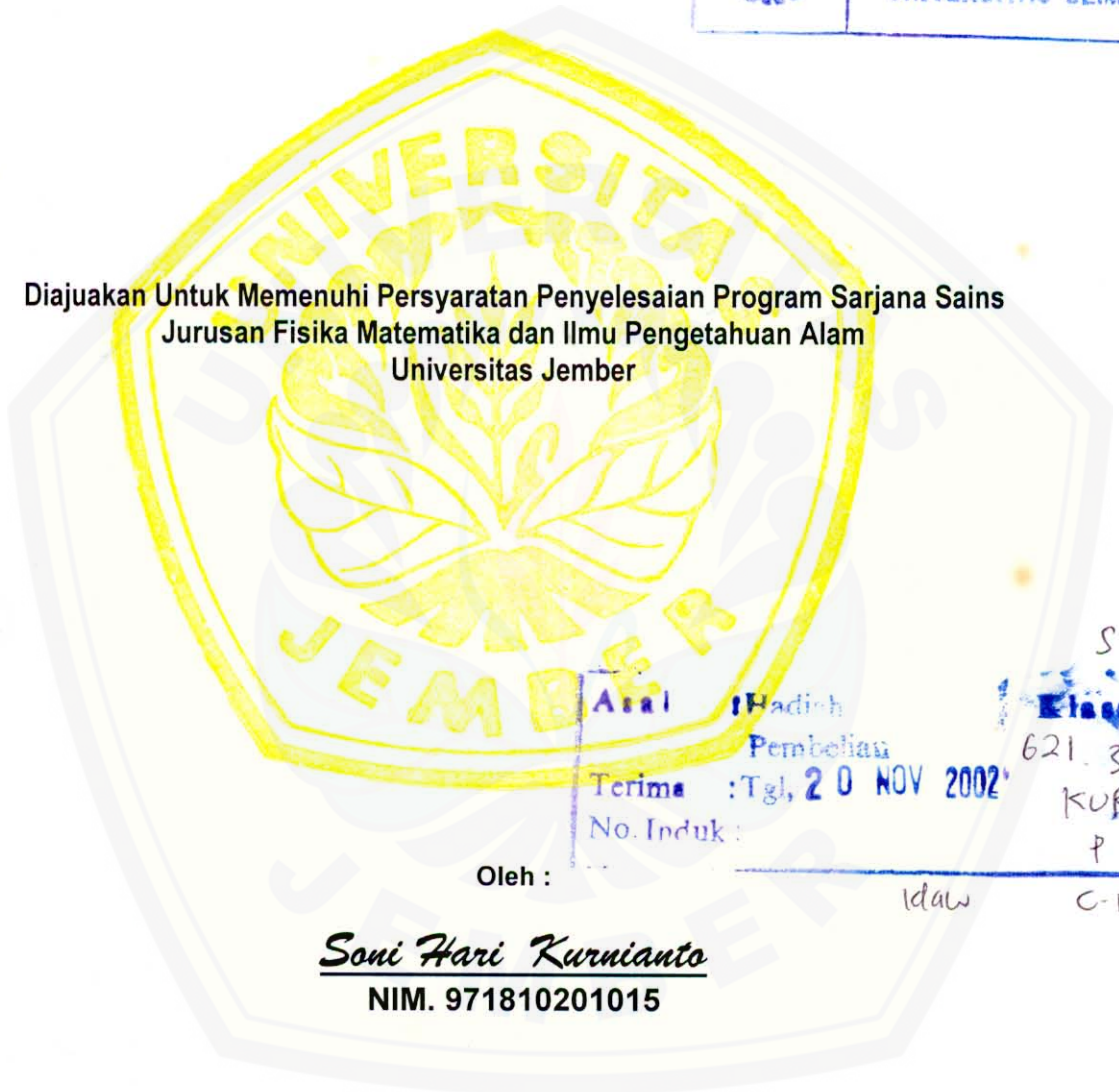


# PENGUKURAN KONDUKTIVITAS LISTRIK

SKRIPSI



Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Penyelesaian Program Sarjana Sains  
Jurusan Fisika Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember



Asal : Hadiah  
Pembelian  
Terima : Tgl, 20 NOV 2002  
No. Induk :

S  
Klasifikasi  
621.319  
KUB  
P  
C-1

Oleh :

Idaw

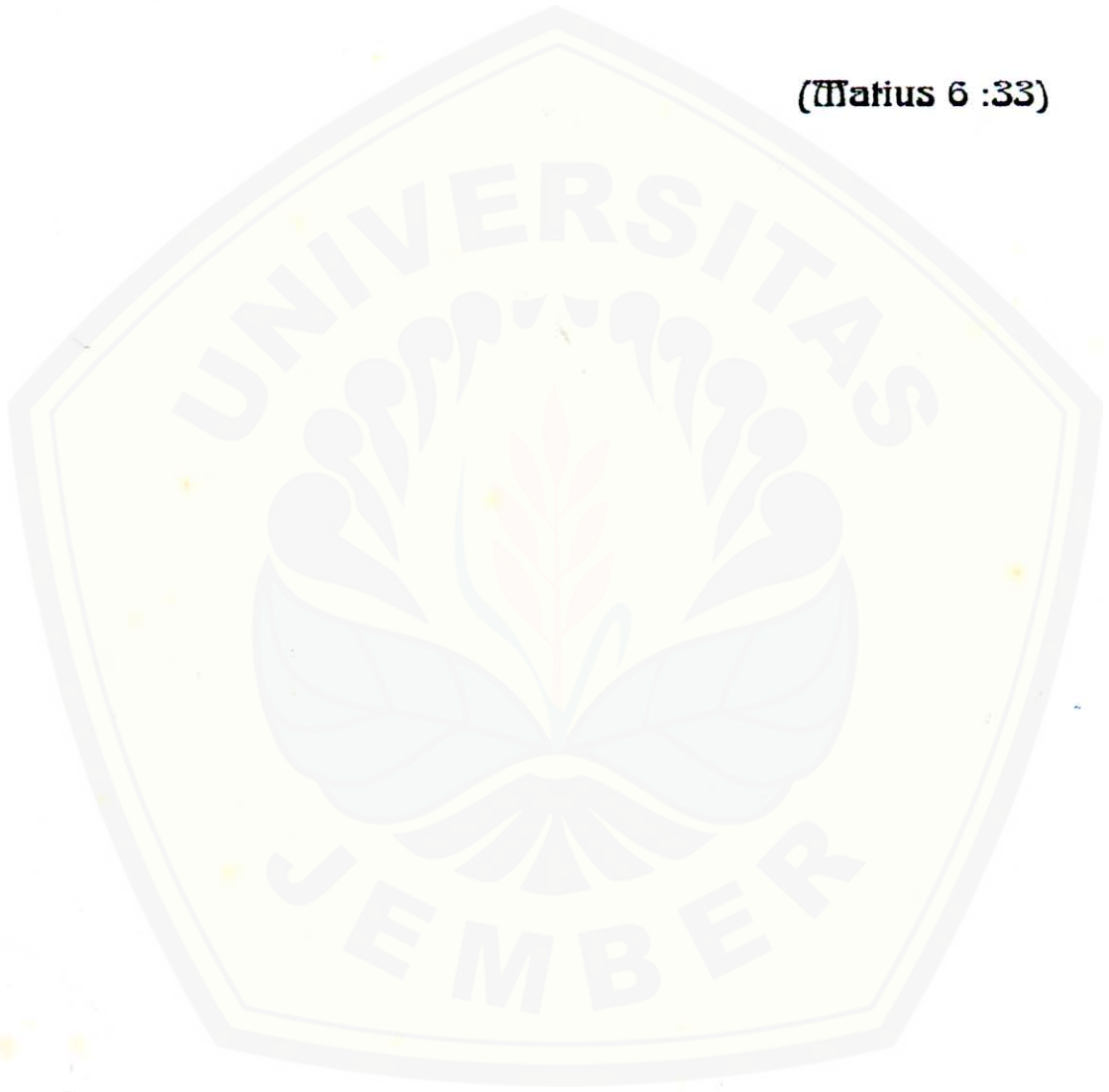
Soni Hari Kurnianto  
NIM. 971810201015

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2002

**MOTTO**

*"Tetapi carilah dahulu Kerajaan Allah dan kebenarannya,  
maka semuanya itu akan ditambahkan kepadamu"*

**(Matius 6 :33)**



## PERSEMBAHAN

*Dengan segenap hormat, puja dan piji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, tanpa bantuan dan pertolonganNya penulisan skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini penulis persembahkan untuk: Ibunda tercinta yang banyak memberikan bantuan materi, semangat, terlebih bantuan di dalam do'a; saudara – saudaraku yang tercinta di dalam kasih Tuhan; teman – teman seperjuangan teristimewa Supriyono, Siti Mulikah, Lilik, Evin, Elvi dan Ani Setyowati dan semua pihak yang terkait yang tidak dapat penulis sebutkan, penulis mengucapkan terimakasih yang setinggi – tingginya yang tidak dapat penulis sampaikan melalui kata – kata.*



## PENGESAHAN

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, dan diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

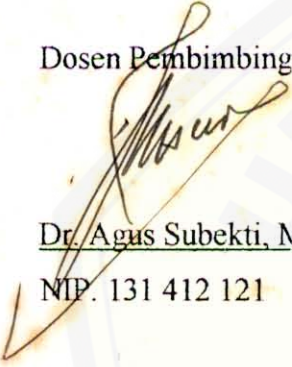
Pada hari : Selasa

Tanggal : 19 NOV 2002

Tempat : Lab. Optoelektronika dan Fisika Modern

Tim Penguji :

Dosen Pembimbing Utama,

  
Dr. Agus Subekti, M.Sc

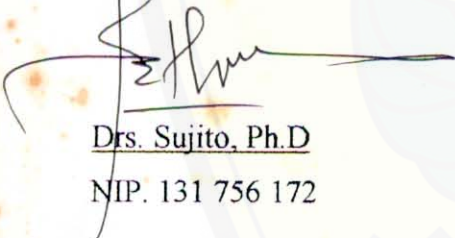
NIP. 131 412 121

Dosen Pembimbing Anggota,

  
Drs. Imam Rofi'i, M.Sc


NIP. 131 975 310

Penguji I,

  
Drs. Sujito, Ph.D

NIP. 131 756 172

Penguji II,


  
Sutisna, M.Si

NIP. 132 257 929

Mengetahui :

Dekan,



  
I. Sumadi, MS

NIP. 130 368 784

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur hanya kami panjatkan kepada **Tuhan Yang Maha Esa**, karena dengan rahmat dan kasihnya penulisan proposal tugas akhir I dapat diselesaikan. Dan juga penulis menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Dosen pembimbing utama *Dr. Agus Subekti, M.Sc* dan dosen pembimbing anggota *Drs. Imam rofi'i, M.Sc* yang telah memberikan arahan dan masukan di dalam penulisan maupun di dalam melakukan penelitian.
2. Ketua jurusan fisika, *Drs. Sujito, P.hD* dan *Drs. Sutisna, M.Si* yang telah memberikan ijin untuk melakukan penelitian di Laboratorium Fisika Tahun II
3. Teman – teman di jurusan fisika khususnya angkatan 97 yang banyak memberikan semangat dan motivasi.
4. Ibunda, *Ibu Sriwangeningsih* dan saudara – saudaraku yang banyak memberikan bantuan materi terlebih bantuan didalam do'a.
5. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan yang banyak membantu di dalam penyusunan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan proposal ini masih belum sempurna, oleh karena itu segala masukan, kritikan dan saran yang sekiranya membangun untuk menyempurnakan proposal ini sangat penulis harapkan.

Kiranya **Tuhan** memberkati kita semua, amien

Jember, Oktober 2002

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL LUAR</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL DALAM</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMBANG</b> .....	xii
<b>ABSTRAK</b> .....	xiii
<b>I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat .....	2
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Sifat Kelistrikan Bahan .....	3
2.1.1 Arus Listrik .....	3
2.1.2 Resistivitas Listrik .....	3
2.1.3 Konduktivitas Listrik .....	4
2.2 Pengukuran Konduktivitas Listrik	
2.2.1 Metode Dua Titik .....	4
2.2.2 Metode Empat Titik .....	5
2.2.3 Metode van der Pauw .....	9



2.3 Teori Ralat Pengukuran.....	10
2.3.1 Kesalahan Sistematis .....	11
2.3.2 Kesalahan Acak .....	11
2.4 Estimasi Kesalahan Acak .....	12
2.5 Perhitungan Kesalahan .....	14
2.6 Pembulatan .....	16
<b>III METODOLOGI</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	17
3.2 Langkah – langkah Penelitian .....	17
3.2.1 Persiapan .....	17
3.2.2 Pemilihan Cuplikan .....	17
3.2.3 Metode Penelitian.....	18
3.2.4 Proses Pengambilan Data .....	18
3.2.5 Metode Analisa Data .....	19
<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Data Hasil Pengamatan .....	23
4.2 Analisa Data .....	24
4.3 Pembahasan .....	40
<b>V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran - saran .....	42
Daftar Pustaka .....	43
Lampiran – lampiran .....	44

## DAFTAR GAMBAR

Judul	Halaman
Gambar 1. Arah Arus Listrik, Medan Listrik dan Gerakan Elektron Dalam Seutas Kawat dengan Beda Potensial	3
Gambar 2. Metode Dua Titik	4
Gambar 3. Metode Empat Titik	6
Gambar 4. Metode van der Pauw	9
Gambar 5. Estimasi Kesalahan Pada $d_1$ Nampaknya lebih Besar Dibandingkan Pada $d_2$ Akibat Ketidakpastian Dalam Estimasi Pusat Bola	12
Gambar 6. Pengukuran Sampel dengan Menggunakan Jangka Sorong	13
Gambar 7. Pengukuran Sampel dengan Menggunakan Mikrometer	13
Gambar 8. Hubungan Antara Tegangan dengan Arus Listrik	20



**DAFTAR TABEL**

	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 1.	Hubungan Antara Slope dengan Konduktivitas Listrik Berdasarkan Metode Dua Titik, Empat Titik, dan van der Pauw	21
Tabel 2.	Kesalahan Absolut Pengukuran Konduktivitas Listrik dengan Menggunakan Metode Dua Titik, Empat Titik dan van der Pauw	21
Tabel 3.	Kesalahan Relatif Pengukuran Konduktivitas Listrik dengan Menggunakan Metode Dua Titik, Empat Titik, dan van der Pauw	22
Tabel 4.	Penulisan Hasil Pengukuran Konduktivitas Listrik dengan Menggunakan Metode Dua Titik, Empat Titik, dan van der Pauw	22
Tabel 5.	Data Hasil Penelitian Konduktivitas Listrik	23
Tabel 6.	Perbandingan Konduktivitas Listrik Bahan Polipirol, Aluminium, dan Germanium Berdasarkan Hasil Penelitian dengan Literatur	39

**DAFTAR GRAFIK**

<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Grafik 1. Hubungan Antara Arus dan Tegangan Berdasarkan Metode Dua Titik Untuk Bahan Polipirol	24
Grafik 2. Hubungan Antara Arus dan Tegangan Berdasarkan Metode Empat Titik Untuk Bahan Polipirol	26
Grafik 3. Hubungan Antara Arus dan Tegangan Berdasarkan Metode van der Pauw Untuk Bahan Polipirol	27
Grafik 4. Hubungan Antara Arus dan Tegangan Berdasarkan Metode Dua Titik Untuk Bahan Alumunium	29
Grafik 5. Hubungan Antara Arus dan Tegangan Berdasarkan Metode Empat Titik Untuk Bahan Alumunium	31
Grafik 6. Hubungan Antara Arus dan Tegangan Berdasarkan Metode van der Pauw Untuk Bahan Alumunium	32
Grafik 7. Hubungan Antara Arus dan Tegangan Berdasarkan Metode Dua Titik Untuk Bahan Germanium	34
Grafik 8. Hubungan Antara Arus dan Tegangan Berdasarkan Metode Empat Titik Untuk Bahan Germanium	36
Grafik 9. Hubungan Antara Arus dan Tegangan Berdasarkan Metode van der Pauw Untuk Bahan Germanium	37

---

## DAFTAR LAMBANG

Simbol	Keterangan	Sub Bab	Persamaan
I	arus listrik	2.1.1	2.1
V <sub>cd</sub>	beda potensial di titik c dan d	2.1.1	2.1
R	hambatan	2.1.1	2.1
J	rapat arus	2.1.2	2.2
A	luas penampang	2.1.2	2.2
L	jarak titik c ke c'	2.1.2	2.3
E	medan listrik	2.1.2	2.3
$\rho$	resistivitas listrik	2.1.2	2.4
$\sigma$	konduktivitas listrik	2.1.3	2.5
R <sub>c</sub>	hambatan kontak	2.2.1	2.7
R <sub>sp</sub>	hambatan sebar	2.2.1	2.7
R <sub>s</sub>	hambatan bahan	2.2.1	2.7
S	jarak tiap-tiap titik untuk arus dan tegangan	2.2.2	2.13
t	ketebalan	2.2.2	2.20



## ABSTRAK

SONI HARI KURNIANTO, Oktober 2002, Pengukuran Konduktivitas Listrik (Skripsi) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Fisika Universitas Jember

Pembimbing : (1) Dr. Agus Subekti, M.Sc

(2) Drs. Imam Rofi'i, M.Sc

Latar belakang dari penelitian ini didasari dari pentingnya parameter konduktivitas listrik digunakan untuk menentukan kuat atau lemah suatu bahan didalam menghantarkan arus listrik, sedangkan permasalahan yang muncul adalah bagaimana menentukan konduktivitas listrik, sehingga diketahui kemampuan bahan di dalam menghantarkan arus listrik. Tujuan penelitian untuk menentukan konduktivitas bahan dengan menggunakan metode dua titik, empat titik, dan van der Pauw, kemudian membandingkannya sehingga diperoleh metode yang paling baik untuk digunakan di dalam melakukan pengukuran konduktivitas listrik.

Pada prinsipnya pengukuran konduktivitas listrik dengan menggunakan metode dua titik, masing – masing jolok untuk arus listrik dan tegangan terletak pada titik yang sama, sehingga menyebabkan terjadinya hambatan kontak dan hambatan sebar di bawah tiap – tiap jolok logam. Sedangkan untuk metode empat titik dan van der Pauw jolok pembawa arus listrik dan jolok yang digunakan untuk menentukan tegangan keluarannya terletak pada posisi yang berbeda, dimana jolok pembawa arus listrik masih menimbulkan terjadinya hambatan kontak dan hambatan sebar. Tetapi hal itu tidak berlaku untuk jolok logam yang digunakan untuk menentukan tegangan keluarannya, karena tegangan keluaran diukur menggunakan volt meter digital (*fluke 8842A multimeter*) yang memiliki impedansi tinggi yang menarik sedikit arus listrik yang mengakibatkan hambatan kontak dan hambatan sebar dapat diabaikan sehingga hambatan bahan dapat ditentukan secara pasti.

Dari ketiga metode yang digunakan ternyata metode yang paling baik digunakan untuk pengukuran konduktivitas listrik adalah metode empat titik dan van der Pauw, sedangkan metode dua titik selalu konsisten lebih kecil dari metode empat titik dan van der Pauw. Hal ini disebabkan oleh karena adanya hambatan sebar dan hambatan kontak antara jolok logam dengan bahan.

*Kata kunci : konduktivitas listrik, dua titik, empat titik, van der Pauw.*



# BAB I PENDAHULUAN



## 1.1 Latar Belakang

Secara umum setiap jenis bahan padat yang disusun oleh atom – atom selalu mengandung elektron – elektron. Elektron dikatakan bebas apabila elektron ini dapat bergerak oleh karena adanya gangguan dari luar misalnya karena adanya medan listrik, sehingga elektron bebas dapat bergerak dari satu titik ke titik lain di seluruh kristal. Sedangkan elektron yang tidak dapat bergerak bebas disebabkan oleh karena elektron terikat dalam atom. Dengan adanya elektron bebas ini, beberapa bahan mempunyai sifat – sifat yang khas antara lain dapat menghantarkan arus listrik (Tim fisika zat padat, 2000:III-1).

Berdasarkan sifat hantaran listriknya bahan dikelompokkan ke dalam tiga bagian yaitu : isolator, konduktor dan semikonduktor. Dalam bahan konduktor padat, sejumlah elektron dalam tiap atom tidak terikat pada atom, tetapi bebas bergerak dalam bahan. Elektron semacam ini disebut elektron bebas, dan apabila ada medan listrik dalam bahan konduktor padat, elektron bebas akan bergerak dibawah pengaruh gaya medan. Bila medan listrik ini dihasilkan oleh batere atau tegangan yang lain, di dalam konduktor mengalir aliran listrik atau arus listrik.

Dalam bahan isolator, tiap elektron terikat erat pada masing – masing atom; jadi bahan isolator tidak mempunyai pembawa muatan bebas dan tidak mempunyai kemampuan untuk menghantarkan arus listrik

Dengan mengalirnya aliran listrik atau arus listrik di dalam bahan, maka kuat atau lemah suatu bahan di dalam menghantarkan aliran listrik atau arus listrik dapat ditentukan dengan diketahuinya parameter konduktivitas listrik. Mengingat pentingnya parameter konduktivitas listrik untuk menentukan kuat atau lemah suatu bahan di dalam menghantarkan aliran listrik atau arus listrik, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dan pengukuran untuk mendapatkan konduktivitas listrik beberapa bahan, sehingga diketahui kemampuan bahan tersebut di dalam menghantarkan arus listrik.

## 1.2 Permasalahan

Bagaimana menentukan konduktivitas listrik, sehingga diketahui kemampuan bahan dalam menghantarkan arus listrik ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Menentukan konduktivitas listrik dengan menggunakan metode dua titik, empat titik, dan van der Pauw, kemudian membandingkannya sehingga diperoleh metode yang paling baik, untuk digunakan di dalam melakukan pengukuran konduktivitas bahan.

## 1.4 Manfaat

Tugas akhir ini sangat penting dilakukan karena hasilnya dapat bermanfaat untuk memperlancar proses belajar – mengajar bagi mahasiswa fisika, terutama di dalam melakukan praktikum fisika zat padat, disamping itu hasil penelitian ini dapat dikembangkan dengan peralatan yang lebih baik dengan menggunakan teknik instrumentasi yang jauh lebih baik.



**BAB II**  
**TINJAUAN PUSTAKA**

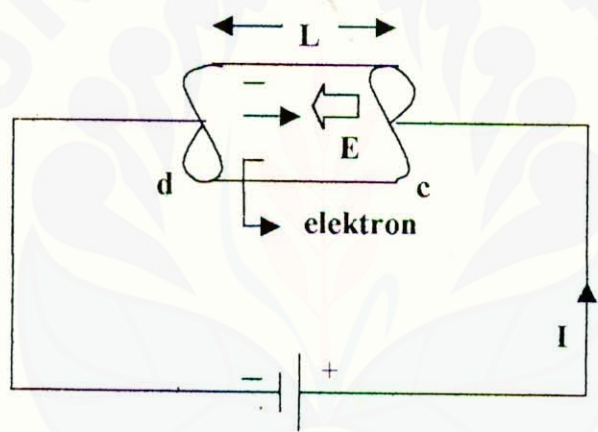


**2.1 Sifat Kelistrikan Bahan**

**2.1.1 Arus Listrik**

Perhatikan seutas kawat sepanjang  $L$  dengan luas penampang  $A$ , ujung – ujung kawat (c dan d) diberi beda potensial  $V_{cd}$  dan nilai hambatan kawat  $R$ . Dalam kawat mengalir arus  $I$  yang menimbulkan medan listrik  $E$ , seperti pada gambar 1 menurut hukum ohm, kuat arus listrik dalam kawat :

$$I = V_{cd} / R \tag{2.1}$$



Gambar 1. Arah Arus Listrik, Medan Listrik dan Gerakan Elektron Dalam Seutas Kawat dengan Beda Potensial

**2.1.2 Resistivitas Listrik**

Dari persamaan 2.1 dapat dituliskan rumus lain sebagai berikut :

a. Rapat Arus :  $J = I/A$  (2.2)

b. Kuat Medan Listrik :  $E = V_{cd} / L$  (2.3)

c. Resistivitas Listrik :  $\rho = RA / L$  (2.4)

### 2.1.3 Konduktivitas Listrik

Kebalikan dari resistivitas disebut konduktivitas dan dinyatakan dengan simbol  $\sigma$  yang besarnya :

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2.5)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (2.4) ke (2.5) diperoleh :

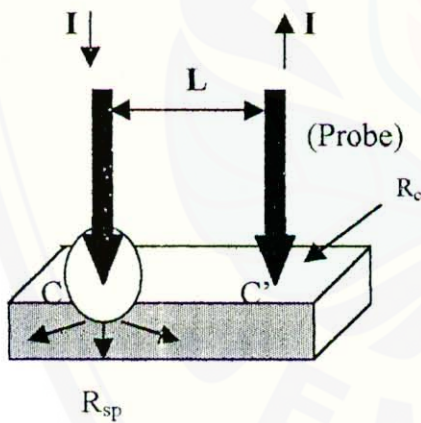
$$J = \sigma E \quad (2.6)$$

Persamaan (2.6) merupakan bentuk lain dari *hukum ohm*

## 2.2 Pengukuran Konduktivitas Listrik

### 2.2.1 Metode Dua Titik

Karakteristik suatu bahan yang meliputi resistivitas dan konduktivitas dapat diperoleh dengan menggunakan metode dua titik, seperti gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Metode Dua Titik

Menurut Schroder (1990:2) apabila arus  $I$  masuk ke bahan menembus titik  $C$  (*arus terdistribusi seragam*) dan arus yang mengalir keluar menembus titik  $C'$ , maka besarnya tegangan keluaran ditentukan di titik  $CC'$ , sehingga hambatan diantara dua jolok diberikan sebagai :

$$R_T = \frac{V}{I} = 2R_c + 2R_{sp} + R_s \quad (2.7)$$

sedangkan persamaan untuk resistivitas adalah :

$$\rho = \frac{R_r A}{L} = \frac{VA}{IL} \quad (2.8)$$

dan konduktivitas merupakan kebalikan dari resistivitas yang besarnya :

$$\sigma = \frac{L}{R_r A} = \frac{I L}{V t d} \quad (2.9)$$

dimana :  $R_c$  = Hambatan kontak

$R_{sp}$  = Hambatan sebar

$R_s$  = Hambatan bahan

$L$  = Jarak titik C ke C'

$R$  = Hambatan bahan

$d$  = Lebar bahan

$t$  = Ketebalan

Pada metode ini jolok pembawa arus dan jolok untuk menentukan besar tegangan keluaran ditentukan pada titik yang sama (*lihat gambar 2*), sehingga metode ini memiliki beberapa kelemahan diantaranya :

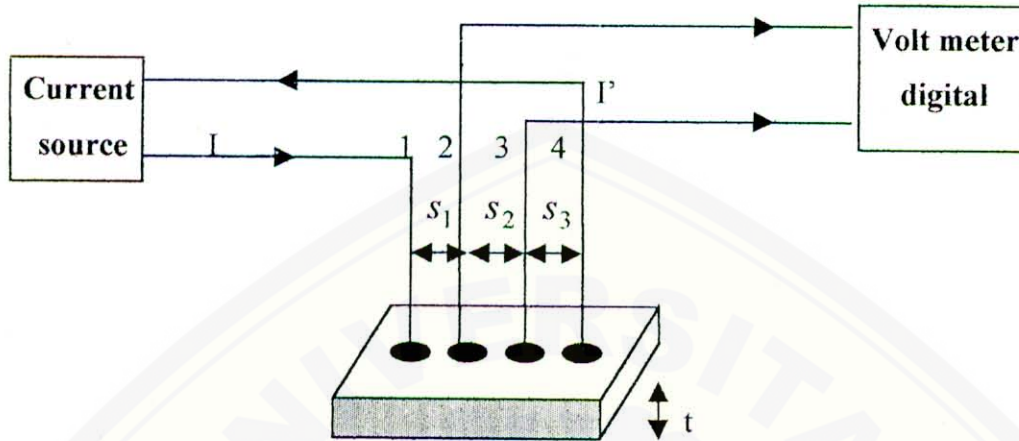
- 1) timbulnya hambatan sebar di bawah tiap – tiap jolok ;
- 2) timbulnya hambatan kontak pada tiap – tiap jolok dengan bahan ; dan
- 3) sistem pengukuran konduktivitas dengan menggunakan metode dua titik terbatas pada bentuk sampel bahan yang teratur dengan ketebalan yang seragam.

### 2.2.2 Metode Empat Titik

Schroder (1990:3) mengungkapkan bahwa Metode empat titik pertama kali ditemukan oleh Wenner pada tahun 1916 yang digunakan untuk menentukan resistivitas bumi, kemudian pada tahun 1954, Valdes menggunakan metode ini untuk menentukan resistivitas semikonduktor. Metode ini merupakan metode yang paling umum digunakan untuk menentukan resistivitas dan konduktivitas listrik bahan. Sebagai contoh apabila suatu bahan dengan ketebalan ( $t$ ) dikenai



arus pada titik kesatu dan arus yang mengalir keluar ditentukan pada titik keempat, maka besar tegangan keluarannya dapat ditentukan pada titik kedua dan ketiga, seperti pada gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Metode Empat Titik

Berdasarkan gambar 3 apabila bahan mempunyai ketebalan  $t \gg s$ , arus menyebar membentuk setengah bola, berjari – jari  $r$  dan ketebalan  $dr$  adalah :

$$dR = \rho \frac{dr}{2\pi r^2} \tag{2.10}$$

dan pengurangan potensial  $dv$  adalah :

$$V_o = - I dR \tag{2.11}$$

$$V_o = \frac{- I dR}{2\pi} \int \frac{dr}{r^2}$$

$$V_o = \frac{\rho I}{2\pi r} \tag{2.12}$$

Tegangan pada titik kedua ditentukan berdasarkan persamaan :

$$V_2 = \frac{\rho I}{2\pi} \left[ \frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_2 + S_3} \right] \tag{2.13}$$

dan tegangan di titik ketiga :

$$V_3 = \frac{\rho I}{2\pi} \left[ \frac{1}{S_1 + S_2} - \frac{1}{S_3} \right] \tag{2.14}$$

sehingga tegangan keluaran didapatkan sebagai :

$$V_o = V_2 - V_3$$

$$= \frac{\rho I}{2\pi} \left[ \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_3} - \frac{1}{S_2 + S_3} - \frac{1}{S_1 + S_3} \right] \quad (2.15)$$

sehingga resistivitasnya didapatkan sebagai :

$$\rho = \frac{2\pi V_o}{\left[ \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_3} - \frac{1}{S_2 + S_3} - \frac{1}{S_1 + S_3} \right] I} \quad (2.16)$$

Karena jarak tiap – tiap titik untuk posisi arus dan tegangan adalah sama ( $S = S_1 = S_2 = S_3$ ) maka persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi :

$$\rho = 2\pi S \left[ \frac{V_o}{I} \right] \quad (2.17)$$

$$\rho = 2\pi S R \quad (2.18)$$

sedangkan konduktivitas listrik diperoleh sebagai :

$$\sigma = \frac{1}{2\pi S R} \quad (2.19)$$

Apabila pada gambar 3 bahan memiliki ketebalan  $t \ll s$ , maka dengan cara yang sama kita akan dapatkan bahwa variasi potensial terhadap jarak  $r$  dari pusat jolok (probe) yang membawa arus  $I$  diberikan oleh :

$$V_o = V_p - \frac{I\rho}{2\pi t} \ln \frac{r}{a} \quad (2.20)$$

dimana :  $V_p$  = potensial jolok

$a$  = jari - jari kontak.

Tegangan pada titik kedua ditentukan berdasarkan persamaan :

$$V_2 = -\frac{I\rho}{2\pi t} \left[ \ln \frac{S_1}{a} - \ln \frac{S_2 + S_3}{a} \right] \quad (2.21)$$

dan tegangan dititik ketiga dituliskan sebagai :

$$V_3 = -\frac{I\rho}{2\pi} \left[ \ln \frac{S_1 + S_2}{a} - \ln \frac{S_3}{a} \right] \quad (2.22)$$

sehingga tegangan keluaran didapatkan sebagai :

$$\begin{aligned} V_o &= V_2 - V_3 \\ &= \frac{I\rho}{2\pi} \left[ -\ln \frac{S_1}{a} + \ln \frac{S_2 + S_3}{a} + \ln \frac{S_1 + S_2}{a} - \ln \frac{S_3}{a} \right] \\ &= \frac{I\rho}{2\pi} \ln \left[ \frac{(S_1 + S_2)(S_2 + S_3)}{S_1 S_3} \right] \end{aligned} \quad (2.23)$$

Karena jarak tiap – tiap titik untuk posisi arus dan tegangan adalah sama ( $S = S_1 = S_2 = S_3$ ), maka persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi :

$$V_o = \frac{I\rho}{\pi} \ln 2 \quad (2.24)$$

sehingga resistivitas didapatkan sebagai :

$$\rho = \frac{\pi V_o}{\ln 2 I} \quad (2.25)$$

$$\rho = \frac{\pi}{\ln 2} R \quad (2.26)$$

$$\rho = 4,53tR \quad (2.27)$$

dan konduktivitas listrik kebalikan dari resistivitas :

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{4,53tR} \quad (2.28)$$

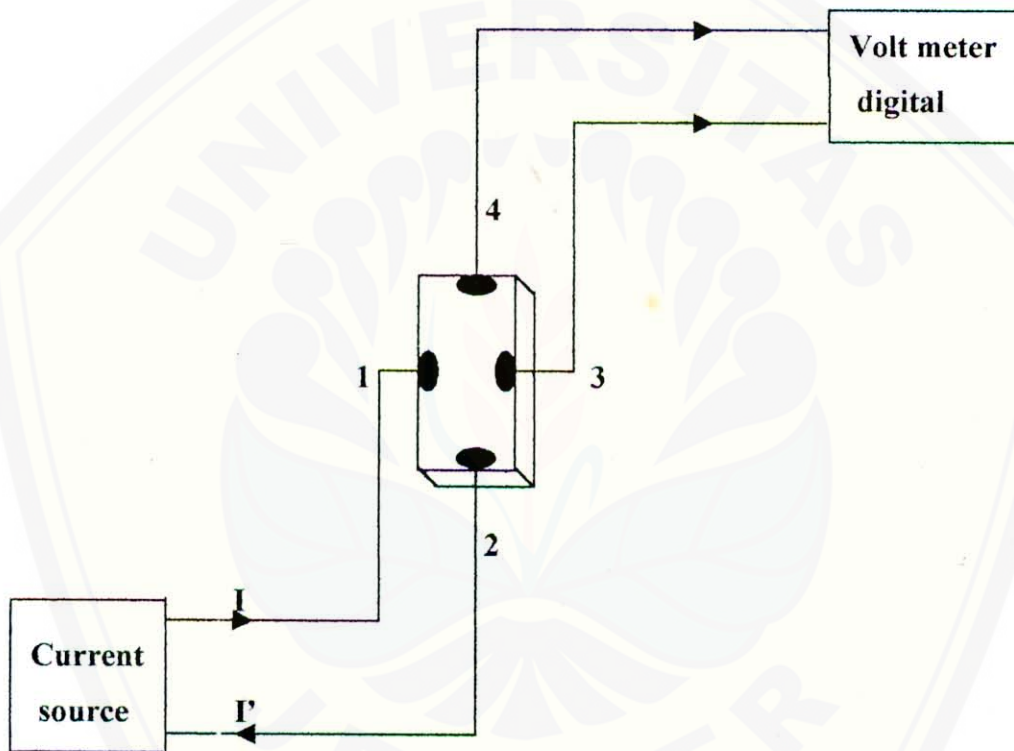
Pada metode ini jolok pembawa arus listrik dan jolok untuk tegangan keluarannya terletak pada posisi yang berbeda (*lihat gambar 3*), sehingga metode ini memiliki beberapa keuntungan, diantaranya :

- 1) hambatan sebar dan hambatan kontak tidak berpengaruh ; dan
- 2) sistem pengukuran dengan menggunakan metode empat titik, bentuk sampel bahan bebas dengan ketebalan seragam.



### 2.2.3 Metode van der Pauw

Pada dasarnya prinsip kerja metode van der Pauw hampir sama dengan metode empat titik dimana dua titik digunakan untuk arus listrik dan dua titik yang lain digunakan untuk menentukan besar tegangan keluarannya, dengan letak tiap – tiap titiknya tidak pada satu garis linier tetapi non linier. Seperti pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Metode van der Pauw

Schroder (1990:10) menyatakan bahwa dengan menganggap ketebalan bahan seragam dan tipis ( $t \ll s$ ), dengan kontak 1,2,3 dan 4 seperti pada gambar 4. Hambatan  $R_{12,34}$  didefinisikan sebagai :

$$R_{12,34} = \frac{V_{34}}{I_{12}} \quad (2.29)$$

Ketika arus  $I_{12}$  masuk ke bahan menembus titik 1 dan arus mengalir keluar menembus titik 2, dan  $V_{34} = V_3 - V_4$  adalah beda potensial diantara titik 3 dan 4. maka resistivitas diberikan sebagai :

$$\rho = \frac{\pi}{\ln 2} R_{12,34} \quad (2.30)$$

persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi :

$$\rho = 4,53tR_{12,34} \quad (2.31)$$

sedangkan konduktivitas listrik kebalikan dari resistivitas :

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2.32)$$

$$\sigma = \frac{1}{4,53tR_{12,34}} \quad (2.33)$$

sama dengan persamaaan 2.24, untuk pengukuran konduktivitas bahan dengan menggunakan metode empat titik.

Metode van der Pauw pada prinsipnya sama seperti metode empat titik, sehingga pada metode ini juga memiliki beberapa keuntungan sama dengan metode empat titik, yaitu :

- 1) hambatan sebar dan hambatan kontak tidak berpengaruh ; dan
- 2) sistem pengukuran dengan menggunakan metode empat titik, bentuk sampel bahan bebas dengan ketebalan seragam.

### 2.3 Teori Ralat Pengukuran

Subekti (2002) menyatakan bahwa dalam pengumpulan data pengukuran suatu besaran terdapat dua tipe kesalahan, yaitu kesalahan sistematik (*sistematik error*) dan kesalahan acak (*random error*).

### 2.3.1 Kesalahan Sistematis

Kesalahan sistematis berasal dari sebab – sebab yang dapat diidentifikasi dan secara prinsip dapat dihilangkan. Kesalahan ini dapat menghasilkan pengukuran yang secara konsisten bernilai terlalu tinggi atau terlalu rendah. Kesalahan sistematis dapat dikategorikan dalam menjadi empat kelompok.

#### 1. Kesalahan Alat

Kesalahan dapat terjadi akibat kalibrasi peralatan yang tidak akurat. Walaupun suatu alat memberikan hasil yang selalu konsisiten dari waktu ke waktu, jika tidak terkalibrasi secara baik maka semua pembacaan menjadi tidak benar.

#### 2. Kesalahan Pengamatan

Banyak kesalahan terjadi akibat kesalahan pengamatan. Pada saat menggunakan stop watch biasanya kita melakukan kesalahan akibat waktu tunda pengamatan suatu kejadian dengan dimulainya menghitung waktu.

#### 3. Kesalahan Lingkungan

Sebagai contoh, akibat panas suatu sumber daya listrik memberikan arus yang terukur secara konsisten menjadi terlalu rendah.

#### 4. Kesalahan Teoritik

Akibat penyederhanaan suatu model atau pendekatan persamaan terkait. Misalnya, jika gaya gesekan terjadi dalam eksperimen dan hal ini diabaikan dalam teori, maka antara teori dan hasil eksperimen akan secara konsisten tidak terjadi kecocokan.

### 2.3.2 Kesalahan Acak

Kesalahan acak terjadi saat suatu pengukuran tidak dapat diulangi secara persis. Kesalahan acak merupakan fluktuasi positif dan negatif yang mengakibatkan setengah pengukuran menjadi terlalu tinggi dan setengah penukuran menjadi terlalu rendah. Asal terjadinya kesalahan acak tidak selalu dapat diidentifikasi. Kemungkinan sumber terjadinya kesalahan acak adalah sebagai berikut :



### 1. Kesalahan Pengamatan

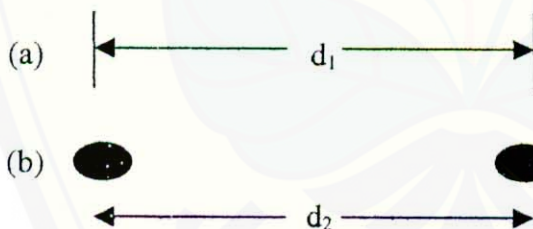
Sebagai contoh kesalahan dalam keputusan pengamatan saat membaca nilai skala terkecil (*nst*) dari suatu alat ukur atau dikenal dengan kesalahan resolusi (*resolution error*).

### 2. Kesalahan Lingkungan

Sering terjadi besaran yang diukur mengalami fluktuasi secara acak. Sebagai contoh fluktuasi yang tidak menentu dari tegangan sumber, temperatur dan getaran mekanik alat.

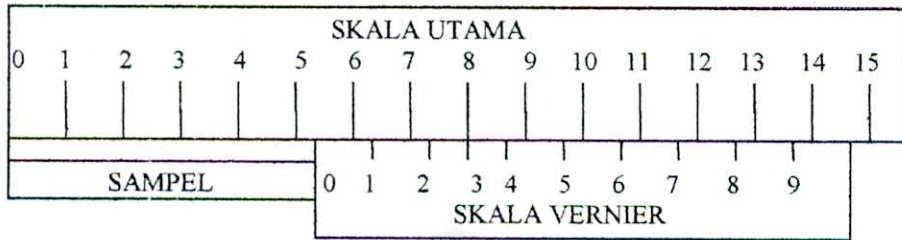
## 2.4 Estimasi Kesalahan Acak

Kita akan mencoba untuk memberikan estimasi kesalahan pengukuran yang bersifat subyektif dan berdasarkan pengalaman. Kita bisa memperlakukan bahwa “kesalahan yang dibuat dari suatu peralatan dapat diperkirakan sebesar nilai skala terkecil (*nst*) yang ada pada peralatan tersebut”. Sebagai contoh, jika kita mengukur posisi tanda 92,4 cm dengan menggunakan penggaris dengan skala terkecil milimeter, maka kita dapat menuliskan hasilnya sebagai  $92,4 \pm 0,1$  cm.



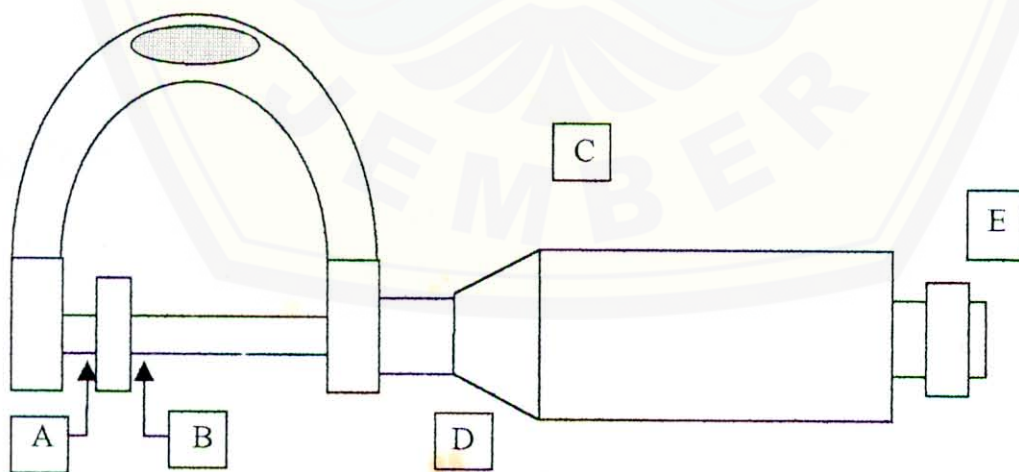
Gambar 5. Estimasi Kesalahan Pada  $d_1$  Nampaknya Lebih Besar Dibandingkan Pada  $d_2$  Akibat Ketidakpastian Dalam Estimasi Pusat Bola

Pada umumnya masih dimungkinkan untuk membaca  $1/5$  dari nilai skala terkecil (*nst*) pada alat ukur komersial, namun kadang – kadang kita menemukan skala yang lebih sulit untuk dibaca secara persis. Gambar 5,  $d_2$  merupakan jarak antara dua pusat bola. Walaupun kita mengukur  $d_1$  dan  $d_2$  dengan penggaris yang sama, kemungkinan  $d_2$  akan lebih besar dibandingkan pada  $d_1$  akibat adanya ketidakpastian menentukan pusat bola.



Gambar 6. Pengukuran Sampel dengan Menggunakan Jangka sorong

Skala vernier pada jangka sorong misalnya dapat memberikan pembacaan dengan ketelitian lebih dari  $1/5$  bagian skala terkecil. Skala vernier merupakan skala pembantu yang dapat digeser sepanjang skala utama. Sebagai contoh pada gambar nampak bahwa panjang sampel dengan jelas berada antara 5 dan 6 bagian skala. Skala vernier menunjukkan angka penting berikutnya adalah 3. Sebab bagian dengan tanda 3 pada skala vernier tepat berada pada salah satu skala utama. Dengan demikian pembacaan panjang sampel adalah 5,3 bagian. Resolusi dimana pembacaan dapat dilakukan dari satu skala dengan satu bagian skala vernier seperti pada gambar memberikan pembacaan  $5,3 \pm 0,1$  bagian skala (Subekti, 2002)



Gambar 7. Pengukuran Sampel dengan Menggunakan Mikrometer



Yulianti (1997:20) mengungkapkan bahwa mikrometer digunakan untuk mengukur panjang, lebar, diameter luar, tinggi. Sedangkan cara menggunakan mikrometer ditunjukkan sesuai langkah-langkah sebagai berikut :

1. Sebelum menggunakan mikrometer perhatikan permukaan A – B apakah sudah bersih dari kotoran, benda-benda kecil dan sebagainya.
2. Dengan memutar skala bantu C maka A dan B akan berimpit. Agar A dan B berimpit betul, putarlah E sejingga bersuara 5 kali (standar laboratorium) dan ini lakukan dengan hati-hati.
3. Perhatikan kedudukan titik “nol”, apabila skala dasar D tidak tepat pada nol, maka perlu dilakukan ralat sistimatik
4. Cara pengukuran :

Letakkan benda A dan B, putar E (5 kali) agar A dan B benar-benar berimpit benda. Apabila skala dasar D menunjukkan harga 2 sedangkan skala bantu C menunjukkan harga 48, maka panjang benda tersebut  $2 \text{ mm} + 0,48 \text{ mm} + \text{ralat sistimatik (bila ada)}$

## 2.5 Perhitungan Kesalahan

Besarnya kesalahan suatu besaran yang merupakan perhitungan dengan menggunakan dua atau lebih hasil pengukuran dapat ditentukan jika estimasi kesalahan masing – masing parameter perhitungan diketahui. Kesalahan yang terjadi dari hasil pengukuran besaran x dapat dinyatakan dalam dua cara, yaitu :

1. Kesalahan absolut atau kesalahan nyata dinyatakan dengan  $\Delta x$ , atau
2. Kesalahan relatif dinyatakan sebagai  $\frac{\Delta x}{x}$  atau dalam bentuk prosentase

dinyatakan sebagai  $\frac{\Delta x}{x} \times 100\%$

Misalnya x, y dan z merupakan tiga hasil pengukuran dengan kesalahan absolut masing – masing sebesar  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  dan  $\Delta z$ . Ketiga hasil pengukuran akan dilaporkan dalam bentuk :

$$x \pm \Delta x$$

$$y \pm \Delta y$$

$$z \pm \Delta z$$



dimana masing – masing kesalahan absolut kemungkinan merupakan skala terkecil dari alat ukur yang dipakai.

Besarnya kesalahan dari besaran  $q$  dapat dihitung dari hasil pengukuran  $x$ ,  $y$  dan  $z$  yang masing – masing memiliki kesalahan sebesar  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  dan  $\Delta z$ . Prosedur untuk menghitung kesalahan pada besaran  $q$  dari  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  dan  $\Delta z$  tergantung bagaimana  $q$  dihitung dari  $x$ ,  $y$  dan  $z$ .

Contoh prosedur untuk menghitung kesalahan pada besaran  $w$ , apabila terdapat hubungan dalam bentuk operasi perkalian sebagai :

$$W = x y$$

dimana  $x$ ,  $y$  merupakan nilai pengukuran dengan estimasi kesalahan  $\Delta x$  dan  $\Delta y$ .

Nilai yang sebenarnya dari  $W$  berada antara :

$$(x + \Delta x)(y + \Delta y) \text{ dan } (x - \Delta x)(y - \Delta y)$$

yaitu antara :

$$(xy + x\Delta y + y\Delta x + \Delta x\Delta y) \text{ dan } (xy - x\Delta y - y\Delta x + \Delta x\Delta y)$$

Karena kita mengharapkan  $\Delta x$  dan  $\Delta y$  berturut – turut berharga jauh lebih kecil dibandingkan dengan  $x$  dan  $y$ , maka suku  $\Delta x\Delta y$  berharga sangat kecil jika dibandingkan dengan  $x \Delta y$  atau  $y \Delta x$ , dengan demikian suku  $\Delta x \Delta y$  dapat diabaikan dari persamaan diatas. Dengan demikian nilai sebenarnya dari  $w$  berada antara :

$$(xy + x\Delta y + y\Delta x) \text{ dan } (xy - x\Delta y - y\Delta x)$$

yaitu antara :

$$w + (x\Delta y + y\Delta x) \text{ dan } w - (x\Delta y + y\Delta x)$$

dengan demikian kesalahan pada  $w$  adalah sebesar :

$$\Delta w = x\Delta y + y\Delta x$$

Bentuk penulisan kesalahan akan lebih meyakinkan jika kedua ruas dibagi dengan  $w = xy$  sebagai :

$$\frac{\Delta w}{w} = \frac{x\Delta y}{xy} + \frac{y\Delta x}{xy}$$

$$\frac{\Delta w}{w} = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}$$

atau :

$$\frac{\Delta w}{w} \times 100\% = \left[ \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \right] + \left[ \frac{\Delta y}{y} \times 100\% \right]$$

Perhitungan yang sama berlaku untuk operasi pembagian  $w = \frac{xy}{z}$  sebagai :

$$w = \frac{xy}{z}$$

maka akan berlaku :

$$\frac{\Delta w}{w} \times 100\% = \left[ \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \right] + \left[ \frac{\Delta y}{y} \times 100\% \right] + \left[ \frac{\Delta z}{z} \times 100\% \right]$$

## 2.6 Pembulatan

Untuk membulatkan hasil pengukuran, berlaku aturan sebagai berikut :

- Untuk angka  $< 5$ , dibulatkan ke bawah.
- Untuk angka  $> 5$ , dibulatkan ke atas.
- Khusus untuk angka 1 di depan, pembulatannya harus sampai angka di depannya.

## BAB III METODOLOGI

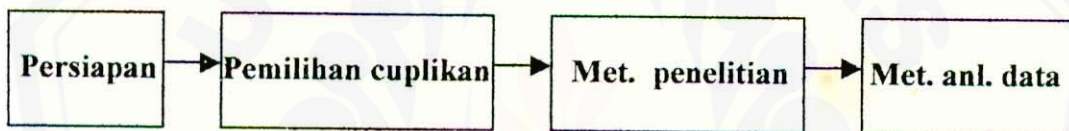


### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengukuran konduktivitas bahan dilakukan pada bulan April sampai dengan Juni 2002 di Laboratorium Fisika tahun II Fakultas MIPA Jurusan Fisika Universitas Jember

### 3.2 Langkah – langkah Penelitian

Langkah – langkah di dalam melakukan penelitian mengikuti diagram blok di bawah ini.



#### 3.2.1 Persiapan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Volt meter digital (*Fluke 8842A multimeter*)
2. Current source (*keithley 220*)
3. Mikro meter
4. Sistem jolok
5. Penjepit kabel
6. Jangka sorong
7. Timah
8. Solder
9. Kabel

#### 3.2.2 Pemilihan Cuplikan

Sebagai sampel eksperimen bahan yang digunakan adalah polipirol, alumunium, dan germanium dengan ketebalan seragam dan tipis ( $t \ll s$ ), sedangkan untuk menentukan ketebalannya digunakan mikro meter.



### 3.2.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode dua titik, empat titik dan van der Pauw, dimana ketiganya memerlukan sumber arus listrik dan sebagai sumber arus listrik digunakan current source (*Keithley 220*). Dalam hal ini arus listrik diubah – ubah (*variabel*) sehingga diperoleh tegangan sesuai berubahnya arus listrik.

### 3.2.4 Proses Pengambilan Data

Proses pengambilan data penelitian dengan menggunakan :

I. Metode dua titik, meliputi :

1. Pembacaan tegangan pada volt meter digital (*fluke 8842A multimeter*).
2. Pembacaan arus listrik pada current source (*Keithley 220*).
3. Pengukuran ketebalan bahan dengan menggunakan alat ukur mikrometer.
4. Pengukuran jarak dua jolok pembawa arus listrik dengan menggunakan jangka sorong.
5. Pengukuran lebar bahan dengan menggunakan jangka sorong.

II. Metode empat titik, meliputi :

1. Pembacaan tegangan pada volt meter digital (*fluke 8842A multimeter*).
2. Pembacaan arus listrik pada current source (*Keithley 220*).
3. Pengukuran ketebalan bahan dengan menggunakan alat ukur mikrometer.

III. Metode van der Pauw, meliputi :

1. Pembacaan tegangan pada volt meter digital (*fluke 8842A multimeter*).
2. Pembacaan arus listrik pada current source (*Keithley 220*).
3. Pengukuran ketebalan bahan dengan menggunakan alat ukur mikrometer.

### 3.2.5 Metode Analisa Data

Kesimpulan dari suatu percobaan sering merupakan perbandingan antara data percobaan dengan teori atau suatu model dalam bentuk persamaan. Sebuah grafik sering digunakan untuk maksud tersebut (Subekti, 1992:8).

Supriadi (1997:5) menyatakan bahwa grafik digunakan untuk menunjukkan suatu informasi untuk dianalisa. Dengan grafik informasi lebih mudah dicerna dari pada dinyatakan dalam kolom atau angka. Beberapa keuntungan menggunakan grafik adalah sebagai berikut :

1) Menggambar suatu hasil

Hasil akhir suatu pekerjaan sering digunakan dalam bentuk grafik, jika terdapat dua variabel atau lebih biasanya digambarkan dalam suatu kelompok.

2) Memonitor kemajuan dari suatu pekerjaan

Data yang diperoleh di plot sehingga dapat segera diketahui pekerjaan yang sudah berlangsung memiliki cukup data dan juga untuk mengetahui kesalahan - kesalahan lebih awal.

3) Perhitungan hasil

Hasil dari suatu percobaan dapat sebara diketahui dengan membaca grafik, yaitu dengan membaca slope atau kemiringan titik – titik potong dengan sumbu grafik.

4) Perbandingan dengan teori

Cara yang paling baik untuk membandingkan kesesuaian antara hasil percobaan dengan teori adalah dengan membuat plot keduanya dalam satu grafik.

5) Persamaan percobaan

Grafik dapat digunakan untuk menurunkan suatu persamaan yang menggambarkan hasil percobaan.

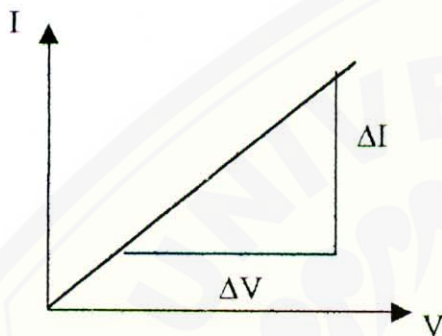
6) Realibilitas

Penyebaran titik – titik pada grafik dapat memberikan petunjuk reabilitas atas stabilitas dari peralatan. Adanya kesalahan sistematik dapat dilihat dari kecenderungan grafiknya.



Bentuk kurva yang paling dikenali adalah berupa garis lurus. Jika kita menginginkan untuk mengetahui apakah suatu grafik cocok dengan suatu fungsi tertentu, kita harus mentransformasikan ke bentuk linier (Subekti, 1992:10).

Dengan melakukan pengukuran secara langsung dapat diketahui linieritas dari hubungan arus dan tegangan. Untuk melihat linieritas antara arus dan tegangan dibutuhkan beberapa pengukuran, dengan hubungan antara arus dan tegangan akan membentuk garis lurus seperti ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 8. Hubungan Antara Tegangan dan Arus Listrik

Dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, hubungan antara arus dan tegangan dapat dituliskan ke dalam bentuk persamaan garis lurus sebagai :

$$I = b V + b_0$$

dimana :  $I$  = Arus

$V$  = Tegangan

$b$  = Slope

$b_0$  = Titik potong pada sumbu Y

Karena  $b_0$  mempunyai nilai yang sangat kecil, maka persamaan garis lurusnya dapat dituliskan menjadi :

$$I = bV$$

untuk memperoleh kemiringan garis (*slope*) hubungan antara arus dengan tegangan dipilih dua titik pada garis (*bukan dua titik pada data*) yang terpisah cukup jauh, dengan :

$$\text{slope} = b = \frac{\Delta I}{\Delta V}$$



dalam hal ini kemiringan garis (*slope*) untuk hubungan antara arus dengan tegangan ditentukan secara langsung dengan menggunakan komputer (*sigma plot*), dengan hubungan antara slope dengan konduktivitas bahan berdasarkan metode dua titik, empat titik dan van der Pauw ditunjukkan berdasarkan persamaan pada tabel 1.

Tabel 1. Hubungan Antara Slope dengan Konduktivitas Listrik Berdasarkan Metode Dua Titik, Empat Titik, dan van der Pauw

Konduktivitas		
Metode Dua Titik	Metode Empat titik	Metode van der Pauw
$\sigma = \frac{\Delta I}{\Delta V} \frac{L}{td}$	$\sigma = \frac{\Delta I}{4,53t\Delta V}$	$\sigma = \frac{\Delta I}{4,53t\Delta V}$

Pengukuran konduktivitas bahan dengan menggunakan metode dua titik, empat titik, dan van der Pauw tidak lepas dari kesalahan pengukuran (*experimental error*) dan analisa kesalahannya disebut sebagai analisa kesalahan pengukuran (*error analysis*), seperti ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Kesalahan Absolut Pengukuran Konduktivitas Listrik dengan Menggunakan Metode Dua titik, Empat titik dan van der Pauw

No	Metode	Persamaan	Kesalahan absolut
1	Dua titik	$\sigma = \frac{\Delta I}{\Delta V} \frac{L}{td}$	$\Delta t = 1/2 \times$ skala terkecil mikrometer $\Delta d =$ skala terkecil jangka sorong $\Delta L =$ skala terkecil jangka sorong
2	Empat titik	$\sigma = \frac{\Delta I}{4,53t\Delta V}$	$\Delta t = 1/2 \times$ skala terkecil mikrometer
3	van der Pauw	$\sigma = \frac{\Delta I}{4,53t\Delta V}$	$\Delta t = 1/2 \times$ skala terkecil mikrometer

Tabel 3. Kesalahan Relatif Pengukuran Konduktivitas Listrik dengan Menggunakan Metode Dua titik, Empat titik dan van der Pauw

No	Metode	Persamaan	Kesalahan relatif
1	Dua titik	$\sigma = \frac{\Delta I L}{\Delta V t d}$	$\frac{\Delta \sigma}{\sigma} \times 100\% = \frac{\Delta I}{I} \times 100\% + \frac{\Delta L}{L} \times 100\% + \frac{\Delta d}{d} \times 100\%$
2	Empat titik	$\sigma = \frac{\Delta I}{4,53 t \Delta V}$	$\frac{\Delta \sigma}{\sigma} \times 100\% = \frac{\Delta I}{I} \times 100\%$
3	van der Pauw	$\sigma = \frac{\Delta I}{4,53 t \Delta V}$	$\frac{\Delta \sigma}{\sigma} \times 100\% = \frac{\Delta I}{I} \times 100\%$

Tabel 4. Penulisan Hasil Pengukuran Konduktivitas Listrik dengan Menggunakan Metode Dua Titik, Empat Titik dan van der Pauw

No	Metode	Persamaan	Kesalahan pengukuran ( $\Delta \sigma$ )	Penulisan hasil
1	Dua titik	$\sigma = \frac{\Delta I L}{\Delta V t d}$	$\Delta \sigma = \left[ \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta d}{d} \right] \sigma$	$\sigma \pm \Delta \sigma$
2	Empat titik	$\sigma = \frac{\Delta I}{4,53 t \Delta V}$	$\Delta \sigma = \left[ \frac{\Delta I}{I} \right] \sigma$	$\sigma \pm \Delta \sigma$
3	van der Pauw	$\sigma = \frac{\Delta I}{4,53 t \Delta V}$	$\Delta \sigma = \left[ \frac{\Delta I}{I} \right] \sigma$	$\sigma \pm \Delta \sigma$





## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari ketiga metode yang digunakan, ternyata metode yang paling baik digunakan untuk pengukuran konduktivitas listrik adalah metode empat titik dan van der Pauw, sedangkan metode dua titik selalu konsisten lebih kecil dari metode empat titik dan van der Pauw, hal ini disebabkan oleh karena adanya hambatan sebar dan hambatan kontak antara jolok logam dengan bahan.

#### 5.2 Saran – saran


Dalam penelitian ini masih terdapat beberapa kelemahan, oleh karena itu diperlukan adanya :

- 1) Di dalam pengukuran konduktivitas listrik tidak terlepas dari pengaruh hambatan kontak, sehingga diperlukan adanya pengukuran hambatan kontak untuk mengetahui pengaruhnya terhadap konduktivitas bahan.
- 2) Jarak jolok (*probe*) untuk terminal tegangannya dengan menggunakan metode dua titik, empat titik, dan van der Pauw untuk bahan yang sama harus dibuat sama, karena sangat berpengaruh terhadap pengukuran konduktivitas listrik.
- 3) Pengukuran konduktivitas listrik sangat dipengaruhi oleh besar arus dan tegangan, oleh karena itu untuk mengetahui kesalahan pengukuran konduktivitas listrik harus ditentukan ralat pengukuran untuk arus dan tegangan.
- 4) Diperlukan adanya sistem yang dapat mengontrol tekanan antara jolok (*probe*) dengan bahan, agar tidak terjadi perubahan pembacaan tegangan pada volt meter digital (*fluke 8842 A multimeter*).



## DAFTAR PUSTAKA

- Blood, P. and J. W. Orton. 1992. The electrical Characterization of semikonduktor majority Carriers and Electron States. Oxford : university of Oxford
- Badan Penerbit Universitas Jember. 1998. Pedoman Penulisan Karya Ilmiah. Jember : Universitas Jember
- Hecht, E. 1994. Physics. California : Adelphy University.
- Schroder, D.K. 1990. Semikonduktor Material and Device Characterization. Arizona : Arizona State University.
- Subekti, A. 2002. Pengantar Eksperimen Fisika. Jember. Universitas Jember.
- Subekti, A. 1992. Alat – alat Ukur Listrik. Jember : Universitas Jember.
- Sapiie, S dan Nishino, O. 2000. Pengukurandan Alat-alat Ukur Listrik. Jakarta : PT. Pradnya Paramita
- Supriadi, B. 1997. Petunjuk Praktikum Fisika Dasar I. Jember : Universitas Jember
- Tim Fisika Zat Padat. 2000. Fisika Zat Padat. Jember : Universitas Jember.
- Yulianti, N. 1997. Petunjuk Praktikum Fisika Dasar. Jember : Univesitas Jember



**LAMPIRAN - LAMPIRAN**

BORANG TA-06

SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

Kami selaku Dosen Pembimbing Utama/Anggota yang mengawasi penelitian/percobaan mahasiswa sebagai tersebut di bawah ini :

Nama : Soni Hari Kurnianto  
NIM : 971810201015  
Jurusan/PS : Fisika  
Semester : XI

menerangkan dengan sebenarnya bahwa mahasiswa yang bersangkutan betul-betul telah melaksanakan penelitian/percobaan, tentang Pengukuran Konduktivitas Bahan - Listrik

Bertempat : Laboratorium Fisika Tahun II Fakultas MIPA Universitas Jember  
Dimulai tanggal April s/d Juni

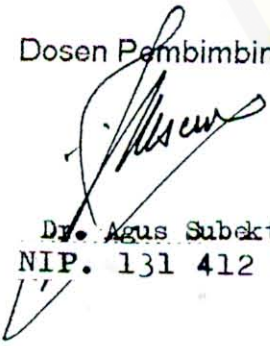
Surat keterangan ini dibuat sebagai persyaratan pengajuan permohonan ujian Tugas Akhir/Skripsi.


Demikian untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jember, 19 Oktober 2002.....

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota

  
Dr. Agus Subekti, M.Sc  
NIP. 131 412 121

  
Drs. Imam rofi'i, M.Sc  
NIP. 131 975 310



Kepada Yth : Ketua Jurusan Fisika  
Fakultas MIPA UNEJ  
Jember

Dengan hormat,  
Yang bertanda tangan di bawah ini :

1. Nama : Soni Hari Kurnianto  
2. Nomor Induk Mahasiswa : 971810201015  
3. Jurusan : Fisika  
4. Semester : XI  
5. Tempat Tanggal Lahir : Jember, 18 - 12 - 1978  
6. Alamat Asal : Jember

Berdasarkan Surat Penetapan Dosen Pembimbing Tugas Akhir/Skripsi oleh  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

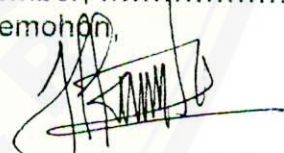
Nomor : .....  
Tanggal : .....  
Judul Karya Ilmiah Tertulis : Pengukuran Konduktivitas Bahan Listrik

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Agus Subekti, M.Sc  
Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Imam rofi'i, M.Sc

Dengan ini kami mohon diuji Tugas Akhir/ Skripsi kami.  
Syarat-syarat yang harus kami penuhi telah kami laksanakan.

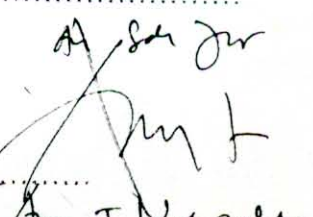
Atas pemberian kesempatan ujian, dengan ini kami ucapkan terima kasih.

Jember, 19 Oktober 2002  
Pemohon,

  
..... Soni Hari Kurnianto.  
NIM.971810201015

DISPOSISI :

(Sabtu, 9 November 2002)  
1. Ujian ditetapkan hari/tanggal : Senin, 4 Nopember 2002  
2. Tim Penguji :  
Ketua : Dr. Agus Subekti, M.Sc  
Sekretaris : Drs. Imam rofi'i, M.Sc  
Anggota : Drs. Sujito, Ph.D  
Sutisna, M.Si

  
Ketua Jurusan/  
Komisi Bimbingan  
Jurusan Fisika

Departemen Pendidikan Nasional RI  
Universitas Jember  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Nomor : 188 / Jur Fis / PP / 2002  
Lampiran :  
Perihal :



Kepada : Yth. Dekan  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember  
di-  
Jember

Sehubungan dengan surat permohonan pelaksanaan ujian oleh mahasiswa tersebut di bawah ini :

Nama : Soni Hari Kurnianto  
N I M : 971810201015  
Jurusan : Fisika

maka diberitahukan bahwa pelaksanaan ujian ditetapkan pada:

- Sabtu, 9 November 2002  
1. Ujian ditetapkan hari/ tanggal: ~~Senin, 4 November 2002~~ ✓  
2. Tim Penguji : Ketua : Dr. Agus Subekti, M.Sc  
Sekretaris : Drs. Imam rofi'isi M.Sc  
Anggota : Drs. Sujito, P.hD  
Drs Sutisna, MSI

Demikian mohon dapatnya dibuatkan surat tugas untuk tim penguji yang bersangkutan.

Atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Jember, 19 Oktober 2002.....  
Ketua Jurusan Fisika.....

Dr. Sujito, P.hD  
NIP. 131 756 172