

## **BAB III**

### **KLASIFIKASI ALAT UKUR LISTRIK**

#### **A. Klasifikasi Alat Ukur Listrik Berdasarkan Sistem Kerjanya**

Berdasarkan sistem kerjanya alat ukur listrik dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu alat ukur penunjuk (*Indicating Instruments*), alat ukur pencatat (*Recording Instruments*), dan alat ukur penjumlah (*Integrating Instruments*).

##### **1. Alat Ukur Penunjuk (*Indicating Instruments*)**

Alat ukur penunjuk adalah alat ukur yang langsung menunjukkan besaran yang diukur, biasanya menggunakan jarum penunjuk. Tetapi sekarang ada pula yang tidak menggunakan jarum penunjuk yaitu alat ukur digital. Banyak alat ukur yang termasuk kategori ini, misalnya Voltmeter, Amperemeter.

##### **2. Alat Ukur Pencatat (*Recording Instruments*)**

Alat Ukur Pencatat adalah alat ukur yang mencatat secara terus menerus besaran yang diukur selama periode waktu yang ditentukan. Pada alat ini terdapat pena dan gulungan kertas yang berputar. Pena tersebut akan bergerak sebanding dengan besaran listrik yang diukur sehingga perubahannya tercatat secara kontinyu. Sebagai contoh adalah *recording voltmeter* yang terdapat pada gardu induk yang mencatat fluktuasi tegangan yang terjadi.

##### **3. Alat Ukur Penjumlah (*Integrating Instruments*)**

Alat ukur penjumlah adalah alat ukur yang mengukur jumlah total energi listrik yang dikonsumsi oleh suatu rangkaian dalam periode waktu tertentu. Energi yang diukur ini sebenarnya merupakan perkalian antara daya aktif dengan waktu. Kilo Watt Hour meter (kWh meter) merupakan contoh dari alat ukur jenis ini.

#### **B. Klasifikasi alat ukur listrik berdasarkan prinsip kerja**

Menurut prinsip kerja dan konstruksi dari pada alat ukur listrik dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- alat ukur kumparan putar magnet permanen (PMMC)
- alat ukur besi putar
- alat ukur elektro dinamis
- alat ukur elektro statis
- alat ukur induksi
- alat ukur berdasarkan efek panas

##### **1. Alat ukur kumparan putar**

Alat ukur kumparan putar adalah alat pengukur yang bekerja atas dasar adanya suatu kumparan listrik, yang ditempatkan pada medan magnet, yang berasal dari suatu magnet pemanen. Alat ukur jenis ini tidak terpengaruh magnet luar, karena telah memiliki medan

magnet yang kuat terbuat dari logam alnico yang berbentuk U. Arus yang dialirkan melalui kumparan akan menyebabkan kumparan tersebut berputar. Alat ukur kumparan putar adalah alat ukur yang dipakai untuk arus searah.



**Gambar 3.1.** Prinsip kerja alat ukur kumparan putar

Alat ukur ini konstruksinya terdiri dari sebuah kumparan (*coil*) yang dapat bergerak atau berputar bebas yang ditempatkan dalam medan magnet permanen. Jarum penunjuk diletakkan pada kumparan putarnya.

Konstruksi alat ukur kumparan putar terdiri dari permanen magnet, kumparan putar dengan inti besi bulat, jarum penunjuk terikat dengan poros dan inti besi putar, skala linear, dan pegas spiral rambut, serta pengatur posisi nol (**Gambar 8.13**). Torsi yang dihasilkan dari interaksi elektromagnetik sesuai persamaan:

$$\tau = B \times A \times I \times N$$

$\tau$  = Torsi (Nm)

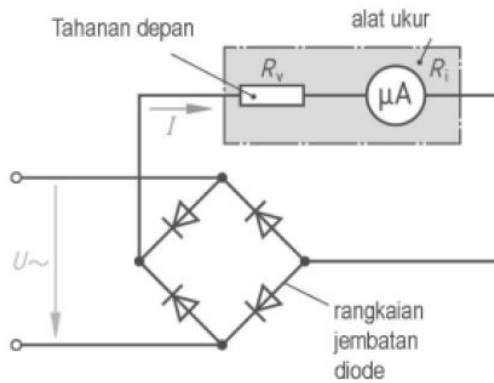
$B$  = kerapatan fluk magnet (Wb/m<sup>2</sup>)

$A$  = luas efektif koil (m<sup>2</sup>)

$I$  = arus ke kumparan putar (A)

$N$  = jumlah belitan

Dari persamaan di atas, komponen  $B$ ,  $A$  dan  $N$  adalah konstan, sehingga torsi berbanding lurus dengan arus mengalir ke kumparan putar. Data alat ukur kumparan putar dengan dimensi 31/2 in, arus 1 mA, simpangan skala penuh 100 derajat memiliki  $A$  : 1,72 cm<sup>2</sup>,  $B$  : 2.000 G(0,2 Wb/m<sup>2</sup>,  $N$ : 84 lilit,  $T$  :  $2,92 \times 10^{-6}$  Nm R kumparan putar: 88 $\Omega$ , disipasi daya: 88  $\mu$ W. Untuk pengukuran listrik AC alat ukur kumparan putar ditambahkan komponen tambahan, yaitu diode bridge sebagai penyearah AC ke DC.

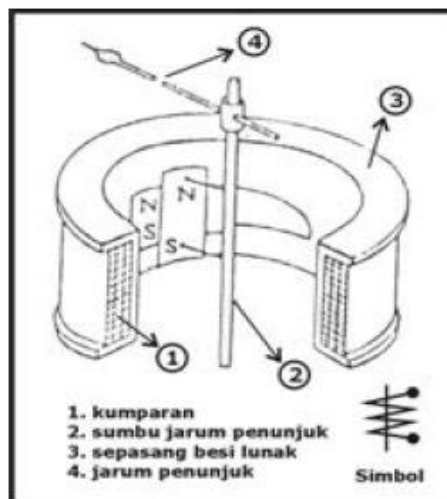


**Gambar 3.2.** Meter kumparan putar dengan diode penyearah

Tahanan seri  $R_V$  untuk mendrop tegangan sehingga batas ukur dan skala pukuran sesuai. Sehingga tahanan total  $R_T = R_V + R$ . Multimeter menggunakan kumparan putar sebagai penggerak jarum penunjuknya.

## 2. Alat ukur besi putar

Alat ukur dengan prinsip kerja besi putar atau disebut juga sistem elektromagnet adalah sesuatu alat ukur yang mempunyai kumparan tetap dan besi yang berputar. Konstruksi dari alat ukur ini terdiri dari kumparan tetap dan sepasang besi lunak mudah mengalami demagnetisasi, besi lunak tersebut ditempatkan dalam ruang antara kumparan tetap dimana besi lunak yang satu ditempatkan menempel dengan kumparan tetap sedang besi lunak yang lain berhubungan dengan sumbu as dari jarum penunjuk sehingga dapat berputar/bergerak bebas.



**Gambar 3.3.** Prinsip kerja besi putar

### Cara kerja

Bila ada arus yang mengalir pada kumparan maka ruangan tersebut akan ada medan magnet yang mengakibatkan kedua besi lunak tersebut demagnetisasi dan bersifat sebagai magnet

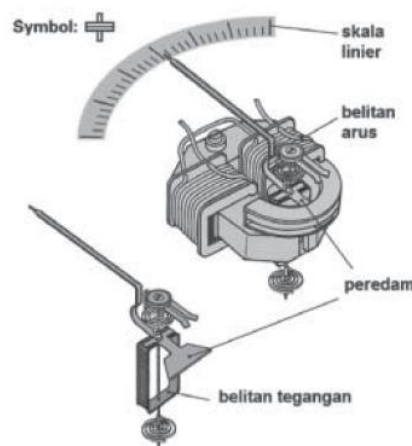
permanen. Pasangan besi lunak tersebut mempunyai sepasang kutub yang sama sehingga kutub-kutub yang sejenis akan tolak menolak dan besarnya penyimpangan tergantung dari besarnya arus yang lewat pada kumparan.

Alat ukur jenis besi putar mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- Dapat digunakan untuk pengukuran arus searah maupun bolak balik.
- Mempunyai ketelitian yang rendah.
- Untuk mengukur arus yang sedang dan besar.
- Sederhana dan kuat dalam konstruksi

### 3. Alat ukur elektrodinamik

Konstruksi terdiri dari kumparan putar dan kumparan tetap, medan magnet dibangkitkan oleh kumparan tetap yang mempunyai bagian dua gulungan yang dipasang paralel satu sama lain sedang rangkaian elektrisnya dari kedua kumparan tersebut terhubung seri atau paralel.



**Gambar 3.4.** Prinsip kerja elektrodinamik

Alat ukur elektrode memiliki dua jenis belitan kawat, yaitu belitan kawat arus yang dipasang, dan belitan kawat tegangan sebagai kumparan putar terhubung dengan poros dan jarum penunjuk. Interaksi medan magnet belitan arus dan belitan tegangan menghasilkan sudut penyimpangan jarum penunjuk sebanding dengan daya yang dipakai beban:

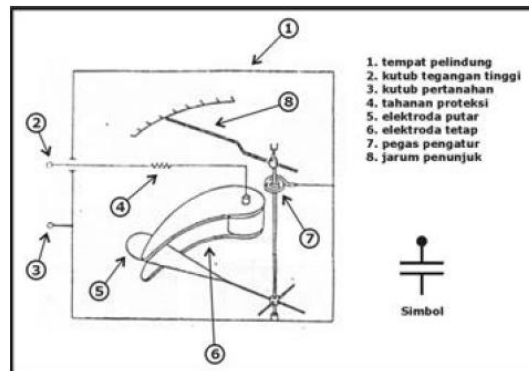
$$P = V \cdot I \cdot \cos \theta$$

Alat ukur elektrodinamik memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Dapat digunakan pada pengukuran arus listrik bolak-balik maupun searah
- Mempunyai ketelitian yang tinggi
- Pemakaian dayanya tinggi
- Biasa digunakan pada Wattmeter

#### 4. Alat ukur elektrostatik

Alat ukur ini bekerja atas dasar gaya elektrostatik sebagai akibat interaksi antara dua elektroda yang mempunyai beda potensial.



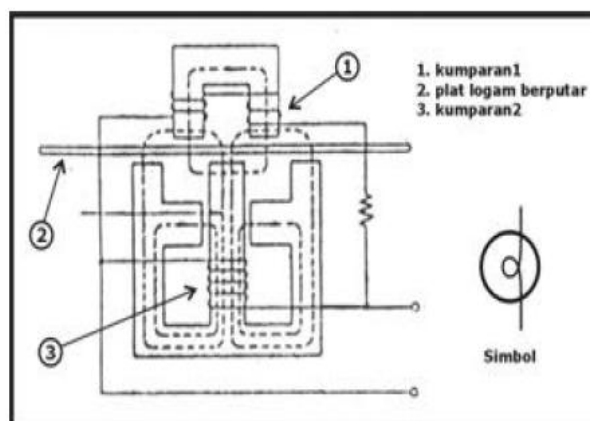
Gambar 3.5. Prinsip kerja elektrostatik

#### Cara kerja

Bila tegangan yang akan diukur ditempatkan diantara elektroda tetap dan elektroda berputar maka pada elektroda putar akan mendapatkan momen putar yang sebanding dengan  $V^2$  elektroda ini dibuat sedemikian sehingga didapatkan skala rata. Momen yang menyebabkan elektroda putar bergerak didapat dari medan elektrostatik yang terjadi diantara kedua keping elektroda yang bertindak sebagai kondensator. Alat ukur ini untuk mengukur tegangan yang tinggi.

#### 5. Alat ukur Induksi

Alat ukur ini terdiri dari piringan logam yang dapat berputar pada porosnya dan dua buah kumparan tetap. Alat ukur induksi memiliki sistem perputaran sederhana dan kokoh. Disamping itu, mudah untuk dibuat sebagai alat ukur sengan sudut penunjukkan yang lebar.



Gambar 3.6. Prinsip kerja induksi

#### Cara kerja

Bila kumparan induksi dilalui arus maka akan timbul medan magnet bolak-balik sehingga menimbulkan arus putar pada piringan logam dan akan membangkitkan pula medan magnet sehingga interkasi kedua medan magnet ini akan menimbulkan momen putar/gerak pada piringan logam.

Alat ukur jenis induksi mempunyai karakteristik sebagai berikut:

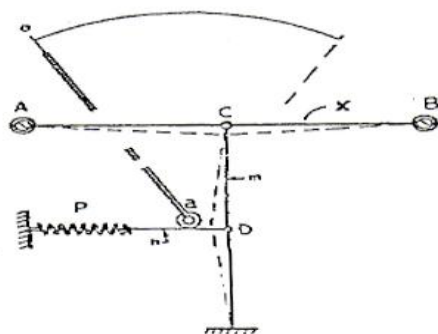
- Mempunyai konstruksi yang sederhana dan kokoh
- Mudah dibuat dengan skala pembacaan yang lebar
- Tidak terlalu berpengaruh oleh medan magnet luar
- Menyerap daya yang besar
- Hanya dapat digunakan pada pengukuran arus bolak-balik

## 6. Alat ukur kawat panas

Alat ukur kawat panas ini terdiri dari sebuah kawat lurus yang panjang yang terdiri dari campuran logam platina dan iridium, yang bekerja dengan memanfaatkan konsep pemuaian.

### Cara kerja

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



Gambar - kawat panas

Keterangan :

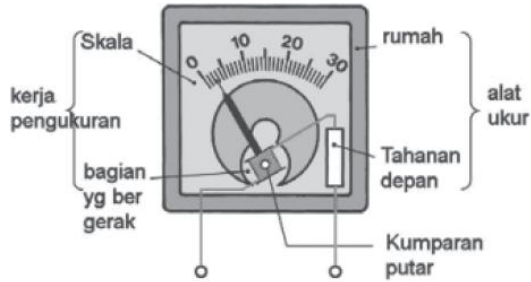
- |                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| A & B = baut terminal | m = kawat penarik |
| C = tempat pengikat   | n = tali penarik  |
| D = ikatan tali       | x = kawat panas   |
| P = pegas             |                   |
| a = poros penggulung  |                   |

Gambar 3.7. Prinsip kerja kawat panas

### C. Klasifikasi Alat Ukur Berdasarkan Sistem Pengukuran

#### 1. Alat Ukur Analog

Alat ukur listrik analog merupakan alat ukur generasi awal dan sampai saat ini masih digunakan. Bagiannya banyak komponen listrik dan mekanik yang saling berhubungan. Bagian listrik yang penting adalah, magnet permanen, tahanan meter, dan kumparan putar. Bagian mekanik meliputi jarum penunjuk, skala dan sekrup pengatur jarum penunjuk.



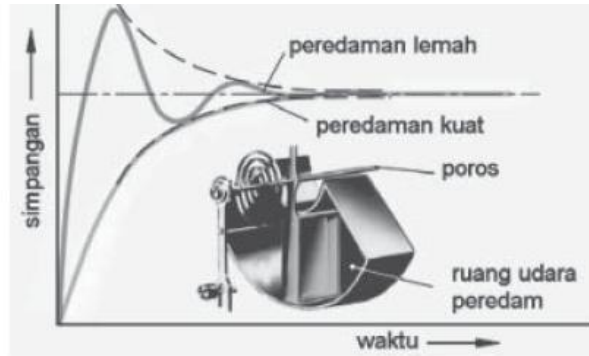
**Gambar 3.8.** Komponen alat ukur listrik analog

Mekanik pengatur jarum penunjuk merupakan kedudukan poros kumparan putar yang diatur kekencangannya (Gambar 3.9). Jika terlalu kencang jarum akan terhambat, jika terlalu kendur jarum akan mudah goncang. Pengaturan jarum penunjuk sekaligus untuk memposisikan jarum pada skala nol meter.



**Gambar 3.9.** Dudukan poros jarum penunjuk

Alat ukur analog memiliki komponen putar yang akan bereaksi begitu mendapat sinyal listrik. Cara bereaksi jarum penunjuk ada yang menyimpang dulu baru menunjukkan angka pengukuran. Atau jarum penunjuk bergerak ke angka penunjukan perlahan-lahan tanpa ada penyimpangan. Untuk itu digunakan peredam mekanik berupa pegas yang terpasang pada poros jarum atau bilah sebagai penahan gerakan jarum berupa bilah dalam ruang udara (Gambar 3.10). Pada meter dengan kelas industri baik dari jenis kumparan putar maupun jenis besi putar seperti meter yang dipasang pada panel meter banyak dipakai peredam jenis pegas.



**Gambar 3.10.** Pola penyimpangan jarum meter analog

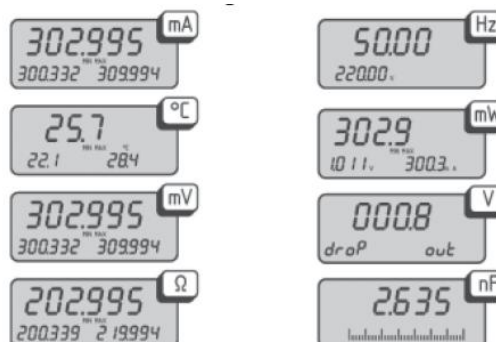
Bentuk skala memanjang saat ini jarang ditemukan. Bentuk skala melingkar dan skala kuadran banyak dipakai untuk alat ukur voltmeter dan ampermeter pada panel meter.



**Gambar 3.11.** Jenis skala meter analog

## 2. Alat Ukur Digital

Alat ukur digital saat sekarang banyak dipakai dengan berbagai kelebihannya, murah, mudah dioperasikan, dan praktis. Multimeter digital mampu menampilkan beberapa pengukuran untuk arus miliamper, temperatur °C, tegangan milivolt, resistansi ohm, frekuensi Hz, daya listrik mW sampai kapasitansi nF.

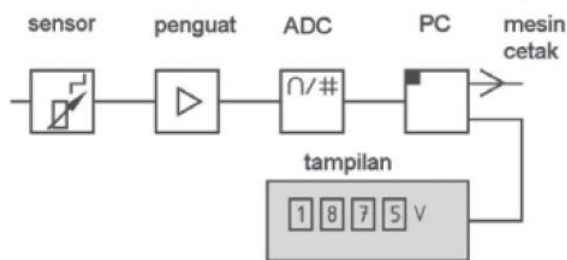


**Gambar 3.12.** Tampilan penunjukan digital

Pada dasarnya data /informasi yang akan diukur bersifat analog. Blok diagram alat ukur digital terdiri komponen sensor, penguat sinyal analog, analog to digital converter,

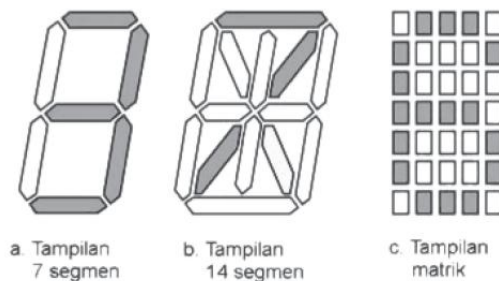


mikroprosesor, alat cetak, dan display digital (Gambar 3.13). Sensor mengubah besaran listrik dan non elektrik menjadi tegangan, karena tegangan masih dalam orde mV perlu diperkuat oleh penguat input.



**Gambar 3.13.** Sistem kerja alat ukur digital

Sinyal input analog yang sudah diperkuat, dari sinyal analog diubah menjadi sinyal digital dengan (ADC) analog to digital akan diolah oleh perangkat PC atau mikroprosesor dengan program tertentu dan hasil pengolahan disimpan dalam sistem memori digital. Informasi digital ditampilkan dalam display atau dihubungkan dicetak dengan mesin cetak. Display digital akan menampilkan angka diskrit dari 0 sampai angka 9 ada tiga jenis, yaitu 7-segmen, 14-segmen dan dot matrik 5 x 7 (Gambar 8.11). Sinyal digital terdiri atas 0 dan 1, ketika sinyal 0 tidak bertegangan atau OFF, ketika sinyal 1 bertegangan atau ON.



**Gambar 3.14.** Tiga jenis display digital