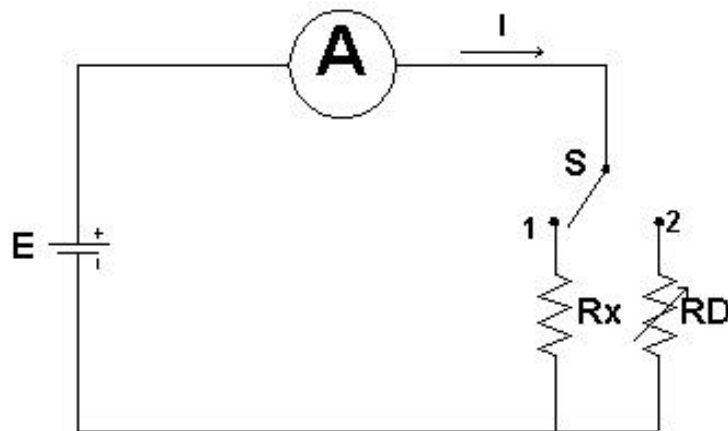




**TEKNIK PENGUKURAN  
LISTRIK**

**ELK-DAS.16  
20 JAM**



**Penyusun :**  
TIM FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

**DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN  
MENENGAH DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
EDISI 2001**

## KATA PENGANTAR

Modul dengan judul “**TEKNIK PENGUKURAN LISTRIK**” merupakan bahan ajar yang digunakan sebagai panduan praktikum peserta diklat (siswa) Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) untuk membentuk salah satu bagian dari kompetensi Penggunaan Alat Ukur Listrik pada Bidang Keahlian Teknik Elektro.

Materi modul mencakup mengukur tahanan besar dengan metode Volt-Ampere, mengukur tahanan kecil dengan metode Volt-Ampere, mengukur tahanan dengan metode jembatan, metode substitusi untuk mengukur tahanan besar, dan metode substitusi untuk mengukur tahanan kecil.

Modul ini terkait dengan modul lain yang membahas tentang simbol-simbol dan data teknis alat ukur listrik, memilih alat ukur listrik sehingga sebelum menggunakan modul ini siswa diwajibkan telah memahami penggunaan suatu alat ukur yang sesuai dengan batas ukurnya dan siswa juga mengetahui prinsip kerja dari alat ukur tersebut.

Yogyakarta, Nopember 2001

Penyusun,  
Tim Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

## DESKRIPSI JUDUL

Modul **Teknik Pengukuran Listrik** merupakan modul teori dan atau praktikum yang berisikan aplikasi dari suatu alat ukur, yaitu voltmeter dan amperemeter yang dikombinasikan dengan metode jembatan dan metode substansi untuk mengukur tahanan kecil dan tahanan besar .

Secara lengkap materi modul ini terdiri dari 5 kegiatan belajar yang meliputi mengukur tahanan besar dengan metode Volt-Ampere, mengukur tahanan kecil dengan metode Volt-Ampere, mengukur tahanan dengan metode jembatan, metode substitusi untuk mengukur tahanan besar, dan metode substitusi untuk mengukur tahanan kecil.

Dengan menguasai modul ini, maka peserta diklat akan mampu menguasai teknik-teknik pengukuran listrik yang dibahas dalam lima kegiatan belajar tersebut.

**PETA KEDUDUKAN MODUL**

## PRASYARAT

Untuk melaksanakan modul **TEKNIK PENGUKURAN LISTRIK** memerlukan kemampuan awal yang harus dimiliki peserta diklat, yaitu :

- Menguasai dan mengetahui berbagai macam simbol dari alat ukur listrik.
- Memahami prinsip kerja dari alat ukur listrik.
- Menguasai hukum Kirchoff, hukum Ohm.
- Mampu mengidentifikasi dari suatu alat ukur dan mampu memilih alat ukur tersebut untuk keperluan pengukuran sesuai dengan spesifikasinya dan karakteristiknya.
- Mampu membuat rangkaian listrik sederhana dengan menggunakan berbagai macam alat ukur listrik.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DESKRIPSI JUDUL .....	iii
PETA KEDUDUKAN MODUL .....	iv
PRASYARAT .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
PERISTILAHAN/ GLOSSARY .....	viii
PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL .....	ix
<b>TUJUAN</b> .....	<b>x</b>
1. Tujuan Akhir .....	x
2. Tujuan Antara .....	x
<b>KEGIATAN BELAJAR 1</b> .....	<b>1</b>
Lembar Informasi .....	1
Lembar Kerja .....	2
Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	2
Langkah Kerja .....	3
Lembar Latihan .....	4
<b>KEGIATAN BELAJAR 2</b> .....	<b>5</b>
Lembar Informasi .....	5
Lembar Kerja .....	6
Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	7
Langkah Kerja .....	7
Lembar Latihan .....	8
<b>KEGIATAN BELAJAR 3</b> .....	<b>9</b>
Lembar Informasi .....	9
Lembar Kerja .....	11

Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	12
Langkah Kerja .....	12
Lembar Latihan .....	13
<b>KEGIATAN BELAJAR 4 .....</b>	<b>15</b>
Lembar Informasi .....	15
Lembar Kerja .....	16
Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	16
Langkah Kerja .....	17
Lembar Latihan .....	18
<b>KEGIATAN BELAJAR 5 .....</b>	<b>19</b>
Lembar Informasi .....	19
Lembar Kerja .....	20
Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	20
Langkah Kerja .....	21
Lembar Latihan .....	22
<b>LEMBAR EVALUASI .....</b>	<b>23</b>
<b>LEMBAR KUNCI JAWABAN .....</b>	<b>25</b>
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 1 .....	25
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 2 .....	25
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 3 .....	26
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 4 .....	27
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 5 .....	27
Kunci Jawaban Lembar Evaluasi .....	28
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>30</b>

## **GLOSSARY / PERISTILAHAN**

*Pembebanan*, yaitu adanya arus yang terserap oleh beban atau hambatan yang mempengaruhi tegangan sumber.

*Decade Resistor*, yaitu salah satu resistor yang dapat diatur atau juga dapat juga disebut dengan Resistor Variabel.



## **PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL**

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan modul ini, antara lain :

1. Bacalah tujuan akhir dan tujuan antara dengan seksama.
2. Bacalah dengan seksama lembar informasi pada masing-masing kegiatan belajar.
3. Cermatilah setiap kebutuhan alat dan bahan yang diperlukan.
4. Jawablah pertanyaan pada lembar latihan pada masing-masing kegiatan belajar, cocokkan dengan kunci jawabannya yang telah tersedia pada lembar kunci jawaban.
5. Jawablah pertanyaan pada lembar pada evaluasi, cocokkan dengan kunci jawabannya yang telah tersedia pada lembar kunci jawaban.

## **TUJUAN**

### **1. Tujuan Akhir**

Setelah selesai melaksanakan kegiatan belajar peserta diklat diharapkan dapat :

- a. Menjelaskan teknik-teknik pengukuran listrik.
- b. Memilih teknik yang tepat dalam mengukur suatu besaran listrik.

### **2. Tujuan Antara**

Setelah selesai melaksanakan kegiatan belajar peserta diklat diharapkan dapat :

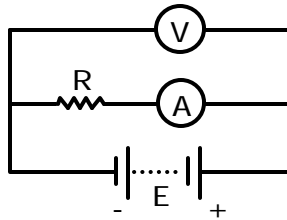
- a. Menjelaskan cara mengukur tahanan besar dengan metode Volt-Ampere.
- b. Menjelaskan cara mengukur tahanan kecil dengan metode Volt-Ampere.
- c. Menjelaskan cara mengukur tahanan dengan metode jembatan.
- d. Menjelaskan cara mengukur tahanan besar dengan metode substitusi.
- e. Menjelaskan cara mengukur tahanan kecil dengan metode substitusi.

## KEGIATAN BELAJAR I

### MENGUKUR TAHANAN BESAR DENGAN MENGGUNAKAN VOLT-AMPERE

#### Lembar Informasi

Gambar 1 di bawah memperlihatkan rangkaian untuk mengukur tahanan atau hambatan listrik dengan cara mengukur arus listrik yang mengalir pada tahanan listrik tersebut.



**Gambar 1. Mengukur Tahanan Besar Dengan Metode Volt-Ampere**

Pada rangkaian Gambar 1 diatas terlihat bahwa arus dan tegangan listrik diukur secara bersamaan. Hal ini untuk menghindari pembebanan sumber tegangan oleh sumber yang berlainan yang dapat menimbulkan kekeliruan pengukuran. Apabila arus listrik dan tegangan diukur sendiri-sendiri maka sumber akan menerima pembebanan yang berbeda. Tampak pula tahanan R dihubung seri dengan tahanan dalam amperemeter (RA), maka tegangan yang terukur voltmeter V adalah tegangan yang ada pada tahanan R dan tahanan dalam amperemeter RA. Amperemeter mengukur besarnya arus yang melewati tahanan R dan voltmeter mengukur tegangan sumber E, jika R lebih besar dari tahanan dalam amperemeter, kesalahan yang diakibatkan oleh penurunan tegangan pada amperemeter dapat diabaikan. Tegangan sumber E sangat mendekati tegangan R, karena penurunan tegangan pada RA sangat kecil. Dengan demikian rangkaian ini sangat cocok untuk mengukur tahanan-tahanan yang bernilai besar.

Menurut hukum OHM berlaku :

$$V = I.R + I.RA$$

$$R + RA = \frac{V}{I}$$

$$V = I(R + RA)$$

dimana  $V$  = tegangan sumber dalam satuan Volt

$R$  = tahanan yang diukur dalam satuan  $\Omega$

$RA$  = tahanan dalam amperemeter dalam satuan  $\Omega$

### Lembar Kerja

#### Alat dan Bahan

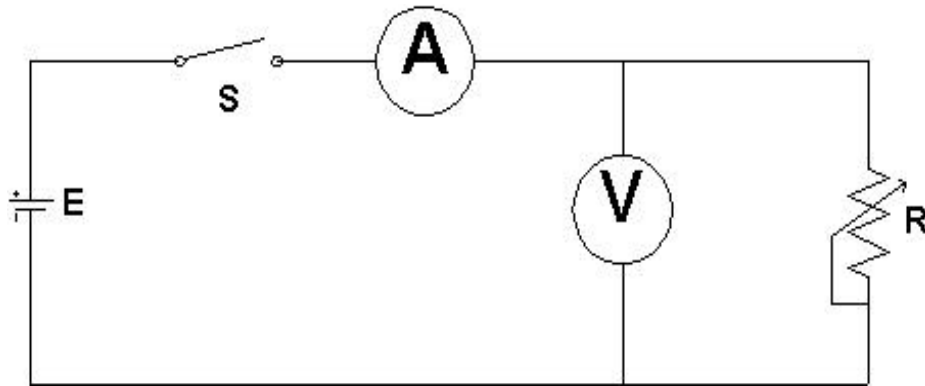
1. Amperemeter DC ..... 1 Buah
2. Voltmeter DC ..... 1 Buah
3. Ohmmeter ..... 1 Buah
4. Sumber tegangan DC ..... 1 Buah
5. Rheostat 10 K $\Omega$  ..... 1 Buah
6. Saklar kutub satu ..... 1 Buah
7. Kabel penghubung ..... secukupnya
8. Kotak terminal

#### Keselamatan dan Kesehatan Kerja

1. Letakkanlah peralatan pada posisi yang aman pada meja praktikum.
2. Dalam menghubungkan alat ukur jangan terbalik antara kutub positif dan negatif.
3. Aturilah posisi batas ukur sesuai dengan nilai yang akan diukur, untuk lebih amannya pada posisi batas ukur yang lebih besar.
4. Dalam membuat rangkaian biasakan membedakan warna kabel penghubung pada terminal positif dan negatif.
5. Pada awalnya sumber tegangan diatur 0 Volt dan saklar dalam keadaan terbuka.

### Langkah Kerja

1. Siapkanlah alat dan bahan yang dibutuhkan.
2. Rangkailah rangkaian percobaan seperti gambar dibawah.



Gambar 2. Pengukuran Rheostat Dengan Amper dan Voltmeter

3. Aturlah rheostat (tahanan variabel) pada posisi maksimum
4. Aturlah Voltmeter DC sebesar 10 Volt dan atur rheostat pada posisi 1 (orde  $K\Omega$ )
5. Tutuplah saklar S dan baca penunjukan amprometer dan Voltmeter kemudian catatlah hasilnya dan masukan pada tabel pengamatan.
6. Bukalah saklar S dan ukurlah tahanan rheostat dengan Ohmmeter dan catat hasilnya pada tabel pengamatan.
7. Aturlah rheostat pada posisi 2.
8. Ulangilah langkah nomor 5 sampai dengan nomor 7 untuk posisi rheostat sesuai pada tabel pengamatan.
9. Matikanlah sumber tegangan dan lepas semua rangkaian, kembalikan semua alat dan bahan.

Tabel1.Pengukuran tahanan besar dengan menggunakan Amperemeter dan Voltmeter

Posisi	Tegangan DC ( Volt)	Arus DC (mA)	R Hitungan (V/I)	R Pengukuran ( $\Omega$ )
1	10			
2	10			
3.	10			
4.	10			
5.	10			
6.	10			

#### Lembar Latihan

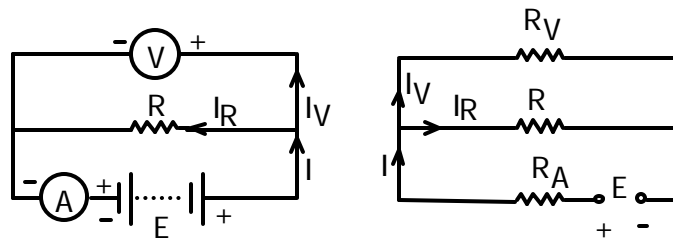
1. Gambarkanlah rangkaian untuk mengukur tahanan yang besar dengan metoda Volt-Ampere !
2. Apa gunanya arus dan tegangan diukur secara bersamaan ?
3. Bagaimana rumus untuk menghitung tahanan yang diukur dari rangkaian di atas
4. Mengapa tegangan dalam amperemeter dapat diabaikan ?

## KEGIATAN BELAJAR II

### MENGUKUR TAHANAN KECIL DENGAN MENGGUNAKAN VOLT-AMPERE

#### Lembar Informasi

Gambar di bawah memperlihatkan rangkaian untuk mengukur tahanan kecil dengan metode volt-ampere.



Gambar 3. Rangkaian Pengukur Tahanan dengan Metode Volt-Ampere

dimana :

- R : Tahanan yang diukur
- $R_V$  : Tahanan dalam Voltmeter
- $R_A$  : Tahanan dalam Amperemeter
- I : Arus yang terukur Amperemeter
- $I_R$  : Arus yang mengalir pada tahanan
- $I_V$  : Arus yang mengalir pada voltmeter

Rangkaian di atas voltmeter mengukur tegangan pada R dan amperemeter mengukur arus sumber E. Jika tahanan R harganya kecil dibandingkan dengan tahanan dalam voltmeter, arus yang mengalir melewati voltmeter sangat kecil disebabkan tahanan dalam voltmeter sangat besar, sehingga arus tersebut pengaruhnya sangat kecil dalam mengurangi besarnya arus sumber E, maka bisa diabaikan. Dengan demikian besarnya arus pada sumber E besarnya mendekati arus pada

tahanan R. Dengan demikian metode ini sangat cocok digunakan untuk mengukur tahanan kecil.

Menurut hukum OHM

$$IR = \frac{V}{R}$$

Menurut hukum Kirchoff

$$I = IR + I_v$$

$$I = \frac{V}{R} + I_v$$

$$R = \frac{V}{I - I_v}$$

$$I = \frac{V}{R_v // R}$$

Karena  $R_v // R$  ( $R_v$  sejajar  $R$ ) =  $(R_v \cdot R) / (R_v + R)$ , maka

$$I = \frac{V}{\frac{R_v \times R}{R_v + R}}$$

$$I = \frac{V \cdot R_v + V \cdot R}{R_v \cdot R}$$

$$I \cdot R_v \cdot R - V \cdot R = V \cdot R$$

$$(I \cdot R_v - V)R = V \cdot R_v$$

$$R = \frac{V \cdot R_v}{I \cdot R_v - V}$$

## Lembar Kerja

### Alat dan Bahan

1. Voltmeter DC ..... 1 buah
2. Miliamperemeter ..... 1 buah
3. Sumber tegangan DC variabel ..... 1 buah
4. Tahanan kecil (0,22Ω; 10 Ω; 22Ω; 33Ω; 47Ω , 56 Ω) ..... @1 buah



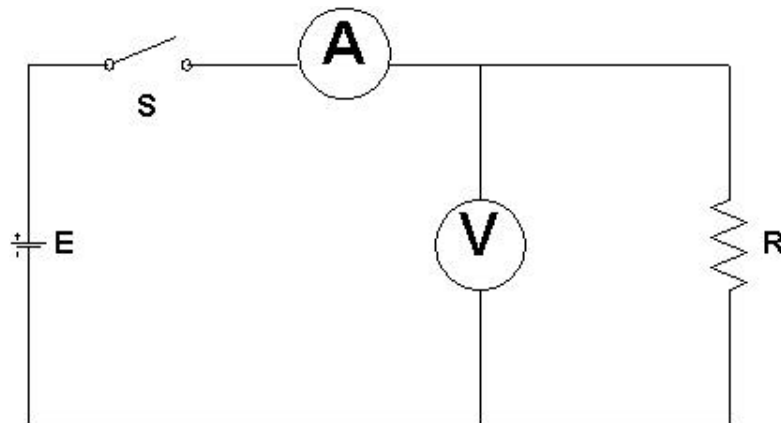
5. Saklar 1 kutub ..... 1 buah
6. Kabel penghubung secukupnya
7. Bok penghubung

**Keselamatan dan Kesehatan Kerja**

1. Letakkanlah peralatan pada posisi yang aman pada meja praktikum.
2. Dalam menghubungkan alat ukur jangan terbalik antara kutub positif dan negatif.
3. Aturilah posisi batas ukur sesuai dengan nilai yang akan diukur, untuk lebih amannya pada posisi batas ukur yang lebih besar.
4. Dalam membuat rangkaian biasakan membedakan warna kabel penghubung pada terminal positif dan negatif.
5. Pada awalnya sumber tegangan diatur 0 Volt dan saklar dalam keadaan terbuka.

**Langkah Kerja**

1. Siapkanlah alat dan bahan yang diperlukan
2. Buatlah rangkaian seperti gambar di bawah



Gambar 3. Pengukuran R dengan Volt Dan Ampereter

3. Pada awalnya saklar S dibuka, sumber tegangan DC diatur 0 Volt, dengan harga  $R = 0,22 \Omega$

4. Hubungkanlah saklar S dan aturlah sumber tegangan DC sedikit demi sedikit, sampai amperemeter menunjukkan angka seperti tertera dalam tabel pengamatan.
5. Amatilah dan catatlah angka penunjukan Voltmeter dan masukkan dalam tabel pengamatan.
6. Buka saklar S dan ganti tahanan 0,22  $\Omega$  dengan tahanan 10  $\Omega$  , lakukan seperti langkah 4 sampai dengan 5.
7. Ulangilah langkah untuk tahanan-tahanan yang lain sesuai pada tabel pengamatan.
8. Matikanlah sumber tegangan dan buka rangkaian, kembalikan semua alat dan bahan.

Tabel 2. Pengukuran tahanan dengan menggunakan Amperemeter dan Voltmeter

No	R ( $\Omega$ )	Arus (mA)	Tegangan (mV)	R Perhitungan ( $\Omega$ )
1	0,22	900		
2	10	600		
3	22	400		
4	33	300		
5	47	250		
6	56	200		

### Lembar Latihan

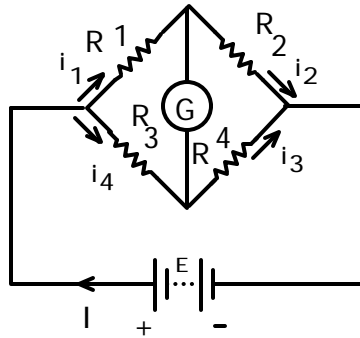
1. Jelaskan metode volt-ampere untuk mengukur tahanan yang kecil !

### KEGIATAN BELAJAR 3

#### Mengukur Tahanan Dengan Metode Jembatan

##### Lembar Informasi

Konsep dasar dari metode jembatan ini dikembangkan oleh Wheatstone, oleh karena itu sering disebut jembatan Wheatstone yang rangkaiannya diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Model Jembatan Wheatstone

Keterangan :

E : Sumber Tegangan DC

G : Galvanometer

R1 sampai dengan R4 : Tahanan

I : Arus yang keluar dari sumber

I1 sampai dengan I4 : Arus yang lewat masing-masing tahanan.

Menurut hukum Kirchoff tentang arus

$$I = I_1 + I_3 = I_2 + I_4$$

Menurut hukum Kirchoff tentang tegangan

$$V = VR_1 + VR_2 = VR_3 + VR_4$$

Pada keadaan seimbang tidak ada arus yang mengalir melalui Galvanometer, sehingga tidak ada perbedaan tegangan antara ujung-ujung Galvanometer, kalau ditulis rumusnya menjadi :

$$VR_1 = VR_3 \text{ dan } VR_2 = VR_4$$

$$I_1 = I_2 \text{ dan } I_3 = I_4$$

Menurut hukum Ohm

$$I_1 \cdot R_1 = I_3 \cdot R_3 \text{ dan } I_2 \cdot R_2 = I_4 \cdot R_4$$

$$\frac{VR_1}{R_1} = \frac{VR_2}{R_2} \text{ dan } \frac{VR_3}{R_3} = \frac{VR_4}{R_4}$$

atau

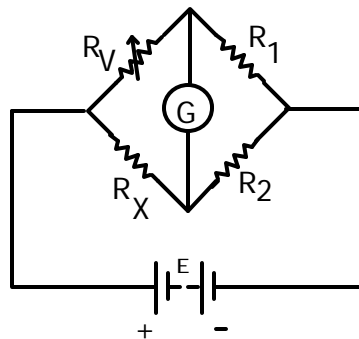
$$\frac{VR_1}{VR_2} = \frac{R_1}{R_2} \text{ dan } \frac{VR_3}{VR_4} = \frac{R_3}{R_4}$$

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

atau

$$R_1 \cdot R_4 = R_3 \cdot R_2$$

Dari persamaan yang terakhir di atas dapat digunakan untuk mengukur besarnya suatu tahanan bila ketiga tahanan lainnya sudah diketahui besarnya. Rangkaianya dapat diperlihatkan seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4. Ekuivalen Wheatstone

### Keterangan

R<sub>x</sub> : Tahanan yang diukur.

R<sub>v</sub> : Tahanan variabel.

R<sub>1</sub> dan R<sub>2</sub> : Tahanan yang sudah diketahui.

Untuk lebih mudahnya R<sub>1</sub> dan R<sub>2</sub> dibuat sama ukurannya sehingga perbandingannya sama dengan satu. Untuk mendapatkan keadaan seimbang, maka R<sub>v</sub> diatur sampai jarum Galvanometer menunjukkan nol, sehingga R<sub>x</sub> dapat dihitung dengan cara :

$$\frac{R_v}{R_x} = \frac{R_1}{R_2}, \quad \text{karena } R_1 \text{ dan } R_2 \text{ sama besar sehingga :}$$

$$\frac{R_v}{R_x} = 1, \quad \text{dimana } R_v \text{ diukur dengan Ohmmeter}$$

$$R_x = R_v$$

### Lembar Kerja

#### Alat dan Bahan

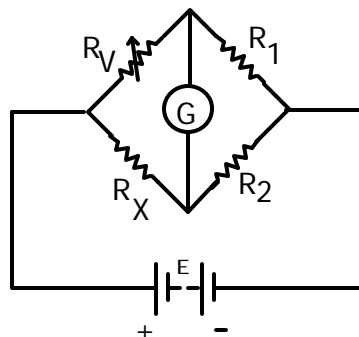
1. Galvanometer ..... 1 buah
2. Tahanan variabel 1 K $\Omega$ ..... 1 buah
3. Tahanan 50 $\Omega$  ..... 2 buah
4. Tahanan yang belum diketahui besarnya ..... 6 buah
5. Power supply DC variabel..... 1 buah
6. Saklar 1 kutub..... 1 buah
7. Kotak terminal ..... 1 buah
8. Kabel penghubung..... Secukupnya

### Keselamatan dan Kesehatan Kerja

1. Letakkanlah peralatan pada posisi yang aman pada meja praktikum.
2. Dalam menghubungkan alat ukur jangan terbalik antara kutub positif dan negatif.
3. Aturlah posisi batas ukur sesuai dengan nilai yang akan diukur, untuk lebih amannya pada posisi batas ukur yang lebih besar.
4. Dalam membuat rangkaian biasakanlah membedakan warna kabel penghubung pada terminal positif dan negatif.
5. Pada awalnya sumber tegangan diatur 0 Volt dan saklar dalam keadaan terbuka.

### Langkah Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan
2. Buatlah rangkaian seperti gambar di bawah, dimana  $R_1$  dan  $R_2$  masing-masing besarnya  $50 \Omega$



Gambar 5. Aplikasi Rangkaian dalam Percobaan

3. Hidupkanlah sumber tegangan E dan atur tegangan sampai 10 volt.
4. Aturilah tahanan  $R_v$  sedemikian rupa, sehingga Galvanometer menunjuk harga 0.
5. Matikanlah sumber tegangan E, lepasilah  $R_v$  dan ukurlah dengan Ohmmeter.
6. Catatlah pada tabel pengamatan.
7. Lepaskanlah  $R_{x1}$  ukurlah dengan ohmmeter, kemudian catatlah hasil pengamatan pada tabel pengamatan.
8. Gantilah  $R_{x1}$  dengan tahanan lainnya ( $R_{x2}$ ).
9. Hubungkanlah  $R_{x2}$  dan  $R_v$  ke rangkaian.
10. Ulangilah langkah 3 sampai dengan langkah 7 untuk harga  $R_x$  yang berlainan ( $R_{x3}$ ,  $R_{x4}$ ,  $R_{x5}$ , dan  $R_{x6}$ ).
11. Lepaskanlah semua rangkaian dan kembalikan semua alat dan bahan ke tempat semula dengan rapi.

Tabel 3. Percobaan Mengukur Tahanan Dengan Metode Jembatan

No	Tegangan (Volt)	$R_1 = R_2$ ( $\Omega$ )	$R_v$ ( $\Omega$ )	$R_x$ Pengukuran ( $\Omega$ )	$R_x$ Perhitungan ( $\Omega$ )
1	10	50			
2	10	50			
3	10	50			
4	10	50			
5	10	50			
6	10	50			

#### Lembar Latihan

1. Jelaskan metode volt-ampere untuk mengukur tahanan yang besar!

2. Tulislah rumus untuk mencari besarnya  $R_x$  yang belum diketahui !
3. Bagaimana caranya untuk mendapatkan keseimbangan pada rangkaian jembatan?
4. Hukum apa saja yang dapat digunakan untuk menghitung pada rangkaian jembatan ?

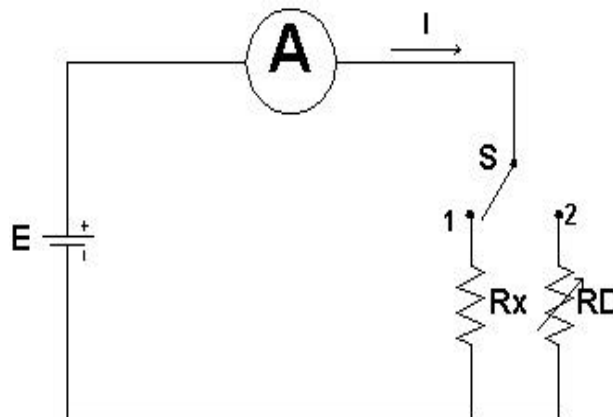


## KEGIATAN BELAJAR IV

### METODA SUBSTITUSI UNTUK MENGUKUR TAHANAN BESAR

#### Lembar Informasi

Rangkaian untuk mengukur tahanan yang besar dengan metode substitusi dapat diperlihatkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 6. Metode Substitusi untuk Mengukur Tahanan Besar

Keterangan :

$E$  : Sumber tegangan DC.

$A$  : Amperemeter DC.

$R_x$  : Tahanan yang diukur.

$R_D$  : Decade Resistor.

$S$  : Saklar SPDT.

Apabila saklar  $S$  pada posisi 1, maka Amperemeter mengukur arus yang lewat  $R_x$ , sedangkan pada posisi 2. Amperemeter mengukur kuat arus yang lewat  $R_D$ . Decade resistor  $R_D$  diatur sedemikian rupa sehingga penunjukkan Amperemeter sama dengan pada saklar posisi 1. Dalam hal ini  $R_x = R_D$ , besarnya  $R_D$  sudah diketahui, jadi besarnya  $R_x$  pun dapat diketahui.

Rangkaian di atas menggunakan sumber tegangan DC, maksudnya adalah sumber tenaga listrik yang mempunyai impedansi dalam sangat kecil dibandingkan impedansi beban. Dengan demikian sumber akan menghasilkan tegangan beban yang relatif konstan/tetap bila beban berubah-ubah.

Rangkaian di atas dilakukan pengukuran arus pada RA (tahanan dalam amperemeter) dan RD. Apabila RD diubah-ubah variasi arus akan semakin besar, karena harga RA lebih kecil dari pada RD. Harga RD dapat diatur dengan cermat pada kuat arus tertentu, oleh karena itu rangkaian di atas diterapkan untuk mengukur Rx yang berharga relatif besar. Yang perlu diperhatikan adalah harus dipilih decade resistor yang presisi, disamping itu alat ukurnya harus cukup peka dalam menampilkan perubahan RD. Sumber tegangan DC haruslah konstan selama pengukuran dilakukan. Dalam metode substitusi ini dapat digunakan alat ukur listrik yang belum dikalibrasi, karena metode ini mengutamakan penyimpangan jarum penunjuk meter pada posisi yang sama.

### **Lembar Kerja**

#### **Alat dan Bahan**

1. Amperemeter DC ..... 1 buah
2. Saklar SPDT(dua posisi) ..... 1 buah
3. Sumber Tegangan DC variabel..... 1 buah
4. Decade Resistor ..... 1 buah
5. Tahanan tetap berbagai ukuran dengan daya minimal 5 watt
6. Kabel penghubung .....secukupnya
7. Kotak terminal ..... 1 buah

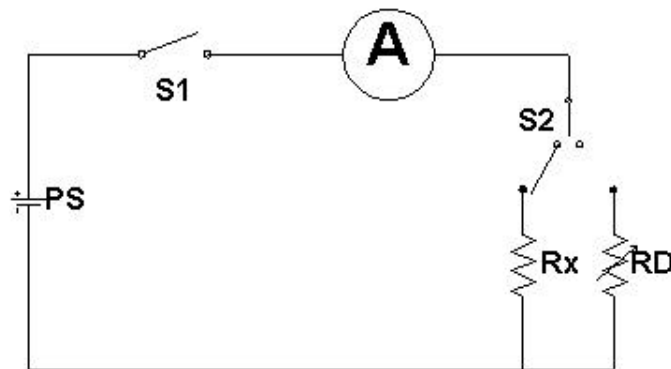
#### **Keselamatan dan Kesehatan Kerja**

1. Letakkanlah peralatan pada posisi yang aman pada meja praktikum.

2. Dalam menghubungkan alat ukur jangan terbalik antara kutub positif dan negatif.
3. Aturilah posisi batas ukur sesuai dengan nilai yang akan diukur, untuk lebih amannya pada posisi batas ukur yang lebih besar.
4. Dalam membuat rangkaian biasanya membedakan warna kabel penghubung pada terminal positif dan negatif.
5. Pada awalnya sumber tegangan diatur 0 Volt dan saklar dalam keadaan terbuka.

### Langkah Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan
2. Buatlah rangkaian seperti gambar di bawah



Gambar 7. Aplikasi Rangkaian dalam Percobaan

3. Tutuplah saklar S1, saklar S2 pada posisi 1, aturlah sumber tegangan DC variabel (PS) perlahan-lahan sesuai pada tabel pengamatan, dan catatlah besarnya arus yang ditunjukkan amperemeter pada tabel pengamatan.
4. Pindahkanlah Saklar pada posisi 2 dan atur decade resistor sedemikian rupa sehingga amperemeter menunjukkan harga yang sama seperti pada langkah 3.
5. Amatilah dan catatlah harga decade resistor dan masukan dalam tabel pada kolom  $R_D = R_x$ .
6. Bukalah saklar s1 dan gantilah  $R_x$  dengan tahanan yang lainnya.

7. Lakukanlah seperti pada langkah kerja no 3 sampai dengan no 5 untuk tiga tahanan lainnya .

8. Bukalah rangkaian dan kembalikanlah semua alat dan bahan.

Tabel 4. Percobaan metode substitusi untuk pengukuran tahanan besar

No	Posisi Saklar	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	RD = Rx ( $\Omega$ )
1	1	7,5		
	2	7,5		
2	1	6		
	2	6		
3	1	4,5		
	2	4,5		
4	1	3		
	2	3		
5	1	1,5		
	2	1,5		

#### Lembar Latihan

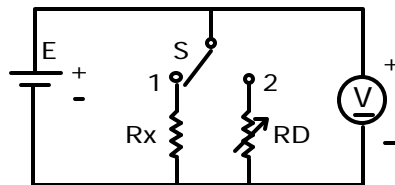
1. Gambarkanlah rangkaian untuk mengukur tahanan besar dengan metode substitusi dan jelaskan rangkaian tersebut !
2. Mengapa rangkaian pada nomor 1 di atas tidak cocok untuk mengukur tahanan kecil ?
3. Apa saja yang perlu diperhatikan dalam mengukur tahanan besar dengan metode substitusi ?

## KEGIATAN BELAJAR V

### METODA SUBSTITUSI UNTUK MENGUKUR TAHANAN KECIL

#### Lembar Informasi

Rangkaian untuk mengukur tahanan yang kecil dengan metode substitusi dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 8. Metode Substitusi untuk Mengukur Tahanan Kecil

Keterangan :

E : Sumber arus DC.

R<sub>x</sub> : Tahanan yang diukur.

R<sub>D</sub> : Decade Resistor.

S : Saklar SPDT (dua posisi )

Bila saklar S pada posisi 1, Voltmeter akan mengukur tegangan listrik pada R<sub>x</sub> . Bila saklar S dipindah pada posisi 2, Voltmeter akan mengukur tegangan listrik pada R<sub>D</sub> yang dapat diatur sampai penunjukan Voltmeter sama dengan penunjukannya pada saklar posisi 1. Hal ini berarti  $R_x = R_D$ , R<sub>D</sub> dapat diketahui sehingga R<sub>x</sub> pun dapat diketahui.

Gambar rangkaian di atas dilakukan pengukuran tegangan pada tahanan dalam voltmeter dan R<sub>D</sub> secara paralel. Jika R<sub>D</sub> diubah-ubah, maka variasi tegangan akan semakin besar, hal ini disebabkan tahanan dalam voltmeter (R<sub>v</sub>) lebih besar dari tahanan variabel decade (R<sub>D</sub>). Karena R<sub>D</sub> merupakan tahanan yang mempunyai presisi tinggi dan dapat

diatur secara cermat dalam interval yang kecil. Voltmeter yang digunakan juga mempunyai sensitivitas tinggi, sehingga dapat merespon perubahan kecil pada RD. Dengan demikian rangkaian ini cocok digunakan untuk mengukur tahanan yang harganya kecil.

Rangkaian di atas menggunakan sumber arus DC variabel yang mempunyai impedansi dalam (tahanan dalam) lebih besar bila dibandingkan impedansi beban. Oleh karena itu sumber arus tersebut akan mengeluarkan arus yang relatif konstan walaupun beban berubah-ubah besarnya. Metode ini dapat menggunakan alat ukur yang belum terkalibrasi, karena metode ini mengutamakan penyimpangan jarum penunjuk meter yang sama. Tahanan variabel yang digunakan harus mempunyai tingkat presisi yang tinggi atau mempunyai toleransi minimal 1 %. Voltmeter yang digunakan harus mempunyai sensitivitas (kepekaan) yang tinggi, sehingga dapat menampilkan perubahan-perubahan yang kecil pada tahanan variabel RD.

### **Lembar Kerja**

#### **Alat dan Bahan**

1. Voltmeter DC dengan sensitivitas tinggi ..... 1 buah
2. Sumber arus DC variabel ..... 1 buah
3. Tahanan kecil berbagai ukuran ..... 5 buah
4. Dekade resistor yang persisi ..... 1 buah
5. Saklar dua posisi (SPDT) ..... 1 buah
6. Kabel penghubung secukupnya

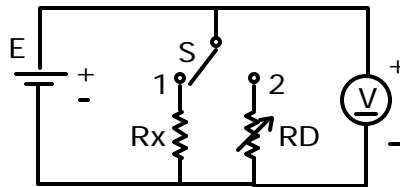
#### **Keselamatan dan Kesehatan Kerja**

1. Letakkanlah peralatan pada posisi yang aman pada meja praktikum.
2. Dalam menghubungkan alat ukur jangan terbalik antara kutub positif dan negatif.

3. Aturlah posisi batas ukur sesuai dengan nilai yang akan diukur, untuk lebih amannya pada posisi batas ukur yang lebih besar.
4. Dalam membuat rangkaian biasakan membedakan warna kabel penghubung pada terminal positif dan negatif.
5. Pada awalnya sumber tegangan diatur 0 Volt dan saklar dalam keadaan terbuka.

### Langkah Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Buatlah rangkaian seperti gambar di bawah dengan sumber arus DC masih dalam keadaan mati dan aturlah pada posisi 0 Volt, kemudian atur RD pada posisi maksimum.



Gambar 9. Aplikasi Rangkaian untuk Pengukuran

3. Aturlah saklar S pada posisi 1 dan hidupkan sumber arus DC.
4. Aturlah sumber arus sampai Voltmeter menunjukkan seperti pada tabel pengamatan.
5. Pindahkanlah saklar S pada posisi 2.
6. Aturlah RD sedemikian rupa sehingga penunjukan Voltmeter sama dengan penunjukan voltmeter pada langkah 4.
7. Amatilah dan catat harga RD dan masukkanlah dalam tabel pengamatan.
8. Matikanlah sumber arus DC, gantilah Rx dengan tahanan yang lain.
9. Ulangilah langkah 3 sampai 8 untuk tiga buah tahanan yang lain.

10. Matikanlah sumber tegangan, lepas semua rangkaian dan kembalikan ke tempat semula.

Tabel 5. Percobaan metode substitusi untuk pengukuran tahanan kecil.

No	Posisi saklar	Tegangan (mV)	RD = Rx ( $\Omega$ )
1	1	30	
	2	30	
2	1	25	
	2	25	
3	1	20	
	2	20	
4	1	15	
	2	15	
5	1	10	
	2	10	

**Lembar Latihan**

1. Gambarkanlah rangkaian untuk mengukur tahanan kecil dengan metode substitusi dan jelaskan rangkaian tersebut !
2. Mengapa rangkaian pada no 1 tidak cocok untuk mengukur tahanan yang besar ?
3. Apa saja yang perlu diperhatikan dalam mengukur tahanan besar dengan metode substitusi ?



## LEMBAR EVALUASI

### A. Pertanyaan

1. Bagaimana jika metode volt-ampere yang seharusnya digunakan untuk mengukur tahanan besar digunakan untuk mengukur tahanan yang kecil ?
2. Bagaimana jika metode substitusi yang seharusnya digunakan untuk mengukur tahanan besar digunakan untuk mengukur tahanan kecil ?
3. Jelaskan metode jembatan untuk mengukur tahanan yang tidak diketahui besarnya !
4. Rangkaian untuk mengukur tahanan kecil dengan metode Volt-Ampere menggunakan Voltmeter dengan kepekaan  $4000\Omega/\text{volt}$  pada BU 25 volt dan sebuah Amperemeter dengan BU 1 Ampere. Ternyata Voltmeter menunjukkan 20 volt dan Amperemeter menunjuk 1ampere. Berapa besarnya tahanan yang diukur ?
5. Buatlah suatu rangkaian untuk pengukuran tahanan dengan metode substitusi dan dengan metode jembatan kemudian bandingkan hasilnya dan catat hasilnya kedalam suatu tabel pengamatan kemudian ambil kesimpulan dari hasil pengamatan yang saudara lakukan !

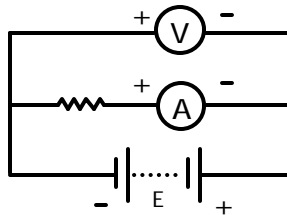
**B. Kriteria Kelulusan**

<b>Kriteria</b>	<b>Skor (1-10)</b>	<b>Bobot</b>	<b>Nilai</b>	<b>Ket.</b>
Kognitif Soal nomor 1 Soal nomor 2 Soal nomor 3 Soal nomor 4		3		WL (Wajib Lulus)
Kebenaran rangkaian		2		
Kebenaran Pengukuran		2		
Kerapian Pengukuran		1		
Keselamatan Kerja		1		
Kecepatan Kerja		1		
<b>Nilai Akhir</b>				

## LEMBAR KUNCI JAWABAN

### Lembar Kunci Jawaban Latihan Kegiatan Belajar I

1. Gambar



2. Untuk menghindari kekeliruan pengukuran akibat pembebanan yang berbeda.

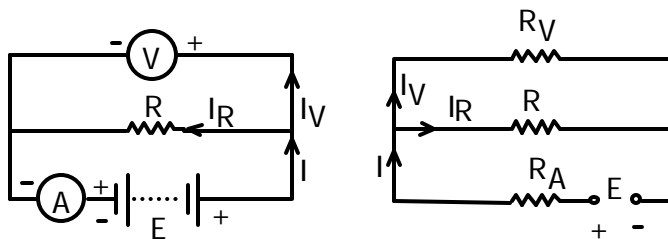
3.

$$R + R_A = \frac{V}{I}$$

4. .Karena  $R_A$  sangat kecil dibandingkan  $R$ .

### Lembar Kunci Jawaban Latihan Kegiatan Belajar II

1. metode volt-ampere untuk mengukur tahanan kecil seperti ditunjukkan pada gambar di bawah.



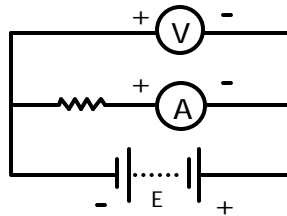
Menurut Hukum Ohm, besarnya  $R$  adalah :

$$R = \frac{V - I \cdot R_V}{I}$$

Agar arus yang lewat Rv dapat diabaikan, maka R harus jauh lebih kecil dibandingkan dengan Rv.

**Lembar Kunci Jawaban Latihan Kegiatan Belajar III**

1. Metode volt-ampere untuk mengukur tahanan besar seperti ditunjukkan pada gambar di bawah.



Menurut hukum OHM

$$V = I \cdot R + I \cdot R_A$$

$$R + R_A = \frac{V}{I}$$

Agar  $R_A$  dapat diabaikan, maka R harus jauh lebih besar dari pada  $R_A$ .

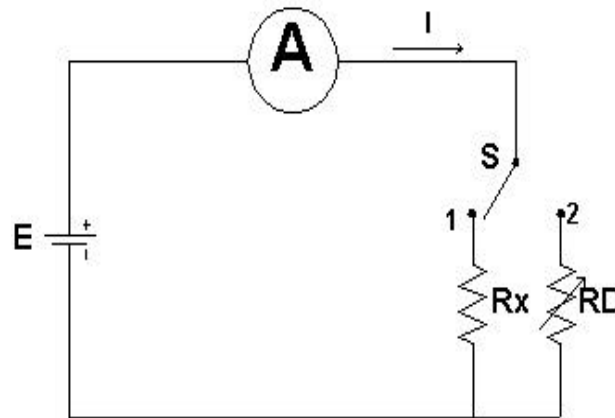
$$R_v \cdot R_2$$

$$2. R_x = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

3. Dengan mengatur Rv sampai jarum Galvanometer menunjukkan 0.
4. Hukum Kirchoff tentang arus.  
Hukum Kirchoff tentang tegangan.  
Hukum Ohm.

### Lembar Kunci Jawaban Latihan Kegiatan Belajar IV

1.

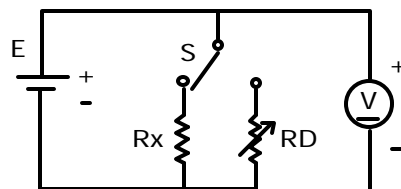


Bila saklar pada posisi 1, Amperemeter mengukur besarnya arus listrik yang mengalir pada  $R_x$ . Bila saklar dipindah pada posisi 2, maka Amperemeter mengukur besarnya arus listrik yang lewat  $R_D$ .  $R_D$  diatur sampai penunjukan Amperemeter sama dengan sewaktu saklar pada posisi 2. Hal ini  $R_x = R_D$ ,  $R_D$  besarnya diketahui, maka  $R_x$  pun dapat diketahui.

2. Rangkaian di atas tidak cocok untuk mengukur tahanan yang kecil, karena pengaruh tahanan dalam Amperemeter.
3. Yang diperlukan decade resistor yang presisi; amperemeter harus mempunyai kepekaan yang baik; sumber tegangan DC harus konstan selama pengukuran.

### Lembar Kunci Jawaban Latihan Kegiatan Belajar V

1.

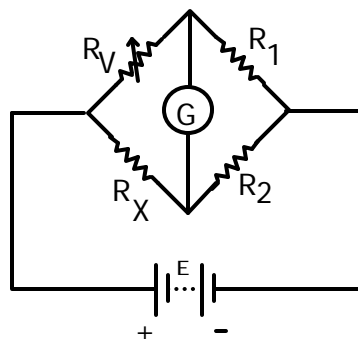


Pada saklar posisi 2  $R_D$  dapat diatur untuk mendapatkan penunjukan Voltmeter yang sama seperti pada waktu saklar posisi 1. Hal ini berarti  $R_x = R_D$ . Harga  $R_D$  dapat diketahui, sehingga harga  $R_x$  pun dapat diketahui.

2. Karena pengaruh tahanan dalam Voltmeter akan mengurangi ketelitian pengukurannya.
3. - Dekade Resistor dipilih yang presisi.  
- Voltmeter dipilih yang mempunyai kepekaan yang tinggi.  
- Sumber arus DC harus konstan selama pengukuran.

#### Lembar Kunci Jawaban Evaluasi

1. Jika metode volt-ampere untuk mengukur tahanan besar digunakan untuk mengukur tahanan yang kecil, maka hasil pengukurannya tidak teliti dan akan lebih kecil dari ukuran sebenarnya, karena pengaruh  $R_A$  cukup besar.
2. Jika metode substitusi untuk mengukur tahanan besar digunakan untuk mengukur tahanan yang kecil, maka hasil pengukurannya tidak teliti karena pengaruh  $R_A$  cukup besar terhadap pengukuran  $R$ .
3. Metode jembatan digunakan untuk mengukur tahanan yang besarnya belum diketahui seperti ditunjukkan pada gambar di bawah.



Jika galvanometer G menunjuk 0, maka terjadi keseimbangan bagian kanan dan kiri galvanometer, sehingga :

$$R_v \cdot R_2 = R_x \cdot R_1$$

$$R_x = \frac{R_v \cdot R_2}{R_1}$$

4.  $R_v = S \cdot BU$

$$\begin{aligned} R_v &= 4000 \times 25 \\ &= 100.000 \Omega \\ &20. 100.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{\quad}{1. 100.000 - 20} \\ &= 20,004 \Omega \end{aligned}$$

5. Akan diperoleh suatu data harga hambatan dengan perbandingan antara harga pengukuran dengan harga perhitungan. Untuk pengerjaan soal ini dapat dilihat pada lembar kerja kegiatan belajar IV dan kegiatan belajar V.

## DAFTAR PUSTAKA

- A.J. Dirksen.(1981). *Pelajaran Elektronika Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Cooper, W D. Trans. Sahat Pakpahan .(1985). *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Errest O. Doebelin.(1983). *Measurement System. Application and Design*. Singapore : Mc Graw – Hill International Book.
- Herry Sumual.(1988). *Penuntun Praktek Laboratorium Listrik*.\_\_Jakarta: P2LPTK Dirjen Dikti Depdikbud.
- Soedjana, S. (1979). *Pengukuran dan Alat –alat Ukur Listrik*. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Warsito S.(1988). *Teknik Ukur dan Piranti Ukur* . Jakarta : Penerbit PT Elex Media Komputindo.