

ANALISIS ARUS DAN TEGANGAN PADA RANGKAIAN SERI DAN PARALEL BERDASARKAN HUKUM OHM

Riska Putri Anindya¹, Nisryna Afifah Zaida Abyan², Elifia Devi Widiyanti³, Nadila Ika Puspita⁴, Sudarti⁵, Habibah Khusna Baihaqi⁶, Revaldy Bisma Saylendra⁷

^{1,2,3,4}Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember, Indonesia

^{5,6,7}Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember, Indonesia

e-mail: putriiriska28@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kuat arus, tegangan listrik, dan hambatan dalam penerapan Hukum Ohm pada rangkaian seri dan paralel. Eksperimen dilakukan menggunakan resistor dengan nilai tertentu yang disusun dalam kedua jenis rangkaian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam rangkaian seri, arus listrik tetap konstan sementara tegangan terbagi sesuai dengan nilai resistansi masing-masing komponen. Sebaliknya, pada rangkaian paralel, tegangan tetap konstan pada setiap cabang, sedangkan arus terbagi sesuai dengan nilai resistansi cabang tersebut. Perbedaan nilai resistansi total antara rangkaian seri dan paralel juga dikonfirmasi, dengan rangkaian paralel memiliki nilai resistansi total yang lebih kecil dibandingkan dengan rangkaian seri. Temuan ini mendukung validitas Hukum Ohm serta memberikan wawasan tentang distribusi arus dan tegangan dalam berbagai konfigurasi rangkaian listrik, yang berguna dalam aplikasi kelistrikan dan pembelajaran fisika.

Kata kunci: Hukum Ohm, Arus Listrik, Tegangan Listrik, Rangkaian Seri, Rangkaian Paralel.

ANALYSIS OF CURRENT AND VOLTAGE IN SERIES AND PARALLEL CIRCUITS BASED ON OHM'S LAW

Abstract

This study aims to analyze the relationship between current, voltage, and resistance in the application of Ohm's Law in both series and parallel circuits. The experiment was conducted using resistors with specific values arranged in both circuit configurations. The results show that in a series circuit, the current remains constant while the voltage is divided according to the resistance of each component. Conversely, in a parallel circuit, the voltage remains constant across each branch while the current is divided based on the resistance of each branch. The difference in total resistance values between series and parallel circuits was also confirmed, with the parallel circuit having a lower total resistance compared to the series circuit. These findings support the validity of Ohm's Law and provide insights into the distribution of current and voltage in various circuit configurations, which is useful in electrical applications and physics education.

Keywords: Ohm's Law, Electric Current, Electric Voltage, Series Circuit, Parallel Circuit.

PENDAHULUAN

Energi listrik kini menjadi kebutuhan utama dalam berbagai aktivitas manusia, seperti industri, rumah tangga, dan pembangunan [1]. Hampir seluruh perangkat elektronik

mengandalkan energi listrik [2,3]. Resistor, sebagai komponen yang menghambat aliran listrik, sering digunakan dalam rangkaian listrik [4]. Sesuai hukum Ohm, hubungan antara tegangan (V), arus (I), dan resistansi (R) diatur oleh persamaan $V = I.R$ [5]. Jenis resistor dapat

berupa tetap atau variabel [6], dan dapat dirangkai secara seri atau paralel.

Hukum Ohm, yang ditemukan oleh Georg Simon Ohm, menyatakan bahwa arus dalam konduktor sebanding dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan resistansi [7-9]. Hukum ini menjelaskan interaksi antara tegangan, arus, dan resistansi dalam rangkaian listrik, baik seri maupun paralel [10,11].

Pada rangkaian seri, arus tetap sama di setiap komponen, sementara tegangan terbagi sesuai dengan hambatan masing-masing. Jika salah satu beban terputus, arus akan berhenti. Dalam rangkaian paralel, tegangan pada setiap cabang sama dengan sumber tegangan, sedangkan arus terbagi sesuai dengan resistansi masing-masing cabang. Jika salah satu cabang terputus, cabang lainnya tetap berfungsi [12]. Arus listrik timbul karena beda potensial yang mendorong elektron mengalir melalui penghantar, dengan laju arus menggambarkan kecepatan perpindahan elektron [13,14].

Penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan [15], menunjukkan bahwa penggunaan media 3D berbasis Scratch dapat meningkatkan minat siswa dalam mempelajari hukum Ohm. Scratch menyediakan pembelajaran berbasis game dan storytelling yang efektif [16].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kuat arus, tegangan, dan hambatan pada rangkaian seri dan paralel menggunakan hukum Ohm, membandingkan nilai resistansi total berdasarkan eksperimen, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi ketepatan hasil pengukuran, seperti kondisi alat dan metode eksperimen.

Hukum Ohm adalah prinsip dasar dalam analisis rangkaian listrik yang menjelaskan hubungan antara arus, tegangan, dan resistansi. Pemahaman hukum ini sangat penting untuk memahami distribusi arus dan tegangan dalam rangkaian listrik, baik seri maupun paralel, yang memengaruhi efisiensi dan kinerja perangkat elektronik, seperti dalam instalasi rumah tangga dan sistem kelistrikan lainnya. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi perbedaan resistansi total pada kedua jenis rangkaian dan dampaknya terhadap distribusi tegangan dan arus.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan pendekatan kuantitatif. Percobaan dilakukan untuk menguji hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan dalam rangkaian seri dan paralel berdasarkan Hukum Ohm.

Desain Eksperimen

Eksperimen dilakukan dalam tiga tahap utama:

1. Pengukuran nilai resistansi resistor secara individu menggunakan multimeter sebelum disusun dalam rangkaian.
2. Percobaan rangkaian seri, di mana arus dan tegangan diukur pada setiap resistor serta dihitung resistansi totalnya.
3. Percobaan rangkaian paralel, dengan prosedur pengukuran yang sama seperti pada rangkaian seri.

Setiap percobaan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk memastikan konsistensi hasil.

Variabel Penelitian

1. Variabel bebas: Konfigurasi rangkaian (seri atau paralel).
2. Variabel terikat: Tegangan (V), kuat arus (I), dan resistansi total (R).
3. Variabel kontrol:
 - a. Nilai resistor yang digunakan dalam percobaan tetap sama di setiap rangkaian.
 - b. Tegangan sumber listrik tetap dijaga pada nilai yang sama untuk semua percobaan.
 - c. Kondisi alat ukur dan lingkungan (suhu ruangan, kelembaban) dijaga konstan.

Instrumen dan Keakuratan Pengukuran

1. Multimeter digital: Digunakan untuk mengukur tegangan, arus, dan hambatan dengan ketelitian $\pm 0,01V$ untuk tegangan dan $\pm 0,001A$ untuk arus.
2. Resistor tetap: Memiliki toleransi $\pm 5\%$, dengan nilai nominal sesuai dengan kode warna.
3. Power supply DC: Digunakan sebagai sumber tegangan yang stabil, dijaga pada $9V \pm 0,1V$.

Prosedur Pengumpulan Data

1. Menghubungkan resistor ke multimeter untuk mendapatkan nilai hambatan awal.
2. Menyusun resistor dalam konfigurasi seri, menghubungkan sumber tegangan, lalu mengukur tegangan dan arus di setiap titik.
3. Menyusun resistor dalam konfigurasi paralel, lalu mengulangi langkah pengukuran yang sama.
4. Mencatat semua hasil dalam tabel dan melakukan analisis perbandingan antara hasil eksperimen dan perhitungan teoretis.

Pengurangan Kesalahan Eksperimen

1. Setiap pengukuran dilakukan minimal tiga kali untuk mengurangi pengaruh kesalahan acak.
2. Menggunakan alat ukur yang telah dikalibrasi dan memastikan koneksi rangkaian tidak longgar.
3. Menjaga suhu ruangan agar tidak terjadi perubahan resistansi akibat faktor lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada rangkaian seri, nilai resistansi masing-masing resistor adalah $R_1=0,10$, $R_2=0,10$ dan $R_3= 0,10$. Dengan demikian resistensi total dalam rangkaian seri dapat dihitung dengan menjumlahkan ketiga nilai tersebut, sehingga menghasilkan $R_{total\ Seri}=0,30\ \Omega$. Sementara untuk rangkaian paralel nilai resistansi masing-masing resistor adalah $R_1=7,19\ \Omega$, $R_2= 7,14\ \Omega$, dan $R_3= 7,06\ \Omega$. Resistensi total untuk rangkaian paralel dihitung dengan menggunakan rumus invers, yang menghasilkan $R_{total\ paralel}= 1/21,39$. Dari perhitungan ini, dapat dilihat bahwa resistensi total pada rangkaian paralel jauh lebih kecil di bandingkan dengan rangkaian seri. Hal ini yang menunjukkan ciri dasar kedua jenis rangkaian tersebut.

Pada rangkaian seri arus (I) dalam rangkaian seri bersifat konstan di seluruh komponen. Berdasarkan tabel, arus pada tiap titik adalah $0,10\ A$. Tegangan (V) terbagi pada tiap komponen, dan tegangan total adalah penjumlahan dari tegangan di setiap resistor. Dari tabel, total tegangan adalah $21,1\ V$. Resistansi (R) dalam rangkaian seri adalah

penjumlahan dari seluruh resistor. Di sini, jumlah resistansi total adalah $48\ \Omega$. Sedangkan pada rangkaian paralel arus (I) terbagi di antara jalur paralel, namun tegangan (V) pada tiap komponen adalah sama (sekitar $7,14\ V$ di tiap titik). Resistansi (R) dalam rangkaian paralel lebih rendah daripada resistor individu, sesuai dengan

persamaan $\frac{1}{R_{total}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\dots+\frac{1}{R_n}$ $\frac{1}{R_{total}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\dots$. Pada tabel, resistansi total tercatat sebesar $4,76\ \Omega$. Secara umum, pada rangkaian seri tegangan terbagi sedangkan arus konstan, dan pada rangkaian paralel arus terbagi sedangkan tegangan konstan.

Resistor berkaitan erat dengan hukum ohm. Nilai resistor dapat diketahui melalui hukum ohm. Dimana rumus yang bisa digunakan untuk mencari besarnya nilai suatu resistor itu melalui rumus tegangan, yaitu $V = I \cdot R$. Dimana V merupakan tegangan yang memiliki satuan volt, I merupakan arus yang memiliki satuan ampere, dan yang terakhir R merupakan resistansi yang di ukur dalam ohm. Besar resistor dapat ditemukan melalui rumus $R = V/I$. Data hasil praktikum yang telah dilakukan oleh praktikan di peroleh hasil dari beberapa kali percobaan pengukuran. Data pengukuran yang pertama berupa V (tegangan). Data hasil pengukuran yang pertama memiliki nilai $7,13$; hasil pengukuran yang kedua memiliki nilai $7,13$; dan hasil pengukuran yang ketiga memiliki nilai $7,14$. Sedangkan data yang diperoleh kedua berupa I (arus).

Data pengukuran yang pertama memiliki nilai $71,3$; data hasil pengukuran kedua memiliki nilai $71,3$; dan data hasil pengukuran yang terakhir memiliki nilai $71,4$. Dalam menghitung nilai resistor dapat diperoleh dari rumus $R = V/I$ dimana, nilai $R_1=V_1/I_1$; $R_1=7,13/71,3$; jadi dapat diperoleh nilai $R_1= 0,1$. Untuk menghitung R_2 menggunakan rumus yang sama, yakni $R_2=V_2/I_2$; $R_2=7,13 / 71,3$; jadi nilai resistor 2 yang di dapatkan senilai $0,1$. Sedangkan untuk mencari nilai resistor yang 3 yaitu $R_3=V_3/I_3$; $R_3=7,14 / 71,4$; jadi data yang diperoleh bernilai $0,1$. Hasil pengukuran di atas merupakan hasil dari pengukuran rangkaian resistor yang di susun secara seri.

Data hasil pengukuran percobaan kedua di susun secara paralel. Pengukuran ini dilakukan secara berulang-ulang untuk mendapatkan nilai yang akurat. Data yang

diperoleh berupa V (tegangan) dan I (arus). V yang pertama memperoleh data sebesar 5,75; data hasil pengukuran yang kedua memperoleh nilai sebesar 5,76; dan data hasil pengukuran yang terakhir memperoleh nilai sebesar 5,75. Data yang di peroleh dari pengukuran yang kedua berupa I (arus). Besar arus yang pertama memperoleh nilai 0,7999; data arus yang kedua memiliki nilai sebesar 0,806; dan yang terakhir memiliki nilai sebesar 0,814. Dari data yang telah diperoleh diatas dapat digunakan untuk mencari nilai dari resistor. Resistor dapat dicari menggunakan rumus $1/R_{total} = 1/R1 + 1/R2 + 1/R3$. Sebelum menggunakan rumus yang diatas, masing-masing dari resistor dapat diketahui menggunakan rumus $R = V/I$. Dimana $R1 = V1/I1$; $R1 = 5,75/0,7999$; nilai dari $R1 = 7,188$. Nilai $R2 = V2/I2$; $R2 = 5,76/0,806$; nilai dari $R2 = 7,146$. Nilai dari $R3 = V3/I3$; $R3 = 5,75/0,814$; nilai $R3 = 7,063$. Untuk mencari nilai pada resistor yang di susun secara paralel bisa diperoleh menggunakan rumus: $1/R_{total} = 1/R1 + 1/R2 + 1/R3$. Dimana $1/R_{total} = 1/7,188 + 1/7,146 + 1/7,063$; $1/R_{total} = 0,139 + 0,139 + 0,141$. Jadi nilai resistor yang di peroleh sebesar 0,419.

$\Delta R = R_{\text{seri}} - R_{\text{paralel}} = 4,87 \text{ ohm} - 1,6 \text{ ohm} = 3,27 \text{ ohm}$. terdapat perbedaan resistansi total sebesar 3,27 ohm antara rangkaian paralel dan seri dengan rangkaian seri memiliki

resistensi yang lebih besar hal ini sesuai dengan sifat dasar rangkaian seri dan paralel.

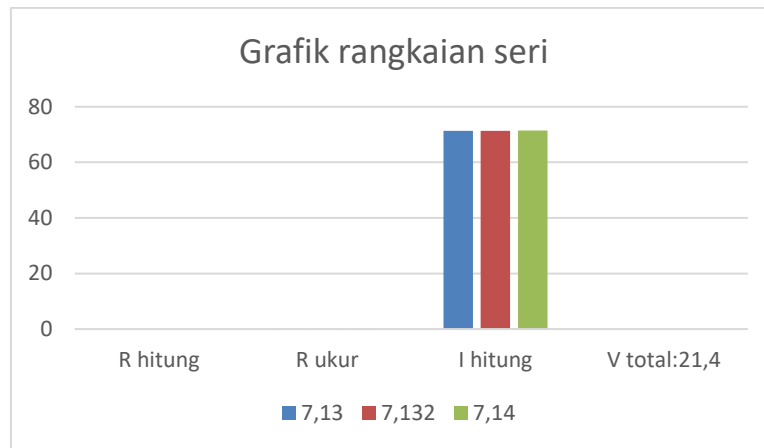
Pada praktikum kali ini di peroleh perbandingan antara V dan I. Untuk rangkaian seri di dapatkan V ukur sebesar 21,4, I hitung sebesar 214. Sedangkan pada rangkaian paralel di dapatkan V ukur sebesar 17,26 sedangkan I hitung sebesar 2,419. Perbandingan untuk rangkaian yang seri berbanding terbalik dan untuk rangkaian paralel berbanding terbalik juga.

Hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan pada rangkaian listrik sangat dipengaruhi oleh jenis rangkaian, apakah seri atau paralel. Percobaan ini menunjukkan bahwa hubungan antara ketiga variabel ini pada rangkaian seri lebih sederhana dan dipengaruhi oleh jumlah cabang dan nilai hambatan masing-masing cabang.

Grafik V-I: Grafik ini menunjukkan hubungan antara tegangan dan arus listrik. Semakin besar tegangan, semakin besar pula arus yang mengalir. Grafik V-R: Grafik ini menunjukkan hubungan antara tegangan dan hambatan suatu komponen. Ketika tegangan berubah, hambatan komponen juga bisa berubah. Grafik I-R: Grafik ini menunjukkan hubungan antara arus listrik dan hambatan. Ketika arus listrik berubah, hambatan komponen juga bisa berubah.

Tabel 1. Rangkaian seri

V ukur	R ukur	R hitung	I hitung
7,13	0,10	$16 \text{ M}\Omega \pm 0,01\%$	$\frac{1}{7,19} = 71,3$
7,13	0,10	$16 \text{ M}\Omega \pm 0,01\%$	$\frac{7,13}{0,10} = 71,3$
7,14	0,10	$16 \text{ M}\Omega \pm 0,01\%$	$\frac{7,14}{0,10} = 71,4$
V total: 21,4	R total 0,30	R total= $48 \text{ M}\Omega \pm 0,03\%$	I total=214

**Gambar 1.** Grafik rangkaian seri

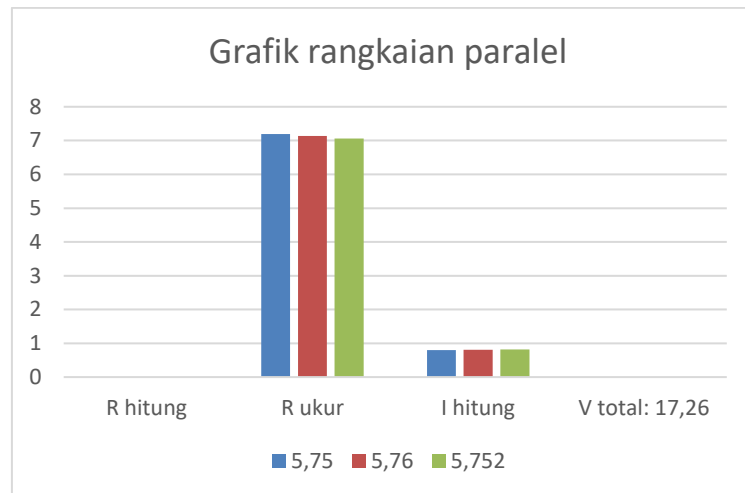
Berdasarkan hasil praktikum yang telah dilakukan diperoleh data pada tabel diatas mengenai nilai resistansi pada resistor di rangkaian seri. Pada percobaan pengukuran tegangan dan hambatan, pada resistor pertama dengan tegangan 20kV, didapati hasil menggunakan multimeter dengan tegangan sebesar 7,13V sedangkan hambatan 16 $M\Omega \pm 0,01\%$ sehingga diperoleh besar arus listrik 71,3A dari rumus tegangan dibagi dengan hambatan. Selanjutnya pada percobaan pengukura tegangan dan hambatan pada resistor kedua dengan tegangan sebesar 7,13V dan hambatan sebesar 16 $M\Omega \pm 0,01\%$ Ω diperoleh besar arus listrik 71,3A. Terakhir, pada percobaan pengukuran tegangan dan hambatan pada resistor ketiga dwngan tegangan sebesar 7,13V dan hambatan sebesar

16 $M\Omega \pm 0,01\%$ maka dipeoleh besar arus listrik 71,4A. Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh tegangan total dari hasil penjumlahan tegangan dari resistor pertama sampai resistor ketiga yaitu sebesar 21,4V. Hambatan total yang diperoleh dari hasil penjumlahan ketiga resistor adalah 48 $M\Omega \pm 0,03\%$ Ω . Diperoleh total arus listrik sebesar 214A dari hasil pembagian tegangan total dan hambatan total.

Berdasarkan grafik (Gambar 1) diatas diperoleh, hasil pada grafik sama seperti hasil pada tabel. Pada percobaan pertama I hitung mendapatkan hasil 71,3. Percobaan kedua I hitung mendapatkan hasil 71,3. Percobaan ketiga I hitung mendapatkan hasil 71,4. Hal ini disebabkan, karena dari ketiga percobaan tersebut mendapatkan hasil yang berbeda tipis.

Tabel 2. Rangkaian Paralel

V ukur	R ukur	R hitung	I hitung
5,75	7,19	16 $M\Omega \pm 0,01\%$	$5,75 = 5,75 \times 7,19$ $\frac{1}{7,19} = 41,34$
5,76	7,14	30x10 $M\Omega \pm 0,01\%$	$5,76 = 5,76 \times 7,14$ $\frac{1}{7,19} = 41,12$
5,75	7,06	30x10 $M\Omega \pm 0,01\%$	$5,75 = 5,75 \times 7,06$ $\frac{1}{7,19} = 40,59$
V total= 17,26	R total= 21,39	R total= 616 $M\Omega \pm 0,03\%$	I total=123,13



Gambar 2. Rangkaian Paralel

Nilai resistansi pada resistor di rangkaian paralel. Pada percobaan pengukuran tegangan dan hambatan pada resistor pertama dengan tegangan 20kV, didapati hasil menggunakan multimeter dengan tegangan sebesar 5,75V sedangkan hambatan 16 $M\Omega \pm 0,01\%$ sehingga diperoleh besar arus listrik 41,34A dari rumus tegangan dibagi dengan hambatan. Selanjutnya pada percobaan pengukuran tegangan dan hambatan pada resistor kedua didapati hasil menggunakan multimeter besar tegangan 5,76V dan hambatan sebesar 30x10 $M\Omega \pm 0,01\%$ diperoleh besar arus listrik 41,12A. Terakhir, pada percobaan pengukuran tegangan dan hambatan pada resistor ketiga didapati hasil menggunakan multimeter besar tegangan sebesar 5,75V dan hambatan sebesar 30x10 $M\Omega \pm 0,01\%$ maka diperoleh besar arus listrik 40,59A. Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh tegangan total dari rumus $1/R_{total} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$ yaitu sebesar 17,26V. Hambatan total yang diperoleh sebesar 616 $M\Omega \pm 0,03\%$, diperoleh total arus listrik sebesar 123,13A.

Berdasarkan grafik (Gambar 2) diatas diperoleh, hasil pada grafik sama seperti hasil pada tabel. Pada percobaan pertama R ukur mendapatkan hasil 7,19. Percobaan kedua R ukur mendapatkan hasil 7,14. Percobaan ketiga R ukur mendapatkan hasil 7,06. Pada percobaan pertama pada I hitung mendapatkan hasil 41,34. Percobaan kedua I hitung mendapatkan hasil 41,12. Pada percobaan ketiga I hitung mendapatkan hasil 40,59. Hal ini disebabkan, karena dari ketiga percobaan tersebut mendapatkan hasil yang berbeda tipis.

Memahami perbedaan ini membantu kita dalam merancang sistem kelistrikan yang lebih efektif, yang menyesuaikan distribusi arus atau tegangan untuk kebutuhan spesifik, seperti pada instalasi listrik rumah atau perangkat elektronik. Selain faktor-faktor yang berkaitan dengan lingkungan dan alat, hasil eksperimen juga dapat dipengaruhi oleh kesalahan sistematis dan acak. Kesalahan sistematis biasanya disebabkan oleh alat yang tidak terkalibrasi dengan benar, pengaruh suhu terhadap komponen, atau faktor lain yang memiliki pola konsisten, sehingga mempengaruhi setiap pengukuran dengan cara yang sama dan menghasilkan deviasi yang berulang dari nilai teoritis. Di sisi lain, kesalahan acak muncul akibat faktor yang sulit diprediksi, seperti fluktuasi listrik, perubahan kondisi lingkungan, atau variasi kecil dalam pembacaan alat ukur, yang secara acak tersebar di sekitar nilai yang sebenarnya, sehingga pengambilan rata-rata dari beberapa pengukuran dapat mengurangi pengaruhnya. Penemuan hukum Ohm memiliki dampak praktis yang signifikan dalam berbagai bidang, khususnya di teknik dan teknologi. Hukum ini yang menggambarkan hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan, digunakan untuk merancang serta mengelola sirkuit listrik secara efisien, seperti dalam pemilihan kabel yang sesuai, penggunaan resistor untuk mengontrol arus, dan menjaga sistem kelistrikan beroperasi secara optimal tanpa pemborosan energi. Dalam dunia elektronik, hukum Ohm membantu desain komponen seperti transistor dan IC, serta pengaturan arus dalam rangkaian elektronik.

Selain itu, hukum ini penting untuk mencegah masalah keselamatan, seperti kebakaran akibat arus berlebih, dengan memanfaatkan alat proteksi seperti sekering. Dalam konteks pembangkit dan distribusi listrik, hukum Ohm memastikan aliran daya yang efisien dari pembangkit menuju konsumen. Secara keseluruhan, hukum Ohm tidak hanya penting dalam eksperimen laboratorium, tetapi juga dalam aplikasi praktis untuk desain, pemeliharaan, dan pengelolaan sistem kelistrikan secara lebih luas.

Penelitian [14] menemukan bahwa perbedaan antara nilai eksperimen dan teori dalam percobaan hukum Ohm umumnya berkisar antara 1-5%, yang konsisten dengan hasil penelitian ini. Studi lain [9] juga mencatat bahwa kesalahan terbesar dalam eksperimen hukum Ohm berasal dari toleransi resistor dan pengaruh suhu terhadap resistansi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Eksperimen ini mengonfirmasi bahwa dalam rangkaian seri, arus tetap konstan sementara tegangan terbagi, sedangkan dalam rangkaian paralel, tegangan tetap sama di setiap cabang sementara arus terbagi.
2. Perbedaan antara hasil eksperimen dan teori berkisar antara 1-4%, yang terutama disebabkan oleh ketidakakuratan alat ukur, hambatan kabel, serta toleransi resistor.
3. Hasil ini mendukung penerapan Hukum Ohm dalam sistem kelistrikan dan memberikan wawasan tentang bagaimana faktor eksternal dapat memengaruhi hasil pengukuran.

Saran

1. Penggunaan Alat Ukur dengan Ketelitian Lebih Tinggi: Untuk meningkatkan akurasi, eksperimen selanjutnya dapat menggunakan multimeter digital dengan resolusi lebih kecil dan toleransi kesalahan lebih rendah.
2. Analisis Faktor Suhu terhadap Hambatan: Penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi bagaimana perubahan suhu memengaruhi nilai resistansi, terutama untuk resistor dengan toleransi kecil.

3. Aplikasi dalam Desain Rangkaian Listrik: Hasil penelitian ini dapat digunakan dalam perancangan sistem kelistrikan di bidang industri dan pendidikan, khususnya dalam pemilihan konfigurasi rangkaian berdasarkan kebutuhan tegangan dan arus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nilman, N., & Mintargo, M. (2019). Analisis permintaan energi listrik rumah tangga (studi kasus: rumah tangga di Kota Bengkulu. *Convergence: The Journal of Economic Development*, 1(1), 39-55.
- [2] Roza, I., Almi, A., Arinto, A. D., & Aji, P. (2020). Analisa perbandingan efesiensi penggunaan energi listrik antara suplai listrik PLN dan genset di RSU Muhammadiyah Sumatera Utara. *Jurnal Simetri Rekayasa*, 2(1), 105-110.
- [3] Rahmawati, A., Nurlaili, I., Pratama, G. A., & Kurniawati, W. (2024). Analisis materi listrik dalam pembelajaran ipa di sekolah dasar. *Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(12).
- [4] Ulva, S. M., & Sunjono, A. E. S. (2022). Analisis konsistensi tahanan cincin terhadap variasi nilai resistensi pada berbagai medium. *Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan*, 8(4).
- [5] Kurama, W., Tampang, B., & Sanger, R. (2021). Penerapan model pembelajaran berbasis masalah untuk meningkatkan hasil belajar elektronika dasar. *Jurnal Edunitro Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 1(1), 7-14.
- [6] Jaya, G. W., & Aponno, S. V. (2023). Kajian Teori Arus Listrik dan Daya Listrik Pada Rangkaian Resistor Seri dan Paralel Berdasarkan Jumlah Resistor yang Digunakan. *ORBITA: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 9(1), 87-93.
- [7] Anugrah, D. (2022). Penerapan hukum kirchhoff dan hukum ohm pada analisis rangkaian listrik menggunakan software Electronics workbench. *Journal of Systems, Information Technology, and Electronics Engineering*, 2(2), 1-11.
- [8] Yasi, R. M., & Hadi, C. F. (2021). Pengaruh tegangan terhadap besar kuat arus listrik pada persamaan hukum ohm. *Journal Zetroem*, 3(1), 34-36.
- [9] Fajrin, H.N, Malik, A. (2023). Analisis

- pengaruh tegangan dan hambatan terhadap kuat arus dengan menggunakan phet simulation. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*, 10(2), 76-85.
- [10] Prastia, A., Harijanto, A., & Prastowo, S. H. B. (2022). Rancang bangun alat praktikum hukum ohm digital berbasis arduino mega 2560. *Jurnal Fisika Unand*, 11(3), 401-407.
- [11] Kurniawan, F., & Surahman, A. (2021). Sistem keamanan pada perlintasan kereta api menggunakan sensor infrared berbasis mikrokontroller arduino uno. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 2(1), 7-12.
- [12] Atika, A. A. F., Ningrum, I. T., Aisyah, K. N., & Kurniawati, W. (2023). Pembelajaran rangkaian seri dan paralel di sekolah dasar. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia (JPMI)*, 1(2), 269-275.
- [13] Sari, N., Widiyani, A., Nurhamidah, N., & Sairi, A. P. (2023). Perbandingan tegangan dan kuat arus listrik pada sifat asam buah nanas dan jeruk. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 121-127.
- [14] Jatmiko, B., Prahani, B. K., Siswanto, J., Susantini, E., & Habibulloh, M. (2023). Fisika Dasar: Rangkaian listrik dan hukum ohm dalam rangkaian listrik. mitra edukasi dan publikasi.
- [15] Arfiansyah, L. P., Akhlis, I., & Susilo, S. (2019). Pengembangan media pembelajaran berbasis scratch pada pokok bahasan Alat Optik. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 8(1), 66-74.
- [16] Zabrina, S. T., & Perdana, R. Pengembangan media pembelajaran fisika berbantuan 3d application scratch pada topik hukum ohm untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik. *Jurnal Inovasi Penelitian dan Pembelajaran Fisika*, 5(1), 1-9.