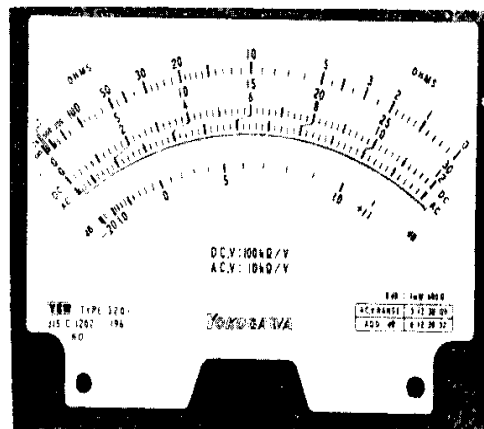
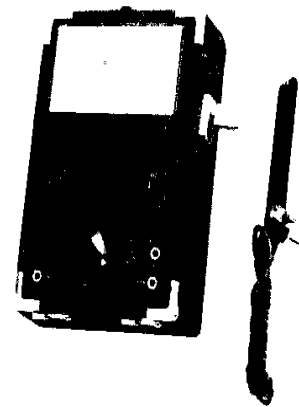


# Pembacaan **BESARAN-BESARAN LISTRIK**



(a) Skala.



(b) kira-kira 190 x 124 x 71 mm  
kira-kira 0,87 kg.

**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM  
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

**2004**

Kode FIS.03

# Pembacaan Besaran-besaran Listrik

Penyusun:

*Drs. Eko Hariyono, M.Pd.*

Editor:

*Dr. Budi Jatmiko, M.Pd.*

Drs. Munasir, M.Si.

**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM  
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

**2004**

# Kata Pengantar

---

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan hidayah-Nya, kami dapat menyusun bahan ajar modul manual bidang keahlian Multimedia dan Teknik Komputer dan Jaringan. Modul yang disusun ini menggunakan pendekatan pembelajaran berdasarkan kompetensi, sebagai konsekuensi logis dari kurikulum SMA di edisi 2004 yang menggunakan pendekatan kompetensi (CBT: Competency Based Training).

Sumber dan bahan ajar kurikulum SMK Edisi 2004 adalah modul, baik modul manual maupun interaktif dengan mengacu pada Standar Kompetensi Nasional (SKN) atau standarisasi pada dunia kerja dan industri. Dengan modul ini, diharapkan digunakan sebagai sumber belajar pokok oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi kerja standar yang diharapkan dunia kerja dan industri.

Modul ini disusun melalui beberapa tahapan proses, yakni mulai dari penyiapan materi modul, penyusun naskah secara tertulis, kemudian disetting dengan bantuan alat-alat komputer, serta divalidasi dan diujicobakan empirik secara terbatas. Validasi dilakukan dengan teknik telaah ahli (*expert-judgment*), sementara ujicoba empirik dilakukan pada beberapa peserta didik SMK. Harapannya modul yang telah disusun ini, merupakan bahan dan sumber belajar yang berbobot untuk membekali peserta diklat kompetensi kerja yang diharapkan. Namun demikian, karena dinamika perubahan di dunia industri begitu cepat terjadi, maka modul ini masih akan selalu dimintakan masukan untuk bahan perbaikan atau direvisi agar supaya selalu relevan dengan kondisi lapangan.

Pekerjaan berat ini dapat terselesaikan tentu dengan banyaknya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang perlu diberikan penghargaan dan ucapan terima kasih. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini tidak berlebihan bilamana disampaikan rasa terimakasih dan penghargaan yang sebesar-

besarnya kepada berbagai pihak, terutama tim penyusun modul (penulis, editor, tenaga komputerisasi modul,) atas dedikasi, pengorbanan waktu, tenaga, dan pikiran untuk menyelesaikan penyusunan modul ini.

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pakar di bidang psikologi, praktisi dunia usaha dan industri, dan pakar akademik sebagai bahan untuk melakukan peningkatan kualitas modul. Diharapkan para pemakai berpegang pada keterlaksanaan, kesesuaian dan fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan IPTEK pada dunia usaha industri dan potensi SMK dan dukungan dunia usaha industri dalam rangka membekali kompetensi yang standar bagi peserta didik.

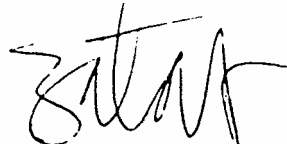
Demikian, semoga modul ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya peserta diklat SMK Bidang Keahlian Multimedia dan Teknik Komputer dan Jaringan, atau prktisi yang sedang mengembangkan bahan ajar modul SMK.

Jakarta, Desember 2004

a.n. Direktorat Jenderal Pendidikan

Dasar dan Menengah

Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan,



Dr. Ir. Gatot Hari Priowirjanto, M.Sc.

NIP. 130 675 814

# DAFTAR ISI

---

|   |                            |      |
|---|----------------------------|------|
| ✍ | Halaman Sampul .....       | i    |
| ✍ | Halaman Francis .....      | ii   |
| ✍ | Kata Pengantar .....       | iii  |
| ✍ | Daftar Isi .....           | v    |
| ✍ | Peta Kedudukan Modul ..... | vii  |
| ✍ | Daftar Judul Modul .....   | viii |
| ✍ | Glosary .....              | ix   |

## I. PENDAHULUAN

|    |                                 |   |
|----|---------------------------------|---|
| a. | Deskripsi .....                 | 1 |
| b. | Prasarat .....                  | 1 |
| c. | Petunjuk Penggunaan Modul ..... | 1 |
| d. | Tujuan Akhir .....              | 2 |
| e. | Kompetensi .....                | 3 |
| f. | Cek Kemampuan .....             | 4 |

## II. PEMELAJARAN

|           |   |          |
|-----------|---|----------|
| <b>A.</b> | <b>Rencana Belajar Peserta Diklat .....</b> | <b>6</b> |
|-----------|---|----------|

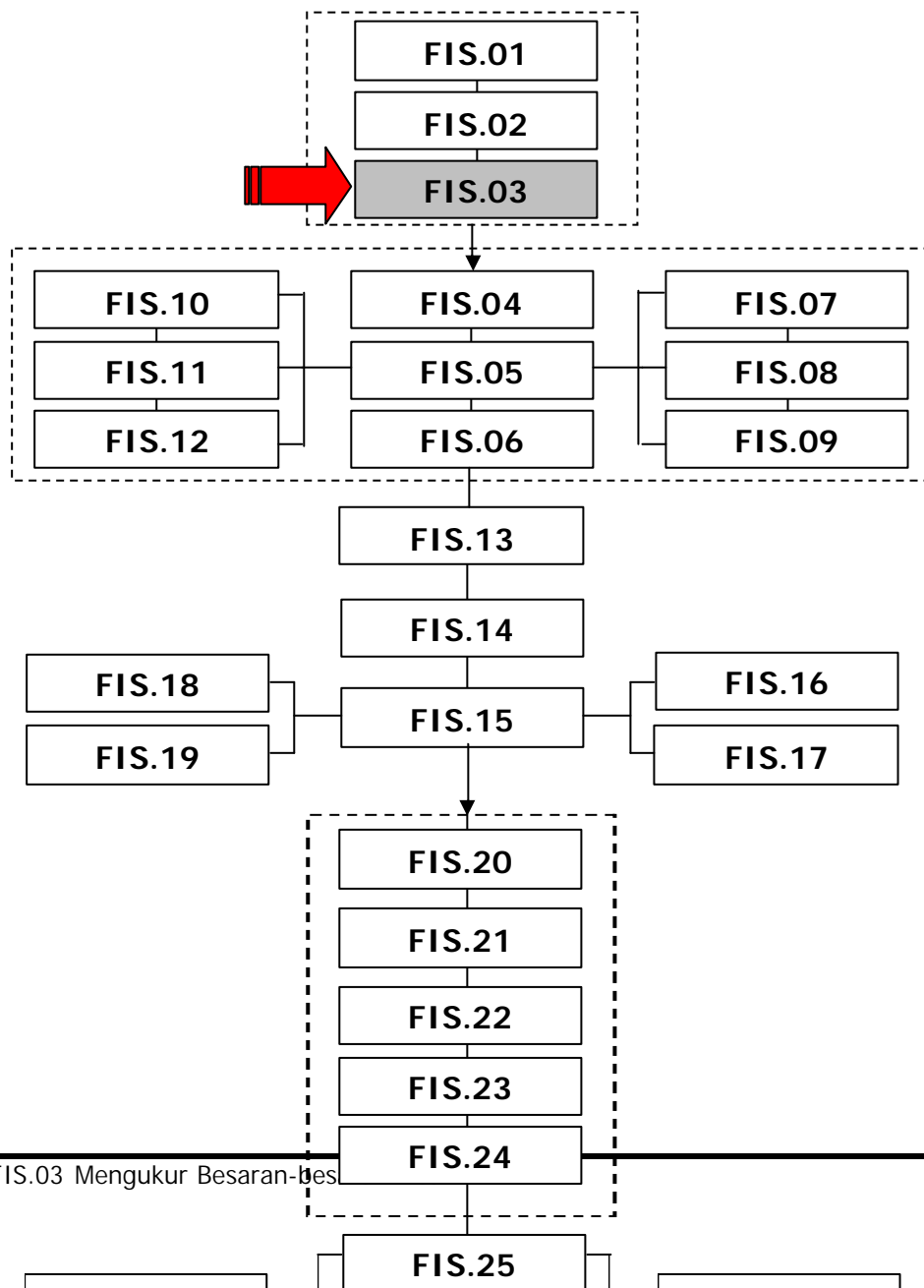
### B. Kegiatan Belajar

|           |                                      |           |
|-----------|--------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b><i>Kegiatan Belajar</i> .....</b> | <b>7</b>  |
| a.        | Tujuan Kegiatan Pemelajaran .....    | 7         |
| b.        | Uraian Materi .....                  | 7         |
| c.        | Rangkuman .....                      | 20        |
| d.        | Tugas .....                          | 20        |
| e.        | Tes Formatif .....                   | 21        |
| f.        | Kunci Jawaban .....                  | 21        |
| g.        | Lembar Kerja .....                   | 22        |
| <b>2</b>  | <b><i>Kegiatan Belajar</i> .....</b> | <b>23</b> |
| a.        | Tujuan Kegiatan Pemelajaran .....    | 23        |
| b.        | Uraian Materi .....                  | 23        |
| c.        | Rangkuman .....                      | 32        |
| d.        | Tugas .....                          | 32        |
| e.        | Tes Formatif .....                   | 32        |
| f.        | Kunci Jawaban .....                  | 32        |
| g.        | Lembar Kerja .....                   | 34        |

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| <b>3 Kegiatan Belajar</b> .....      | 36 |
| a. Tujuan Kegiatan Pemelajaran.....  | 36 |
| b. Uraian Materi .....               | 36 |
| c. Rangkuman .....                   | 51 |
| d. Tugas.....                        | 52 |
| e. Tes Formatif .....                | 52 |
| f. Kunci Jawaban .....               | 52 |
| g. Lembar Kerja .....                | 54 |
| <br>                                 |    |
| <b>III. EVALUASI</b>                 |    |
| A. Tes Tertulis .....                | 57 |
| B. Tes Praktik.....                  | 58 |
| <br>                                 |    |
| <b>KUNCI JAWABAN</b>                 |    |
| A. Tes Tertulis .....                | 59 |
| B. Lembar Penilaian Tes Praktik..... | 60 |
| <br>                                 |    |
| <b>IV. PENUTUP</b> .....             | 63 |
| <br>                                 |    |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....          | 64 |

# Peta Kedudukan Modul

---



# DAFTAR JUDUL MODUL

---

| No. | Kode Modul | Judul Modul                            |
|-----|------------|--|
| 1   | FIS.01     | Sistem Satuan dan Pengukuran           |
| 2   | FIS.02     | Pembacaan Masalah Mekanik              |
| 3   | FIS.03     | Pembacaan Besaran Listrik              |
| 4   | FIS.04     | Pengukuran Gaya dan Tekanan            |
| 5   | FIS.05     | Gerak Lurus                            |
| 6   | FIS.06     | Gerak Melingkar                        |
| 7   | FIS.07     | Hukum Newton                           |
| 8   | FIS.08     | Momentum dan Tumbukan                  |
| 9   | FIS.09     | Usaha, Energi, dan Daya                |
| 10  | FIS.10     | Energi Kinetik dan Energi Potensial    |
| 11  | FIS.11     | Sifat Mekanik Zat                      |
| 12  | FIS.12     | Rotasi dan Kestimbangan Benda Tegar    |
| 13  | FIS.13     | Fluida Statis                          |
| 14  | FIS.14     | Fluida Dinamis                         |
| 15  | FIS.15     | Getaran dan Gelombang                  |
| 16  | FIS.16     | Suhu dan Kalor                         |
| 17  | FIS.17     | Termodinamika                          |
| 18  | FIS.18     | Lensa dan Cermin                       |
| 19  | FIS.19     | Optik dan Aplikasinya                  |
| 20  | FIS.20     | Listrik Statis                         |
| 21  | FIS.21     | Listrik Dinamis                        |
| 22  | FIS.22     | Arus Bolak-Balik                       |
| 23  | FIS.23     | Transformator                          |
| 24  | FIS.24     | Kemagnetan dan Induksi Elektromagnetik |



|    |        |  |
|----|--------|--|
| 25 | FIS.25 | Semikonduktor                                |
| 26 | FIS.26 | Piranti semikonduktor (Dioda dan Transistor) |
| 27 | FIS.27 | Radioaktif dan Sinar Katoda                  |
| 28 | FIS.28 | Pengertian dan Cara Kerja Bahan              |

## GLOSSARY

| ISTILAH        | KETERANGAN  |
|----------------|---|
| Ampere         | Satuan kuat/besar arus listrik                                      |
| Ampermeter     | Instrumen pengukur kuat arus listrik                                |
| Coulomb        | Satuan muatan listrik   |
| Elektromagnet  | Magnet listrik  |
| Elektrodinamis | Sifat kelistrikan yang bergerak                                     |
| Elemen         | Sel listrik = sumber arus listrik searah                            |
| Energi         | Kemampuan melakukan usaha/kerja                                     |
| Farad          | Satuan kapasitas pada kapasitor                                     |
| Flux           | Garis gaya magnet   |
| Frekwensi      | Getaran listrik tiap detik  |
| Galvanometer   | Instrumen pengukur arus lemah/kecil                                 |
| Henry          | Satuan induktansi pada induktor                                     |
| Instrumen      | Alat ukur   |
| Isolasi        | Penyekat, bahan sekat   |
| Kapasitas      | Isi muatan  |
| Kapasitor      | Komponen listrik yang berfungsi untuk menyimpan muatan              |
| Kalibrasi      | Penyesuaian/menyamakan  |
| Kilo watt      | Satuan daya listrik   |
| Kilo watt hour | Satuan energi listrik   |
| KWh-meter      | Instrumen pengukur energi listrik                                   |
| Kwadratis      | Berfungsi kwadrat   |
| Ohm            | Satuan tahanan/hambatan   |
| Ohmmeter       | Instrumen pengukur tahanan listrik                                  |
| Paralel        | sejajar   |
| Peredam        | Alat/sistem untuk mengurangi/menghambat (suara, gaya, gerakan, dsb) |
| Potensial      | Tegangan pada suatu titik   |
| Prinsip        | Azas, dasar, pokok  |
| Periodik       | Berubah berkala secara teratur                                      |
| Rectifier      | Penyearah arus  |

|                     |  |
|---------------------|--|
| Reluktansi          | Tahanan kemagnitan                                   |
| Resistance          | Sifat menahan  |
| Resistor            | Tahanan/hambatan                                     |
| Ratio               | Perbandingan   |
| Rotary switch       | Saklar putar   |
| Sakelar             | Penyambung dan pemutus rangkaian                     |
| Seri                | Deret  |
| Simbol              | Lambang  |
| Simetris            | Seimbang   |
| Shunt               | Tahanan yang disambungkan ampermeter atau volt meter |
| Thermis             | Sifat panas  |
| Thermocouple elemen | Elemen termis  |
| Momen penentang     | Momen lawan  |
| Tegangan            | Beda potensial                                       |
| Volt                | Satuan tegangan listrik                              |
| Voltmeter           | Instrumen pengukur tegangan listrik                  |
| Watt                | Satuan daya listrik                                  |
| Wattmeter           | Instrumen pengukur daya listrik                      |



# BAB I. PENDAHULUAN

---

## A. Deskripsi

Dalam modul ini akan mempelajari tentang “Mengukur Besaran-besaran Listrik”. Pembahasan modul ini diawali dengan pembahasan besaran-besaran listrik baik besaran pokok maupun besaran turunan, satuan-satuan yang menyertai besaran-besaran listrik dan kegiatan pengukuran terhadap besaran-besaran listrik dengan menggunakan piranti ukur yang sesuai.

Mengukur adalah mencari tahu akan harga sesuatu besaran atau variabel. Tetapi adapula kalanya orang melakukan pengukuran guna mengendalikan suatu proses agar berjalan sesuai dengan aturan yang telah ditentukan. Cara-cara melakukan pengukuran adalah hal penting. Hasil yang benar dan cermat tidak saja ditentukan oleh pilihan piranti ukur yang tepat, melainkan ditentukan juga oleh metoda pengukuran yang diterapkan. Dalam pengukuran tidak selalu diperlukan piranti ukur yang mahal dan rumit. Meskipun digunakan piranti yang berkualitas namun kalau cara melakukan pengukuran tidak benar hasilnya tidak akan berguna.

Dalam pengukuran besaran terutama besaran-besaran listrik, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam rangka mendapatkan hasil pengukuran yang tepat yaitu piranti (*instrumen*) merupakan sarana yang digunakan untuk melaksanakan kegiatan pengukuran, kecermatan (*accuracy*) yaitu selisih hasil pengukuran dibandingkan dengan harga yang sebenarnya, ketelitian (*precision*) yaitu ukuran ketepatan hasil pengukuran, semakin kecil tingkat kesalahan maka dikatakan alat ukur semakin teliti, dan kesalahan (*error*) yaitu simpangan dari harga sebenarnya terhadap variabel yang diukur. Semakin besar simpangan hasil

suatu pengukuran dapat dikatakan hasil pengukuran tersebut semakin tidak teliti.

## **B. Prasyarat**

Agar dapat mempelajari modul ini anda harus telah dapat memahami besaran-besaran listrik dan satuannya, mengenal alat-alat ukur listrik sekaligus mampu mengoperasikannya. Mampu melakukan pengukuran besaran-besaran listrik misalnya arus, tegangan dan hambatan untuk sumber arus kecil. Dan juga harus mempelajari modul yang berkaitan dengan pengukuran besaran-besaran fisika yang lain sehingga menambah pengetahuan terhadap teknik pengukuran.

## **C. Petunjuk Penggunaan Modul**

1. Mempelajari daftar isi serta skema kedudukan modul dengan cermat dan teliti karena dalam skema modul akan nampak kedudukan modul yang sedang anda pelajari ini diantara modul-modul yang lain.
2. Memperhatikan langkah-langkah dalam melakukan pembelajaran dengan benar untuk mempermudah dalam memahami suatu proses pekerjaan, sehingga diperoleh hasil yang maksimal.
3. Memahami setiap materi teori dasar yang akan menunjang penguasaan suatu pekerjaan dengan membaca secara teliti. Apabila terdapat evaluasi, maka kerjakan evaluasi tersebut sebagai sarana latihan.
4. Menjawab tes formatif dengan jawaban yang singkat dan jelas serta kerjakan sesuai dengan kemampuan anda setelah mempelajari modul ini.
5. Bila terdapat penugasan, tugas tersebut dikerjakan dengan baik dan jika perlu dikonsultasikan dengan guru/instruktur.
6. Mencatat kesulitan yang anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan kepada guru pada saat kegiatan tatap muka. Membaca referensi lain yang berhubungan dengan materi modul agar anda mendapatkan pengetahuan tambahan.

## D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari modul ini diharapkan anda dapat:

- ✍ Mengenal besaran-besaran listrik dan satuannya.
- ✍ Mengenal karakteristik alat ukur listrik.
- ✍ Melakukan kegiatan pengukuran besaran-besaran listrik dengan alat ukur dan besaran yang diukur.
- ✍ Menentukan hasil pengukuran.

## E. Kompetensi

Kompetensi : MENGUKUR BESARAN-BESARAN LISTRIK  
 Program Keahlian : Program Adaptif  
 Mata Diklat-Kode : FISIKA-FIS.03  
 Durasi Pembelajaran: 10 jam @ 45 menit

| Sub Kompetensi                    | Kriteria unjuk kerja  | Lingkup belajar   | Materi Pokok Pembelajaran                   |   |  |
|-----------------------------------|---|---|---|---|--|
|                                   |   |   | Sikap                                       | Pengetahuan   | Ketrampilan  |
| Mengukur besaran-besaran listrik. | ? Besaran listrik diukur sesuai dengan satuan menurut SI.<br>? Besaran turunan diturunkan dari besaran pokok listrik. | ? Besaran pokok listrik.<br>? Besaran turunan<br>? Satuan SI<br>? Pelaksanaan pekerjaan yang menggunakan alat ukur listrik. | ? Teliti dalam menerapkan sistem satuan SI. | ? Pengertian besaran pokok dan besaran turunan dalam SI.<br>? Pengertian satuan<br>? Penetapan satuan standar | ? Menerapkan prinsip-prinsip pembacaan alat-alat ukur listrik. |

## F. Cek Kemampuan Konsep

Kerjakanlah soal-soal berikut ini, jika anda dapat mengerjakan sebagian atau semua soal berikut ini, maka anda dapat meminta langsung kepada instruktur atau guru untuk mengerjakan soal-soal evaluasi untuk materi yang telah anda kuasai pada BAB III.

1. Apakah yang anda ketahui tentang besaran-besaran listrik?
2. Bagaimana anda menerapkan sistem satuan dalam besaran-besaran listrik?
3. Berikan beberapa contoh besaran-besaran pokok listrik dan besaran turunannya?
4. Jelaskan hal-hal penting apa saja yang harus diperhatikan dalam melakukan pengukuran besaran-besaran listrik?
5. Persyaratan apa saja yang harus dipenuhi sebelum anda melakukan pengukuran suatu besaran listrik?
6. Faktor-faktor apa sajakah yang mempengaruhi ketepatan hasil pengukuran?
7. Dalam pengukuran listrik perlu diperhatikan bagaimana kedudukan alat ukur dalam rangkaian. Mengapa hal tersebut harus diperhatikan?
8. Hasil pengukuran yang diperoleh kadang kala belum bisa dipastikan kebenarannya. Apa yang akan Anda lakukan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang mendekati nilai yang sebenarnya?
9. Tidak semua besaran listrik dapat diketahui nilainya secara langsung melalui hasil pengukuran. Bagaimana anda bisa menentukan nilai besaran tersebut?
10. Jika anda diberikan sebuah multimeter untuk mengukur besarnya kuat arus dalam rangkaian, hal apa saja yang akan anda lakukan hingga anda memperoleh hasil pengukuran yang benar?



# BAB II. PEMBELAJARAN

---

## A. Rencana Belajar Peserta Diklat

Kompetensi : Mengukur Besaran dan Satuan  
Sub kompetensi : Mengukur Besaran-besaran Listrik

Tuliskan semua jenis kegiatan yang anda lakukan di dalam tabel kegiatan di bawah ini. Jika ada perubahan dari rencana semula, berilah alasannya kemudian mintalah tanda tangan kepada guru atau instruktur anda.

| Jenis kegiatan | Tanggal | Waktu | Tempat Belajar | Alasan Perubahan | Tanda Tangan Guru |
|----------------|---------|-------|----------------|------------------|-------------------|
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |
|                |         |       |                |                  |                   |

## B. Kegiatan Belajar

### 1. Kegiatan Belajar 1

#### a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar 1, diharapkan anda dapat:

- ✍️ Menyebutkan besaran-besaran listrik baik besaran pokok maupun besaran turunan.
- ✍️ Mengidentifikasi besaran-besaran tersebut sesuai dengan satuannya.
- ✍️ Mengidentifikasi alat ukur yang sesuai dengan besaran yang diukur.
- ✍️ Menjawab dengan benar soal-soal tes formatif.

#### b. Uraian Materi

Besaran adalah keadaan dan sifat-sifat benda yang dapat diukur. Besaran dapat dibedakan menjadi dua yaitu besaran dasar (pokok) dan besaran turunan. Besaran dasar (pokok) adalah besaran yang tidak dapat lagi dinyatakan dengan besaran lain yang lebih sederhana. Sedang besaran turunan adalah besaran yang dapat dinyatakan atau diturunkan dari besaran dasar (pokok). Dalam fisika dikenal 7 macam besaran dasar (pokok) yaitu panjang, massa, waktu, suhu, kuat arus, suhu, jumlah zat dan intensitas cahaya. Sedangkan contoh untuk besaran turunan, beberapa diantaranya: kecepatan, percepatan, gaya, energi, daya, momentum dan sebagainya.

Sifat-sifat fisis suatu benda dapat dipelajari secara kualitatif dan kuantitatif. Untuk mempelajari sifat dan keadaan benda secara kuantitatif diperlukan pengukuran. Hasil pengukuran dinyatakan dalam bilangan dan satuan. Setiap besaran memiliki satuan yang berbeda dengan besaran lainnya. Penggunaan satuan-satuan dalam kaitan antara besaran yang satu dengan yang lain perlu diatur, suatu sistem yang mengatur penggunaan satuan-satuan disebut sistem satuan.

Ada empat macam sistem satuan yaitu:

- ✍ Sistem statis (besar dan kecil)
- ✍ Sistem dinamis (MKS dan CGS)
- ✍ Sistem inggris (absolut dan teknik)
- ✍ Sistem internasional (SI)

Dalam ilmu teknik, orang menggunakan sistem satuan yang dikenal dengan **Sistem Internasional** yang disebut **sistem SI**. Sistem ini memuat tujuh satuan dasar dalam tabel berikut:

Tabel 1.  
Beberapa besaran pokok dalam SI

| Besaran (kwantitas) | Satuan Dasar    |         |
|---------------------|-----------------|---------|
|                     | Nama            | Lambang |
| Panjang             | meter           | m       |
| Massa               | kilogram        | kg      |
| Waktu               | detik (sekon)   | d (s)   |
| Arus listrik        | ampere          | a       |
| Suhu                | kelvin          | k       |
| Kuat cahaya         | lilin (kandela) | cd      |
| Jumlah zat          | mol             | mol     |

Satuan-satuan dasar tersebut didefinisikan berdasarkan kejadian alami (Fisika) sebagai berikut:

- ✍ Satuan panjang standar adalah 1 meter yaitu  $1,650763,72 \times$  panjang gelombang yang dipancarkan oleh atom kripton-86 pada peralihan tingkat energi  $2P_{10}$  dan  $5d_5$ .
- ✍ Satuan massa standar adalah 1 kg yang didefinisikan sebagai massa suatu silinder yang terbuat dari platina iridium yang disimpan di kota Sevres Perancis.
- ✍ Satuan waktu standar adalah 1 detik (sekon) yaitu  $9192631,77$  kali frekuensi pancaran yang dikeluarkan pada peralihan elektron atom cesium  $133$  antara dua tingkat hyperfine yaitu tingkat  $f = 4, m_f = 0$  ke tingkat  $f = 3, m_f = 0$ .

- ✍ Satuan arus listrik adalah Amper yaitu arus listrik yang bila dialirkan dalam dua kawat lurus sejajar yang sangat panjang jaraknya 1 meter dalam hampa, menghasilkan gaya sebesar  $2 \times 10^{-7}$  newton pada setiap meter kawat.
- ✍ Satuan suhu standar adalah 1 Kelvin yaitu  $1/273,16$  kali suhu titik tripel.
- ✍ Satuan intensitas cahaya adalah 1 kandela yaitu intensitas cahaya dalam arah tegak lurus pada permukaan benda hitam seluas  $1/600 \text{ m}^2$  pada suhu cair platina pada tekanan luar  $101.325 \text{ N/m}^2$ . Satuan gram molekul standar adalah 1 mole yaitu banyaknya zat yang mengandung unsur dasar zat yang sama jumlahnya dengan jumlah atom carbon-12 yang massanya 0,012 kg.

Dalam sistem satuan Inggris, selain satuan feet, besaran panjang sering kali dinyatakan dalam satuan inci atau mil. Untuk menyatakan besaran dari sistem satuan tertentu ke sistem satuan lainnya diperlukan angka konversi seperti yang dicontohkan di bawah ini:

|                |                |
|----------------|----------------|
| 1 inchi        | = 2,54 cm      |
| 1feet          | = 1,2 inc      |
| 1 feet         | = 0,305 m      |
| 1 mil          | = 5280 ft      |
| 1 Angstrom (Å) | = $10^{-10}$ m |
| 1 mikron (? m) | = $10^{-6}$ m  |
| 1 nano m (nm)  | = $10^{-9}$ m  |

Dari ketujuh satuan dasar di atas, diturunkan satuan-satuan baru yang disebut satuan turunan atau satuan jabaran. Satuan-satuan ini juga dimuat dalam sistem SI. Contoh:

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| Satuan kecepatan        | : meter per detik |
| Satuan tegangan listrik | : volt            |
| Satuan hambatan         | : ohm             |
| Satuan muatan           | : coulomb         |

Pada tabel 1 di atas, ternyata hanya satu besaran listrik saja yang didefinisikan yaitu ampere. Satuan-satuan listrik yang lain (volt, ohm,

farad, coulomb dan lain-lain) dijabarkan dari satuan ampere tersebut. Dalam pemakaian pengukuran besaran listrik diukur dalam satuan praktis dan harga efektif. Untuk memudahkan dalam memahaminya dibuat ringkasan seperti pada daftar di bawah.

**Tabel 2**  
Besaran-besaran listrik untuk arus searah

| Besaran      | Simbol | Satuan  | Singkatan |
|--------------|--------|---------|-----------|
| Kuat arus    | I      | Ampere  | A         |
| Tegangan     | E      | Volt    | V         |
| Tahanan      | R      | Ohm     | ?         |
| Daya listrik | W      | Watt    | W         |
| Usaha/kerja  | A      | Wattjam | Wh        |

Untuk arus bolak balik, rumus-rumus di atas dapat dipakai apabila arus dan tegangannya selaras atau  $\cos \phi = 1$ .

**Tabel 3**  
Besaran-besaran untuk arus bolak-balik

| Besaran      | Simbol      | Satuan | Singkatan |
|--------------|-------------|--------|-----------|
| Frekuensi    | F           | Hertz  | Hz        |
| Daya nyata   | W           | Watt   | W         |
| Daya buta    | Wb          | Watt   | W         |
| Daya semu    | Ws          | Watt   | W         |
| Faktor kerja | $\cos \phi$ | -      | -         |
| Kapasitas    | C           | Farad  | F         |
| Induktansi   | L           | Henry  | H         |

Alat ukur listrik adalah alat untuk mengukur besaran-besaran listrik seperti muatan, arus, tegangan, dan lain-lain. Alat ukur listrik ini sangat diperlukan di dalam percobaan yang dilakukan di laboratorium. Pada perkembangan terakhir banyak upaya yang dilakukan untuk mengkonversikan besaran-besaran fisis ke dalam besaran listrik, karena dengan besaran listrik tersebut memudahkan pengolahan data yang diperoleh sehingga hasil pengukuran dan pengolahan datanya dapat langsung disajikan dalam bentuk digital dan bahkan dalam layar komputer.

Seperti halnya dengan alat ukur-alat ukur yang lain, alat ukur listrik dapat dibedakan atas alat ukur absolut dan alat ukur sekunder. Pada alat ukur absolut, nilai besaran-besaran listrik yang akan diukur dapat ditentukan berdasarkan konstanta-konstanta dari alat ukur itu sendiri. Contoh dari alat ukur absolut tersebut adalah tangen galvanometer dan voltmeter. Pada alat ukur sekunder, hasil pengukuran di dapat dari penunjukkan jarum pada skala atau dalam bentuk lain yang nilainya telah dikalibrasikan atau dibandingkan dengan alat ukur absolut. Tanpa adanya kalibrasi penunjukkan skala alat ukur sekunder menjadi tidak berarti. Sebagian besar alat ukur listrik yang ada adalah termasuk jenis alat ukur sekunder.

#### **a. Mekanisme Kerja Alat Ukur Listrik**

Berdasarkan mekanisme kerjanya, alat ukur listrik dapat dibedakan berdasarkan efek-efek sebagai berikut:

1. *Magnetis*: alat ukur ini bekerja atas dasar adanya gaya getaran antara magnet tetap dengan arus yang mengalir pada kawat penghantar atau arus pada kumparan. Alat ukur yang bekerja atas dasar efek magnetis ini umumnya berupa ammeter dan voltmeter.
2. *Elektrodinamis*: Dasar kerja alat ukur jenis ini adalah adanya gaya antara dua kawat berarus atau gaya antara dua kumparan yang dilalui arus. Efek elektrodinamis ini digunakan untuk ammeter, voltmeter, dan wattmeter.
3. *Elektromagnetis*: Alat ukur elektromagnetis yang bekerja atas dasar gaya antara fluks magnet kumparan yang dilalui arus dengan arus pada piringan logam (*metal disc*). Alat ukur yang menggunakan dasar kerja elektromagnetis ini berupa ammeter, voltmeter, wattmeter, dan jam (Wh meter).
4. *Termal*. Alat ukur yang berdasar pada efek perubahan termal bekerja atas dasar adanya perubahan fisis suhu atau timbulnya listrik termal (*thermoelectric*). Alat ukur jenis ini berupa ammeter dan voltmeter.
5. *Kimia*: Dasar kerja alat ukur efek kimia ini adalah adanya kesadaran kesetaraan antara besar arus dengan jumlah zat yang diendapkan atau

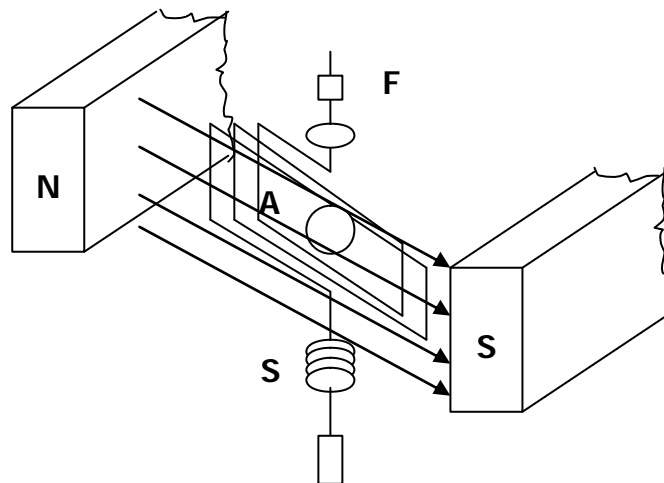
jumlah gas yang dibebaskan per satuan waktu pada proses elektrolisa (hukum Faraday tentang elektrolisa). Sebagai alat ukur sekunder, endapan zat ditampung dalam tabung berskala yang telah dikalibrasikan. Dapat dikatakan alat ukur ini berupa voltameter yang dikalibrasi. Alat ukur atas dasar efek kimia digunakan untuk mengukur ampere jam (Ah meter) arus DC.

6. *Elektrostatik*: alat ukur ini bekerja atas dasar adanya gaya elektrostatik (gaya Coulomb) antara dua plat yang mempunyai beda tegangan.

## b. Beberapa Alat Ukur Listrik dan Klasifikasinya

### 1. Galvanometer

Galvanometer adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya arus listrik pada suatu rangkaian dan biasanya tidak berskala atau skalanya tidak dilengkapi nilai. Konstruksi galvanometer seperti pada gambar 1.

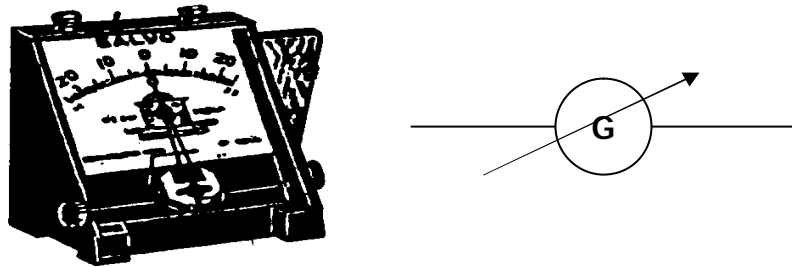


Gambar 1. Konstruksi Galvanometer

- N dan S = kutub-kutub jangkar magnet
- A = silinder kecil yang dilengkapi dengan kumparan
- C = kumparan
- S = pegas
- F = plat tipis tempat skala

**Prinsip kerja dari galvanometer adalah sebagai berikut:**

Arus listrik yang mengalir pada kumparan C akan menimbulkan momen kopel  $t$  dan menyebabkan jarum penunjuk pada plat tipis F berputar dimana besar momen kopel sebanding dengan banyaknya kumparan C, luas penampang silinder A, induksi magnet dari jangkar magnet dan besar arus listrik. Semakin besar arus listrik semakin besar pula simpangannya. Bila arus tidak ada, jarum akan berada pada posisi semula karena pegas S juga kembali pada posisi semula tanpa regangan. Pada suatu rangkaian listrik, galvanometer disimbolkan seperti pada gambar 2.



**Gambar 2.** Gambar galvanometer dan simbol galvanometer

Galvanometer terdiri dari beberapa komponen listrik yang ketika dipakai ikut mempengaruhi besaran yang sedang diukur, seperti besarnya tahanan dari kumparan ( $R_c$ ) yang merupakan tahanan dalam alat yang harus diperhatikan ketika sedang memakai alat tersebut. Disamping itu ketika memakai alat tersebut tidak boleh melebihi batas ukur maksimumnya. Misalnya suatu galvanometer mempunyai tahanan kumparan  $R_c = 55 \text{ } \Omega$  dan mempunyai simpangan maksimum pada arus  $i_c = 0,06 \text{ A}$ , maka galvanometer tersebut hanya boleh digunakan untuk mengukur arus maksimum  $0,06 \text{ A}$  atau dapat juga digunakan untuk mengukur tegangan maksimum sebesar  $V = i_c R_c = 0,06 \times 55 = 3,30 \text{ volt}$ . Jika kita akan menggunakan galvanometer tersebut untuk mengukur arus atau tegangan yang lebih besar dari nilai tersebut, maka harus ditambahkan tahanan lain. Galvanometer biasanya mempunyai jarum penunjuk skala yang ketika tidak dipakai ( $i = 0$ ) berada tepat di tengah-



tengah, sehingga untuk galvanometer jenis ini kita tidak perlu memperhatikan kutub positif atau negatifnya ketika menghubungkannya dalam suatu rangkaian.

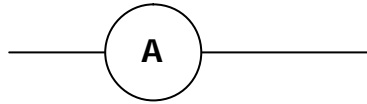
Mengingat galvanometer hanya dapat digunakan untuk mengukur arus listrik yang lemah (kecil) maka penggunaan instrumen disamping untuk kepentingan laboratorium juga untuk pengukuran yang sifatnya khusus, misalnya untuk hubungan jembatan, pengukuran tahanan isolasi, mengetahui adanya arus induksi sendiri, arus induksi timbal balik pada kumparan, untuk mengetahui kapasitas muatan suatu kondensator. Pada pemakaian hubungan jembatan misalnya, galvanometer tidak berfungsi sebagai pengukur arus melainkan untuk mengetahui ada tidaknya aliran arus listrik atau juga sebagai pengontrol keseimbangan.

Galvanometer jarum mempunyai sistem penunjukkan yang digerakkan oleh magnet tetap berbentuk jarum. Galvanometer jarum merupakan sebuah instrumen pengukur yang dapat menentukan besar arus sesungguhnya atas dasar perhitungan jika ketentuan-ketentuan ini dapat diketahui dengan tepat yaitu:

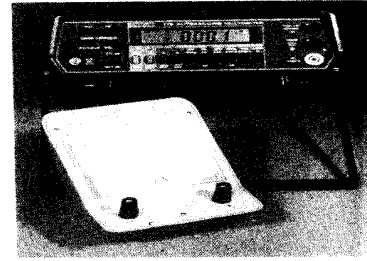
- ✍ Jumlah lilitan kumparannya,
- ✍ Panjang jari-jari kumparan,
- ✍ Sudut simpang jarum magnitnya,
- ✍ Kuat medan magnitnya.

## **2. Ampermeter (ammeter)**

Untuk keperluan praktek dengan dasar yang sama dengan galvanometer, dibuat ampermeter yaitu suatu alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik dengan skala yang disebut mili ampermeter. Alat ukur ini ditunjukkan seperti gambar 3.



**Gambar 3.** Ampermeter dan Simbol Ampermeter

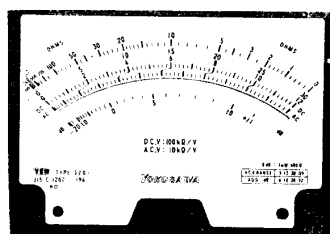


Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan ampermeter adalah alat ukurnya dirangkai secara seri. Oleh karena itu tahanan ampermeter tersebut perlu diupayakan sekecil-kecilnya dan kutub positif dan negatifnya serta batas ukur maksimumnya.

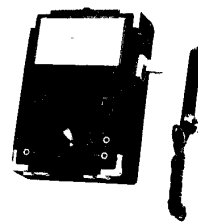
### 3. Voltmeter

Alat ini digunakan untuk mengukur beda potensial dalam suatu rangkaian listrik. Untuk mengukur beda potensial antara dua titik pada suatu komponen, kedua terminal voltmeter harus dihubungkan dengan dengan kedua titik yang tegangannya akan diukur sehingga terhubung secara paralel dengan komponen tersebut.

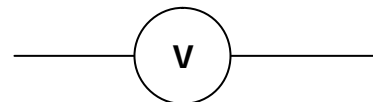
Seberapa akurat pengukuran tegangan ini tergantung pada hambatan voltmeter. Jika hambatan dalam voltmeter besar, maka arus yang melewati voltmeter akan sangat kecil sehingga pengaruh voltmeter pada rangkaian sangat kecil. Oleh karena itu idealnya hambatan dalam voltmeter harus besar tak terhingga. Pada gambar 4 ditunjukkan gambar voltmeter dan simbolnya.



(a) Skala.



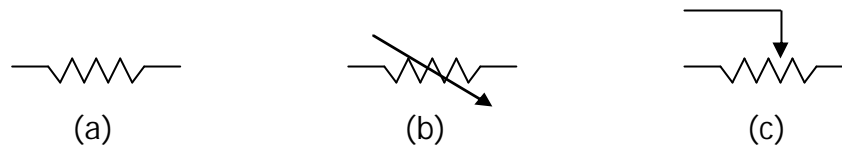
(b) kira-kira 190 x 124 x 71 mm  
kira-kira 0,87 kg.



**Gambar 4.** Gambar Voltmeter dan simbol voltmeter

#### 4. Tahanan dan Ohmmeter

Tahanan adalah suatu alat listrik yang digunakan untuk menghambat/menahan arus listrik. Tahanan berdasarkan fungsinya dibedakan menjadi tahanan tetap, tahanan variabel dan tahanan geser. Simbol dari masing-masing tahanan adalah sebagai berikut:



**Gambar 5.** Simbol tahanan

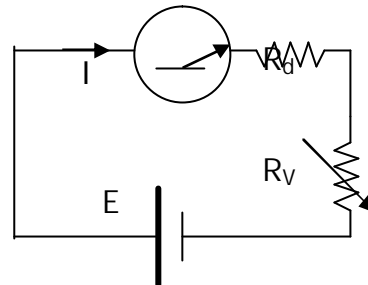
(a= tahanan tetap, b. tahanan variabel dan c= tahanan geser)

Tahanan tetap adalah tahanan yang besarnya tetap, hanya biasanya untuk besar yang sama masih dibedakan dengan daya maksimum yang sanggup dihasilkan oleh tahanan tersebut. Hal ini bergantung pada bahan yang digunakan masing-masing tahanan tersebut. Misalnya pada tahanan tersebut tertulis  $1\text{K}\ \Omega/5\text{W}$ , berarti tahanan tersebut mempunyai nilai sebesar  $1\text{K}\ \Omega$  dengan daya maksimum 5 watt. Untuk tahanan-tahanan tertentu biasanya tidak dituliskan namun dinyatakan dengan kode warna.

Tahanan variabel adalah tahanan yang besarnya dapat diubah-ubah misalnya  $10\ \Omega$ ,  $100\ \Omega$ ,  $1000\ \Omega$  dan seterusnya. Tahanan jenis ini digunakan dalam suatu kegiatan laboratorium yang memerlukan beberapa tahanan yang perlu diketahui nilainya. Agar praktis dan dapat melakukannya dengan cepat digunakan tahanan variabel ini.

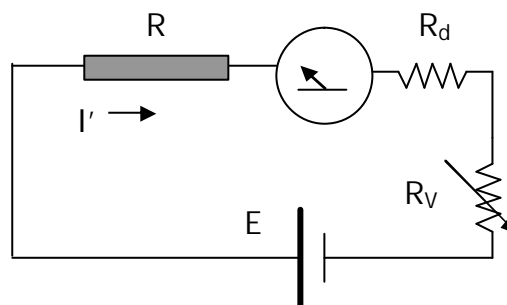
Tahanan geser adalah tahanan yang nilainya dapat diubah secara linier untuk rentang tertentu, misalnya:  $0-22\ \Omega$ ,  $0-100\ \Omega$ ,  $0-1\text{K}\ \Omega$  dan seterusnya. Dalam suatu kegiatan laboratorium, tahanan geser ini difungsikan sebagai pengatur arus. Namun demikian dalam menggunakan tahanan geser tersebut perlu memperhatikan batas arus maksimum yang boleh melewati alat tersebut, karena kalau dipaksakan maka dapat membakar atau merusak alat tersebut.

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur besarnya tahanan dinamakan ohmmeter. Prinsip kerja alat ini berdasarkan hukum Ohm. Ketika suatu ampermeter dihubungkan langsung dengan sumber tegangan maka rangkaian peralatannya adalah seperti pada gambar 6.



**Gambar 6.** Prinsip Hukum Ohm

Pada rangkaian tersebut dihubungkan dengan tahanan variabel untuk mengatur kuat arus agar jarum penunjuk dapat tepat berada pada titik sebelah kanan (dalam hal ini dipakai sebagai titik nol). Setelah diperoleh keadaan ini selanjutnya digunakan untuk mengukur tahanan dengan menambahkan tahanan yang akan diukur nilainya tersebut dalam rangkaian seperti pada gambar 7.

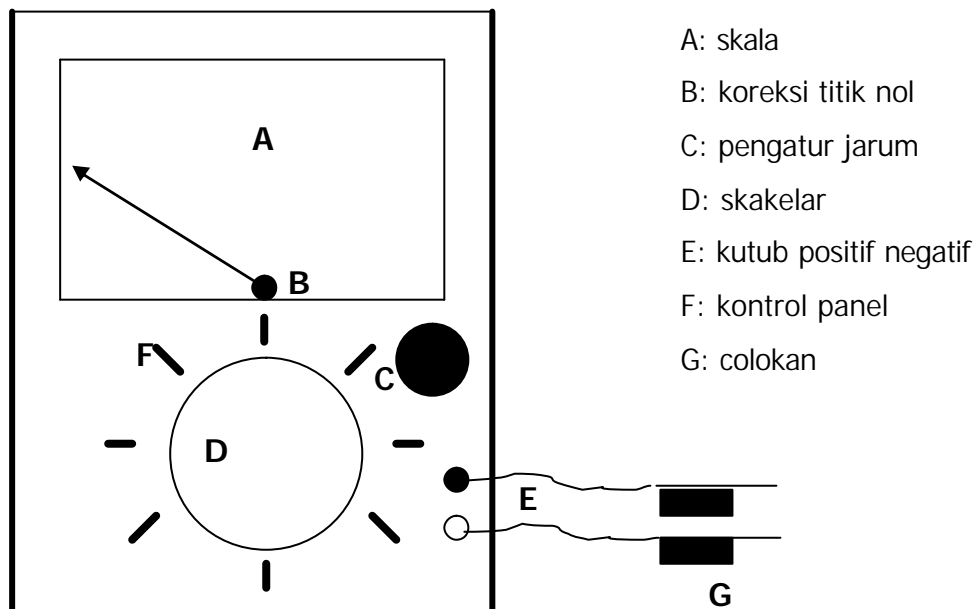


**Gambar 7.** Pengukuran tahanan dengan Ohmmeter

Pada rangkaian seperti pada gambar tersebut dapat diketahui bahwa kuat arus yang mengalir menjadi kecil ( $I' < I$ ). Dari pengurangan penunjukan skala kuat arus tersebut dikonversikan sebagai penambahan tahanan yang diukur. Oleh karena itu cara penunjukkan skala dalam Ohmmeter adalah dari kanan ke kiri.

## 5. Multimeter

Multimeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur beda potensial (tegangan), kuat arus dan tahanan. Alat ukur ini dilengkapi dengan suatu alat penyearah sehingga dapat digunakan sebagai alat pengukur tegangan arus bolak-balik (AC/DC). Kelebihan dari alat ini dibandingkan dengan voltmeter dan amperemeter biasa adalah mempunyai banyak pilihan batas ukur maksimum sehingga sangat praktis dalam penggunaannya. Tetapi kelengkapan sarana tersebut perlu diimbangi dengan kehati-hatian pemakainya, karena sedikit kesalahan dapat berakibat fatal pada alat. Secara sederhana, kelengkapan panel multimeter adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Kelengkapan panel multimeter

### Cara penggunaan multimeter:

1. Kontrol multimeter, apakah dalam keadaan baik atau tidak dengan meletakkan skakelar D sesuai panel F pada Ohm. Kemudian lekatkan kutub positif (merah) dan negatif (hitam) dengan menghubungkan colok masing-masing. Apabila jarum menyimpang ke kiri maka multimeter dalam keadaan baik.

2. Tepatkan penunjuk skala dengan mengatur koreksi titik nol (B) terlebih dahulu.
3. Untuk pengukuran arus dan tegangan searah (DC) letakkan D sesuai panel kontrol F pada DC volt.
4. Untuk pengukuran arus dan tegangan bolak-balik (AC) letakkan D sesuai panel kontrol F untuk AC.
5. Untuk pengukuran tahanan letakkan D sesuai panel kontrol F pada ohm kemudian hubungkan colokan positif (merah) dan negatif (hitam) dan atur C sehingga simpangan skala pada titik nol. Pembacaan skala dilakukan dari kanan ke kiri.
6. Perhatikan kutub positif (merah) dan negatif (hitam) ketika akan mengukur arus dan tegangan DC.
7. Perhatikan daya ukur maksimum untuk tiap jenis pengukuran. Apabila besarnya daya tidak dapat diketahui, gunakan batas ukur terbesar dahulu, selanjutnya kalau sudah diketahui atau dapat diperkirakan gunakan batas ukur yang paling sesuai.

Cara membaca skala alat ukur:

Alat ukur dapat dirubah kemampuannya menjadi lebih besar batas ukur maksimumnya. Akan sangat mudah bagi kita apabila skala yang ditunjuk persis sama dengan nilai yang telah diukurinya. Masalahnya adalah ketika batas ukurnya telah berubah sedangkan skalanya masih skala lama ada cara tersendiri untuk mengetahui nilai tersebut. Secara umum cara untuk mendapatkan nilai tersebut adalah:

$$\text{nilai yang terukur} = \frac{\text{Skala terbaca}}{\text{Skala maksimum}} \times \text{Batas Ukur}$$

contoh:

Batas ukur suatu alat adalah 250 volt, jarum penunjuk berada pada skala 65 sedangkan skala maksimumnya 100. nilai terukurnya adalah:

$$65/100 \times 250 \text{ volt} = 162,5 \text{ volt.}$$

Pada multimeter, biasanya disediakan skala pada masing-masing batas ukurnya. Oleh karena itu perlu diusahakan menggunakan skala yang telah disediakan tersebut. Namun jika tidak ada maka cara di atas dapat digunakan. Tetapi perlu dicatat skala untuk DC tidak otomatis dapat digunakan sebagai skala AC atau sebaliknya. Hal ini terjadi karena nilai pada AC adalah nilai efektifnya (karena besaran AC berubah secara periodik), yaitu nilai setara dengan yang menghasilkan kalor yang sama ketika melalui suatu penghantar dalam waktu yang sama.

### c. Rangkuman

- ✍ Besaran adalah keadaan dan sifat-sifat benda yang dapat diukur sedang satuan adalah pembanding dalam kegiatan pengukuran.
- ✍ Dalam besaran listrik, yang merupakan besaran pokok adalah arus sedangkan besaran yang lain adalah besaran turunan yang diturunkan dari besaran pokok tersebut.
- ✍ Alat ukur listrik adalah alat untuk mengukur besaran-besaran listrik.
- ✍ Alat ukur listrik dapat dibedakan berdasarkan efek-efek antara lain Magnetis, Elektrodinamis, Elektromagnetis, Termal, Kimia, Elektrostatik.
- ✍ Alat ukur listrik yang sering digunakan adalah galvanometer (pengukur arus listrik yang kecil), amperemeter (pengukur arus listrik menengah hingga besar), voltmeter (pengukur tegangan), Ohm meter (pengukur tahanan), dan multimeter (pengukur arus, tegangan, dan hambatan).

### d. Tugas

1. Paparkan langkah-langkah pengukuran arus listrik, tegangan dan hambatan dengan menggunakan multimeter!
2. Gambarkan sebuah tahanan depan yang dirangkai pada amperemeter dan voltmeter!

### **e. Tes Formatif**

1. Bagaimana peran satuan dalam kegiatan pengukuran?
2. Dalam besaran listrik yang menjadi besaran pokok adalah arus, bagaimana anda dapat mengidentifikasi besaran tegangan dan hambatan sebagai besaran turunan dari arus?
3. Galvanometer sering disebut sebagai mikroampermeter, walaupun dapat digunakan untuk mengukur arus namun memiliki kelemahan. Tunjukkan dan jelaskan kelemahan dari galvanometer sebagai pengukur arus listrik?
4. Multimeter dapat digunakan untuk mengukur tahanan. Bagaimana penggunaan multimeter untuk mengukur tahanan?
5. Bagaimana multimeter dapat digunakan untuk mengukur arus dan tegangan bolak-balik?

### **f. Kunci Jawaban**

1. Peran satuan dalam kegiatan pengukuran adalah sebagai pembanding dalam kegiatan pengukuran sehingga dari satuan kita dapat mengetahui hasil pengukuran secara jelas.
2. Tegangan merupakan energi yang dipergunakan oleh muatan untuk berpindah dari satu titik ke titik yang lain. Sedangkan harga muatan dapat dihitung dari kuat arus yang mengalir selama selang waktu tertentu. Berdasarkan analisis tersebut tampak bahwa besaran tegangan merupakan besaran turunan dari arus. Untuk menjelaskan bahwa hambatan juga merupakan besaran turunan dari besaran pokok arus dapat dianalisis dari hukum Ohm, bahwa hambatan merupakan perbandingan antara besaran tegangan dan besaran arus. Berdasarkan hukum tersebut, jelas bahwa hambatan juga merupakan besaran turunan.
3. Galvanometer memiliki batas ukur yang rendah sehingga tidak bisa mengukur arus maupun tegangan yang sedang dan tinggi.



4. Dalam pengukuran tahanan dapat menggunakan multimeter yang diset untuk mengukur tahanan. Diawali dengan memindahkan switch multimeter pada batas pengukuran Ohm. Selanjutnya multimeter dirangkai secara paralel dengan hambatan yang akan diukur. Dalam pengukuran ini, rangkaian harus dalam keadaan terputus. Selanjutnya membaca hasil pengukuran yang tertera sesuai dengan angka yang ditunjuk oleh jarum multimeter. Hasil pengukuran = skala yang ditunjuk x batas ukur.
5. Karena multimeter dilengkapi dengan rectifier (komponen penyearah), maka dalam pengukuran besaran listrik dengan sumber AC dan DC multimeter tetap dapat digunakan.

### **g. Lembar Kerja**

*Memahami cara membaca skala dan menggunakan alat ukur listrik (galvanometer, ampermeter, voltmeter dan ohmeter)*

#### 1. Alat

|   |                        |        |
|---|------------------------|--------|
| ✍ | Galvanometer           | 1 buah |
| ✍ | ampermeter DC 0-100 mA | 1 buah |
| ✍ | voltmeter DC 0-10 V    | 1 buah |
| ✍ | tahanan geser 0-10 ?   | 1 buah |
| ✍ | saklar                 | 1 buah |

#### 2. Bahan

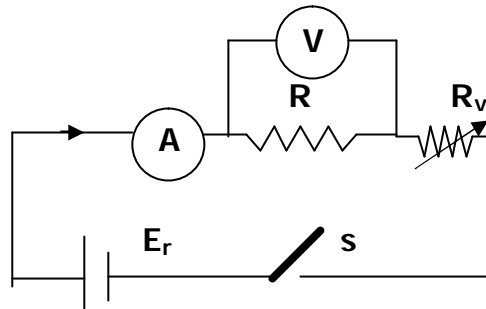
|   |                            |        |
|---|----------------------------|--------|
| ✍ | kabel penghubung           | 5 buah |
| ✍ | sumber tegangan DC 12 volt | 1 buah |
| ✍ | Resistor                   | 5 buah |

#### 3. Keselamatan Kerja

- a. Pastikan semua alat ukur dan bahan dalam kondisi baik.
- b. Ikuti langkah-langkah percobaan dengan benar.
- c. Pakailah alas kaki yang terbuat dari karet saat melakukan kegiatan.
- d. Hati-hati pada saat merangkai, sircuit harus dalam keadaan terputus.

4. Langkah kerja

- a. Merangkai alat-alat seperti gambar di bawah ini dan pastikan semua alat dan bahan sudah terangkai sempurna.



- b. Menutup sakelar s dan mulai mencatat harga V dan I.
- c. Mengubah tahanan variabel sehingga diperoleh sepuluh harga V dan I yang berbeda-beda.
- d. Menghitung harga tahanan setrika berdasarkan data pengukuran.
- e. Membandingkan hasil perhitungan dengan pengukuran nilai tahanan yang dilakukan secara langsung dengan menggunakan Ohmmeter.

## 2. Kegiatan Belajar 2

### a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar 2, diharapkan anda dapat:

- ☞ Melakukan kegiatan pengukuran besaran listrik yaitu arus, tegangan dan hambatan sesuai dengan alat ukur yang digunakan.
- ☞ Menuliskan hasil pengukuran dengan tepat.
- ☞ Menggunakan satuan-satuan yang sesuai dengan besaran-besaran yang diukur.
- ☞ Menjawab dengan benar soal-soal tes formatif.

### b. Uraian Materi

#### a) Mengukur kuat arus

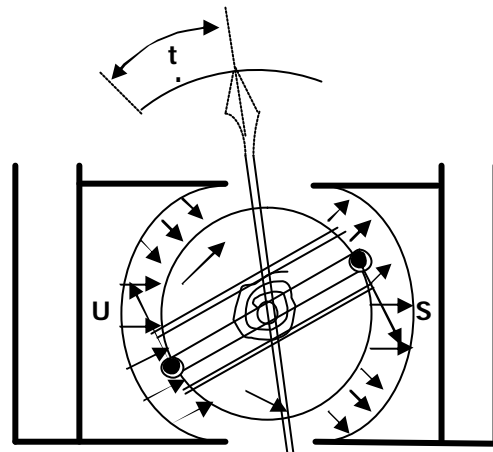
Arus listrik dapat dikelompokkan menjadi dua berdasarkan sumber arusnya yaitu arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC). Arus searah dapat diperoleh dari sumber arus searah, berupa elemen, akumulator, generator arus searah dan penyearah arus (dioda). Sedangkan arus bolak-balik dapat berasal dari generator arus bolak-balik. Hal yang penting dalam penggunaan instrumen pengukur arus searah ialah ketepatan dalam menghubungkan kutub-kutub alat ukur sesuai dengan arah aliran arusnya. Jika salah menghubungkan akan mengakibatkan jarum penunjuk akan berputar ke kiri. Hal ini tidak menjadi masalah jika angka nol dari instrumen pengukur terletak di tengah.

Dalam pengukuran arus searah perlu dibedakan antara pengukuran arus kecil dengan arus besar, agar penggunaan instrumen dapat lebih efisien.

Untuk pengukuran arus searah yang kecil, perlu diusahakan suatu instrumen yang mampu mengukurnya. Instrumen yang sesuai untuk pengukuran besaran semacam ini ialah *galvanometer kumparan putar*. Pengukuran arus searah kecil dengan menggunakan galvanometer diterapkan

dalam melihat hubungan kompensasi pengukuran tahanan dengan metode jembatan dan pengukuran tahanan tinggi (isolasi).

Galvanometer dengan azas kumparan putar terdiri atas komponen tetap yaitu magnet permanen yang berbentuk ladam, sepatu-sepatu kutub yang terbuat dari besi lunak sedemikian hingga medan magnetnya memiliki celah udara merata, dan komponen putar yaitu sebuah inti besi lunak berbentuk silinder yang terpasang di tengah-tengah celah udara. Inti ini berfungsi untuk mengurangi reluktansi sirkuit magnet dan membantu dalam pembentukan medan magnet yang merata, kumparan putar yang terbuat dari kawat tembaga halus yang bersekat, batu permata sebagai landasan lilitan kawat pada inti sekunder, jarum penunjuk yang dipasangkan pada poros, dan pegas spiral yang berfungsi untuk mengatur gerak putaran dan sebagai penghantar arus. Apabila arus listrik mengalir ke kumparan dengan melalui terminal dan pegas spiralnya, maka timbullah gaya mekanis yang arahnya sesuai dengan aturan tangan kiri (*teori Fleming*).



Gambar 11. Azas kerja kumparan putar

Karena magnet permanen memberikan fluk permanen sebesar  $\frac{1}{2} \pi B_p$  dan setelah kumparan dialiri arus, timbullah momen yang persamaannya sebagai berikut:

$M_d = k_1 \cdot D \cdot n \cdot I \cdot B_p$ , karena  $D, n, I, B_p$ , adalah tetap, maka:

$$M_d = k_2 \cdot I$$

Momen inilah yang akan memutar kumparan sampai terjadi simpangan, sehingga:

$$M_d = M_t = k_3 \cdot \theta$$

$$k_3 \cdot \theta = k_2 \cdot I$$

$$\theta = k_2/k_3 \cdot I, \text{ jadi } \theta = k \cdot I$$

dimana:

- I : kuat arus yang akan diukur dengan ampere
- $B_p$  : induksi magnet permanen dalam gauss
- N : jumlah lilitan
- D : diameter kumparan dalam cm
- $\theta$  : sudut simpangan
- k : konstanta
- $M_d$  : momen penggerak
- $M_t$  : momen penentang

Berdasarkan persamaan di atas simpangannya berbanding lurus dengan kuat arus yang akan diukur. Keuntungan pengukuran kuat arus dengan menggunakan galvanometer adalah:

- ✍ skalanya merata, sehingga lebih mudah membaca hasil pengukuran;
- ✍ merupakan instrumen cermat, dengan kuat arus yang sangat kecil;
- ✍ kumparannya ringan sehingga jarum penunjuk dapat menyimpang;
- ✍ tidak terpengaruh medan magnet luar, sebab memiliki magnet permanen yang kuat.

Sedang kerugiannya adalah:

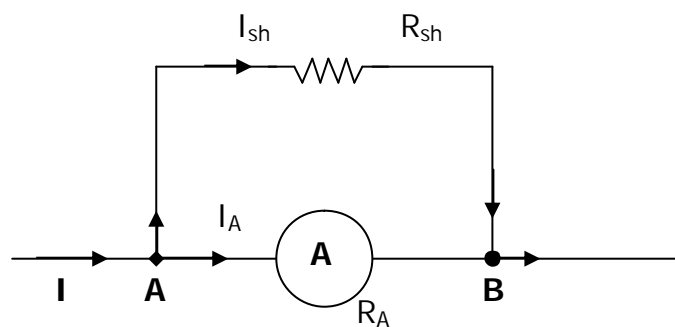
- ✍ muatan lebih terbatas;
- ✍ pegas berfungsi sebagai kopel penentang dapat kehilangan sifat pegasnya jika dialiri arus lebih;
- ✍ kesalahan menghubungkan arah arus dengan kutub-kutub pada galvanometer penyimpangan jarum penunjuk arahnya terbalik.

Pengukuran arus searah besar dapat dilaksanakan dengan menggunakan instrumen pengukur dari bermacam-macam azas kerja, antara lain besi putar, kumparan putar dan elektrodinamis. Mengingat yang akan diukur adalah arus besar kita perlu memperhatikan pengaruh panas yang timbul. Panas yang berlebihan menyebabkan bertambahnya harga tahanan yang telah ditentukan, sehingga akan berpengaruh pada penunjukannya. Jika panas yang terjadi sangat melebihi batas akan menyebabkan kerusakan isolasi kawat kumparan atau terbakarnya kumparan.

Kecuali itu perlu memilih macam instrumen yang cocok untuk pengukuran yang dikehendaki yang akan dilakukan. Diantara macam

instrumen pengukur yang banyak dipakai untuk pengukuran arus besar ialah amperemeter kumparan putar. Karena pada azas kerja kumparan putar dengan daya yang cukup kecil sudah dapat menunjuk, maka perlu untuk pengukuran arus besar perlu dipasang tahanan shunt sebagai pembagi arus.

Dalam pengukuran kuat arus, amperemeter tersebut dipasang seri dengan rangkaian. Dengan demikian semua arus yang mengalir dalam rangkaian juga akan melewati amperemeter. Jika amperemeter memiliki hambatan maka hambatan total dalam rangkaian akan bertambah, dengan demikian arus yang mengalir dalam rangkaian akan mengecil sehingga arus yang terukur tidak sesuai dengan nilai yang sebenarnya. Oleh karena itu idealnya hambatan amperemeter harus sama dengan nol. Namun pada prakteknya hambatan amperemeter tidak pernah sama dengan nol. Untuk itu diupayakan amperemeter memiliki hambatan yang sekecil-kecilnya.



**Gambar 12.**

Sebuah amperemeter dengan hambatan dalam  $R_A$  dan hambatan dalam  $R_{sh}$

Amperemeter memiliki batas ukur maksimum, sedangkan kuat arus yang akan diukur ada kalanya melebihi skala maksimum dari amperemeter. Untuk bisa mengukur arus yang melebihi skala maksimum dari amperemeter, harus ditambahkan shunt yang dirangkai secara paralel dengan amperemeter seperti pada gambar 12. Untuk menghitung besarnya hambatan shunt dapat digunakan persamaan:  $R_{sh} = \frac{R_A}{(n - 1)}$ , dengan  $R_{sh}$  = hambatan shunt yang diperlukan,  $R_A$  = hambatan dalam amperemeter sedangkan  $n$  adalah pelipatan

batas ukur maksimum yang diperoleh dari perbandingan antara batas ukur yang baru terhadap batas ukur yang lama ( $I_2/I_1$ ).

Di samping sebagai pembagi arus, tahanan shunt juga berfungsi pula sebagai pencegah kenaikan suhu kumparan instrumennya.

Ada perbedaan sifat antara arus bolak-balik dengan arus searah. Hal ini harus selalu diingat untuk penerapan selanjutnya dalam bidang pengukuran listrik. Sebagai akibat dari kenyataan ini maka dalam pengukuran, wajib memperhatikan besar arus yang akan diukur. Macam instrumen pengukur yang dipergunakan disesuaikan dengan daerah pengukurannya yang dapat dibedakan sebagai berikut:

- ✍ Daerah pengukuran arus kecil, ini hanya dapat diukur dengan instrumen pengukur arus bolak-balik yang sangat peka misalnya menggunakan galvanometer arus bolak-balik yang pembacaannya memakai pertolongan lensa pembesar. Kalau arus yang diukur tidak terlalu kecil dapat digunakan galvanometer kumparan putar dengan pertolongan penyearah arus.
- ✍ Daerah pengukuran arus menengah, dapat diukur dengan instrumen pengukur yang langsung untuk besaran arus bolak-balik diantaranya: azas kerja besi putar, induksi, elektrodinamis. Sedang yang tidak langsung dapat menggunakan azas kerja kumparan putar dengan penyearah arus.

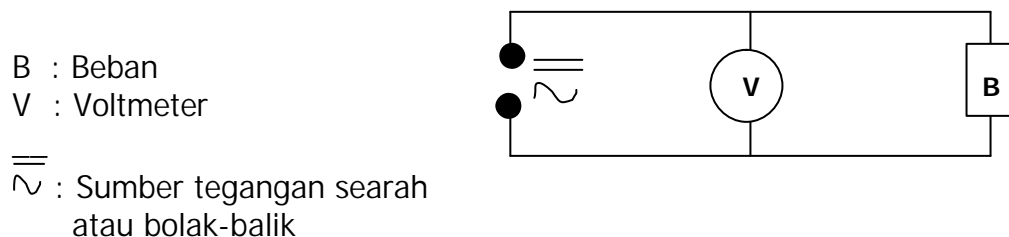
Pada daerah pengukuran arus besar, tidak diperkenankan menghubungkan secara langsung pada hantaran yang hendak diukur. Instrumen pengukur dihubungkan secara tidak langsung dengan menggunakan sebuah transformator arus. Cara pengukurannya adalah: kumparan primer transformator disambung seri dengan beban, sedang lilitan sekundernya dihubungkan dengan instrumen pengukurnya.

Dari paparan di atas memberikan gambaran bahwa arus merupakan suatu besaran listrik yang membutuhkan teknik khusus dalam melakukan pengukuran, untuk dapat diketahui berapa nilai arus yang mengalir dalam sebuah rangkaian secara tepat. Untuk itu diperlukan pemilihan dan penggunaan instrumen ukur secara tepat. Cara pemilihan instrumen pengukur arus dapat dilakukan berdasarkan prinsip sebagai berikut:

- ✍ Memahami azas kerja amperemeter.
- ✍ Memilih amperemeter yang sesuai dengan jenis arus yang akan diukur.
- ✍ Memilih batas ukur, biasanya dibaca pada pelat skala, yaitu untuk instrumen yang mempergunakan sistem penunjuk dengan skakelar putar (*rotary switch*) atau pada terminal-terminalnya.
- ✍ Apabila besar arus yang diukur belum jelas perkiraan nilainya, gunakan batas ukur yang tertinggi dahulu, kemudian dapat diturunkan jika masih dalam batas pengukuran.
- ✍ Jika penunjukkan masih terlampau rendah sehingga mengalami kesukaran pembacaan, batas ukur dapat diturunkan hingga sesuai.
- ✍ Cara pembacaan skala terutama amperemeter penunjuk untuk memperoleh pembacaan yang tepat, diusahakan garis penghubung mata ke ujung jarum penunjuk harus tegak lurus pada pelat skalanya.
- ✍ Jika ujung jarum penunjuk terletak di antara dua bagian garis skala, tafsirlah setepat-tepatnya. Bila perlu lakukanlah pengukuran beberapa kali kemudian ambillah harga rata-rata dari hasil pembacaannya.

### b) Pengukuran tegangan

Sebagai pengukur tegangan dipergunakan voltmeter. Pada dasarnya voltmeter dan amperemeter adalah sama, sebab untuk simpangan penunjukannya berdasarkan besar arus yang melewati alat ukurnya. Perbedaan terletak pada cara menghubungkan dengan rangkaian, voltmeter dihubungkan secara sejajar (paralel) sedangkan amperemeter dihubungkan secara deret (seri) dengan rangkaian. Prinsip hubungan voltmeter dalam rangkaian seperti pada gambar 13.

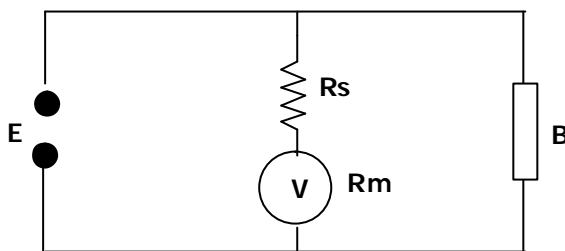


**Gambar 13.**

Volt meter dirangkai secara paralel dengan sumber tegangan dan beban.



Voltmeter harus memiliki tahanan alat ukur yang besar, agar tidak menarik arus yang kuat, sebab akan mengakibatkan turunnya tegangan sumber arusnya. Selain itu akan menyebabkan kehilangan tegangan tambahan pada hantaran penghubungnya. Tetapi pada kenyataannya voltmeter tidak memiliki tahanan yang besar, maka untuk memenuhi fungsinya sebagai voltmeter perlu ditambahkan tahanan depan yang dihubungkan seri dengan pesawatnya. Lihat gambar 14.



E : Sumber tegangan  
 Rs : Tahanan depan  
 Rm: Tahanan alat ukur  
 (voltmeter)  
 B : Beban

**Gambar 14.** Bagan hubungan voltmeter dengan tahanan depan

Pemasangan tahanan depan pada voltmeter dimaksudkan:

- ✍ Memperluas daerah pengukuran voltmeter
- ✍ Membatasi arus pada tegangan yang lebih tinggi daripada tegangan yang ditetapkan bagi voltmeter sehingga arus hanya dipergunakan sebagai penyimpang penunjuknya saja.
- ✍ Untuk mencegah kenaikan suhu, apabila voltmeter ini mengalirkan arus yang menyebabkan kenaikan suhu pada alat ukurnya. Sebab dengan terjadinya kenaikan suhu tersebut harga tahananannya akan bertambah, akibatnya arus yang diperoleh pada suatu tegangan tertentu menjadi berkurang dan akan menyebabkan terjadinya kesalahan hasil pengukuran.

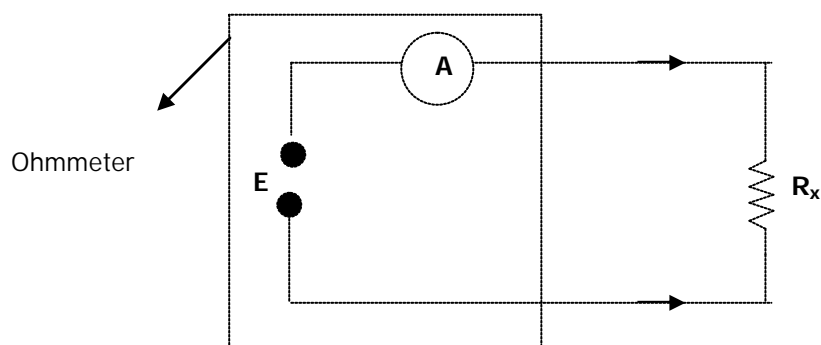
Seperti pada perhitungan nilai hambatan pada shunt, pada voltmeter berlaku persamaan  $R_m = (n - 1)R_v$ , dimana  $R_m$  adalah tahanan muka dan  $R_v$  adalah tahanan dalam voltmeter, sedangkan  $n$  diperoleh dari perbandingan batas ukur maksimum baru ( $V$ ) dan batas ukur maksimum lama ( $V_v$ ).

Pengukuran tahanan depan tidak hanya untuk keperluan perluasan batas ukur saja maka perlulah dipilih bahan yang tepat dan yang mudah dilaksanakan. Dengan demikian tahanan tidak mudah berubah nilainya. Selain daripada itu untuk pengukuran tegangan tinggi, tahanan dipasang sedemikian rupa sehingga mendapat pendinginan yang cukup untuk menghindari kenaikan suhunya.

Besar tahanan suatu voltmeter biasanya dituliskan pada plat skalanya, harga ini diberikan sebagai jumlah tahanan per volt (Ohm per volt) sehingga jumlah tahanan keseluruhan dapat dihitung dengan memperhatikan angka tersebut sebagai batas ukur voltmeternya.

### c) Pengukuran Tahanan

Di antara parameter yang terdapat pada rangkaian listrik terdapat suatu komponen yang disebut sebagai tahanan. Menurut hukum Ohm, besar nilai tahanan dapat ditentukan kerugian tegangannya dengan arus yang melalui tahanannya. Untuk mengukur suatu tahanan dapat dilakukan dengan menghubungkan sebuah sumber tegangan secara seri dengan amperemeter dan hambatan yang akan diukur seperti tampak pada gambar 15.



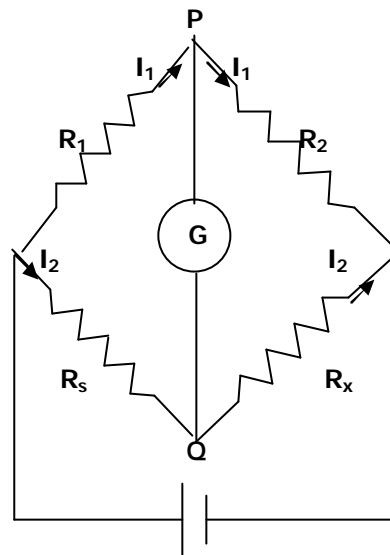
**Gambar 15.**

Rangkaian pengganti sebuah Ohmmeter untuk mengukur nilai hambatan  $R_x$

Karena ggl  $E$  diketahui dan arus diukur oleh amperemeter, maka hambatan dapat ditentukan. Alat ukur yang digunakan untuk keperluan ini

dapat dikalibrasi untuk menunjukkan hasilnya dalam Ohm, meskipun besaran yang sesungguhnya diukur oleh arus. Alat ini disebut Ohmmeter.

Cara lain untuk mengukur nilai tahanan sebuah penghantar dapat dilakukan dengan menggunakan suatu rangkaian yang dinamakan Jembatan Wheatstone yang model rangkaiannya ditunjukkan seperti gambar 16 berikut.



**Gambar 16.** Jembatan Wheatstone

Dalam metode ini hambatan  $R_1$  dan  $R_2$  dibuat tetap sedangkan hambatan  $R_s$  dapat dikalibrasi. Hambatan  $R_s$  diatur besarnya sedemikian rupa sehingga galvanometer menunjukkan angka nol (tidak ada arus yang melaluinya), keadaan ini dikatakan jembatan seimbang. Pada kondisi seimbang, titik P dan Q mempunyai potensial yang sama, sehingga beda potensial untuk  $R_1$  sama dengan  $R_s$  dan beda potensial  $R_2$  sama dengan  $R_x$ .

$$I_1 R_1 = I_2 R_s \text{ dan } I_1 R_2 = I_2 R_x$$

Rasio kedua persamaan tersebut adalah:

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_s$$

Pada jembatan Wheatstone yang seimbang, jarum galvanometer menunjukkan angka nol, hasil kali hambatan yang saling bersilangan sama besar.

### c. Rangkuman

- ✍ Berdasarkan sumbernya, arus ada dua macam yaitu arus searah dan arus bolak-balik.
- ✍ Jenis arus mempengaruhi cara melakukan pengukuran dalam menentukan besarnya arus tersebut.
- ✍ Jika arus yang diukur besar maka diperlukan ampermeter yang dirangkai dengan shunt. Tujuannya untuk membagi arus dalam rangkaian sehingga mampu dibaca oleh ampermeter dan untuk menahan panas yang ditimbulkan oleh arus yang mengalir.
- ✍ Dalam pengukuran arus, ampermeter dihubungkan seri sedang pengukuran tahanan dihubungkan paralel terhadap rangkaian.
- ✍ Dalam Voltmeter terdapat hambatan depan sehingga alat tersebut mampu mengukur tegangan yang melebihi batas ukurnya.
- ✍ Untuk pengukuran tahanan, disamping dapat langsung dilakukan dengan Ohmmeter, dapat juga dilakukan dengan menggunakan prinsip hukum Ohm, bahwa tahanan merupakan perbandingan antara kerugian tegangan terhadap kuat arus yang mengalir dalam rangkaian.

### d. Tugas

1. Gambarkan skema sebuah rangkaian dengan ampermeter yang dirangkai dengan shunt untuk mengukur kuat arus!
2. Gambarkan skema sebuah rangkaian dengan Voltmeter yang dirangkai dengan shunt untuk mengukur tegangan!

### e. Tes Formatif

1. Alat ukur apa yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik, tegangan dan tahanan?
2. Mengapa ampermeter harus dipasangkan dengan shunt secara paralel pada saat digunakan untuk mengukur arus listrik?

3. Dalam pengukuran tegangan, juga diperlukan shunt. Jelaskan perbedaan pemasangan shunt pada ampermeter dan pemasangan shunt pada voltmeter?
4. Sebuah voltmeter dengan hambatan dalam  $10\text{ k}\Omega$  mempunyai batas ukur  $50\text{ V}$ . berapakah besarnya hambatan muka yang harus dipasangkan supaya voltmeter ini dapat digunakan untuk mengukur tegangan sampai  $500\text{ V}$ ?
5. Bagaimana aplikasi hukum Ohm dalam menentukan nilai tahanan sebuah rangkaian?

#### **f. Kunci Jawaban**

1. Ampermeter untuk mengukur kuat arus, voltmeter untuk mengukur tegangan dan Ohmmeter untuk mengukur tahanan, yang ketiga alat ini bisa dikumpulkan menjadi satu alat yang dikenal dengan multimeter.
2. Sebagai pembagi arus dan untuk mencegah kenaikan suhu pada instrumen pengukur karena pengaruh arus yang mengalir dalam rangkaian.
3. Pemasangan shunt pada ampermeter dirangkai paralel sedang pada voltmeter shunt dirangkai secara seri.
4.  $90\text{ k}\Omega$
5. Nilai tahanan sama dengan perbandingan antara tegangan dan kuat arus yang mengalir dalam rangkaian. Sehingga jika nilai-nilai tersebut dapat ditentukan maka nilai tahananpun dapat dicari.

## g. Lembar Kerja

### 1. Alat

|   |                        |        |
|---|------------------------|--------|
| ✍ | ampermeter DC 0-100 mA | 1 buah |
| ✍ | voltmeter DC 0-10 V    | 1 buah |
| ✍ | tahanan geser 0-10 ?   | 1 buah |
| ✍ | saklar                 | 1 buah |

### 5. Bahan

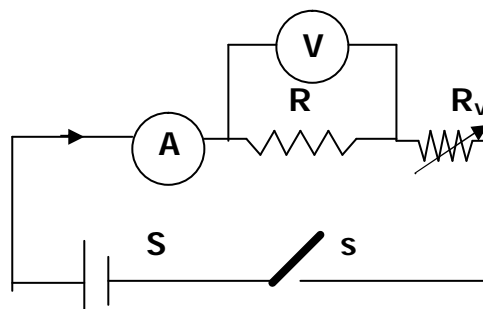
|   |                                    |        |
|---|------------------------------------|--------|
| ✍ | elemen setrika listrik 300 W/220 V | 1 buah |
| ✍ | kabel penghubung                   | 5 buah |
| ✍ | sumber tegangan DC 12 volt         | 1 buah |

### 6. Keselamatan Kerja

- Pastikan semua alat ukur dan bahan dalam kondisi baik.
- Ikuti langkah-langkah percobaan dengan benar.
- Pakailah alas kaki yang terbuat dari karet saat melakukan kegiatan.
- Hati-hati pada saat merangkai, sirkuit harus dalam keadaan terputus.

### 7. Langkah kerja

- Merangkai alat-alat seperti gambar di bawah ini dan pastikan semua alat dan bahan sudah terangkai sempurna.



- Menutup sakelar s dan mulai mencatat harga V dan I.
- Mengubah tahanan variabel sehingga diperoleh sepuluh harga V dan I yang berbeda-beda.

- d. Menghitung harga tahanan setrika berdasarkan data pengukuran.
- e. Membandingkan hasil perhitungan dengan pengukuran nilai tahanan yang dilakukan secara langsung dengan menggunakan Ohmmeter.

### 3. Kegiatan Belajar 3

#### a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

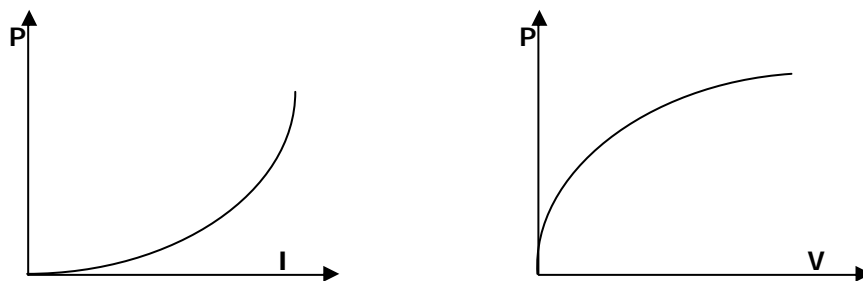
Setelah mempelajari kegiatan belajar 3, diharapkan Anda dapat:

- ☞ Melakukan kegiatan pengukuran besaran daya, faktor kerja, energi, induktansi dan kapasitansi dan frekuensi sesuai dengan alat ukur yang digunakan.
- ☞ Menggunakan satuan-satuan yang sesuai dengan besaran-besaran yang diukur.
- ☞ Menjawab dengan benar soal-soal tes formatif.

#### b. Uraian Materi

##### a) Pengukuran Daya

Daya yang dipergunakan oleh beban pada rangkaian besarnya ialah:  $W = I^2 \cdot R$  atau  $W = E \cdot I$  dengan satuan volt ampere atau watt. Menurut ketentuan rumus di atas dapat difahami bahwa daya listrik mengandung komponen tegangan dan arus yang besarnya berbanding lurus dengan hasil perkalian kedua komponen tersebut. Untuk hambatan listrik yang konstan besar daya listrik sebanding dengan kuadrat tegangan ataupun kuadrat arus seperti tampak pada kurva berikut:



**Gambar 17.**

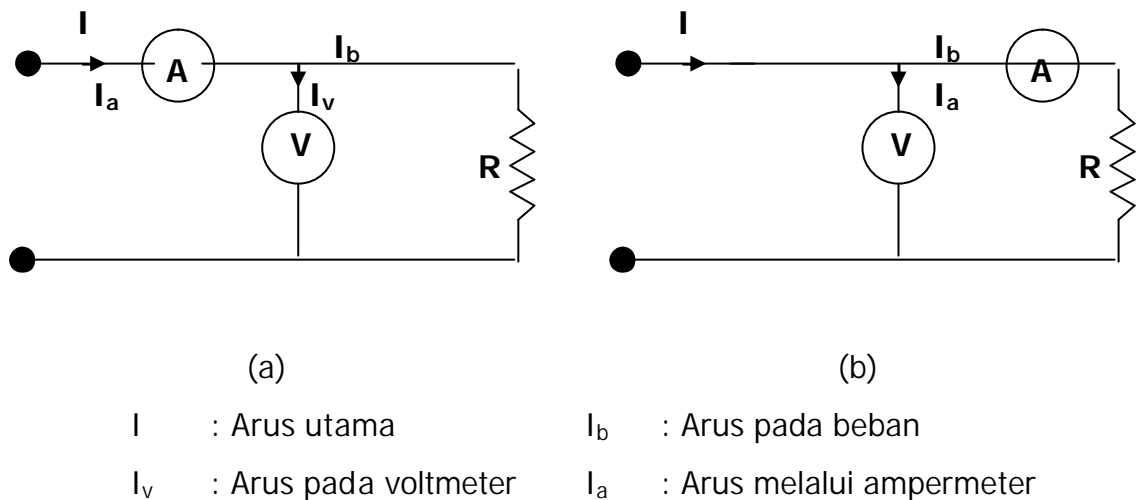
(a) Kurva daya terhadap kuat arus, (b) Kurva daya terhadap tegangan.



Dalam sistem SI diperoleh bahwa 1 watt = 1 joule perdetik. Pengukuran besar daya yang dipakai oleh beban arus searah pada dasarnya dapat dilakukan dengan dua macam cara, yaitu:

- ✍ Menggunakan dua buah instrumen pengukur yang terdiri dari voltmeter dan amperemeter. Hasil penunjukan ini belum merupakan hasil terakhir yang perlu dihitung terlebih dahulu.
- ✍ Mempertgunakan sebuah instrumen pengukur yang berupa Watt meter. Hasil penunjukannya dapat langsung dibaca dan merupakan hasil akhir.

Cara pertama yang menggunakan voltmeter dan amperemeter dapat dilakukan dengan dua macam cara seperti pada gambar 18 di bawah ini.



**Gambar 18.**

Bagan hubungan voltmeter dan amperemeter pada pengukuran daya

Cara pengukuran menurut bagan (a) ternyata bahwa arus yang ditunjukkan oleh amperemeter yaitu  $I_a$  besar  $I_a = I_v + I_b$ . Berarti besar arus yang ditunjukkan oleh amperemeter menjadi terlalu besar yang seharusnya besarnya  $I_b$ . Oleh karena itu pada penunjukkan daya tersebut terdapat kesalahan.

Apabila pengukuran dilaksanakan seperti gambar (b), maka tegangan yang ditunjukkan voltmeter menjadi  $E_v = E_a + E_b$ , sehingga dayanya  $W_b = E_v \cdot$

$I_b$  atau  $W_b = (E_a + E_b) I_b$  yang seharusnya besar daya  $W_b = E_b \cdot I_b$ , jadi penunjukan daya tersebut tetap lebih besar dari yang seharusnya.

Oleh sebab itu baik menggunakan cara pertama ataupun kedua akan tetap mengalami kesalahan penunjukkan. Kedua cara tersebut dapat digunakan, dalam pemakaiannya dibedakan: apabila arus beban yang diukur besar menggunakan cara pertama, sebaliknya jika arus beban kecil digunakan cara kedua. Hal tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

Cara pertama:  $W_b = E_b (I_v + I_b)$  pemakaian arus bagi voltmeter tidaklah besar sedang arus yang diukur amperemeter besar sehingga pemakaian arus bagi voltmeternya dapat diabaikan.

Cara kedua: arus yang mengalir kecil daya yang ditunjukkan  $W_b = (E_a + E_b) \cdot I_b$ , karena arus yang mengalir melalui amperemeter kecil, maka kerugian tegangan amperemeter juga kecil sehingga dapat diabaikan.

Demikianlah cara pengukuran daya apabila kita gunakan amperemeter dan voltmeter. Tetapi cara yang terbaik adalah kita gunakan wattmeter secara langsung, sebab kesalahan yang timbul oleh akibat penggunaan kumparan, pegas dan lainnya telah diperhitungkan dengan kalibrasi. Kecuali itu hasil pengukurannya dapat langsung dibaca dan merupakan hasil akhir.

Apabila kita gunakan wattmeter sebagai pengukur daya secara langsung (di dalam alat ini terdapat dua macam kumparan yaitu kumparan arus dan tegangan), kopel yang dihasilkan oleh kedua macam kumparan yang dialiri arus listrik akan menyebabkan simpangan jarum penunjuknya berbanding lurus dengan hasil perkalian arus-arusnya yang melalui kedua kumparan tersebut di atas.

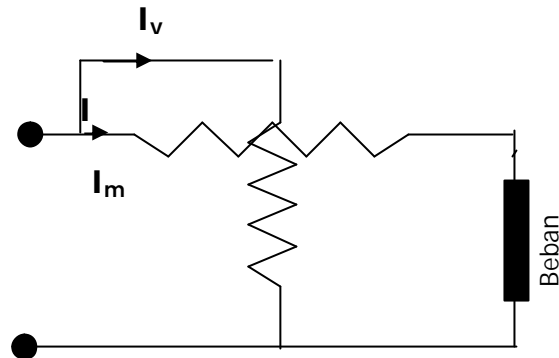
Wattmeter arus searah yang biasa dipergunakan ialah dengan azas kerja elektrodinamis. Karena pesawat elektrodinamis sangat peka terhadap medan-medan luar sebagai peredam udara.

Untuk mencegah pengaruh medan magnet luar dibuat pesawat astatik dengan cara sebagai berikut:

1. wattmeter diselubungi dengan bahan sejenis besi, kerugian histeresis dan permanen magnet pada besi kecil.

2. kumparan-kumparnya dililitkan dalam gandar terbuat dari besi nikel yang berlapis-lapis.

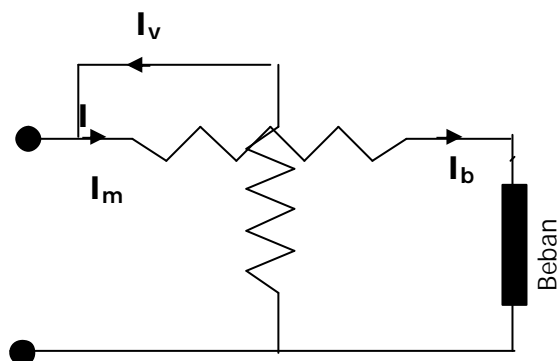
Kedua macam cara di atas menimbulkan bentuk medan yang lain sehingga penunjukkan skala tidak lagi sama rata.



**Gambar 19.** Bagan hubungan kumparan wattmeter

Wattmeter elektrodinamis memiliki kumparan tetap yang dialiri arus utama dan kumparan berputar yang dihubungkan pada tegangannya. Kopel yang bekerja pada sistem yang bergerak ditentukan oleh hasil perkalian kedua arus-arusnya yang mengalir pada kumparan-kumparannya. Penyimpangan jarum penunjuknya berbanding lurus dengan kopel penggerakannya sehingga hal ini akan berbanding lurus juga dengan dayanya, maka wattmeter elektrodinamis mempunyai skala yang hampir sama rata.

Untuk mengukur daya beban jaringan hubungan wattmeter dapat dilakukan seperti gambar 20.

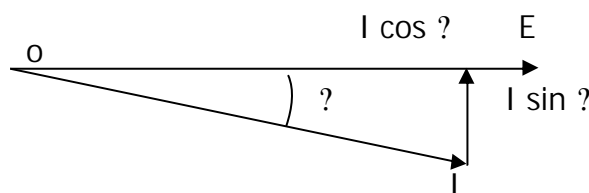


**Gambar 20.**  
Hubungan wattmeter pada pengukuran beban jaringan

Kedua macam hubungan diatas mengandung kerugian sebagaimana yang telah diuraikan pada pengukuran daya dengan menggunakan ampere dan voltmeter.

Pengertian daya pada arus bolak-balik tidaklah sesederhana seperti pada arus searah. Demikian pula halnya tentang pengukurannya. Oleh karena itu perlu kita bicarakan secara sepintas tentang pengertian daya arus bolak-balik terlebih dahulu.

Sesuai dengan daya listrik arus searah, daya arus bolak-balik juga terdiri dari dua komponen pokok yaitu arus dan tegangan. Tetapi untuk arus bolak-balik belumlah cukup mengingat sifat daripada arus bolak-balik itu sendiri dan pengaruh beban pada umumnya. Beban listrik umumnya mengandung tiga macam unsur yaitu induktansi, kapasitansi dan tahanan yang ketiganya secara bersama disebut impedensi. Induktansi dan kapasitansi ini secara bersama ataupun sendiri-sendiri dapat disebut sebagai reaktansi. Adanya reaktansi inilah yang menyebabkan terjadinya geseran fase antara tegangan dan arusnya (lihat gambar 21), sehingga dalam perhitungan faktor daya tersebut tidak dapat ditinggalkan begitu saja.



**Gambar 21.** Diagram vektor dari arus bolak-balik

Daya arus bolak-balik dinyatakan sebagai hasil perkalian arus dengan tegangannya dan diperhitungkan faktor kerjanya (cosinus  $\phi$ ).

$$W = E \cdot I \cdot \cos \phi$$

- W     dalam satuan watt
- E     dalam satuan Volt
- I     dalam satuan Ampere

Daya tersebut merupakan daya yang terpakai dari bebannya. Daya ini disebut daya efektif atau daya yang digunakan.

Vektor arus ini dapat diuraikan menjadi  $I \cos \phi$  dan  $I \sin \phi$ . Besar daya tidak langsung bergantung dari  $I$ , tetapi dari  $I \cos \phi$ , sedang  $I \sin \phi$  seolah-olah tidak berguna sama sekali. Karena itu  $\cos \phi$  disebut faktor kerja.

$I \cos \phi$  = arus watt atau arus berguna, diberi simbol  $I_w$ .

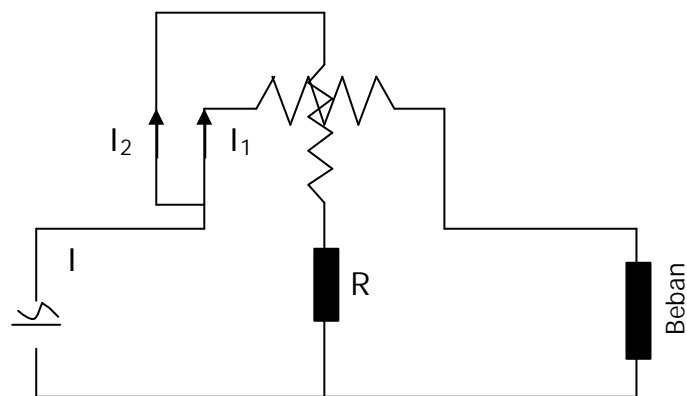
$I \sin \phi$  = arus buta atau arus tak berguna, simbolnya  $I_b$ .

$E I \cos \phi$  = daya efektif atau daya, diberi simbol  $W_w$ .

$E I \sin \phi$  = daya buta atau daya hampa, diberi simbol  $W_b$

$E I$  = daya semu, dengan simbol  $W_s$  dalam satuan volt ampere (VA) atau kilo volt ampere (k VA).

Hendaklah diperhatikan bahwa uraian arus di atas hanya mempunyai arti analitis. Dalam kenyataannya hanya ada satu arus, yaitu  $I$ . Wattmeter yang dipakai sebagai pengukur daya arus bolak-balik kebanyakan menggunakan azas kerja elektrodinamis dan induksi.



Gambar 22. Bagan hubungan wattmeter elektrodinamis

Dalam penggunaan sebagai wattmeter, kumparan tetapnya dialiri arus  $I_1$  dan kumparan yang bergerak dilalui  $I_2$ . Kedua macam kumparan itu merupakan kumparan yang disambungkan seri dengan tahanan  $R$  yang besar.

Wattmeter elektrodinamis untuk keperluan industri jika bekerja pada frekuensi dan faktor kerja yang besar, tahanan dalam lingkungan

tegangannya menjadi sangat tinggi dibandingkan dengan reaktansinya. Oleh karena itu pengaruh reaktansi tersebut dapat diabaikan, sehingga  $I_2$  dianggap sefase dengan tegangan  $E$ .

Karena kumparan ini sebagai kumparan yang bergerak, maka penunjukannya menjadi  $I_1 I_2 = K E I \cos \theta$ . Ternyata penunjukan wattmeter elektrodinamis berbanding lurus dengan daya bebannya. Pemilihan cara penyambungan (a) atau (b) yang ingin digunakan akan sama halnya dengan pengukuran daya dengan menggunakan voltmeter dan amperemeter.

Wattmeter induksi juga memiliki sepasang kumparan yang dilalui arus utama dan kumparan yang dihubungkan dengan tegangannya. Kalau kumparan arus dialiri arus listrik terjadilah induksi pada kumparan tegangan dan menyebabkan suatu kopel. Kumparan arus dengan kumparan tegangannya dibuat berselisih fase sebesar  $90^\circ$ . Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan kopel penggerak yang berbanding lurus dengan konstantanya.

$$\text{Kopel} = K E I \cos \theta$$

Pesawat induksi sangat terpengaruh oleh perubahan frekuensi dan akan menyebabkan perubahan-perubahan arus Foucault (pusat). Kecuali itu menyebabkan perubahan-perubahan reaktansi pada kumparan-kumparannya. Sebagai akibat lanjutan ialah  $I_1$  dan  $I_2$  mengalami juga perubahan geseran fasenya. Kalau hal ini sampai terjadi akan menyebabkan kesalahan penunjukkan. Untuk memperoleh ketelitian pemakaiannya perlulah dilakukan cara penyambungan agar selisih fase benar-benar  $90^\circ$ .

Hubungan ini dapat dilakukan dengan menambahkan suatu tahanan  $R$  yang diparalel dengan kumparan  $S$  yang mempunyai reaktansi  $X$  dan tahanan  $R$ . Kedua rangkaian cabang ini disambungkan seri dengan sebuah kumparan peredam ( $K_p$ ).

Wattmeter pada dasarnya digunakan sebagai pengukur daya listrik tetapi dapat juga sebagai detektor. Jika pada komponen suatu unit terjadi kebocoran disebabkan pembebanan, unit tersebut akan menyerap daya lebih banyak daripada dalam keadaan biasa. Hal semacam ini akan banyak terjadi

pada unit elektronika misalnya radio, televisi, amplifier dan sebagainya baik yang menggunakan arus searah maupun arus bolak-balik.

Besaran lain yang berkaitan dengan pengukuran daya adalah faktor kerja. Dimana besaran ini ikut menentukan besar daya pada arus bolak-balik. Faktor kerja disebut pula cosinus phi dan disingkat  $\cos \phi$ . Sudut  $\phi$  ialah geseran fase antara besaran arus dan tegangannya. Besar kecil sudut geseran fase tersebut dipengaruhi oleh macam muatan yang ada pada rangkaian listriknya. Besar daya dinyatakan dalam rumus  $W = E.I \cos \phi$ .

Instrumen yang digunakan untuk mengukur faktor kerja namanya cos-phi-meter. Alat ini bekerja atas dasar pesawat elektrodinamis dengan kumparan silang. Kerja alat  $\cos \phi$  menghasilkan sudut putaran  $\alpha$  yang berbanding lurus dengan sudut geseran fase  $\phi$  atau dalam rumus dinyatakan:  $\alpha = C \cdot \phi$  ( $C =$  konstanta). Besar kecil konstanta ini bergantung dari perbandingan besar arus yang mengalir melalui dua kumparan yang bersilangan. Jika  $i_1 : i_2 = 1 : 2$ , berarti  $\alpha = \frac{1}{2} \phi$ .

Dalam hal ini untuk mengukur sudut  $\phi$  antara  $0^\circ - 90^\circ$  dapat diukur dengan simpangan sejauh  $90^\circ$  atau  $\frac{1}{4}$  lingkaran. Misalkan sudut geseran fase antara E dan I sebesar  $60^\circ$ , maka alat akan menunjukkan harga dari  $\cos 60^\circ$  yaitu 0,5, jadi jarum akan menunjuk tepat ditengah-tengah skalanya. Demikian pula jika sudut  $\phi = 10^\circ$ ,  $\cos \phi$ -nya sama dengan 0,9848, penunjuknya akan menunjukkan harga itu.

$\cos \phi$  tidak ada satuannya seperti halnya ampere, volt dan sebagainya. Umumnya beban jaring bersifat induktif sehingga pembuatan skala juga untuk keperluan di atas, yaitu dengan harga antara  $0^\circ$  dan  $+1$ .

Cara menghubungkan  $\cos \phi$ -meter serupa dengan wattmeter, kumparan medan dilalui arus utama I dan kumparan silang pada tegangan pokok E. geseran fase sebesar  $90^\circ$  antara  $i_1$  dan  $i_2$ , kumparan silang dipasang pada tahanan R dan induktansi  $X_1$  yang dihubungkan paralel  $\cos \phi$ -meter tersebut tidak langsung dipasang untuk arus satu fase.

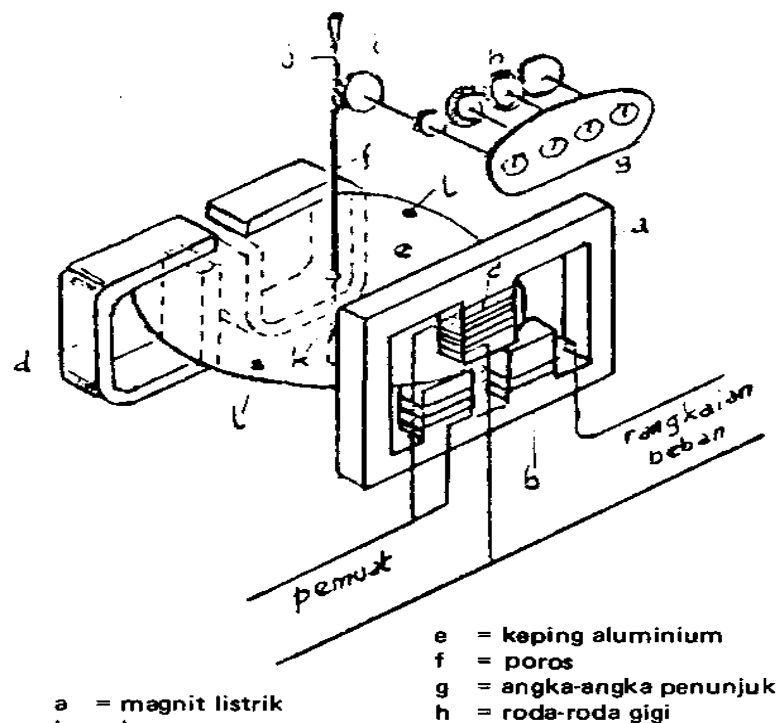
## b) Pengukuran Energi

Energi atau kerja ialah besar daya terpakai oleh beban atau yang dikeluarkan oleh generator selama waktu tertentu, sebagai satuan besaran tersebut digunakan wattjam atau kilo wattjam. Untuk instrumen pengukurannya dinamakan watt-jam-meter atau kilowatt-jam-meter, namun lazim disebut Wh-meter atau kWh-meter (h dari kata hour = jam). Menurut teori listrik, energi listrik dinyatakan dalam rumus:

$$A = E \cdot I \cdot t \text{ untuk arus searah}$$

$$A = I \cdot E \cos \phi \cdot t \text{ untuk arus bolak-balik}$$

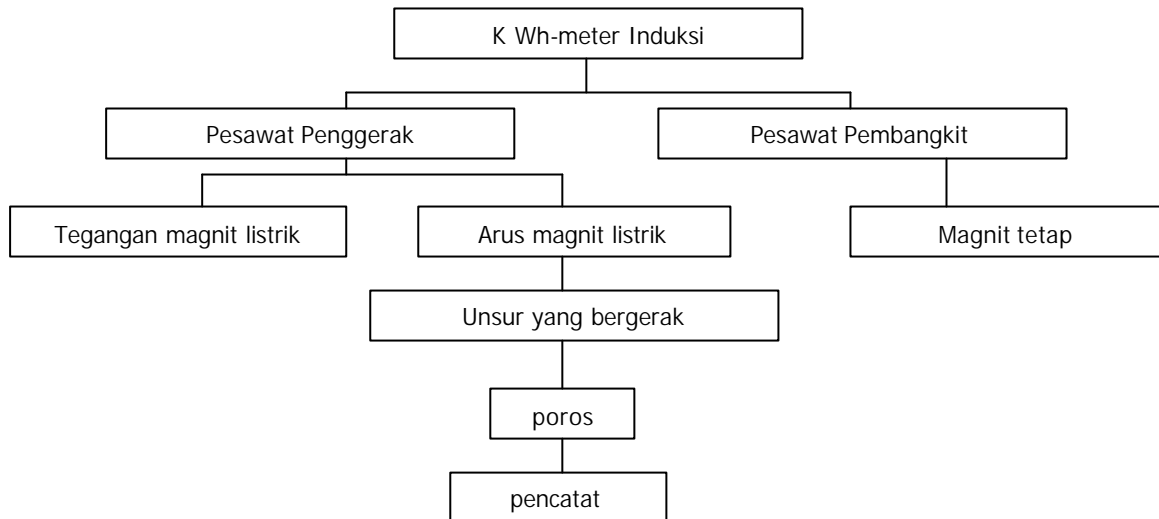
Untuk memperhatikan kedua persamaan di atas, nyatalah bahwa jumlah energi sama dengan perkalian daya dan waktunya. Instrumen pengukurnya juga akan menunjukkan hasil ini. Dalam konstruksi alat merupakan gabungan antara wattmeter, sebagai penunjuk daya sebanding dengan dayanya, maka alat penghitung dihubungkan langsung dengan pengukur daya yaitu disambung pada satu poros.



Gambar 23. Bagan Wh-meter induksi



Bagian-bagian yang penting dari sistem pengukuran ini dapat dilihat pada gambar 23 di atas adalah Wh meter jenis induksi. Selanjutnya perhatikan diagram blok tentang proses pengukuran energi ini dan digunakan pula instrumen wattjam induksi.



**Gambar 24.** Bagan proses pengukuran energi

Diagram di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

- ✍ kWh-meter induksi pada umumnya mempunyai bagian-bagian (a) pesawat penggerak (b) pesawat pembangkit.
- ✍ Pesawat penggerak berfungsi untuk membangkitkan momen putar yang terdiri dari magnet listrik, kumparan arus dan kumparan tegangan. Momen sebanding dengan beban listriknya.
- ✍ Pesawat pembangkit dibentuk dari magnet tetap yang dapat membangkitkan momen putar kecepatan putar pada sistem yang berputar secara otomatis.
- ✍ Unsur yang bergerak adalah keping aluminium bergerak pada porosnya berfungsi sebagai rotor untuk pesawat penggerak dan pesawat pembangkitnya, selanjutnya menghasilkan gerakan berputar dan juga untuk memperlambat gerak berputarnya.
- ✍ Pencatat, mencatat nilai satuan energi yang diterima dari hasil putaran kepingnya melalui poros.

Penggunaan Wh-meter umumnya untuk tujuan komersial dan disalurkan dengan tegangan kerja yang tetap dari pusat pembangkit tenaga listrik arus searah, bolak-balik satu fase atau tiga fase. Arus searah atau bolak-balik satu fase disalurkan melalui sistem dua atau tiga hantaran, sedang untuk arus tiga fase dengan tiga, empat atau lima hantaran.

Sistem yang paling sederhana tentunya terdiri atas dua hantaran, dimana semua beban dihubungkan paralel langsung atau tidak langsung. Sistem ini dipergunakan dengan tegangan rendah untuk penerangan atau pemakaian peralatan listrik kecil dan untuk tegangan yang lebih tinggi untuk rangkaian tenaga perkereta api. Semua sistem pengukuran yang lain dibuat sebagai gabungan dari dua atau lebih hantaran.

Dalam kehidupan sehari-hari, istilah daya sering kita jumpai pada beberapa peralatan elektronik yang ada di sekitar kita seperti pada lampu pijar, setrika listrik, heater (pemanas) dan sebagainya. Alat-alat tersebut disebut elemen listrik karena memiliki elemen yang terbuat dari kumparan kawat logam tipis yang berfungsi sebagai hambatan yang akan menyerap (mendisipasi) energi dalam bentuk kalor ketika dilalui arus listrik.

Peralatan listrik tersebut didesain sehingga mempunyai spesifikasi tertentu, misalnya 100 W, 220 V. Spesifikasi ini dituliskan pada peralatan listrik sehingga langsung terlihat oleh pemakai. Jika tertulis 100 W, 220 V, ini berarti: " Daya listrik yang dipakai oleh alat tersebut tepat 100 W jika tegangan yang diberikan kepada alat tersebut 220 V." Tentu saja daya yang dipakai oleh alat tersebut akan lebih kecil dari 100 W jika tegangan yang diberikan pada alat tersebut kurang dari 220 V.

Pada umumnya hambatan peralatan listrik dianggap konstan sehingga dayanya sebanding dengan kuadrat tegangan sesuai dengan hubungan:

$$P_2 = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \times P_1$$

dengan:

$P_2$  = Daya sesungguhnya yang diserap peralatan

$P_1$  = Daya tertulis pada spesifikasi peralatan

- $V_2$  = Tegangan sesungguhnya yang diberikan kepada peralatan
- $V_1$  = Tegangan tertulis pada spesifikasi peralatan

Untuk mendesain spesifikasi peralatan, salah satu parameter yang ditentukan adalah hambatannya. Dengan demikian di dalam rangkaian listrik peralatan diwakili oleh hambatannya yang dapat ditentukan dari hubungan:

$$R = \frac{V^2}{P}$$

dengan:

- R = Hambatan
- V = Tegangan tertulis pada spesifikasi peralatan
- P = Daya yang tertulis pada spesifikasi peralatan

Penggunaan energi listrik dapat dihemat dengan cara:

- ✍ Peningkatan efisiensi, misalnya menggunakan daya listrik yang tidak berlebihan. Contohnya kita menghindari penggunaan lampu listrik yang beriluminasi tinggi dan menyesuaikan dengan ukuran ruang yang disediakan.
- ✍ Peningkatan efektivitas, misalnya mematikan peralatan listrik pada saat tidak digunakan.

### c) Pengukuran Induksi dan Kapasitansi

Apabila di dalam kumparan yang dipasang pada suatu rangkaian listrik mempunyai koefisien induksi diri (L Henry) dilalui arus maka timbul ggl induksi diri dan menurut hukum Lenz besarnya:

$$e_L = -L \frac{di}{dt}$$

Tiap-tiap kumparan memiliki itu mempunyai dua jenis tahanan yaitu:

- ✍ Tahanan nyata ( $R_{\text{murni}}$ ) dari kawat kumparannya.
- ✍ Tahanan imajiner (reaktansi induktif =  $X_L$ ) dimana  $X_L = j \omega L = j 2\pi f L$

Dari kedua jenis tahanan tersebut di dalam suatu kumparan yang dialiri oleh arus bolak-balik akan merupakan tahanan impedensi ( $Z_L$ ) yang besarnya:

$$Z_L = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Untuk pengukuran induktivitas dari suatu kumparan banyak mempergunakan jembatan dengan sumber arus bolak-balik. Pada suatu kondensator dengan kapasitas  $C$  (Farad) dihubungkan pada sumber arus maka pada pelatnya akan terjadi pengisian dan bila diputuskan hubungan dari sumbernya akan terjadi pengosongan (pelepasan) muatan.

Jumlah muatan yang diisikan di dalam suatu kondensator adalah:

$$Q = C E \dots \dots \dots C = Q/E$$

Dimana:

- $Q$  = muatan listrik dalam coulomb
- $C$  = kapasitas kondensator dalam Farad
- $E$  = Tegangan dalam Volt

Apabila dalam kondensator ini dialiri arus bolak-balik sesaat ( $i$ ), maka jumlah muatannya:

$$Q = I dt \dots \dots \dots i = dQ/dt$$

Dari penjabaran dalam teori listrik arus bolak-balik di dapat bahwa

$\frac{1}{\omega C}$  atau  $\frac{1}{2\pi f C}$  merupakan tahanan terhadap arus  $I$  dan yang disebut

reaktansi kapasitif ( $X_C$ ) maka dapat ditulis:  $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$

Besarnya impedensi kapasitif  $Z_C$  dapat ditulis:

$$Z_C = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

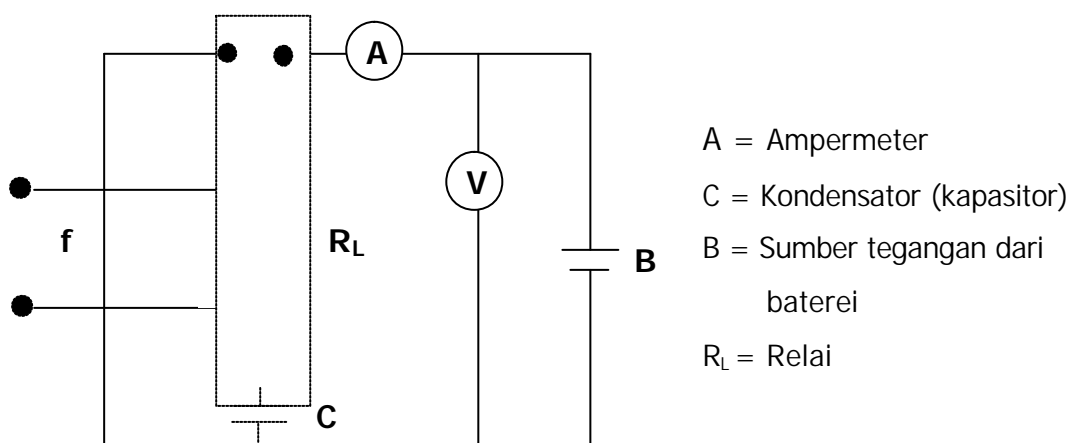
Besarnya kapasitas kondensator dapat diukur dengan sumber arus searah misalnya pada pengukuran kapasitas dengan galvanometer balistik dan jembatan arus searah, namun ada juga yang menggunakan metode jembatan arus bolak-balik.

#### d) Pengukuran Frekuensi

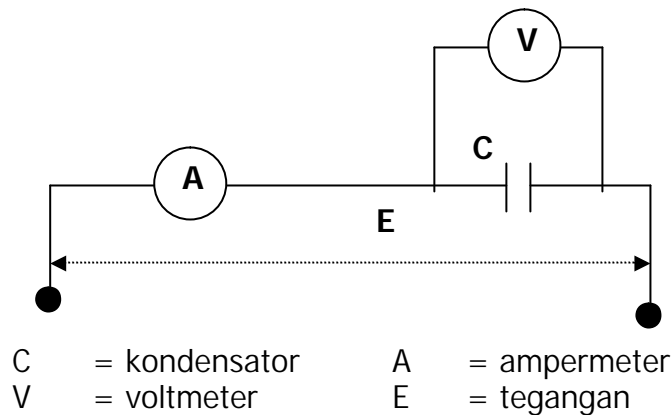
Untuk pengukuran frekuensi dari tegangan bolak-balik dapat diukur berdasarkan atas resonansi mekanik, resonansi listrik, perubahan reaktansi dan pengisian pengosongan kapasitor. Sedangkan pada frekuensi tinggi dipergunakan frekwensimeter elektronik, karena dengan adanya perkembangan yang sangat pesat dibidang elektronika pada dewasa ini.

Frekwensimeter yang banyak digunakan untuk pengukuran arus bolak-balik ialah azas resonansi mekanik. Frekwensimeter azas resonansi listrik dan perubahan reaktansi jarang dipergunakan sebab konstruksinya sangat sulit sehingga memerlukan pembiayaan yang mahal maka penggunaannya terbatas di laboratorium. Dua jenis frekwensimeter yang telah disebutkan itu daerah pengukurannya sangat sempit berkisar antara 42-58 Hz, maka penggunaan pada daerah pengukuran yang lebih lebar dipakai frekwensimeter dengan azas pengisian dan pengosongan kapasitor yang digerakkan dari sebuah relay.

Frekwensi meter yang mempunyai daerah pengukuran yang lebar dari dapat dihitung dengan pengisian dan pengosongan kapasitor. Perhatikan gambar 25. Relai itu digerakkan oleh sumber daya dengan frekwensi  $f$  yang akan diukur. Apabila relai tersebut ditutup pada frekwensi tertentu, maka jumlah muatan yang mengalir melalui ampermeter sebesar  $CV$  pada setiap periode. Dengan demikian arus  $I$  yang melewati ampermeter sebesar  $I = f C V$ . Karena dari persamaan antara  $I$  dan  $f$  berbanding lurus maka penunjukkan amapermeternya dapat dikalibrasikan dengan besaran frekuensi.



Pengukuran frekuensi juga dapat dilakukan dengan menggunakan voltmeter dan amperemeter seperti gambar 26 berikut:



**Gambar 26.** Voltmeter–Amperemeter untuk mengukur frekuensi

Besarnya arus  $I = E \cdot 2 \pi f C$ , sehingga  $f = \frac{I}{E \cdot 2 \pi C}$

Dengan C diketahui, I dan E dari hasil penunjukkan, maka f dapat dicari.

Pengukuran frekuensi juga dapat dilakukan dengan cara mekanis, yaitu menggunakan sonometer. Jika dawai sonometer yang tegak lurus medan magnet dialiri arus bolak-balik (AC) dawai akan mendapat gaya yang arahnya berganti-ganti vertikal ke atas dan ke bawah. Perubahan arah gaya pada dawai sesuai dengan frekwensi atau perubahan arah arus bolak-balik tersebut.

Dengan mengatur panjang dawai sedemikian rupa sehingga perubahan arah gaya sama dengan nada dasar dawai, maka dawai akan bergetar dengan frekwensi:

$$f = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{mg}{\mu}}$$

dengan:

- f: nada dasar dawai = frekwensi arus AC.
- L: panjang dawai yang menimbulkan nada dasar.
- m: massa beban.
- g: percepatan gravitasi bumi.
- ?: massa persatuan panjang tali dawai.

### c. Rangkuman

- ✍ Daya listrik mengandung komponen tegangan dan arus yang besarnya berbanding lurus dengan hasil perkalian kedua komponen tersebut. Untuk hambatan listrik yang konstan besar daya listrik sebanding dengan kuadrat tegangan ataupun kuadrat arus.
- ✍ Dalam pengukuran dapat dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan voltmeter dan amperemeter. Hasil pengukuran dengan alat ukur ini belum merupakan hasil akhir namun harus dihitung terlebih dahulu, dan cara yang kedua adalah menggunakan wattmeter. Hasil penunjukannya dapat langsung dibaca dan merupakan hasil akhir.
- ✍ Untuk arus bolak-balik, penghitungan daya listrik harus memperhatikan faktor kerja. Daya ini disebut sebagai daya efektif atau daya yang terpakai.
- ✍ Wattmeter yang digunakan untuk mengukur daya arus bolak-balik kebanyakan menggunakan azas kerja elektrodinamis dan induksi.
- ✍ Energi listrik adalah besar daya yang terpakai oleh beban atau yang dikeluarkan oleh generator selama waktu tertentu. Satuan energi adalah Watt jam.
- ✍ Untuk menghemat energi listrik dapat dilakukan dengan dua cara yaitu efisiensi dan efektivitas.
- ✍ Apabila di dalam kumparan yang dipasang pada suatu rangkaian listrik mempunyai koefisien induksi diri ( $L$  Henry) dilalui arus maka timbul ggl induksi diri dan menurut hukum Lenz.
- ✍ Besarnya kapasitas kondensator dapat diukur dengan sumber arus searah misalnya pada pengukuran kapasitas dengan galvanometer balistik dan jembatan arus searah, namun ada juga yang menggunakan metode jembatan arus bolak-balik.
- ✍ Untuk pengukuran frekwensi dari tegangan bolak-balik dapat diukur berdasarkan atas resonansi mekanik, resonansi listrik, perubahan reaktansi dan pengisian pengosongan kapasitor.

- ✍ Pengukuran frekwensi dapat dilakukan secara mekanik dengan menggunakan sonometer.

#### **d. Tugas**

1. Hitunglah energi listrik yang digunakan oleh alat-alat elektronik dirumah anda dengan mencatat daya yang dimiliki dan rata-rata waktu pemakaian selama satu bulan, cocokkan dengan angka yang tertera pada kWh meter yang dipasangkan di rumah anda!
2. Rancanglah sebuah alat yang dapat digunakan untuk mengukur daya listrik dari sebuah lampu dengan menggunakan amperemeter dan voltmeter.

#### **e. Tes Formatif**

1. Jelaskan pengertian daya listrik dan energi listrik?
2. Bagaimana hubungan antara daya listrik terhadap energi listrik?
3. Pada sebuah lampu tertulis harga 110 V, 50 W. Jelaskan pengertian harga tersebut.
4. Bagaimana jika lampu dengan harga 110 V, 50 W dihubungkan dengan tegangan 220 V?
5. Apakah yang dimaksud dengan reaktansi induktif pada induktor dan reaktansi kapasitif pada kapasitor dikaitkan dengan frekwensi?
6. Jelaskan teknik pengukuran frekwensi dengan menggunakan amperemeter dan voltmeter?
7. Jelaskan teknik pengukuran frekwensi secara mekanis?

#### **f. Kunci Jawaban**

1. Daya listrik adalah energi listrik yang digunakan oleh komponen listrik per satuan waktu. Sedangkan energi listrik sendiri diartikan sebagai besar daya terpakai oleh beban atau yang dikeluarkan oleh generator selama waktu tertentu.



2. Hubungan antara energi listrik dan daya listrik adalah untuk menghitung besarnya energi listrik dapat diperoleh dari hasil kali daya yang digunakan dengan selang waktunya atau  $W = P \cdot t$ . Semakin besar daya yang dipakai maka energi yang digunakan semakin besar.
3. Jika lampu itu dihubungkan dengan tegangan 110 volt, maka lampu menggunakan daya sebesar 50 watt.
4. Jika lampu tersebut dihubungkan dengan tegangan 220 V, maka dayanya akan menjadi lebih besar yaitu 200 watt.
5. Reaktansi induktif merupakan tahanan imajiner yang dimiliki oleh induktor yang dapat dinyatakan dalam persamaan  $X_L = 2\pi f L$ . Jika frekuensi semakin besar maka nilai tahanan tersebut juga semakin besar, sedangkan reaktansi kapasitif adalah tahanan imajiner yang dimiliki oleh kapasitor yang dapat dinyatakan dalam persamaan  $X_C = 1/(2\pi f C)$ . Reaktansi kapasitif berbanding terbalik dengan frekuensi. Jika frekuensi semakin besar maka reaktansi kapasitif semakin kecil.
6. Penghitungan frekwensi dapat dilakukan dengan mengukur besarnya arus yang melalui sebuah kapasitor saat dihubungkan dengan sebuah sumber tegangan tertentu. Dengan menggunakan hubungan  $I = E / 2\pi f C$ , maka frekwensi bisa dihitung.
7. Teknik pengukuran frekwensi secara mekanis dapat dilakukan dengan menggunakan sonometer. Jika dawai sonometer yang tegak lurus medan magnet dalam dialiri arus bolak-balik (AC) dawai akan mendapat gaya yang arahnya berganti-ganti vertikal ke atas dan ke bawah. Perubahan arah gaya pada dawai sesuai dengan frekwensi atau perubahan arah arus bolak-balik tersebut. Dengan mengatur panjang dawai sedemikian rupa sehingga perubahan arah gaya sama dengan nada dasar dawai, maka dawai akan bergetar dengan frekwensi:
- 8.

$$f = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{mg}{\pi}}$$

## g. Lembar Kerja

### 1. Alat dan bahan

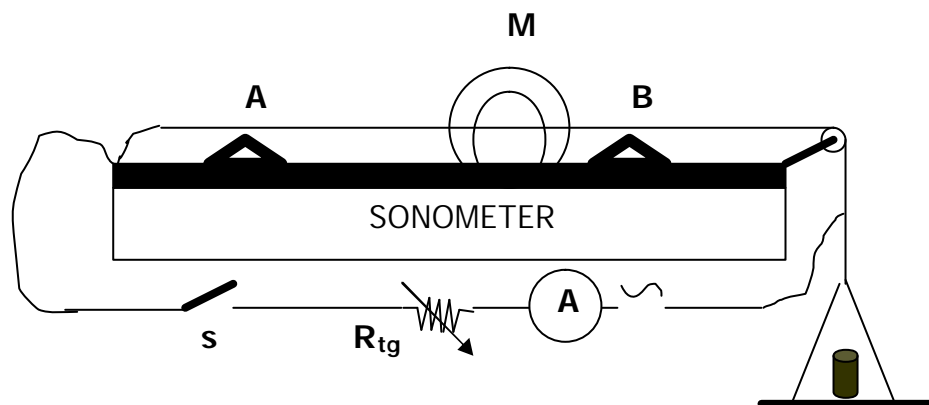
- ✍ Sonometer beserta dawai dan beban 1 set
- ✍ Mistar 1 buah
- ✍ Magnet ladam 1 buah
- ✍ Saklar 1 buah
- ✍ Adaptor 6 Volt 1 buah
- ✍ Neraca 1 buah
- ✍ Kabel penghubung 5 buah
- ✍ Tahanan geser 1 buah

### 2. Keselamatan Kerja

- a. Pastikan semua alat ukur dan bahan dalam kondisi baik.
- b. Ikuti langkah-langkah percobaan dengan benar.
- c. Pakailah alas kaki yang terbuat dari karet saat melakukan kegiatan.
- d. Hati-hati pada saat merangkai.

### 3. Langkah kerja

- a. Merangkai alat-alat seperti gambar di bawah ini dan pastikan semua alat dan bahan sudah terangkai sempurna.



- b. Mengatur tahanan geser sehingga arus yang mengalir pada dawai cukup besar tetapi dawai tidak sampai panas.

- c. Dengan beban tertentu ( $m$ ), mengatur  $L$  sehingga dawai bergetar dengan nada dasarnya (pada setiap perubahan letak A-B mengusahakan agar magnet terletak pada tengah-tengah AB).
- d. Mengukur massa persatuan panjang dawai (?) yang digunakan yaitu dengan menimbang dan mengukur panjangnya.
- e. Mengulangi percobaan di atas untuk dua macam dawai, dan masing-masing minimal dengan 5 macam beban yang berbeda.
- f. Menghitung frekwensi rata-rata berdasarkan hasil pengukuran tersebut.

# BAB III. EVALUASI

---

## A. TES TERTULIS

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas !

1. Salah satu prinsip kerja alat ukur adalah elektrodinamis, jelaskan pengertian dari prinsip tersebut!
2. Galvanometer hanya mampu mengukur arus listrik yang kecil, sebutkan penggunaan lain dari galvanometer!
3. Sebuah multimeter digunakan untuk mengukur tegangan dengan batas ukur 50 volt, jika skala maksimumnya 100, dan jarum penunjuk berada pada skala 10 hitunglah nilai terukurnya?
4. Sebuah galvanometer dengan hambatan 50  $\Omega$  mengalami simpangan maksimum jika dilalui arus sebesar 10,0 mA. Jika galvanometer akan dibuat ampermeter yang mampu mengukur arus hingga 5 A. Berapa besar hambatan shunt yang diperlukan?
5. Jelaskan fungsi pemasangan tahanan pada voltmeter!
6. Dalam pengukuran tahanan, dapat dilakukan berdasarkan prinsip hukum Ohm, jelaskan!
7. Sebuah keluarga menyewa listrik PLN sebesar 500 W dengan tegangan 110 V, jika untuk penerangan keluarga menggunakan lampu 100 W, 220 V. tentukanlah jumlah lampu maksimum yang dapat di pasang?
8. Solder listrik bertegangan 100 Volt memerlukan arus 1 ampere, dipakai selama  $\frac{1}{4}$  jam. Berapa energi yang diperlukan selama  $\frac{1}{4}$  jam tersebut?
9. Jelaskan perbedaan reaktansi induktif dan kapasitif terhadap nilai frekuensi yang mempengaruhinya?
10. Jelaskan salah satu cara pengukuran frekuensi!

## B. TES PRAKTEK

1. Susunlah sebuah baterai dan dua lampu baterai hingga menyala. Pasangkan voltmeter dan ampermeter pada rangkaian tersebut. Lakukan penghitungan nilai tahanan pada kedua lampu. Bandingkan jika nilai tahanan kedua lampu tersebut diukur langsung dengan Ohmmeter.
2. Tuliskan kesimpulanmu.

# KUNCI JAWABAN

---

## A. TES TERTULIS

1. Adanya gaya antara dua kawat berarus atau gaya antara dua kumparan yang dilalui arus.
2. Hubungan jembatan, pengukuran tahanan isolasi, mengetahui adanya arus induksi diri, arus induksi timbal balik pada kumparan, untuk mengetahui kapasitas sebuah kapasitor dsb.
3. 5 Volt
4. 0,1 ohm
5. Untuk memperkecil arus yang mengalir dalam voltmeter saat digunakan untuk mengukur tegangan dalam suatu rangkaian.
6. Berdasarkan prinsip bahwa  $R = V/I$
7. 20 lampu
8. 90 kWh.
9. Reaktansi induktif berbanding lurus sedang reaktansi kapasitif berbanding terbalik dengan frekwensi.
10. Dengan menggunakan sonometer

# LEMBAR PENILAIAN

Nama Peserta :  
 No. Induk :  
 Program keahlian :  
 Nama Jenis Pekerjaan :

## PEDOMAN PENILAIAN

| No   | Aspek Penilaian  | Skor maksimum | Skor perolehan | Keterangan |
|--|--|---------------|----------------|------------|
| (1)  | (2)  | (3)           | (4)            | (5)        |
| I  | Perencanaan<br>✎ Persiapan alat dan bahan<br>✎ Pengenalan terhadap alat ukur yang digunakan. | 2<br>3        |                |            |
|  | Sub Total  | 5             |                |            |
| II   | Model Susunan<br>✎ Merangkai alat dan bahan sesuai dengan gambar                             | 5             |                |            |
|  | Sub Total  | 5             |                |            |
| III  | Proses (Sistematika dan Cara Kerja)  | 7             |                |            |
|  | ✎ Cara melakukan pengukuran  | 7             |                |            |
|  | ✎ Cara membaca skala ampermeter  | 7             |                |            |
|  | ✎ Cara membaca skala voltmeter   | 7             |                |            |
|  | ✎ Cara menuliskan hasil pengukuran   |               |                |            |
|  | ✎ Cara menganalisis data   |               |                |            |
| Sub Total  | 35   |               |                |            |
| IV   | Kualitas Hasil Kerja   |               |                |            |
|  | ✎ Rangkaian yang disusun sesuai  | 5             |                |            |
|  | ✎ Data-data yang diperoleh sesuai  | 20            |                |            |
| ✎ Kegiatan diselesaikan dengan waktu yang telah ditentukan | 10   |               |                |            |
| Sub Total  | 35   |               |                |            |
| V  | Sikap/Etos Kerja   |               |                |            |
|  | ✎ Tanggung jawab   | 2             |                |            |
|  | ✎ Ketelitian   | 3             |                |            |
|  | ✎ Inisiatif  | 3             |                |            |
| ✎ Kemandirian  | 2  |               |                |            |
| Sub Total  | 10   |               |                |            |
| VI   | Laporan  |               |                |            |
|  | ✎ Sistematika penyusunan laporan   | 4             |                |            |
|  | ✎ Ketepatan merumuskan simpulan  | 6             |                |            |
| Sub Total  | 10   |               |                |            |
| Total  | 100  |               |                |            |

## KRITERIA PENILAIAN

| No<br>(1)                | Aspek Penilaian<br>(2)   | Skor perolehan<br>(3)  | Keterangan<br>(4) |
|--------------------------|--|--|-------------------|
| I                        | Perencanaan<br>☞ Persiapan alat dan bahan                          | - Alat dan bahan disiapkan sesuai dengan kebutuhan.            | 2                 |
|                          |  | - Alat dan bahan yang disiapkan tidak sesuai dengan kebutuhan. | 1                 |
|                          | ☞ Pengenalan terhadap alat ukur yang digunakan.                    | - Mengenal semua alat ukur yang digunakan.                     | 3                 |
|                          |  | - Hanya mengenal sebagian.                                     | 2                 |
| II                       | Model Susunan<br>☞ Merangkai alat dan bahan sesuai dengan gambar   | - Alat dan bahan yang dirangkai sesuai dengan petunjuk.        | 5                 |
|                          |  | - Alat dan bahan yang dirangkai tidak sesuai dengan petunjuk.  | 2                 |
| III                      | Proses (Sistematika dan Cara Kerja)<br>☞ Cara melakukan pengukuran | - Tepat sesuai dengan ketentuan.                               | 7                 |
|                          |  | - Kurang tepat.  | 3                 |
|                          | ☞ Cara membaca skala ampermeter                                    | - Pandangan tegak lurus dengan jarum penunjuk alat.            | 7                 |
|                          |  | - Jarak pandang dengan alat kurang pas.                        | 3                 |
|                          | ☞ Cara membaca skala voltmeter                                     | - Pandangan tegak lurus dengan skala penunjuk.                 | 7                 |
|                          |  | - Pandangan tidak tegak lurus dengan skala penunjuk.           | 4                 |
|                          | ☞ Cara menuliskan hasil pengukuran                                 | - Sesuai dengan besaran yang diukur dan stauannya.             | 7                 |
|                          |  | - Tidak sesuai dengan besaran yang diukur dan satuannya.       | 3                 |
| ☞ Cara menganalisis data | - Menggunakan metode grafik  | 7  |                   |
|                          | - Dihitung langsung tanpa grafik.                                  | 5  |                   |



|    |  |  |              |
|----|--|--|--------------|
| IV | Kualitas Hasil Kerja                                       |  |              |
|    | ☞ Rangkaian yang disusun sesuai                            | - Rapi dan mudah diamati<br>- Tidak rapi   | 5<br>2       |
|    | ☞ Data-data yang diperoleh sesuai                          | - Sesuai dengan besaran yang diukur.<br>- Tidak sesuai dengan besaran yang diukur.   | 20<br>5      |
|    | ☞ Kegiatan diselesaikan dengan waktu yang telah ditentukan | - Menyelesaikan pekerjaan lebih cepat dari waktu yang ditentukan.<br>- Menyelesaikan pekerjaan tepat waktu.<br>- Menyelesaikan pekerjaan melebihi waktu yang ditentukan. | 8<br>10<br>2 |
| V  | Sikap/Etos Kerja   |  |              |
|    | ☞ Tanggung jawab   | - Merapikan kembali alat dan bahan yang telah digunakan.<br>- Tidak merapikan alat setelah melaksanakan kegiatan.  | 2<br>1       |
|    | ☞ Ketelitian   | - Tidak banyak melakukan kesalahan kerja.<br>- Banyak melakukan kesalahan kerja  | 3<br>1       |
|    | ☞ Inisiatif  | - Memiliki inisiatif dalam bekerja.<br>- Kurang/tidak memiliki inisiatif.  | 3<br>1       |
|    | ☞ Kemandirian  | - Bekerja tanpa banyak diperintah<br>- Baru bekerja setelah diperintah.  | 2<br>1       |
| VI | Laporan  |  |              |
|    | ☞ Sistematika penyusunan laporan                           | - Laporan disusun sesuai dengan sistematika.<br>- Laporan disusun tanpa sistematika.   | 4<br>2       |
|    | ☞ Ketepatan merumuskan simpulan                            | - Simpulan sesuai dengan tujuan.<br>- Simpulan tidak sesuai tujuan.  | 6<br>3       |

## BAB IV. PENUTUP

---

Setelah menyelesaikan modul ini, anda berhak mengikuti tes praktek untuk menguji kompetensi yang telah Anda pelajari. Apabila anda dinyatakan memenuhi syarat kelulusan dari hasil evaluasi modul ini, Anda berhak untuk melanjutkan ke topik/modul berikutnya.

Mintalah pada guru/instruktur untuk melakukan uji kompetensi dengan sistem penilaian yang dilakukan langsung oleh pihak dunia industri atau asosiasi profesi yang berkompeten apabila Anda telah menyelesaikan suatu kompetensi tertentu. Atau apabila Anda telah menyelesaikan seluruh evaluasi dari setiap modul, maka hasil yang berupa nilai dari guru/instruktur atau berupa portofolio dapat dijadikan sebagai bahan verifikasi oleh pihak industri atau asosiasi profesi. Kemudian selanjutnya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai penentu standar pemenuhan kompetensi tertentu dan bila memenuhi syarat Anda berhak mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh dunia industri atau asosiasi profesi.

# Daftar Pustaka

---

- Djonoputro, B.D., 1984. *Teori Ketidakpastian*. Terbitan kedua. Bandung: Penerbit ITB.
- Giancoli, D.C., 1995, *PHYSICS* (Fourth Edition). New Jersey: Prentice Hall.
- Halliday, D., Resnick, R., 1994. *PHYSICS*, terjemahan: Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. Jakarta: Erlangga.
- Hibbard, M.K. 2000. *Performance Assessment in The Science Classroom*. New York: GLENCOE McGraw-Hill.
- Tim GLENCOE. 1997. *Alternate Assessment in The Science Classroom*. New York: GLENCOE McGraw-Hill.
- Tippens, P.E., Zitzewitz, P.W., Kramer, C. 1995. *Laboratory Manual For PHYSICS*. Fifth edition. New York: GLENCOE McGraw-Hill.
- Wilson, J. D. dan Buffa, A. J. 1997. *College PHYSICS*. Third Edition. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Zitzewitz, P.W., Davids, M., Guitry, N.D., Hainen, N.O., Kramer, C.W, Nelson, J.B., Nelson, Jim, 1999. *PHYSICS, Principles and Problems* (Teacher Wraparound Edition). USA GLENCOE McGraw-Hill.