

BAB II

PENGUKURAN LISTRIK

2.1. Pengertian Pengukuran

Pengukuran adalah suatu perbandingan antara suatu besaran dengan besaran lain yang sejenis secara eksperimen dan salah satu besaran dianggap sebagai standar. Dalam pengukuran listrik terjadi juga perbandingan, dalam perbandingan ini digunakan suatu alat Bantu (alat ukur). Alat ukur ini sudah dikalibrasi, sehingga dalam pengukuran listrikpun telah terjadi perbandingan. Sebagai contoh pengukuran tegangan pada jaringan tenaga listrik dalam hal ini tegangan yang akan diukur diperbandingkan dengan penunjukkan dari Voltmeter.

Pada pengukuran listrik dapat dibedakan dua hal:

- a. Pengukuran besaran listrik, seperti arus (ampere), tegangan (volt), daya listrik (watt), dll
- b. Pengukuran besaran nonlistrik, seperti suhu, luas cahaya, tekanan, dll.

Dalam melakukan pengukuran, pertama harus ditentukan cara pengukurannya. Cara dan pelaksanaan pengukuran itu dipilih sedemikian rupa sehingga alat ukur yang ada dapat digunakan dan diperoleh hasil dengan ketelitian seperti yang dikehendaki. Juga cara itu harus semudah mungkin, sehingga diperoleh efisiensi setinggi-tingginya. Jika cara pengukuran dan alatnya sudah ditentukan, penggunaannya harus dengan baik pula. Setiap alat harus diketahui dan diyakini cara kerjanya. Dan harus diketahui pula apakah alat-alat yang akan digunakan dalam keadaan baik dan mempunyai kelas ketelitian sesuai dengan keperluannya.

Jadi jelas pada pengukuran listrik ada tiga unsur penting yang perlu diperhatikan yaitu:

- cara pengukuran
- orang yang melakukan pengukuran
- alat yang digunakan

Sehubungan dengan ketiga hal yang penting ini sering juga harus diperhatikan kondisi dimana dilakukan pengukuran, seperti suhu, kelembapan, medan magnet, dll. Mengenai alat ukur itu sendiri penting diperhatikan mulai dari pembuatannya sampai penyimpanannya. Karena

sejak pembuatannya, alat itu ditentukan ketelitiannya sesuai dengan yang dikehendaki. Setelah itu dalam pemakaian, pemeliharaan dan penyimpanan memerlukan perhatian kita agar ketelitiannya tetap terpelihara.

Hal-hal yang penting diperhatikan pada pengukuran listrik

■ Cara pengukuran → harus benar

Pada pengukuran listrik terdapat beberapa cara ⇒ Pilih cara yang ekonomis.

- Alat ukur, harus dalam keadaan baik.
- Secara periodik harus dicek (kalibrasi).
- Penyimpanan, transportasi alat harus diperhatikan.
- Operator (Orang) → Harus teliti.
- Keadaan dimana dilakukan pengukuran harus diperhatikan.
- Jika diperlukan laporan, maka pencatatan hasil pengukuran perlu mendapat perhatian.
- Untuk catatan digunakan buku tersendiri.
- Gunakan FORMULIR tertentu.

2.2. Besaran, satuan, dan dimensi

Alat ukur adalah alat yang dapat digunakan untuk mendapatkan / mengetahui hasil perbandingan antara suatu besaran / ukuran yang ingin diketahui dengan standar yang dipakai. Fungsi penting dari alat ukur baik alat ukur listrik maupun mekanik adalah untuk mengetahui nilai yang telah ditentukan sebagai batasan laik atau tidaknya peralatan / jaringan akan dioperasikan.

Dalam pengukuran kita mem-bandingkan suatu besaran dengan besaran standar. Sehingga dalam pengukuran perlu mengetahui besaran, satuan dan dimensi.

Besaran

Besaran adalah sesuatu yang dapat diukur. Besaran terdiri dari:

- Besaran dasar: besaran yang tidak tergantung pada besaran lain.

- Besaran turunan: besaran yang diturunkan dari besaran-besaran dasar. Jadi merupakan kombinasi dari besaran dasar.
- Besaran pelengkap: besaran yang diperlukan untuk membentuk besaran turunan.

Satuan

Satuan adalah ukuran dari pada suatu besaran. Sistem satuan dapat dibagi menjadi 2 (dua) yaitu:

Sistem satuan metrik (universal), yaitu:

Satuan **Panjang** dalam meter (m). Satu meter (1 m) didefinisikan sepersepuluh juta bagian dari jarak antara kutub dan katulistiwa sepanjang meredian yang melewati Paris.

Pada tahun 1960 satuan panjang meter didefinisikan kembali lebih teliti dan dinyatakan dalam standar optik yang disebut radiasi merah jingga dari sebuah atom Krypton. Sehingga Satu (1) meter sama dengan 1.650.763,73 panjang gelombang radiasi merah jingga dari atom Krypton-86 dalam ruang hampa.

- Satuan **Massa** dalam gram (g).
Satu gram (1 gram) didefinisikan massa 1 cm kubik air yang telah disuling dengan suhu 4 derajat Celcius (C) dan pada tekanan udara normal (760 mm air raksa atau Hg).
- Satuan **Waktu** dalam sekon (s).
Satu sekon (1 sekon) didefinisikan sebagai 1/ 86400 hari matahari rata-rata.

Satuan lainnya dijabarkan dari ketiga satuan dasar di atas yaitu panjang, massa dan waktu. Semua pengalihan dari satuan dasar di atas adalah dalam sistem desimal (lihat Tabel 2.1.) Sistem absolut CGS atau sistem centi gram sekon ini dikembangkan dari sistem metrik **MKS** atau meter kilogram sekon.

Sistem Internasional

Dalam sistem internasional (SI) digunakan enam sistem satuan dasar. Keenam besaran dasar SI dan satuan-satuan pengukuran beserta simbolnya diberikan pada Tabel 2.2.

Satuan Arus

Nilai ampere Internasional didasarkan pada endapan elektrolit perak dari larutan perak nitrat. 1 Ampere Internasional didefinisikan sebagai arus yang mengendapkan perak dengan laju kecepatan sebesar 1,118 miligram per sekon dari satu larutan perak nitrat standar.

Nilai Ampere absolut dilakukan dengan menggunakan keseimbangan arus yakni dengan mengukur gaya-gaya antara dua konduktor yang sejajar. 1 Amper didefinisikan sebagai arus searah konstan, yang jika dipertahankan dalam konduktor lurus yang sejajar dan konduktor tersebut ditempatkan pada jarak satu meter di dalam ruang hampa akan menghasilkan gaya antara kedua konduktor tersebut sebesar $2/10.000.000$ Newton per satuan panjang.

Satuan Temperatur

Derajat Kelvin (K) telah ditetapkan dengan mendefinisikan temperatur termodinamik dari titik tripel air pada temperatur tetap sebesar $273,160^{\circ}$ K.

Titik tripel air ialah suhu keseimbangan antara es dan uap air. Skala praktis internasional untuk temperatur adalah derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$) dengan simbol "t". Skala Celcius mempunyai dua skala dasar yang tetap yaitu:

- Titik triple air yang sebenarnya $0,01$ derajat C
- Titik didih air yang besarnya 100 derajat C, keduanya pada tekanan 1 atmosfer.

$$T (^{\circ}\text{C}) = T (^{\circ}\text{K}) - T_0$$

Di mana $T_0 = 273,16$ derajat.

Intensitas Penerangan

Intensitas penerangan disebut lilin (candela). 1 lilin didefinisikan sebagai $1/60$ intensitas penerangan setiap sentimeter kuadrat radiator sempurna.

Radiator sempurna adalah benda radiator benda hitam atau Planck Standar Primer untuk intensitas penerangan adalah sebuah radiator sempurna pada temperatur pembekuan platina (kira-kira 2.024°C)

Tabel 2.1 Perkalian faktor 10 (Satuan SI)

Faktor Perkalian dari Satuan	Sebutan	
	Nama	Simbol
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10	deca	d
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	mm
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	fento	f
10^{-18}	atto	a

Dimensi

Dimensi adalah cara penulisan dari besaran-besaran dengan menggunakan simbol-simbol (lambang-lambang) besaran dasar.

Kegunaan dimensi adalah:

- Untuk menurunkan satuan dari suatu besaran.
- Untuk meneliti kebenaran suatu rumus atau persamaan.

Contoh:

Dimensi Gaya (F) $\rightarrow F = m \cdot a = M \cdot L \cdot T^2$

Dimensi Kecepatan (v) $\rightarrow v = \frac{\text{panjang}}{\text{waktu}} = \frac{\text{meter}}{\text{detik}} = L \cdot T^{-1}$

Tabel 2.2 Besaran Dasar dan Satuan SI

No.	Besaran	Simbol Dimensi	Satuan	Simbol
1.	Panjang	L	meter	m
2.	Massa	M	kilogram	kg
3.	Waktu	T	sekon	s (det)
4.	Kuat Arus	I	Amper	A
5.	Temperatur	?	derajat	K
6.	Intensitas Cahaya	J	Kelvin	
	Besaran Pelengkap		lilin	
			Kandela	Cd
a.	Sudut dasar (plane angle)	-	Radian	Rad
b.	Sudut ruang (solid angle)	-	Steradian	Sr

Kita mengenal berbagai besaran-besaran listrik antara lain:

Tabel 2.3 Besaran Dasar dan Satuan SI

BESARAN	SATUAN	ALAT UKURLISTRIK
Tegangan	volt	Volmeter
Tahanan	ohm	Ohmmeter
Arus	amper	Ampermeter
Daya	Watt	Wattmeter
Energi	Wattjam	kWhmeter
Frekuensi	hertz	Frekuensimeter
Induktansi	henry	Induktasimeter
Kapasitansi dll	farad	Kapasitasmeter

2.3. Karakteristik dan klasifikasi alat ukur.

Karakteristik.

Karakteristik dari suatu alat ukur adalah:

- Ketelitian
- Kepekaan
- Resolusi (deskriminasi)
- Repeatability
- Efisiensi

Ketelitian

Ketelitian ini didefinisikan sebagai persesuaian antara pembacaan alat ukur dengan nilai sebenarnya dari besaran yang diukur. Ketelitian alat ukur diukur dalam derajat kesalahannya.

Kesalahan (Error)

Kesalahan ialah selisih antara nilai pembacaan pada alat ukur dan nilai sebenarnya.

Dalam rumusan dapat ditulis:

$$E = I - T \quad \text{atau dalam \%} \quad E = \frac{I - T}{T} \times 100\%$$

Di mana:

E = Kesalahan

I = Nilai pembacaan

T = Nilai sebenarnya

Kesalahan (*Error*)

Koreksi ialah selisih antara nilai sebenarnya dari besaran yang diukur dan nilai pembacaan pada alat ukur.

$$C = T - I$$

$$\text{atau dalam \%} \quad C = \frac{T - I}{T} \times 100\%$$

Di mana:

C = Koreksi

Dari kedua rumus di atas yaitu kesalahan dan koreksi dapat dilihat bahwa:

$$C = - E$$

Kesalahan pada alat ukur umum-nya dinyatakan dalam klas ketelitian yang dinyatakan dengan klas 0.1; 0.5 ; 1,0 dst. Julat ukur dinyatakan mempunyai ketelitian klas 0,1 bila kesalahan maksimum ialah $\pm 1 \%$ dari skala penuh efektif. Tergantung dari besar kecilnya ketelitian tersebut alat-alat ukur dibagi menjadi:

- Alat cermat atau alat persisi, alat ukur dengan ketelitian tinggi ($< 0,5\%$).
- Alat kerja, alat ukur dengan ketelitian menengah ($\pm 1 \div 2 \%$).
- Alat ukur kasar, alat ukur dengan ketelitian rendah ($\geq 3 \%$).

Alat cermat/alat persisi:

Alat ukur yang mempunyai salah ukur di bawah 0,5% termasuk golongan alat cermat/alat persisi. Alat ukur ini sangat mahal harganya dan hanya dipakai untuk pekerjaan yang memerlukan kecermatan yang tinggi, umpamanya di laboratorium. Alat ukur cermat/alat persisi dibuat dalam bentuk transportable dan untuk menjaga terhadap perlakuan-perlakuan yang kasar, maka alat tersebut dimasukan dalam peti/kotak dan dibuat dalam bentuk dan rupa yang bagus sekali, yang tujuannya untuk memperingatkan sipemakai bahwa alat yang tersimpan dalam kotak yang bagus tersebut adalah alat berharga dan harus diperlakukan secara hati-hati.

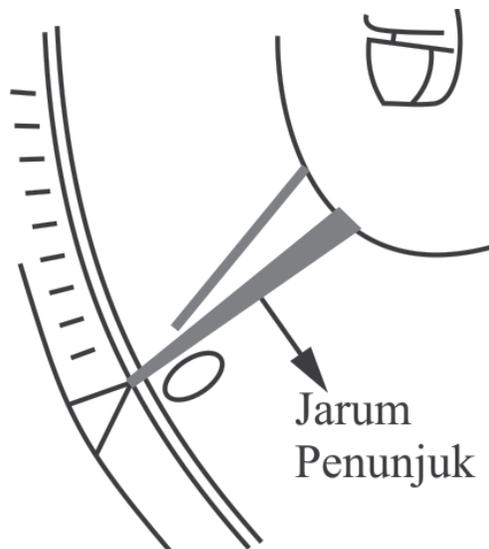
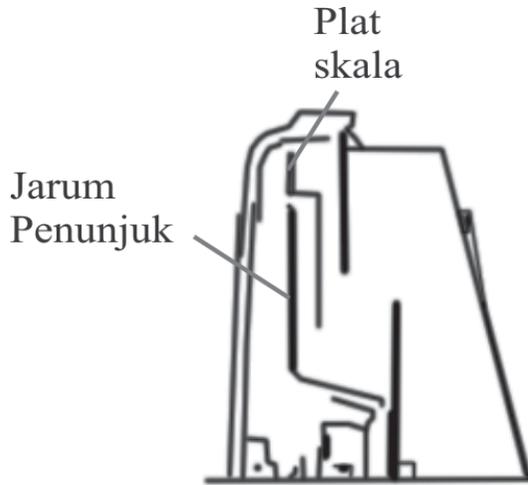
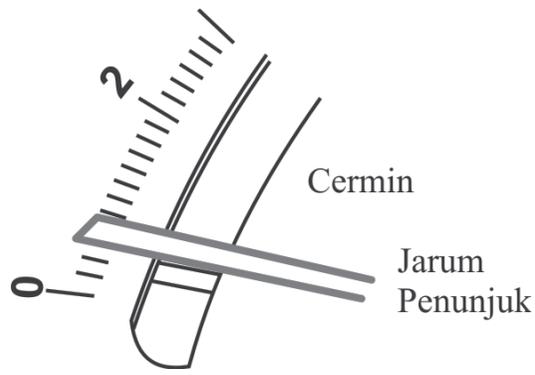
Alat kerja:

Alat ukur dengan kesalahan ukur di atas 0,5% termasuk golongan alat kerja. Untuk alat ukur kerja yang mempunyai kesalahan ukur $\pm 1 - \pm 2 \%$ juga dibuat dalam bentuk transportable dan dipakai di bengkel-bengkel, pabrik-pabrik dan lain-lain. Untuk alat kerja dengan kesalahan ukur $\pm 2-3 \%$ dipakai untuk pengukuran pada papan penghubung baik dipusat-pusat tenaga listrik, pabrik-pabrik dan lain-lain.

Alat Ukur Kasar:

Alat ukur yang mempunyai kesalahan ukur $> 3\%$ termasuk golongan alat kasar dan hanya digunakan sebagai petunjuk umpama arah aliran untuk melihat apakah accumulator dari sebuah mobil yang sedang diisi atau dikosongkan.

Pada beberapa alat ukur yang akan ditempatkan pada panel-panel maka untuk mengurangi kesalahan membaca karena paralaks, jarum petunjuk dan skala pembacaan ditempatkan pada bidang-bidang yang sama seperti yang diperlihatkan dalam gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skala dan Pelat Skala Pada Alat Ukur

Ketelitian hasil ukur ditentukan oleh 2 (dua) hal, yaitu:

- Kondisi alat ukur, yaitu ketelitian- nya harus sesuai dengan yang dipersyaratkan untuk pengukuran pada pemeliharaan kubikel.
- Ketelitian alat ukur dapat berkurang disebabkan antara lain, umur alat ukur yang memang sudah melebihi yang direncanakan sehingga mengalami kerusakan atau sumber listrik yang harusnya terpasang dengan kondisi tertentu, sudah tidak memenuhi seperti yang dipersyaratkan.
- Operator atau pengguna alat ukur tidak memahami cara yang benar, sehingga terjadi kesalahan pemakaian atau cara membaca skala salah padahal alat ukur pada kondisi yang baik.
- Alat ukur yang dimaksud di sini selain merupakan alat yang menghasilkan nilai dengan satuan listrik maupun mekanik, ada alat yang hanya menunjukkan indikasi benar atau tidaknya suatu rangkaian/sirkuit. Alat seperti ini disebut dengan indikator.

Tabel 2.4 Klas ketelitian alat ukur dan penggunaannya

Klas	Kesalahan yang diijinkan (%)	Penggunaan	Keterangan
0,1	$\pm 0,1$	Laboratorium	Presisi
0,2	$\pm 0,2$	Laboratorium	Presisi
0,5	$\pm 0,3$	Laboratorium	Presisi
1,0	$\pm 0,3$	Industri	Menengah
1,5	$\pm 1,5$	Industri	Menengah
2,0	$\pm 2,0$	Industri	Menengah
2,5	$\pm 2,5$	Industri	Menengah
3,0	$\pm 3,0$	Hanya untuk cek	Rendah
5,0	$\pm 5,0$	Hanya untuk cek	Rendah

Kepekaan

Kepekaan ialah perbandingan antara besaran akibat (response) dan besaran yang diukur. Kepekaan ini mempunyai satuan, misalnya mm/ μ A. Sering kepekaan ini dinyatakan sebgai sebaliknya. Jadi besarnya

satuannya menjadi $\mu\text{A}/\text{mm}$ atau disebut faktor penyimpangan (kebalikan dari kepekaan).

Resolusi (Deskriminasi)

Resolusi dari suatu alat ukur adalah pertambahan yang terkecil dari besaran yang diukur yang dapat dideteksi alat ukur dengan pasti. Misalnya suatu Voltmeter mempunyai skala seragam yang terbagi atas 100 bagian dan berskala penuh sama dengan 200 V. Satu perseratus jelas, maka deskriminasi alat ukur sama dengan 1/100 atau 2 V.

Repeatability

Banyak alat ukur mempunyai sifat bahwa nilai penunjukannya bertendensi bergeser, yaitu dengan satu nilai masukan yang sama, nilai pembacaan berubah dengan waktu.

Hal tersebut disebabkan antara lain oleh:

- a. Fluktuasi medan listrik disekitarnya. Untuk mencegah hal ini harus dipasang pelindung.
- b. Getaran mekanis. Untuk meng-hindari hal ini dipasang peredam getaran.
- c. Perubahan suhu. Dalam hal ini ruangan diusahakan suhunya tetap dengan cara pemasangan alat pendingin (AC).

Sehingga dalam pengukuran sebaiknya perlu diperhatikan kondisi alat ukur dengan memperhatikan syarat-syarat dari alat ukur, yaitu:

- Alat ukur tidak boleh membebani/mempengaruhi yang diukur atau disebut mempunyai impedansi masuk yang besar.
- Mempunyai kesaksamaan yang tinggi, yaitu alat harus mempunyai ketepatan dan ketelitian yang tinggi (mempunyai accuracy error dan precision error yang tinggi).
- Mempunyai kepekaan (sensitifitas) yang tinggi, yaitu batas input signal yang sekecil-kecilnya sehingga mampu membedakan gejala-gejala yang kecil
- Mempunyai stabilitas yang tinggi sehingga menolong dalam pembacaan dan tidak terganggu karena keadaan yang tidak dikehendaki

- Kemampuan baca (readibilitas) yang baik, hal ini banyak tergantung dari skala dan alat penunjuknya serta piranti untuk menghindari kesalahan paralak.
- Kemantapan (realibilitas) alat yang tinggi, yaitu alat yang dapat dipercaya kebenarannya untuk jangka waktu yang lama.

Efisiensi Alat Ukur

Efisiensi dari alat ukur didefinisikan sebagai perbandingan antara nilai pembacaan dari alat ukur dan daya yang digunakan alat ukur pada saat bekerja untuk pengukuran tersebut. Biasanya diambil dalam keadaan pengukuran pada skala penuh. Adapun satuannya adalah besaran yang diukur per Watt. Efisiensi suatu alat ukur harus sebesar mungkin. Pada voltmeter efisiensi dinyatakan dalam ohm per volt.

$$E_{vm} = \frac{V_{fs}}{P_{fs}} = \frac{I_{fs} \cdot R_m}{I_{fs} \cdot V_{fs}} = \frac{R_m}{V_{fs}}$$

Di mana:

E_{vm} = Efisiensi voltmeter

V_{fs} = Penunjukkan voltmeter pada skala penuh

P_{fs} = Daya yang diperlukan pada penunjukan voltmeter pada skala penuh.

I_{fs} = Arus yang mengalir pada penunjukkan voltmeter pada skala penuh.

R_m = Tahanan dalam dari voltmeter.

Efisiensi biasanya tidak dinyatakan pada spesifikasi suatu alat ukur, tetapi dapat dihitung, jika impedansi dari alat ukur dan arus yang mengalir pada skala penuh diketahui atau tegangan yang dipasang diketahui.

Voltmeter dengan efisiensi yang tinggi misalnya disyaratkan pada pengukuran rangkaian elektronik, dimana arus dan daya biasanya terbatas.

Macam-macam alat ukur dan pengukurannya.

Menurut macam arus:

- Arus searah
- Arus bolak-balik
- Arus searah dan arus bolak-balik

Menurut tipe/jenis

- *Tipe Jarum Petunjuk*

Harga/nilai hasil ukur yang dibaca adalah yang ditunjuk oleh jarum petunjuk, harga tersebut adalah harga sesaat pada waktu meter tersebut dialiri arus listrik

- *Tipe Recorder*

Harga/nilai hasil ukur yang dibaca adalah harga yang ditulis/dicatat pada kertas, pencatat ini dilakukan secara otomatis dan terus menerus selama meter tersebut dialiri arus listrik.

- *Tipe Integrator*

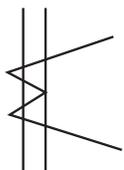
Harga/nilai hasil ukur yang dibaca adalah harga dari hasil penjumlahan yang dicatat pada selang waktu tertentu selama alat tersebut digunakan.

- *Digital*

Harga/nilai hasil ukur yang dibaca adalah harga sesaat.

Menurut prinsip kerja:

Besi putar, tanda (S)



Prinsip kerja: gaya elektromagnetik pada suatu inti besi dalam suatu medan magnet. (kumparan tetap, besi yang berputar) penggunaan pada rangkaian AC/DC.

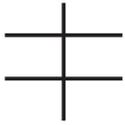
Kumparan putar, tanda (M)



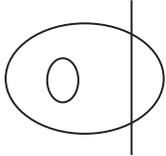
Prinsip kerja: gaya elektromagnetik antarmedan magnet suatu tetap dan arus (kumparan berputar magnet tetap), penggunaan pada rangkaian DC, alat ukur yang menggunakan sistem ini VA/Ω.

Elektrodinamik, tanda (D)

Prinsip kerja: gaya elektromagnetik antar arus-arus (kumparan tetap & kumparan berputar), pemakaian pada rangkaian AC/DC, alat yang menggunakan sistem ini V/A / W /F.

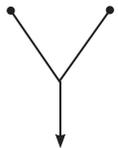


Induksi, tanda (I)



Prinsip kerja: gaya elektromagnetik yang ditimbulkan oleh medan magnet bolak-balik dan arus yang terimbas oleh medan magnet, (arus induksi dalam hantaran).

Kawat panas



■ Prinsip kerja: gerakan jarum diakibatkan oleh pemuaian panas dan tarikan pegas, (pemakaian pada rangkaian AC/DC, alat yang menggunakan sistem ini A/V/).

Menurut sumber tegangan:

=	Pengukuran untuk kebesaran-kebesaran arus searah	DC
≈	Pengukur untuk kebesaran arus bolak-balik	AC
=	Pengukur untuk kebesaran arus searah dan bolak-balik	DC/AC
3	Pengukur fasa tiga	AC 3

Menurut tegangan pengujiannya:



Tegangan uji 2 kV



Tegangan uji 3 kV



Tegangan uji 4 kV

Menurut Posisi Pengoperasian

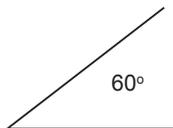
Dipasang untuk posisi mendatar.



Dipasang dengan posisi tegak.



Dipasang dengan posisi miring 60°



Menurut sifat penggunaannya Portable

Alat ini mudah dipergunakan dan dibawa pergi ke mana-mana sesuai kehendak hati kita dalam pengukuran.

Papan hubung/panel

Alat ini dipasang pada panel secara permanen atau tempat-tempat tertentu, sehingga tidak dapat dibawa pergi untuk mengukur di tempat lain.

Menurut besaran yang diukur

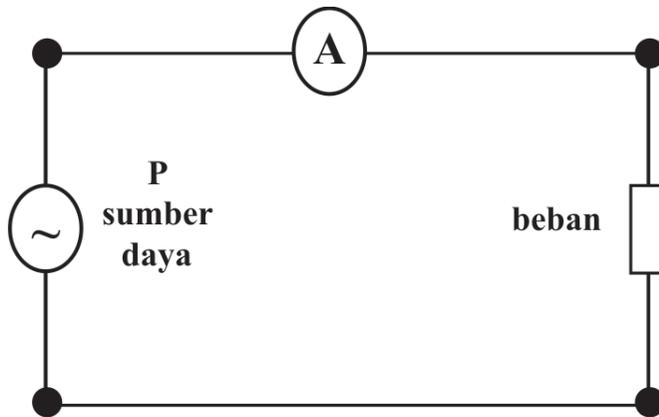
Nama Alat Ukur	Besaran yang diukur	Tanda Satuan	Rangkaian Penggunaan	Keterangan
AmperMeter	Arus	A	AC & DC	V/R
VoltMeter	Tegangan	V	AC & DC	$I.R$
WattMeter	Daya	W	AC & DC	$V.I$
OhmMeter	Tahanan	Ohm	DC	V/I
kWhMeter	Energi	kWh	AC & DC	$V.I.t \cos\phi$
kVArhMeter	Energi	kVArh	AC & DC	$V.I.t \sin\phi$
Frekwensi	Getaran/detik	Hz	AC	-
CosPhiMeter	Faktor Kerja	Cos phi	AC	-

Menurut pengawatannya Amperemeter

Alat ukur ini digunakan untuk mengetahui besarnya arus/aliran listrik baik berupa:

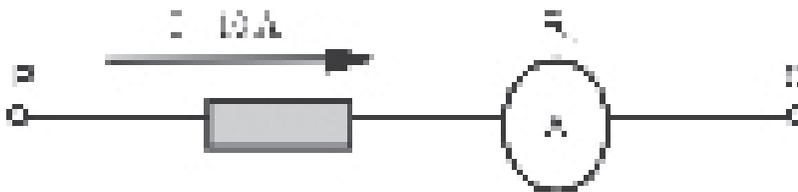
- Arus listrik yang diproduksi mesin pembangkit.
- Arus listrik yang didistribusikan ke jaringan distribusi.

Cara penyambungan dari ampere meter adalah dengan menghubungkan seri dengan sumber daya listrik (*power source*).



Gambar 2.2 Pemasangan Amperemeter

Amperemeter harus dihubungkan seri dengan rangkaian yang akan diukur karena mempunyai tahanan dalam (R_A) yang kecil sehingga apabila amperemeter dihubungkan paralel akan terjadi dua aliran (I_1 dan I_2), karenanya pengukuran tidak benar (salah) akan tetapi merusak amperemeter karena dihubung singkat dengan baterai/tegangan sumber alat ukur tersebut.



Gambar 2.3 Amperemeter dan tahanan

1. Amperemeter 1 (A_1) \Rightarrow

$$R_A = 100 \Omega$$

Tegangan antara P dan Q tetap 1.000 volt

$$R_{eq} = 100 \Omega + 100 \Omega = 200 \Omega \quad \Rightarrow$$

$$I = \frac{1.000}{200} = 5 \text{ Amper}$$

2. Amperemeter 2 (A_2) \Rightarrow

$$R_A = 10 \Omega$$

Tegangan antara P dan Q tetap 1.000 volt

$$R_{eq} = 100 \Omega + 10 \Omega = 110 \Omega \quad \Rightarrow$$

$$I = \frac{1.000}{110} = 9.09 \text{ Amper}$$

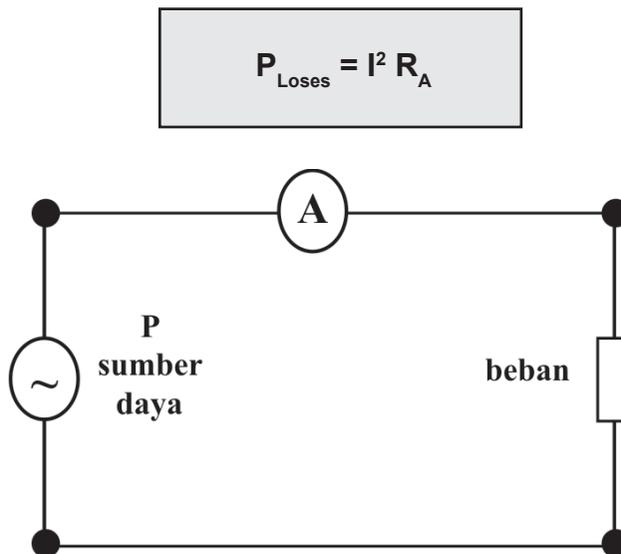
3. Amperemeter 3 (A_3) \Rightarrow

$$R_A = 0,1 \Rightarrow$$

Tegangan antara P dan Q tetap 1.000 volt

$$R_{eq} = 100 \Omega + 0,1 \Omega = 100,1 \Omega \quad \Rightarrow \quad I = \frac{1.000}{100,1} = 9.99 \text{ Amper}$$

Tahanan amperemeter harus kecil, agar pengaruh terhadap rangkaian kecil. Juga harus kecil agar daya yang hilang menjadi kecil



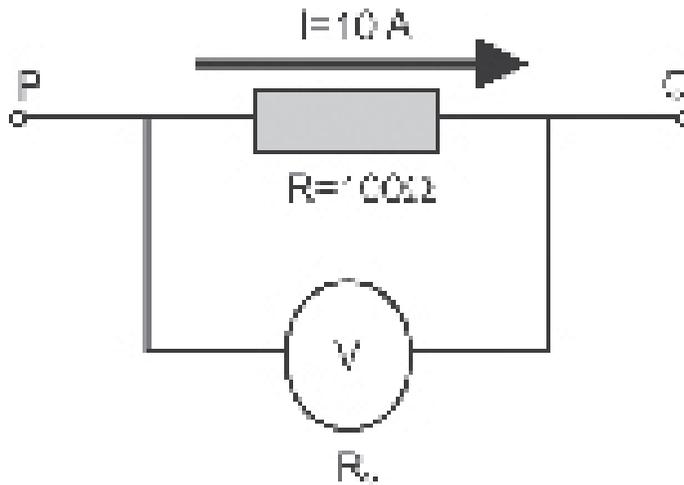
Gambar 2.4 Amperemeter dan Beban

Voltmeter Meter

Alat ukur ini digunakan untuk mengetahui besarnya tegangan.

Cara penyambungan dari voltmeter adalah dengan menghubungkan parallel dengan sumber daya listrik (*power source*).

Voltmeter harus dihubungkan paralel dengan rangkaian yang akan diukur karena mempunyai tahanan dalam (R_A) yang besar.



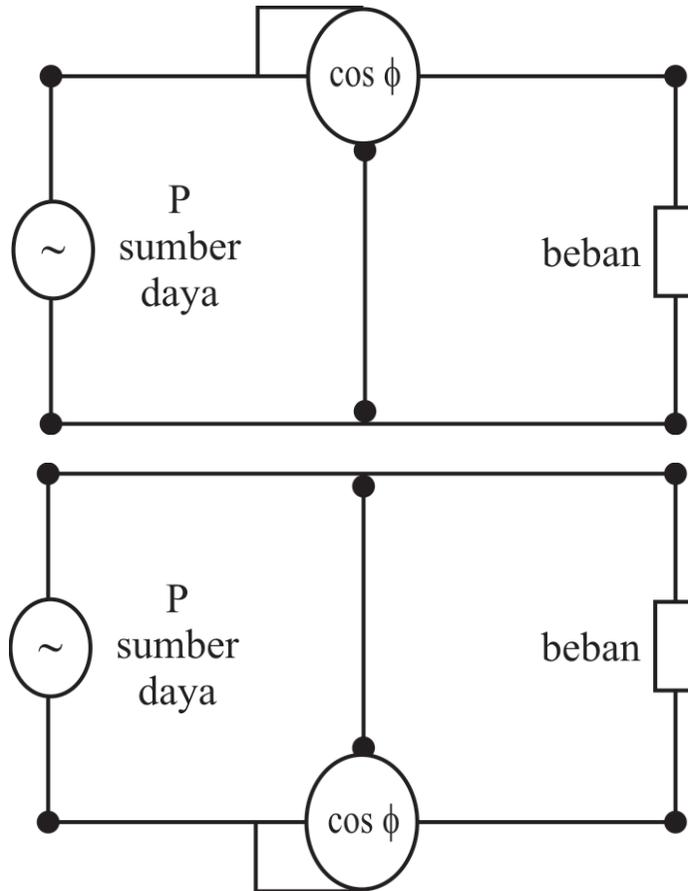
Gambar 2.5 Voltmeter

Tahanan voltmeter harus besar, agar tidak mempengaruhi sistem pada saat digunakan, juga agar daya yang hilang pada voltmeter itu kecil.

$$P_{Loses} = \frac{E^2}{R_v}$$

Cosphimeter (Cos ϕ)

Alat ini digunakan untuk mengetahui, besarnya faktor kerja (power faktor) yang merupakan beda fase antara tegangan dan arus. Cara penyambungan adalah tidak berbeda dengan wattmeter sebagaimana gambar di bawah ini:



Gambar 2.7 Cosphimeter

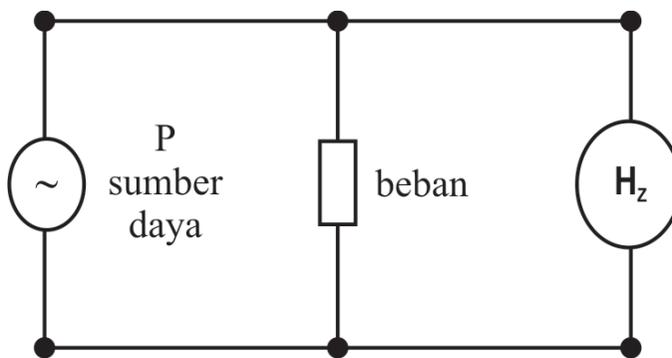
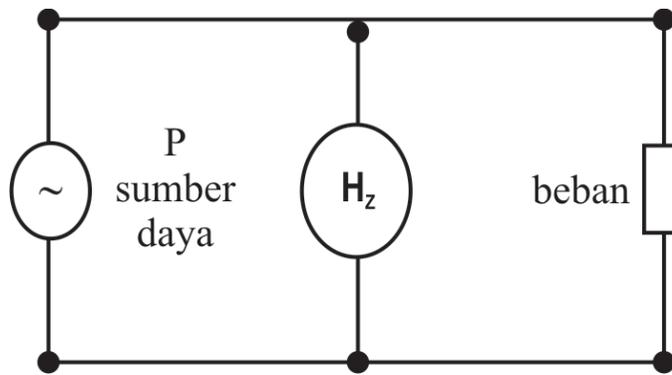
Cosphimeter banyak digunakan dan terpasang pada:

- Panel pengukuran mesin pem-bangkit
- Panel gardu hubung gardu induk
- Alat pengujian, alat penerangan, dan lain-lain.

2.4. Frekwensi Meter

Frekwensi meter digunakan untuk mengetahui frekwensi (berulang) gelombang sinusoidal arus bolak-balik yang merupakan jumlah siklus sinusoidal tersebut perdetiknya (cycle/second).

Cara penyambungannya adalah sebagai berikut:

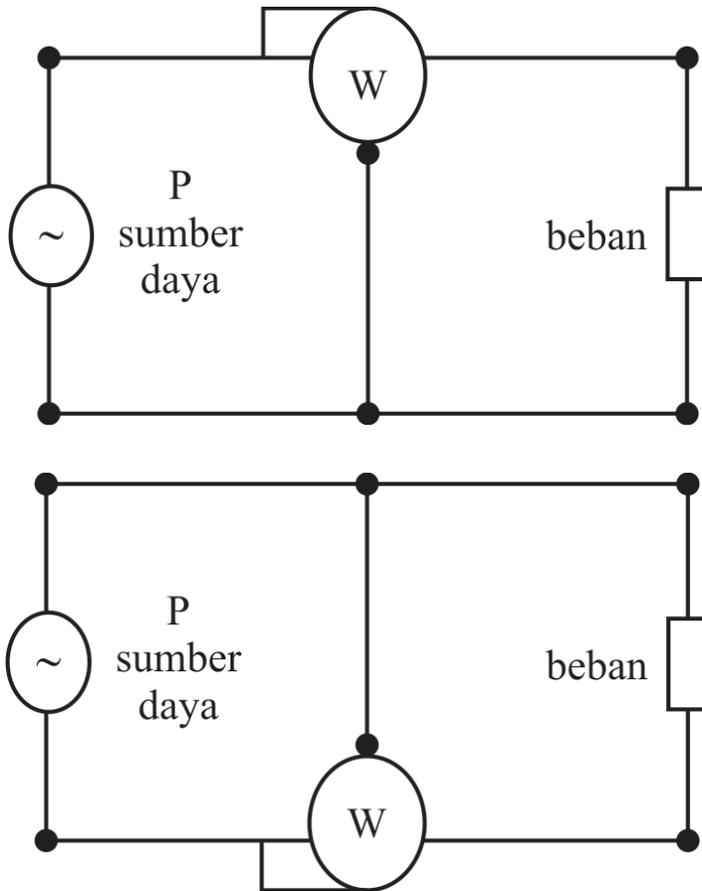


Gambar 2.8 Pemasangan Frekwensimeter

Frekwensimeter mempunyai peranan cukup penting khususnya dalam mensinkronisasikan (memparalelkan) 2 unit mesin pembangkit dan stabilnya frekwensi merupakan petunjuk kestabilan mesin pembangkit.

Wattmeter

Alat ukur ini untuk mengetahui besarnya daya nyata (daya aktif). Pada wattmeter terdapat spoel/belitan arus dan spoel/belitan tegangan, sehingga cara penyambungan watt pada umumnya merupakan kombinasi cara penyambungan voltmeter dan ampere meter sebagaimana pada gambar di bawah ini:

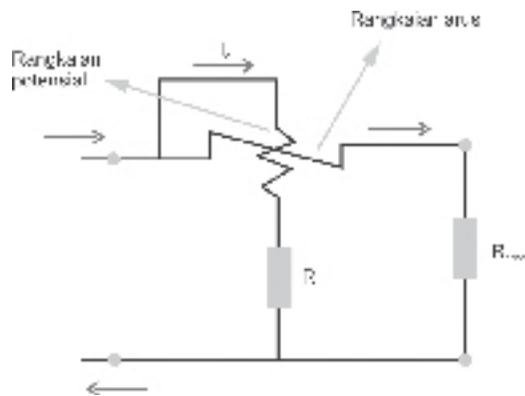


Gambar 2.9 Pemasangan Wattmeter

Jenis lain dari wattmeter berdasarkan besarnya adalah:

- kW – meter (kilo wattmeter)
- MW – meter (mega wattmeter)

Alat untuk mengukur daya pada beban atau pada rangkaian daya itu adalah nilai-nilai rata-rata dari perkalian e. i, yaitu nilai sesaat dari tegangan dan arus pada beban atau rangkaian tersebut .



Gambar 2.10 Rangkaian wattmeter

Rangkaian potensial wattmeter dibuat bersifat resistif, sehingga arus dan tegangan pada rangkaian tersebut satu fasa i_V satu fasa dengan e karena

$$Z_V = R_V$$

Wattmeter yang didasarkan atas instruments elektrodinamik.

Torsi pada alat ini adalah
$$\tau_d = K \cdot \frac{dM}{d\theta} \cdot i_1 \cdot i_2$$

Maka
$$\tau_d = K \cdot \frac{dM}{d\theta} \cdot i_V \cdot i$$

di mana
$$i_V = \frac{e}{Z_V} = \frac{e}{R_V} \Rightarrow$$

$$i\tau_d = K \cdot \frac{dM}{d\theta} \cdot \frac{e}{R_V}$$

Nilai rata-rata dalam 1 (satu) Siklus (Cycle):

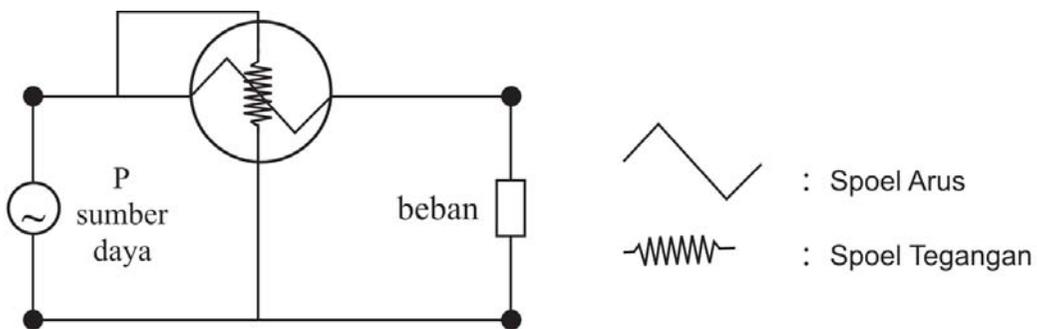
$$\tau_d \text{ rata-rata} = \frac{1}{T} \int_0^T K \frac{dM}{d\theta} \cdot \frac{ei}{R_V} \cdot dt$$

2.5. KWH – Meter

Kwh meter digunakan untuk mengukur energi arus bolak balik, merupakan alat ukur yang sangat penting, untuk Kwh yang diproduksi, disalurkan ataupun kWh yang dipakai konsumen-konsumen listrik. Alat ukur ini sangat populer di kalangan masyarakat umum, karena banyak terpasang pada rumah-rumah penduduk (konsumen listrik) dan menentukan besar kecilnya rekening listrik si pemakai.

Mengingat sangat pentingnya arti kWh meter ini baik bagi PLN ataupun sipemakai, maka agar diperhatikan benar cara penyambungan alat ukur ini.

Gambar penyambungan adalah sebagai berikut



Gambar 2.12 KWH – Meter

2.6 Megger

Megger dipergunakan untuk mengukur tahanan isolasi dari alat-alat listrik maupun instalasi-instalasi, output dari alat ukur ini umumnya adalah tegangan tinggi arus searah, yang diputar oleh tangan.

Besar tegangan tersebut pada umumnya adalah: 500, 1.000, 2.000 atau 5.000 volt dan batas pengukuran dapat bervariasi antara 0,02 sampai 20 meter ohm dan 5 sampai 5.000 meter ohm dan lain-lain sesuai dengan sumber tegangan dari megger tersebut.

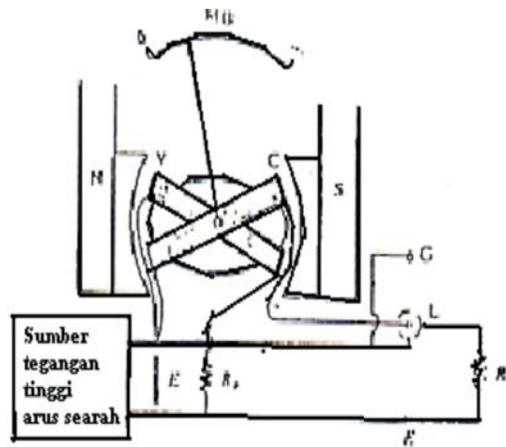
Dengan demikian, maka sumber tegangan megger yang dipilih tidak hanya tergantung dari batas pengukur, akan tetapi juga terhadap tegangan kerja (sistem tegangan) dari peralatan ataupun instansi yang akan diuji isolasinya.

Dewasa ini telah banyak pula megger yang mengeluarkan tegangan tinggi, yang didapatkannya dari baterai sebesar 8 – 12 volt (megger dengan sistem elektronis). Megger dengan baterai umumnya membangkitkan tegangan tinggi yang jauh lebih stabil dibanding megger

dengan generator yang diputar dengan tangan. Gambar rangkaian dasar megger adalah seperti gambar 2.13

Megger ini banyak digunakan petugas dalam mengukur tahanan isolasi antara lain untuk:

- Kabel instalasi pada rumah-rumah/bangunan
- Kabel tegangan rendah
- Kabel tegangan tinggi
- Transformator, OCB dan peralatan listrik lainnya.



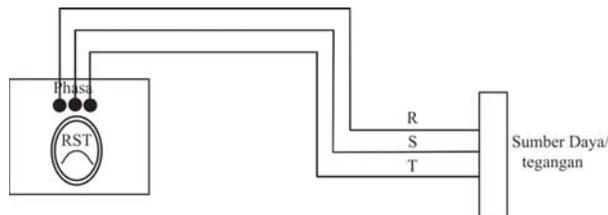
Gambar 2.13 Rangkaian dasar megger

2.7. Phasa Squence

Alat ukur ini digunakan untuk mengetahui benar/tidaknya urutan phasa sistem tegangan listrik tiga -phasa. Alat ini sangat penting arti khususnya dalam melaksanakan penyambungan gardu-gardu ataupun konsumen listrik, karena kesalahan urutan phasa dapat menimbulkan:

- Kerusakan pada peralatan/ mesin antara lain putaran motor listrik terbalik.
- Putaran piringan kWh meter menjadi lambat ataupun terhenti sama sekali, dll.

Cara penyambungannya phasa squence
Adalah sebagaimana terlihat pada gambar 2.14 berikut ini.



Gambar 2.14. Cara penyambungan fasa squence

Sesuai dengan keterangan di atas alat ukur ini sangat diperlukan petugas dalam melaksanakan penyambungan listrik pada:

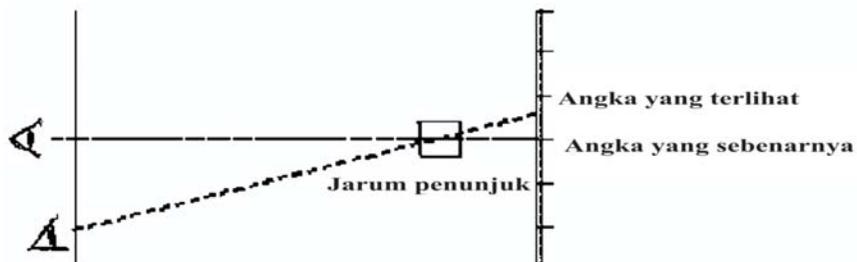
- Pusat-pusat pembangkit, gardu hubung, gardu induk, gardu distribusi, konsumen listrik lainnya.

Cara pengukuran

Untuk mengetahui dan bagai-mana memilih alat ukur yang akan dipergunakan sesuai dengan kebutuhan dilapangan, berikut dijelaskan tentang cara pembacaan dan pengertian simbol-simbol maupun kode non teknis yang terdapat pada alat ukur.

Posisi pembacaan

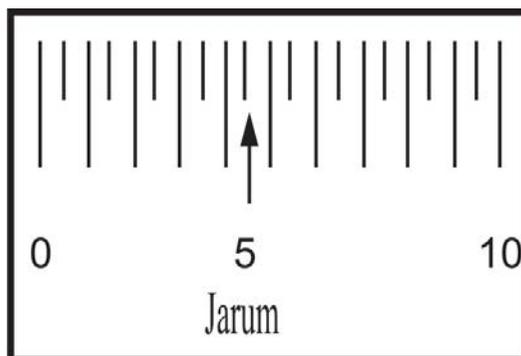
Pembacaan harga pada alat ukur secara cermat harus dilakukan dengan melihat tepat di atas jarum penunjuk. Dengan demikian dibaca harga pada garis skala yang tertulis tepat di bawah runcing jarum. Bila tidak melihat tepat di atas penunjuk akan terbaca harga sebelah kiri atau disebelah kanan dari garis sebenarnya, kesalahan ini disebut paralaks.



Gambar 2.15 Posisi Pembacaan Meter

Untuk menghindari paralaks tersebut runcing jarum dari alat cermat dibuat berupa sayap tipis dan dipasang cermin kecil di bawah runcing

jarum skala. Dalam posisi baca yang benar, maka jarum runcing dan bayangannya pada cermin harus tepat satu garis tipis. Contoh cara membaca skala pada alat ukur:



Gambar 2.15 Pembacaan Meter

2.8. Pengukuran Besaran Listrik

Setiap alat ukur mempunyai batas ukur tertentu, yang artinya alat ukur tersebut hanya mampu mengukur sampai harga maksimal tertentu dimana jarum petunjuk akan menyimpang penuh sampai pada batas maksimal dari skala.

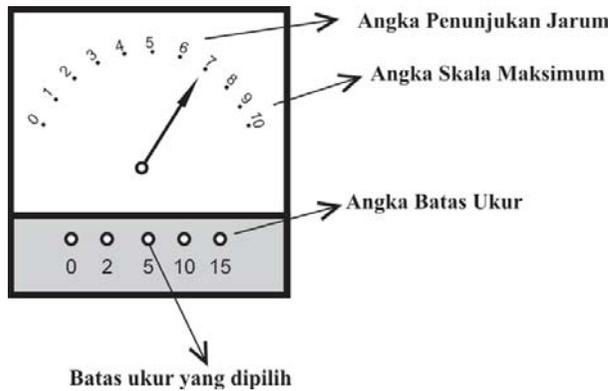
Alat-alat ukur yang terpasang tetap pada panel pada umumnya mempunyai satu macam batas ukur saja dikarenakan besaran yang akan diukur nilainya tidak akan berubah dari nilai yang ada pada batas ukur meter tersebut, sedangkan alat ukur kerja menyediakan beberapa pilihan batas ukur, karena besaran yang akan diukur belum diketahui sebelumnya.

Cara merubah batas ukur dilakukan dengan menambah atau mengurangi tahanan dari resistor sebelum besaran listrik masuk ke komponen utama alat ukur dengan perbandingan nilai tertentu terhadap nilai tahanan alat ukur, sehingga besaran sebenarnya yang masuk pada komponen utama alat ukur tetap pada batas semula.

Perubahan batas ukur arus dilakukan dengan cara memasang secara paralel Resistor, sehingga arus yang terukur dibagi dengan perbandingan tertentu antara yang melewati resistor dan yang melewati

komponen utama alat ukur. Semakin kecil nilai resistor, maka batas ukur menjadi lebih besar.

Sedangkan untuk merubah batas ukur tegangan dilakukan dengan cara memasang secara seri resistor, sehingga nilai tegangan sebelum masuk ke dalam alat ukur dapat lebih besar. Semakin besar nilai resistor, maka batas ukur menjadi semakin besar.



Gambar 2.16 Batas Ukur Meter

Petunjuk jarum petunjuk pada angka 7. skala maksimum 10. seandainya kita tentukan batas ukur pada angka 5 maka harga sebenarnya yang ditunjuk oleh angka 7 adalah sebagai berikut

$$Hs = \frac{P}{SM} \times BU$$

Jadi
$$Hs = \frac{7}{10} \times 5 \text{ V} = 3,5 \text{ V}$$

Di mana:

Hs = harga sebenarnya .

BU = batas ukur.

P = penunjuk jarum.

t = skala maksimum

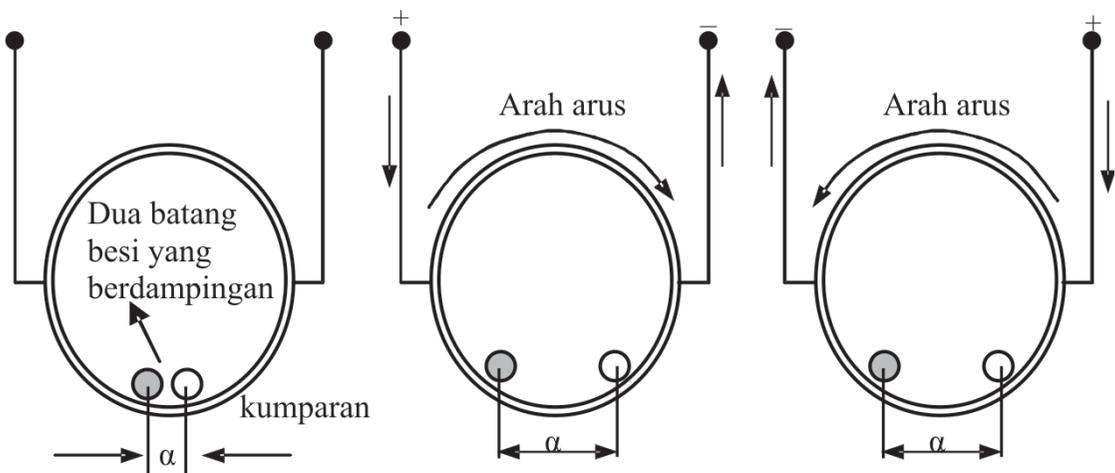
Prinsip kerja alat ukur

Prinsip kerja yang paling banyak dari alat – alat ukur tersebut adalah:

- kWh dan kVArh meter: sistem induksi
- kW /kVA maksimum meter: sistem elektro dinamis
- Voltmeter : sistem elektro magnet, kumparan putar, besi putar
- Amper meter: sistem elektro magnet, kumparan putar

Prinsip kerja besi putar

Alat ukur dengan prinsip kerja besi putar atau disebut juga sistem elektro magnet adalah sesuatu alat ukur yang mempunyai kumparan tetap dan besi yang berputar. Bila sebuah kumparan dan didalamnya terdapat besi, maka besi tersebut akan menjadi magnet. Jika di dalam kumparan tersebut diletakkan dua batang besi maka kedua-duanya akan menjadi magnet sehingga kedua batang besi tersebut akan saling tolak menolak, karena ujung-ujung kedua batang besi tersebut mempunyai kutub yang senama. Prinsip kerja tersebut diterapkan pada sistem elektro magnet dengan mengganti besi tersebut dengan 2 buah plat besi yang satu dipasang tetap (diam) sedang yang lain bergerak dan dihubungkan dengan jarum petunjuk.



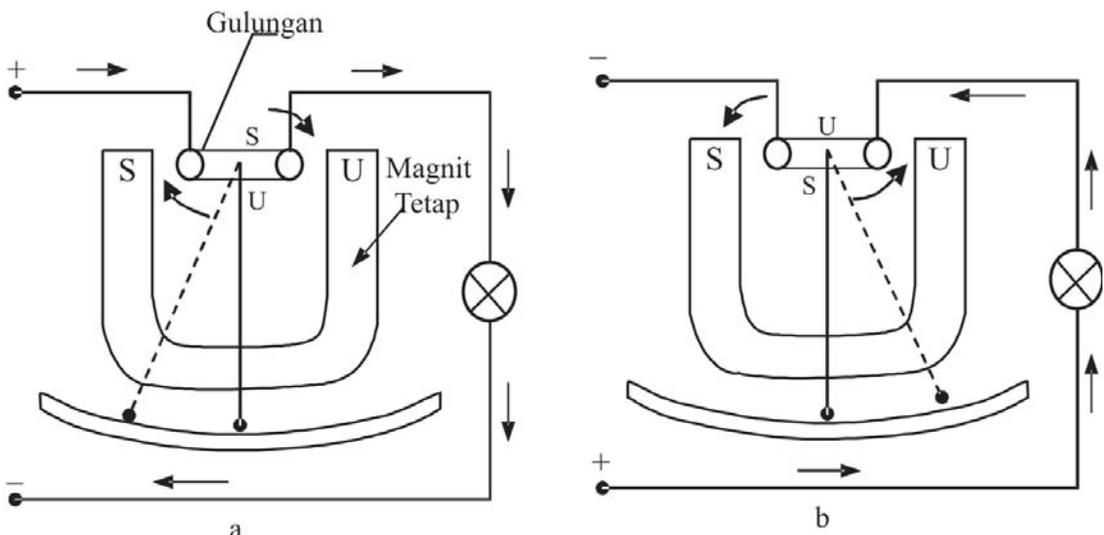
Gambar 2.18 Prinsip kerja besi putar

Arus yang diukur melalui kumparan yang tetap dan menyebabkan terjadinya medan magnet. Potongan besi ditempatkan dimedan magnet, magnet tersebut dan menerima gaya elektromagnetis. Alat ukur dengan tipe besi putar ini adalah sederhana dan kuat dalam konstruksi, murah dan dengan demikian mendapatkan penggunaan-penggunaan yang sangat besar, sebagai alat pengukur untuk arus dan tegangan pada frekwensi-frekwensi yang dipakai pada jaring-jaring distribusi yang didapat di kota-kota.

Suatu keuntungan lain bahwa alat pengukur ini dapat pula dibuat sebagai alat pengukur yang mempunyai sudut yang sangat besar.

2.9. Prinsip kerja kumparan putar

Alat ukur sistem kumparan putar ini adalah alat ukur yang mempunyai kutub magnet permanent dan kumparan yang berputar. Besi magnet adalah permanent berbentuk kaki kuda yang pada kutub-kutubnya dilengkapi dengan lapis-lapis kutub, dan di dalam lapang magnetis antara lapisan kutub tersebut dipasangkan sebuah kumparan yang dapat berkeliling poros Arus yang dialirkan melalui kumparan akan menyebabkan kumparan tersebut berputar.



Gambar 2.19 Prinsip Kerja Kumparan Putar

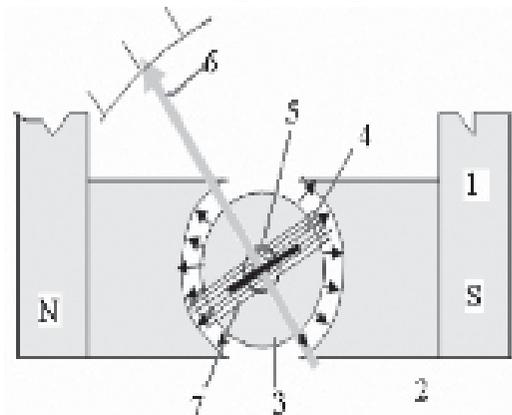
Alat ukur kumparan putar adalah alat ukur penting yang dipakai untuk kumparan bermacam arus, tidak hanya untuk arus searah, akan tetapi dengan alat pertolongan lainnya, dapat pula dipakai untuk arus bolak-balik.

Pemakaian dari alat ukur kumparan putar adalah sangat luas, mulai dari alat-alat ukur yang ada di laboratorium sampai pada alat ukur didalam pusat-pusat pembangkit listrik.

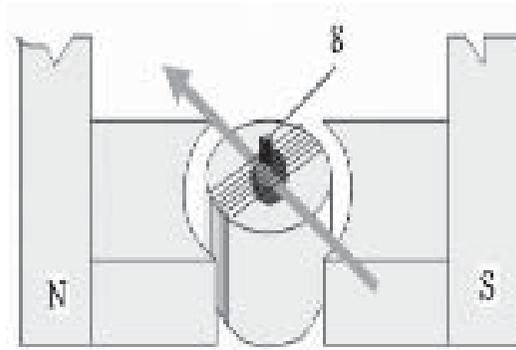
Pada gambar 2.20 berikut ini diperlihatkan adanya magnet yang permanen (1), yang mempunyai kutub-kutub (2), dan di antara kutub-kutub tersebut ditempatkan suatu silinder inti besi (3).

Penempatan silinder inti besi (3), tersebut di atas ini, di antara kedua kutub magnet, utara dan selatan, akan menyebabkan bahwa, dicelah udara antara kutub-kutub magnet dan silinder inti besi akan berbentuk medan magnet yang rata, yang masuk melalui kutub-kutub tersebut. Kedalam silinder, secara radial sesuai dengan arah-arah panah. Dalam selah udara ini ditempatkan kumparan putar (4), yang dapat berputar melalui sumbu (8).

Bila arus searah yang tidak diketahui besarnya mengalir melalui kumparan tersebut, suatu gaya elektromagnetis f yang mempunyai arah tertentu akan dikenakan pada kumparan putar sebagai hasil interaksi antar arus dan medan magnet. Arah dari gaya f dapat ditentukan menurut ketentuan tangan dari Fleming (lihat gambar berikutnya)

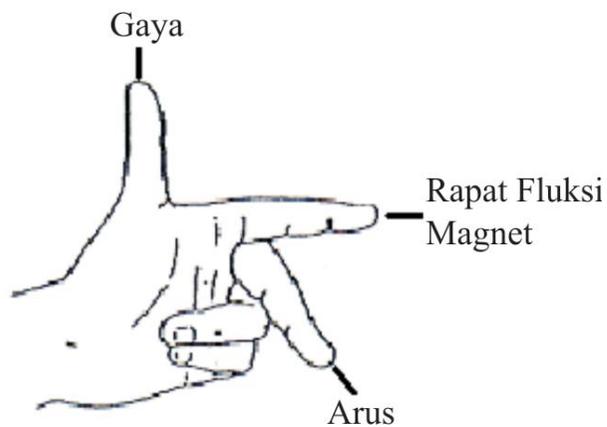


Gambar 2.20 Bahagian meter

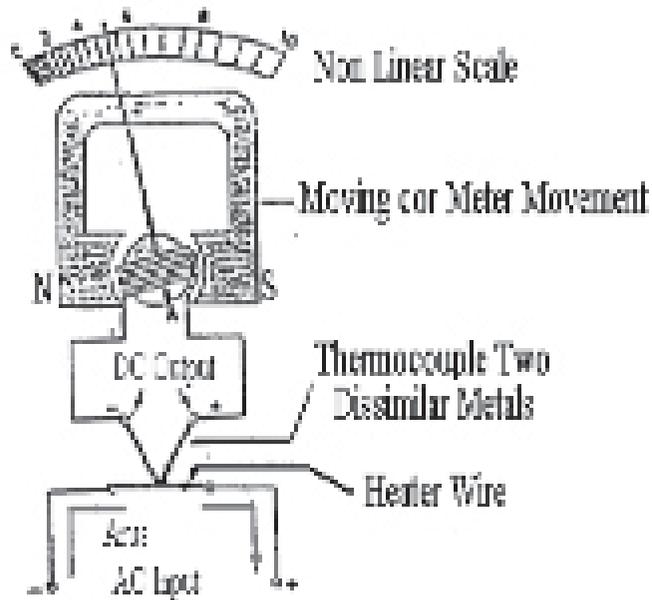


Gambar 2.21 Prinsip Kerja Alat Ukur Jenis Kumparan Putar

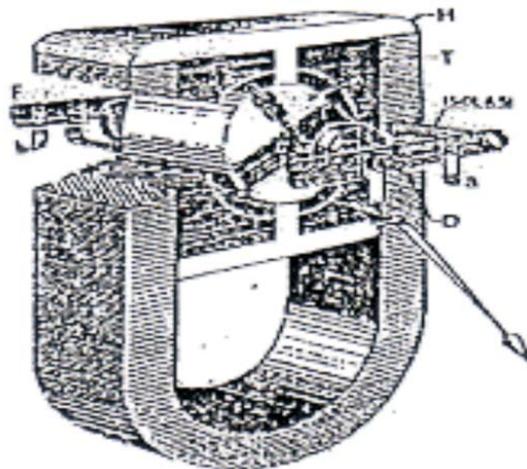
1. Magnet tetap
2. Kutub sepatu
3. Inti besi lunak
4. Kumparan putar
5. Pegas spiral
6. Jarum penunjuk
7. Rangka kumparan putar
8. Tiang poros



Gambar 2.22. Prinsip Kerja Meter



Gambar 23 Bentuk Lain Konstruksi Kumpan Putar



Gambar 2.24. Konstruksi Kumpan Putar

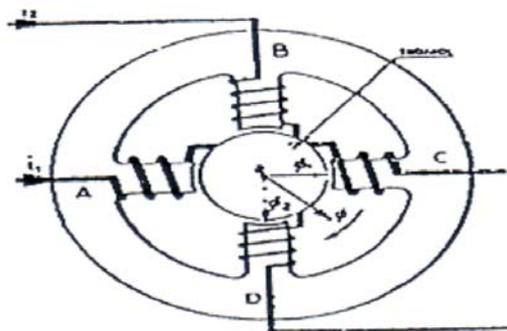
2. 10. Sistem Induksi

Alat ukur dengan sistem induksi atau dikenal dengan system Ferraris ini mempunyai prinsip kerja sebagai berikut.

Bila pada piringan yang terbuat dari bahan penghantar tetapi non feromagnetik misalnya aluminium atau tembaga ditempatkan dalam medan magnet arus bolak-balik, maka akan dibangkitkan arus pusar pada piringan tersebut.

Arus pusar dan medan magnet dari arus bolak-balik yang menyebabkannya akan menimbulkan interaksi yang menghasilkan torsi gerak pada piringan, dan prinsip ini akan mendasari kerja dari pada alat ukur induksi. Atau dengan kata lain bila didalam medan magnet dengan garis gaya magnet dengan arah yang berputar, dipasang sebuah tromol yang berbentuk silinder, tromol tersebut akan turut berputar menurut arah putaran garis-garis gaya magnet tadi, medan magnet ini dinamakan alat ukur medan putar atau alat ukur induksi, bisa juga disebut **alat ukur Ferraris**

Alat ukur ini dapat diklasifikasikan pada medan yang bergerak. Prinsip ini digunakan pada alat ukur energi (kWh meter) arus bolak-balik. Gambar tengah menunjukkan arah ϕ_1 dan ϕ_2 dalam ruangan A, B, C, D, kedua medan itu dilukiskan sebagai vektoris Φ_1 dan Φ_2 pada suatu periode penuh. Dari gambar tersebut tampak jelas bahwa medan magnet total mempunyai arah yang berputar pada poros (a) dengan kecepatan sama dengan arus bolak balik dinding tromol aluminium terpotong. Oleh garis gaya dari medan putar sehingga dalam tromol terbangkit tegangan dan arus induksi atau arus pusar.



Gambar 2.25 Azas Alat Ferraris atau Alat Induksi

Menurut hukum *LENZ* aliran induksi dengan arah sedemikian rupa sehingga selalu melawan penyebabnya, karena induksi itu dibangkitkan oleh pemotong garis-garis gaya yang berputar, maka tromol aluminium akan berputar dengan arah yang sama dengan arah putaran garis-garis gaya tersebut.

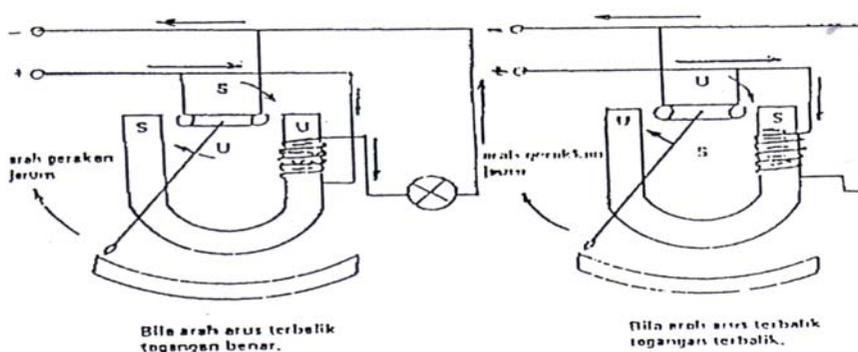
Pada alat ukur jarum putaran tromol ditahan oleh pegas spiral, sehingga putarannya pada jarak tertentu sesuai dengan garis skalanya. Oleh karena sistem induksi ini bekerja dengan medan putar yang dibangkitkan oleh arus bolak-balik, maka jika tanpa alat Bantu atau alat tambahan lainnya maka alat ukur ini hanya dipergunakan pada sumber arus bolak-balik saja.

2.11 Sistem Elektrodinamis

Alat ukur elektro dinamis adalah alat ukur yang mempunyai kumparan tetap dan kumparan putar.

Sistem kerjanya sama dengan sistem kumparan berputar tetapi magnet tetap diganti dengan magnet listrik.

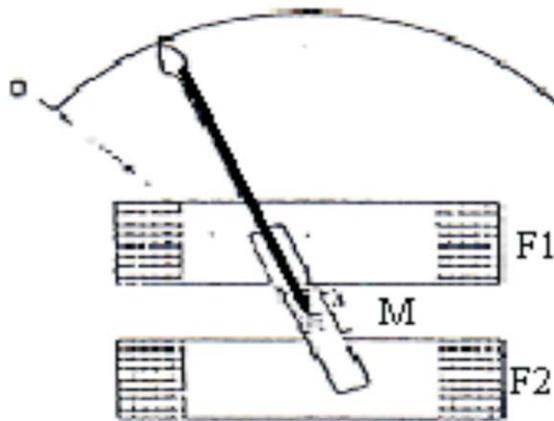
Berdasarkan kaidah tangan kanan pada gambar 2.26 a jarum akan menyimpang ke kanan, bila arus di balik arahnya pada gambar 2.26 b maka jarum akan tetap menyimpang kekanan. Baik arah arus berganti-ganti arah jarum tetap menyimpang ke satu arah.



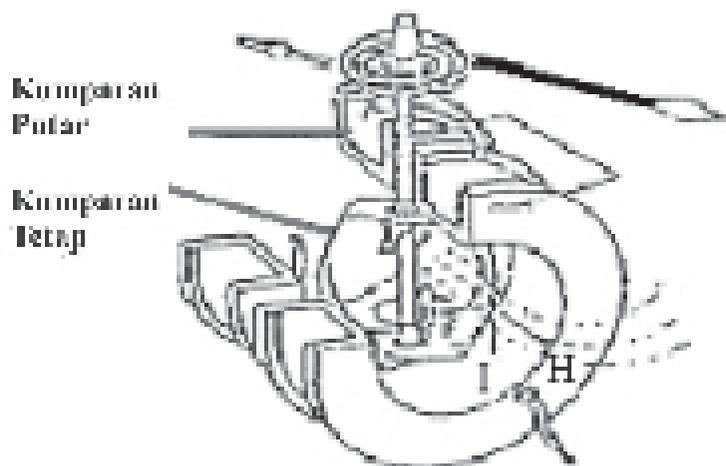
Gambar 2.26.a

Gambar 2.26.b

Alat ukur tipe elektrodinamis ini, dapat dipergunakan untuk arus bolak-balik, atau arus searah, dan dapat dibuat dengan persisi yang baik, dan telah pula banyak dipergunakan dimasa-masa yang lalu. Akan tetapi pemakaian daya sendirinya tinggi, sedangkan alat ukur prinsip yang lain telah dapat pula dibuat dengan persisi tinggi, maka pada saat ini alat ukur elektrodinamis kurang sekali dipergunakan sebagai alat ukur ampere maupun volt, akan tetapi penggunaannya masih sangat luas sebagai alat pengukur daya atau lazim disebut pengukur watt.



Gambar 2.27 Jarum Penunjuk



Gambar 2.28 Kumparan Meter

F = Arah dari gaya

I = Arah dari arus

H = Arah dari Fluksi magnet

Gambar Prinsip suatu alat ukur elektrodinamis

Seperti diperlihatkan dalam gambar di atas suatu kumparan putar M ditempatkan di antara kumparan-kumparan putar F_1 dan F_2 , bila arus I_1 melalui kumparan yang tetap dan arus I_2 melalui kumparan yang

berputar, maka kepada kumparan yang berputar akan dikenakan gaya elektromagnetis, yang berbanding lurus dengan hasil kali dari i_1 dan i_2 . Misalkan sekarang, bahwa kumparan yang berputar terdapat dalam medan magnet hampir-hampir rata yang dihasilkan oleh kumparan-kumparan tetap.

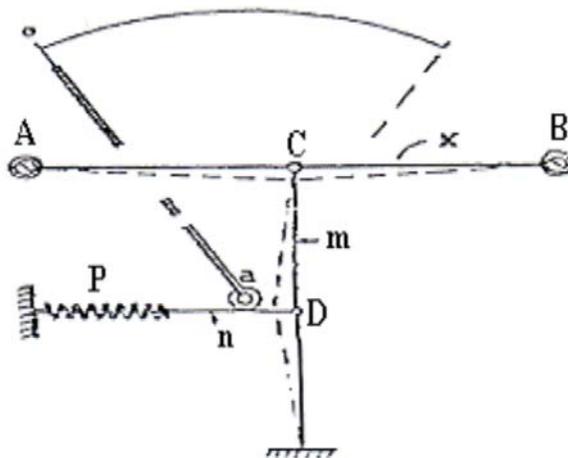
2.12. Prinsip Kawat Panas

Jika sepotong kawat logam dialiri arus listrik yang cukup besar, kawat tersebut akan menjadi panas, oleh sebab itu akan memuai (menjadi lebih panjang). Pemuaiian tersebut digunakan untuk menggerakkan jarum petunjuk. Pada gambar berikut terlihat sepotong kawat logam campuran dari logam platina dan iridium yang direntangkan pada A-B, pada waktu tiada arus ($I = 0$) jarum penunjuk tepat ditengah-tengah (angka 0). Jika kita alirkan arus searah dari A ke B sehingga kawat A-B menjadi memuai dan lebih panjang, ternyata jarum tidak menunjuk 0, tetapi menyimpang kearah kanan. Hal ini disebabkan karena kawat A-B menjadi lebih panjang dan ditarik oleh pegas sehingga memutar poros jarum.

Baik arus searah tersebut mengalir dari A-B maupun dari B ke A jarum tetap menyimpang kearah kanan (lihat gambar bawah).

Kesimpulan:

Prinsip ini dapat dipakai untuk searah dan bolak-balik.



Gambar 2.29 Kawat Panas

Keterangan: A & B = baut terminal

m = kawat penarik

C = tempat pengikat

n = tali penarik

x = kawat panas

D = ikatan tali

P = pegas

A = poros penggulung

2.13. Alat Ukur Sistem Elektronik

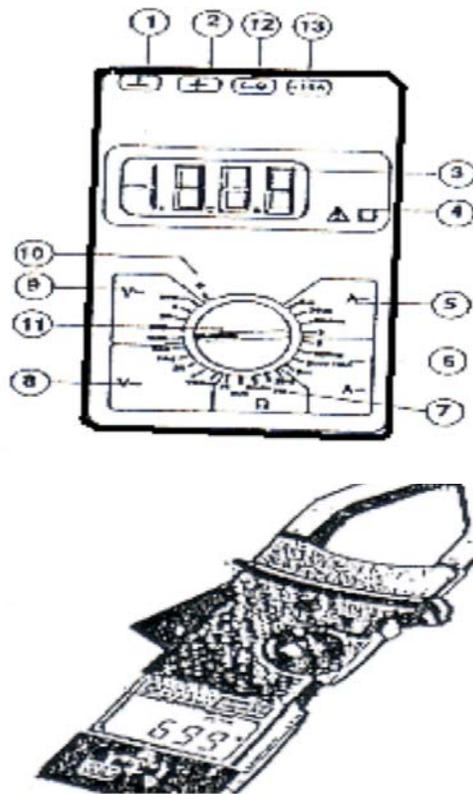
Sesuai dengan perkembangan dan kemajuan teknologi khususnya dalam bidang elektronik tak tertinggal pula kesertaan dari pada alat-alat ukur elektronik, pada laboratorium dan industri-industri banyak menggunakan alat ukur tipe ini, karena memerlukan kecermatan dalam penunjukan, untuk harga relative mahal dibandingkan dengan alat ukur yang bukan elektronik, pada umumnya alat ukur elektronik adalah digital, karena penunjukannya berupa nilai angka, maka penggunaan dalam pembacaan sangat sederhana, mudah dicerna.

Keuntungan alat ukur elektronik:

- Portable
- Kecermatan tinggi mencapai faktor kesalahan 0,1 – 0,5 %
- Kedudukan atau posisi alat ukur tidak mempengaruhi penunjukan.

Kelemahannya:

- Dapat dipengaruhi oleh temperatur ruangan yang tinggi.
- Tidak boleh ditempatkan pada ruangan yang lembab/basah.
- Harga relative mahal.



Gambar 2.30 Alat Ukur Tang Ampere Digital

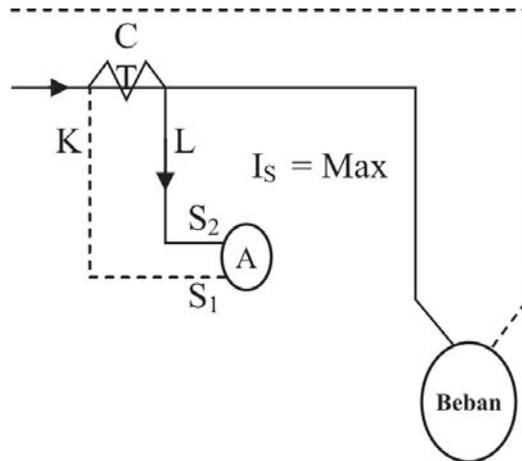
2.14. Alat Ukur dengan Menggunakan Trafo Ukur

Untuk mengukur satuan listrik dengan besaran yang lebih besar, maka alat ukur mempunyai keterbatasan. Karena semakin tinggi besaran yang diukur secara langsung diperlukan peralatan dengan ukuran fisik yang lebih besar. Hal ini tentu tidak dimungkinkan, maka penggunaan alat bantu berupa trafo ukur sangat diperlukan. Dengan demikian cara pembacaannya menjadi tidak langsung, karena harus dikalikan dengan perbandingan penurunan besaran listrik yang diakibatkan oleh trafo ukur tersebut.

Ada 2 (dua) macam trafo ukur yang digunakan untuk pengukuran, yaitu trafo arus dan trafo tegangan.

- Trafo arus digunakan untuk menurunkan arus dengan perbandingan transformasi tertentu dan sekaligus mengisolasi peralatan ukur dari tegangan sistem yang diukur

- Trafo tegangan digunakan untuk menurunkan tegangan sistem dengan perbandingan transformasi tertentu.



Gambar2.31
Sistim Pengukuran Arus Pakai Trafo Arus

a.
$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s}$$

b.
$$N_s \cdot I_s = N_p \cdot I_p$$

c. $\frac{N_s}{N_p}$ adalah perbandingan teoritis, di mana.

d. $\frac{N_s}{N_p}$ adalah perbandingan praktis,
 I_s

di mana:

a = 80 (lihat gambar)

karena $N_p = 1$ Jadi a = 80

maka $I_p = N_s \cdot I_s$

sama juga

$I_p = 80 \cdot 5 = 400$ A (terbukti)

$$a = \frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s}$$

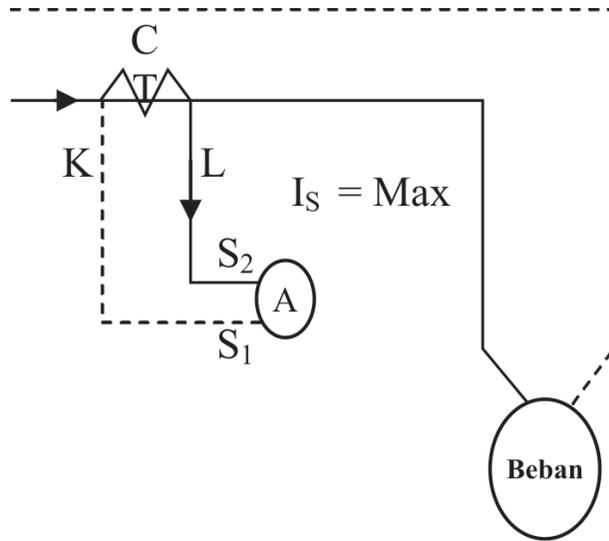
$$a = 1 : 20$$

$$\text{atau } N_p \cdot I_p = N_s \cdot I_s$$

$$\text{karena } N_p = 1$$

$$\text{maka } I_p = N_s \cdot I_s$$

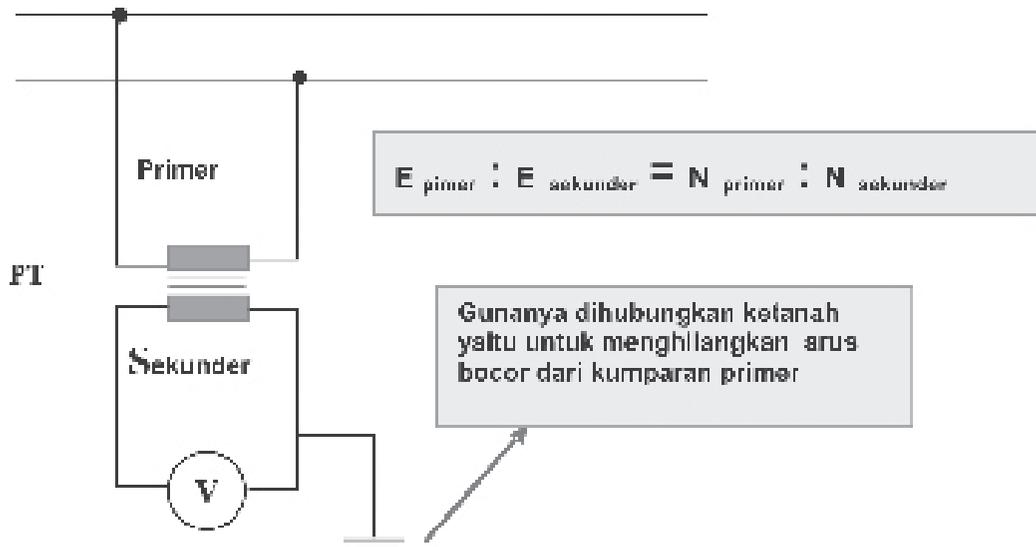
a = Ratio perbandingan



Gambar 2.32

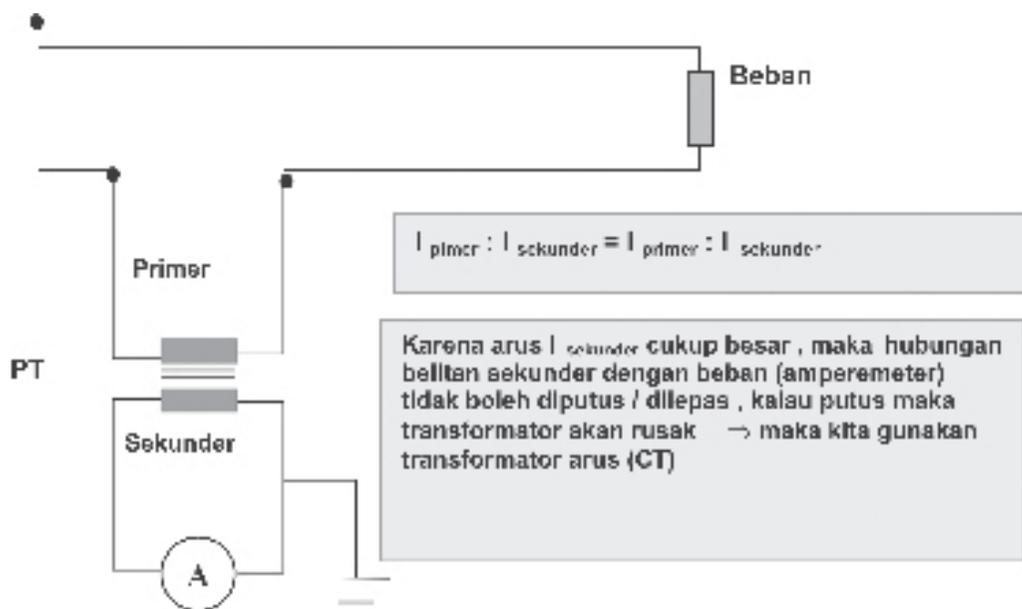
Sistem Pengukuran arus Pakai trafo arus

Pelaksanaan pengukuran tegangan pada jaringan tegangan tinggi tidak cukup hanya mempergunakan tahanan-tahanan depan yang nilainya besar, tetapi dilaksanakan dengan transformator tegangan (PT) dengan tujuan bahwa memakai pesawat ukur dengan batas normal dapat diukur batas normal dan ukuran yang lebih tinggi, sehingga diperoleh rangkaian pengukuran yang lebih aman.



Gambar 2.33.

Pelaksanaan Pengukuran Arus Bolak-balik Untuk Tegangan Tinggi



Gambar 2.3.3.6

Pelaksanaan Pengukuran Arus Bolak-balik Untuk Arus yang Besar

2.15. Macam-Macam Alat Ukur untuk Keperluan Pemeliharaan

Berdasarkan fungsinya pada kegiatan pemeliharaan alat ukur yang digunakan antara lain:

2.15.1. Meter Tahanan Isolasi

Biasa disebut Meger, untuk mengukur tahanan isolasi instalasi tegangan menengah maupun tegangan rendah. Untuk instalasi tegangan menengah digunakan. Meger dengan batas ukur Mega sampai Giga Ohm dan tegangan alat ukur antara 5.000 Volt sampai dengan 10.000 Volt arus searah.

Untuk instalasi tegangan rendah digunakan Meger dengan batas ukur sampai Mega Ohm dan tegangan alat ukur antara 500 sampai 1.000 Volt arus searah.

Ketelitian hasil ukur dari meger juga ditentukan oleh cukup tegangan baterai yang dipasang pada alat ukur tersebut.

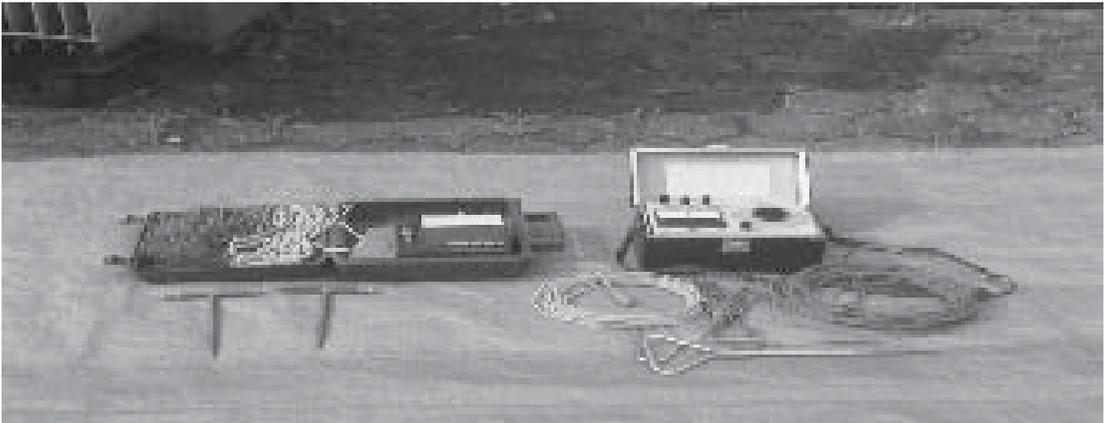


Gambar 2.34 Meter Tahanan Isolasi

2.15.2. Meter Tahanan Pentanahan

Biasa disebut dengan Meger Tanah atau Earth Tester, digunakan untuk mengukur tahanan pentanahan kerangka kubikel dan pentanahan kabel. Terminal alat ukur terdiri dari 3 (tiga) buah, 1 (satu) dihubungkan dengan elektroda yang akan diukur nilai tahanan pentanahannya dan 2

(dua) dihubungkan dengan elektroda bantu yang merupakan bagian dari alat ukurnya. Ketelitian hasil tergantung dari cukupnya energi yang ada pada baterai.



Gambar.2.35 Meter Tahanan Pentanahan

Meter Tahanan Kontak

Biasa disebut dengan Micro Ohm meter dan digunakan untuk mengukur tahanan antara terminal masuk dan terminal keluar pada alat hubung utama kubikel. Nilai yang dihasilkan adalah dalam besaran micro atau sepersatu juta ohm.

Dua terminal alat ukur yang dihubungkan ke terminal masuk dan keluar akan mengalirkan arus searah dengan nilai minimal 200 Amper. Sebenarnya yang terukur pada alat ukurnya adalah jatuh tegangan antara 2 (dua) terminal yang terhubung dengan alat ukur, tetapi kemudian nilainya dikalibrasikan menjadi satuan micro ohm.



Gambar2.36 Micro Ohmmeter.

2.15,3. Tester Tegangan Tinggi Arus Searah (HVDC Test)

Test terhadap bagian yang bertegangan terhadap kerangka/body kubikel dengan tegangan listrik arus searah 40 kV selama 1 menit. Kubikel dinyatakan laik operasi bila arus yang mengalir tidak lebih dari 1 mili amper.



Gambar 2.37
Tester Tegangan Tinggi Arus Searah Tester 20 kV

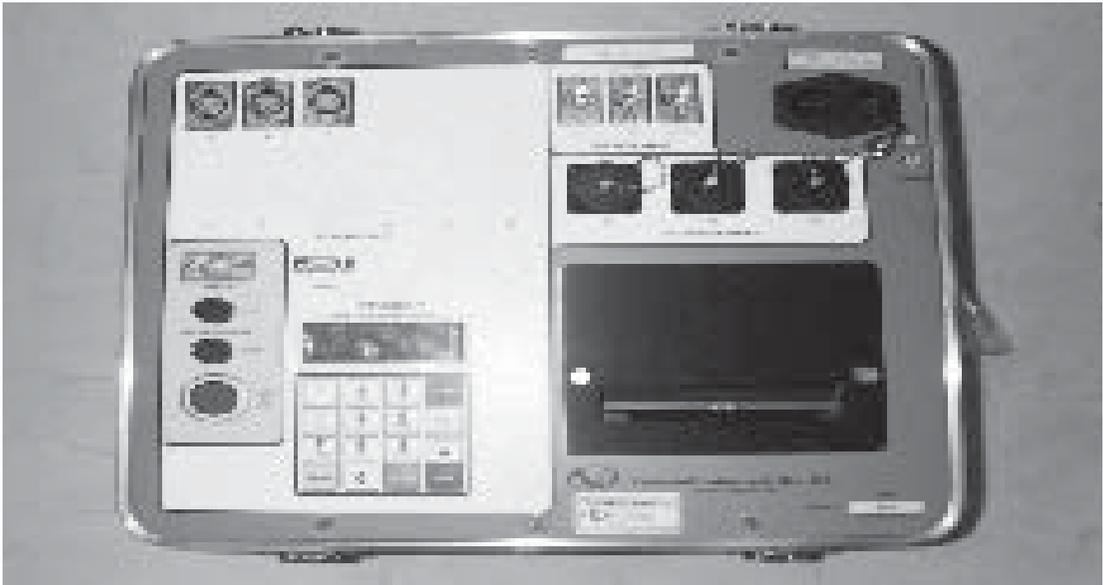
Untuk memeriksa adanya tegangan pada kabel masuk/keluar kubikel



Gambar 2.38 Tester Tegangan Tinggi

Test Keserempakan Kontak Alat Hubung

Alatnya disebut Breaker Analyzer, yaitu untuk mengukur waktu pembukaan atau penutupan kontak ketiga fasa alat hubung.



Gambar 2.39 Breaker Analyzer

2.15.4. Test Tegangan Tembus (Dielectricum Test)

Untuk menguji tegangan tembus minyak isolasi bagi PMT atau LBS yang menggunakan media peredam berupa minyak. Kemampuan alat test minimal sampai 60 kV arus searah dengan arus minimal 1 mA.



Gambar 2.40 Test Tegangan Tembus

Alat ukur mekanik

1. Manometer

Untuk mengukur tekanan gas SF₆ yang berada didalam tabung alat hubung LBS atau PMT. Dapat dilakukan bila disediakan Klep/pentil dan indikator penunjuk tekanan tidak ada.



Gambar 2.41 Manometer