

PRINSIP-PRINSIP PIRANTI UKUR MULTIMETER ANALOG

Oleh:
Drs. Khairul Amdani

A. Pendahuluan

Salah satu faktor yang menyebabkan kegiatan laboratorium IPA (fisika) tidak terlaksana dengan baik di sebahagian besar sekolah menengah adalah kurangnya alat-alat praktikum yang tersedia disamping banyaknya alat-alat yang rusak tetapi tidak diperbaiki (Marpaung, N. 1992). Hal ini disinyalir disebabkan dana yang ada, baik yang dimiliki sekolah itu sendiri maupun bantuan pemerintah, jumlahnya tidak memadai.

Berhubung kondisi ekonomi bangsa Indonesia yang masih seperti sekarang ini, maka salah satu upaya yang dapat dilakukan oleh IKIP khususnya FPMIPA/Fisika sebagai lembaga pencetak guru fisika adalah membekali alumninya dengan kemampuan merekayasa dan memperbaiki alat-alat praktikum disamping kemampuan spesifiknya sendiri. Untuk itu diperlukan pengetahuan yang tidak hanya bisa menggunakan, tetapi lebih jauh lagi yakni mengenal sistem, komponen dan prinsip kerja dari alat-alat praktikum tersebut.

Multimeter (multitester) adalah salah satu alat ukur yang sangat dibutuhkan dalam kegiatan praktikum fisika. Alat ukur ini terdiri dari banyak meter yang digabungkan dalam satu alat, biasanya mengandung voltmeter DC, voltmeter AC, ammeter DC dan ohmmeter, dengan berbagai jangkau ukur. Dengan alat ini besaran-besaran seperti kuat arus (arus konvensional), tegangan DC/AC, nilai hambatan (resistansi) dan lain-lain dapat diukur.

Dewasa ini, berdasarkan hasil ukur yang ditampilkannya, multimeter dikelompokkan orang atas multimeter digital (menggunakan angka berupa digit sebagai penampil) dan multimeter analog (menggunakan jarum penunjuk sebagai penampil). Yang jenis analog, walaupun kemampu-bacaan (readability)-nya dibawah jenis digital, selain untuk mengukur besaran-besaran seperti disebut di atas juga dapat digunakan untuk mencek apakah ada jaringan yang terputus dalam suatu rangkaian listrik/ elektronika, memeriksa baik tidaknya suatu kapasitor, transformator dan keunggulan lainnya, sehingga lebih luas pemakaiannya (dibandingkan dengan yang digital) di laboratorium-laboratorium dasar.

Mengingat begitu pentingnya piranti ukur ini, maka pengetahuan yang lebih mendalam (dari pada hanya mampu menggunakan) tentang multimeter analog adalah sesuatu yang perlu diberikan kepada mahasiswa jurusan fisika.

Tulisan ini membahas prinsip-prinsip dari piranti ukur multimeter analog, dan diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan masukan buat membekali mahasiswa dengan kemampuan merekayasa dan memperbaiki alat-alat praktikum fisika.

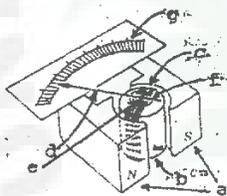
B. Pembahasan

Multimeter, sebagaimana disebutkan di atas, terdiri dari banyak meter yang digabungkan dalam satu alat. Sebab itu, untuk memudahkan pembahasan, multimeter tersebut dalam tulisan ini dikelompokkan dalam 5 (lima) bagian, yakni: meter kumparan putar, ammeter DC, voltmeter DC, voltmeter AC dan ohmmeter.

1. Meter Kumparan Putar

Meter kumparan putar (sering disingkat mkp) adalah otak dari multimeter analog, karena bagian inilah yang menerjemahkan besaran yang diukur menjadi suatu informasi yang dapat dibaca.

Prinsip kerja dari mkp adalah berdasarkan gaya pada kumparan yang sedang dialiri arus listrik dan berada dalam medan magnet radial. Meter kumparan putar yang sering digunakan pada multimeter adalah jenis kumparan bergerak d'Arsonval (d'Arsonval moving coil type). Mekanisme dari alat ini ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut:



Keterangan

- a. Kutub magnet permanen
- b. inti besi berbentuk silinder
- c. kumparan yang dapat berputar
- d. jarum penunjuk
- e. poros untuk kumparan dan jarum
- f. pegas penahan berbentuk spiral
- g. papan skala.

Gambar 1. Bagian pokok dari mkp d'Arsonval (Sumber: Holman, J.P. 1985)

Apabila kumparan c tersebut dialiri arus maka gaya Lorentz akan menyebabkan kumparan beserta jarum penunjuk berputar pada poros e,

dan ini diimbangi oleh momen gaya mekanik yang berasal dari sifat elastis pegas penahan. Simpangan jarum yang terjadi merupakan ukuran bagi arus yang melewati alat.

Persamaan yang menyatakan hubungan antara torsi pada kumparan dan arus listrik yang melewatinya dapat diturunkan dari teori elektromagnet, yaitu bila suatu kumparan terdiri dari N lilitan dengan luas A berada dalam medan magnet yang induksinya B dan dialiri arus sebesar I , maka ia akan mengalami momen gaya (τ_1) sebesar :

$$\tau_1 = NBAI \dots\dots\dots(1)$$

Karena adanya sifat elastis dari pegas penahan (berbentuk spiral) maka pegas tersebut akan mengimbangnya dengan momen gaya (τ_2) yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan. Dalam hal ini (dari hukum Hooke),

$$\tau_2 = k \theta \dots\dots\dots(2)$$

dengan k = tetapan pegas dan θ = besar simpangan yang terjadi.

Dalam keadaan setimbang $\tau_1 = \tau_2$, jadi , $k \theta = NBAI$, atau

$$\theta = (NBA/k) . I \dots\dots\dots(3)$$

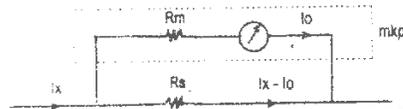
Dari persamaan (3) terlihat bahwa simpangan yang terjadi sebanding dengan kuat arus yang melewati meter dengan faktor kesebandingan NBA / k . Faktor kesebandingan ini menurut Hamron, M. (1993) disebut kesensitifan (sensitivity) arus.

Kesensitifan arus merupakan salah satu ciri penting dari mkp, dan ini lazim disebut arus defleksi (penyimpangan) skala penuh (Full Scale Deflection, FSD). Menurut Wasito, S. (1991) kesensitifan arus mkp yang terdapat pada multimeter berkisar antara $20 \mu A$ hingga 1 mA .

Selain kesensitifan arus, hambatan dalam (hambatan kumparan dan pegas penahan) mkp juga perlu diketahui untuk aplikasinya pada voltmeter, ammeter dan ohmmeter, serta orde besarnya biasanya 100 hingga 2500 ohm (Mills, D.R. 1983).

2. Ammeter DC

Prinsip kerja dari ammeter DC sebetulnya sama dengan meter kumparan putar, hanya saja karena lilitan kumparan mkp kecil dan ringan maka ia hanya dapat dilalui oleh arus yang kecil. Untuk memperoleh range arus yang lebih besar maka mkp tersebut diparalelkan dengan suatu hambatan yang disebut shunt atau pirau seperti ditunjukkan dalam Gambar 2 berikut :



Gambar 2. Untai ammeter dengan memakai shunt

Pada Gambar 2, mkp tersebut dilukiskan terdiri dari satu unit penunjuk dan satu hambatan R_m (hambatan dalam dari mkp), R_s adalah hambatan shunt yang dipasang. I_o adalah arus FSD mula-mula, I_x adalah arus yang hendak dilewatkan pada meter dan $I_x - I_o$ adalah arus yang melewati shunt.

Karena $R_s // R_m$, maka jatuh tegangan pada kedua hambatan R_s dan R_m adalah sama, jadi, $V_{shunt} = V_{mkp}$ atau $I_o R_m = (I_x - I_o) R_s$ sehingga, $R_s = R_m \cdot I_o / (I_x - I_o)$ (4)

Persamaan (4) menyatakan besar hambatan shunt yang harus dipasang agar I_x yang lebih besar dari I_o dapat dilewatkan melalui mkp. Karena adanya hambatan R_s yang paralel terhadap R_m , maka hambatan dalam dari meter menjadi:

$R_a = R_m \cdot I_o / I_x = R_m \cdot R_s / (R_m + R_s)$ (5)
dengan R_a adalah hambatan dalam dari meter setelah hambatan shunt dipasang.

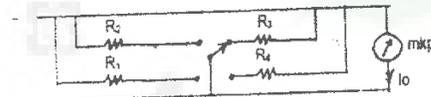
Sebagai contoh, misalkan arus FSD mkp mula-mula (I_o) = 0,25 mA, hambatan dalam $R_m = 500 \Omega$ dan diinginkan arus FSD yang baru sama dengan 250 mA, maka nilai hambatan shunt yang harus dipasang adalah :

$$R_s = 500 \times 0,25 / (250 - 0,25) = 0,5005 \Omega$$

dan hambatan dalam dari ammeter sekarang menjadi,

$$R_a = 500 \times 0,25 / 250 = 0,500 \Omega$$

Agar dapat beroperasi sebagai ammeter DC dengan berbagai jangkau ukur sebagaimana yang terdapat pada multimeter, biasanya digunakan rangkaian shunt Ayrton, seperti terlihat dalam Gambar 3 berikut :

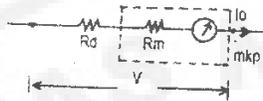


Gambar 3. Shunt Ayrton yang digandeng dengan sebuah mkp (Sumber: Grob, B. 1984).

Bila arus FSD mula-mula (I_0) dan hambatan dalam mkp (R_m) diketahui, maka dengan menggunakan persamaan (4), nilai dari R_1 , R_2 , R_3 dan R_4 dapat ditentukan untuk masing-masing batas ukur yang dikehendaki.

3. Voltmeter DC

Walaupun meter kumparan putar pada dasarnya mengukur arus namun ia dapat diubah menjadi voltmeter DC dengan jalan memasang hambatan depan seperti terlihat pada Gambar 4 berikut :



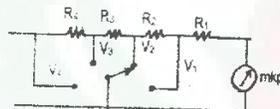
Gambar 4. Untai voltmeter dibuat dari mkp dengan memakai hambatan depan R_d

Apabila arus defleksi skala penuh mkp ialah I_0 , hambatan dalamnya R_m , hambatan depan R_d dan V adalah batas ukur voltmeter yang diinginkan, maka :

$$V = I_0 (R_d + R_m)$$

jadi, $R_d = (V / I_0 - R_m)$ (6)

Penambahan sejumlah hambatan depan R_d yang dihubungkan dengan range switch (Gambar 5) dapat membuat alat ukur tersebut menjadi voltmeter DC yang memiliki batas ukur yang banyak.



Gambar 5. Voltmeter multi range

Sebagai contoh, suatu mkp d'Arsonval yang mempunyai hambatan dalam $R_m = 500 \Omega$, arus FSD ($I_0 = 0,25 \text{ mA}$), ingin direkayasa agar alat ukur ini dapat menjadi voltmeter DC multi range : 0-10 V, 0-50V, 0-250 V dan 0 - 500 V. Maka seperti rangkaian pada Gambar 5.

Untuk batas ukur 10 volt (posisi switch V_1) :

Hambatan total (R_t) rangkaian adalah :

$$R_t = 10 \text{ V} / 0,25 \text{ mA} = 40 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = R_t - R_m = 40 \text{ k}\Omega - 500 \Omega = 39,5 \text{ k}\Omega$$

Untuk batas ukur 50 V (posisi switch V_2) :

$$R_t = 50 \text{ V} / 0,25 \text{ mA} = 200 \text{ k}\Omega$$

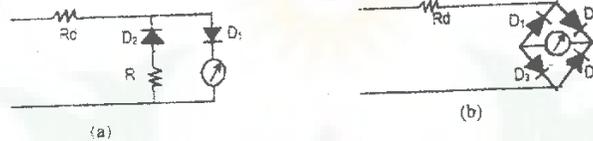
$$R_2 = R_t - (R_1 + R_m) = 200 \text{ k}\Omega - (39,5 \text{ k}\Omega + 500 \Omega = 160 \text{ k}\Omega$$

Untuk batas ukur 250 V (posisi switch V_3) diperoleh $R_t = 1000 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 800 \text{ k}\Omega$ dan untuk batas ukur 500 V (posisi switch V_4) diperoleh $R_t = 2000 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 1000 \text{ k}\Omega$.

4. Voltmeter AC

Pada prinsipnya voltmeter AC adalah sebuah voltmeter DC. Tetapi karena kelemahan mekanis mkp yang hanya mampu mengikuti perubahan pada frekuensi yang sangat rendah (di bawah 2 Hz), maka tegangan AC yang hendak diukur perlu terlebih dahulu disearahkan sebelum diserahkan pada mkp tersebut (Mills, D.R. 1983).

Cara yang lazim digunakan untuk menyearahkan tegangan pada voltmeter AC ialah dengan memakai penyearah gelombang yang menerapkan dua buah dioda atau rangkaian jembatan seperti ditunjukkan pada Gambar 6a dan 6b berikut:



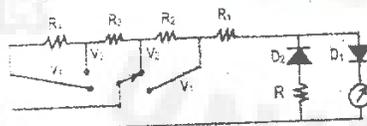
Gambar 6. Rangkaian dasar voltmeter AC ; a) Menerapkan penyearah 2 buah dioda b). menerapkan penyearah jembatan.

Defleksi jarum meter pada pengukuran AC berpadanan dengan nilai pukul rata tegangan bolak-balik yang diukur, tetapi skala alat ukur itu sendiri ditera dalam nilai efektifnya dengan menerapkan persamaan (Wasito, S. 1991) :

$$V_{\text{eff}} = 1,11 \times V_{\text{pr}} \dots\dots\dots(7)$$

dimana V_{eff} = nilai efektif tegangan AC, dan V_{pr} = nilai pukul rata tegangan AC.

Salah satu model rangkaian voltmeter AC dengan beberapa buah jangkau ukur yang terdapat di dalam multimeter, ditunjukkan pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7. Salah satu model rangkaian voltmeter AC dengan berbagai jangkau ukur.

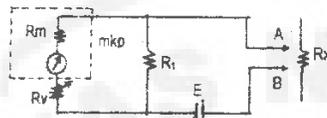


Peneraan skala voltmeter AC hanya memberikan nilai efektif yang tepat untuk sinyal sinusoidal, sedangkan untuk sinyal bentuk lain harus disesuaikan dengan sinyal sinusoidal (Mills, D.R. 1983).

5. Ohmmeter

Ohmmeter adalah alat ukur untuk menentukan nilai suatu hambatan (resistansi).

Ohmmeter yang biasa digunakan pada multimeter sederhana memiliki rangkaian dasar seperti ditunjukkan dalam gambar 8 berikut :



Gambar 8. Rangkaian dasar sebuah ohmmeter

Dari Gambar 8 tampak bahwa piranti tersebut terdiri dari sebuah mko, sebuah rheostat R_v , sebuah hambatan R_1 dan sebuah sumber tegangan DC (1,5 atau 3 V).

Apabila kedua ujung penyidik (probe) A dan B dihubungkan secara langsung ($R_x = 0$), maka arus yang mengalir melalui meter adalah maksimum ke kanan, karenanya, titik ini diberi tanda 0Ω pada skala meter (nol distel dengan mengatur R_v sedemikian sehingga diperoleh defleksi skala penuh yang identik dengan E). Apabila ujung A dan B terbuka ($R_x = \text{tak berhingga}$), maka tidak ada arus yang mengalir dan jarum penunjukpun tidak menyimpang. Untuk $0 < R_x < \text{tak berhingga}$, maka jarum akan menyimpang, dan inilah ukuran bagi besarnya nilai hambatan.

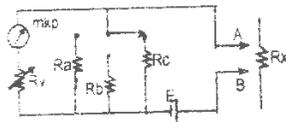
Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa :

$$I_x = E / \{ \{ (R_m + R_v) // R_1 \} + R_x \} \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{dan } I_m = I_x \cdot R_1 / (R_m + R_v + R_1) \quad \dots\dots\dots(9)$$

I_x = kuat arus yang mengalir pada seluruh rangkaian, I_m = kuat arus melalui mko, E = tegangan baterai meter, R_m = hambatan dalam mko, R_v = hambatan rheostat, R_1 = hambatan pembagi arus, R_x = hambatan yang hendak diukur besarnya.

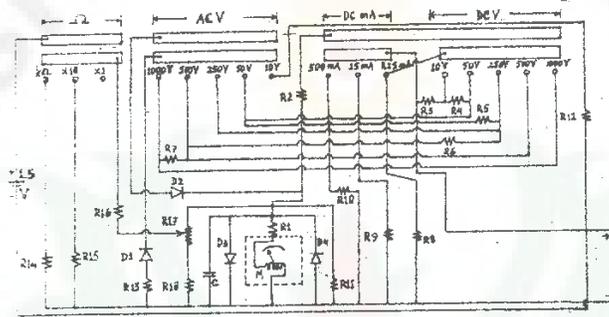
Agar dapat beroperasi sebagai ohmmeter dengan beberapa faktor pengali, maka R_1 dibuat terdiri dari beberapa buah seperti ditunjukkan dalam Gambar 9 berikut:



Gambar 9. Rangkaian ohmmeter dengan tiga buah faktor pengali.

Rangkaian Multimeter

Dalam multimeter, ammeter DC, voltmeter DC, voltmeter AC dan ohmmeter dikemas menjadi satu kotak dan biasanya menggunakan satu buah mcp sebagai penerjemah besaran yang diukur. Dalam hal ini untuk mengaktifkan masing-masing unit digunakan sebuah saklar selektor (selector switch) rangkap tiga seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian Multimeter

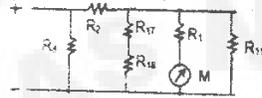
Keterangan:

Resistor:

R1 = 840 Ω	R7 = 2 M Ω	R13 = 2 k Ω	c = kapasitor
R2 = 1,16 K Ω	R8 = 1,82 k Ω	R14 = 18,6 Ω	D1, D2, D3, D4 =
R3 = 39 K Ω	R9 = 10 Ω	R15 = 203 Ω	dioda
R4 = 160 K Ω	R10 = 0,5 Ω	R16 = 7,9 k Ω	M = mcp(0,079
R5 = 800 k Ω	R11 = 6,8 k Ω	R17 = 2,5 k Ω (variabel)	ma/650 Ω).
R6 = 1 M Ω	R12 = 36,5 k Ω	R18 = 5 K Ω	

Diagram pada Gambar 10 adalah rangkaian dari sebuah multimeter yang tersedia di pasar.

Apabila Gambar 10 tersebut diperhatikan dengan seksama, maka akan tampak bagian-bagian ammeter DC, voltmeter DC, voltmeter AC dan ohmmeter yang pada prinsipnya memiliki rangkaian dasar seperti apa yang telah dijelaskan terdahulu. Sebagai contoh, apabila saklar selektor ditaruh pada posisi 0,25 mA (untuk range 0,25 mA DC), maka dengan menelusuri hubungan mulai dari tanda + (tempat probe meter warna merah dipasang) -----> Saklar -----> R2 -----> R1 -----> mhp dan selanjutnya ke tanda - (tempat probe hitam dipasang), maka akan didapatkan rangkaian sederhana seperti Gambar 11 berikut:



Gambar 11. Rangkaian ammeter untuk range 0,25 mA DC

Hal yang sama akan dapat dilakukan untuk range yang lain dan juga untuk voltmeter DC dan AC serta ohmmeter.

C. Penutup.

Dengan mengenal prinsip-prinsip instrumen ammeter DC, voltmeter DC, voltmeter AC dan ohmmeter maka rangkaian multimeter bisa dipahami sehingga penguasaan pengetahuan tentang multimeter dapat ditingkatkan. Dengan demikian apabila ada multimeter yang tidak berfungsi sebagaimana mestinya maka kerusakan tersebut dapat diatasi dan lebih jauh lagi, multimeter sederhana dapat direkayasa.

Apabila keadaan tersebut dapat dicapai, maka sejauh praktikum yang membutuhkan multimeter tidak lagi terkendala akibat ketiadaan atau kerusakan multimeter.

oooooooooooooooo

DAFTAR PUSTAKA

- Grob, B. 1984. Basic Electronics, fifth sdition. Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Hamron, M. 1993. Pengukuran Listrik. Makalah pada Pelatihan Laboratorium Dosen MIPA LPTK. ITB, Bandung.
- Holman, J.P. 1985. Metode Pengukuran Teknik, edisi keempat. Erlangga, Jakarta.
- Marpaung, N. 1992 Faktor-Faktor yang Menghambat Kegiatan Praktikum Fisika pada SMA Negeri Kodya Medan T.A. 1990/1991. Hasil Penelitian / Tim /OPF. MPMIPA IKIP Medan.
- Mills, D.R. 1983 Prinsip-Prinsip Instrumentasi Elektronik. cetakan ketiga. PT Elex Media Komputindo Gramedia, Jakarta.

oooooooo0000000oooooooo