

BAB I

PENDAHULUAN

Satuan dan Standar

Ilmu pengukuran listrik merupakan bagian integral dari pada ilmu fisika. Kebanyakan alat ukur yang digunakan sekarang pada prinsipnya sama dengan alat ukur konvensional, tetapi sudah banyak mengalami perbaikan tentang ketelitiannya

Untuk menetapkan nilai dari beberapa besaran yang bisa diukur, harus diketahui dulu nilai, jumlah dan satuannya. Jumlah biasanya ditulis dalam bentuk angka-angka sedangkan satuannya menunjukkan besarnya.

Pengertian tentang hal ini adalah penting dan harus diketahui dan disetujui bersama oleh teknisi-teknisi antara bangsa-bangsa karena dengan melihat macam satuannya maka dapat diketahui besaran pada alat ukurnya.

Untuk menetapkan sistem satuan ini dibentuklah suatu komisi standar internasional. Sistem satuan yang pertama adalah C.G.S. (Centimeter, Gram, Second) sebagai dasar. Ada dua sistem C.G.S. yang digunakan yaitu C.G.S. elektrostatik dan C.G.S. elektrodinamis. Dalam pengukuran listrik yang banyak digunakan adalah yang kedua.

A. Sistem Satuan C.G.S. dan Satuan Praktis

Satuan-satuan praktis yang sering digunakan dalam pengukuran-pengukuran besaran listrik adalah :

Arus Listrik	(I)	= Ampere	(A)
Tegangan	(V)	= Volt	(V)
Tahanan	(R)	= Ohm	(Ω)
Daya Semu	(S)	= Voltampere	(VA)
Daya Nyata	(P)	= Watt	(W)
Daya Reaktif	(Q)	= Voltampere reaktif	(VAR)
Induktansi	(L)	= Henry	(H)
Kapasitansi	(C)	= Farad	(F)
Muatan Listrik	(Q)	= Coulomb	(C)

B. Sistem Satuan M.K.S.

Tahun 1901 diusulkan sistem satuan Meter, Kilogram, Second (M.K.S.). Sistem ini merupakan pengembangan sistem C.G.S. dimana panjang dalam meter, berat dalam kilogram dan waktu dalam detik. Sehingga dalam sistem ini adalah sebagai berikut :

Luas	= m ²
Volume	= m ³
Kecepatan	= m/det
Gaya	= newton
Kerja, Energi	= joule
Daya	= watt
Kuat arus	= ampere
Tegangan	= volt

Alat Ukur

Secara umum alat ukur ada 2 type yaitu :

- Absolute Instruments

Merupakan alat ukur standar yang sering digunakan di laboratorium-laboratorium dan jarang dijumpai dalam pemakaian di pasaran lagi pula alat ini tidak memerlukan pengkalibrasian dan digunakan sebagai standar.

- Secondary Instruments

Merupakan alat ukur dimana harga yang ditunjukkan karena adanya penyimpangan dari alat penunjuknya dan ternyata dalam penunjukan ada penyimpangan maka alat ini harus lebih dulu disesuaikan/dikalibrasi dengan membandingkan dengan absolute instruments atau alat ukur yang telah lebih dulu disesuaikan.

Alat ukur dikelompokkan menjadi 2 yaitu :

- a. Alat ukur analog – jarum
- b. Alat ukur digital – angka elektronik

BAB II

Kesalahan-Kesalahan dalam Pengukuran

Didalam pengukuran listrik selalu dijumpai kesalahan-kesalahan hasil pengamatan. Kesalahan tersebut dapat terjadi karena sipengamat maupun oleh keadaan sekitarnya (suhu) atau dari alat ukur sendiri yang membuat kesalahan. Kesalahan dari konstruksi alat sendiri besarnya ditentukan oleh pabrik. Sebelum dibahas tentang kesalahan ini, maka perlu diketahui beberapa istilah yang dalam pengukuran listrik adalah sebagai berikut:

- Ketelitian (Accuracy) : angka yang menunjukkan pendekatan dengan harga yang ditunjukkan sebenarnya dari pada besaran yang diukur

Contoh :

Sebuah amperemeter menunjukkan arus sebesar 10A sedangkan accuracy 1% maka kesalahan pengukurannya adalah $1\% \times 10A = 0,1A$ sehingga harga sebenarnya dari hasil pengukurannya adalah $(10 \pm 0,1)A$.

- Presisi : kemampuan dari alat ukur dalam pengukurannya, bila dalam pengukurannya. Bila dalam pengukurannya kesalahannya kecil, maka presisinya tinggi, presisi ini hubungannya juga dengan accuracy.
- Sensitivitas : kemampuan alat ukur dengan input yang kecil sudah didapat perubahan output yang besar atau penyimpangan jarum penunjuk yang besar. Satuan sensitivitas: ohm/volt, secara umum sensitivitas ini hanya terdapat pada alat ukur voltmeter dimana tahanan dalam dari voltmeter tersebut besarnya adalah sensitivitas x dengan batas ukur voltmeter
- Error (kesalahan)
 - a. Relative Error : merupakan perbandingan antara besarnya kesalahan terhadap harga yang sebenarnya. Bila harga pembacaan adalah M sedang harga sebenarnya adalah T maka kesalahannya adalah $[(M-T)/T] \times 100\%$ yang dinyatakan dalam persentase, besar kecilnya error menunjukkan presisi dari alat ukur.
 - b. Kesalahan yang mungkin terjadi dalam pengukuran.
 - karena konstruksi yang besarnya ditentukan oleh pabrik atau berdasarkan kelas alat ukur tersebut
 - karena pembacaan jarum penunjuk, disebabkan karena jarum penunjuk kurang runcing, bayangan jarum penunjuk (kesalahan paralax)
 - karena letak alat ukur
 - karena metode pengukuran
 - karena temperatur
 - karena ketidakpastian rangkaian
 - karena kesalahan lain

BAB III

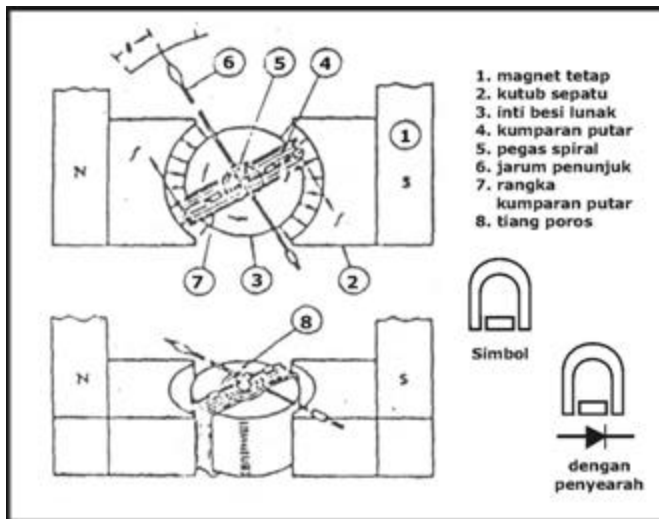
Klasifikasi Alat Ukur

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

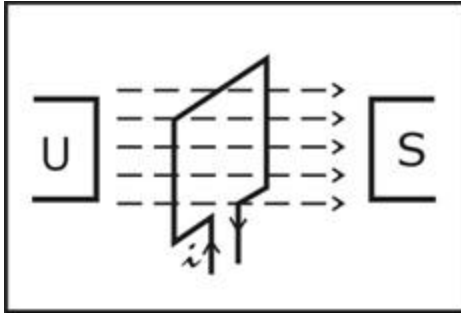
a. Alat ukur kumparan putar magnet permanen (PMMC)

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.



Cara kerja :

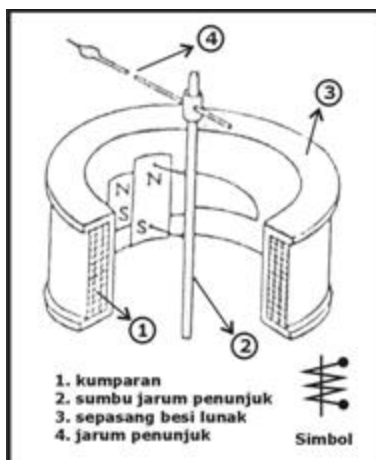
Bila kumparan dialiri arus searah maka kedua sisi kumparan yang berada dalam medan magnet akan timbul gaya Lorentz yang arahnya sesuai dengan kaidah tangan kiri Fleming



kedua gaya ini akan memberikan momen (kopel) sehingga kumparan akan berputar pada sumbunya dan berhenti pada kedudukan kumparan sejajar dengan bidang netral magnetik.

b. Alat ukur besi putar (Moving Iron Instrument)

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.

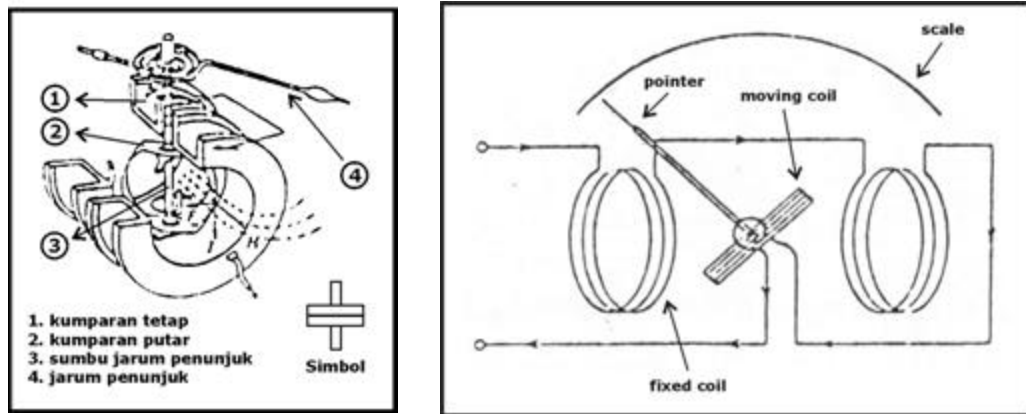


Cara kerja :

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.

c. Alat ukur elektrodinamis

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.

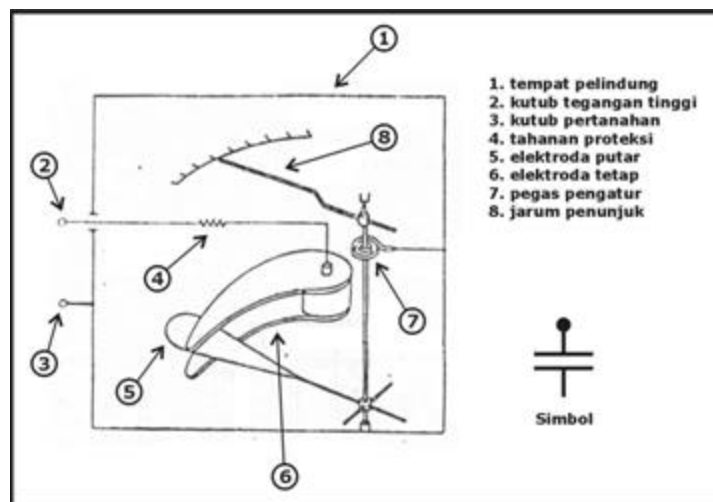


Cara kerja :

Prinsip kerjanya sama dengan PMMC hanya saja medan magnet terjadi dibangkitkan oleh kumparan tetap

d. Alat ukur elektrostatik

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

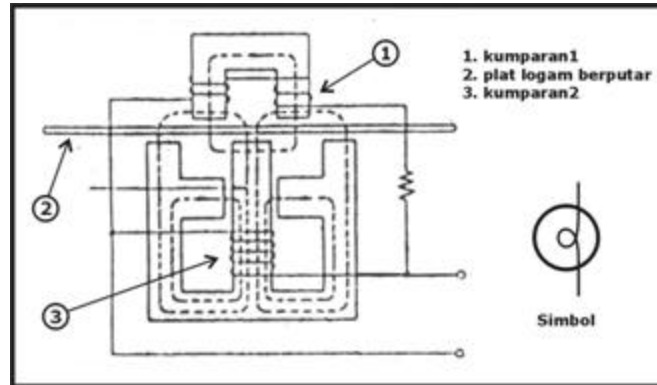


Cara kerja :

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 elektrostatis yang terjadi diantara kedua keping elektroda yang bertindak sebagai kondensator. Alat ukur ini untuk mengukur tegangan yang tinggi

e. Alat ukur induksi

Alat ukur ini terdiri dari piringan logam yang dapat berputar pada porosnya dan dua buah kumparan tetap.



Cara kerja :

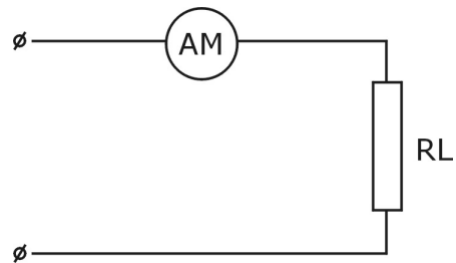
Bila kumparan induksi dilalui arus maka akan timbul medan magnet bolak-balik sehingga menimbulkan arus putar pada piringan logam dan akan membangkitkan pula medan magnet sehingga interaksi kedua medan magnet ini akan menimbulkan momen putar/gerak pada piringan logam.

BAB IV

Penggunaan Ampere Meter, Volt Meter dan Ohm Meter

a. Ampere Meter

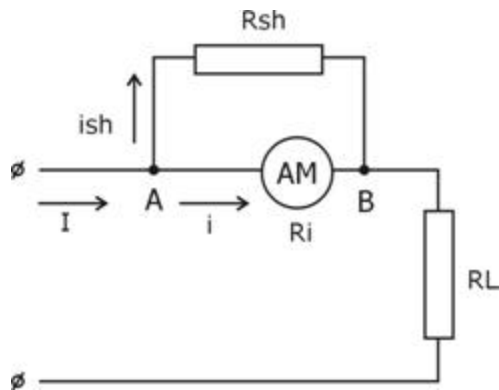
Untuk mengukur arus dapat digunakan ampere meter, cara pemasangan ampere meter dengan beban dimana arus tersebut mengalir harus dihubungkan seri, penyimpangan jarum penunjuk menunjukkan besarnya harga arus yang tertera, bila arus yang ditunjukkan melebihi dari batas ukur maka ampere meter tersebut akan rusak.



Memperbesar batas ukur/range ampere meter

- besaran arus searah

bila batas ukur misalnya i mA yang akan digunakan mengukur arus yang melebihi i mA maka harus dipasang tahanan paralel R_{shunt} dengan ampere meter



$$I_{sh} = (I - i) \text{ mA}$$

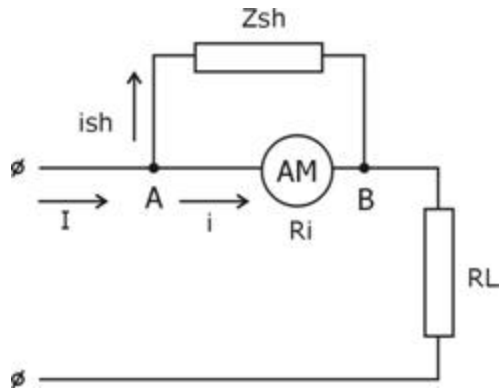
$$V_{AB} = i \cdot R_i$$

$$V_{AB} = I_{sh} \cdot R_{sh}$$

$$i \cdot R_i = I_{sh} \cdot R_{sh}$$

$$R_{sh} = (i/I_{sh}) \cdot R_i$$

- besaran arus bolak-balik
bila batas ukur misalnya imA yang akan digunakan mengukur arus yang melebihi imA maka harus dipasang impedansi paralel Z_{shunt} dengan ampere meter

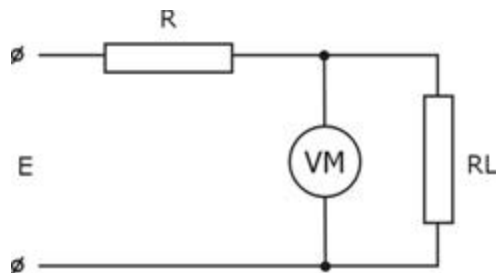


$$Z_i = R_i + j\omega L$$

$$Z_{sh} = R_{sh} + j\omega L_{sh}$$

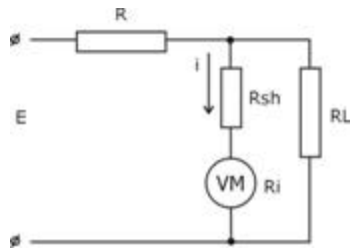
b. Volt Meter

Untuk mengukur tegangan dari pada terminal atau ujung dari suatu rangkaian dapat digunakan volt meter yang ditempatkan paralel terhadap beban yang hendak diketahui tegangannya. Bila tegangan yang diukur melebihi tegangan batas ukur dari voltmeter maka alat ukur tersebut akan rusak.



Memperbesar batas ukur dari voltmeter

- besaran arus searah
untuk memperbesar batas ukur dari voltmeter maka voltmeter tersebut dipasangkan seri dengan tahanan R_{shunt} .



$$V_{AB} = i \cdot R_{sh} + v$$

$$V = i \cdot R_{sh} + v$$

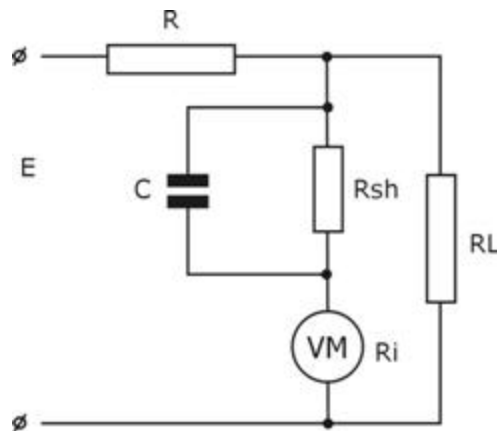
$$i \cdot R_{sh} = (V - v)$$

$$i \cdot R_{sh} = V - (i \cdot R_i)$$

$$R_{sh} = (V/i) - R_i$$

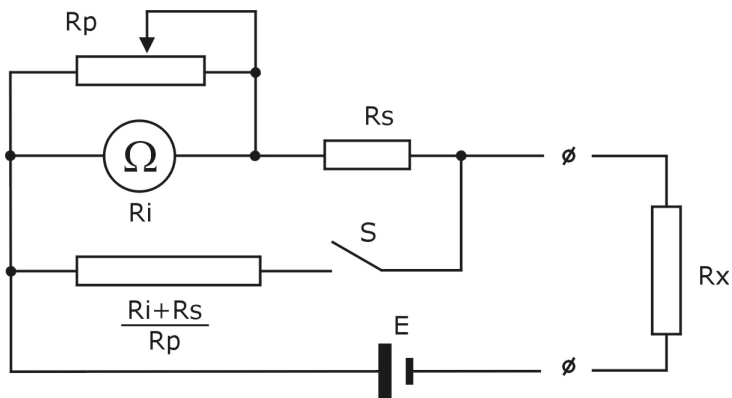
- besaran arus bolak-balik

untuk mengukur tegangan AC, harga impedansi total antara Rsh dan impedansi dalam dari voltmeter tergantung pada frekwensi. Untuk memperkecil kesalahan ini maka kapasitor C dipararelkan dengan Rsh, sehingga Rsh akan bersifat non induktif untuk mengkompensasi induktansi L dari meter



c. Ohm Meter

Untuk mengukur tahanan dengan pembacaan langsung didapat digunakan ohmmeter yang rangkaiannya sebagai berikut:



BAB V

Tahanan dan Pengukurannya

Tahanan adalah suatu elemen listrik yang mengambil disipasi energi berupa panas sedang tahanan ideal bila diberi tegangan diantara ujung-ujungnya maka tegangan tersebut akan sebanding dengan arus yang mengalir pada tahanan tersebut.

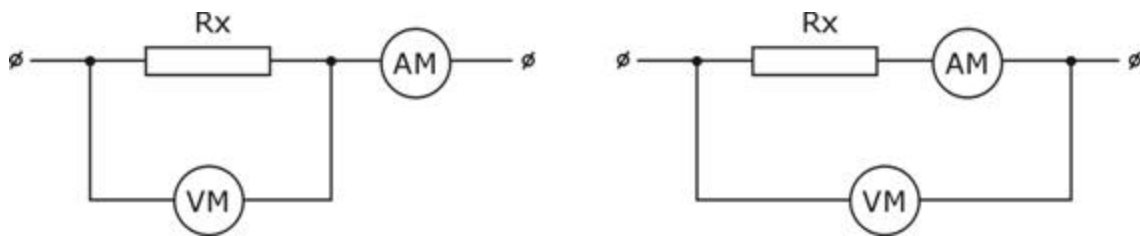
Pengukuran tahanan

Pada umumnya pengukuran tahanan dapat diklasifikasikan :

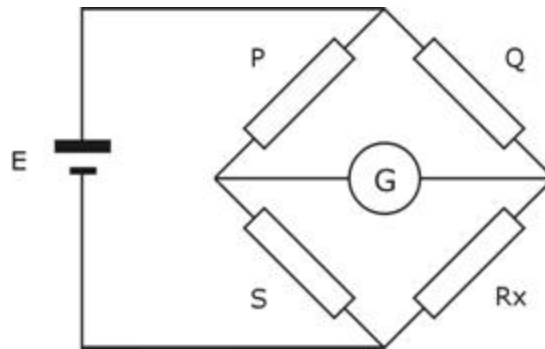
- a. tahanan rendah lebih kecil atau sama dengan 1ohm misalnya tahanan kontak, tahanan lilitan kumparan mesin -mesin listrik
- b. tahanan menengah 1 sampai 10Mohm, misalnya tahanan untuk keperluan alat elektronik
- c. tahanan tinggi lebih besar dari 10Mohm, misalnya tahanan isolasi

Metode pengukurannya dari berbagai cara seperti:

- metode penunjukkan langsung
dalam metode ini digunakan ohmmeter yang mempunyai batas ukur tertentu
- metode voltmeter-ampereometer
didalam metode ini digunakan dua cara merangkainya sebagai berikut :



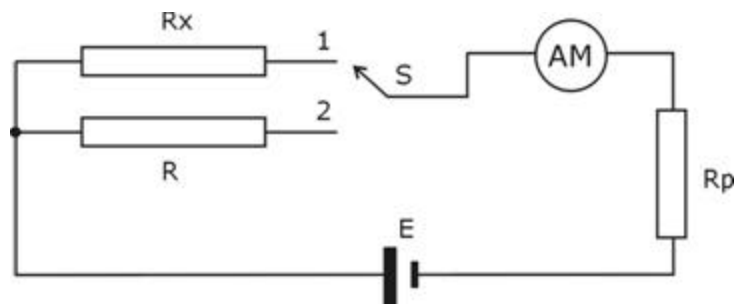
- metode jembatan
mengukur tahanan dengan metode jembatan, diusahakan jembatan dalam keadaan seimbang, rangkaian terdiri dari 4 buah tahanan dan sumber tegangan yang dihubungkan melalui 2 titik diagonal dan pada titik diagonal yang lain dipasangkan galvanometer seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut :



dari gambar tersebut R_x adalah tahanan yang diukur sedangkan tahanan P , Q dan S tahanan yang besarnya sudah diketahui, untuk mencapai keseimbangan maka tahanan R diatur sehingga pada galvanometer tidak ada penyimpangan, jadi arus yang lewat galvanometer adalah nol.

- metode substitusi

rangkaian metode substitusi ditunjukkan pada gambar berikut:



mula-mula kontak S pada posisi 1, AM menunjukkan nilai, pada posisi 2 tahanan R variabel diatur sehingga AM tetap menunjukkan nilai sebelumnya (posisi 1)

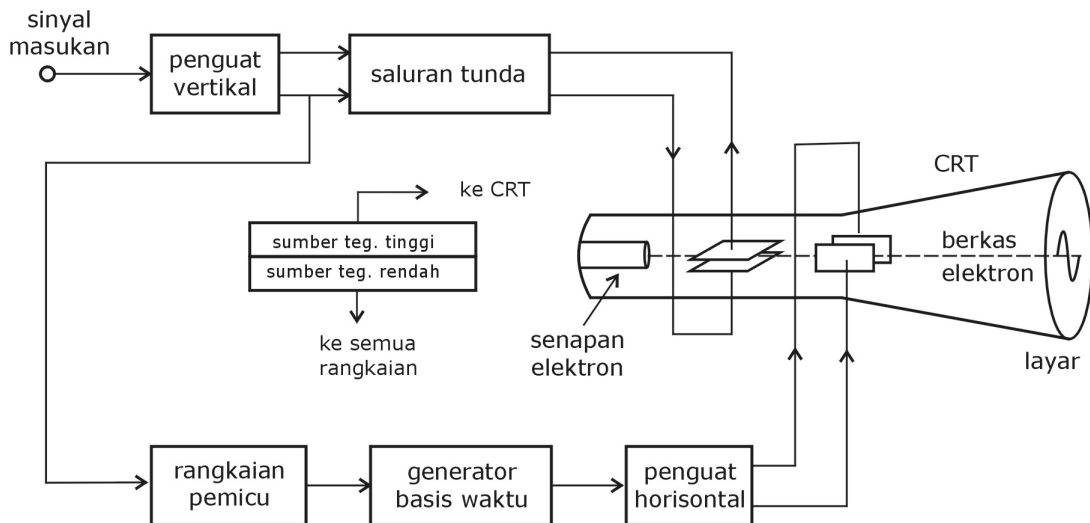
BAB VI

Oscilloscope

Cathoda Ray Oscilloscope (CRO) sangat berguna untuk mempelajari atau mengukur sunyal-sinyal periodik berdasarkan X-Y ploter yang sangat cepat dengan frekwensi yang tinggi dan impedansi input yang tinggi. Chatode Ray Tube (CRT) merupakan bagian terpenting dari oscilloscope yang terdiri dari elektron gun (katoda) yang memancarkan elektron.

Jumlah elektron yang dpancarkan diatur oleh potensial grid sedang anodanya (positip changed plate) mempercepat gerak elektron tersebut yang akhirnya mencapai layar. Tempat-tempat dimana elektron tersebut mengenai layar akan memberikan sinar karena sifat -sifat phosfor yang meny elubungi layar.

Subsistem utama dari sebuah CRO untuk pemakaian umum ditunjukkan pada diagram blok yang disederhanakan seperti pada gambar berikut :



Penjelasan setiap bagian dari CRO

- tabung sinar katoda (cathoda ray tube), tempat sinar katode merambat yang ditebarkan dari elektron gun menuju layar yang terfluoresensi.
- penguat vertikal (vertical amplifier), rangkaian penguat dengan beberapa tingkatan sensitivitas yang biasanya dinyatakan dalam faktor defleksi (V/div)
- saluran tunda (delay line), berfungsi untuk memperlambat sinyal yang telah dikuatkan pada penguat vertikal yang digerakkan ke plat vertikal

- d. generator basis waktu (time base generator), generator penyapu (sweep generator) membangkitkan sebuah gelombang gigi gergaji yang digunakan sebagai tegangan defleksi horisontal dalam CRT, berkas elektron disapu sepanjang layar CRT dari kiri ke kanan (T/div)
- e. penguat horisontal (horizontal amplifier), sebagai penguat sinyal dari generator basis waktu dengan sensitivitas defleksi horisontal lebih kecil dari sensitivitas defleksi vertikal
- f. rangkaian pemicu (trigger circuit), rangkaian yang menghasilkan sebuah pulsa pemicu yang digunakan untuk menghidupkan generator basis waktu
- g. sumber daya (power supply), terdiri dari bagian tegangan tinggi untuk mengoperasikan CRT dan tegangan rendah untuk men -supply rangkaian elektronik osiloskop.