

LABORATORIUM
TEGANGAN TINGGI DAN PENGUKURAN LISTRIK



MODUL PRAKTIKUM
PENGUKURAN BESARAN LISTRIK



Laboratorium
Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik
Universitas Indonesia

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA

2016



MODUL 1

BRIEFING PRAKTIKUM

Briefing praktikum dilaksanakan hari Senin 22 Februari pukul 16.00 - selesai di Auditorium MRPQ (Gedung Quantum lantai 4). Seluruh praktikan wajib hadir karena briefing termasuk dalam komponen penilaian.

MODUL 2

PENGUKURAN IMPEDANSI

I. TUJUAN

1. Mengetahui alat ukur LCR Meter dan fungsinya
2. Mengetahui konstruksi dan cara kerja LCR Meter

II. DASAR TEORI

LCR meter adalah alat ukur elektronika untuk mengukur nilai resistansi, induktansi, dan kapasitansi. Penggunaannya tergolong tidak sulit karena sekarang sudah ada LCR meter yang berbentuk digital sehingga memudahkan pemakai dalam menggunakannya. Berikut ini kami paparkan sedikit tentang resistor, induktor dan kapasitor.

Resistor adalah suatu komponen elektronika yang berfungsi untuk mengatur serta menghambat listrik. Digunakan juga untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam suatu rangkaian. Sesuai dengan namanya resistor bersifat resistif dan umumnya terbuat dari karbon. Satuan resistansi dari sebuah resistor disebut Ohm atau dilambangkan dengan simbol (Ω). Tipe resistor umumnya berbentuk tabung dengan dua kaki tembaga di kiri dan di kanan. Pada badannya terdapat lingkaran membentuk gelang kode warna untuk memudahkan pemakai mengenali besar resistansi tanpa mengukur besarnya dengan alat ukur (contoh: ohm meter).



Gambar 1. Jenis - jenis resistor

Induktor biasanya dilambang dengan L. Biasanya berbentuk lilitan, tapi juga memiliki berbagai jenis lainnya. Induktor atau kumparan adalah salah satu komponen pasif elektronika yang tersusun dari lilitan kawat dan bias menyimpan energy dalam bentuk medan magnet. Henry disebut satuan induktansi dimana (h=henry, mh=mili henry, μ h=mikro henry, nh=nano henry) dengan notasi penulisan huruf l. Suatu induktor disebut ideal jika mempunyai induktansi, namun tanpa resistansi atau kapasitansi, dan tidak memboroskan energi.



Gambar 2. Jenis – jenis induktor

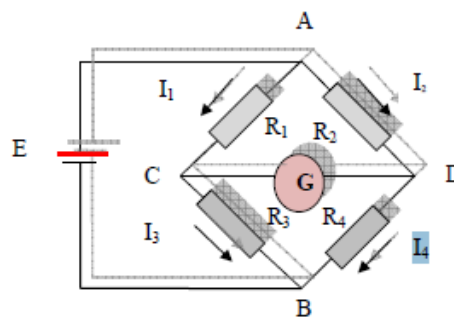
Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik dalam waktu tertentu. Pengertian kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan arus listrik di dalam medan listrik sampai batas waktu tertentu dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan arus listrik. Kapasitor ditemukan pertama kali oleh Michael Faraday (1791-1867). Satuan kapasitansi disebut Farad (F). Satu Farad = $9 \times 10^{11} \text{ cm}^2$.



Gambar 3. Jenis – jenis kapasitor

LCR Meter adalah bagian dari alat uji elektronik yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi (L), kapasitansi (C) dan resistansi (R) dari komponen. Dalam versi sederhana dari alat ini nilai-nilai sebenarnya dari jumlah ini tidak diukur; agar impedansi diukur secara internal dan dikonversi untuk ditampilkan ke kapasitansi yang sesuai atau nilai induktansi. Bacaan akan cukup akurat jika kapasitor atau induktor perangkat yang diuji tidak memiliki komponen resistif signifikan impedansi. Lebih maju desain ukuran induktansi benar atau kapasitansi, dan juga resistansi setara seri kapasitor dan faktor Q dari komponen induktif.

Prinsip dasar pengukuran resistor dengan LCR-740 Bridge adalah Jembatan WHEATSTONE. Jembatan wheatstone mempunyai empat lengan tahanan, sebuah sumber ggl dan sebuah detector nol yang biasanya berupa galvanometer. Jembatan wheatstone dikatakan setimbang apabila beda tegangan pada galvanometer adalah nol volt, berarti disini tidak ada arus yang mengalir melalui galvanometer. Gambar 3 – I Jembatan Wheatstone ini terjadi apabila tegangan C ke A sama dengan tegangan dari D ke A, atau jika tegangan dari C ke B sama dengan tegangan dari D ke B. Dalam hal ini dapat dituliskan:



Gambar 4. Jembatan Wheatstone

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 \dots\dots\dots (1-1)$$

Jika arus galvanometer menunjuk nol, maka :

$$I_1 = I_3 = \frac{E}{R_1 + R_3} \dots\dots\dots (1-2)$$



$$I_2 = I_4 = \frac{E}{R_2 + R_4} \dots\dots\dots (1 - 3)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (1 - 1) , (1 - 2) dan (1 - 3) ,
maka didapatkan :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{E/(R_1 + R_3)}{E/(R_2 + R_4)}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2 + R_4}{R_1 + R_3}$$

$$I_1(R_1 + R_3) = I_2(R_2 + R_4)$$

Jika I2 dari persamaan (1 -1) dimasukam, didapatkan :

$$I_1(R_1 + R_3) = \frac{I_1 R_1}{R_2} * (R_2 + R_4)$$

$$I_1 R_1 + I_1 R_3 = I_1 R_1 + \frac{I_1 R_1 R_4}{R_2}$$

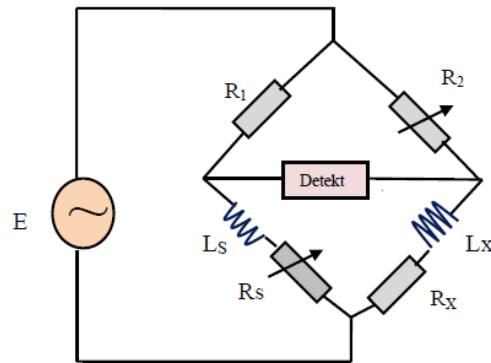
$$I_1 R_2 R_3 = I_1 R_1 R_4$$

$$R_2 R_3 = R_1 R_4 \dots\dots\dots (1 - 4)$$

Persamaan 1 - 4 merupakan bentuk kesetimbangan jembatan Weatstone. Apabila ketiga tahanan tersebut diketahui dan salah satu dari tahanannya tidak diketahui misal $R_4 = R_X$, maka :

$$R_X = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

Secara prinsip jembatan arus bolak-balik dapat digunakan untuk mengukur induktansi yang tidak diketahui dengan membandingkan terhadap sebuah induktor standar yang diketahui. *Gambar 2* menggambarkan jembatan pembanding induktansi; R1 dan R2 adalah lengan-lengan pembanding, sedang lengan standar adalah LS seri dengan RS, yang mana LS adalah induktor standar kualitas tinggi dan RS adalah tahanan variabel. Lx adalah induktansi yang belum diketahui dan Rx adalah tahanannya.



Gambar 5. Jembatan Pembanding Induktansi

Apabila lengan-lengan dari jembatan pembanding induktansi dinyatakan dalam bentuk kompleks, maka :

$$Z_1 = R_1 \quad Z_3 = R_S + j\omega L_S$$

$$Z_2 = R_2 \quad Z_4 = R_x + j\omega L_x$$

Dalam setimbang, maka :

$$Z_1 * Z_4 = Z_2 * Z_3$$

$$R_1(R_x + j\omega L_x) = R_2(R_S + j\omega L_S)$$

$$R_1R_x + R_1j\omega L_x = R_2R_S + R_2j\omega L_S \dots \dots \dots (1 - 5)$$

Dua bilangan kompleks adalah sama, apabila bagian-bagian nyata dan bagian-bagian khayalnya adalah sama. Dengan menyamakan bagian-bagian nyata dari persamaan (1 - 5), maka :

$$R_1R_x = R_2R_S$$

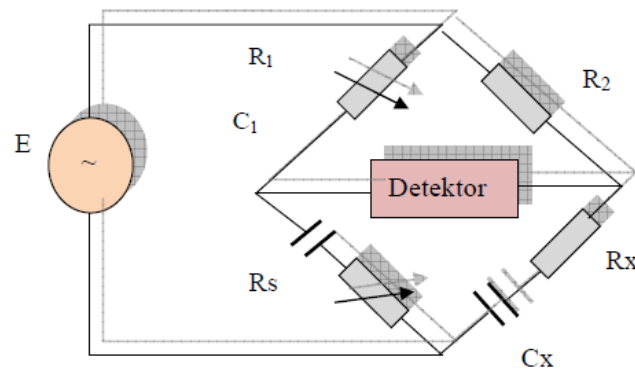
$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_S$$

Sedangkan bagian-bagian khayalnya :

$$R_1j\omega L_x = R_2j\omega L_S$$

$$L_x = \frac{R_2}{R_1} L_S$$

Prinsip yang digunakan dalam pengukuran kapasitansi adalah Jembatan Pembanding Kapasitansi. Pada dasarnya jembatan pembanding kapasitansi juga hampir sama dengan Jembatan pembanding induktansi. *Gambar 3* menggambarkan jembatan pembanding kapasitansi. R_1 dan R_2 sebagai lengan – lengan pembanding, sedang lengan standar adalah C_s (kapasitor kualitas tinggi) yang diseri dengan R_s (tahanan variable). C_x adalah kapasitansi yang belum diketahui harganya dan R_x adalah tahanan kebocoran kapasitor.



Gambar 6. Jembatan Pembanding Kapasitansi

Apabila lengan-lengan dari jembatan pembanding induktansi dinyatakan dalam bentuk kompleks, maka :

$$Z_1 = R_1 \quad Z_3 = R_S - J/wC_S$$

$$Z_2 = R_2 \quad Z_4 = R_x + J/wC_x$$

Dalam setimbang, maka :

$$Z_1 * Z_4 = Z_2 * Z_3$$

$$R_1 \left(R_x - \frac{J}{wC_x} \right) = R_2 (R_S - J/wC_S)$$

$$R_1 R_x - R_1 \frac{J}{wC_x} = R_2 R_S - R_2 J/wC_S \dots \dots \dots (1 - 6)$$



Sama dengan jembatan pembanding induktansi, dua bilangan kompleks adalah sama bila bagian-bagian nyata dan bagian-bagian khayalnya adalah sama. Dengan menyamakan bagian-bagian nyata dari persamaan seperti di atas, maka didapatkan :

$$R_1 R_x = R_2 R_S$$

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

Sedangkan bagian-bagian khayalnya :

$$R_1 J / \omega C_x = R_2 J / \omega C_S$$

$$C_x = \frac{R_1}{R_2} C_S$$

III. PERALATAN PERCOBAAN

1. LCR Meter
2. Resistor Variabel
3. Induktor Variabel
4. Kapasitor Variabel

IV. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Siapkan peralatan yang akan digunakan.
2. Siapkan komponen-komponen yang akan diukur.
3. Hitunglah secara manual komponen-komponen tersebut.
4. Kemudian ukur komponen-komponen tersebut dengan menggunakan RLC Meter.
5. Catatlah hasil pengukuran tersebut.
6. Hitunglah impedansi total dari tiap-tiap beban.
7. Carilah besar factor daya dari impedansi beban yang terukur dari LCR Meter dan besar factor daya dari impedansi beban yang tertera pada variabel bebannya.
8. Bandingkan besar factor daya antara besar beban yang terukur dari LCR Meter dan besar beban yang tertera pada variabel bebannya.

MODUL 3

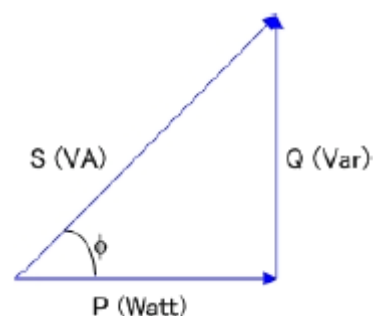
PENGUKURAN DAYA 1 FASA

I. TUJUAN

1. Mengetahui dan memahami karakteristik hasil pengukuran daya dan faktor daya pada rangkaian arus bolak-balik dengan berbagai jenis beban
2. Mengetahui prinsip kerja alat ukur wattmeter fasa tunggal, cos phi meter, amperemeter dan voltmeter
3. Memahami mengapa ada variasi jenis daya pada rangkaian sistem AC
4. Mengetahui pemakaian daya suatu lampu pijar, dan membandingkannya dengan besar daya yang tertera pada kemasan

II. DASAR TEORI

Daya dalam ilmu elektro dapat didefinisikan sebagai banyaknya energi listrik yang ditransfer pada suatu rangkaian listrik dalam satu satuan waktu (energi per waktu). Berbeda dengan rangkaian arus searah, pada rangkaian arus bolak-balik terdapat 3 jenis daya antara lain daya nyata (*True Power*), daya reaktif (*Reactive Power*), serta daya semu (*Apparent Power*). Ketiga jenis daya ini memiliki relasi erat yang biasa digambarkan sebagai suatu segitiga, yaitu segitiga daya.



Gambar 1. Segitiga daya

Perbedaan jenis-jenis daya pada rangkaian ac ini disebabkan oleh karena perbedaan sifat impedansi komponen induktif dan kapasitif. Pada rangkaian AC,



komponen induktif dan kapasitif memiliki nilai impedansi tertentu karena adanya frekuensi. Komponen induktif dan kapasitif ini pula yang dapat membuat lagging maupun leading arus terhadap tegangan, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi hasil perkalian tegangan dan arus, sehingga muncul 3 jenis daya yang ada pada rangkaian AC.

Bentuk sudut sebuah segitiga daya ditentukan oleh jenis beban yang ada pada rangkaian, entah itu beban resistif, induktif, kapasitif, maupun kombinasi. Resultan dari beban-beban ini biasa disebut dengan istilah impedansi, dan impedansi ini memiliki karakteristik gabungan dari karakteristik beban penyusunnya. Karakteristik beban yang dimaksud adalah jenis daya yang diserapnya, serta sifat arus dan tegangannya (apakah leading / lagging). Penggunaan beban induktif /kapasitif dapat mempengaruhi posisi arus terhadap tegangan, yang besar perbedaannya biasa dilambangkan dengan simbol phi, dan besar $\cos \phi$ ini yang biasa disebut dengan sebutan faktor daya. Besarnya faktor daya ini merupakan perbandingan antara daya aktif dengan daya semu.

$$\cos \phi = \frac{P}{S}$$

Sehingga dengan meninjau adanya pergeseran sudut antara arus dengan tegangan, maka rumus daya dapat dinyatakan sebagai

$$S = V \times I^* = P + Jq$$

Dengan :

$S \rightarrow$ dalam satuan Volt-Ampere, daya semu

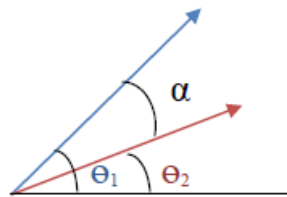
$P \rightarrow$ dalam satuan Watt, daya nyata

$Q \rightarrow$ dalam satuan VAR, daya reaktif

$V \rightarrow$ dalam satuan Volt, tegangan

$I^* \rightarrow$ dalam satuan Ampere, arus

Perhatikan bahwa pada simbol arus terdapat simbol (*). Simbol ini menyatakan bahwa nilai arus yang dipakai merupakan sebuah operasi matematika konjugasi. Persamaan ini menyatakan bahwa sudut yang terbentuk antara tegangan dan arus merupakan pengurangan antara sudut yang dibentuk oleh tegangan dengan sudut yang dibentuk oleh arus tersebut. Berikut ilustrasinya.



Gambar 2. Ilustrasi hubungan sudut tegangan dengan arus

Dengan :

$$\alpha = \theta_1 - \theta_2$$

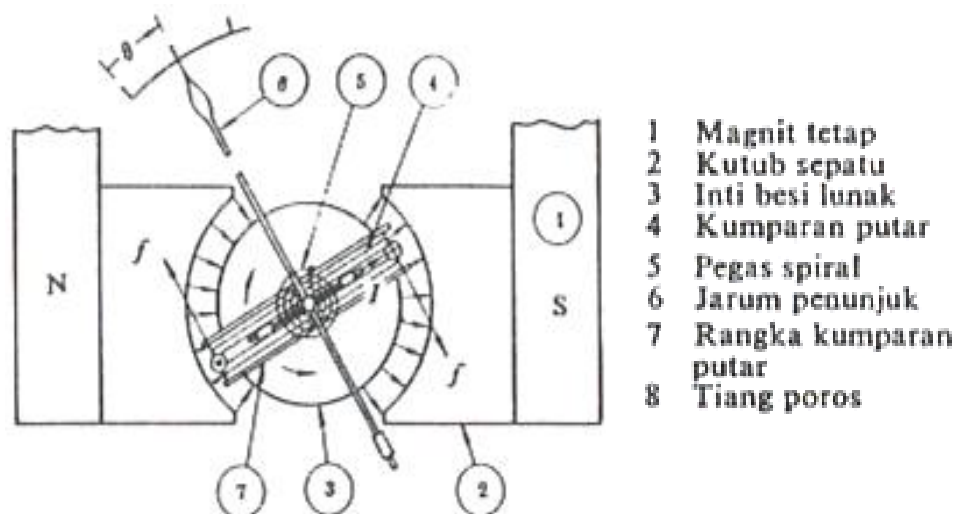
$$S = V \times I^* = V \angle \theta_1 \times I \angle -\theta_2$$

$$S = V \times I \angle \theta_1 - \theta_2$$

Pada praktikum ini, untuk pengukuran nilai arus, tegangan, daya, maupun faktor daya digunakan alat ukur analog. Alat ukur analog pada umumnya memiliki kesamaan yaitu sama-sama terdiri dari kumparan tetap dan berputar yang dikalibrasi sehingga pergerakan jarum penunjuk sesuai dengan besaran yang terbaca. Ada beberapa jenis konstruksi alat ukur analog, antara lain:

a. Tipe Moving Coil

Cara kerja moving coil ialah dengan menggunakan 2 magnet permanen yang akan menginduksi kumparan yang dialiri arus yang tersambung dengan penunjuk. Semakin besar induksi yang terjadi, kumparan akan berputar hingga penunjuk mengenai damper. Moving Coil menggunakan prinsip gaya Lorentz.

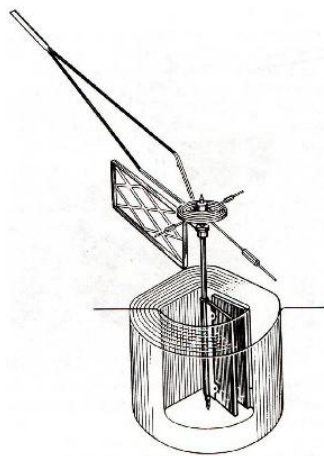


Gambar 3. Konstruksi Tipe Moving Coil

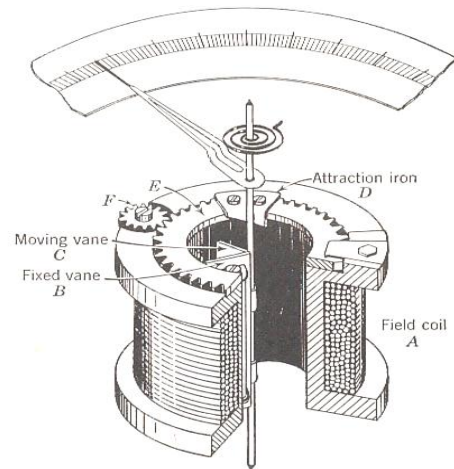
b. Tipe Moving Iron

Menggunakan dua besi lunak yang satu dipasang pada kumparan dan yang lainnya dihubungkan dengan penunjuk. Saat kumparan dialiri arus akan timbul medan elektromagnetis sehingga kedua besi tersebut akan bersifat medan permanen

- Attraction type: pasangan besi akan mempunyai kutub yang beda saat berhadapan.
- Repulsion type : pasangan besi akan mempunyai sepasang kutub yang sama saat berhadapan.



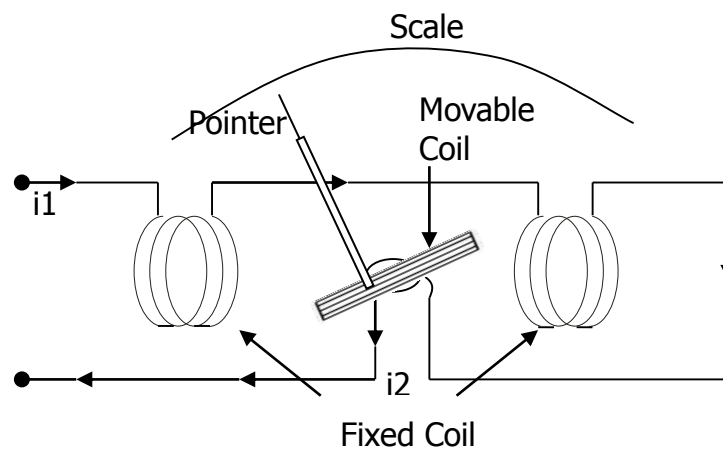
Gambar 4. Repulsion type



Gambar 5. Attraction type

c. Tipe Elektrodinamis

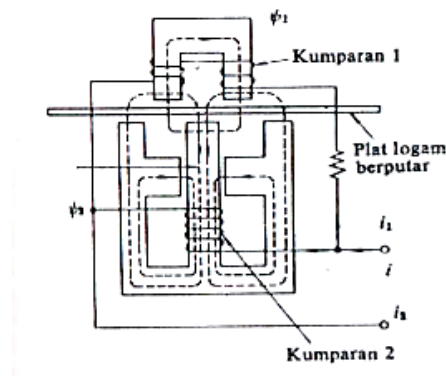
Cara kerjanya mirip dengan moving coil hanya saja magnet permanen pada moving coil diganti dengan kumparan yang dialiri arus.



Gambar 6. Konstruksi Tipe Elektrodinamis

d. Tipe Induksi

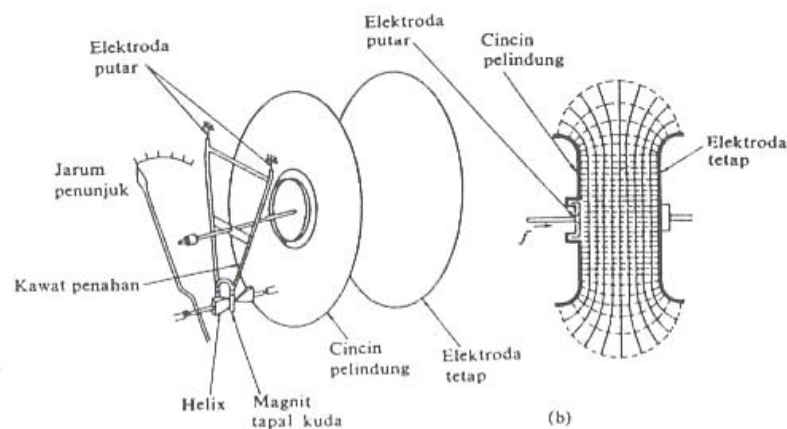
Bila kumparan induksi dilalui arus, maka akan timbul medan magnet bolak-balik. Medan magnet ini akan menimbulkan arus putar pada piringan logam. Dan arus pusar pada logam ini akan membangkitkan pula medan magnet sehingga interaksi dengan medan magnet dari kumparan iniduksi menimbulkan momen putar/ momen gerak pada piringan logam.



Gambar 7. Konstruksi Tipe Induksi

e. Tipe Elektrostatis

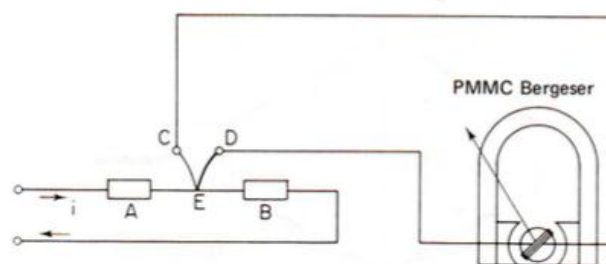
Terdapat dua buah piringan berbentuk setengah lingkaran yang dipasang secara sejajar, dimana salah satu piringan diam. Kedua piringan ini dihubungkan dengan poros. Piringan yang bergerak dipasang penunjuk, Kedua piringan ini lalu dialiri arus sehingga terdapat muatan listrik dan menimbulkan medan elektrostatis yang bekerja berdasarkan hokum coulomb. Plat yang akan bergerak disebabkan karena gaya yang bekerja pada kedua plat yang berbeda potensial.



Gambar 8. Konstruksi Tipe Elektrostatis

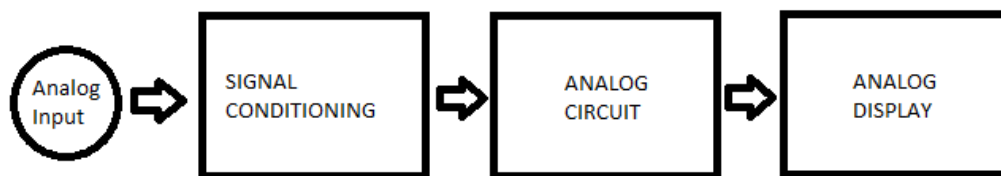
f. Tipe Thermocouple

Dua buah konduktor yang berbeda dibuat dengan menyatukan ujungnya dan memisahkan ujung yang lain. Ujung yang menyatu akan mengkonversi energi panas yang diterima dan mengalirkannya keujung yang lain. Karena adanya perbedaan jenis konduktor, terdapat beda potensial pada ujung konduktor. Biasanya tipe ini dikombinasikan dengan tipe moving coil dengan mengganti sumbernya dari energi panas.



Gambar 9. Konstruksi Tipe Thermocouple

Proses pengukuran pada alat ukur analog dapat dilihat pada bagan dibawah ini:

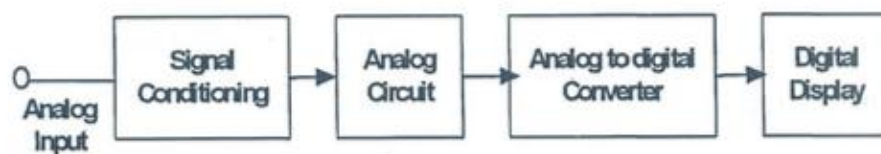


Gambar 10. Proses pengukuran pada alat ukur analog

Sementara untuk alat ukur digital, alat ukur jenis digital dapat dibagi terlebih dahulu kedalam 2 jenis, yaitu:

a. Alat ukur pembacaan digital (*Digital Readout Instrument*)

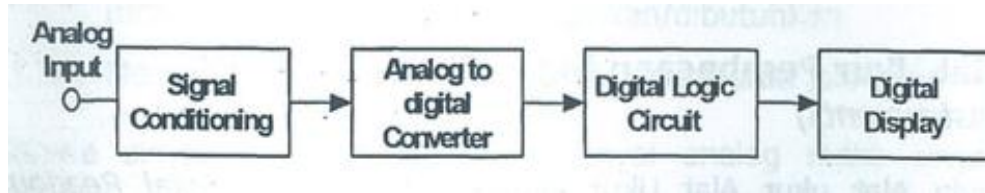
Alat ukur pembacaan digital sebenarnya merupakan alat ukur analog, yaitu proses pengukurannya tetap menggunakan rangkaian analog, namun pembacaannya tidak menggunakan pembacaan dengan jarum, melainkan pembacaan secara digital.



Gambar 11. Proses pengukuran pada alat ukur pembacaan digital

b. Alat ukur digital (*Digital Instrument*)

Alat ukur digital adalah alat ukur yang sepenuhnya mengandalkan ADC dan mikroprosesor dalam proses sampling data hingga pembacaannya.

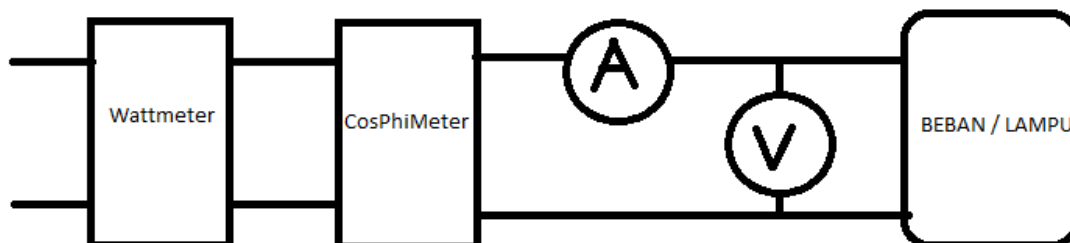


Gambar 12. Proses pengukuran pada alat ukur digital

III. PERALATAN PERCOBAAN

1. Amperemeter AC
2. Voltmeter AC
3. Wattmeter fasa tunggal
4. Cos phi meter
5. Beban resistif
6. Beban induktif
7. Beban kapasitif
8. Lampu pijar 1 buah
9. Lampu TL 1 buah
10. Kabel

IV. RANGKAIAN PERCOBAAN



Gambar 13. Rangkaian Percobaan

*untuk konfigurasi wiring wattmeter dan cosphimeter dapat dibaca pada alat ukurnya.



V. PROSEDUR PERCOBAAN

A. Mengukur daya dan faktor daya berbagai jenis beban

1. Menyusun rangkaian percobaan seperti pada gambar 10
2. Merangkai wattmeter dan cosphi meter sesuai dengan panduan yang sudah tertera pada alat ukur
3. Menyusun kombinasi beban
4. Menyalakan saklar sumber
5. Mengukur dan mencatat pembacaan pada voltmeter, amperemeter, cos phi meter, serta wattmeter
6. Mengulangi langkah ke 3 hingga 6 dengan variasi beban yang berbeda

B. Mengukur nilai daya lampu pijar dan lampu TL

1. Menyusun rangkaian percobaan seperti pada gambar 10
2. Merangkai wattmeter dan cos phi meter sesuai dengan panduan yang sudah tertera pada alat ukur
3. Mengganti beban dengan lampu pijar
4. Menyalakan saklar sumber
5. Mengukur dan mencatat pembacaan pada voltmeter, amperemeter, cos phi meter, serta wattmeter
6. Membandingkan hasil pengukuran dengan besar daya yang tertera pada kemasan lampu
7. Mengulangi langkah ke 3 hingga 6 dengan lampu TL



MODUL 4

KUALITAS DAYA DAN PENGUKURAN DAYA 3 FASA

I. TUJUAN

1. Memahami pengertian kualitas daya
2. Memahami jenis-jenis gangguan sebuah kualitas daya
3. Memahami pengukuran daya 3 fasa dengan menggunakan metode 1 wattmeter 3 fasa dan 2 wattmeter fasa tunggal
4. Memahami pengukuran faktor daya beban RLC pada rangkaian 3 fasa
5. Memahami prinsip kerja sebuah wattmeter

II. DASAR TEORI

Kualitas daya adalah kondisi hubungan antara sumber listrik dengan peralatan listrik yang disuplai. Istilah kualitas daya listrik merupakan suatu konsep yang memberikan gambaran tentang baik atau buruknya mutu daya listrik akibat adanya beberapa jenis gangguan yang terjadi pada sistem kelistrikan.

Biasanya yang dibahas pada bahasan kualitas daya adalah gangguan – gangguan yang terjadi. Pada umumnya kualitas daya listrik memiliki 3 buah parameter penting, yaitu tegangan, arus, dan frekuensi listrik. Segala bentuk penyimpangan nilai dan karakteristik tegangan, arus, maupun frekuensi dari kondisi normal dapat memperburuk kualitas daya listrik yang dihantarkan dan memperburuk kinerja sistem serta dapat berdampak lebih lanjut pada kegagalan maupun salah operasi beban listrik pada konsumen.

Berikut merupakan beberapa jenis permasalahan kualitas daya listrik:

- a) Tegangan Jatuh (*Voltage Drop*)
- b) Gejala Peralihan (*Transient*), dibagi menjadi:
 - a. *Transient Impuls*
 - b. *Transient Oscillatory*



- c) Gejala Perubahan Tegangan Durasi Pendek (*Short-Duration Variations*)
- Berdasarkan waktu lama kejadian, SDV terdiri dari 3 jenis, yaitu *Instantaneous*, *Momentary*, dan *Temporary*
 - Berdasarkan nilai perubahan tegangan, SDV terdiri dari 3 jenis, yaitu *Interuption*, *Sag*, dan *Swell*
- d) Gejala Perubahan Tegangan Durasi Panjang (*Long-Duration Variations*), dibagi menjadi 3 jenis, yaitu Interupsi Berkelanjutan (*Sustained Interuption*), *undervoltages*, dan *overvoltages*.
- e) Ketidakseimbangan Tegangan (*Voltage Unbalance*)
- f) Distorsi Gelombang, contohnya adalah *Harmonik*
- g) Tegangan Kedip (*Flicker*)
- h) Penyimpangan Frekuensi, jenisnya:
- a. Variasi Frekuensi
 - b. Radio Frequency Interference
 - c. EMF

Untuk pengukuran daya 3 fasa dapat menggunakan beberapa metode, yaitu:

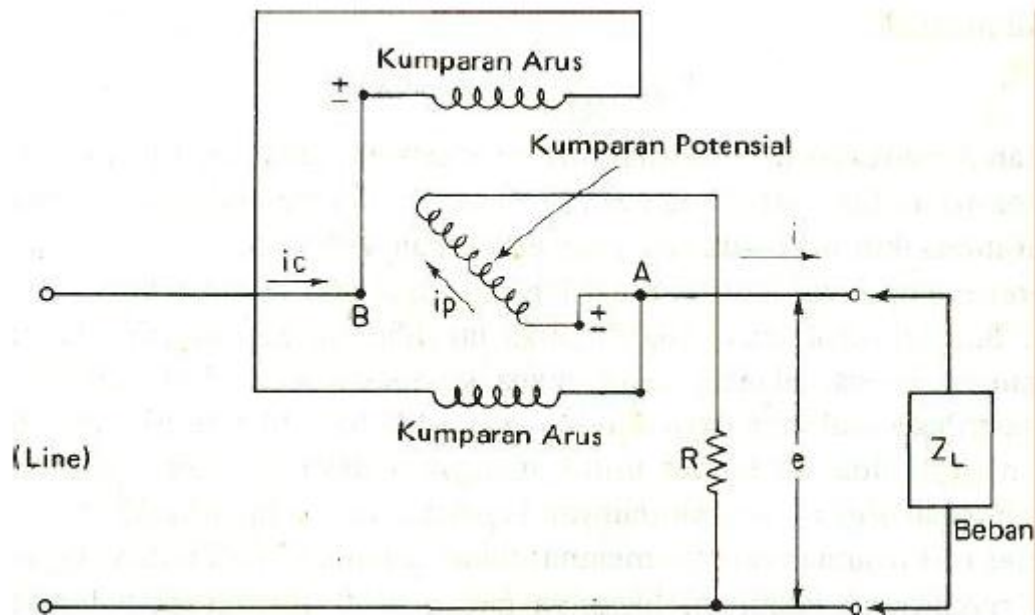
- Pengukuran dengan menggunakan 1 buah wattmeter 3 fasa (*poly phase*)
- Pengukuran dengan menggunakan 2 buah wattmeter fasa tunggal (*single phase*)
- Pengukuran dengan menggunakan 3 buah voltmeter dan 3 buah amperemeter
- Pengukuran dengan menggunakan 3 buah wattmeter fasa tunggal (*single phase*)
- Pengukuran dengan menggunakan 3 buah V-A meter

Pada praktikum kali ini, metode yang digunakan adalah metode pengukuran dengan menggunakan 2 buah wattmeter fasa tunggal (*single phase*) dan metode pengukuran dengan menggunakan 1 buah wattmeter 3 fasa (*poly phase*).

Terdapat 3 jenis tipe konstruksi dari wattmeter, yaitu:

1. Tipe Elektrodinamis
2. Tipe Induksi
3. Tipe Thermocouple

Salah satu tipe wattmeter AC yang sering digunakan adalah wattmeter tipe elektrodinamis.



Gambar 1. Diagram wattmeter elektrodinamometer 1 fasa

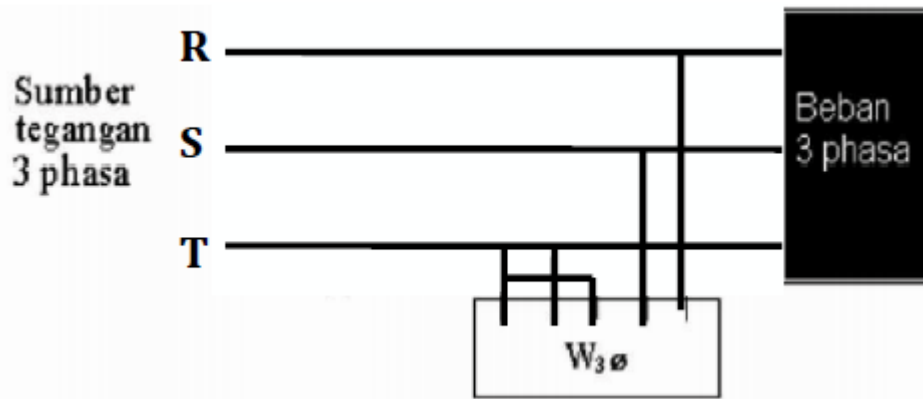
III. PERALATAN PERCOBAAN

1. 1 buah wattmeter *poly-phase*
2. 2 buah wattmeter *single-phase*
3. Cos phi meter
4. Beban resistif
5. Beban induktif
6. Beban kapasitif
7. Kabel

IV. RANGKAIAN PERCOBAAN

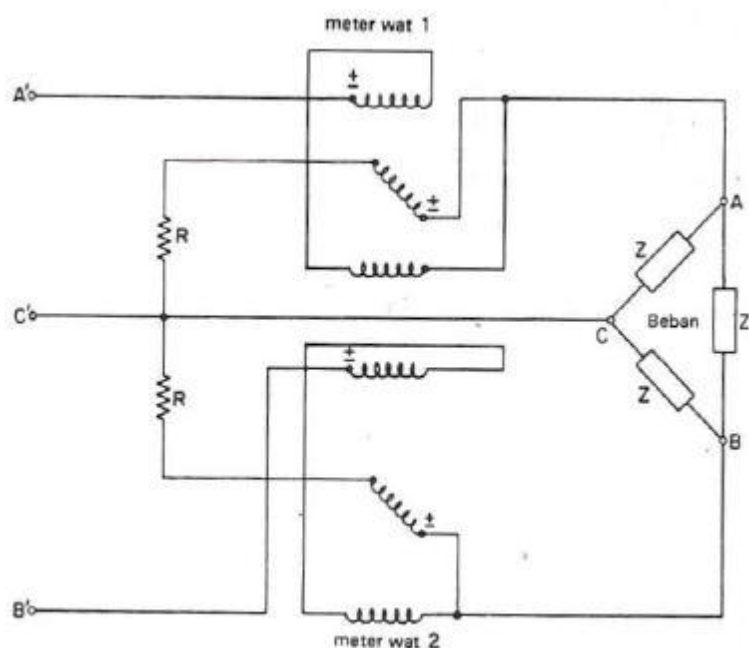
Berikut gambar untuk pemasangan wattmeter pada rangkaian tiga fasa:

- a) Menggunakan 1 wattmeter *poly-phase*



Gambar 2. Rangkaian pengukuran dengan 1 wattmeter *poly-phase*

- b) Menggunakan 2 wattmeter *single-phase*



Gambar 3. Rangkaian pengukuran dengan 2 wattmeter *single-phase*



V. PROSEDUR PERCOBAAN

A. Pengukuran daya dengan 1 Wattmeter *Poly-Phase*

1. Rangkai percobaan dengan Z1 menggunakan beban resistif, Z2 menggunakan beban induktif, dan Z3 menggunakan beban kapasitif, buat konfigurasi wye atau delta (sesuai arahan asisten) pada beban 3 fasa.
2. Menghubungkan probe pertama ke fasa R, lalu menghubungkan output dari probe ini yaitu P₁ dan A₁ ke beban pertama pada rangkaian tiga fasa.
3. Menghubungkan P₂ ke fasa S dan ke beban kedua yang tidak terhubung ke beban pertama.
4. Menghubungkan fasa T ke probe kedua, lalu menghubungkan output dari probe ini yaitu P₃ dan A₂ ke beban ketiga yang tidak terhubung ke beban kedua.
5. Menghubungkan probe pertama pada cos phi meter ke fasa R, lalu menghubungkan output dari probe P₁ dan A₁ ke beban pertama pada rangkaian tiga fasa.
6. Menghubungkan P₂ pada cos phi meter dan fasa S ke beban kedua yang tidak terhubung ke beban pertama.
7. Menghubungkan fasa T ke P₃ dan ke beban ketiga pada rangkaian 3 fasa yang tidak terhubung ke beban kedua.
8. Periksa apakah hubungan kabel telah terpasang dengan baik dan beban telah di-*switch on* sebelum rangkaian dinyalakan.
9. Setelah dinyalakan, amati dan catat nilai yang terbaca pada kedua wattmeter juga cos-phi meter.

B. Pengukuran daya dengan 2 Wattmeter *Single-Phase*

1. Rangkai percobaan dengan Z1 menggunakan beban resistif, Z2 menggunakan beban induktif, dan Z3 menggunakan beban kapasitif, buat konfigurasi wye atau delta (sesuai arahan asisten) pada beban 3 fasa.
2. Menghubungkan sumber fasa R ke wattmeter *single-phase* ke-1, lalu dari wattmeter hubungkan ke beban Z1 konfigurasi beban 3 fasa.
3. Menghubungkan sumber fasa S langsung ke beban Z2 konfigurasi beban 3 fasa.



4. Menghubungkan sumber fasa T ke wattmeter *single-phase* ke-2, lalu dari wattmeter hubungkan ke cos phi meter. Selanjutnya hubungkan ke beban Z3 konfigurasi beban 3 fasa.
5. Periksa apakah hubungan kabel telah terpasang dengan baik dan beban telah di-switch on sebelum rangkaian dinyalakan.
6. Setelah dinyalakan, amati dan catat nilai yang terbaca pada kedua wattmeter juga cos-phi meter.



MODUL 5

PENGUKURAN ILUMINASI CAHAYA

I. TUJUAN

1. Memahami konsep pencahayaan
2. Mengetahui besaran – besaran dalam pengukuran pencahayaan
3. Memahami alat ukur pencahayaan
4. Mengetahui aplikasi dan manfaat pengukuran pencahayaan

II. DASAR TEORI

Cahaya adalah bentuk dari radiasi elektromagnetik yang dapat ditangkap oleh mata dan memiliki panjang gelombang dengan jangkauan $0.4 \times 10^{-4} \sim 0.75 \times 10^{-4}$ cm. Cahaya juga dapat didefinisikan sebagai jumlah penyinaran pada suatu bidang kerja yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan secara efektif. Menurut sumbernya, pencahayaan dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

a. Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami adalah pencahayaan yang bersumber dari sinar matahari.

b. Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan merupakan pencahayaan yang dihasilkan selain dari sinar matahari.

Selain berdasarkan sumbernya, sebuah sistem pencahayaan dapat dibagi menjadi 3 jenis lagi berdasarkan penyebarannya, antara lain:

a. Sistem pencahayaan merata

Pada sistem ini iluminasi cahaya tersebar diseluruh ruangan.

b. Sistem pencahayaan terarah

Pada sistem ini cahaya hanya digunakan untuk menyoroti suatu benda tertentu. Contohnya seperti pada pameran-pameran lukisan.

c. Sistem pencahayaan setempat



Pada sistem ini cahaya dikonsentrasikan pada suatu objek tertentu, misalnya tempat kerja yang memerlukan tugas visual.

Salah satu sumber cahaya buatan yang paling umum digunakan oleh manusia adalah lampu. Lampu ini sendiri memiliki beberapa jenis berdasarkan metode yang digunakan untuk dapat mengeluarkan cahaya. Selain berbeda metode, jenis-jenis lampu ini memiliki perbedaan bentuk, konsumsi daya, dan juga panas/terangnya. Berikut beberapa contoh jenis lampu:

a. Lampu Pijar

Cahaya pada lampu pijar dihasilkan oleh filament dari bahan tungsten yang berpijar karena panas. Hanya 8 – 10 % energi yang berubah menjadi cahaya, sisanya terbuang dalam bentuk panas. Lampu Halogen termasuk dalam golongan ini.

Pada dasarnya filamen pada sebuah lampu pijar adalah sebuah resistor. Saat dialiri arus listrik, filamen tersebut menjadi sangat panas, berkisar antara 2800 derajat Kelvin hingga maksimum 3700 derajat Kelvin. Ini menyebabkan warna cahaya yang dipancarkan oleh lampu pijar biasanya berwarna kuning kemerahan. Pada temperatur yang sangat tinggi itulah filamen mulai menghasilkan cahaya pada panjang gelombang yang kasatmata.

b. Lampu Flourescent

Cahaya pada lampu ini dihasilkan oleh pendaran bubuk fosfor yang melapisi bagian dalam tabung lampu. Ramuan bubuk menentukan warna cahaya yang dihasilkan. Lebih dari 25% energi yang dikonsumsi oleh lampu jenis ini berubah menjadi cahaya.

Ketika tegangan AC 220 volt di hubungkan ke satu set lampu TL maka tegangan diujung-ujung starter sudah cukup untuk menyebabkan gas neon didalam tabung starter untuk panas (terionisasi) sehingga menyebabkan starter yang kondisi normalnya adalah *normally open* ini akan '*closed*' sehingga gas neon di dalamnya dingin (deionisasi) dan dalam kondisi starter '*closed*' ini terdapat aliran arus yang memanaskan filamen tabung lampu TL sehingga gas yang terdapat didalam tabung lampu TL ini terionisasi. Pada saat gas neon di dalam tabung starter sudah cukup dingin maka bimetal di dalam tabung starter tersebut akan '*open*' kembali sehingga



ballast akan menghasilkan *spike* tegangan tinggi yang akan menyebabkan terdapat lompatan elektron dari kedua elektroda dan memendarkan lapisan fluorescent pada tabung lampu TL tersebut.

c. Lampu HID

Cahaya pada lampu ini dihasilkan oleh lecutan listrik melalui uap zat logam. Termasuk dalam golongan ini adalah lampu merkuri, metal halida, dan sodium bertekanan.

d. Lampu LED

Lampu yang terbuat dari beberapa susunan LED untuk menghasilkan cahaya. Cahaya LED langsung bersinar tanpa adanya pemanasan komponen-komponennya. LED membutuhkan sumber DC untuk menyala dan dengan tegangan yang rendah sehingga dibuat rangkaian dengan trafo *step-down* untuk memperkecil tegangan sumber yang masuk kedalam rangkaian.

Dalam pengukuran cahaya, ada beberapa istilah yang digunakan, antara lain:

1. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya adalah kekuatan cahaya dari suatu sumber cahaya. Besarnya intensitas cahaya diukur dalam satuan candela (cd).

2. Lumen

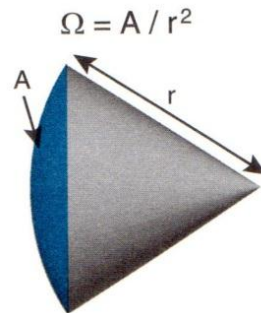
Lumen (unit satuan SI, disimbolkan dengan lm) adalah satuan flux cahaya yang dipancarkan di dalam satuan unit sudut padatan oleh suatu sumber dengan intensitas cahaya yang seragam satu candela. Satu lumen setara dengan besarnya cahaya yang dipancarkan sumber cahaya secara seragam sebesar 1 candela pada 1 steradian *solid angle* atau sudut ruang. Sehingga dituliskan $1\text{lm} = 1\text{cd sr}$.

3. Iluminasi

Iluminasi atau instensitas penerangan adalah banyaknya cahaya yang mengenai suatu permukaan. Iluminasi dihitung dalam satuan footcandles (fc) atau dalam bentuk lux. $1\text{lux} = 1\text{lumen/m}^2$

4. Steradian

Steradian (Ω) adalah satuan sudut ruang untuk luas suatu permukaan bola dalam jarak radius.



Gambar 1. Hubungan steradian, luas permukaan bola, dan jarak radius

Terdapat pula konversi dari besaran-besaran diatas, yakni:

Dari	Ke	Dengan data	Persamaan
Candela (I_v)	Lumen (Φ_v)	sudut α	$\Phi_v = 2\pi I_v (1 - \cos \alpha)$
Lumen (Φ_v)	Candela (I_v)	sudut α	$I_v = \Phi_v / 2\pi (1 - \cos \alpha)$
Lumen (Φ_v)	Lux (E_v)	Luas permukaan A (m^2)	$E_v = \Phi_v / A$
Lux (E_v)	Lumen (Φ_v)	Luas permukaan A (m^2)	$\Phi_v = E_v \cdot A$
Candela (I_v)	Lux (E_v)	Jarak pengukuran D (m)	$E_v = I_v / D^2$
Lux (E_v)	Candela (I_v)	Jarak pengukuran D (m)	$I_v = E_v \cdot D^2$

Alat ukur yang digunakan adalah lux meter. Lux meter memiliki satuan lux, yang didefinisikan sebagai satuan metric ukuran cahaya pada suatu permukaan. Lux meter memiliki range intensitas cahaya antara 1 sampai dengan 100.000 lux. Luxmeter disusun oleh tiga komponen utama yakni rangka, LED, dan photo diode. Prinsip kerja lux meter adalah dengan mengubah energi cahaya menjadi arus listrik yang kemudian ditampilkan pada LED.

Pengukuran iluminasi pada dasarnya adalah pengukuran yang menggunakan pendekatan sumber titik. Pengukuran iluminasi dilakukan dalam ruang gelap dimana



tidak ada cahaya pantul yang diterima sensor luxmeter. Terdapat tiga jenis pengukuran iluminasi, yakni:

1. Pengukuran Umum

Pengukuran umum artinya pengukuran yang dilakukan pada satu ruangan. Pengukuran jenis ini dilakukan dengan membagi ruangan menjadi beberapa titik pengukuran dengan jarak antar titik sama besar.

2. Pengukuran Lokal

Pengukuran jenis lokal ini dilakukan pada objek berupa benda tertentu. Mekanismenya benda ukur akan dibagi menjadi beberapa titik ukur.

3. Pengukuran Reflektan

Pengukuran jenis ini adalah pengukuran besar reflektan dengan melakukan dua kali pengukuran. Pengukuran pertama adalah mengukur intensitas pencahayaan yang jatuh pada bidang ukur dengan meletakkan *photo cell* menghadap sumber cahaya. Pengukuran kedua dengan membalik *photo cell* untuk menghadap bidang ukur, kemudian menarik *photo cell* sampai angka pada *display* menunjukkan angka tertinggi. Besarnya reflektan dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Reflektan} = (\text{Pengukuran 2} / \text{Pengukuran 1}) \times 100\%$$

Pengukuran lumen penting untuk menghemat energi dalam pencahayaan. Aplikasi pengukuran lumen sebagai contoh ada pada bidang - bidang berikut:

1. Pengukuran tingkat pencahayaan pada bangunan
2. Pengukuran distribusi intensitas cahaya lumener
3. Bidang video, fotografik, dan arsitektur

III. PERALATAN PERCOBAAN

1. Luxmeter LX-1108
2. 1 Lampu Pijar
3. 4 Lampu TL
4. 1 Lampu LED
5. Power supply AC



IV. PROSEDUR PERCOBAAN

A. Pengukuran umum variasi tegangan

1. Pasang lampu pada *fitting* yang terletak ditengah ruangan
2. Nyalakan power supply
3. Atur power supply sesuai tegangan yang diperlukan
4. Pastikan cahaya dalam ruangan hanya berasal dari lampu tersebut
5. Atur letak luxmeter tepat dibawah lampu dengan jarak 1 meter dari atas tanah
6. Pastikan cahaya yang ditangkap sensor luxmeter tidak tertutup bayangan
7. Nyalakan luxmeter, buka penutup sensornya dan catat nilai yang tertera pada luxmeter tersebut
8. Ulangi langkah 3, 4, 5, 6, dan 7 dengan variasi tegangan yang berbeda-beda

B. Pengukuran umum variasi merk lampu

1. Pasang lampu pada *fitting* yang terletak ditengah ruangan
2. Nyalakan power supply dan atur power supply pada tegangan 220 V
3. Pastikan cahaya dalam ruangan hanya berasal dari lampu tersebut
4. Pengukuran akan dilakukan di 12 titik yang telah ditentukan
5. Atur letak luxmeter di titik pertama dengan jarak 1 meter dari atas tanah
6. Pastikan cahaya yang ditangkap sensor luxmeter tidak tertutup bayangan
7. Nyalakan luxmeter, buka penutup sensornya dan catat nilai yang tertera pada luxmeter tersebut
8. Ulangi langkah 5, 6, dan 7 hingga mencapai titik ke-12
9. Lakukan langkah 1- 8 untuk setiap merk lampu yang berbeda

C. Pengukuran umum variasi jenis lampu

1. Pasang lampu pertama pada *fitting* yang terletak ditengah ruangan
2. Nyalakan power supply dan atur power supply pada tegangan 220V
3. Pastikan cahaya dalam ruangan hanya berasal dari lampu tersebut
4. Pengukuran akan dilakukan di 12 titik yang telah ditentukan
5. Atur letak luxmeter di titik pertama dengan jarak 1 meter dari atas tanah
6. Pastikan cahaya yang ditangkap sensor luxmeter tidak tertutup bayangan



7. Nyalakan luxmeter, buka penutup sensornya dan catat nilai yang tertera pada luxmeter tersebut
8. Ulangi langkah 5, 6, dan 7 hingga mencapai titik ke-12
9. Lakukan langkah 1- 8 untuk setiap jenis lampu yang berbeda



MODUL 6

PENGUKURAN TAHANAN PENTANAHAN

I. TUJUAN

1. Mengetahui besarnya tahanan pentanahan suatu tempat
2. Mengetahui dan memahami fungsi dan kegunaan dari pengukuran tahanan pentanahan dan aplikasinya sehari hari
3. Mengetahui prinsip kerja earth ground tester

II. DASAR TEORI

Tahanan pentanahan merupakan tahanan dari suatu sistem pentanahan yang bertujuan untuk mengalirkan arus petir ke tanah agar tidak terjadi kerugian akibat adanya sambaran petir. Tujuan pentanahan:

- a. Kemanan dan keselamatan
- b. Jalur pembuangan arus bocor
- c. Perlindungan/proteksi pada peralatan

Dalam sebuah instalasi listrik ada empat bagian yang harus ditanahkan, yaitu:

- a. Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam (menghantar listrik) dan dengan mudah bisa disentuh manusia.

Hal ini perlu agar potensial dari logam yang mudah disentuh manusia selalu sama dengan potensial tanah (bumi) tempat manusia berpijak sehingga tidak berbahaya bagi manusia yang menyentuhnya.

- b. Bagian pembuangan muatan listrik (bagian bawah) dari lightning arrester.

Hal ini diperlukan agar lightning arrester dapat berfungsi dengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah (bumi) dengan lancar.

- c. Kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi.



Kawat petir ini sesungguhnya juga berfungsi sebagai lightning arrester. Karena letaknya yang ada di sepanjang saluran transmisi, maka semua kaki tiang transmisi harus ditanahkan agar petir yang menyambar kawat petir dapat disalurkan ke tanah dengan lancar melalui kaki tiang saluran transmisi.

- d. Titik netral dari transformator atau titik netral dari generator.

Hal ini diperlukan dalam kaitan dengan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah.

Petir terjadi karena ada perbedaan potensial antara awan dan bumi atau dengan awan lainnya. Jika perbedaan potensial antara awan dan bumi cukup besar, maka akan terjadi pembuangan muatan negatif (elektron) dari awan ke bumi atau sebaliknya untuk mencapai kesetimbangan. Mekanisme timbulnya petir diawali dengan pengembangan sambaran perintis (*downward leader*). Gerakan ke bawah ini bertahap sampai dekat ke tanah, sehingga muatan negatif yang dibawa oleh *downward leader* tersebut memperbesar induksi muatan positif di permukaan tanah. Lalu muatan positif dalam jumlah yang besar akan bergerak ke atas (*upward leader*) menyambut gerakan *downward leader* yang bergerak kebawah, akhirnya terjadi kontak pertemuan antara keduanya (petir).

Sistem pentanahan erat kaitannya dengan sistem proteksi terhadap petir, adapun sistem proteksi petir dibagi menjadi:

- a. Sistem Proteksi Internal

Sistem Proteksi Internal berfungsi untuk melindungi objek dari sambaran petir tidak langsung yaitu induksi medan magnetik. Berikut adalah jenis dari sistem proteksi internal:

1. Bonding
2. Divais pengaman (*Surge Protection Devices*)
3. Shielding
4. Jarak Aman

- b. Sistem Proteksi Eksternal

Sistem Proteksi Eksternal berfungsi untuk melindungi objek dari sambaran petir langsung. Berikut adalah jenis dari sistem proteksi eksternal:

1. *Dissipation Array System (DAS)*

Dissipation Array System memungkinkan tidak terjadinya sambaran petir di suatu lokasi. Point discharge yang berujung runcing ditempatkan di beberapa bagian atap bangunan untuk memindahkan muatan listrik benda tersebut ke udara. Muatan yang dihembuskan oleh point discharge tersebut akan menurunkan beda potensial antara awan dengan bumi, sehingga mengurangi kemampuan awan dalam melepas muatan ke bumi.

2. *Charge Transfer System (CTS)*

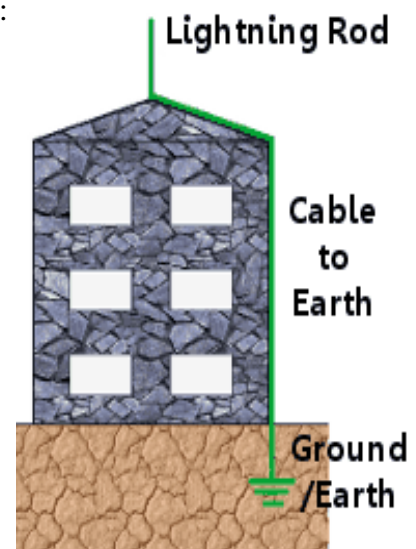
Charge Transfer System merupakan sistem proteksi petir eksternal yang paling umum digunakan. Dalam sistem ini, petir akan tetap menyambar atau terjadi namun sudah diperkirakan letak sambarannya, sehingga petir tidak akan menyambar bagian-bagian lain dari suatu objek. Berikut adalah jenis metode dari *Charge Transfer System (CTS)*:

- a. Franklin Rod
- b. Sangkar Faraday
- c. Radioaktif (*Early Streamer Emission Air Terminal*)

Dalam sistem pentanahan terdapat beberapa bagian penting:

- a. Air terminal
- b. Down conductor
- c. Elektroda pentanahan
- d. Tanah

Baik buruknya sistem pentanahan ditentukan oleh besarnya nilai tahanan pentanahan, dimana nilai tahanan tanah akan sangat mempengaruhi besarnya nilai tahanan pentanahan. Standar untuk sistem pentanahan yang baik umumnya nilai dari tahanan pentanahan tidak lebih dari 5 Ohm.



Gambar 1. Sistem pentanahan



Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai tahanan pentanahan:

- a. Kondisi tanah
- b. Kelembaban
- c. Kerapatan tanah/jenis tanah
- d. Kedalaman elektroda pentanahan
- e. Jenis elektroda pentanahan
- f. Luas penampang down conductor
- g. Suhu (muai)
- h. Jenis air terminal

Cara memperkecil nilai tahanan pentanahan:

- a. Memparalel elektroda pentanahan
- b. Mengubah jenis elektroda pentanahan
- c. Membuat kolam agar tanah menjadi lembab
- d. Memberi garam pada tanah
- e. Memperdalam penanaman elektroda pentanahan

Ada dua metode yang biasa dilakukan untuk mengukur tahanan pentanahan pada suatu lokasi, yaitu:

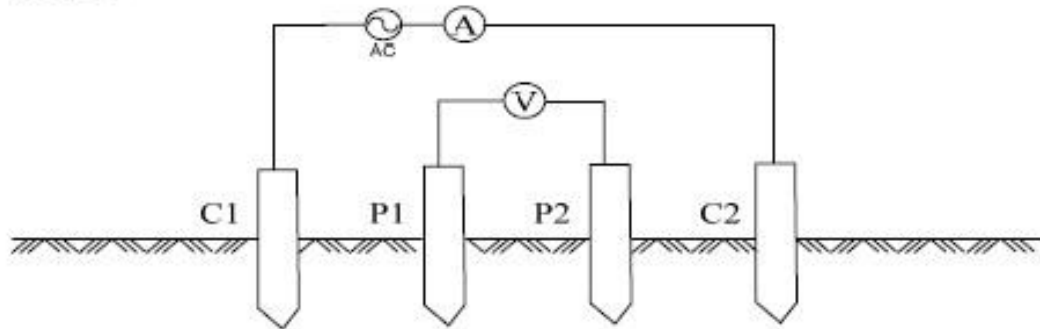
- a. Metode empat titik (*four electrode method*)

Pengukuran tahanan pentanahan dengan metode ini membutuhkan peralatan berikut:

- 4 kutub tanah pertolongan/batang besi
- 1 buah Amperemeter
- 1 buah Voltmeter sumberdaya AC

Cara penyambungan:

4 batang besi (sebut saja sebagai batang C1, P1, P2 dan C2) ditancapkan ke tanah dalam satu baris dengan jarak masing-masing a meter. Antara P1 dan P2 dipasang Voltmeter, antara C1 dan C2 disambungkan dengan Amperemeter dan sumber daya AC 110/220 VAC, seperti pada gambar berikut:



Gambar 2. Metode empat titik

Cara pengukuran:

Sambungkan sumber daya, ukur berapa Ampere arus yang mengalir antara C1 dan C2, misalnya I Ampere. Ukur berapa beda potensial antara P1 dan P2, misalnya V (Volt). Masukkan besaran pada rumus:

$$Rho = 2 \pi a R$$

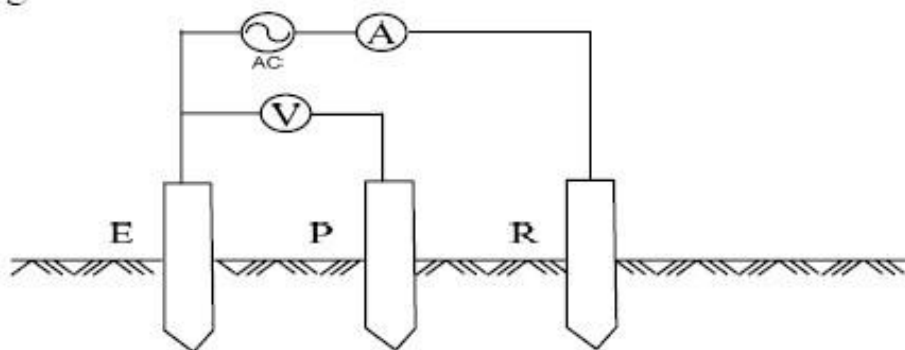
di mana $\pi = 3,14$

a = jarak antara batang besi

$$R = V/I$$

b. Metode tiga titik (*three-point method*)

Metode tiga titik (*three-point method*) dimaksudkan untuk mengukur tahanan pentanahan. Misalkan tiga buah batang pentanahan dimana batang 1 yang tahanannya hendak diukur dan batang-batang 2 dan 3 sebagai batang pentanahan pembantu yang juga belum diketahui tahanannya, seperti pada gambar berikut



Gambar 3. Metode tiga titik

Earth Ground Tester adalah alat untuk mengukur nilai resistansi dari suatu grounding.

III. PERALATAN PERCOBAAN

1. Earth Tester Metrohm
2. Kabel penghubung
3. Paku pentanahan
4. Palu

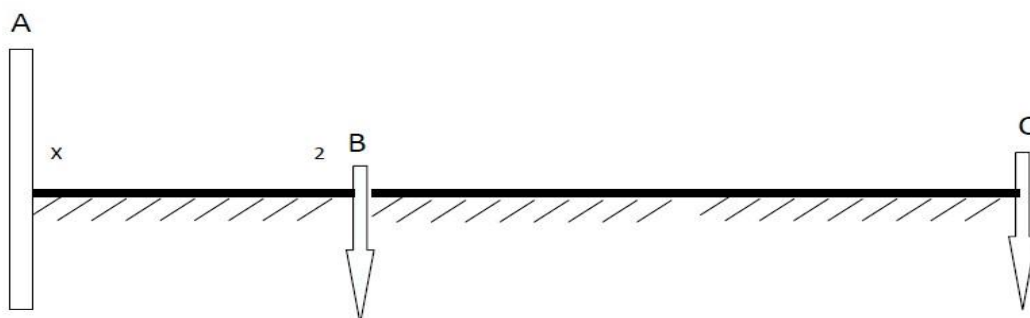


Gambar 4. Earth Tester



Gambar 5. Port-port pada Earth Tester

IV. RANGKAIAN PERCOBAAN



Gambar rangkaian pengujian tahanan pentanahan

Keterangan :

A = Down Conductor

B = Paku Pentanahan 1

C = Paku Pentanahan 2

Gambar 6. Rangkaian percobaan tahanan pentanahan



V. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Persiapkan seluruh peralatan yang akan digunakan
2. Capitkan 2 kabel penghubung ke down conductor (pastikan kabel penghubung dan down conductor tersambung secara elektrik)
3. Pasangkan ujung kedua kabel tersebut ke Earth Tester pada port C1 dan P1
4. Tancapkan paku pentanahan ke tanah dengan jarak 5 atau 10 meter (praktikum pertama menggunakan jarak 5m, praktikum kedua menggunakan jarak 10m) dari down conductor (jarak harus lurus) sedalam $\frac{3}{4}$ tinggi paku pentanahan
5. Capitkan kabel penghubung ke paku pentanahan tersebut dan pasangkan ujung kabelnya ke earth tester port P1
6. Tancapkan paku pentanahan ke tanah dengan jarak 5 meter dari paku pentanahan P1 (jarak harus lurus) sedalam $\frac{3}{4}$ tinggi paku pentanahan
7. Capitkan kabel penghubung ke paku pentanahan tersebut dan pasangkan ujung kabelnya ke earth tester port C1
8. Pastikan seluruh kabel penghubung telah terhubung dengan benar
9. Nyalakan Earth Tester, putar range Earth Tester pada 20 Ohm
10. Tekan tombol test, dan catat nilai yang tertera pada Earth Tester sebagai tahanan pentanahan daerah tersebut

MODUL 7

PENGUKURAN KONSUMSI ENERGI

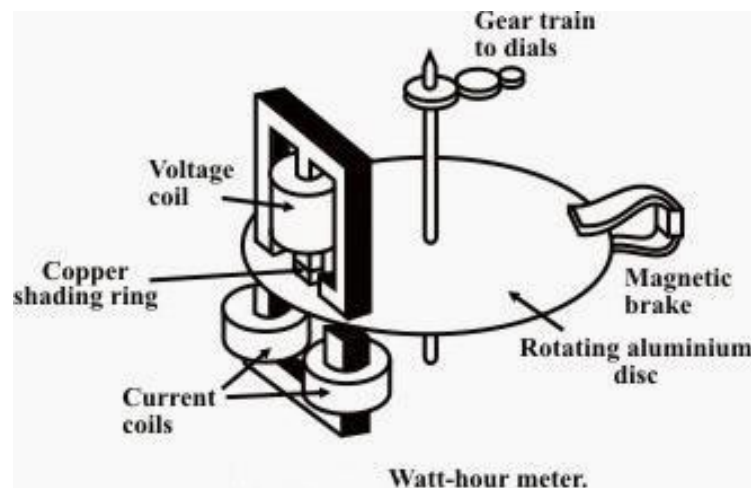
I. TUJUAN

1. Mengetahui cara kerja kWh meter
2. Mengetahui perbedaan kWh meter analog dengan digital
3. Mengetahui kelebihan dan kekurangan kWh meter analog dan digital

II. DASAR TEORI

Energi adalah banyaknya daya yang dikonsumsi dalam waktu tertentu. kWh meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya konsumsi daya pada suatu konsumen listrik. kWh meter pada dasarnya terbagi menjadi dua yaitu kWh meter digital dan kWh meter analog.

Pada kWh meter analog:



Gambar 1. Struktur kWh meter analog

Pada kWh meter analog ini sendiri, pada dasarnya terdiri dari 4 sistem kerja, yaitu sistem pengarah, sistem penggerak, sistem pengereman, dan sistem penghitung.

1. Sistem Pengarah



Bagian ini terdiri dari 2 buah elektromagnet yang disebut sebagai “magnet shunt” dan “magnet seri”. Kumputan tegangan yang terkoneksi dengan suplai diletakkan pada bagian tengah dari magnet shunt. Sedangkan kumputan arus terhubung seri dengan beban. Kumputan ini akan membawa arus beban dan menghasilkan fluks yang proporsional dengan arus beban.

2. Sistem Penggerak

Sistem penggerak pada kWh meter analog terdiri dari piringan aluminium yang disusun tegak lurus dengan poros putar. Batang yang menyangga lempengan ini dihubungkan dengan penunjuk angka pada bagian depan kWh meter untuk memberikan informasi konsumsi energi beban. Piringan besi ini digerakkan oleh torsi yang berasal dari medan magnet yang diinduksikan dari arus eddy pada piringan aluminium.

3. Sistem Pengereman

Pengereman pada kWh meter analog diatur oleh sebuah magnet permanen yang terletak berseberangan dengan magnet pada sistem pengarah. Magnet permanen ini akan menghasilkan medan magnet yang berlawanan dengan arah medan magnet yang menggerakkan piringan aluminium sehingga menghasilkan torsi pengereman.

4. Sistem Penghitung

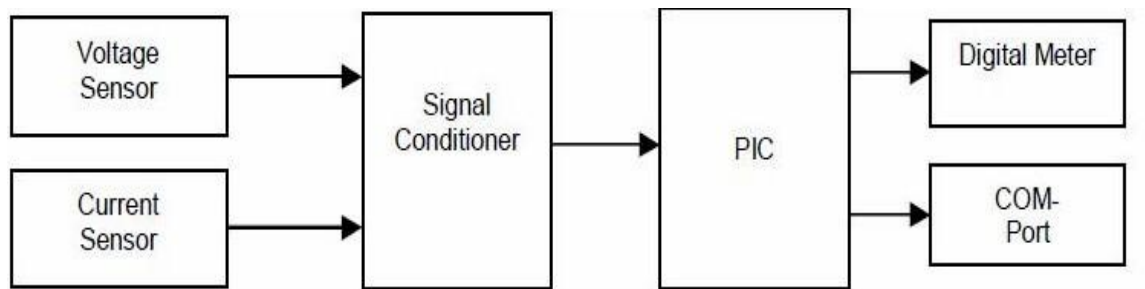
Sistem penghitung pada kWh meter terdiri dari sebuah roda gigi yang berinteraksi langsung dengan piringan aluminium dan terhubung dengan penunjuk angka kWh meter sehingga banyaknya putaran piringan akan terbaca.

Sedangkan pada kWh meter digital lebih digunakan prinsip kerja menggunakan mikroprosesor. Dimana kemudian akan dimunculkan nilai konsumsi energi listrik tersebut.

Pada kWh meter digital, tentunya menghasilkan hasil pengukuran yang jauh lebih akurat. Namun kWh meter digital ini tentunya memiliki komponen yang lebih rumit, seperti IC, display, sensor tegangan, dan lainnya. Komponen - komponen penyusun kWh meter digital antara lain yaitu:

- Board / IC
- Display
- Sensor tegangan dan arus
- Transformator tegangan dan arus
- Port I / O

Berikut adalah diagram alir proses yang terjadi pada kWh meter digital:

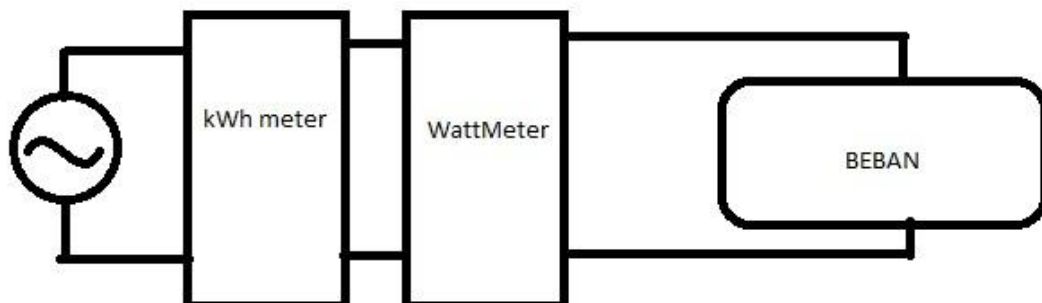


Gambar 2. Diagram alir proses pada kWh meter digital

III. PERALATAN PERCOBAAN

1. kWh meter analog
2. Kabel
3. Wattmeter digital
4. Beban

IV. RANGKAIAN PERCOBAAN



Gambar 3. Rangkaian praktikum kWh meter



V. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Merangkai rangkaian sesuai dengan gambar percobaan
2. Mencatat nilai awal yang tertera pada kWh meter
3. Menyalakan sumber AC
4. Menunggu selama 1 jam
5. Mencatat kembali pembacaan nilai akhir yang tertera pada kWh meter
6. Membandingkan data dari kWh meter, lama praktikum, daya beban, dan pembacaan pada wattmeter



MODUL 8

POST TEST

Post test merupakan tes akhir mengenai materi yang telah diujikan dalam praktikum Pengukuran Besaran Listrik. Seluruh praktikan wajib mengikuti post test ini karena termasuk dalam komponen penilaian. Waktu dan tempat pelaksanaan post test akan diberi tahu lebih lanjut.