



NATURAL SCIENCE: Jurnal Penelitian Bidang IPA dan Pendidikan IPA

6 (1), 2020, (102-113)

(ISSN 2715-470X (Online), 2477 – 6181(Cetak))

KARAKTERISASI AMPERMETER VOLTMETER TERHADAP PENAMBAHAN HAMBATAN PADA PENGUJIAN SENSOR MEKANIK MULTIMETER ANALOG

Muharmen Suari

Institut Agama Islam Negeri Imam Bonjol
Padang, Indonesia

E-mail: muharmensuari@uinib.ac.id

Abstract: An analog multimeter mechanical sensor test has been conducted on the design of the ampermeter and voltmeter. Research background of the multimeter damage found in the measuring electronic circuit has burned some of its components but did not experience damage to the mechanical sensor. The research objective is to find out how to predict the voltmeter ampermeter measurement based on the addition of resistance to the analog multimeter mechanical sensor. Based on testing was found that the amount of electric current that can be passed by the sensor is 163.84uA and the resistance in the sensor is around 1 Kohm. When the sensor is used as a voltmeter by adding R_m in series, it can be determined the voltmeter measurement with the equation $0.1849R_m + 0.1988$ (V) with an error of 1.16%. However, when the sensor is paralleled with a resistor, the ampermeter measurement can be determined by the equation $198.81 / R_s + 0.1638$ with an error of 0.39%. Large resistance in the meter sensor is not the same there is a difference of 138.56 ohms.

Intisari: Telah dilakukan pengujian sensor mekanik multimeter analog pada perancangan ampermeter dan voltmeter. Penelitian berlatarbelakang dari banyaknya kerusakan multimeter yang ditemukan rangkaian elektronika pengukur telah hangus beberapa komponennya namun tidak mengalami kerusakan pada sensor mekaniknya. Tujuan penelitian untuk mengetahui bagaimana karakterisasi ampermeter voltmeter berdasarkan penambahan hambatan pada sensor mekanik multimeter analog. Berdasarkan pengujian didapatkan bahwa besar arus listrik yang dapat dilewati sensor sebesar 163,84uA dan hambatan dalam sensor sekitar 1 Kohm. Ketika sensor difungsikan sebagai voltmeter dengan menambah R_m secara seri maka diperoleh persamaan karakterisasi voltmeter $0,1849R_m+0,1988(V)$ dengan error sebesar 1,16%. Namun ketika sensor diparalelkan dengan Resistor maka persamaan karakterisasi ampermeter adalah $198,81/R_s+0,1638$ dengan error sebesar 0,39%. Dari hasil pengujian diperoleh perbedaan hambatan dalam sensor mekanik sebesar 138,56 ohm.

Keywords: sensor mekanik, ampermeter, voltmeter, batas ukur

PENDAHULUAN:

Multimeter analog adalah alat ukur elektronik yang mempunyai multifungsi yaitu sebagai ampermeter, Voltmeter, dan Ohmmeter. Multimeter analog umumnya digunakan oleh para teknisi sebagai alat bantu mencari kerusakan rangkaian elek

tronika. Multimeter analog dapat digunakan untuk mengukur besarnya tegangan listrik searah, tegangan listrik bolak balik, tahanan, arus listrik searah dan memeriksa komponen elektronika. Jenis pengukuran dan rentang nilai pengukuran dapat dipilih pada saklar putar dan hasil pembacaan

ditampilkan pada skala angka yang terdapat pada multimeter (Prawiredjo, 2006).

Multimeter analog dirancang menggunakan sensor mekanik berupa penggerak d'Arsonval meter yang terdiri dari sebuah magnet permanen berbentuk tapal kuda di mana diantara kutub utara dan selatannya terdapat sebuah inti besi berupa silinder yang dililiti kawat halus berbentuk kumparan yang kemudian dililitkan pada sebuah logam yang sangat ringan dan diletakkan sedemikian rupa sehingga dapat berputar dengan bebas. Ketika arus listrik yang mengalir melewati kawat kumparan yang berada dalam medan magnet akan menghasilkan torsi elektromagnetik yang menyebabkan kumparan berputar dan jarum penunjuk yang terletak pada kumparan akan membuat simpangan pada skala. Besar kecilnya simpangan jarum menunjukkan besar kecilnya arus listrik yang mengalir pada kumparan (Prawiredjo, 2006). Adapun persamaan torsi elektromagnetiknya adalah sebagai berikut

$$\tau = B \times A \times I \times N \quad (1)$$

Dimana τ adalah torsi (N.m), B adalah densitas flux di udara (Wb/m^2), A adalah Luas penampang kawat kumparan (m^2), I adalah arus yang mengalir pada kumparan (A) dan N adalah banyaknya lilitan kawat pada kumparan (Cooper, 1979).

Sensor mekanik pada multimeter analog hanya dapat mengukur arus yang sangat kecil biasanya dalam orde mikro amper. Agar sensor ini dapat digunakan sebagai ampermeter maka digunakan rangkaian pembagi arus dengan menggunakan resistor. Dengan menggunakan rangkaian pembagi arus maka sebagian besar arus yang diukur akan melewati Resistor (disebut resistor shunt) dan hanya sebagian kecil saja yang melewati sensor mekanik tersebut (Prawiredjo, 2006). Tegangan pada resistor shunt sama dengan tegangan jatuh pada sensor mekanik sehingga dengan hukum ohm kita dapat menentukan besar Resistor shunt tersebut yaitu :

$$R_s = \frac{I_{meter} \cdot R_{meter}}{I_{shunt}} \quad (2)$$

dimana $I_{shunt} = I_{ukur} - I_{meter}$ (Buchla, 1992)

$$R_s = \frac{I_{meter} R_{meter}}{I_{ukur} - I_{meter}} \quad (3)$$

Dengan memasukkan nilai I_{shunt} ke (2) akan didapatkan

$$I_{ukur} = \frac{I_{meter} \cdot R_{meter}}{R_{shunt}} + I_{meter} = I_{meter} \left(\frac{R_{meter}}{R_{shunt}} + 1 \right) \quad (4)$$

Tegangan jatuh pada sensor mekanik d'Arsonval sangat kecil sehingga penggunaan sensor tersebut pada voltmeter menggunakan pembagi tegangan dengan menambahkan Resistor. Dengan menggunakan pembagi tegangan maka sebagian besar tegangan akan jatuh pada resistor. Rangkaian pembagi tegangan dibuat dengan cara memasang sensor mekanik dan hambatan secara seri. Pada rangkaian pembagi tegangan berlaku

$$V_{total} = V_{seri} + V_{meter} \quad (5)$$

dimana V_{total} adalah tegangan yang akan diukur dan oleh karena arus yang mengalir pada rangkaian seri adalah sama maka akan dapat ditentukan besar resistor seri yang dipasang (disebut dengan Resistor Multiplier disingkat R_m).

$$V_{ukur} = I_{meter} R_{seri} + I_{meter} R_{meter} \quad (6)$$

$$R_m = \frac{V_{ukur} - I_{meter} R_{meter}}{I_{meter}} \quad (7)$$

$$V_{ukur} = n V_{meter} \quad (8)$$

dimana $V_{meter} = I_{meter} R_{meter}$

Sehingga persamaan 6 dapat disusun kembali menjadi

$$n I_{meter} R_{meter} = I_{meter} R_{seri} + I_{meter} R_{meter}$$

$$n = \left(\frac{R_{seri}}{R_{meter}} + 1 \right)$$

Sehingga persamaan 8 dapat disusun menjadi

$$V_{ukur} = \left(\frac{R_{seri}}{R_{meter}} + 1 \right) V_{meter}$$

Atau

$$V_{ukur} = \left(\frac{R_{seri}}{R_{meter}} \right) V_{meter} + V_{meter} \quad (9)$$

Dengan menyusun ulang persamaan (4) dan (9) peroleh persamaan berikut

$$I_{ukur} = V_{meter}/R_s + I_{meter} \quad (10)$$

$$V_{ukur} = I_{meter}R_{seri} + V_{meter} \quad (11)$$

Multimeter analog adalah alat yang mudah rusak oleh perlakuan yang tidak hati-hati atau sembrono. Oleh karena itu butuh kehati-hatian dalam penggunaan multimeter analog tersebut (Thamrin, 2018). Kesalahan yang umum terjadi sehingga menyebabkan kerusakan multimeter analog adalah (1) kesalahan memilih batas ukur, (2) mengukur diluar jangkauan batas ukur yang diijinkan dan kesalahan pengoperasian multimeter analog. Kerusakan yang diakibatkan kesalahan dan kekurang-hatian ini dapat saja berupa kerusakan ringan sampai kerusakan berat.

Kerusakan ringan pada multimeter adalah putusnya fuse yang terdapat dalam multimeter. Fuse ini digunakan untuk melindungi multimeter dari kelebihan arus yang diluar batas ukurnya. Kerusakan ini dapat diatasi dengan mengganti fuse sesuai dengan yang dipasang multimeter. Kerusakan berat pada multimeter adalah hangus beberapa komponen yang terdapat pada rangkaian yang ada didalam kotak multimeter. Kerusakan ini dapat diatasi dengan mengganti komponen yang rusak sesuai dengan komponen yang rusak tersebut. Kerusakan ini dapat dilakukan dengan cara membandingkan multimeter yang rusak dengan multimeter yang baru dan sama jenis dan mereknya dengan multimeter yang rusak tersebut. Artinya untuk memperbaiki multimeter yang hangus komponen rangkaiannya kita memerlukan multimeter merk dan jenisnya sama dengan multimeter yang rusak. Selain itu kerusakan multimeter yang paling berat adalah rusaknya sensor mekanik yang terdapat pada multimeter analog. Kerusakan tidak dapat diatasi dan diperbaiki karena untuk mengatasi ini tentu kita perlu mengganti sensor mekanik multimeter analog dengan yang sejenis.

Kerusakan sensor mekanik pada multimeter analog akibat kesalahan penggunaan sangat jarang terjadi karena rang-

kaian perancangan multimeter tersebut hanya akan menyebabkan arus yang lewat pada sensor mekanik sangat kecil. Artinya kerusakan yang berat yang mungkin terjadi pada multimeter analog adalah hangusnya komponen yang terdapat dalam rangkaian yang ada didalam kotak multimeter. Seperti yang telah dijelaskan diatas, kerusakan ini dapat diatasi dengan mengganti komponen yang rusak dengan komponen yang sama dimana untuk melihat komponen yang sama tersebut kita perlu ada multimeter analog yang sama jenis dan merknya dengan multimeter yang rusak. Cara mengatasi seperti ini tentu tidak efektif dan efisien karena akan membutuhkan biaya untuk membeli multimeter sejenis yang baru.

Cara lain yang dapat dilakukan untuk mengatasi kerusakan multimeter analog yang tidak terjadi kerusakan sensor mekaniknya adalah dengan menggunakan sensor mekanik tersebut untuk digunakan sebagai amperemeter dan voltmeter yang baru. Sensor mekanik multimeter analog dapat dipergunakan sebagai amperemeter dan voltmeter jika arus maksimal yang dapat dilewati ke sensor tersebut dan besar hambatan sensor tersebut diketahui seperti yang diperlihatkan oleh persamaan (4) dan (6).

Literatur tentang pengujian sensor mekanik multimeter analog sebagai amperemeter dan voltmeter belum ditemukan dan yang ada baru literatur tentang rangkaian dasar amperemeter dan rangkaian dasar voltmeter dengan menggunakan galvanometer. Galvanometer adalah alat ukur arus yang sangat kecil biasanya dalam orde μA . Galvanometer merupakan komponen dasar yang digunakan dalam perancangan amperemeter dan voltmeter. Perancangan amperemeter adalah dengan menambahkan resistor Shunt yang dipasang paralel dengan galvanometer. Besar Hambatan shunt dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3). Sedangkan untuk perancangan voltmeter adalah dengan menambahkan Resistor pengali yang dipasang seri dengan galvanometer. Besar hambatan pengali

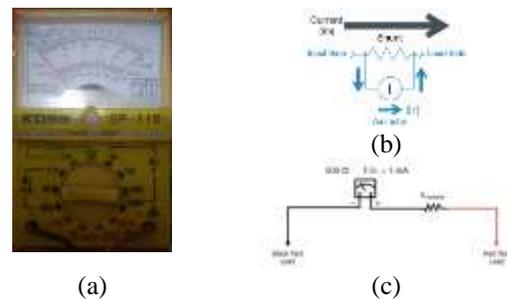
tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6). Umumnya galvanometer telah diketahui nilai hambatan dalamnya dan besar arus maksimal yang dapat diukur. Berbeda dengan sensor mekanik yang belum diketahui berapa arus maksimum yang dapat diukur dengan sensor tersebut dan hambatan dalam sensor ini juga belum diketahui. Oleh sebab itu maka perlu ditentukan dulu kedua besaran tersebut sebelum sensor mekanik tersebut dapat digunakan sebagai ampermeter dan voltmeter.

Berdasarkan paparan yang telah dijelaskan diatas maka penulis ingin melakukan pengujian terhadap sensor mekanik suatu multimeter analog sebagai ampermeter dan voltmeter. Dari pengujian ini penulis ingin melihat besaran-besaran apa saja yang dapat dikarakterisasi pada pengujian ini. Berdasarkan (4) dan (6) kita dapat melihat pengaruh nilai Hambatan shunt (R_s) yang digunakan terhadap hasil pengukuran arus oleh sensor, pengaruh hambatan pengali (R_m) terhadap hasil pengukuran tegangan oleh sensor. Selain itu kita dapat melihat pengaruh R_m dan R_s terhadap batas ukur dari ampermeter dan voltmeter. Selain itu melalui pengujian ini dapat dilihat juga bagaimana perilaku nilai hambatan dari sensor terhadap setiap perubahan batas ukur.

METODE :

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode experiment dengan cara menguji secara langsung sensor mekanik pada sebuah multimeter yang telah rusak. Multimeter analog yang digunakan adalah multimeter yang telah rusak karena hangusnya beberapa komponen yang ada didalamnya sehingga sukar untuk diperbaiki. Rangkaian yang terdapat dalam alat ukur dibuang dan tersisa hanya sensor mekanik beserta skalanya. Sebelumnya telah dipastikan bahwa sensor mekanik itu masih dapat mengukur arus listrik dengan cara melewati arus dalam orde mikroamper ke sensor

mekaniknya, dimana penulis menggunakan resistor 100 K Ω diseikan dengan tegangan 5V, jika jarum masih menyimpang maka artinya sensor mekanik tersebut layak digunakan. Oleh karena sensor mekanik hanya dapat mengukur arus dan tegangan yang sangat kecil maka penulis menggunakan charger sebagai sumber tegangannya. Sehingga dalam pengujian dipastikan batas ukur maksimal AVmeter yang dapat dirancang yaitu 5V untuk voltmeter dan 1A untuk ampermeter. Dengan demikian dapat diperhitungkan berapa nilai hambatan shunt dan hambatan multiplier yang diperlukan beserta jumlah variasi datanya. Selain itu kita perlu mengetahui arus maksimum yang dapat dilewati oleh sensor mekanik multimeter analog ($I_{meter\ max}$) dan berapa hambatan dari sensor mekanik tersebut (R_{meter}). Pengukuran $I_{meter\ max}$ dilakukan dengan mengambil nilai pengukuran arus menggunakan sensor mekanik langsung tanpa penambahan R_s dengan beberapa variasi data pengukuran. Selanjutnya nilai $I_{meter\ max}$ ditentukan dengan menggunakan regresi linear. Pengukuran R_{meter} dilakukan dengan mengambil nilai pengukuran tegangan menggunakan sensor mekanik secara langsung tanpa penambahan R_m dengan beberapa variasi data pengukuran. Selanjutnya nilai R_{meter} ditentukan dengan menggunakan persamaan regresi linier.



Gambar 1. (a) Multimeter analog yang diuji, (b) Rangkaian ampermeter, (c) Rangkaian Voltmeter

Tujuan penelitian ini adalah apakah kita dapat memprediksi batas ukur suatu AVmeter berdasarkan hambatan yang ditambahkan pada sensor mekanik. Misalkan kita memberi R_m tertentu pada sensor mekanik maka dapat prediksi berapa batas

maksimum dari voltmeter tersebut demikian juga saat kita memberikan nilai R_s tertentu dapat kita prediksi berapa arus maksimal yang dapat diukur. Untuk mencapai tujuan tersebut maka perlu dilakukan pengukuran beberapa tegangan dengan sensor mekanik multimeter analog dengan beberapa variasi nilai R_m dan pengukuran beberapa arus listrik dengan sensor mekanik multimeter analog dengan beberapa variasi nilai R_s . Batas pengukuran dapat ditentukan dengan menggunakan regresi linier untuk masing-masing R_m dan R_s tersebut. Selanjutnya nilai batas ukur dan R_m atau R_s diplot dalam suatu grafik dan ditentukan persamaan regresi yang memungkinkan sehingga nilai R kuadrat adalah yang tertinggi.

Rangkaian dalam pengujian ini adalah rangkaian resistor seri untuk mendapatkan variasi tegangan, rangkaian resistor paralel untuk mendapatkan variasi arus, rangkaian dasar ampermeter dan rangkaian dasar voltmeter. Alat dan komponen yang dibutuhkan adalah beberapa buah 1000Ω untuk membuat rangkaian resistor seri dan rangkaian resistor paralel, beberapa buah $0,5\Omega$ dan $1,2\Omega$ untuk variasi nilai R_s dan beberapa buah resistor 100.000Ω untuk variasi R_m , sebuah sensor mekanik multimeter analog. Skala maksimum pada multimeter analog ada yg 250, 50 dan 10 dengan jumlah garis skala 50. Pada pengujian ini penulis menggunakan skala 50.

HASIL DAN PEMBAHASAN:

Pengukuran Arus listrik secara langsung dengan sensor mekanik

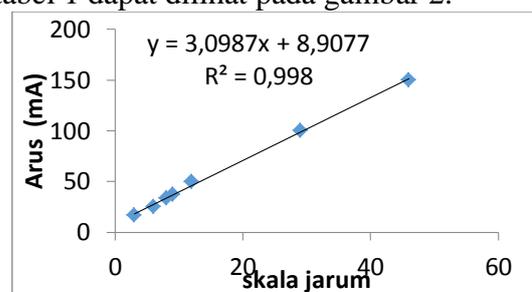
Ketika rangkaian yang terdapat dalam box multimeter analog dibuang karena rusak maka akan didapatkan sebuah sensor mekanik beserta skalanya. Kita tidak mengetahui berapakah batas maksimum arus yang dapat diukur oleh sensor mekanik tersebut. Untuk itu perlu dilakukan pengukuran arus maksimal tersebut terlebih dahulu. Oleh karena sensor mekanik tersebut hanya mampu mengukur arus

dalam orde mikro ampere maka untuk dilakukan pengukuran arus dengan variasi arus dalam orde mikro ampere juga. Dalam pengujian ini penulis menggunakan beberapa resistor $100\text{ K}\Omega$ dan untuk menghasilkan variasi arus maka dilakukan dengan memvariasikan resistor dengan cara menyerikan dan juga memparalelkan semua resistor $100\text{ K}\Omega$ tersebut. Data hasil pengukuran arus disajikan dalam tabel 1 dibawah.

Tabel 1 hasil pengukuran arus secara langsung dengan sensor

V	R (K Ω)	Skala	I (μA)
5	300,00	3	16,67
5	200,00	6	25,00
5	150,00	8	33,33
5	133,333	9	37,50
5	100,00	12	50,00
5	50,00	29	100,00
5	33,333	46	150,00

Selanjutnya data tabel 1 diatas disajikan kedalam grafik untuk melihat bagaimana tingkat kelinieran data hasil pengukuran tersebut. Grafik dan persamaan linier tabel 1 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik hasil pengukuran arus secara langsung dengan sensor

Berdasarkan pengukuran arus secara langsung didapatkan persamaan regresi liniernya sebagai berikut

$$y = 3,0987x + 8,9077 \quad (12)$$

dimana y adalah arus yang akan diukur dan x adalah skala pembacaan oleh sensor mekanik multimeter analog. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa tingkat kelinieran dari penyimpangan jarum pada sensor (pembacaan skala) terhadap arus listrik yang akan diukur sangat linier, hal ini ditunjukkan oleh nilai R^2 hampir mendekati satu yaitu 0,998. artinya 99,8% skala yang ditunjukkan sensor mekanik dipengaruhi oleh arus listrik yang mengalir sedangkan sisanya 0,2% dipengaruhi oleh

variabel lain yang tidak disebutkan dalam penelitian ini. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan terjadi kesalahan pengukuran sebesar 0,2% akibat faktor lain. Faktor lain tersebut bisa berupa kesalahan paralaks yang terjadi saat membaca skala, kesalahan memperkirakan angka skala karena jarum terletak diantara dua skala serta toleransi dari komponen resistor yang digunakan dalam pengujian.

Karena skala maksimum yang digunakan dalam pengujian ini 50 maka dengan memasukkan angka 50 untuk nilai x pada persamaan (12) maka akan didapatkan besar arus maksimum yang dapat dilewati ke sensor mekanik multimeter analog. Besar arus maksimum yang dapat mengalir dalam sensor mekanik tersebut adalah sebesar 163,84 μA dengan kesalahan pembacaan sebesar 0,2%.

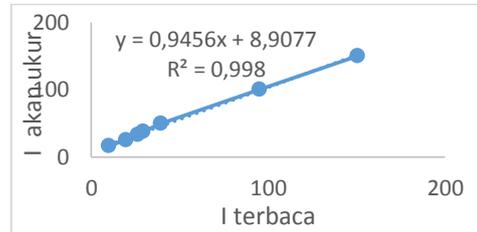
Setelah kita memperoleh besar arus maksimum yang bisa diukur oleh sensor mekanik multimeter analog maka kita dapat menentukan bagaimana perbandingan antara arus yang akan diukur dengan hasil pembacaan arus oleh sensor mekanik multimeter analog. Dengan melambangkan H_b sebagai Hasil pembacaan oleh sensor, BU adalah arus maksimal yang dapat dibaca oleh sensor, Skala max adalah skala maksimum yang digunakan pengujian dan skala adalah skala yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk sensor maka Hasil pembacaan arus listrik oleh sensor mekanik dapat dihitung dengan rumus berikut

$$H_b = \frac{\text{skala}}{\text{skala mak}} \times BU \quad (13)$$

Karena skala maksimum yang digunakan adalah 50 dan batas ukur adalah 163,84 μA . Maka dapat kita hitung besar arus terbaca oleh sensor. Jika Arus terbaca dilambangkan dengan I_b dan Arus yang akan diukur dilambangkan dengan I_u maka didapatkan data hasil pembacaan sensor mekanik yang ditampilkan pada tabel 2 sedangkan grafik hubungannya disajikan pada gambar 3 dibawah.

Tabel 2. Perbandingan pembacaan arus oleh sensor dan arus yang akan diukur

No	$I_u (\mu\text{A})$	$I_b (\mu\text{A})$
1	16,67	9,83
2	25,00	19,66
3	33,33	26,21
4	37,50	29,49
5	50,00	39,32
6	100,00	95,03
7	150,00	150,73



Gambar 3. Grafik hubungan arus terbaca dan arus yang akan diukur

Dari pengukuran arus dengan menggunakan sensor mekanik multimeter analog didapatkan persamaan

$$I_u = 0,9456I_b + 8,9077 \quad (14)$$

atau dapat ditulis ulang dengan

$$I_b = 1,0554I_u - 9,2956 \quad (15)$$

Dari (15) dapat disimpulkan jika arus yang akan diukur naik maka arus yang terbaca akan naik sebesar 1,0554 kalinya dan jika tidak ada pengukuran arus maka skala pembacaan sensor akan bernilai -9,29 μA . Selain itu hasil pembacaan sensor sangat terkait sekali dengan perubahan arus yang akan diukur, hal itu dapat dilihat dari besar nilai R^2 yang besarnya 0,998. Artinya 99,8% pembacaan sensor dipengaruhi oleh arus yang diukur dan 0,2% dipengaruhi oleh variabel lain. Berarti 0,2% kesalahan pengukuran disebabkan oleh variabel lain. Variabel lain ini bisa saja oleh toleransi dari resistor yang digunakan dalam pengujian.

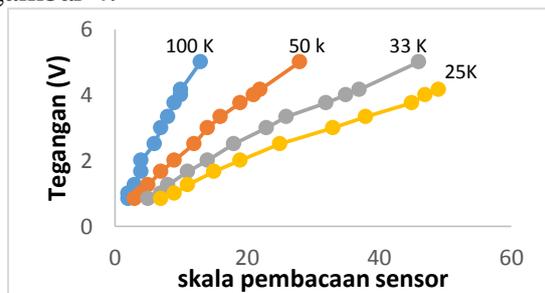
Pengujian sensor mekanik sebagai voltmeter

Pada pengujian ini dilakukan variasi nilai tegangan dengan beberapa variasi nilai R_m yang digunakan. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian sensor sebagai voltmeter

V (Volt)	Skala pada sensor			
	R _m 25K	R _m 33,33K	R _m 50K	R _m 100K
0,83	7	5	3	2
1,00	9	7	4	2
1,25	11	8	5	3
1,67	15	11	7	4
2,00	19	14	9	4
2,50	25	18	12	6
3,00	33	23	14	7
3,33	38	26	16	8
3,75	45	32	19	9
4,00	47	35	21	10
4,17	49	37	22	10
5,00		46	28	13

Pada pengujian ini nilai R_m di variasikan nilainya yaitu 25KΩ (paralel 4 buah R 100 KΩ), 33,33 KΩ (3 Resistor 100 KΩ diparalelkan), 50 KΩ (2 resistor 100 KΩ diparalelkan) dan 100 KΩ dan dicatat skala yang ditunjukkan sensor mekanik multimeter ana log untuk setiap variasi nilai tegangan. Selanjutnya data ditampilkan dalam grafik untuk melihat tingkat kelinieran data pengujian tersebut. Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.

**Gambar 4.** Grafik pengujian sensor mekanik dengan variasi R_m

Adapun persamaan regresi untuk masing masing Variasi R_m adalah sebagai berikut:

Untuk R_m 100 KΩ
 $y = 0,3824x + 0,2228 ; R^2 = 0,9913$ (16)

Untuk R_m 50 KΩ
 $y = 0,1703x + 0,4383 ; R^2 = 0,9932$ (17)

Untuk R_m 33 kΩ
 $y = 0,1015x + 0,4924 ; R^2 = 0,9894$ (18)

Untuk R_m 25 KΩ
 $y = 0,0765x + 0,4269 ; R^2 = 0,9936$ (19)

Dari persamaan regresi diatas diatas dapat diketahui bahwa pada penggunaan resistor 100 KΩ sebagai hambatan pengali (R_m) 99,13% pembacaan oleh sensor

dipengaruhi oleh tegangan yang di ukur se dangkan 0,87% sisanya dipengaruhi oleh variabel lain. Namun ketika resistor pe ngalnya diubah menjadi 50 KΩ maka terlihat bahwa 99,32% pembacaan sensor dipengaruhi oleh tegangan yang diukur dan sisanya 0,68% dipengaruhi oleh variabel lain. Selanjutnya ketika hambatan pengali diturunkan menjadi 33,33 KΩ maka tegangan yang diukur memberikan pe ngaruh sebesar 98,94% terhadap hasil pem bacaan pembacaan tegangan oleh sensor dan sisanya 1,06% dipengaruhi variabel lain. Ketika sensor diberi hambatan pengali 25 KΩ maka terlihat bahwa 99,36% hasil pembacaan sensor dipengaruhi oleh te gangan yang diukur dan sisanya 0,64% di pengaruhi oleh variabel lain. Variabel lain yang mempengaruhi hasil pembacaan sensor ini bisa disebabkan oleh ketelitian dalam pembacaan sensor, kesalahan pa ralak, toleransi dari komponen resistor yang digunakan dan kesalahan lainnya. Dari pengujian ini terlihat pengaruh tegang ngan yang diukur terhadap hasil pembaca an sensor cenderung berubah ubah walau pun perubahannya tidak terlalu signifikan.

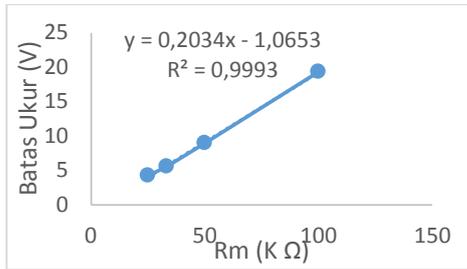
Variabel x dalam persamaan linier diatas merupakan skala yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk pada kotak multimeter yang sensor mekaniknya diuji. Pada peng ujian penulis menggunakan skala mak simum yang 50 sehingga dengan memasuk kan angka 50 kedalam variabel x maka akan kita dapatkan batas maksimum tegangan yang dapat diukur oleh sensor mekanik. Besarnya batas maksimum yang dapat diukur sensor pada variasi penguna an hambatan pengali dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Variasi hambatan R_m dan perubahan batas ukur

No.	R _m (KΩ)	Batas ukur sensor (V)
1	25,00	4,25
2	33,33	5,57
3	50,00	8,95
4	100,00	19,34

Jika kita plot data diatas ke dalam grafik maka kita dapat melihat bagaimana pe

ngaruh pemilihan nilai hambatan penganti R_m terhadap perubahan batas ukur dari suatu voltmeter sebagaimana diperlihatkan oleh gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh perubahan nilai R_m terhadap Batas ukur voltmeter

Berdasarkan grafik gambar 4 di peroleh persamaan regresinya $y=0,2034x-1,0653; R^2=0,9993$ (20)

Berdasarkan (20) terlihat perubahan hambatan penganti memberikan pengaruh 99,93 % terhadap hasil pembacaan oleh sensor mekanik multimeter analog dan sisanya 0,07% dipengaruhi oleh variabel lainnya. Selain itu dapat terlihat jika nilai hambatan penganti R_m diubah maka akan menyebabkan perubahan besar batas ukur sebesar 0,203 kali dari sebelumnya. Namun jika hambatan penganti nya kita nolkan maka batas ukurnya menjadi batas ukurnya -1,6053. Tentunya ini tidak kita interpretasikan. Kita dapat menolak konstanta yang -1,6053 tersebut sehingga persamaan (20) menjadi $y = 0,1878x; R^2 = 0,9916$ (21)

Persamaan (21) menunjukkan tidak terjadi penyimpangan terlalu jauh terhadap hasil pembacaan sensor mekanik multimeter analog. Setelah konstantanya dinolkan maka 96,16% hasil pembacaan sensor dipengaruhi oleh perubahan nilai resistor pengantinya dan sisanya 0,84% dipengaruhi oleh variabel lain. Ada penurunan nilai pengaruhnya walaupun tidak terlalu signifikan. Perubahan nilai resistor pengganti akan menyebabkan batas ukurnya berkurang sebesar 0,1878 kali dari sebelumnya.

Dari persamaan (20) ada nilai nilai tertentu yang dapat menyebabkan batas ukurnya menjadi negatif yaitu sampai nilai resistornya 5,23 KΩ. Penggunaan 5,24 KΩ

maka besar batas ukur maksimumnya adalah 1,01 mv. Sedangkan dengan menggunakan persamaan (21) penggunaan resistor pengganti sebesar 5,24 KΩ menyebabkan perubahan batas ukur menjadi batas ukurnya adalah 984,07 mV. Dari sini terlihat ternyata sangat jauh pengaruhnya terhadap batas ukur jika menggunakan hambatan pengganti yang kecil. Namun ketika digunakan hambatan pengganti yang besar misal 52,4 KΩ maka dengan persamaan (20) batas ukur menjadi 9,59 V dan persamaan (21) batas ukur menjadi 9,84 V. Dan tidak terlalu jauh perbedaannya.

Persamaan (20) dan (21) ini belum dapat digunakan secara langsung karena pengujiannya masih menggunakan nilai nilai hambatan yang cukup besar dan sedikit datanya. Perlu dilakukan pengujian kembali dengan menggunakan Hambatan yang kecil. Dengan demikian akan didapatkan data hasil pengujian yang lebih akurat. Namun dengan persamaan ini dapat menjadi perkiraan awal nilai hambatan berapakah yang dapat kita gunakan untuk melakukan pengukuran tegangan dengan batas tertentu sehingga kita dapat melakukan pengukuran dengan hasil pengukuran yang lebih tepat.

Pada tabel 4 kita telah mendapatkan batas ukur maksimum yang dapat diukur oleh sensor untuk setiap perubahan hambatan pengganti. Besar batas ukur ini dapat digunakan menggantikan skala yang dibaca oleh sensor sehingga dapat menyajikan data hasil pengukuran tersebut menjadi data hasil pembacaan tegangan oleh sensor mekanik. Data hasil pembacaan sensor tersebut dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil pembacaan tegangan oleh sensor mekanik sebagai voltmeter

V (Volt)	V sensor (V)			
	R_m 25K	R_m 33,33K	R_m 50K	R_m 100K
0,83	0,595	0,557	0,537	0,7736
1,00	0,765	0,7798	0,716	0,7736
1,25	0,935	0,8912	0,895	1,1604
1,67	1,275	1,2254	1,253	1,5472
2,00	1,615	1,5596	1,611	1,5472
2,50	2,125	2,0052	2,148	2,3208

V (Volt)	V sensor (V)			
	R _m 25K	R _m 33,33K	R _m 50K	R _m 100K
3,00	2,805	2,5622	2,506	2,7076
3,33	3,230	2,8964	2,864	3,0944
3,75	3,825	3,5648	3,401	3,4812
4,00	3,995	3,899	3,759	3,868
4,17	4,165	4,1218	3,938	3,868
5,00		5,1244	5,012	5,0284

Dari tabel 5 diatas terlihat penggunaan hambatan pengganti yang kecil untuk tegangan yang diukur kecil ternyata terjadi selisih yang cukup besar. Misal untuk tegangan 0,83V terbaca oleh sensor sebesar 0,595V pada R_m 2KΩ, sebesar 0,557V pada R_m 33,33KΩ, sebesar 0,537V pada R_m 50KΩ dan sebesar 0,774KΩ pada R_m 100KΩ. Namun untuk tegangan yang besar tidak terlalu besar pengaruh terhadap hasil pembacaannya.

Selanjutnya bagaimana perilaku hambatan dalam pada sensor mekanik ini terhadap perubahan batas ukur apakah mengalami perubahan?. Untuk melihat perilaku hambatan dalam sensor mekanik multimeter analog ini dapat kita tinjau dari tegangan maksimum yang dapat diukur oleh sensor mekanik ini untuk setiap perubahan hambatan pengganti yang dilakukan. Tegangan maksimum yang dapat diukur oleh sensor ini adalah hasil tegangan yang dibaca sensor saat arus yang lewat pada sensor adalah arus maksimum. Dengan demikian persamaan (6) dapat kita tulis menjadi persamaan berikut

$$\begin{aligned}
 V_{ukur} &= I_{meter}(R_m + R_{meter}) \\
 V_{maks} &= I_{meter maks}(R_m + R_{meter}) \\
 R_{meter} &= \frac{V_{maks}}{I_{meter maks}} - R_m \quad (22)
 \end{aligned}$$

Dengan memasukkan nilai arus maksimum sensor yang telah dihitung sebelumnya 163,84 μA maka berdasarkan (22) didapatkan nilai hambatan dalam. Data perhitungan hambatan dalam sensor disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan hambatan dalam sensor

No.	R _m (KΩ)	V _{maks} (V)	R _{meter} (KΩ)
1	25,00	4,25	0,940
2	33,33	5,57	0,667
3	50,00	8,95	4,626
4	100,00	19,34	18,042

Dari tabel 6 terlihat bahwa nilai hambatan dalam sensor ikut mengalami perubahan ketika hambatan pengalinya di ubah atau batas ukurnya bertambah. Namun secara teori seharusnya hambatan dalam sensor ini nilainya tetap. Oleh sebab itu kesimpulan dari perhitungan hambatan dalam sensor mekanik dengan cara ini tidak dapat kita gunakan. Oleh sebab itu perlu cara lain dalam menentukan besar hambatan dalam ini.

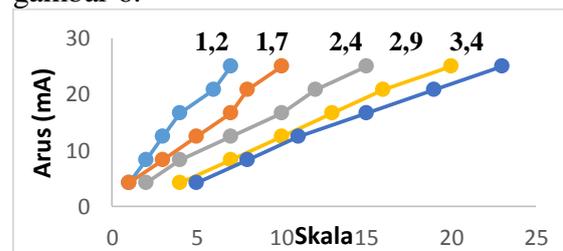
Pengujian sensor mekanik sebagai ampermeter

Sensor mekanik dapat digunakan sebagai ampermeter dengan menambahkan hambatan shunt secara paralel dengan sensor mekanik tersebut. Data hasil pengujian sensor mekanik sebagai ampermeter di tunjukkan oleh tabel 7.

Tabel 7. pengujian sensor mekanik sebagai Ampermeter

I (mA)	Skala yang tebaca				
	RS 1,2	RS 1,7	RS 2,4	RS 2,9	RS 3,4
4,17	1	1	2	4	5
8,33	2	3	4	7	8
12,5	3	5	7	10	11
16,67	4	7	10	13	15
20,83	6	8	12	16	19
25,00	7	10	15	20	23

Untuk melihat seberapa besar ketelitian sensor dalam menampilkan hasil pembacaan arus tersebut maka perlu data pada tabel 7 disajikan dalam sebuah grafik. Dengan demikian dapat kita lihat berapa besar tingkat pengaruh arus yang akan diukur terhadap skala hasil pembacaan sensor. Grafik data tersebut ditampilkan pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik pengujian sensor mekanik multimeter analog sebagai ampermeter

Berdasarkan gambar 6 dan pengolahan grafik menggunakan ms Office maka diperoleh nilai persamaan linier

untuk masing masing penggunaan hambatan R_s .

Untuk R_s $1,2\Omega$ diperoleh persamaan regresi linear sebagai berikut

$$y = 3,3385x + 1,7857; R^2 = 0,9844 \quad (23)$$

dari (23) terlihat bahwa 98,44 % hasil pembacaan sensor dipengaruhi oleh arus listrik yang diukur dan sisanya 1,56% dipengaruhi oleh variabel lain. Sedangkan dengan penggunaan R_s sebesar $1,7\Omega$ diperoleh persamaan garis linear nya adalah

$$y = 2,3343x + 1,3554; R^2 = 0,9924 \quad (24)$$

dari (24) diperoleh informasi bahwa arus yang akan diukur mempengaruhi 99,24% dari hasil pembacaan sensor dan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain. Ketika R_s nya kita ganti menjadi $2,4\Omega$ maka diperoleh persamaan garis linier

$$y = 1,5797x + 1,4194; R^2 = 0,9965 \quad (25)$$

dari (25) diketahui bahwa arus yang akan diukur memberikan pengaruh sebesar 96,65% terhadap hasil pembacaan oleh sensor. Sedangkan penggunaan R_s sebesar $2,9\Omega$ diperoleh persamaan garis

$$y = 1,3221x - 0,8413; R^2 = 0,9973 \quad (26)$$

Dari (26) menunjukkan bahwa 99,73% hasil pembacaan sensor dipengaruhi oleh arus yang akan diukur dan sisanya 0,27% dipengaruhi oleh variabel lain. Terakhir pemberian R_s sebesar $3,4\Omega$ diperoleh persamaan garis

$$y = 1,1429x - 0,8459; R^2 = 0,9953 \quad (27)$$

Dari (27) dapat diketahui bahwa 99,53% pembacaan sensor dipengaruhi oleh arus yang akan diukur dan 0,47% sisanya dipengaruhi oleh variabel lain. Variabel lain yang mempengaruhi itu sangat banyak untuk penggunaan multimeter analog yaitu kesalahan paralak, kecermatan dalam melakukan pengukuran, toleransi komponen resistor yang digunakan dan lain sebagainya.

Dengan memasukan nilai $x = 50$ maka kita dapat menentukan nilai batas ukur untuk ampermeter tersebut Kemudian dengan membandingkan nilai batas ukur tersebut dengan arus maksimal yang dapat dideteksi oleh sensor pada perhitungan

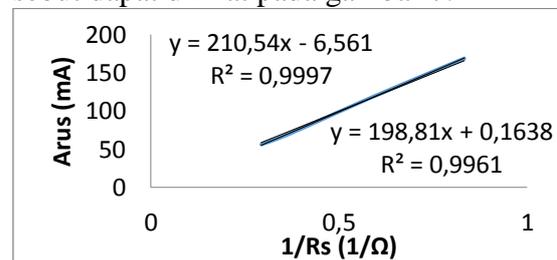
sebelumnya maka kita dapat menentukan nilai hambatan dalam sensor mekanik tersebut. Data hasil perhitungan dapat di lihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil perhitungan batas ukur ampermeter Hambatan sensor

R_s (Ohm)	I Maks (mA)	R_{meter} (Ohm)
1,2	168,7107	1234,474
1,7	118,0704	1223,396
2,4	80,4044	1175,399
2,9	65,2637	1152,280
3,4	56,2991	1164,916

Dilihat dari tabel 8 terlihat hasil pengujian sensor mekanik sebagai amper meter menunjukkan bahwa batas ukur ampermeter berbanding terbalik dengan hambatan R_s yang digunakan. Jika hambatan R_s yang digunakan kecil maka batas ukurnya bertambah dan demikian sebaliknya. Dari tabel juga terlihat bahwa hambatan dalam meter nilainya hampir sama dan sedikit sekali perbedaannya. Perbedaan hambatan dalam ini bisa diakibatkan oleh nilai toleransi resistor yang digunakan dalam pengujian.

Untuk melihat bagaimana pengaruh perubahan nilai R_s terhadap batas ukur yang dihasilkan dari penggunaan sensor sebagai ampermeter, dapat dilakukan dengan cara membuat grafik hubungan antara $1/R_s$ dengan Batas ukur. Grafik hubungan tersebut dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan $1/R_s$ dan Batas ukur
Dari grafik diperoleh persamaan linier

$$I = 210,54/R_s - 6,561; R^2 = 0,9997 \quad (28)$$

Dari (28) terlihat bahwa 99,97% perubahan batas ukur dipengaruhi oleh pergantian nilai R_s . Terlihat bahwa ada nilai R_s tertentu yang tidak dapat digunakan karena akan memberikan nilai batas ukur bernilai negatif saat R_s tersebut dipasang. Dari persamaan tersebut kita dapat menentukan berapa besaran hambatan

R_s yang diberikan sehingga arus yang terbaca adalah nol. Besaran hambatan R_s tersebut adalah $32,09\Omega$. Oleh karena Arus yang diukur berbanding terbalik dengan R_s yang diberikan, maka dapat diartikan bahwa nilai hambatan R_s yang tertinggi yang dapat diberikan adalah sebesar 32Ω . Jadi kita dapat memberikan resistor mulai dari $0,1\Omega$ sampai 32Ω untuk merancang ampermeter dengan menggunakan sensor mekanik yang penulis lakukan pengujian.

Dengan menggunakan aplikasi pengolahan angka seperti excell kita dapat mengatur konstanta pada persamaan linier sehingga persamaan linier dapat diubah bentuknya sehingga sesuai dengan persamaan (4). Besar arus maksimum yang dapat diukur oleh sensor mekanik berdasarkan hitungan sebelumnya adalah $163,84\mu A$. Oleh karena batas ukur pada tabel 8 kita menggunakan satuan mA maka kita dapat mengatur konstanta pada persamaan (28) menjadi $0,16384mA$ sehingga diperoleh persamaan berikut

$$I = 198,81/R_s + 0,1638; R^2 = 0,9961 \quad (29)$$

Dari (29) terlihat bahwa 99,61% perubahan dipengaruhi oleh pergantian nilai R_s nya. Besar pengaruhnya ini mengalami penurunan sebesar 0,36% dan nilai ini wajar dan dapat diterima karena hal ini dapat diakibatkan oleh toleransi komponen resistor yang digunakan. Dari persamaan (29) kita memperoleh kemiringan garisnya adalah 198,81. Nilai kemiringan garis ini berdasarkan persamaan (4) sama dengan $0,1638 R_{meter}$. Dimana R_{meter} ini adalah hambatan dalam dari sensor mekanik multimeter analog yang kita gunakan. Oleh sebab itu kita mendapatkan besar hambatan dalam sensor adalah $1213,736\Omega$. Nilai hambatan dalam ini tidak jauh berbeda dengan nilai hambatan dalam yang di peroleh pada tabel 8. Oleh sebab itu nilai hambatan dalam ini dapat kita terima sebagai nilai hambatan dalam dari sensor mekanik multimeter analog.

Berdasarkan pengujian sensor mekanik multimeter analog sebagai amper meter didapatkan persamaan karakteristik hasil pengujian ini yaitu $198,81/R_s$

$+0,1638$ dengan hambatan dalam meter $1213,736\Omega$ dan arus maksimum yang dapat diukur oleh sensor sebesar $0,1638 mA$ atau $163,8 \mu A$. Dengan demikian berdasarkan teori besar tegangan maksimum yang dapat diukur oleh sensor mekanik multimeter analog ini adalah

$$V = I \times R = 0,1638 \times 1213,736 = 198,810 mV$$

Dengan demikian tegangan maksimum yang dapat diukur dengan sensor mekanik multimeter analog ini adalah $198,810 mV$ atau $0,19881V$. Dengan mengatur konstanta persamaan (20) menjadi $0,19881V$ menggunakan aplikasi pengolahan angka seperti excell maka akan didapatkan persamaan berikut

$$V = 0,1849R_m + 0,1988; R^2 = 0,9884 \quad (30)$$

Dari (30) dapat kita lihat bahwa perubahan hambatan pengali R_m pada sensor mekanik menyebabkan perubahan sebesar 98,84% terhadap pembacaan tegangan oleh sensor atau batas ukur alat yang dirancang dengan sensor mekanik ini akan berubah sebesar 98,84%. Perubahan nilai ini terlihat cukup besar jika dibandingkan dengan yang kita peroleh dari persamaan (20) yaitu sebesar 99,93%.

Pada persamaan (30) kita dapatkan bahwa kemiringan garis persamaan adalah sebesar 0,1849. Sesuai dengan persamaan (6) nilai ini tidak lain adalah besar arus listrik yang dapat diukur menggunakan sensor mekanik ini. Berdasarkan persamaan (30) kita dapatkan bahwa besar arus maksimum yang dapat diukur menggunakan sensor mekanik ini adalah sebesar $0,1849mA$ atau $184,90 \mu A$. Ternyata nilai arus yang kita dapatkan ini cukup besar selisihnya dari nilai arus yang telah kita hitung sebelumnya yaitu sebesar $163,84\mu A$. Artinya ada selisih nilai arus sebesar $21,06\mu A$. Berdasarkan persamaan (9) kita dapat menentukan besar hambatan dalam meter sebagai berikut

$$\frac{0,1988}{R_{meter}} = 0,1849$$

Sehingga besar hambatan dalam meter nya adalah $1,07517577 K\Omega$ atau $1075,18\Omega$. Nilai ini tidak terlalu jauh berbeda dengan dengan nilai hambatan dalam yang kita

dapatkan pada pengujian sensor mekanik multimeter analog sebagai ampermeter. Selisih nilai hambatannya adalah $138,56\Omega$.

Menggunakan aplikasi pengolah angka kita juga dapat mengatur kemiringan garis suatu persamaan sesuai dengan kemiringan yang kita inginkan. Oleh karena arus maksimum yang dapat diukur oleh sensor mekanik berdasarkan perhitungan kita sebelumnya adalah sebesar $0,16384$ maka kita perlu mengatur kemiringan garis persamaan (20) menjadi $0,1638$. Dengan menggunakan aplikasi pengolah angka seperti excell kita dapatkan persamaan $V = 0,1638R_m + 1,6361$; $R^2 = 0,9498$ (31)

Dari (31) dapat kita lihat bahwa akibat perubahan hambatan R_m memberikan andil terhadap $94,98\%$ nilai tegangan yang diukur oleh sensor atau terjadi perubahan batas ukur sensor sebesar $94,98\%$. Nilai perubahan ini cukup besar sekali. Selain itu dari persamaan (31) kita peroleh informasi bahwa besar hambatan dalam meter adalah $9988,4\Omega$. Artinya sangat jauh terjadi perubahan pada nilai hambatan dalam meter jika kita mengatur kemiringan garis sesuai arus maksimumnya. Dengan demikian nilai hambatan dalam meter yang dapat kita terima untuk kasus sensor mekanik multimeter sebagai voltmeter adalah $1075,18\Omega$. Dengan demikian persamaan karakteristik untuk sensor mekanik multimeter analog sebagai voltmeter adalah $0,1849R_m + 0,1988$.

KESIMPULAN DAN SARAN:

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari pengujian sensor mekanik multimeter analog sebagai ampermeter dan voltmeter. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa besar arus maksimum yang dapat diukur oleh sensor mekanik multimeter analog yang diuji adalah $163,84\mu A$. Sensor mekanik multimeter analog memiliki karakteristik arus sebesar $198,81/R_s + 0,1638$ dengan besar hambatan dalam pada meter sebesar $1213,736\Omega$. Selain itu sensor mekanik multimeter

analog ini memiliki karakteristik tegangan sebesar $0,1849 R_m + 0,1988$ dengan besar hambatan dalam meter sebesar $1075,18\Omega$. Berdasarkan pengujian ternyata terdapat perbedaan hambatan dalam pada meter sebesar $138,56\Omega$. Seharusnya hambatan dalam pada meter seharusnya tetap nilainya baik ketika digunakan sebagai ampermeter maupun digunakan sebagai voltmeter. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar tidak terjadi perbedaan nilai hambatan dalam pada sensor dengan cara melakukan pengukuran arus yang lewat pada suatu resistor dan tegangan yang jatuh pada titik yang sama. Selain itu pengukuran juga menyajikan skala yang terukur dan diplot grafik hubungannya sehingga diperoleh grafik hubungan antara skala yang terukur dan hambatan yang digunakan terhadap nilai besaran yang diukur. Dengan cara tersebut akan diperoleh karakteristik ampermeter dan voltmeter secara umum.

UCAPAN TERIMA KASIH:

Terima kasih disampaikan kepada Tim Natural Science yang telah meluangkan waktu untuk membuat revisi template ini.

REFERENSI:

- Prawiroredjo, K. (2006). Pemahaman dan Penggunaan Alat Ukur Multimeter Analog Sebagai Pengenalan Teknik Elektronika.
- Cooper, W.D. (1979). Electronic Instrumentation and Measurement Techniques.
- Buchla, D. (1992). Applied Electronic Instrumentation and Measurement
- Thamrin, M. dkk. (2018). Karya Ilmiah Caramudah Mencapai Kompetensi Menulis Akademik.