



UNIVERSITAS
INDONESIA

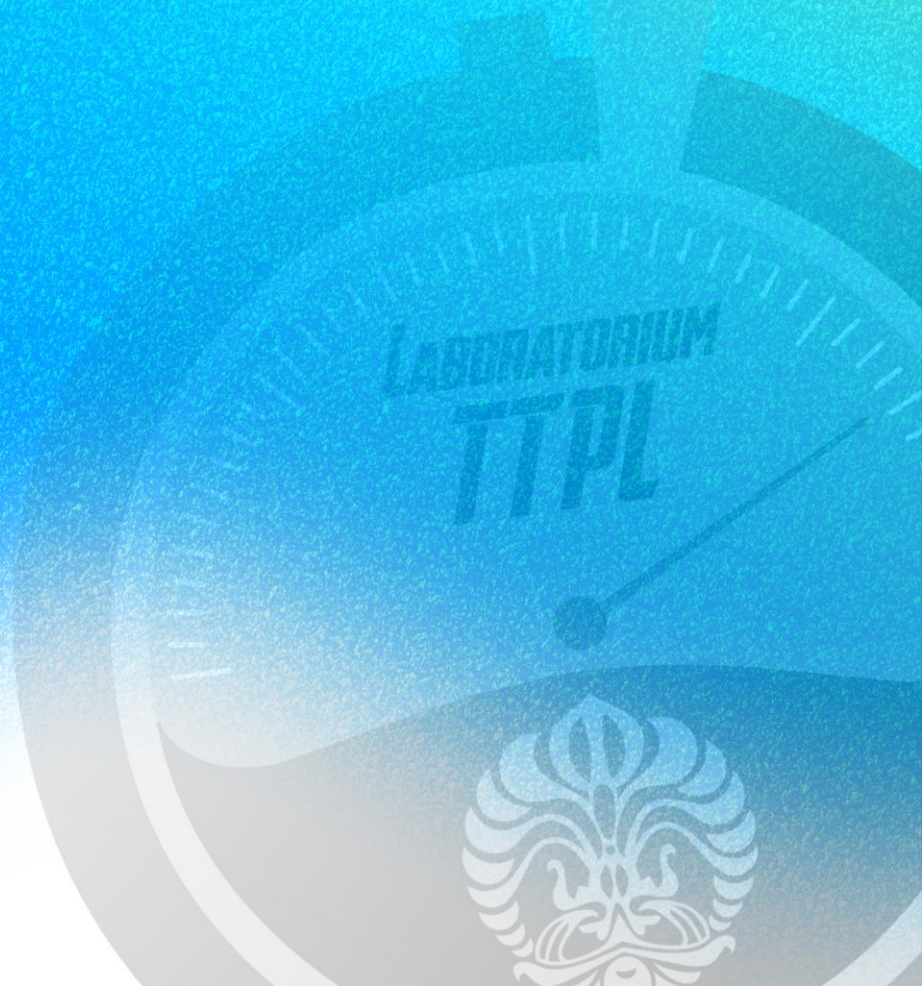
Veritas, Probitas, Iustitia

MODUL PRAKTIKUM

Instrumentasi dan Pengukuran Listrik 2025/2026

Laboratorium Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik

@lttppl.ui
TTPL FTUI
#UnleashYourPower





DAFTAR ISI

MODUL 2 PENGUKURAN ANALOG	4
2.1. Tujuan Praktikum	4
2.2. Dasar Teori.....	4
2.3. Peralatan Percobaan	6
2.4. Rangkaian Percobaan	7
2.5. Prosedur Percobaan	7
MODUL 3 PENGUKURAN DIGITAL	8
3.1. Tujuan Praktikum	8
3.2. Dasar Teori.....	8
3.3. Peralatan Percobaan	9
3.4. Rangkaian Percobaan	9
3.5. Prosedur Percobaan	9
MODUL 4 PENGUKURAN DAYA 1 FASA	10
4.1. Tujuan Praktikum	10
4.2. Dasar Teori.....	10
MODUL 5 KUALITAS DAYA DAN PENGUKURAN DAYA 3 FASA.....	12
5.1. Tujuan Praktikum	12
5.2. Dasar Teori.....	12
5.3. Peralatan Percobaan	14
5.4. Rangkaian Percobaan	15
5.5. Prosedur Percobaan	15
MODUL 6 PENGUKURAN TINGKAT PENCAHAYAAN	16
6.1. Tujuan Praktikum	16
6.2. Dasar Teori.....	16
6.3. Peralatan Percobaan	22
6.4. Prosedur Percobaan	22
MODUL 7 PENGUKURAN RESISTANSI PENTANAHAN (GROUNDING).....	23
7.1. Tujuan Praktikum	23
7.2. Dasar Teori.....	23
7.3. Peralatan Percobaan	29
7.4. Rangkaian Percobaan	30
7.5. Prosedur Percobaan	30
MODUL 8 PENGUKURAN KONSUMSI ENERGI	31
8.1. Tujuan Praktikum	31





LABORATORIUM TEGANGAN TINGGI DAN PENGUKURAN LISTRIK

MODUL PRAKTIKUM RANGKAIAN LISTRIK

Gedung Departemen Teknik Elektro, Lt.2
Kampus Baru UI, Depok 16424

8.2. Dasar Teori.....	31
8.3. Peralatan Percobaan	33
8.4. Rangkaian Percobaan	34
8.5. Prosedur Percobaan	34





MODUL 2 | PENGUKURAN ANALOG

2.1. TUJUAN PRAKTIKUM

- Dapat memahami cara penggunaan alat ukur analog dengan benar 2.
- Dapat melakukan pembacaan skala alat ukur analog dengan benar 3.
- Dapat memahami fungsi batasan skala alat ukur tegangan dan arus pada alat ukur analog.

2.2. DASAR TEORI

- **Multimeter Analog**

Multimeter Analog adalah alat pengukur besaran listrik yang menggunakan tampilan dengan jarum yang bergerak ke range/skala yang kita ukur dengan probe. Multimeter ini tersedia dengan kemampuan untuk mengukur hambatan ohm, tegangan (Volt) dan arus (mA). Analog tidak digunakan untuk mengukur secara detail suatu besaran nilai komponen, tetapi kebanyakan hanya digunakan untuk baik atau jeleknya komponen pada waktu pengukuran atau juga digunakan untuk memeriksa suatu rangkaian apakah sudah tersambung dengan baik sesuai dengan rangkaian blok yang ada.



Gambar 1. Multimeter Analog

- **Prosedur Pengukuran Analog**

Dalam pengukuran analog terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan. Pada pengukuran menggunakan voltmeter, ammeter ataupun multimeter analog perlu diperhatikan posisi peletakan perangkat tersebut yang di simbol tegak lurus yang mengartikan perangkat diposisikan berdiri vertikal ataupun ditandai dengan tanda garis lurus yang mengartikan perangkat diposisikan secara horizontal rata dengan alas.





Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam pengukuran analog adalah memilih saklar range yang sesuai. Dalam pengukuran sebaiknya menggunakan skala paling besar dikarenakan Karena tegangan yang akan diukur biasanya belum diketahui. Ini merupakan prosedur yang paling aman dan dapat mencegah kerusakan pada alat ukur. Selain itu, batas ukur dan skala pada setiap besaran yang diukur antara lain tegangan searah (DC volt), tegangan bolak-balik (AC volt), arus searah (DC amp, mA, μ A), arus bolak-balik (AC amp).

Setelah alat ukur menunjukkan nilai tertentu, hal yang perlu diperhatikan yakni memilih batas skala pengukuran sehingga jarum menunjuk terletak di tengah-tengah skala. Hal ini dilakukan karena kebanyakan skala lebih mudah dibaca jika jarum menunjuk terletak di tengahaengahnya. Tentunya hampir tidak mungkin untuk memilih batas skala pengukuran yang menempatkan jarum penunjuk tepat di tengah-tengah skala, tetapi pilihlah yang paling mendekati. Intinya disini adalah untuk mencegah posisi skala di ujung yang terlalu ke kanan atau ke kiri.

Dalam pengukuran arus atau tegangan dengan menggunakan multimeter analog harus diperhatikan polaritasnya. Jika jarum menunjuk bergerak terbalik (ke kiri), hal ini berarti polaritasnya terbalik. Hentikan segera pengukuran dan balikkah polaritasnya. Maka jarum penunjuk akan bergerak maju (ke kanan) dan menunjukkan nilai tertentu.

Nilai dari suatu besaran listrik yang tidak diketahui dapat diperoleh dengan cara melakukan pengukuran, baik pengukuran langsung maupun pengukuran tidak langsung. Pengukuran langsung merupakan pengukuran yang dilakukan dengan cara mengukur langsung besaran tersebut dan mendapatkan nilainya dari besaran tersebut. Sedangkan pengukuran tidak langsung merupakan suatu cara mendapatkan nilai dari suatu besaran listrik dengan melakukan pengukuran pada besaran listrik yang terkait dan melakukan perhitungan dengan besaran listrik tersebut untuk mendapatkan nilai besaran listrik yang diinginkan





Gambar 2. Amperemeter Analog



Gambar 3. Voltmeter Analog

- **Prosedur Pembacaan Pengukuran Analog**

Hal yang diperhatikan dalam pembacaan skala multimeter analog adalah memeriksa saklar range. Jika melakukan pengukuran resistansi, pengaturan faktor pengali harus diketahui. Jika melakukan pengukuran tegangan pengaturan saklar fungsi harus diketahui, dengan kata lain harus diketahui AC atau DC yang akan diukur, serta pengaturan skalanya. Setting skala pada tegangan dan arus merupakan nilai-nilai maksimum. Sebagai contoh, jika saklar setting fungsi/range pada 5V, hal ini berarti 5 Volt merupakan tegangan maksimum yang akan diukur dengan setting tersebut

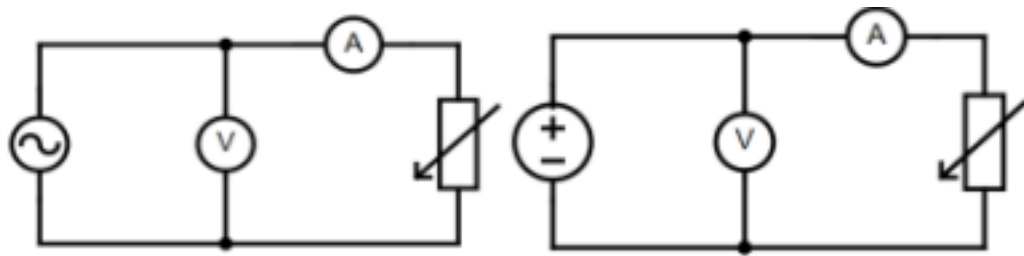
2.3. PERALATAN PERCOBAAN

1. Voltmeter analog
2. Amperemeter analog
3. Kabel jumper
4. Power supply
5. Resistor variable





2.4. RANGKAIAN PERCOBAAN



Gambar 4. Rangkaian Percobaan

**Percobaan menggunakan alat ukur analog*

2.5. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Siapkan alat pengukuran.
2. Merangkai rangkaian percobaan sesuai dengan gambar pada rangkaian percobaan dengan beban berupa resistor variabel.
3. Menghubungkan rangkaian percobaan dengan voltmeter analog dan amperemeter analog.
4. Memberikan resistansi pada resistor variabel sesuai dengan arahan asisten.
5. Melakukan variasi nilai tegangan pada power supply.
6. Mengamati dan mencatat nilai tegangan dan arus yang terbaca.





MODUL 3 | PENGUKURAN DIGITAL

3.1. TUJUAN PRAKTIKUM

- Dapat memahami cara penggunaan alat ukur multimeter digital dengan benar
- Dapat melakukan pembacaan skala alat ukur digital dengan benar
- Dapat memahami fungsi batasan skala alat ukur tegangan dan arus

3.2. DASAR TEORI

- **Multimeter Digital**

Multimeter digital merupakan jenis multimeter yang menggunakan tampilan digital untuk mewakili kuantitas listrik yang diukur dalam bentuk digit. Multimeter digital pada dasarnya memiliki lebih banyak fungsi, akurasi yang lebih baik, kemudahan dalam pembacaan keandalan yang lebih besar dari pada alat ukur analog. Perbedaannya dibandingkan dengan multimeter analog ialah:

- Multimeter Analog menampilkan hasilnya dalam bentuk analog sedangkan Multimeter Digital menampilkan hasilnya dalam bentuk digital.
- Keakuratan Multimeter Analog relatif lebih rendah dibandingkan dengan Multimeter Digital
- Multimeter Analog digunakan untuk pengukuran kuantitas seperti tegangan, arus dan resistansi. Sedangkan Multimeter Digital dapat mengukur kuantitas lainnya seperti ukuran impedansi, kapasitansi dan lain-lainnya.
- Multimeter Analog dikalibrasi secara manual, sedangkan Multimeter Digital dapat dikalibrasi secara otomatis yang merupakan salah satu keunggulan dari Multimeter Digital.

Ada dua jenis display dari multimeter digital yaitu LCD (liquid crystal display) dan LED (light emitting diode). LCD lebih dikenal untuk alat ukur dengan tenaga battery karena membutuhkan lebih sedikit arus listrik dari pada LED. Pada umumnya multimeter digital beroperasi dengan tegangan 9 volt dan dengan usia battery dari beberapa ratus sampai 2000 jam. Tampilan multimeter digital sulit untuk dibaca pada saat pencahayaan tidak baik atau tidak ada sama sekali. Bagaimanapun, jenis LED dapat dilihat dalam kegelapan dan lebih cepat menanggapi perubahan nilai besaran listrik dari pada LCD. Ketelitian multimeter digital ditentukan sepenuhnya sistem elektronis yang digunakan. Ketelitian yang khas dari multimeter digital adalah dari 0.01% (satu bagian per 10000) sampai 0.5% (lima bagian per 1000). Untuk standar laboratorium ketelitian lebih tinggi, yaitu 0.002% (dua bagian per 100000).





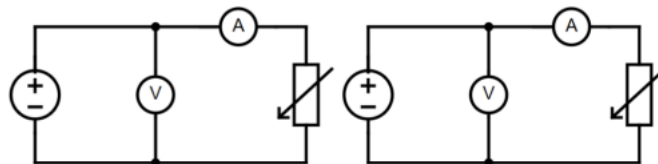
Gambar 1. Multimeter

Setelah mendapatkan nilai I_N , kita dapat mencari nilai resistansi ekuivalen Norton (R_N) dengan cara mematikan sumber pada rangkaian. Sumber tegangan akan menjadi short circuit, sedangkan sumber arus akan menjadi open circuit.

3.3. PERALATAN PERCOBAAN

- Multimeter Digital
- Kabel Jumper
- Power Supply
- Variable resistance

3.4. RANGKAIAN PERCOBAAN



Gambar 2. Rangkaian percobaan

**Percobaan menggunakan alat ukur digital*

3.5. PROSEDUR PERCOBAAN

- Menyiapkan alat pengukuran
- Memutar range pengukuran sesuai dengan apa yang ingin diukur (tegangan/arus)
- Merangkai rangkaian percobaan sesuai dengan gambar pada rangkaian percobaan dengan beban berupa variabel resistor.
- Menyalakan power supply yang digunakan
- Memberikan resistansi pada variabel resistor sesuai dengan arahan asisten
- Melakukan variasi nilai tegangan pada power supply
- Mengamati dan mencatat nilai tegangan dan arus yang terbaca oleh multimeter digital





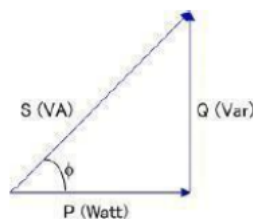
MODUL 4 | PENGUKURAN DAYA 1 FASA

4.1. TUJUAN PRAKTIKUM

- Mengetahui dan memahami karakteristik hasil pengukuran daya dan faktor daya pada rangkaian arus bolak-balik dengan berbagai jenis beban.
- Memahami mengapa ada variasi jenis daya pada rangkaian sistem AC.

4.2. 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 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.



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

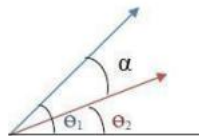
Sehingga dengan meninjau adanya pergeseran sudut antara arus dengan tegangan, maka rumus daya dapat dinyatakan sebagai:

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

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 adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Ilustrasi hubungan sudut tegangan dengan arus

Dengan :

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

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

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





MODUL 5 | KUALITAS DAYA DAN PENGUKURAN DAYA 3 FASA

5.1. TUJUAN PRAKTIKUM

- Memahami pengertian kualitas daya.
- Memahami jenis-jenis gangguan sebuah kualitas daya.
- Memahami pengukuran daya 3 fasa dengan menggunakan wattmeter dan PQA.
- Memahami pengukuran faktor daya beban RLC menggunakan PQA.

5.2. 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 terkait 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), tegangan yang hilang akibat impedansi pada rangkaian.

b. Gejala Peralihan (Transient), suatu gejala perubahan variabel (tegangan, arus dan lain-lain) yang terjadi selama masa transisi dari keadaan operasi tunak (steady state) menjadi keadaan yang lain, transient dibagi menjadi:

- Transient Impuls: gejala transien yang mempunyai satu arah polaritas.
- Transient Oscillatory: gejala transien yang mempunyai dua arah polaritas.

c. Gejala Perubahan Tegangan Durasi Pendek (Short-Duration Variations) yaitu suatu gejala perubahan nilai tegangan dalam waktu yang singkat yaitu kurang dari 1 (satu) menit.

- Berdasarkan waktu lama kejadian, SDV terdiri dari 3 jenis, yaitu:
 - a) Instantaneous: Perubahan tegangan terjadi dalam waktu 0,5 sampai 30 cycles.
 - b) Momentary: perubahan tegangan terjadi dalam waktu 30 cycles sampai 3 detik.
 - c) Temporary: perubahan tegangan terjadi dalam waktu 3 detik sampai 1 menit.





- Berdasarkan nilai perubahan tegangan, SDV terdiri dari 3 jenis, yaitu:
 - a) Interruption: penurunan tegangan atau arus listrik sampai dibawah 0.1 pu untuk sebuah periode waktu yang tidak melebihi 1 menit.
 - b) Sag: penurunan tegangan atau arus listrik 0.1-0.9 pu dalam waktu 0.5 cycles -1 menit.
 - c) Swell: kenaikan tegangan atau arus listrik pada 1.1-1.8 pu dalam waktu 0.5 - 1 menit.
- d. Gejala Perubahan Tegangan Durasi Panjang (Long-Duration Variations), yaitu suatu gejala perubahan nilai tegangan, dalam waktu yang lama yaitu lebih dari (satu) menit, dibagi menjadi 3 jenis, yaitu Interupsi Berkelanjutan (Sustained Interruption), undervoltages, dan overvoltages.
- e. Ketidakseimbangan Tegangan (Voltage Unbalance), gejala perbedaan besarnya tegangan dalam sistem tiga fasa serta sudut fasanya.
- f. Distorsi Gelombang, contohnya adalah harmonik yaitu gejala penyimpangan dari suatu gelombang (tegangan dan arus) dari bentuk idealnya berupa gelombang sinusoidal.
- g. Tegangan Kedip (Flicker): variasi tegangan akibat perubahan beban yang cepat dan terus-menerus.
- h. Penyimpangan Frekuensi, jenisnya:
 - Variasi Frekuensi.
 - Radio Frequency Interference: gangguan yang disebabkan oleh induksi elektromagnetik dari sumber eksternal.
 - 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.

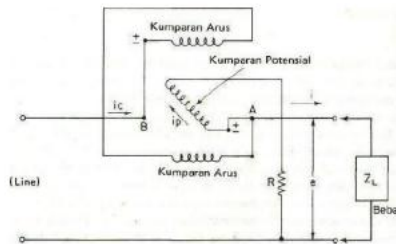




Terdapat 3 jenis tipe konstruksi dari wattmeter, yaitu:

- Tipe Elektrodinamis.
- Tipe Induksi.
- Tipe Thermocouple.

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



Gambar 1. Konstruksi wattmeter tipe elektrodinamis

Pada praktikum kali ini, metode yang digunakan adalah metode pengukuran daya menggunakan power quality analyzer. PQA sendiri merupakan alat ukur yang dapat mengukur kualitas daya baik 1 fasa maupun 3 fasa yang mana di dalamnya sudah terintegrasi pengukuran terhadap parameter listrik (tegangan, arus, daya, frekuensi, dll.) sehingga nantinya data yang diambil dapat digunakan untuk melakukan analisis

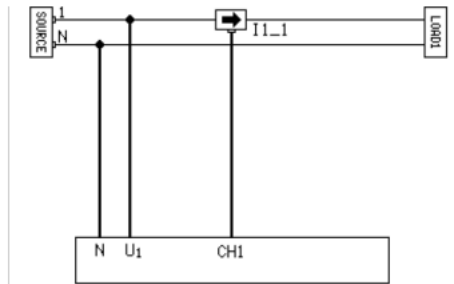
5.3. PERALATAN PERCOBAAN

- Power Quality Analyzer (PQA)
- Beban resistif
- Beban induktif
- Beban kapasitif
- Kabel
- Clamp Arus





5.4. RANGKAIAN PERCOBAAN



Gambar 2. Rangkaian Percobaan

(untuk konfigurasi wiring PQA dapat dibaca pada alat ukurnya)

5.5. PROSEDUR PERCOBAAN

Mengukur daya dan faktor daya berbagai jenis beban:

- Menyusun rangkaian percobaan seperti pada gambar 4!
- Merangkai PQA sesuai dengan panduan yang sudah tertera pada alat ukur!
- Menyusun kombinasi beban!
- Menyalakan saklar sumber!
- Mengukur dan mencatat pembacaan daya serta faktor daya!
- Mengulangi langkah ke 3 hingga 5 dengan variasi beban yang berbeda!





MODUL 6 | PENGUKURAN TINGKAT PENCAHAYAAN

6.1. TUJUAN PRAKTIKUM

- Memahami konsep cahaya dan pencahayaan.
- Mengetahui besaran – besaran dalam pengukuran pencahayaan.
- Memahami alat ukur pencahayaan.
- Mengetahui aplikasi dan manfaat pengukuran pencahayaan.

6.2. DASAR TEORI

Cahaya tampak (atau umum disebut cahaya) adalah bentuk dari radiasi elektromagnetik yang dapat ditangkap oleh mata dan memiliki panjang gelombang dengan jangkauan 380 nm hingga 750 nm. Selain itu, dalam fisika kuantum, cahaya dimodelkan sebagai suatu partikel tanpa massa yang disebut sebagai foton. Meskipun cahaya tidak memiliki massa, cahaya memiliki energi yang dapat dihitung dengan persamaan Planck:

$$E = hf$$

- h adalah konstanta Planck yang bernilai 6.626×10^{-34} Js
- f adalah frekuensi dari gelombang cahaya dalam Hz (atau s^{-1})
- E adalah energi cahaya dalam satuan Joule. Dalam konteks penguk

Dalam konteks pengukuran, pencahayaan 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:

- **Pencahayaan Alami**
Pencahayaan alami adalah pencahayaan yang bersumber dari sinar matahari.
- **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:

1. Sistem Pencahayaan Umum

Pada sistem ini iluminasi cahaya tersebar merata serta dengan intensitas kuat penerangan yang sama pada seluruh permukaan bidang horizontal di dalam ruang.





2. Sistem Pencahayaan Lokal

Pada sistem ini cahaya disediakan untuk memberikan pencahayaan terpusat dengan kuat penerangan yang tinggi secara selektif pada tempat atau bidang yang relatif luas. Biasanya diinstalasikan bersama pencahayaan umum, dimana pencahayaan lokal sebagai penerangan kerja dan pencahayaan umum sebagai penerangan dasar.

3. Sistem Pencahayaan Terarah

Pada sistem ini cahaya dikonsentrasikan dari suatu arah tertentu kepada bidang kerja didalam ruangan/area terbatas atau diarahkan ke spesifik objek seperti lukisan.

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:

- **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 Kelvin hingga maksimum 3700 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 kasat mata.



Gambar 1. Lampu Pijar





- Lampu Fluorescent

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.



Gambar 2. Lampu Fluorescent

- 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.



Gambar 3. HID





- 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. Dari persamaan Planck, terlihat bahwa energi dari satu partikel cahaya/foton sangatlah kecil. Maka dengan tidak adanya pemanasan komponen, berarti energi yang dibutuhkan oleh lampu untuk menghasilkan cahaya juga cukup kecil. Dengan jumlah energi yang sama, lampu LED mampu menghasilkan cahaya yang lebih terang daripada lampu konvensional yang menggunakan pemanasan komponen.

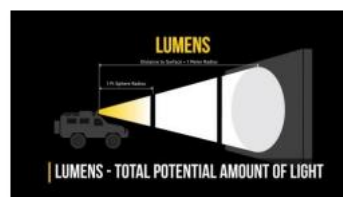


Gambar 4. Lampu LED

Dalam pengukuran cahaya, terdapat beberapa istilah yang digunakan, yaitu:

- Lumen (lm)

Lumen adalah output cahaya yang dapat dihasilkan atau diproduksi suatu sumber cahaya.



Gambar 5. Ilustrasi Lumen

Gambar 5. Ilustrasi Lumen





- Lux

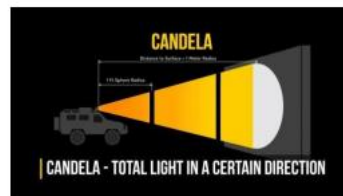
Lux adalah jumlah cahaya yang berada di suatu permukaan dengan jarak tertentu.



Gambar 6. Ilustrasi LUX

- Candela (cd)

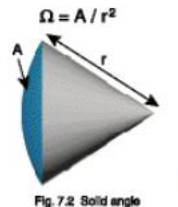
Candela adalah intensitas cahaya dalam sudut dan arah tertentu.



Gambar 7. Ilustrasi Candela

- Steradian

Steradian adalah satuan sudut ruang (3d) untuk suatu luas permukaan.



Gambar 8. Ilustrasi Steradian



LABORATORIUM TEGANGAN TINGGI DAN PENGUKURAN LISTRIK

MODUL PRAKTIKUM RANGKAIAN LISTRIK

Gedung Departemen Teknik Elektro, Lt.2
Kampus Baru UI, Depok 16424

Berikut adalah tabel konversi untuk beberapa besaran cahaya:

Dari	Ke	Dengan Data	Persamaan
Candela (I_v)	Lumen (ϕ_v)	Sudut α	$\phi_v = 2\pi I_v (1 - \cos \frac{\alpha}{2})$
Lumen (ϕ_v)	Candela (I_v)	Sudut α	$I_v = \frac{\phi_v}{2\pi(1 - \cos \frac{\alpha}{2})}$
Lumen (ϕ_v)	Lux (E_v)	Luas permukaan A (m^2)	$E_v = \frac{\phi_v}{A}$
Lux (E_v)	Lumen (ϕ_v)	Luas permukaan A (m^2)	$\phi_v = E_v A$
Candela (I_v)	Lux (E_v)	Jarak pengukuran D (m)	$E_v = \frac{I_v}{D^2}$
Lux (E_v)	Candela (I_v)	Jarak pengukuran D (m)	$I_v = E_v D^2$

Tabel Konversi Besaran Cahaya

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, yaitu:

- 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.

- Pengukuran Lokal

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

- 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 photocell menghadap sumber cahaya. Pengukuran kedua dengan membalik photocell untuk menghadap bidang ukur, kemudian menarik photocell sampai angka pada display menunjukkan angka tertinggi. Besarnya reflektan dirumuskan sebagai berikut:



$$\text{Reflektan} = \frac{\text{Pengukuran 2}}{\text{Pengukuran 1}} \times 100\%$$

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

- Pengukuran tingkat pencahayaan pada bangunan
- Pengukuran distribusi intensitas cahaya lumener
- Videografi, fotografi, dan arsitektur

6.3. PERALATAN PERCOBAAN

- Luxmeter LX-1108 = 1 buah
- Lampu Pijar = 1 buah
- Lampu TL = 1 buah
- Lampu LED = 2 buah
- Power supply AC = 1 buah

6.4. PROSEDUR PERCOBAAN

- Pastikan cahaya berasal dari lampu-lampu tersebut!
- Pengukuran akan dilakukan di 9 titik yang telah ditentukan!
- Atur letak luxmeter di ketinggian mata manusia!
- Pastikan cahaya yang ditangkap sensor luxmeter tidak tertutup bayangan!
- Nyalakan luxmeter, buka penutup sensornya dan catat nilai yang tertera pada luxmeter tersebut!
- Ulangi langkah tersebut hingga mencapai titik ke-9!





MODUL 7 | PENGUKURAN RESISTANSI PENTANAHAN (GROUNDING)

7.1. TUJUAN PRAKTIKUM

- Praktikan dapat mengetahui besarnya resistansi pentanahan suatu tempat.
- Praktikan dapat mengetahui dan memahami fungsi dan kegunaan dari pengukuran resistansi pentanahan dan aplikasinya sehari-hari.
- Praktikan dapat mengetahui faktor yang mempengaruhi nilai resistansi pentanahan suatu tempat.
- Praktikan dapat mengetahui prinsip kerja earth ground tester.
- Praktikan dapat mengetahui metode - metode pengukuran nilai resistansi pentanahan menggunakan earth ground tester.

7.2. DASAR TEORI

Pentanahan atau grounding merupakan sebuah sistem keamanan dalam dunia listrik yang bertujuan untuk menghilangkan beda potensial antara titik satu dengan titik lainnya. Beda potensial ini disebabkan oleh adanya kondisi arus yang abnormal atau terdapat kebocoran arus.

Grounding dilakukan dengan menghubungkan instalasi listrik dengan bumi/tanah sehingga manusia dan komponen - komponen instalasi listrik bisa aman dari sengatan listrik akibat arus yang bocor. Arus bocor tersebut dihilangkan dengan cara dialirkan ke dalam bumi. Selain itu, grounding juga dapat digunakan untuk mengaliri arus sambaran petir ke dalam bumi agar sambarannya tidak mengenai benda sekitar.

Mengapa kita perlu mengukur resistansi dari sistem grounding? Sebelum itu, kita perlu tahu apa definisi dari resistansi grounding. Jadi, resistansi grounding adalah resistansi yang mencakup tiga hal, yaitu resistansi dari konduktor sistem grounding, resistansi kontak antara konduktor sistem grounding dengan tanah, dan resistansi dari tanah yang telah dialiri arus bocor. Pengukuran dari resistansi sistem grounding ini bertujuan untuk mengetahui apakah suatu sistem grounding yang sudah terpasang bagus atau tidak dalam mengaliri arus yang bocor atau arus dari sambaran petir.





Terdapat beberapa tujuan dari grounding:

- Keamanan dan keselamatan
- Jalur pembuangan arus bocor
- Perlindungan/proteksi pada peralatan

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

a. Semua komponen instalasi yang dapat menghantarkan listrik (logam, besi, dll) dan dengan mudah bisa disentuh manusia.

Hal ini diperlukan agar potensial dari komponen 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 atau penangkal petir 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 sendiri adalah gejala alam yang biasanya sering muncul di musim hujan di saat langit memunculkan kilatan cahaya sesaat. Petir bisa terjadi karena ada perbedaan potensial antara awan dengan 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.





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

1. Sistem Proteksi Internal

Sistem proteksi internal merupakan sistem proteksi yang bertujuan untuk mengeliminasi tegangan lebih yang ditimbulkan akibat adanya pengaruh induksi medan listrik dan medan magnetik pada bahan-bahan metal yang terdapat pada sistem listrik elektronik akibat dari mengalirnya arus petir tersebut. Berikut adalah jenis dari sistem proteksi internal:

- bonding
- divais pengaman (surge protection devices)
- shielding

2. Sistem Proteksi Eksternal

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

a. Dissipation Array System (DAS)

Dissipation array system berfungsi untuk “membatalkan” pembentukan 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.

b. Charge Transfer System (CTS)

Charge transfer system merupakan sistem proteksi petir eksternal yang paling umum digunakan. Dalam sistem ini, petir akan “diarahkan” menuju sistem CTS sehingga petir tidak akan menyambar bagian - bagian lain dari suatu objek di sekitarnya.

Berikut adalah jenis metode dari charge transfer system (CTS):

- Franklin Rod
- Sangkar Faraday
- Radioaktif (Early Streamer Emission Air Terminal)

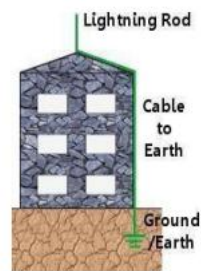




Dalam sistem grounding terdapat beberapa komponen penting, yaitu

- Air terminal: bagian dari sistem grounding yang akan menangkap arus petir.
- Down conductor: konduktor yang akan mengalirkan arus petir dari air terminal ke tanah.
- Elektroda pentanahan: logam yang menghubungkan sistem grounding ke tanah.
- Tanah: tempat dibuangnya arus bocor dari petir.

Berikut ini merupakan gambar dari sistem grounding suatu bangunan:



Gambar 1. Sistem grounding

Kualitas sistem grounding ditentukan oleh besar resistansinya. Nilai standar sistem grounding yang baik umumnya memiliki nilai resistansi yang lebih kecil dari 5 Ohm menurut IEEE dan 1 Ohm menurut SPLN. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai resistansi sistem grounding adalah sebagai berikut:

- Kondisi tanah.
- Kelembaban.
- Kerapatan tanah/jenis tanah.
- Kedalaman elektroda grounding.
- Jenis elektroda grounding.
- Luas penampang down conductor.
- Suhu (muai).
- Jenis air terminal.





Sesuai dengan beberapa faktor yang telah disebutkan di atas, berikut ini merupakan berbagai cara untuk memperkecil nilai resistansi grounding:

1. Memparalel elektroda grounding.

Sesuai dengan hukum Ohm, apabila suatu resistor disusun secara paralel maka total resistansi nya akan selalu lebih kecil dibandingkan dengan disusun secara seri.

2. Mengubah jenis elektroda grounding.

Jenis material elektroda bisa bermacam - macam, ada yang tingkat konduktivitasnya tinggi dan rendah. Semakin tinggi tingkat konduktivitas elektroda maka semakin rendah resistansi benda tersebut.

3. Membuat kolam agar tanah menjadi lembab.

Tanah yang lembab merupakan tanah yang tingkat konduktivitasnya tinggi. Hal ini disebabkan oleh kandungan air yang terdiri dari banyak mineral sehingga relatif baik untuk menghantarkan listrik (resistansi rendah).

4. Memberi garam pada tanah.

Garam terdiri dari ion - ion yang dapat menghantarkan listrik. Maka dari itu, penambahan garam pada tanah akan menyebabkan tanah menjadi konduktif atau dengan kata lain resistansi nya rendah.

5. Memperdalam penanaman elektroda grounding.

Semakin dalam penanaman elektroda maka semakin rendah resistansinya. Hal ini disebabkan oleh mineral - mineral bawah tanah yang baik untuk menghantarkan listrik.





Dalam mengukur resistansi grounding, terdapat dua metode yang biasa dilakukan, yaitu:

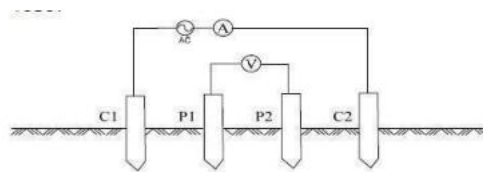
1. Metode empat titik (four electrode method)

Metode ini digunakan untuk mengukur resistivitas dari tanah. Pengukuran resistivitas grounding dengan metode ini membutuhkan peralatan berikut:

- Kutub tanah pertolongan/batang besi 4 buah.
- Amperemeter 1 buah.
- Voltmeter sumber daya AC 1 buah.

Cara penyambungan:

Terdapat 4 elektroda (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:

$$\rho = 2 \times \pi \times a \times R$$

di mana:

- $\pi = 3,14$
- a = Jarak Antara Batang Besi
- $R = V / I$ (ohm)





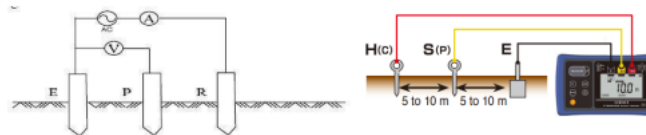
LABORATORIUM TEGANGAN TINGGI DAN PENGUKURAN LISTRIK

MODUL PRAKTIKUM RANGKAIAN LISTRIK

Gedung Departemen Teknik Elektro, Lt.2
Kampus Baru UI, Depok 16424

2. Metode tiga titik (three-point method)

Metode tiga titik atau bisa disebut sebagai fall of potential method ini bertujuan untuk mengukur resistansi sistem grounding. Terdapat tiga buah elektroda grounding dimana elektroda E adalah elektroda yang terdapat di dalam tanah (down conductor) yang resistansinya hendak diukur, sedangkan elektroda lainnya adalah sebagai elektroda pembantu seperti pada gambar berikut:



Gambar 3. Metode tiga titik

7.3. PERALATAN PERCOBAAN

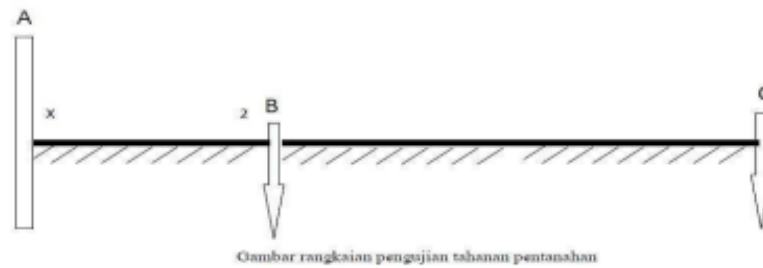
- Earth Tester Hioki FT6031-50
- Kabel penghubung
- Paku pentanahan



Gambar 4. Earth Tester Hioki FT6031-50.



7.4. RANGKAIAN PERCOBAAN



Gambar rangkaian pengujian tahanan pentanahan

Keterangan :

A = Down Conductor

B = Paku Pentanahan I

C = Paku Pentanahan 2

Gambar 6. Rangkaian percobaan tahanan pentanahan

7.5. PROSEDUR PERCOBAAN

- Persiapkan seluruh peralatan yang akan digunakan!
- Tancapkan kedua elektroda ke tanah dengan jaraknya sesuai instruksi aslab!
- Capitkan kabel penghubung hitam ke down conductor (pastikan kabel penghubung dan down conductor tersambung secara elektrik) dan hubungkan ke Earth Tester pada port E!
- Capitkan ujung kedua kabel merah (arus) dan kuning (tegangan) tersebut ke elektroda sesuai diagram metode tiga titik dan sambungkan ke Earth Tester pada port H (arus)!
- Pastikan seluruh kabel sudah terpasang dengan baik!
- Nyalakan Earth Tester lalu tekan dan tahan tombol “Measure” dan catat hasilnya!



MODUL 8 | PENGUKURAN KONSUMSI ENERGI

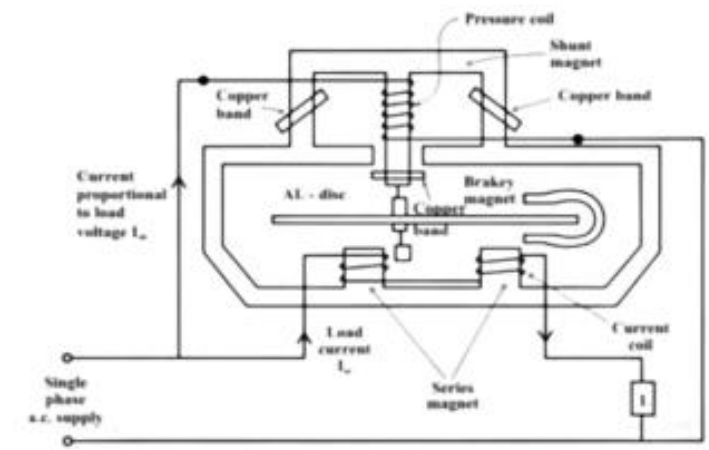
8.1. TUJUAN PRAKTIKUM

- Mengetahui cara kerja kWh meter.
- Mengetahui perbedaan kWh meter analog dengan digital.
- Mengetahui kelebihan dan kekurangan kWh meter analog dan digital.

8.2. 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
- Sistem penghitung.





Penjabaran:

1. Sistem Pengarah

Bagian ini terdiri dari 2 buah elektromagnet yang disebut sebagai “magnet shunt” dan “magnet seri”. Kumparan tegangan yang terkoneksi dengan suplai diletakkan pada bagian tengah dari magnet shunt. Sedangkan kumparan arus terhubung seri dengan beban. Kumparan 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.

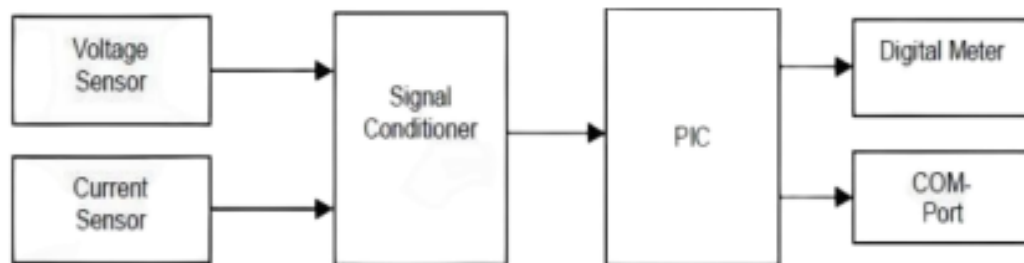




Pada KWh meter digital, tentunya menghasilkan hasil pengukuran yang jauh lebih akurat. Namun KWh meter digital ini tentunya memiliki komponen yang lebih rumit, seperti IC, display, sensor tegangan, dan lainnya. Komponen - komponen penyusun kWh meter digital antara lain yaitu:

- 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 Analog

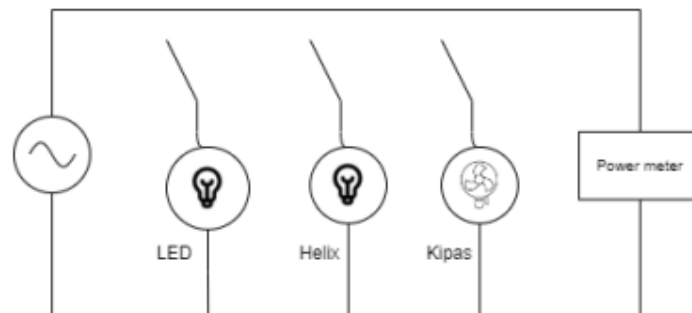
8.3. PERALATAN PERCOBAAN

- Power Meter
- Lampu LED 20 W
- Lampu Helix 45 W
- Kipas 20 W
- Kabel Penghubung





8.4. RANGKAIAN PERCOBAAN



Gambar 3. Rangkaian Percobaan Pengukuran Konsumsi Energi

8.5. PROSEDUR PERCOBAAN

- Merangkai rangkaian sesuai dengan gambar percobaan!
- Mencatat nilai awal yang tertera pada Power Meter!
- Menyalakan sumber AC!
- Menunggu sesuai dengan waktu yang tertera pada borang praktikum!
- Mencatat nilai daya akhir dan energi akhir yang tertera pada Power Meter!
- Membandingkan data dari Power Meter dengan perhitungan serta mencari persentase error!

