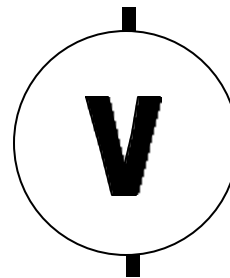
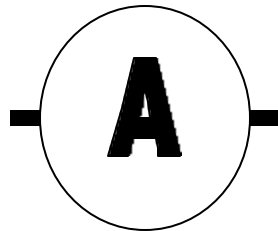




**SIMBOL DAN DATA TEKNIK
ALAT UKUR LISTRIK**

**ELK-DAS.14
15 JAM**



Penyusun :

TIM FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

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

EDISI 2001

KATA PENGANTAR

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

Materi modul ini mencakup simbol alat ukur listrik dan prinsip kerja alat ukur listrik yaitu alat ukur DC dan alat ukur AC. Kegiatan belajar 1, 2 dan 3 merupakan penjelasan dari berbagai jenis alat ukur listrik (alat ukur AC maupun alat ukur DC) yang menjelaskan mengenai simbol-simbol dari alat ukur listrik (AC maupun DC) serta prinsip kerja dari alat ukur sendiri. Keberhasilan dalam praktikum dalam modul ini terletak pada kebenaran dalam pengukuran. Dalam suatu pekerjaan pengukuran batas ukur selalu pada batas ukur tertinggi.

Modul ini terkait dengan modul lain yang membahas tentang simbol-simbol alat ukur listrik sehingga sebelum menggunakan modul ini siswa diwajibkan telah memahami dan mempelajari Gambar Teknik Listrik dan Elektronika.

Yogyakarta, Nopember 2001

Penyusun.

Tim Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

DISKRIPSI JUDUL

Modul ini mengkaji tentang identifikasi dan klasifikasi alat ukur listrik yang meliputi kegiatan belajar : simbol-simbol yang digunakan dalam alat ukur listrik, prinsip kerja alat penunjuk meter, alat ukur DC yang meliputi alat ukur arus dan tegangan, dan alat ukur AC yang juga meliputi alat ukur arus dan tegangan.

Pemilihan alat ukur listrik yang sesuai dengan media yang akan diukur, merupakan salah satu hal yang fundamental di dalam proses pengukuran. Oleh karena itu pemahaman tentang konsep dasar tentang penggunaan/pembacaan alat ukur, hubungan antara media yang diukur dengan alat ukur, tahanan dalam, tahanan standard, kalibrasi alat ukur, kesalahan pembacaan yang diakibatkan oleh alat ukur dan manusia, dan konsep konsumsi daya yang diperlukan yang diakibatkan oleh penggunaan alat ukur tersebut juga dikaji dalam modul ini.

Modul ini menjadi dasar dalam penggunaan alat ukur listrik yang hendak digunakan dalam setiap kegiatan peserta diklat, baik yang berkaitan dengan modul-modul lain yang sejenis pada skala laboratorium maupun pada implementasi kegiatan peserta diklat di lapangan.

PETA KEDUDUKAN MODUL

PRASYARAT

Untuk melaksanakan modul **SIMBOL DAN DATA TEKNIK ALAT UKUR LISTRIK** memerlukan kemampuan awal yang harus dimiliki peserta diklat, yaitu : Gambar Teknik Listrik dan Elektronika, karena dalam modul tersebut peserta diklat dituntut untuk mengetahui berbagai macam simbol dari suatu alat ukur listrik.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DESKRIPSI JUDUL	iii
PETA KEDUDUKAN MODUL	iv
PRASYARAT	v
DAFTAR ISI	vi
PERISTILAHAN/ GLOSSARY	viii
PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL	ix
TUJUAN	x
1. Tujuan Akhir	x
2. Tujuan Antara	x
KEGIATAN BELAJAR 1	1
Lembar Informasi	1
Lembar Kerja	3
Kesehatan dan Keselamatan Kerja	3
Langkah Kerja	4
Lembar Latihan	4
KEGIATAN BELAJAR 2	5
Lembar Informasi	5
Lembar Kerja	21
Kesehatan dan Keselamatan Kerja	22
Langkah Kerja	23
Lembar Latihan	28
KEGIATAN BELAJAR 3	29
Lembar Informasi	29
Lembar Kerja	38
Kesehatan dan Keselamatan Kerja	38

Langkah Kerja	39
Lembar Latihan	45
LEMBAR EVALUASI	46
LEMBAR KUNCI JAWABAN	47
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 1	47
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 2	47
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 3	47
Lembar Kunci Jawaban Evaluasi	48
DAFTAR PUSTAKA	49

PERISTILAHAN / GLOSSAARY

D C	: <i>Direct current</i> (Arus searah)
A C	: <i>Alternating current</i> (Arus bolak - balik)
Elektrodinamometer	: Gaya elektromagnetik antara arus - arus.
Elektrostatik	: gaya tarik antara dua elektrode.
PMMC	: <i>Permanent magnetic moving coil</i>
Fluksi	: Gaya gerak listrik
Paralax	: Kesalahan pembacaan akibat dari faktor manusia.
Toleransi	: Satu satuan nilai yang diperkenankan
Kalibrasi	: Peneraan
Presisi	: ketelitian dari suatu alat ukur.

PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mempelajari modul ini :

1. Bacalah tujuan akhir, tujuan antara , dan tujuan pada masing-masing kegiatan belajar dengan seksama.
2. Bacalah dengan seksama lembar informasi pada masing-masing kegiatan belajar.
3. Cermatilah setiap kebutuhan alat dan bahan yang diperlukan.
4. Lihatlah pertanyaan latihan dan evaluasilah, apakah berkaitan dengan lembar evaluasi atau tidak, jika Ya, beri tanda pada lembar informasi tersebut. Jika berkaitan dengan langkah kerja, perhatikanlah pada setiap langkah kerja.
5. Salah satu kunci keberhasilan dalam pemahaman modul adalah langkah kerja. Oleh karena itu jangan sekali-kali mengabaikan urutan pada langkah kerja.

TUJUAN

1. Tujuan Akhir

Setelah selesai melaksanakan kegiatan belajar peserta diklat diharapkan memahami :

- a. Identifikasi simbol-simbol yang digunakan dalam alat-alat ukur listrik.
- b. Perbedaan antar data teknik alat-alat ukur listrik.
- c. Pelaksanaan pekerjaan yang berkaitan dengan pembacaan meter, kesalahan meter, dan kalibrasi.

2. Tujuan Antara

Setelah selesai kegiatan belajar diharapkan peserta diklat mampu:

- a. Menjelaskan prinsip kerja dari masing-masing simbol-simbol alat-alat ukur listrik.
- b. Menjelaskan prinsip kerja alat ukur listrik DC.
- c. Menjelaskan prinsip kerja alat ukur listrik AC.

KEGIATAN BELAJAR I

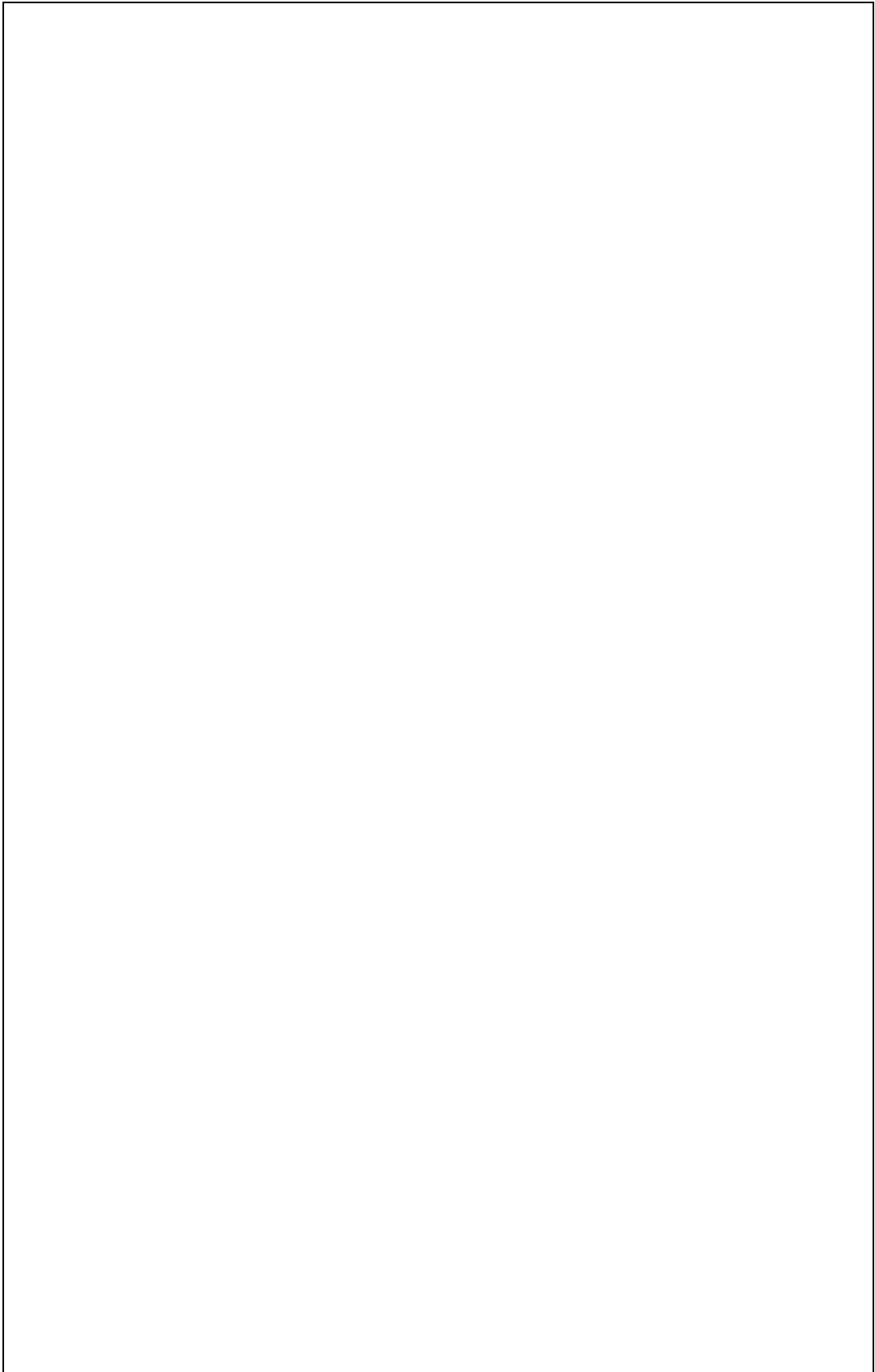
SIMBOL ALAT UKUR LISTRIK

Lembar Informasi

Mengukur pada hakekatnya membandingkan sesuatu besaran yang belum diketahui besarnya dengan besaran lain yang diketahui besarnya. Untuk keperluan tersebut diperlukan alat ukur.

Pekerjaan pengukuran, diperlukan pemilihan alat ukur yang baik. Alat ukur yang baik setidaknya mengandung informasi besaran-besaran yang diukur yang sesuai dengan kondisi senyatanya. Akan tetapi di dalam proses pengukuran terdapat kekeliruan-kekeliruan. Ada 2 kelompok kekeliruan, yaitu kekeliruan sistematis (berkaitan dengan alat ukur, metode pengukuran, dan faktor manusia) dan kekeliruan acak (berkaitan dengan faktor non teknis/sistematis).

Pada prinsipnya memilih alat ukur listrik adalah upaya untuk mendapatkan alat ukur yang sesuai dengan besaran-besaran listrik yang hendak diketahui nilai besarnya. Hal ini berkaitan dengan upaya untuk menentukan nilai kuantitas besaran listrik yang hendak diketahui. Ada 2 besaran listrik yang esensial yang hendak diketahui nilai besarnya, yaitu arus dan tegangan. Ragam, jenis, tanda gambar, tanda huruf, prinsip kerja, penggunaan, daerah kerja, dan penggunaan daya ditunjukkan seperti pada Tabel 1.



Lembar Kerja

Alat dan bahan :

1. Ampere meter DC portable standar: klas 0,5 dengan batas ukur 1/3/10/30 mA.
2. Ampere meter DC portable standar : klas 0,5 dengan batas ukur 10/30/100/300 mA
3. Miniatur ampere meter DC portable standar.
4. Handy calibrator : 0 - 30 V DC.
5. Tahanan Standar : 1 K Ω , dan 10K Ω .
6. Volt meter DC portable standar : klas 0,5 dengan batas ukur 0,3/1/3/10 V.
7. Volt meter DC portable standar : klas 0,5 dengan batas ukur 3/10/30/100 V.
8. Volt meter DC portable standar : klas 1,0 dengan batas ukur /10/30/100/300 V.
9. Mniatur Volt meter DC portable Klas 1,0 dengan ukur 3/10/30/100/300 V.
10. Obeng (Drei).
11. Buku manual pada masing-masing meter.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja

1. Letakkanlah peralatan pada posisi yang aman pada meja praktikum.
2. Pastikanlah meter dalam kondisi belum terhubung dengan untai yang lain.
3. Aturlah posisi batas ukur sesuai dengan nilai yang akan diukur. Untuk lebih amannya letakkan pada posisi batas ukur yang paling besar.
4. Biasakanlah membedakan probe meter antara terminal positif (+) dan negatif (-) dengan kabel penghubung yang berlainan warna.

5. Lihatlah dan bacalah terlebih dahulu resistor yang hendak dipakai. Apakah sudah sesuai dengan percobaan yang hendak berlangsung.
6. Janganlah sekali-kali menghubungkan meter DC dengan tegangan sumber AC.
7. Biasakanlah meja, kursi, dan ruangan praktikum dalam keadaan bersih dan nyaman, baik sebelum maupun sesudah praktikum.

Langkah Kerja

1. Catatlah spesifikasi masing-masing meter, cocokkan dengan manual masing-masing meter.
2. Amatilah dan baca masing-masing meter yang saudara hadapi, yang berkaitan dengan jenis meter, tanda gambar, daerah kerja dan batas ukur.
3. Lakukanlah perbandingan antar meter sejenis, catat hasilnya.
4. Berilah keterangan dari masing-masing meter yang saudara amati.

Lembar Latihan

1. Jelaskanlah prinsip kerja kumparan putar !
2. Jelaskanlah prinsip kerja besi putar !
3. Jelaskanlah prinsip kerja dinamometer !
4. Jelaskanlah prinsip kerja thermokopel !
5. Jelaskanlah prinsip kerja elektrosatitik !

KEGIATAN BELAJAR II

PRINSIP KERJA ALAT UKUR LISTRIK DC

Lembar Informasi :

❖ *Prinsip Kerja Galvanometer*

Pengukuran arus searah pada mulanya menggunakan galvanometer suspensi dengan sistem gantungan, instrumen ini merupakan pelopor instrumen kumparan putar yang merupakan dasar dari alat penunjuk arus searah. Konstruksi galvanometer suspensi terlihat seperti pada Gambar 1.

Gambar 1. Galvanometer Suspensi

Menurut hukum dasar gaya elektro, magnetik kumparan akan berputar di dalam medan magnet bila dialiri oleh arus listrik . Gantungan kumparan yang terbuat dari serabut halus berfungsi sebagai pembawa arus dari dan ke kumparan, keelastisan serabut tersebut akan membangkitkan suatu torsi yang melawan perputaran kumparan. Kumparan akan terus berdefleksi sampai gaya elektro magnetiknya mengimbangi torsi mekanis lawan dari gantungan. Dengan demikian penyimpangan kumparan merupakan ukuran bagi arus yang dibawa oleh kumparan tersebut. Sebuah cermin yang dipasang pada kumparan menyimpangkan seberkas cahaya dan menyebabkan sebuah bintik yang telah diperkuat bergerak di atas skala pada suatu jarak dari instrumen. Efek optiknya adalah sebuah jarum penunjuk yang panjang tetapi massanya nol.

Walaupun galvanometer suspensi bukan instrumen yang portabel, namun prinsip yang mengatur kerjanya diterapkan secara sama terhadap jenis yang relatif lebih baru, yaitu : PMMC (*Permanent Magnet Moving-coil Mechanism*) yang ditunjukkan pada Gambar 2.

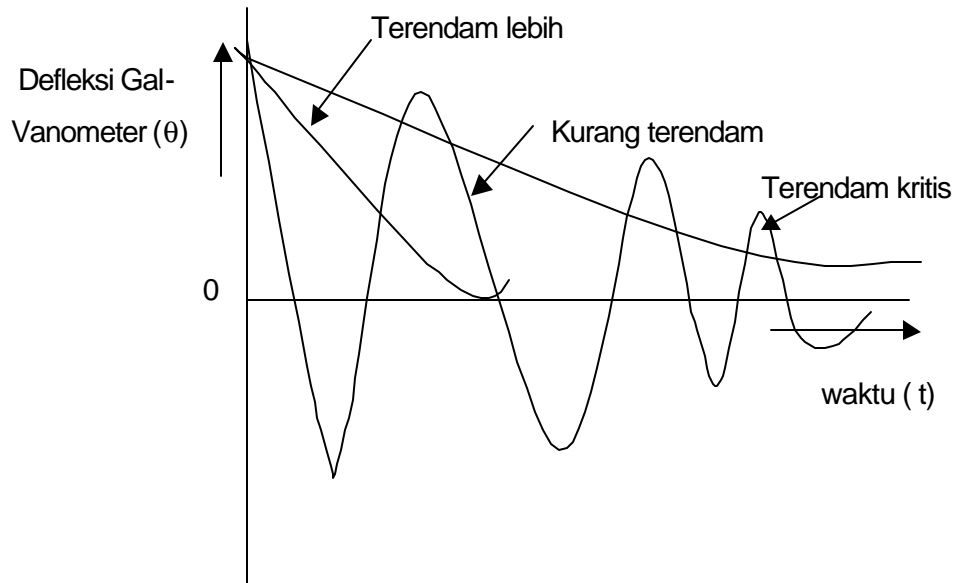
Gambar 2. Konstruksi PMMC

Pada Gambar 2. terdapat kumparan yang digantung di dalam medan magnet dari suatu magnet permanen yang berbentuk sepatu kuda. Kumparan digantung sedemikian rupa sehingga dapat berputar bebas di dalam medan magnet. Bila arus mengalir di dalam kumparan, torsi elektromagnetik yang dibangkitkannya akan menyebabkan perputaran kumparan tersebut. Torsi ini diimbangi oleh torsi mekanis pegas pengatur yang diikat pada kumparan. Keseimbangan torsi-torsi ini dan posisi sudut kumparan putar dinyatakan oleh jarus penunjuk terhadap referensi yang dinamakan skala. Persamaan pengembangan torsi dinyatakan dalam persamaan (i)

$$T = B \times A \times I \times N \quad \dots\dots\dots (i)$$

- dimana :
- T = torsi dalam Newton meter (N·m)
 - B = kerapatan fluksi di dalam senjang udara (Wb/m²)
 - A = luas efektif kumparan (m²)
 - I = arus di dalam kumparan putar (A)
 - N = jumlah lilitan kumparan.

Sifat dinamik dari galvanometer dapat dilihat dari gerakan kumparan putar di dalam medan magnet yang dikenali dari tiga kuantitas, yaitu : momen inersia kumparan putar terhadap sumbu putarnya, torsi lawan yang dihasilkan oleh gantungan kumparan, dan konstanta redaman. Penyelesaian persamaan diferensial yang menghubungkan ketiga faktor tersebut, akan memberikan tiga kemungkinan yang ditunjukkan pada kurva seperti dalam Gambar 3.



Gambar 3. Sifat Dinamik Galvanometer

❖ **Sensitivitas Galvanometer**

Sensitivitas Arus

Sensitivitas arus didefinisikan sebagai perbandingan penyimpangan (defleksi) galvanometer terhadap arus yang menghasilkan defleksi tersebut. Arus dinyatakan dalam mikroAmpere (μA) dan defleksi dalam milimeter (mm). Bagi galvanometer yang skalanya tidak dikalibrasi dalam milimeter, defleksi dapat dinyatakan dalam bagian skala. Sensitivitas arus dinyatakan dalam persamaan (ii)

$$S_I = \frac{d \text{ mm}}{I \text{ A}} \dots\dots\dots (ii)$$

dimana : S_I = Sensitivitas arus

d = defleksi galvanometer dalam bagian skala atau mm

I = arus galvanometer dalam μA

Sensitivitas Tegangan

Sensitivitas tegangan didefinisikan sebagai perbandingan defleksi galvanometer terhadap tegangan yang dihasilkannya yang dinyatakan dalam persamaan (iii)

$$S_V = \frac{d \text{ mm}}{V \text{ mV}} \dots\dots\dots (iii)$$

dimana : S_V = sensitivitas tegangan

d = defleksi galvanometer dalam bagian skala atau mm

V = tegangan galvanometer dalam mV.

Sensitivitas Mega-ohm

Sensitivitas mega-ohm didefinisikan sebagai tahanan (dalam mega-ohm) yang dihubungkan secara seri dengan galvanometer agar menghasilkan defleksi sebesar satu bagian skala bila tegangan 1 Volt dimasukkan ke rangkaian tersebut. Karena tahanan ekivalen dari galvanometer yang dipararelkan diabaikan terhadap tahanan (dalam mega-ohm) yang seri dengannya, arus yang dimasukkan praktis sama dengan $1/R \mu A$ dan menghasilkan defleksi sebesar satu bagian (divisi). Secara numerik, sensitivitas mega-ohm sama dengan sebsitivitas arus.

$$S_R = S_I \dots\dots\dots (iv)$$

Sensitivitas Balistik

Sensitivitas balistik didefinisikan sebagai perbandingan defleksi maksimal galvanometer d_m terhadap jumlah muatan listrik Q di dalam satu pulsa tunggal yang menghasilkan defleksi tersebut, yang diformulasikan dengan persamaan (v).

$$S_Q = \frac{d_m \text{ mm}}{Q \text{ } \mu\text{V}} \dots\dots\dots (v)$$

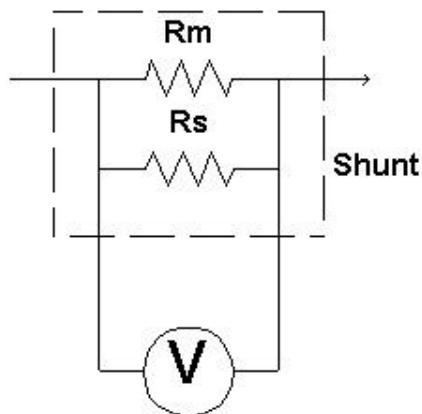
dimana :

d_m = defleksi maksimal galvanometer dalam bagian skala atau mm

Q = kuatitas muatan listrik dalam μV .

❖ **Ampere meter DC**

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur arus listrik dinamakan ampere meter. Gerakan dasar dari penunjukan nilai arus pada ampere meter arus searah menggunakan prinsip kerja dari galvanometer PMMC. Oleh karena penyimpangan penunjukan pada galvanometer yang berkait dengan sensitivitas arus pada galvanometer dalam satuan μA , maka untuk pengukuran arus yang cukup besar diperlukan media untuk mengalirkan sebagian besar dari arus tersebut kedalam suatu tahanan yang dinamakan **shunt**. Hubungan dasar dari ampere meter dan tahanan shunt ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Dasar Amperemeter dengan Tahanan Shunt

Pengaturan nol pada penunjukan ampere meter

Pengaturan penunjukan ampere meter menuju titik nol diperlihatkan pada Gambar 5. hal ini dilakukan jika penunjukan meter tidak pada titik nol.

Gambar 5. Pengaturan Nol pada Penunjukan Amperemeter

Pembacaan skala

Pembacaan nilai suatu pengukuran dilakukan dengan cara melihat secara langsung besaran dan skala yang telah ditunjukkan pada ampere meter, lihatlah gambar 6 (a).

Pembacaan dari samping menyebabkan kesalahan paralaks, hal ini disebabkan terjadi pergeseran pembacaan antara skala dengan posisi melihat skala pembacaan, lihatlah Gambar 7 (b).

(a)

(b)

Gambar 6. Pembacaan Skala

Toleransi kesalahan

Kesalahan yang diperbolehkan (ϵ) pada ampere meter diekspresikan dalam nilai prosentase pada skala penuh. ϵ pada ampere meter pada klas 1.0 adalah $\epsilon = 1.0 \%$ dari skala penuh, lihat Gambar 7. (a), (b), dan (c).

(a)

(b)

(c)

Gambar 7. Toleransi Kesalahan

Gambar 7 (a) dengan batas ukur 100 mA dan $\epsilon = \pm 1\%$ atau $\pm 1\text{mA}$ digunakan untuk mengukur arus sebesar 100 mA, maka ϵ yang

ditimbulkan adalah : prosentase ε untuk 100 mA = $(1 \text{ mA} / 100 \text{ mA}) * 100 \% = 1 \%$. demikian seterusnya untuk kasus pengukuran arus 50 mA dan 10 mA yang ditunjukkan seperti pada gambar 2.7 (b) dan (c), adalah :

$$\text{prosentase } \varepsilon \text{ untuk } 50 \text{ mA} = (1 \text{ mA} / 50 \text{ mA}) * 100 \% = 2 \%$$

$$\text{prosentase } \varepsilon \text{ untuk } 10 \text{ mA} = (1 \text{ mA} / 10 \text{ mA}) * 100 \% = 10 \%.]$$

Tahanan dalam

Tahanan dalam ampere meter DC bervariasi tergantung pada skala amperemeter yang digunakan. Perhatikan Gambar 8 (a) merupakan mili amperemeter dan Gambar 8 (b) adalah ilustrasi antara batas ukur dengan tahanan dalam miliamperemeter.

(a)

(b)

Gambar 8. Miliamperemeter dan Ilustrasi Batas Ukur

Tahanan standar

Yokogawa telah mengeluarkan tahanan standar dalam skala laboratorium yang ditunjukkan seperti gambar 9 (a). Perhatikan terminal-terminal yang telah tersedia [gambar 9 (b)].

Gambar 9. Tahanan Standar

Klasifikasi klas pada amperemeter

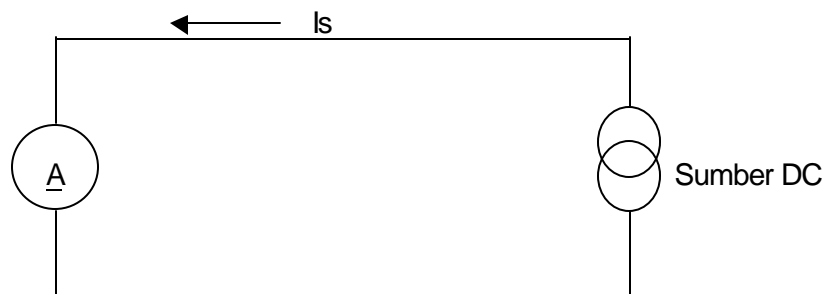
Klas pada amperemeter pada prinsipnya adalah nilai penyimpangan hasil pengukuran yang diperbolehkan sampai pada batas maksimal toleransi, yang ditunjukkan dalam 5 kategori (Yokogawa, 1998 : 9). Hubungan antara **klas meter** dengan **prosentase kesalahan pada skala penuh** ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Prosentase kesalahan pada skala penuh Amperemeter

Klas meter	0,2	0,5	1,0	1,5	2,5
Prosentase kesalahan	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$

Kalibrasi amperemeter

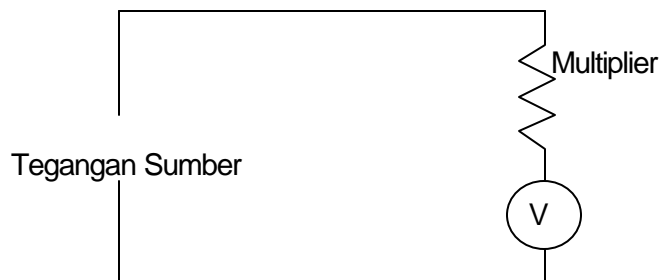
Kalibrasi pada hakekatnya merupakan upaya untuk mencocokkan antara amperemeter yang akan dikalibrasi dengan amperemeter standar, atau setidaknya dengan amperemeter yang dianggap mempunyai batas toleransi kesalahan yang relatif kecil. Hubungan antara meter yang akan dikalibrasi dengan kalibrator meter ditunjukkan seperti gambar 2.10.



Gambar 10. Kalibrasi Amperemeter

❖ **Voltmeter DC**

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur tegangan listrik dinamakan volt meter. Gerakan dasar dari penunjukan nilai arus pada volt meter arus searah menggunakan prinsip kerja galvanometer PMMC. Penyimpangan penunjukan galvanometer yang berkait dengan sensitivitas tegangan mempunyai satuan V, sedangkan pengukuran tegangan yang cukup besar diperlukan media untuk mengalirkan sebagian besar dari tegangan tersebut kedalam suatu tahanan yang dinamakan **seri**. Hubungan dasar dari volt meter dan tahanan seri ditunjukkan dalam Gambar 11.



Gambar 11. Hubungan Dasar Volt Meter dengan Tahanan Seri

Pengaturan nol pada penunjukan volt meter

Pengaturan penunjukan volt meter menuju titik nol diperlihatkan pada Gambar 12. hal ini dilakukan jika penunjukan meter tidak pada titik nol.

Gambar 12. Pengaturan Nol pada Penunjukan Voltmeter

Pembacaan skala

Pembacaan nilai suatu pengukuran dilakukan dengan cara melihat secara langsung besaran dan skala yang telah ditunjukkan pada volt meter , lihat Gambar 13(a). Pembacaan dari samping menyebabkan kesalahan paralaks, hal ini disebabkan terjadi pergeseran pembacaan antara skala dengan posisi melihat skala pembacaan, lihat Gambar 13(b).

(a)

(b)

Gambar 13. Pembacaan Skala

Toleransi Kesalahan Pembacaan

Kesalahan yang diperbolehkan (ϵ) pada volt meter diekspresikan dalam nilai prosentase pada skala penuh. Misal, kesalahan ϵ pada volt meter klas 0,5 adalah $\epsilon = \pm 1.0\%$ dari skala penuh, lihat gambar 14(a), (b), dan (c).

(a)

(b)

(c)

Gambar 14. Toleransi Kesalahan

Gambar 14(a) dengan batas ukur 100 V dan $\varepsilon = \pm 0,5 \%$ atau $\pm 0,5$ V digunakan untuk mengukur tegangan sebesar 100 V, maka ε yang ditimbulkan adalah : ε untuk 100 V = $(100 \text{ V} / 100 \text{ V}) * 100 \% = 1 \%$. demikian seterusnya untuk kasus pengukuran tegangan 50 V dan 10 V yang ditunjukkan seperti pada gambar 2.14 (b) dan (c), adalah :

$$\text{prosentase } \varepsilon \text{ untuk } 50 \text{ V} = (0,5 \text{ V} / 50 \text{ V}) * 100 \% = 1 \%$$

$$\text{prosentase } \varepsilon \text{ untuk } 10 \text{ V} = (0,5 \text{ V} / 10 \text{ V}) * 100 \% = 5 \%$$

Tahanan dalam

Tahanan dalam volt meter DC bervariasi tergantung pada skala voltmeter yang digunakan. Perhatikan Gambar 15(a) merupakan voltmeter dan Gambar 15(b) adalah ilustrasi antara batas ukur dengan tahanan dalam voltmeter.

(a)

(b)

Gambar15. Voltmeter dan Ilustrasi Batas Ukur

Tahanan standar

Yokogawa telah mengeluarkan tahanan standar dalam skala laboratorium yang ditunjukkan seperti Gambar 16 (a). Perhatikan terminal-terminal yang telah tersedia (Gambar 16 (b)).

Gambar 16. Tahanan Standar

Klasifikasi klas pada voltmeter

Klas pada voltmeter pada prinsipnya adalah nilai penyimpangan hasil pengukuran yang diperbolehkan sampai pada batas maksimal toleransi, yang ditunjukkan dalam 5 kategori (Yokogawa, 1998 : 9). Hubungan antara **klas meter** dengan **prosentase kesalahan pada skala penuh** ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. prosentase kesalahan pada skala penuh voltmeter

Klas meter	0,2	0,5	1,0	1,5	2,5
Prosentase kesalahan	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$

Kalibrasi Voltmeter

Kalibrasi pada hakekatnya merupakan upaya untuk mencocokkan antara voltmeter yang akan dikalibrasi dengan voltmeter standar, atau setidaknya dengan voltmeter yang dianggap mempunyai batas toleransi kesalahan yang relatif kecil. Hubungan antara meter yang akan dikalibrasi dengan kalibrator meter ditunjukkan seperti Gambar 17.

Gambar 17. Kalibrasi Voltmeter

Lembar Kerja

Alat dan Bahan

1. Ampere meter DC portable standar : klas 0,5 dengan batas ukur 1/3/10/30 mA.
2. Ampere meter DC portable standar : klas 0,5 dengan batas ukur 10/30/100/300 mA.
3. Miniatur ampere meter DC portable standar.
4. Handy calibrator : 0 - 30 V DC.

5. Tahanan Standar : 1 K Ω dan 10K Ω .
6. Volt meter DC portable standar : klas 0,5 dengan batas ukur 0,3/1/3/10 V.
7. Volt meter DC portable standar : klas 0,5 dengan batas ukur 3/10/30/100 V.
8. Volt meter DC portable standar : klas 1,0 dengan batas ukur 3/10/30/100/300 V.
9. Miniatur Volt meter DC portable standar Klas 1,0 dengan batas ukur 3/10/30/100/300 V
10. Obeng (Drei).
11. Kabel Penghubung

Keselamatan dan Kesehatan Kerja

1. Letakkanlah peralatan pada posisi yang aman pada meja praktikum.
2. Pastikanlah meter dalam kondisi belum terhubung dengan untai yang lain.
3. Aturilah posisi batas ukur sesuai dengan nilai yang akan diukur. Untuk lebih amannya letakkan pada posisi batas ukur yang paling besar.
4. Biasakanlah membedakan probe meter antara terminal positif (+) dan negatif (-) dengan kabel penghubung yang berlainan warna.
5. Lihatlah dan bacalah terlebih dahulu resistor yang hendak dipakai. Apakah sudah sesuai dengan percobaan yang hendak berlangsung.
6. Janganlah sekali-kali menghubungkan meter DC dengan tegangan sumber AC.
7. Biasakanlah meja, kursi, dan ruangan praktikum dalam keadaan bersih dan nyaman, baik sebelum maupun sesudah praktikum.

Langkah Kerja

Percobaan Pengaturan skala "0" pada meter

1. Ambillah dan letakkan ampere meter DC pada meja praktikum.
2. Aturlah skala penunjukan meter dengan obeng (drei) posisikan pada skala 0. (lihat kembali Gambar 6). Posisi pembacaan meter adalah tegak lurus bidang.
3. Lakukanlah pembacaan dari arah samping (kiri dan kanan), catat hasil pengamatan.
4. Ulangilah langkah (1), (2), dan (3) untuk volt meter DC.
5. Catatlah hasil pengamatan.

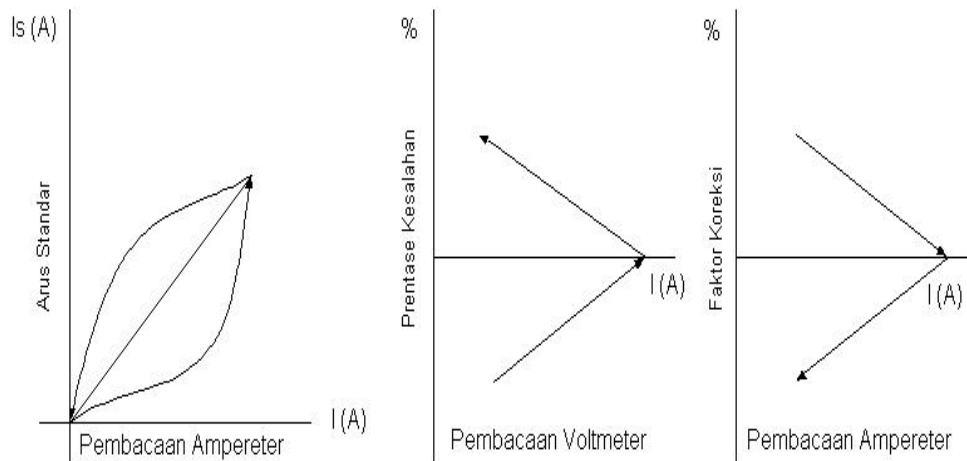
Percobaan Ampere meter DC

Kalibrasi Ampere meter DC

1. Lihatlah kembali Gambar 10. ditunjukkan wiring diagram dan hubungan antara meter dengan kalibrator.
2. Pilihlah saklar pemilih DC Voltage/Current calibrator pada current calibrator.
3. Aturlah DC calibrator pada penunjukan skala penuh, secara bertahap keluaran arus pada DC calibrator perlahan-lahan turunkan sampai penunjukan menuju ke nol. Catat hasilnya pada format Tabel 4.
4. Ulangilah langkah (1 sampai dengan 3) untuk penunjukan mulai dari nol sampai dengan skala penuh pada DC calibrator. Catat hasilnya pada format Tabel 4.
5. Ulangilah langkah (4) untuk range yang lain. Catatlah hasilnya masukkan pada format tabel 4.
6. Hasil dari Tabel 4 tersebut, buatlah grafik : Kurva kalibrasi, kurva prosentase kesalahan, dan kurva faktor koreksi seperti pada contoh Gambar 18.

Tabel 4. pengamatan untuk Kalibrasi amperemeter

Pembacaan arus searah yang dikalibrasi I_s (A)	Pembacaan Arus pada Amperemeter I (A)	Prosentase Kesalahan $q = \frac{I - I_s}{I_s} \times 100\%$	Kesalahan Koreksi $a = \frac{I_s - I}{I_s} \times 100\%$



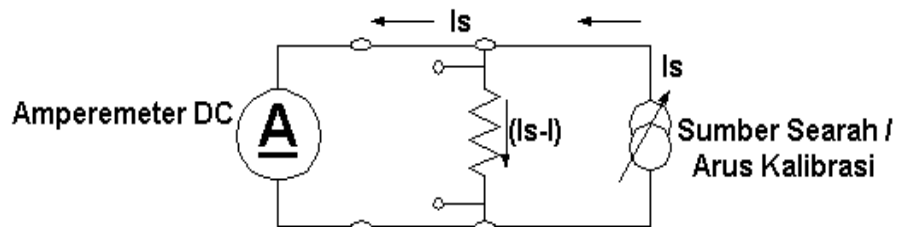
Gambar 18. Kurva Kalibrasi, Kurva Prosentase Kesalahan, dan Kurva Faktor Koreksi

Pengukuran Tahanan Dalam Amperemeter DC

1. Lihatlah dan rangkailah gambar 9(a) dan (b).
2. Aturlah besarnya arus dari DC current standard secara bertahap dan catatlah hasilnya dalam Tabel 5.
3. Amatilah besarnya arus untuk skala yang lain, catatlah hasilnya pada Tabel 5.

Tabel 5. pengamatan untuk pengukuran tahanan dalam ampereter

Pembacaan arus standar $I_s(A)$	Pembacaan arus pada amperemeter (A)	Nilai resistor (Ω)	Tahanan dalam amperemeter $R_a = \frac{R_s(I_s - I)}{I} (\Omega)$



Gambar 19 Pengukuran Tahanan Dalam Amperemeter DC

Percobaan Volt meter DC

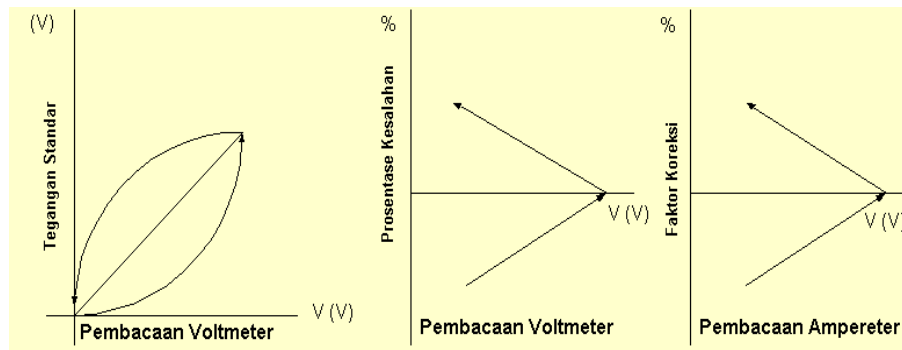
Kalibrasi Volt meter DC

1. Lihatlah Gambar 20 ditunjukkan wiring diagram dan hubungan antara meter dengan kalibrator.
2. Pilihlah saklar pemilih DC Voltage/Current calibrator pada Voltage calibrator.

3. Aturlah DC calibrator pada penunjukan skala penuh, secara bertahap keluaran arus pada DC calibrator perlahan-lahan turunkan sampai penunjukan menuju ke nol. Catat hasilnya pada format tabel 6.
4. Ulangilah langkah (1 sampai dengan 3) untuk penunjukan mulai dari nol sampai dengan skala penuh pada DC calibrator. Catatlah hasilnya pada format Tabel 6.
5. Ulangilah langkah (4) untuk range yang lain. Catatlah hasilnya masukkan pada format Tabel 6.

Tabel 6. Kalibrasi Voltmeter DC

Pembacaan tegangan standar V_s (V)	Pembacaan arus pada voltmeter (V)	Kesalahan Prosentase $q = \frac{V - V_s}{V_s} \times 100\%$	Kesalahan Koreksi $a = \frac{V_s - V}{V_s} \times 100\%$



Gambar 20. Kalibrasi, Kurva Prosentase Kesalahan, dan Kurva Faktor Koreksi

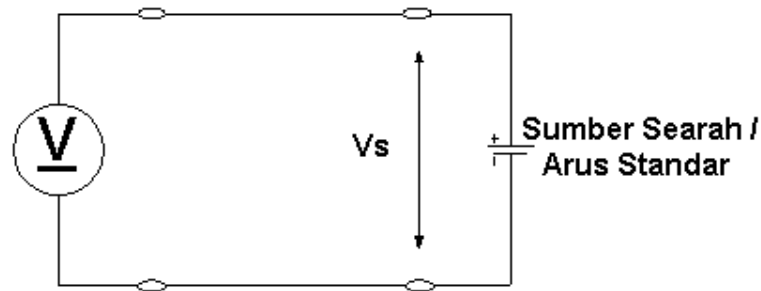
Pengukuran Tahanan Dalam Voltmeter

1. Lihatlah dan rangkailah Gambar 21 (a) dan (b).

2. Aturlah besarnya tegangan dari DC current standard secara bertahap, kemudian catatlah hasilnya dalam Tabel 7.
3. Amatilah besarnya arus untuk skala yang lain dan catatlah hasilnya pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengukuran Tahanan Dalam Voltmeter DC

Pembacaan tegangan standar $V_s(V)$	Tegangan yang terbaca pada voltmeter (V)	Nilai resistor (Ω)	Tahanan dalam voltmeter $R_a = \frac{R_s}{V_s - V} \times V(\Omega)$



Gambar 21. Pengukuran Tahanan Dalam Voltmeter DC

Lembar Latihan

1. Bagaimakah cara saudara untuk mendapatkan sensitivitas penunjukan meter ?
2. Bagaimanakah kecenderungan arah kurva kalibrasi pada amperemeter DC ? apakah ada kecenderungan kurva akan naik atau turun ? mengapa bisa terjadi demikian ?
3. Bagaimakah pengaruh tahanan dalam meter terhadap pembacaan amperemeter DC?
4. Adakah efek pembebanan pada tahanan standard yang dihubungkan secara paralel terhadap pembacaan tegangan pada Voltmeter DC? Jelaskanlah alasan anda !

KEGIATAN BELAJAR III

PRINSIP KERJA ALAT UKUR LISTRIK AC

Lembar Informasi

❖ *Ampere meter AC*

Pengukuran arus yang cukup besar (di atas kemampuan unit *basic meter*) diperlukan media untuk mengalirkan sebagian besar dari arus tersebut kedalam suatu tahanan yang dinamakan ***shunt***. Hubungan dasar dari ampere meter dan tahanan shunt ditunjukkan dalam Kegiatan belajar II gambar 4.

Pengaturan nol pada penunjukan ampere meter

Pengaturan penunjukan ampere meter menuju titik nol diperlihatkan pada gambar 22 hal ini dilakukan jika penunjukan meter tidak pada titik nol.

Gambar 22. Pengaturan Nol pada Penunjukan Amperemeter

Pembacaan skala Ampere meter AC

Pembacaan nilai suatu pengukuran dilakukan dengan cara melihat secara langsung besaran dan skala yang telah ditunjukkan pada ampere meter , lihatlah gambar 23(a). Pembacaan dari samping menyebabkan kesalahan paralaks, hal ini disebabkan terjadi pergeseran pembacaan antara skala dengan posisi melihat skala pembacaan, lihatlah gambar 23(b).

(a)

(b)

Gambar 23. Pembacaan Skala

Klasifikasi klas dan kesalahan pada amperemeter AC

Klas pada amperemeter pada prinsipnya adalah nilai penyimpangan hasil pengukuran yang diperbolehkan sampai pada batas maksimal toleransi, yang ditunjukkan dalam 5 kategori (Yokogawa, 1998:

18). Hubungan antara **klas meter** dengan **Prosentase kesalahan pada skala penuh** ditunjukkan pada Tabel 8 Sedangkan Gambar 24 diperlihatkan amperemeter tipe besi putar dan penyearah.

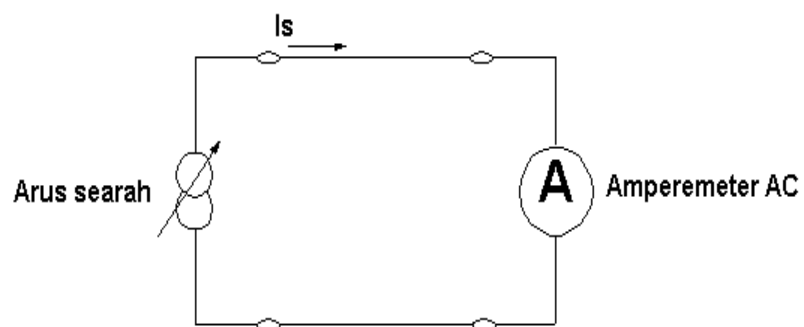
Tabel 8. Hubungan antara klas meter dengan prosentase kesalahan pada ampereter

Klas meter	0,2	0,5	1,0	1,5	2,5
Prosentase kesalahan	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$

Gambar 24. Amperemeter AC Tipe Besi Putar dan Penyearah

Kalibrasi amperemeter AC

Kalibrasi pada hakekatnya merupakan upaya untuk mencocokkan antara ammeter yang akan dikalibrasi dengan amperemeter standar, atau setidaknya dengan amperemeter yang dianggap mempunyai batas toleransi kesalahan yang relatif kecil. Hubungan antara meter yang akan dikalibrasi dengan kalibrator meter ditunjukkan seperti Gambar 25.



Gambar 25. Kalibrasi Amperemeter AC

Konsumsi daya pada Amperemeter AC

Konsumsi daya amperemeter AC tergantung pada skala yang digunakan Perhatikan Gambar 27 berikut.

Gambar 26. Konsumsi Daya Amperemeter AC

❖ ***Voltmeter AC***

Pengukuran tegangan yang cukup besar diperlukan media untuk mengalirkan sebagian besar dari tegangan tersebut kedalam suatu tahanan yang dinamakan ***seri***. Hubungan dasar dari volt meter dan tahanan seri ditunjukkan dalam kegiatan belajar II Gambar 11.

Pengaturan nol pada penunjukan volt meter AC

Pengaturan penunjukan volt meter AC menuju titik nol diperlihatkan pada Gambar 27 hal ini dilakukan jika penunjukan meter tidak pada titik nol.

Gambar 27. Pengaturan Nol pada Penunjukan Voltmeter

Pembacaan skala Voltmeter AC

Pembacaan nilai suatu pengukuran dilakukan dengan cara melihat secara langsung besaran dan skala yang telah ditunjukkan pada volt meter , lihat gambar 28(a). Pembacaan dari samping menyebabkan kesalahan paralaks, hal ini disebabkan terjadi pergeseran pembacaan antara skala dengan posisi melihat skala pembacaan, lihat gambar 28 (b).

(a)

(b)

Gambar 28. Pembacaan Skala

Klasifikasi klas dan kesalahan pada voltmeter AC

Klas pada voltmeter pada prinsipnya adalah nilai penyimpangan hasil pengukuran yang diperbolehkan sampai pada batas maksimal toleransi, yang ditunjukkan dalam 5 kategori (Yokogawa, 1998 : 13). Hubungan antara *klas meter* dengan *prosentase kesalahan pada skala penuh* ditunjukkan pada Tabel 9.

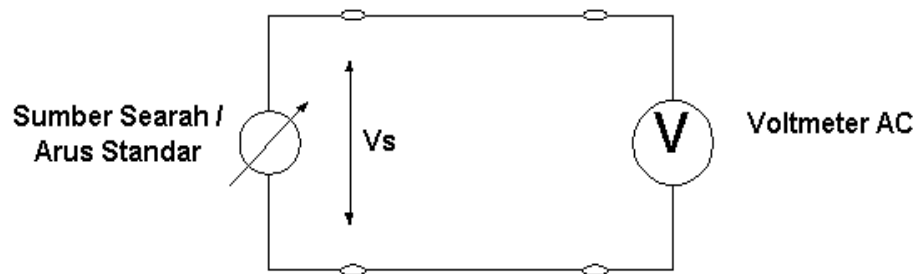
Tabel 9. Hubungan antara klas meter dengan prosentase kesalahan pada voltmeter

Klas meter	0,2	0,5	1,0	1,5	2,5
Prosentase kesalahan	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$

Gambar 29. Voltmeter AC Tipe Besi Putar dan Penyearah.

Kalibrasi Voltmeter AC

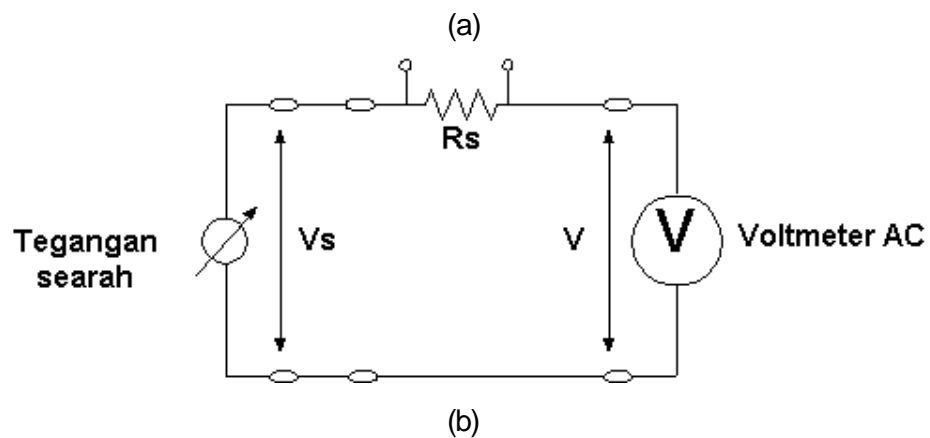
Kalibrasi pada hakekatnya merupakan upaya untuk mencocokkan antara voltmeter yang akan dikalibrasi dengan voltmeter standar, atau setidaknya dengan voltmeter yang dianggap mempunyai batas toleransi kesalahan yang relatif kecil. Hubungan antara meter yang akan dikalibrasi dengan kalibrator meter ditunjukkan seperti Gambar 30.



Gambar 30. Kalibrasi Voltmeter

Konsumsi daya Voltmeter AC

Konsumsi daya dalam voltmeter AC tergantung pada skala yang digunakan, perhatikan gambar 31 (a) untuk wiring diagram dan (b) untuk hubungan rangkaian.



Gambar 31. Konsumsi Daya Voltmeter AC

Lembar Kerja

Alat dan Bahan

1. Ampere meter AC portable standar : klas 0,5 dengan batas ukur 2/5/10/20 A.
2. Miniatur Amperemeter AC portable standar: klas 1,5 dengan batas ukur 1/2,5/5 A.
3. AC voltage/current standard : 10– 100 mA, 50 A.
4. Voltmeter AC portable standar : klas 0,5 dengan batas ukur 75/150 V.
5. Voltmeter AC portable standar : klas 0,5 dengan batas ukur 150/300 V.
6. Voltmeter Audio-frekuensi portable:klas 1,0 dengan batas ukur 30/75/150/300 V.
7. AC Voltage/current standar : 0 - 1000 V, 40 Hz - 500 Hz.
8. Resistor standard : 0,1 Ω , 1 Ω , dan 10 Ω untuk Ampereter AC dan Resitor standar (nomor registrasi : 279206) : 100 Ω , dan : 1 K Ω , dan : 10 K Ω untuk Volt meter AC.
9. Obeng (Drei).
10. Kabel Penghubung

Keselamatan dan Kesehatan Kerja

1. Letakkanlah peralatan pada posisi yang aman pada meja praktikum.
2. Pastikanlah meter dalam kondisi belum terhubung dengan untai yang lain.
3. Aturlah posisi batas ukur sesuai dengan nilai yang akan diukur. Untuk lebih amannya letakkan pada posisi batas ukur yang paling besar.
4. Biasakanlah membedakan probe meter antara terminal positif (+) dan negatif (-) dengan kabel penghubung yang berlainan warna.

5. Lihatlah dan bacalah terlebih dahulu resistor yang hendak dipakai. Apakah sudah sesuai dengan percobaan yang hendak berlangsung.
6. Janganlah sekali-kali menghubungkan meter DC dengan tegangan sumber AC.
7. Biasakanlah meja, kursi, dan ruangan praktikum dalam keadaan bersih dan nyaman, baik sebelum maupun sesudah praktikum.

Langkah Kerja

Percobaan Pengaturan skala "0" pada Amperemeter

1. Ambillah dan letakkanlah amperemeter AC pada meja praktikum.
2. Aturlah skala penunjukan meter dengan obeng (drei) posisikan pada skala 0. (lihat kembali Kegiatan Belajar II Gambar 6). Posisi pembacaan meter adalah tegak lurus bidang.
3. Lakukanlah pembacaan dari arah samping (kiri dan kanan), kemudian catatlah hasil pengamatan.
4. Ulangilah langkah 1, 2, dan 3 untuk volt meter AC. Kemudian catatlah hasil pengamatan.

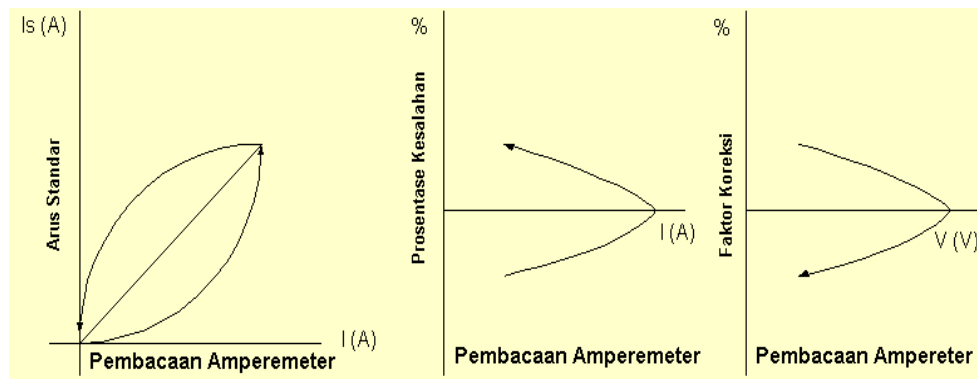
Percobaan Kalibrasi Amperemeter AC

1. Lihatlah kembali Gambar 26 yang menunjukkan *wiring diagram* dan hubungan antara meter dengan kalibrator
2. Pilihlah saklar pemilih AC Voltage/Current calibrator pada current calibrator. Atur frekuensi sebesar 50 atau 60 Hz.
3. Aturlah AC calibrator pada penunjukan skala penuh, secara bertahap keluaran arus pada AC calibrator perlahan-lahan turunkan sampai penunjukan menuju ke nol. Catatlah hasilnya pada format Tabel 10.
4. Ulangilah langkah (1 sampai dengan 3) untuk penunjukan mulai dari nol sampai dengan skala penuh pada AC calibrator. Catatlah hasilnya pada format Tabel 10

5. Ulangilah langkah 4 untuk range yang lain. Catatlah hasilnya masukkan pada format Tabel 10
6. Hasil dari Tabel 10 tersebut, buatlah grafik : Kurva kalibrasi, kurva prosentase kesalahan, dan kurva faktor koreksi seperti pada contoh Gambar 32.

Tabel 10. Kalibrasi Amperemeter AC

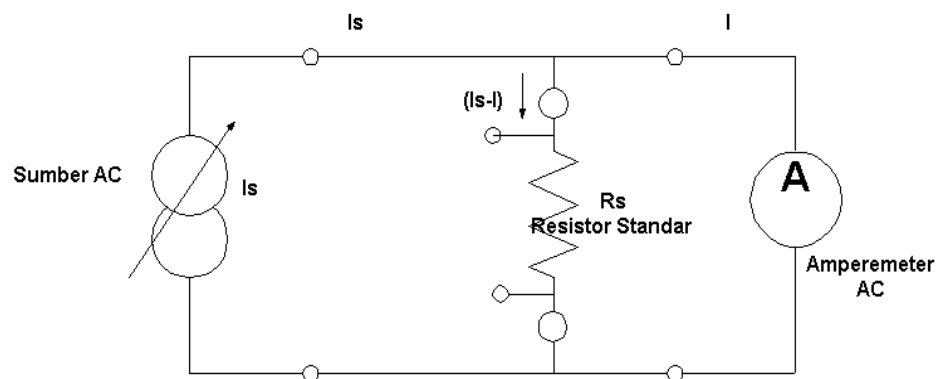
Frekuensi (Hz)	Pembacaan arus standar (A)	Pembacaan arus yang ada di Ampereter (A)	Kesalahan prosentase $q = \frac{I - I_s}{I_s} \times 100\%$	Kesalahan koreksi $a = \frac{I_s - I}{I} \times 100\%$



Gambar 32. Kurva Kalibrasi, Kurva Prosentase Kesalahan, dan Kurva Faktor Koreksi

Percobaan Konsumsi daya Amperemeter AC

1. Perhatikanlah dan rangkailah Gambar 33.



Gambar 33. Pengukuran Konsumsi Daya Amperemeter AC

2. Pilihlah kanal Current pada AC Voltage/current standar, atur frekuensinya sebesar 50 atau 60 Hz, Secara perlahan-lahan aturlah AC Voltage/current standar dan catat I_s nya. Kemudian hasilnya isikanlah pada Tabel 11.

3. Bacalah Amperemeter AC yang dikalibrasi, masukkanlah nilainya pada Tabel 11 .
4. Carilah nilai konsumsi daya berdasarkan formula di dalam Tabel 11. Kemudian hasilnya masukkanlah dalam Tabel 11.

Tabel 11. Pengukuran Konsumsi daya Amperemeter AC

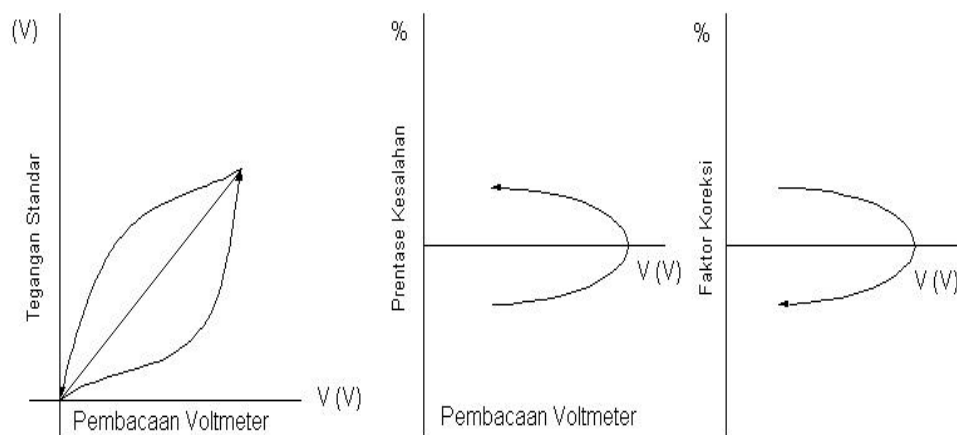
Frekuensi (Hz)	Pembacaan arus standar I_s (A)	Pembacaan arus di ampereter I (A)	Nilai resistor R_s (Ω)	Konsumsi daya (VA) ampereter $(I_s - I)R_s \times I$ (VA)

Percobaan Kalibrasi Volt meter DC

1. Lihatlah Gambar 30 yang menunjukkan wiring diagram dan hubungan antara Voltmeter dengan kalibrator.
2. Pilihlah saklar pemilih AC Voltage/Current calibrator pada Voltage calibrator.
3. Aturlah AC calibrator pada penunjukan skala penuh, secara bertahap keluaran arus pada AC calibrator perlahan-lahan turunkan sampai penunjukan menuju ke nol. Catatlah hasilnya pada format Tabel 12.
4. Ulangilah langkah (1 sampai dengan 3) untuk penunjukan mulai dari nol sampai dengan skala penuh pada AC calibrator. Catat hasilnya pada format Tabel 12.
5. Ulangi langkah 4 untuk range yang lain. Catatlah hasilnya masukkan pada format Tabel 12.

Tabel 12. Kalibrasi Voltmeter DC

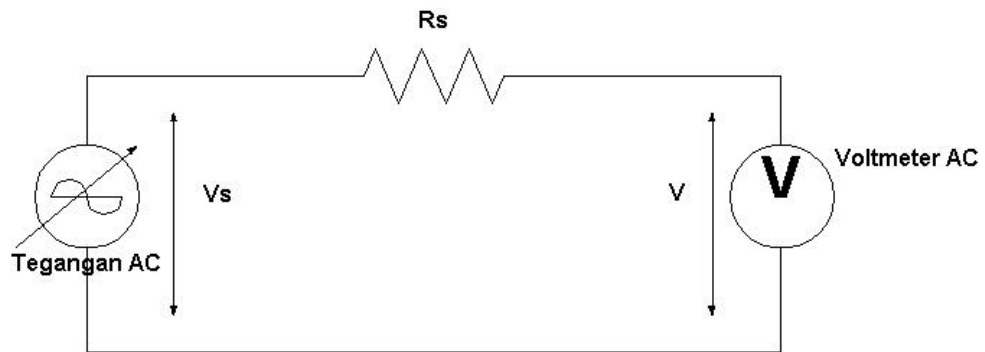
Frekuensi (Hz)	Pembacaan tegangan standar V_s (Volts)	Pembacaan tegangan di voltmeter V (Volts)	Kesalahan prosentase $q = \frac{V - V_s}{V_s} \cdot 100\%$	Kesalahan koreksi $a = \frac{V_s - V}{V} \cdot 100\%$



Gambar 34. Kalibrasi, Kurva Prosentase Kesalahan, dan Kurva Faktor Koreksi

Percobaan Konsumsi daya Voltmeter AC

1. Perhatikanlah dan rangkailah Gambar 35 berikut



Gambar 35. Pengukuran Konsumsi Daya Voltmeter AC

2. Pilihlah kanal Voltage pada AC Voltage/current standar, atur frekuensinya sebesar 50 atau 60 Hz, Secara perlahan-lahan aturlah AC Voltage/current standar dan catat V_s nya. Hasilnya isikan pada Tabel 13.
3. Bacalah Voltmeter AC yang dikalibrasi, kemudian masukkanlah nilainya pada Tabel 13.
4. Carilah nilai konsumsi daya berdasarkan formula di dalam Tabel 13 hasilnya masukkan dalam tabel tersebut.

Tabel 13. Pengukuran Konsumsi daya Amperemeter AC

Frekuensi (Hz)	Pembacaan tegangan standar V_s (Volts)	Pembacaan tegangan di voltmeter V (Volts)	Nilai resistor R_s (Ω)	Konsumsi daya voltmeter (VA) $R_V = \frac{R_s}{V_s - V} \times V$ (Ω)

Lembar Latihan

1. Bagaimanakah kecenderungan arah kurva kalibrasi pada amperemeter AC ? Apakah ada kecenderungan kurva akan naik atau turun ? Mengapa bisa terjadi demikian ?
2. Bagaimanakah pengaruh konsumsi daya terhadap variasi batas ukur pada pembacaan amperemeter AC ?
3. Bagaimanakah kecenderungan arah kurva kalibrasi pada Voltmeter DC ? Apakah ada kecenderungan kurva akan naik atau turun ? Mengapa bisa terjadi demikian ?

LEMBAR EVALUASI

A. Pertanyaan

1. Sebutkan ragam simbol yang digunakan dalam alat ukur listrik !
2. Jelaskanlah prinsip kerja PMMC !
3. Jelaskan apa yang dimaksud dengan tahanan shunt dan tahanan seri !
4. Bolehkah tegangan jaringan PLN diukur dengan voltmeter AC dengan batas ukur yang lebih rendah ? Mengapa demikian ?
5. Buatlah suatu rangkaian untuk mengukur besaran arus AC / DC dan besaran tegangan AC / DC serta apa yang anda lakukan jika alat ukur yang akan anda gunakan itu terjadi ketidaksesuaian antara batas ukur dengan besaran yang akan diukur !

B. Kriteria Kelulusan

Kriteria	Skor (1-10)	Bobot	Nilai	Ket.
Kognitif Soal nomor 1,2,3,4		2		WL (Wajib Lulus)
Kebenaran rangkaiian		2		
Kebenaran Penguikuran		2		
Kerapian Pengukuran		2		
Keselamatan Kerja		1		
Kecepatan Kerja		1		
Nilai Akhir				

LEMBAR KUNCI JAWABAN

Lembar Kunci Jawaban Latihan Kegiatan Belajar I

1. Gaya elektromagnetik antara medan magnet satu dengan medan magnet lainnya yaitu medan magnet tetap dan arus.
2. Gaya elektromagnetik pada suatu inti besi dalam suatu medan magnet.
3. Gaya elektromagnetik antara arus dengan arus.
4. Kombinasi suatu pengubah yang memakai termokopel dan alat ukur jenis kumparan putar.
5. Gaya tarik elektrostatik antara dua elektroda bermuatan.

Lembar Kunci Jawaban Latihan Kegiatan Belajar II

1. Sensitivitas arus, tegangan, mega-ohm, dan balistik.
2. Naik, pada saat nilai arus tertentu (mak) akan turun dengan mengikuti pola elips . (untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 19 dalam modul ini)
3. Dalam suatu amperemeter DC tahanan dalam menentukan batas ukur semakin besar tahanan dalam amperemeter maka semakin besar pula arus yang mengalir dalam amperemeter tersebut.
4. Secara prinsip ada efek pembebanan.

Lembar Kunci Jawaban Latihan Kegiatan Belajar III

1. Untuk jawaban soal ini dapat dilihat Gambar 32 pada kegiatan belajar III.
2. Tergantung dengan persamaan $(I_s - I) R_s \times I$, artinya semakin besar arus yang mengalir tahanan dalam suatu amperemeter maka semakin besar pula konsumsi daya yang diserap oleh alat ukur tersebut.

3. Untuk jawaban soal ini dapat dilihat Gambar 34 pada kegiatan belajar III.

Lembar Kunci Jawaban Evaluasi

1. Kumparan putar, penyearah, besi putar, thermokopel, elektrodinamometer, induksi, dan elektrostatik.
2. Pada Gambar 2 setiap galvanometer terdapat kumparan yang digantung di dalam medan magnet dari suatu magnet permanen yang berbentuk sepatu kuda. Kumparan digantung sedemikian rupa sehingga dapat berputar bebas di dalam medan magnet. Bila arus mengalir di dalam kumparan, torsi elektromagnetik yang dibangkitkannya akan menyebabkan perputaran kumparan tersebut. Torsi ini diimbangi oleh torsi mekanis pegas pengatur yang diikat pada kumparan. Keseimbangan torsi-torsi ini dan posisi sudut kumparan putar dinyatakan oleh jarum penunjuk terhadap referensi yang dinamakan skala.
3. Tahanan shunt : Tahanan yang dipasang secara paralel terhadap beban yang terdapat dalam alat ukur tersebut.
Tahanan Seri : Tahanan yang dipasang secara seri terhadap beban yang terdapat dalam alat ukur tersebut.
4. Tidak boleh, karena meter akan *overload* dan terbakar dan dalam suatu pengukuran kita harus selalu memasang suatu alat ukur dengan batas ukur yang aman yang artinya bahwa batas ukur dari suatu alat ukur tersebut mampu mengukur arus atau sumber dari rangkaian yang akan diukur.
5. Langkah pertama yang dilakukan adalah menyesuaikan kemampuan ukur dari alat ukur yang akan digunakan dengan menyesuaikan batas ukurnya kemudian mengkalibrasikan alat ukur untuk menyesuaikan alat ukur yang akan digunakan dengan alat ukur yang masih standar. Untuk langkah pengerjaan pengukuran dapat dilihat pada lembar kerja di modul ini.

DAFTAR PUSTAKA

_____, 1998, *Fundamental Electrical Instrumentation*,
Singapore : Yokogawa.

Cooper W.D., 1985, *Instrumentasi Elektronik dan Teknik
Pengukuran*, Jakarta : Erlangga.

Sapiie S., Nishino O, 1979, *Pengukuran dan Alat-alat Ukur
Listrik*, Jakarta : Pradnya Paramita.