

**PENGUKURAN DAYA, WATTMETER, PENGUKURAN  
DAYA TANPA WATTMETER, TYPE ALAT PENGUKUR  
DAYA**

Dr Ir Dina Maizana MT  
maizanadina@gmail.com

**Mari kita berdoa menurut agama dan  
kepercayaan masing-masing sebelum kelas  
dimulai.**

Doa dimulai...

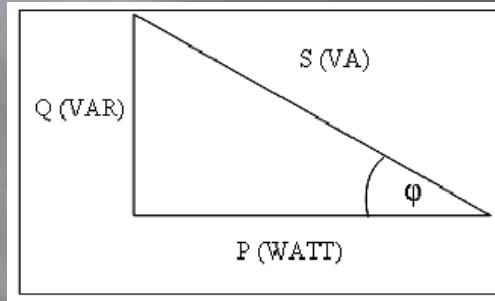


Jadwal	Kandungan	Jam
Minggu-1	Pendahuluan, penyampaian kontrak kuliah, Konsep-konsep pengukuran, Kesalahan-kesalahan pembacaan alat ukur	<p>Rancangan Pembelajaran Semester (RPS) Sem. A ta 2019/20</p> <p>Selasa (9.40-12.10 wib) R. III.3</p> <p>Selasa (19.00-20.30 wib) R. A.II.6</p>
Minggu-2	Satuan pengukuran dan besaran standar listrik, Nilai dan fungsi satuan	
Minggu-3	Besaran listrik, Alat ukur dengan termokopel, besi putar, elektrodinamis, elektrostatik dan induksi.	
Minggu-4	Instrument penunjuk arus searah, Volt Ammeter DC, Prinsip kerja, Cara kerja, Penggunaan alat ukur DC	
Minggu-5	Instrument arus bolak-balik, Voltmeter elektrostatik, Prinsip Kerja, Cara kerja, Penggunaan alat ukur untuk AC	
Minggu-6	Pengukuran daya, Wattmeter, Pengukuran daya tanpa Wattmeter, Type alat pengukur daya	
Minggu-7	Penggunaan jembatan Wheatstone, Prinsip dari jembatan wheatstone, Contoh dari jembatan wheatstone	
Minggu-8	UTS	
Minggu-9	Pengukuran dengan alat ukur oscilloscope	
Minggu-10	Generator sinyal	
Minggu-11	Instrumentasi digital, Alat-alat ukur digital, Voltmeter digital, Frekuensi digital meter.	
Minggu-12	Trafo Instrumentasi, Trafo arus untuk alat ukur, Trafo tegangan alat ukur, Kwh meter.	
Minggu-13	Transduser	
Minggu-14	Konversi Data analog ke digital	
Minggu-15	Sistem data akuisisi	

## CPMK

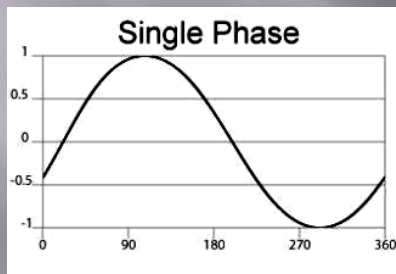
- Mahasiswa mampu menjelaskan Pengukuran daya, Wattmeter, Pengukuran daya tanpa Wattmeter, Type alat pengukur daya

## Segitiga daya



## Pengukuran daya listrik

### DAYA 1FASA



### RUMUS DAYA

- Daya Semu ( $S$ ) dengan rumus :  

$$S = V \times I \rightarrow \text{VA}$$
- Daya Aktif ( $P$ ) dengan rumus :  

$$P = V \times I \times \cos \phi \rightarrow \text{Watt}$$
- Daya Reaktif ( $Q$ ) dengan rumus :  

$$Q = V \times I \times \sin \phi \rightarrow \text{VAR}$$

Yang mana :

$S$  = Daya Semu

$P$  = Daya Aktif

$Q$  = Daya Reaktif

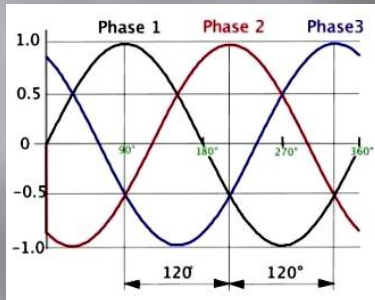
$V$  = Tegangan (Volt)

$I$  = Arus Listrik (Ampere)

$\sqrt{3} = 1,73$

# Pengukuran daya listrik

## DAYA 3FASA



## RUMUS DAYA

- Daya Semu (S) dengan rumus :  

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \rightarrow \text{VA}$$
- Daya Aktif (P) dengan rumus :  

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \rightarrow \text{Watt}$$
- Daya Reaktif (Q) dengan rumus :  

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi \rightarrow \text{VAR}$$

Yang mana :

S = Daya Semu

P = Daya Aktif

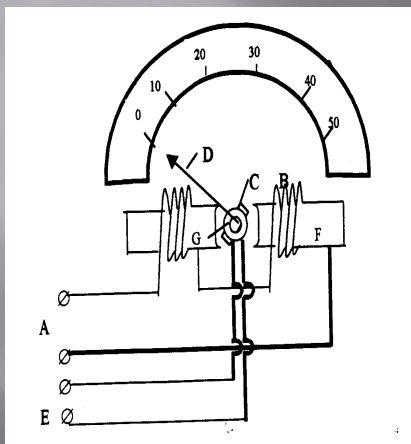
Q = Daya Reaktif

V = Tegangan (Volt)

I = Arus Listrik (Ampere)

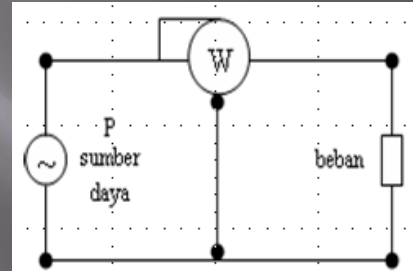
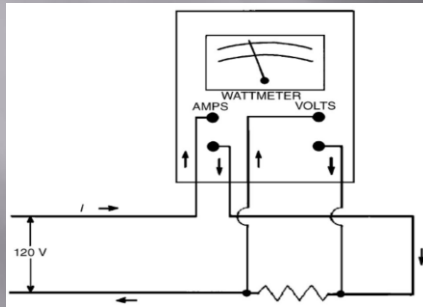
$\sqrt{3} = 1,73$

# Wattmeter (konstruksi)



- A = Klem arus
- B = Kumpan arus
- C = Kumpan tegangan
- D = Jarum penunjuk
- E = Klem tegangan
- F = kern besi lunak untuk memperkuat medan magnet yang di hasilkan oleh arus
- G = pegas atas dan bawah berfungsi selain untuk membatasi putaran jarum (torsi lawan) juga sekaligus sebagai kontak antara ujung<sup>2</sup> kumpan tegangan yang berputar dan klem tegangan sebagai sumber arus listrik dimana alat / peralatan listrik terhubung.

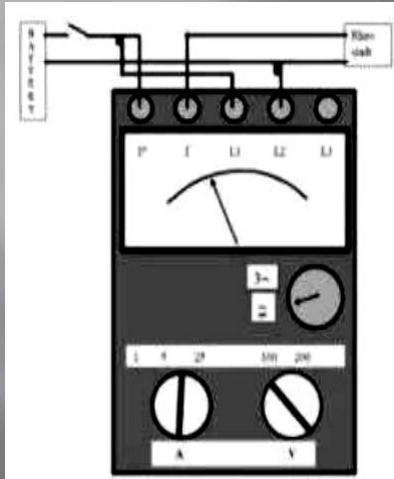
## Pemasangan pada rangkaian



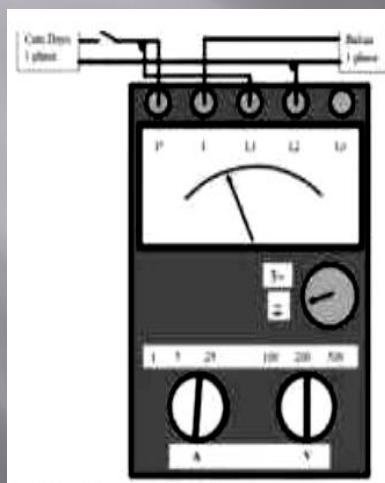
## Prinsip kerja

- Pada wattmeter terdapat kumparan tegangan dan kumparan arus, sehingga besarnya medan magnet yang ditimbulkan sangat tergantung pada besarnya arus yang mengalir melalui kumparan arus tersebut.
- Bila arus yang mengalir dalam kumparan makin besar, maka medan magnet yang ditimbulkan oleh kumparan arus makin besar, sehingga gaya tolak yang menyebabkan kumparan tegangan / jarum berputar ke kanan makin lebar.
- Pada rangk. AC, simpangan jarum penunjuk sebanding dengan rata-rata arus dan tegangan sesaat.
- Wattmeter AD dan DC dapat mengalami kerusakan oleh adanya arus yang berlebihan..
- Dimana arus yang berlebihan dapat menimbulkan panas tetapi jarum penunjuk tidak melebihi batas skala.

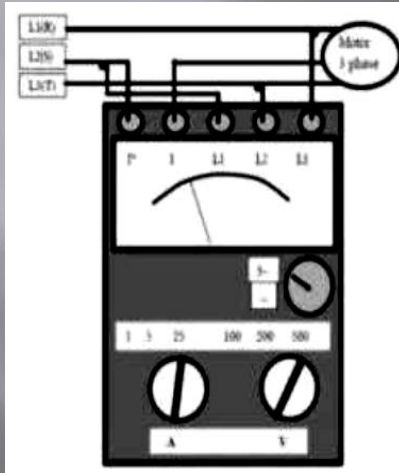
## Pengukuran daya arus searah



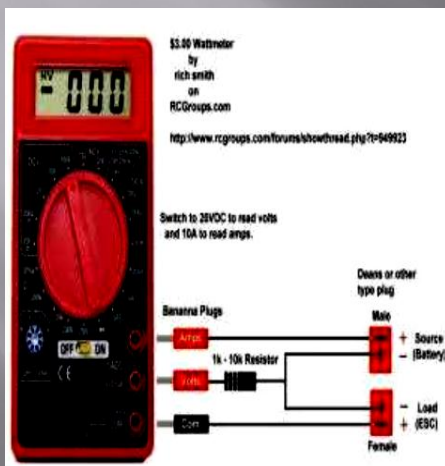
## Pengukuran daya arus bolak balik 1 fasa



## Pengukuran daya arus bolak balik 3 fasa

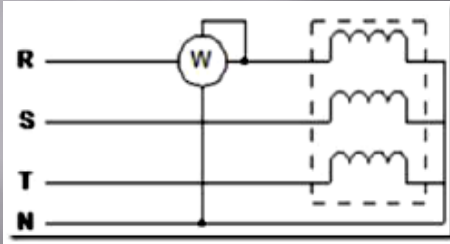


## Wattmeter digital (cara pemakaian)



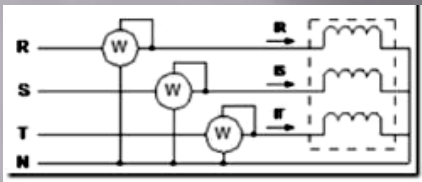
1. Masukkan Kabel Power sumber (In Put) pada terminal WATT & 10 A, sesuai petunjuk meter digital yang bertuliskan "POWER SOURCE"
2. Masukkan kabel beban (Out Put) pada terminal COM & V, sesuai petunjuk pada wattmeter yang bertuliskan "LOAD"
3. Setelah kabel In Put digital dan Out put terpasang, hidupkan wattmeter dengan menggeser tombol pada posisi "ON"
4. Tekan tombol pilihan watt 1 (2000W) atau watt 2 (6000W - x 10 W) tergantung dari beban yang akan diukur.
5. Apabila pada layar tidak tertulis NOL maka perlu disetting Watt Zero Adjust agar tampilan pada layar bernilai nol.
6. Maukkan kabel In Put pada stop kontak agar beban dapat bekerja
7. Lihat tampilan pada layar, apabila menggunakan batas ukur dengan watt 1 (200W) maka tampilan pada layar merupakan hasil pengukuran daya pada beban.
8. Apabila menggunakan batas ukur watt 2 (6000W), maka hasil pada layar dikapabila sudah selesai dengan pengukuran daya, matikan wattmeter digital dengan menggeser tombol pada posisi "OFF"

## Pengukuran daya 3fasa dengan 1 wattmeter



- Jika beban 3 fasa dalam keadaan seimbang (simetris)
- Arus yang mengalir pada setiap fasa sama, maka daya yang dipikul setiap fasa fasanya sama.
- Daya total = 3 x daya masing2 fasa

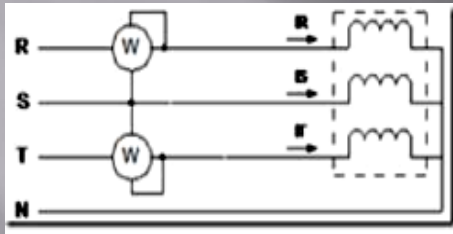
## Pengukuran daya 3fasa dengan 3 wattmeter



- Jika beban 3 fasa dalam keadaan tidak seimbang
- Arus yang mengalir pada setiap fasa tidak sama, maka daya yang dipikul setiap fasa fasanya tidak sama.
- Daya total = penjumlahan daya masing2 fasa



## Pengukuran daya 3 fasa dengan 2 wattmeter

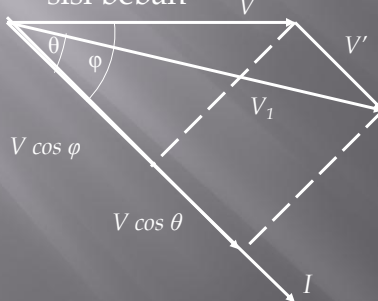


- Jika beban 3 fasa dalam keadaan tidak seimbang (asimetris)
- Saluran netral tidak digunakan.
- Daya total = penjumlahan daya masing2 fasa

## Analisis error pada wattmeter

- Error kerana letak kumparan arus dan kumparan tegangan (resistansi  $r$  dan  $R_p$ ):

1. Kumparan arus pada sisi beban



- Vektor  $V_1 = V + V'$
- dan  $V' = I \cdot R$
- Pembacaan meter :
- $V_1 \cdot I \cos \theta = (V \cos \phi + V') I$
- $= V I \cos \phi + V' I$
- Pemb. Meter = daya beban +  $I^2 r$
- Jadi bila kumparan arus diletakkan pada sisi beban maka:
- $P_m = P_b + I^2 \cdot r$
- $P_m$  = pembacaan meter.
- $P_b$  = daya beban.

## Analisis error pada wattmeter

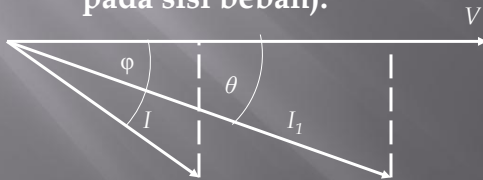
- Error karena letak kumparan arus dan kumparan tegangan (resistansi  $r$  dan  $R_p$ ):

2. Kumparan arus pada sisi sumber.  
(Kumparan tegangan pada sisi beban).

Pembacaan daya oleh wattmeter adalah daya beban + rugi<sup>2</sup> daya pd kump. tegangan

$$P \text{ beban} = V I \cos \varphi \quad \text{dan}$$

$$P \text{ meter} = P \text{ beban} + V^2 / R_p$$



## Latihan

Sebuah wattmeter tipe dinamometer 240 V, 10A, 50 Hz, mempunyai resistansi kumparan arus  $r = 0,9\Omega$ . Sedangkan resistansi kumparan  $R_p = 10.000\Omega$ , PF = 0,8 lagging dan arus beban 4A. Bila tegangan kerja adalah 220 V, hitunglah % error akibat resistansi resistansi:

- a. Kumparan tegangan di hubungkan pada sisi beban, dan
- b. Kumparan arus di hubungkan pd sisi beban

□ Daya beban

$$P = V I \cos \varphi = 220 \times 4 \times 0,8 = 704 \text{ watt.}$$

□ Rugi daya pada resistansi kumparan tegangan adalah;

$$V^2 / R_p = 220^2 / 10.000 = 48.400 / 10.000 = 4,84 \text{ watt.}$$

$$P_{\text{meter}} (P_m) = 704 + 4,84 = 708,84 \text{ watt.}$$

$$\% \text{ error} = (4,84 / 708,84) \times 100 \% = 0,68 \%$$

□ Rugi daya pada resistansi kumparan arus:

$$I^2 \times r = 4^2 \times 0,9 = 14,4 \text{ watt.}$$

$$P_m = 704 + 14,4 = 718,4 \text{ watt}$$

$$\% \text{ error} = (14,4 / 718,4) \times 100 \% = 2 \%$$

## Analisis error pada wattmeter

### □ Error akibat Induktor kumparan tegangan

Pada kumparan tegangan  $\text{tg } \alpha = X_L / R_p$  atau  
 $\text{Cos } \alpha = R_p / Z_p$

bila:  $P_b$  = daya beban dan

$P_m$  = daya pembacaan meter

Maka Faktor koreksi =  $P_b / P_m$

Faktor koreksi =  $\text{Cos } \varphi / \text{Cos } (\varphi - \alpha)$ .

$P_b = P_m \{ \text{Cos } \varphi / \text{Cos } (\varphi - \alpha) \}$

Error =  $P_m - P_b$

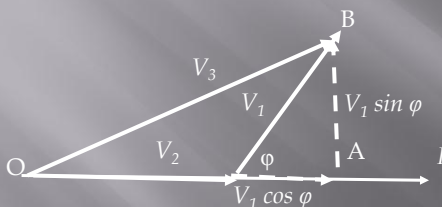
=  $P_m - \{ \text{Cos } \varphi / \text{Cos } (\varphi - \alpha) \} P_m$

Error =  $P_m \{ (\text{Sin } \alpha) / (\text{Cotg } \varphi - \text{Sin } \alpha) \}$

% error =  $\text{Sin } \alpha / \{ \text{Cotg } \varphi - \text{Sin } \alpha \} \times 100 \%$

## Pengukuran daya tanpa Wattmeter

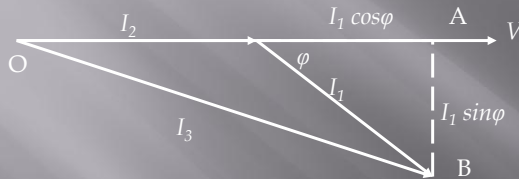
### METODA 3 VOLTMETER



- Daya beban:  $P = V_1 \cdot I \cdot \text{Cos } \varphi$
- $V_1$  mengukur tegangan pada beban  $Z$  dimana  $V_1 = I \cdot Z = I \cdot \sqrt{R_L^2 + X^2}$
- $V_2$  mengukur tegangan pada tahanan murni  $R$  dimana  $V_2$  sefasa  $I$ , oleh karenanya  $V_2 = I R$
- $V_3$  mengukur tegangan droop pd kombinasi beban  $Z$  dan tahanan murni  $R$ .
- Perhatikan  $\Delta OAB$ :  $V_3^2 = (V_2 + V_1 \text{Cos } \varphi)^2 + (V_1 \text{Sin } \varphi)^2$
- Penyelesaian persamaan tersebut menghasilkan:  
 $P = (V_3^2 - V_2^2 - V_1^2) / 2.R$

## Pengukuran daya tanpa Wattmeter

### METODA 3 AMPEREMETER



- Daya beban :  $P = V_1 \cdot I \cdot \cos \phi$
- $I_1$  mengukur arus pada beban  $Z$  dimana  $I_1 = V/Z = V/\sqrt{R_L^2 + X^2}$
- $I_2$  mengukur arus yang lewat pada tahanan murni  $R$  dimana  $I_2$  sefasa  $V$ , oleh karena itu  $I_2 = V/R$
- $I_3$  mengukur arus pd kombinasi beban  $Z$  dan tahanan murni  $R$ .
- Perhatikan  $\Delta OAB$  :  $I_3^2 = (I_2 + I_1 \cos \phi)^2 + (I_1 \sin \phi)^2$
- Penyelesaian persamaan tersebut menghasilkan :  

$$P = R(I_3^2 - I_2^2 - I_1^2) / 2$$

## Latihan

1. Dari pengukuran daya dengan metoda 3 volt meter diperoleh data sbb:

Tegangan drop pada kombinasi  $Z$  dan  $R$  adalah 184 V, tegangan pada tahanan non induktif ( $R = 8 \Omega$ ) adalah 90 V dan tegangan drop pada beban adalah 105 V.

Hitunglah :

- a. Daya yang didisipasi oleh beban.
- b. Reaktansi dan tahanan efektif pd beban.

- a.  $V_1 = 105 \text{ V}$  ;  $V_2 = 90 \text{ V}$  ; dan  $V_3 = 184 \text{ V}$ .

Daya yang diserap beban :

$$P = \frac{(V_3^2 - V_2^2 - V_1^2)/2}{R} = \frac{184^2 - 105^2 - 90^2}{2 \times 8} = (14731) / 16 = 920,69 \text{ Watt.}$$

- b. Arus rangkaian  $I = V_2 / R = 90 / 8 = 11,25 \text{ A}$

jika  $R'$  adalah tahanan efektif pada beban, maka:

$$I^2 \cdot R' = P, \text{ jadi } 11,25^2 \cdot R' = 920,69$$

$$R' = 920,69 / 126,56 = 7,27 \Omega$$

$$\text{Beban } Z = V_1 / I = 105 / 11,25 = 9,33 \Omega$$

$$X = \sqrt{Z^2 - R'^2} = \sqrt{9,33^2 - (7,27)^2} = \sqrt{33,94}$$

$$\text{Jadi } X = 5,82 \Omega$$

## Latihan

2. Pengukuran daya dengan metoda 3 Amperemeter diperoleh data sbb:

Arus pada tahanan non induktif

$$I_2 = 2,5 \text{ A}$$

Arus pada beban

$$I_1 = 4 \text{ A, dan}$$

arus utama

$$I_3 = 5,6 \text{ A.}$$

Bila tegangan terminal adalah 300V,

Hitunglah :

- Daya yang diserap oleh beban
- Tahanan non induktif.
- Impedansi beban.
- Power faktor.

b. Tahanan non induktif:

$$R = V/I_2 = 300/2,5 = 120 \Omega$$

c.  $Z = V/I_1 = 300/4 = 75 \Omega$

a. Daya yang diserap beban

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{2} R (I_3^2 - I_2^2 - I_1^2) \\ &= \frac{1}{2} 120 (5,6^2 - 4^2 - 2,5^2) \\ &= 546,6 \text{ Watt.} \end{aligned}$$

d. Power faktor ;

$$\cos \phi = \text{Watt/VA} = 546,6 / (300 \times 4)$$

$$\cos \phi = 0,46$$

## Macam Wattmeter

- ❑ Wattmeter elektrodinamik/analog
- ❑ Kedua kumparannya dihubungkan dengan rangkaian yang berbeda dalam pengukuran daya.. Kumparan tetap (medan) dihubungkan secara seri dengan rangkaian, kumparan bergerak dihubungkan paralel dengan tegangan dan membawa arus yang proporsional dengan tegangan. Sebuah tahanan non-induktif dihubungkan secara seri dengan kumparan bergerak supaya dapat membatasi arus menuju nilai yang kecil. Dapat dipakai pada suplai listrik AC maupun DC.
- ❑ Wattmeter induksi
- ❑ Mempunyai skala besar, bebas pengaruh medan liar, mempunyai peredaman bagus, hanya dipakai pada suplai listrik AC

Thank you for coming

