

Analysis of electric voltage measurements using an ampermeter based on the electric circuit studio application

Muharmen Suari^{a*}

^a*Universitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang, Indonesia*

*E-mail: muharmensuari@uinib.ac.id

Abstract: Ammeters are usually used to measure electric current. An ammeter connected in series with a resistor can be used to measure voltage. In order for the ammeter to be used to measure voltage, it is necessary to know the internal resistance of the ammeter. The electric circuit studio application is used to see what if the ammeter is positioned as a voltmeter. The ammeter begins by pairing it in parallel with the resistance whose voltage is to be measured. Based on the results of the discussion, it is concluded that in this way we can determine the internal resistance of the ammeter but it cannot be used to measure the electric voltage because the voltage drop across the resistance measured is very small and does not match the expected measurement results. Furthermore, the ammeter is added to the series resistance and then installed in parallel with the resistance to be measured. Based on the results of the discussion on the use of the ammeter in this way, it can be concluded (1) the series resistance given must be very large in size, namely more than 100k Ω and above, (2) the magnitude of the electric voltage measurement can be calculated by multiplying the results of the ammeter reading by the series resistance used and (3) the amount of internal resistance in the ammeter cannot be determined because it produces a negative internal resistance value during calculation.

Keywords: Ampermeter, voltmeter, inner resistance, series resistance, electric circuit studio

Abstrak: Ampermeter biasanya digunakan untuk mengukur besar arus listrik. Ampermeter yang dihubungkan seri dengan sebuah resistor maka dapat digunakan untuk mengukur tegangan listrik. Agar ampermeter dapat digunakan untuk mengukur tegangan listrik maka perlu diketahui besar hambatan dalam pada ampermeter tersebut. Aplikasi electric circuit studio digunakan untuk melihat bagaimana jika ampermeter diposisikan sebagai voltmeter. Ampermeter diawali dengan memasangkan secara paralel dengan hambatan yang akan diukur tegangannya. Berdasarkan hasil pembahasan disimpulkan bahwa dengan cara tersebut dapat ditentukan hambatan dalam pada ampermeter namun tidak dapat digunakan untuk mengukur tegangan listrik karena jatuh tegangan pada hambatan yang diukur tegangan sangat kecil sekali dan tidak sesuai dengan hasil pengukuran yang diharapkan. Selanjutnya ampermeter ditambahkan hambatan seri lalu dipasang secara paralel dengan hambatan yang akan diukur tegangannya. Berdasarkan hasil pembahasan penggunaan ampermeter dengan cara tersebut dapat disimpulkan (1) hambatan seri yang diberikan harus sangat besar ukurannya yaitu lebih dari 100k Ω keatas, (2) Besar pengukuran tegangan listrik dapat dihitung dengan cara mengalikan hasil pembacaan ampermeter dengan hambatan seri yang digunakan dan (3) besar hambatan dalam pada ampermeter tidak dapat ditentukan karena dihasilkannya nilai hambatan dalam yang negatif saat perhitungan.

Kata Kunci: Ampermeter, voltmeter, hambatan dalam, hambatan seri, electric circuit studio.

PENDAHULUAN

Pengukuran adalah suatu proses perbandingan antara suatu besaran dengan besaran lain yang sejenis secara eksperimen dengan salah satu besaran dianggap sebagai besaran standar (Pandiangan, 2014). Pengukuran dapat dibedakan menjadi dua yaitu pengukuran besaran listrik (seperti arus listrik, tegangan, daya listrik dan hambatan) dan pengukuran besaran non listrik (seperti pengukuran suhu, massa, panjang dan waktu). Untuk mendapatkan nilai pengukuran yang tepat maka pengukuran perlu dilakukan dengan cara yang tepat, menggunakan alat ukur sesuai dengan prosedur, dan teliti dalam membaca alat ukur. Cara pengukuran yang tidak tepat dan tidak sesuai dengan prosedur bisa berdampak pada kerusakan alat ukur.

Ada beberapa hal penting yang perlu diperhatikan dalam pengukuran listrik yaitu cara pengukuran, alat ukur yang digunakan dan orang yang melakukan pengukuran (Pandiangan,2014). cara pengukuran yang dilakukan harus sesuai dengan alat ukur yang digunakan. Ada dua jenis alat ukur yang sering digunakan dalam pengukuran listrik yaitu ampermeter dan voltmeter. Kedua alat ukur ini mempunyai cara pengukuran yang berbeda dan berlawanan. Ampermeter dipasangkan secara seri dalam rangkaian sedangkan voltmeter dipasangkan secara paralel didalam rangkaian. Kesalahan dalam penggunaan alat ukur akan dapat merusak alat ukur atau mendapatkan hasil pengukuran yang tidak sesuai.

Ampermeter idealnya memiliki hambatan dalam mendekati nol sedangkan voltmeter memiliki hambatan dalam tak berhingga. Namun tidak ada alat ukur yang ideal karena setiap alat ukur memiliki hambatan dalam dari komponen yang menyusunnya. Ampermeter memiliki hambatan dalam yang sangat kecil sekali sedangkan voltmeter memiliki hambatan dalam yang sangat besar. Jika alat ukur digunakan dengan tepat, hambatan dalam yang ada pada alat ukur sedikitnya dapat memberikan pengaruh kepada nilai hasil pengukuran karena hambatan dalam ini nanti akan terakumulasi dengan hambatan yang berada pada rangkaian yang akan diukur arus atau tegangannya. Jika alat ukur digunakan dengan cara yang tidak tepat maka adanya hambatan dalam pada alat ukur akan memberikan nilai pengukuran yang tidak benar bahkan akan berdampak pada kerusakan alat ukur. Selain itu ada hambatan dalam pada alat ukur akan memberikan efek pembebahan terhadap besaran listrik yang akan diukur.

Ampermeter adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur besar arus yang mengalir dalam suatu penghantar dalam rangkaian (Purwanto,2016; Lumbangaol.2021). Ampermeter dapat digunakan mengukur arus yang mengalir dalam suatu resistor yang ada dalam rangkaian. Ampermeter dipasangkan seri dengan resistor yang akan diukur besar arusnya. Pemasangan seri ampermeter dengan resistor maka nilai pengukuran arus pada resistor tersebut akan mendekati nilai arus secara perhitungan atau secara teori karena hambatan dalam yang ada pada ampermeter tidak akan memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai resistor yang ada pada rangkaian. Permasalahan akan terjadi jika ampermeter dipasangkan paralel dengan resistor yang akan diukur besar arus listriknya. Jika ampermeter dipasangkan paralel dengan resistor maka nilai hambatan pada resistor akan mendekati nilai hambatan dalam pada ampermeter sehingga arus yang mengalir pada ampermeter akan sangat besar dan tentunya tidak akan sesuai dengan nilai hasil pengukuran yang diharapkan secara perhitungan atau teori. Jika pada pemasangan paralel tersebut, arus yang mengalir pada ampermeter melebihi batas ukurnya maka akan berdampak pada kerusakan ampermeter. Oleh karena ini penguna harus hati-hati jangan sampai ampermeter terpasang secara paralel pada resistor yang akan diukur arusnya.

Voltmeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur tegangan listrik pada suatu rangkaian ((Purwanto,2016; Lumbangaol.2021). Voltmeter dipasang secara paralel dengan komponen yang akan diukur besar tegangannya. Pada pemasangan paralel tersebut akumulasi resistansi pada resistor akan mendekati nilai resistansi resistor sehingga besar tegangan resistor yang terukur akan mendekati nilai hasil pengukuran secara perhitungan atau teori. Jika voltmeter dipasang seri adanya hambatan dalam pada voltmeter tidak akan merusak voltmeter hanya menyebabkan tegangan listrik pada rangkaian tidak terbaca karena arus yang masuk pada voltmeter sangat kecil sekali. Kecerobohan penguna dalam penggunaan voltmeter (memasang voltmeter secara seri) tidak akan menyebabkan kerusakan voltmeter.

Voltmeter pada dasarnya dibuat menggunakan galvanometer. Galvanometer merupakan alat ukur arus yang sangat kecil biasanya dalam skala mikroamper. Dengan menambahkan galvanometer secara seri dengan sebuah resistor maka akan terbentuk sebuah voltmeter (Purwanto.2016). Resistor seri yang ditambahkan pada galvanometer disebut dengan hambatan depan. Nilai hambatan depan yang diberikan jauh lebih besar dari hambatan dalam pada galvanometer. Pemberian nilai hambatan depan disesuaikan dengan batas ukur voltmeter yang akan dibuat. Menurut Purwanto (2016) besar hambatan depan yang dibutuhkan untuk membuat voltmeter dengan batas ukur tertentu, dapat dihitung dengan berdasarkan besar hambatan dalam pada galvanometer. Selain itu menurut Purwanto (2016) batas ukur dari suatu voltmeter dapat juga dihitung jika diketahui hambatan depan yang dipasang dan hambatan dalam dari galvanometer. Sehingga besar tegangan hasil pembacaan voltmeter dapat dihitung dengan membandingkan hasil pembacaan voltmeter dengan nilai maksimal pembacaan voltmeter kemudian dikalikan dengan batas ukur voltmeter. Dengan demikian untuk mendapatkan besar tegangan pengukuran dengan galvanometer maka harus diketahui 4 nilai berikut yaitu besar batas ukur voltmeter yang dirancang, hambatan depan yang dipasang, hambatan dalam galvanometer dan hasil pembacaan galvanometer. Melalui penelusuran literatur belum ada ditemukan apakah hambatan dalam galvanometer musti diketahui agar besar tegangan dapat dihitung karena suari (2020) pernah melakukan pengujian terhadap sensor mekanik (sebuah galvanometer yg terdapat dalam multimeter) dan memperoleh hasil nilai hambatan dalam yang berbeda ketika digunakan sebagai ampermeter dan ketika digunakan sebagai voltmeter. Oleh karena itu melalui artikel ini penulis tertarik untuk menganalisa penggunaan ampermeter untuk pengukuran tegangan listrik. Analisa pengukuran tegangan listrik menggunakan ampermeter tidak dilakukan secara langsung melalui praktikum dengan ampermeter dan voltmeter yang real namun dilakukan berbasis aplikasi electric circuit studio. Oleh

karena itu penulis memberi judul artikel ini dengan “Analisis pengukuran tegangan listrik menggunakan ampermeter berbasis aplikasi electric circuit studio.

Aplikasi electric circuit studio merupakan aplikasi android yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi rangkaian elektronika. ECStudio systems merupakan pengembang aplikasi electric circuit studio. Electric circuit studio merupakan versi aplikasi gratis yang ada menampilkan iklan sedangkan untuk versi berbayar tanpa iklan diberi nama ECStudio. Electric circuit studio dapat digunakan untuk menggambarkan, mensimulasikan, menghitung, dan mempelajari cirkuit elektronika (Simanullang,2021). Electric circuit studio dapat mensimulasikan arus dan tegangan serta menampilkan hasilnya dalam berupa teks ataupun dalam bentuk grafik. Electric circuit studio telah mendukung untuk melakukan analisa rangkaian elektronika dalam DC analisis, AC analisis dan transien analisis. aplikasi ini mendukung banyak komponen elektronika mulai dari kabel, resistor, kapasitor, induktor, sumber arus, sumber tegangan, dioda, ic gerbang logika, ic ic opamp, ic timer dan banyak lagi yang lain. Aplikasi ini juga menyediakan berbagai penampilan dan alat ukur seperti voltmeter, ammeter, ohmmeter, osciloskop, penampil 7 segment, dekoder 7 segmen, lampu dan speaker. Selain itu aplikasi ini juga menyediakan kalkulator elektronika seperti untuk menghitung hukum ohm, menghitung nilai resistor penganti pada rangkaian resistor seri dan resistor paralel, menghitung transformasi y-delta, menghitung pembagi tegangan dan masih banyak yang lainnya.

METODE

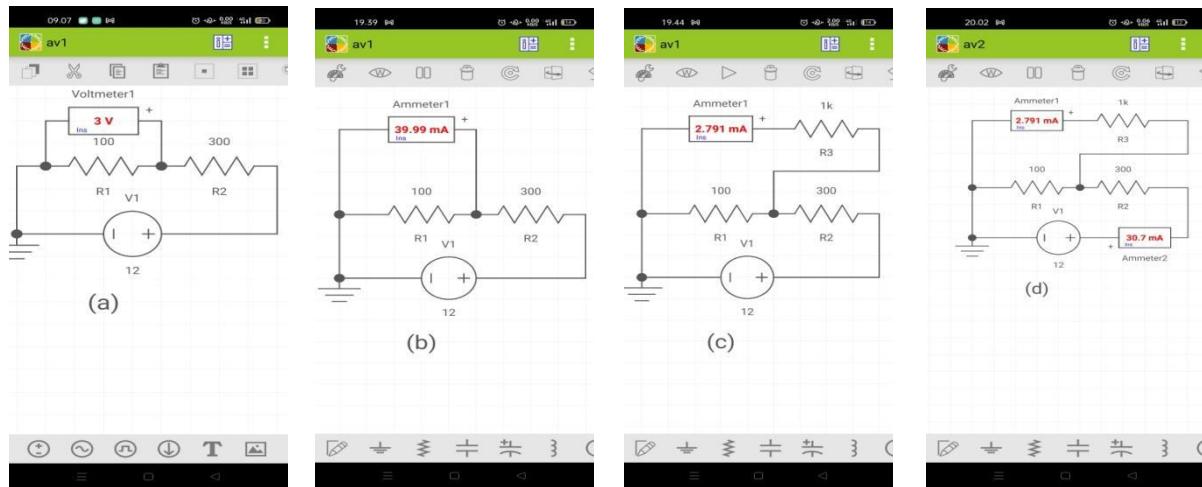
Metode penelitian menurut Sugiyono (2013:2) merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Cara ilmiah yang digunakan untuk mendapatkan data dalam penelitian ini adalah menggunakan simulasi. Penelitian simulasi bertujuan untuk mencari gambaran suatu sistem dimana dilakukan manipulasi suatu komponen dari sistem untuk melihat pengaruhnya. Penelitian ini mensimulasikan rangkaian elektronika dengan menggunakan aplikasi electric circuit studio. Pada aplikasi ini ampermeter digunakan untuk mengukur besar tegangan dari suatu rangkaian listrik. Nilai nilai dimanipulasi dalam rangkaian ini adalah besar tegangan catudaya, nilai resistor dan hambatan dalam ampermeter. Rangkaian listrik yang digunakan dalam simulasi ini adalah sebuah rangkaian sederhana yang terdiri dari dua buah resistor dan sebuah baterai. Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan membuat rangkaian seri resistor dengan satu buah catu daya pada aplikasi electric circuit studio dan kemudian menetapkan nilai resistor dan besar catudaya yang digunakan. Selanjutnya mengukur tegangan salah satu resistor menggunakan voltmeter dan mencatat hasil pengukuran tegangan tersebut. Langkah selanjutnya posisi voltmeter digantikan dengan ampermeter dan mencatat hasil pembacaan ampermeter tersebut. Selanjutnya salah satu jalur ampermeter diputus dan ditambahkan sebuah resistor (resistor dan ampermeter terhubung seri) dan mencatat nilai hasil pembacaan ampermeter. Selanjutnya dilakukan variasi nilai resistor, dan mencatat perubahan hasil pembacaan pada ampermeter.

Hasil pengukuran diatas selanjutnya dianalisa dengan beberapa tahap. Tahap pertama dengan menghitung besar hambatan dalam ampermeter secara teoritis dan membandingkan dengan nilai hambatan dalam ampermeter secara default di aplikasi electric circuit studio. Tahap kedua dengan menghitung besar tegangan listrik berdasarkan pembacaan ampermeter dengan memasukan nilai default hambatan dalam ampermeter dan dibandingkan dengan hasil pengukuran voltmeter secara langsung pada rangkaian. Tahap ketiga dengan menghitung besar tegangan listrik berdasarkan pembacaan ampermeter dengan memasukan nilai hambatan dalam ampermeter hasil perhitungan langkah pertama diatas dan dibandingkan dengan hasil pengukuran voltmeter secara langsung pada rangkaian. Dan tahap terakhir melakukan analisa terhadap hasil perhitungan diatas dan melakukan koreksi terhadap hasil perhitungan agar didapat hasil yang mendekati nilai pengukuran menggunakan voltmeter secara langsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Digambarkan sebuah rangkaian sederhana pada aplikasi electric circuit studio kemudian diukur besar tegangannya menggunakan voltmeter dan dilanjutkan dengan pengukuran tegangan menggunakan ampermeter. Salah satu hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 1.

Pada gambar 1a dapat dilihat bahwa besar tegangan pada resistor 100 ohm adalah 3V dan nilai ini sesuai dengan perhitungan secara teoritis. Arus yang lewat pada resistor 100 ohm secara teori sama dengan arus yang lewat pada resistor 300 ohm yaitu sebesar 30 mA. Kemudian ketika voltmeter digantikan posisinya dengan ampermeter (gambar 1b) maka arus yang terbaca pada ampermeter adalah sebesar 39,99 mA. Terlihat disini ada kelebihan arus yang terbaca pada ammeter. Hal ini dapat diterima karena ampermeter mempunyai hambatan dalam yang sangat kecil oleh akan mempengaruhi besar hambatan R1 dalam rangkaian.



Gambar 1 penggambaran rangkaian pada aplikasi electric circuit studio

Besar hambatan R1 akan mendekati nilai hambatan dalam ampermeter. Artinya pemasangan ampermeter seperti gambar 1b identik dengan pengukuran arus sehingga dengan demikian besar arus yang melalui rangkaian sebesar 40mA. Berdasarkan hukum arus kirchoff dapat diketahui bahwa pada R1 mengalir arus sebesar 0,01mA. Berdasarkan hukum ohm kita dapat menentukan besar tegangan jatuh pada R1 yaitu sebesar 1mV. Besar tegangan jatuh pada R1 ini akan sama dengan tegangan yang dikenai pada ammeter sehingga dengan menggunakan hukum ohm kita dapat menghitung besar hambatan dalam pada ammeter yaitu sebesar $1\text{mV}/39,99\text{mA}$ atau sekitar $25\text{m}\Omega$. Nilai ini selisih cukup jauh dari nilai hambatan dalam default ammeter yang sebesar $10\text{m}\Omega$ di aplikasi. Oleh sebab itu pemasangan ampermeter seperti gambar 1b tidak dapat digunakan untuk pengukuran tegangan listrik dikarenakan besar tegangan yang jatuh pada R1 sangat kecil dan jauh dari nilai pengukuran tegangan diharapkan.

Pada gambar 1c dapat dilihat bahwa ketika ampermeter ditambahkan dengan sebuah resistor $1\text{k}\Omega$ secara seri maka arus yang terbaca pada ammeter menjadi 2,791mA. Arus yang melewati R1 berdasarkan gambar 1a adalah sebesar 30mA dimana nilai arus ini adalah nilai sebelum dilakukan pemasangan ampermeter. Setelah dipasang ampermeter maka arus yang melewati R1 ini akan berkurang karena sebagian arus masuk melewati ammeter atau resistor $1\text{k}\Omega$. Besar arus yang melewati R1 tersebut adalah sebesar $30\text{mA} - 2,791\text{mA}$ atau sebesar $27,209\text{mA}$. Dengan demikian berdasarkan hukum ohm besar tegangan jatuh pada R1 adalah sebesar $2,7209\text{V}$. Ada selisih sebesar $0,2791\text{V}$ dibanding dengan pengukuran langsung voltmeter. Selisih ini diakibatkan oleh adanya pengaruh resistor $1\text{k}\Omega$ yang paralel dengan R1 dan tentunya akan mempengaruhi besarnya arus yang melewati rangkaian. Berdasarkan gambar 1d terlihat bahwa besar arusnya bertambah menjadi 30,7 mA. Dengan demikian besar tegangan jatuh pada R1 menjadi $2,7909\text{V}$ yang mana nilai ini bersesuaian dengan besar tegangan jatuh pada resistor $1\text{k}\Omega$ yaitu sebesar $2,791\text{V}$. Berdasarkan hasil ini dapat kesimpulan awal bahwa besar pengukuran tegangan listrik menggunakan ampermeter sama dengan hasil pembacaan ampermeter dikali dengan nilai resistor seri yang ditambahkan pada ampermeter tersebut. Untuk menguji kesimpulan awal ini maka dilakukan pengantian nilai resistor R3 dengan beberapa variasi nilai dan melihat pengaruhnya terhadap hasil pengukuran tegangan di R1 dan di R3. Data hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1 data hasil perhitungan tegangan di R1 dan R3

No.	R3	Ammeter 1	VR1	VR3	Ammeter 2	VR1 real
1	100	17,14mA	1,286V	1,714V	34,28mA	1,716V
2	500	5,217mA	2,4783V	2,6085V	31,3mA	2,61V
3	1 kΩ	2,791mA	2,7209V	2,791V	30,7mA	2,79V
4	5 kΩ	591,1uA	2,94089V	2,9555V	30,15mA	2,955V
5	10 kΩ	297,8uA	2,97022V	2,978V	30,07mA	2,979V
6	50 kΩ	59,91uA	2,994009V	2,9955V	30,01mA	2,997V
7	100 kΩ	29,98uA	2,997002V	2,998V	30,01mA	2,997V
8	500 kΩ	5,999uA	2,9994001V	2,9995V	30mA	3V
9	1MΩ	3uA	2,9997V	3V	30mA	3V
10	5MΩ	600 nA	2,99994V	3V	30mA	3V

VR1 pada tabel 1 adalah tegangan jatuh pada kaki R1 saat ampermeter dan VR3 adalah tegangan yang yang jatuh pada reistor yang seri pada ampermeter. VR1 real adalah besar tegangan yang jatuh pada kaki R1 yang dihitung berdasarkan arus yang mengalir pada R2 seperti dapat dilihat pada gambar 1d. Nilai VR1 real inilah yang seharusnya diperoleh saat menghitung tegangan jatuh pada kaki R1 namun nilai ini baru bisa diperoleh jika nilai Resistor R3 yang diberikan sangat besar. Selain itu dari tabel 1 dapat terlihat dengan variasi nilai R3 maka kesimpulan awal bahwa besar hasil pengukuran tegangan menggunakan ampermeter dapat dihitung berdasarkan tegangan yang jatuh pada kaki R3 dapat diterima. Oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa pengukuran tegangan dengan menggunakan ampermeter dapat dihitung dengan cara mengalikan hasil pembacaan ampermeter dengan nilai resistor yang dipasangkan seri pada ampermeter tersebut.

Berdasarkan tabel 1 dapat dilihat bahwa dengan memvariasikan hambatan pada R3 (menganti nilai resistor 1 kΩ pada gambar 1c) akan mempengaruhi hasil pengukuran tegangan pada kaki R1. Semakin besar nilai hambatan R3 maka hasil pengukuran tegangan dikaki R1 semakin mendekati nilai pengukuran tegangan langsung menggunakan voltmeter. Hal ini berarti agar ampermeter dapat digunakan untuk mengukur tegangan listrik pada suatu rangkaian maka harus diberikan hambatan depan yang sangat besar. Berdasarkan tabel 1 nilai hambatan yang lebih besar dari 1MΩ akan memberikan hasil pengukuran tegangan mendekati nilai real tegangan tersebut. Hal ini juga membuktikan bahwa sebuah voltmeter dapat dibuat dari suatu ampermeter dengan menambahkan hambatan depan yang cukup besar. Hal ini juga yang menyebabkan nilai hambatan dalam pada voltmeter sangat besar sampai tak terhingga nilainya. Hal ini sesuai dengan teori bahwa hambatan dalam pada voltmeter adalah sangat besar karena dengan sangat besarnya hambatan dalam pada voltmeter maka tidak akan mempengaruhi pengukuran tegangan listrik pada suatu rangkaian.

Perhitungan hambatan dalam ampermeter secara teori dapat dilakukan dengan menerapkan hukum tegangan kirchoff dan hukum ohm. Dari hukum tegangan kirchoff dapat disimpulkan bahwa penjumlahan tegangan jatuh pada ampermeter dan tegangan jatuh pada R3 akan sama dengan tegangan yang jatuh pada R1. Artinya tegangan jatuh pada ampermeter merupakan selisih antara tegangan jatuh pada kaki R1 dengan tegangan jatuh pada kaki R3. Dengan membagi tegangan jatuh pada ampermeter dengan arus yang mengalir pada ampermeter maka dapat dihitung besar hambatan dalam pada ampermeter sesuai dengan buniy hukum ohm. Berdasarkan tabel 1 terlihat tegangan jatuh pada R3 lebih besar dari tegangan jatuh pada R1 sehingga nanti akan diperoleh nilai hambatan dalam ampermeter yang bernilai negatif. Nilai hambatan dalam ampermeter ini seharusnya tetap untuk setiap pengukuran. Namun dengan menggunakan gambar rangkaian 1c dan memvariasikan nilai R3 maka tentunya akan menghasilkan nilai hambatan dalam yang bervariasi juga dan berdasarkan tabel 1 nilai hambatan dalam ampermeter ini bernilai negatif. Dari analisa ini dapat disimpulkan bahwa pemasangan ampermeter seperti gambar 1c tidak dapat digunakan untuk menentukan besar hambatan dalam pada ampermeter tersebut.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan diatas dapat ditarik bahwa ampermeter dapat digunakan untuk mengukur tegangan listrik dengan cara menambahkan hambatan seri pada ampermeter dimana nilai hambatan yang diberikan itu cukup besar nilainya. Gambar 1b dapat digunakan untuk mengukur besar hambatan dalam pada ampermeter walaupun nilai hambatan dalam nya sedikit lebih besar dari hambatan dalam default di aplikasi. Hasil pengukuran tegangan listrik menggunakan ampermeter dapat diperoleh dengan cara mengalikan arus yang dibaca oleh ampermeter dengan resistor seri yang ditambahkan pada ampermeter tersebut sesuai dengan yang ditampilkan gambar 1c. Hambatan dalam pada ampermeter tidak dapat dihitung menggunakan gambar 1c dikarenakan besar tegangan jatuh pada resistor seri lebih besar dari tegangan jatuh pada hambatan yang akan diukur besar tegangannya. Hal ini disebabkan karena perhitungan nilai hambatan dalam akan memberikan nilai yang negatif.

REFERENSI

Lumbangao1,S.T, Nainggolan,A.D,Sipayung,R.R,&Siahaan, K.W.A. 2021. Modul Praktikum Penuntun Praktikum Fisika Dasar Lanjutan.repository.penerbitwidina.com

Pandiangan,Paken.2014.Pengukuran dan Sistem Satuan dalam Fisika.pustaka.ut.ac.id

Purwanto Fadjar,H.M. & Warnana,D.D.2016. Alat Ukur Listrik.Tangerang Selatan:Universitas Terbuka.

Simanullang, Ady F. 2021. Pemanfaatan Aplikasi Electric Circuit Studio pada Matakuliah Elektronika. Repository.uhnp.ac.id.

Suari,M. 2020.Karakteristik Ampermeter Voltmeter TERHADAP Penambahan Hambatan PADA Pengujian Sensor Mekanik Multimeter Analog.Natural Science: Jurnal Penelitian Bidang IPA dan Pendidikan IPA,6(1), 102-113.

Sugiyono. 2013. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung:Alfabeta.