuit*). Jika pada rangkaian tersebut terdapat sumber *dependent* atau sumber tak bebasnya, maka untuk memperoleh resistansi pengganti terlebih dahulu mencari arus hubung singkat (*isc*), sehingga nilai resistansi pengganti ( $R_{th}$ ) diperoleh dari nilai tegangan pada kedua terminal dalam kondisi *open circuit* dibagi nilai arus pada kedua terminal dalam kondisi *short circuit*.

Langkah-langkah penyelesaian rangkaian menggunakan teorema Thevenin:

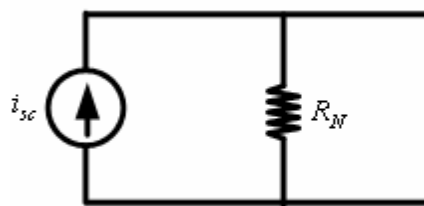
- 1) Titik terminal a-b ditentukan sebagai parameter yang ditanyakan.
- 2) Komponen pada titik a-b dilepas sehingga menjadi *open circuit*, selanjutnya pada terminal a-b hitung nilai tegangan antara titik a-b sebagai tegangan Thevenin ( $V_{ab} = V_{th}$ ).
- 3) Jika semua sumber adalah sumber bebas, maka nilai tahanan diukur pada titik a-b pada saat semua sumber di nonaktifkan dengan cara diganti dengan tahanan dalamnya (untuk sumber tegangan bebas diganti rangkaian *short circuit* dan untuk sumber arus bebas diganti dengan rangkaian *open circuit*) sehingga  $R_{ab} = R_{th}$ .
- 4) Jika terdapat sumber tak bebas, maka nilai tahanan pengganti Thevenin diperoleh dengan persamaan berikut:  $R_{th} = \frac{V_{th}}{I_{sc}}$
- 5) Untuk memperoleh nilai  $I_{sc}$  pada terminal titik a-b dengan cara dihubungkan singkat pada terminal titik a-b kemudian arus yang mengalir pada titik tersebut adalah sebagai  $I_{ab} = I_{sc}$ .
- 6) Rangkaian pengganti Thevenin digambar kembali, kemudian dipasang kembali komponen yang telah dilepas dan dihitung parameter yang ditanyakan.

### 8.3.2 Teorema Norton

Teorema Norton menyatakan bahwa:

*“Suatu rangkaian listrik dapat disederhanakan dengan hanya terdiri dari satu buah sumber arus yang dihubungkan paralelkan dengan sebuah tahanan ekivalennya pada dua terminal yang diamati”.*

Tujuan teorema Norton adalah untuk menyederhanakan analisis rangkaian, yaitu membuat rangkaian pengganti yang berupa sumber arus yang diparalel dengan suatu tahanan ekivalennya dan ditunjukkan dalam Gambar 8.2.



**Gambar 8.2** Rangkaian ekivalen teorema Norton

$$I = -\frac{V}{R_n} + I_{sc}$$

Langkah-langkah penyelesaian rangkaian menggunakan teorema Norton:

- 1) Titik terminal a-b ditentukan sebagai parameter yang ditanyakan.
- 2) Komponen pada titik a-b tersebut dilepas sehingga menjadi *short circuit*, selanjutnya pada terminal a-b dihitung nilai arus dititik a-b sebagai arus Norton ( $I_{ab} = I_{sc} = I_N$ ).
- 3) Jika semua sumber adalah sumber bebas, maka nilai tahanan diukur pada titik a-b pada saat semua sumber di non aktifkan dengan cara diganti dengan tahanan dalamnya (untuk sumber tegangan bebas diganti rangkaian *short circuit* dan untuk sumber arus bebas diganti dengan rangkaian *open circuit*) sehingga  $R_{ab} = R_N = R_{th}$ .
- 4) Jika terdapat sumber tak bebas, maka nilai tahanan pengganti Norton diperoleh dengan persamaan:  $R_n = \frac{V_{oc}}{I_n}$
- 5) Nilai tegangan *open circuit* ( $V_{oc}$ ) dihitung pada terminal titik a-b sebagai nilai tegangan pada titik tersebut ( $V_{ab} = V_{oc}$ ).
- 6) Rangkaian pengganti Norton digambar kembali, kemudian dipasang kembali komponen yang telah dilepas dan parameter yang ditanyakan dapat dihitung.

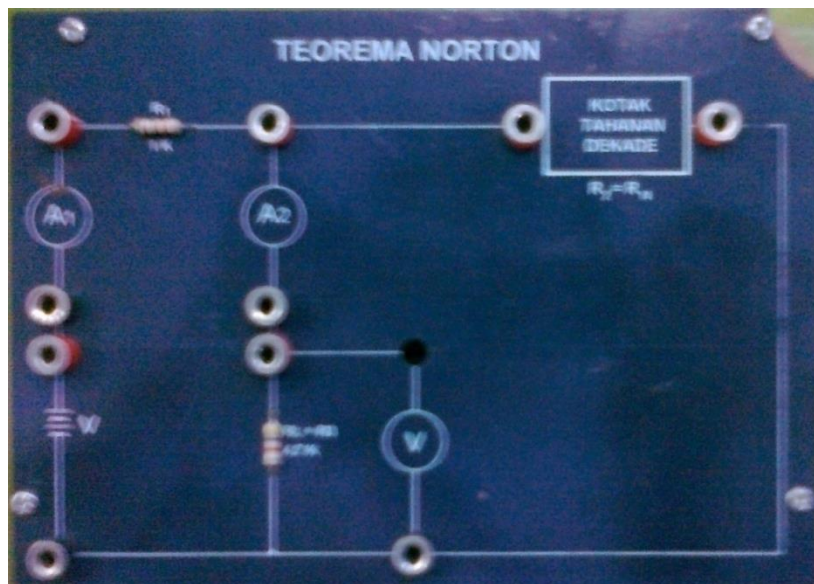
#### 8.4 Gambar Rangkaian

Rangkaian teorema Thevenin ditunjukkan dalam Gambar 8.3.



**Gambar 8.3** Rangkaian praktikum teorema Thevenin

Teorema Norton ditunjukkan dalam Gambar 8.4, dan teorema Thevenin dan Norton ditunjukkan dalam Gambar 8.5.



**Gambar 8.4** Rangkaian praktikum teorema Norton



**Gambar 8.5** Rangkaian praktikum teorema Thevenin dan Norton

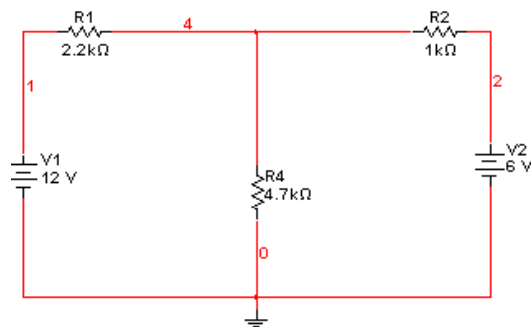
## 8.5 Prosedur Praktikum

### 8.5.1 Prosedur Praktikum Teorema Thevenin

- 1) Alat dan bahan disiapkan.

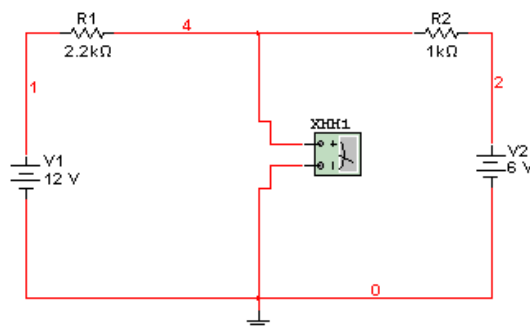


- 2) Modul rangkaian thevenin dan norton dihubungkan seperti dalam Gambar 8.6.



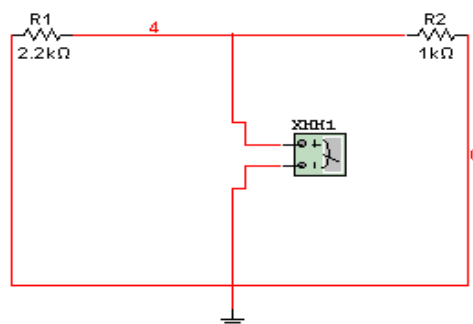
**Gambar 8.6** Modul rangkaian thevenin dan norton

- 3) *Power Supply* dihubungkan dengan sumber tegangan dengan nilai  $V_1 = 12$  V dan  $V_2 = 6$  V.
- 4) Tegangan thevenin ( $V_{th}$ ) diukur pada rangkaian, dengan cara melepas resistor  $4.7K\Omega$  dari rangkaian pada titik a-b, dan menghitung tegangan (V) pada titik tersebut, rangkaian ditunjukkan dalam Gambar 8.7.



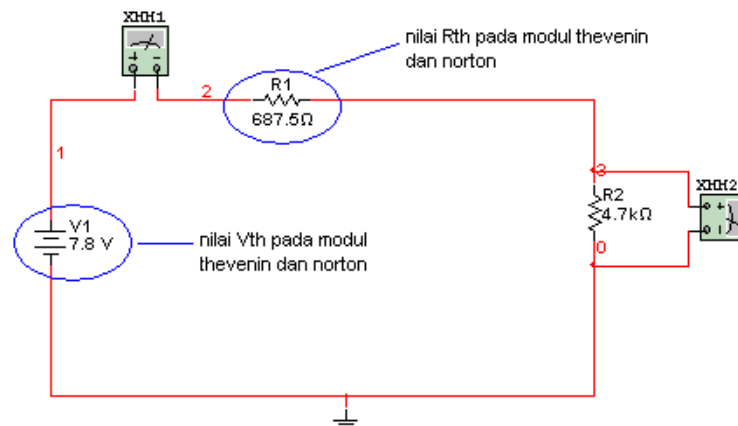
**Gambar 8.7** Modul rangkaian thevenin

- 5) Resistansi pengganti ( $R_{th}$ ) diukur pada rangkaian, dengan cara melepas dan menghubungkan-singkat semua sumber tegangan kemudian mengukur nilai R pada titik a-b, seperti dalam Gambar 8.8.



**Gambar 8.8** Rangkaian pengukuran  $R_{th}$

- 6) Modul Thevenin dan Norton dihubungkan ke modul Thevenin, ditunjukkan dalam Gambar 8.9.

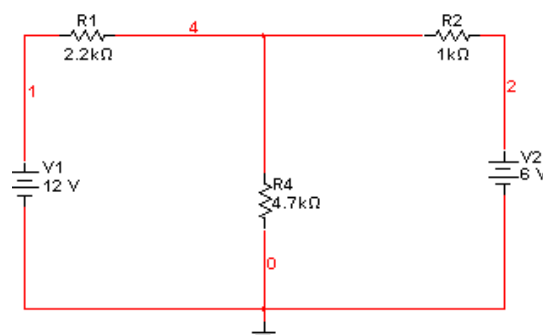


**Gambar 8.9** Rangkaian ekivalen thevenin

- 7) Berikutnya hasil pengukuran nilai  $I_{total}$ , dan  $V_{beban}$  diukur dan dicatat dalam Tabel 8.1.

### 8.5.2 Prosedur Praktikum Teorema Norton

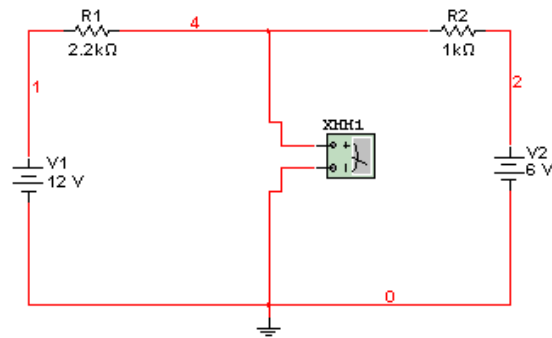
- 1) Alat dan bahan disiapkan.
- 2) Modul rangkaian thevenin dan norton dihubungkan seperti dalam Gambar 8.10.



**Gambar 8.10** Modul rangkaian thevenin dan norton

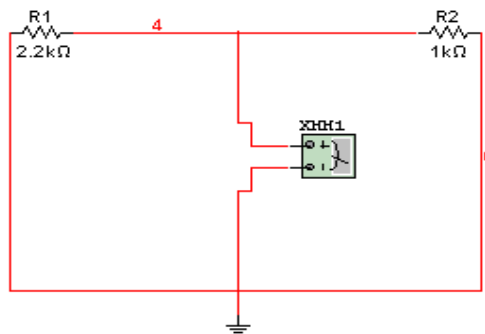
- 3) *Power supply* diatur sehingga sumber tegangan  $V_1 = 12\text{ V}$  dan  $V_2 = 6\text{ V}$ .
- 4)  $I_n$  diukur pada rangkaian (Gambar 8.11), dengan cara resistor  $4.7\text{ K}\Omega$  dilepas dari rangkaian pada titik a-b, dan tegangan  $V$  diukur pada titik a-b.





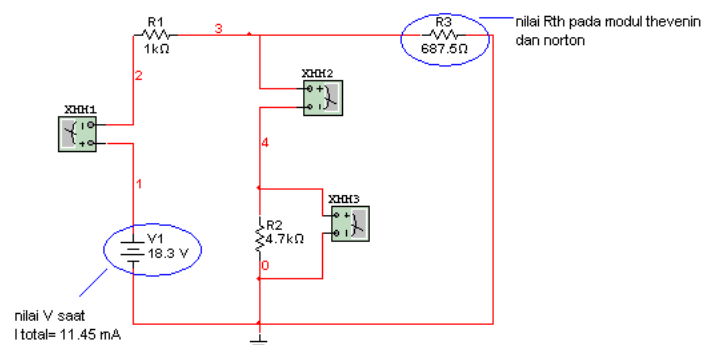
**Gambar 8.11** Rangkaian pengukuran  $I_N$

- 5)  $R_N$  diukur pada rangkaian (Gambar 8.12), dengan cara semua sumber tegangan dilepas dan di-short kemudian nilai  $R$  pada titik a-b diukur sebagai  $R_N$ .



**Gambar 8.12** Rangkaian pengukuran  $R_N$

- 6) Kemudian modul Thevenin dan Norton dihubungkan ke modul Norton, ditunjukkan dalam Gambar 8.13.



**Gambar 8.13** Rangkaian Norton

- 7) Berikutnya hasil pengukuran nilai  $I_{\text{beban}}$ ,  $I_N$  dan  $V_{\text{beban}}$  diukur dan dicatat dalam Tabel 8.2.



## 8.6 Tabel Hasil Praktikum

Hasil praktikum teorema Thevenin diisikan dalam Tabel 8.1 (a,b dan c)  
dan teorema Norton diisikan dalam Tabel 8.2 (a,b dan c).

**Tabel 8.1a** Hasil perhitungan teorema Thevenin

Sebelum		$V_{th}$ (V)	$R_{th}$ ( $\Omega$ )	Sesudah		Skala		
$V_3$ (V)	$I_3$ (mA)			$V_3$ (V)	$I_3$ (mA)	DCV	DCA	( $\Omega$ )

**Tabel 8.1b** Hasil simulasi *software* (*multisim/live wire*) teorema Thevenin

Sebelum		$V_{th}$ (V)	$R_{th}$ ( $\Omega$ )	Sesudah		Skala		
$V_3$ (V)	$I_3$ (mA)			$V_3$ (V)	$I_3$ (mA)	DCV	DCA	( $\Omega$ )

**Tabel 8.1c** Hasil pengukuran teorema Thevenin

Sebelum		$V_{th}$ (V)	$R_{th}$ ( $\Omega$ )	Sesudah		Skala		
$V_3$ (V)	$I_3$ (mA)			$V_3$ (V)	$I_3$ (mA)	DCV	DCA	( $\Omega$ )

**Tabel 8.2a** Hasil perhitungan teorema Norton

Sebelum		$I_n$ (mA)	$R_{th}$ ( $\Omega$ )	Sesudah		Skala		
$V_3$ (V)	$I_3$ (mA)			$V_3$ (V)	$I_3$ (mA)	DCV	DCA	( $\Omega$ )

**Tabel 8.2b** Hasil simulasi *software* (*multisim/live wire*) teorema Norton

Sebelum		$I_n$ (mA)	$R_{th}$ ( $\Omega$ )	Sesudah		Skala		
$V_3$ (V)	$I_3$ (mA)			$V_3$ (V)	$I_3$ (mA)	DCV	DCA	( $\Omega$ )

**Tabel 8.2c** Hasil pengukuran teorema Norton

Sebelum		$I_n$ (mA)	$R_{th}$ ( $\Omega$ )	Sesudah		Skala		
$V_3$ (V)	$I_3$ (mA)			$V_3$ (V)	$I_3$ (mA)	DCV	DCA	( $\Omega$ )

### **8.7 Analisis Hasil Praktikum**

Analisis hasil praktikum dibuat berdasarkan pada capaian pembelajaran sub bahasan (8.1). Tabel 8.1 (a,b dan c) adalah hasil praktikum berupa nilai tegangan dan arus pada resistor beban ( $R_3$ ) menggunakan teorema Thevenin. Tabel 8.2 (a,b dan c) adalah hasil praktikum berupa nilai tegangan dan arus pada resistor beban ( $R_3$ ) menggunakan teorema Norton. Analisis difokuskan pada perbedaan nilai tegangan dan arus pada masing-masing resistor hasil perhitungan, simulasi *software* dan pengukuran. Perbedaan nilai tersebut kemudian dianalisis dan dicari solusi penyebabnya.

### **8.8 Kesimpulan**

Kesimpulan diperoleh berdasarkan analisis hasil praktikum yang mengacu pada capaian pembelajaran.

### **8.9 Referensi**

Referensi yang digunakan dalam praktikum untuk membuat dasar teori dan menganalisis hasil praktikum.

### **8.10 Lampiran**

Lampiran merupakan data pendukung untuk membuat laporan praktikum yang berisi data sementara pada saat setelah praktikum dilaksanakan dan/atau data *sheet* tambahan.



## BAB IX RANGKAIAN RLC

### 9.1 Capaian Pembelajaran

Setelah praktikum rangkaian RLC, mahasiswa akan mampu:

1. Menjelaskan karakteristik rangkaian seri RC dan RL,
2. Menjelaskan cara praktikum rangkaian seri RC dan RL,
3. Menjelaskan cara praktikum kapasitansi dan reaktansi kapasitif,
4. Membandingkan hasil perhitungan secara teori, simulasi *software* dan pengukuran praktikum.

Praktikum dengan sub pokok bahasan rangkaian RLC adalah mengetahui cara kerja dan karakteristik rangkaian RLC. Praktikum dilakukan melalui tiga tahap yaitu perhitungan, simulasi dengan *software* dan pengukuran hasil praktikum. Dari hasil ketiga tahapan tersebut mahasiswa dapat membandingkan nilai yang diperoleh dan dapat menyimpulkan penyebab terjadinya perbedaan nilai tersebut.

### 9.2 Alat dan Bahan

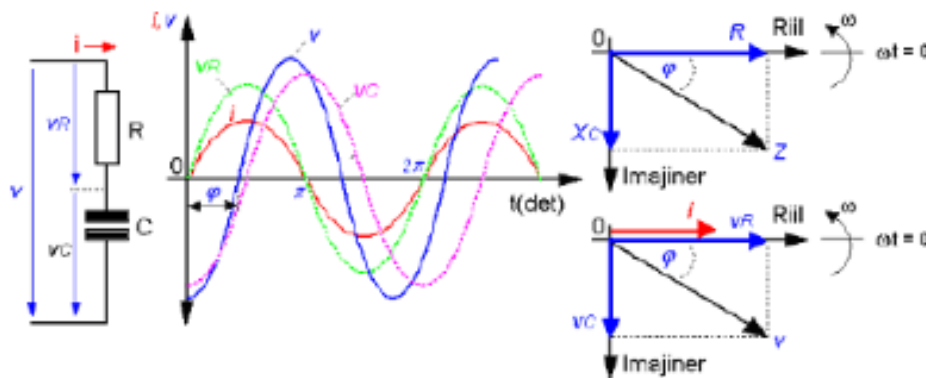
Alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum, adalah sebagai berikut:

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. <i>Oscilloscope</i>                                      | : 1 buah, |
| 2. Multimeter analog  | : 1 buah, |
| 3. Multimeter digital                                       | : 1 buah, |
| 4. <i>Plug</i>  | : 2 buah, |
| 5. Generator fungsi   | : 1 buah, |
| 6. Kabel BNC to <i>banana</i>                               | : 2 buah, |
| 7. Kabel BNC to BNC   | : 1 buah, |
| 8. Kabel <i>banana to banana</i>                            | : 6 buah, |
| 9. T-connector  | : 1 buah, |
| 10. Modul rangkaian teorema RLC                             | : 1 buah, |
| 11. <i>Software</i> simulasi ( <i>multisim/life wire</i> ). |           |

### 9.3 Teori Dasar

### 9.3.1 Rangkaian R-C Seri

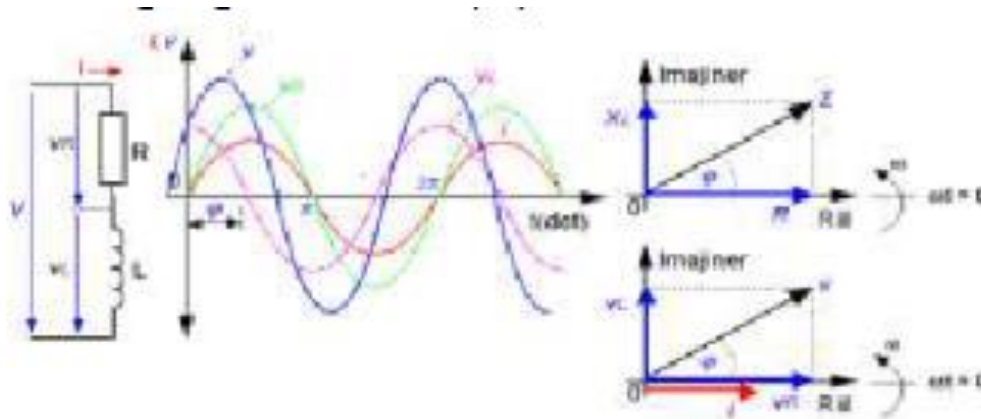
Rangkaian R-C seri adalah suatu rangkaian yang terdiri dari sebuah resistor dan sebuah kapasitor yang dihubungkan secara seri dengan sumber tegangan bolak-balik sinusioda, yang menyebabkan terjadinya pembagian tegangan secara vektoris. Arus ( $i$ ) yang mengalir pada rangkaian hubungan seri adalah sama besar. Arus ( $i$ ) mendahului  $90^\circ$  terhadap tegangan pada kapasitor ( $V_C$ ). Tidak terjadi perbedaan fasa antara tegangan jatuh pada resistor ( $V_R$ ) dan arus ( $i$ ). Gambar 9.1 memperlihatkan rangkaian seri R-C dan hubungan arus ( $i$ ), tegangan resistor ( $V_R$ ) dan tegangan kapasitor ( $V_C$ ) secara vektoris.



**Gambar 9.1** Rangkaian RC Seri

### 9.3.2 Rangkaian R-L Seri

Rangkaian R-L seri adalah suatu rangkaian yang terdiri dari sebuah resistor dan sebuah induktor yang dihubungkan secara seri dengan sumber tegangan bolak-balik sinusioda yang menyebabkan terjadinya pembagian tegangan secara vektoris. Arus ( $i$ ) yang mengalir pada hubungan seri adalah sama besar. Arus ( $i$ ) tertinggal  $90^\circ$  terhadap tegangan inductor ( $V_L$ ). Tidak terjadi perbedaan fasa antara tegangan jatuh pada resistor ( $V_R$ ) dan arus ( $i$ ). Gambar 9.2 memperlihatkan rangkaian seri R-L dan hubungan arus ( $i$ ), tegangan resistor ( $V_R$ ) dan tegangan induktor ( $V_L$ ) secara vektoris.



**Gambar 9.2** Rangkaian R-L Seri

Arus yang melalui reaktansi kapasitif ( $X_C$ ) dan resistansi ( $R$ ) adalah sama yaitu:  $i = i_m \sin \omega t$ . Tegangan efektif ( $V$ ) =  $i \cdot R$  berada sefasa dengan arus. Tegangan reaktansi kapasitif ( $V_C$ ) =  $i \cdot X_C$  tertinggal  $90^\circ$  terhadap arus. Tegangan gabungan vektor ( $V$ ) adalah jumlah nilai sesaat dari ( $V_R$ ) dan ( $V_C$ ), dimana tegangan tersebut juga tertinggal sebesar  $\theta$  terhadap arus ( $i$ ). Dalam diagram fasor, yaitu arus bersama untuk resistor ( $R$ ) dan reaktansi kapasitif ( $X_C$ ) diletakkan pada garis  $t = 0$ . Fasor tegangan resistor ( $V_R$ ) berada sefasa dengan arus ( $i$ ), fasor tegangan kapasitor ( $V_C$ ) tertinggal  $90^\circ$  terhadap arus ( $i$ ). Tegangan gabungan vektor ( $V$ ) adalah diagonal persegi panjang antara tegangan kapasitor ( $V_C$ ) dan tegangan resistor ( $V_R$ ). Perbedaan sudut antara tegangan ( $V$ ) dan arus ( $i$ ) merupakan sudut beda fasa ( $\theta$ ).

Tegangan jatuh pada resistor dan kapasitor terjadi perbedaan fasa, sehingga hubungan tegangan ( $V$ ) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

Hubungan tegangan sumber bolak-balik dan arus yang mengalir pada rangkaian menentukan besarnya impedansi ( $Z$ ) secara keseluruhan dari rangkaian, yang dinyatakan persamaan berikut:

$$Z = \frac{V}{i}$$

Nilai besarnya perbedaan sudut ( $\theta$ ) antara resistor ( $R$ ) terhadap impedansi ( $Z$ ) adalah:

$$R = Z \cos \theta$$

Nilai besarnya sudut antara kapasitansi ( $X_C$ ) terhadap impedansi ( $Z$ ) adalah:

$$X_c = Z \sin \theta$$

Nilai besarnya sudut  $\theta$  antara tegangan ( $V_c$ ) terhadap tegangan ( $V_R$ ) adalah:

$$\tan \theta = \frac{V_c}{V_R}$$

Nilai besarnya sudut  $\theta$  antara reaktansi kapasitif ( $X_c$ ) terhadap resistor ( $R$ ) adalah:

$$\tan \theta = \frac{X_c}{R}$$

Jika nilai reaktansi kapasitif ( $X_c$ ) dan resistansi ( $R$ ) diketahui maka nilai resistansi gabungan (impedansi) dapat dijumlahkan secara vektor dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

Dengan:  $Z$  = impedansi dalam ( $\Omega$ )

$X_c$  = reaktansi kapasitif ( $\Omega$ )

#### 9.4 Gambar Rangkaian

Gambar 9.3 adalah praktikum karakteristik rangkaian seri RC dan RL, Gambar 9.4 adalah rangkaian kapasitansi dan reaktansi kapasitif.



**Gambar 9.3** Praktikum karakteristik rangkaian seri RC dan RL



**Gambar 9.4** Rangkaian kapasitansi dan reaktansi kapasitif

## 9.5 Prosedur Praktikum

Prosedur praktikum Karakteristik Rangkaian Seri RC dan RL:

1. Modul praktikum Karakteristik Rangkaian Seri RC dan RL disiapkan.
2. Osiloskop dikalibrasi dan tegangan sumber diatur pada generator fungsi sebesar 5 Vpp, sinyal *input* berupa sinusoida dengan frekuensi sebesar 1kHz.
3. Sinyal input berupa sinyal AC dari generator fungsi dihubungkan ke tegangan sumber ( $V_s$ ) pada modul.
4. Kutub positif dihubungkan dengan kapasitor secara seri dan kutub negatif dihubungkan dengan  $R_1$  ( $3.3\text{ k}\Omega$ ) menggunakan kabel *banana to banana*.
5. Gambar sinyal keluaran berupa tegangan diamati dengan osiloskop pada tiap-tiap komponen tersebut, kanal pertama merupakan keluaran dari resistor dan kanal kedua merupakan keluaran dari kapasitor.
6. Gambar sinyal hasil pengukuran dilihat pada osiloskop, kemudian dihitung beda fasa dan dicatat dalam Tabel 9.1 hasil praktikum.
7. Langkah 4 sampai 6 diulangi untuk nilai resistor yang berbeda.
8. Setelah praktikum rangkaian kapasitor selesai dilakukan, selanjutnya langkah tersebut diulangi pada rangkaian induktor.
9. Hasil pengamatan dicatat dalam Tabel 9.1.



Prosedur praktikum rangkaian Kapasitansi dan Reaktansi Kapasitif:

1. Modul praktikum rangkaian kapasitansi dan reaktansi kapasitif disiapkan.
2. Osiloskop dikalibrasi dan diatur tegangan sumber pada generator fungsi sebesar 5 Vpp dengan frekuensi sebesar 1 kHz dan sinyal input berupa sinyal kotak.
3. Sinyal *input* berupa sinyal AC dari generator fungsi dihubungkan ke tegangan sumber ( $V_s$ ).
4. Sinyal keluaran berupa tegangan diamati pada masing-masing komponen dengan osiloskop, kanal pertama merupakan keluaran pada komponen resistor dan kanal kedua pada komponen kapasitor.
5. Hasil pengamatan dihitung beda fasanya dan dicatat dalam Tabel 9.2.
6. Pada praktikum ini juga mengukur beda fasa dengan kapasitor yang diubah-ubah.
7. Generator fungsi dihubungkan dengan tegangan 5 Vpp, frekuensi 1 kHz dan sinyal input berupa sinyal sinusoida.
8. Sinyal input AC dihubungkan ke tegangan sumber ( $V_s$ ) pada modul praktikum.
9. Kutub positif dihubungkan ke kapasitor pertama dan kutub negatif ke resistor, kemudian hasilnya diamati dengan osiloskop menggunakan kabel BNC *to banana*, kanal pertama merupakan komponen resistor dan kanal kedua merupakan komponen kapasitor.
10. Bentuk gelombang hasil pengukuran diamati pada osiloskop dan dihitung beda fasanya.
11. Langkah 9 sampai 10 diulangi untuk nilai kapasitor yang berbeda.
12. Hasil pengamatan diamati dan dicatat dalam Tabel 9.2.

## 9.6 Tabel Hasil Praktikum

Tabel 9.1 (a dan b) adalah tabel hasil praktikum untuk rangkaian seri RC dan RL dan Tabel 9.2 (a dan b) adalah tabel hasil praktikum untuk rangkaian kapasitansi dan reaktansi kapasitif.



**Tabel 9.1a** Hasil praktikum rangkaian seri RC

Parameter	Gambar sinyal hasil teori	Gambar Sinyal hasil simulasi <i>software</i>	Gambar Sinyal hasil praktikum dan skala
$V_s = 5 \text{ Vpp}; f=1\text{kHz}$			
Sinyal $V_s$ terhadap $V_C$			
Sinyal $V_s$ terhadap $V_{R1}$			
Sinyal $V_s$ terhadap $V_{R2}$			
Sinyal $V_s$ terhadap $V_{R3}$			
Sinyal $V_s$ terhadap $V_{R4}$			
Sinyal $V_C$ terhadap $V_{R1}$			
Sinyal $V_C$ terhadap $V_{R2}$			
Sinyal $V_C$ terhadap $V_{R3}$			
Sinyal $V_C$ terhadap $V_{R4}$			

**Tabel 9.1b** Hasil praktikum rangkaian seri RL

Parameter	Gambar sinyal hasil teori	Gambar Sinyal hasil simulasi <i>software</i>	Gambar Sinyal hasil praktikum dan skala
$V_s = 5 \text{ Vpp}; f=1\text{kHz}$			
Sinyal $V_s$ terhadap $V_L$			
Sinyal $V_s$ terhadap $V_{R1}$			
Sinyal $V_s$ terhadap $V_{R2}$			
Sinyal $V_s$ terhadap $V_{R3}$			
Sinyal $V_s$ terhadap $V_{R4}$			
Sinyal $V_L$ terhadap $V_{R1}$			
Sinyal $V_L$ terhadap $V_{R2}$			
Sinyal $V_L$ terhadap $V_{R3}$			
Sinyal $V_L$ terhadap $V_{R4}$			

**Tabel 9.2a** Hasil praktikum rangkaian kapasitansi dan reaktansi kapasitif

Parameter	Gambar sinyal hasil teori	Gambar Sinyal hasil simulasi <i>software</i>	Gambar Sinyal hasil praktikum dan skala
$V_s = 5 \text{ Vpp}; f = 1\text{kHz}$			
Sinyal $V_s$ terhadap $V_R$			
Sinyal $V_s$ terhadap $V_C$			
Sinyal $V_R$ terhadap $V_C$			

**Tabel 9.2b** Tabel praktikum rangkaian kapasitansi dan reaktansi kapasitif

Parameter	Gambar sinyal hasil teori	Gambar Sinyal hasil simulasi <i>software</i>	Gambar Sinyal hasil praktikum
$V_s = 5 \text{ Vpp}; f = 1 \text{ kHz}$			
Sinyal $V_s$ terhadap $V_{C1}$			
Sinyal $V_s$ terhadap $V_{C2}$			
Sinyal $V_s$ terhadap $V_{C3}$			

### 9.7 Analisis Hasil Praktikum

Analisis hasil praktikum dibuat berdasarkan pada capaian pembelajaran sub bahasan (9.1). Tabel 9.1 (a dan b) adalah hasil praktikum berupa gambar sinyal rangkaian seri RC dan RL. Tabel 9.2 (a dan b) adalah hasil praktikum berupa sinyal rangkaian kapasitansi dan reaktansi kapasitif. Analisis difokuskan pada perbedaan fasa dan amplitudo sinyal tegangan AC pada masing-masing rangkaian. Hasil sinyal dibandingkan berdasarkan teori, simulasi *software* dan pengukuran. Perbedaan nilai tersebut kemudian dianalisis dan dicari solusi penyebabnya.

### 9.8 Kesimpulan

Kesimpulan diperoleh berdasarkan analisis hasil praktikum yang mengacu pada capaian pembelajaran.

### 9.9 Referensi

Referensi yang digunakan dalam praktikum untuk membuat dasar teori dan menganalisis hasil praktikum.

### 9.10 Lampiran

Lampiran merupakan data pendukung untuk membuat laporan praktikum yang berisi data sementara pada saat setelah praktikum dilaksanakan dan/atau data *sheet* tambahan.



## REFERENSI

- Abisabrina. 2010. *Cara Menggunakan Multimeter*, (Online), (<http://abisabrina.wordpress.com>), diakses 12 Maret 2012
- Cara Menggunakan Multimeter Analog dan Digital*. (Online), (<http://ilmushoru.wordpress.com>), diakses 20 Maret 2012.
- Multimeter*. (Online), (<http://www.alatuji.com>), diakses 12 Maret 2012.
- Measuring-tools. multimeter-digital*. (Online), (<http://xlusi.com>), diakses 12 Maret 2012.
- Ramdhani, M. 2008. *Rangkaian Listrik*. Airlangga. Jakarta.