



Pengaruh Tegangan Terhadap Besar Kuat Arus Listrik Pada Pengukuran Hukum OHM Berbasis Simulasi Phet HTML5

Dewi Tiyas Saputri^{1*}, Ayu Widiani Putri², Aisiyah Marfa Berliana Buanasari³

¹⁻³Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, Indonesia

Korespondensi penulis: dewitiyassaputri@gmail.com*

Abstract. This study examines the effect of voltage on the current in an electrical circuit based on Ohm's Law using a PHET simulation. The objective of this research is to understand the relationship between voltage and current when applied to circuits with fixed resistors. The experiment was conducted using PHET simulation software, where voltage was varied from 1 to 9 volts, and current was measured across two resistors with values of $1k\Omega$ and 500Ω . The results show a linear increase in current with increasing voltage, confirming Ohm's Law, where current is directly proportional to voltage and inversely proportional to resistance. The findings imply that simulations can effectively illustrate fundamental electrical principles, offering a practical learning tool for understanding circuit behavior. The study highlights the potential of virtual labs in providing interactive and engaging experiences for students and suggests further research in real-world settings to verify these findings.

Keywords: Current, Ohm's Law, PHET simulation, Voltage, Resistor

Abstrak. Penelitian ini mengkaji pengaruh tegangan terhadap arus listrik dalam rangkaian berdasarkan Hukum Ohm menggunakan simulasi PHET. Tujuan penelitian ini adalah untuk memahami hubungan antara tegangan dan arus pada rangkaian dengan resistor tetap. Eksperimen dilakukan menggunakan perangkat lunak simulasi PHET, di mana tegangan divariasikan dari 1 hingga 9 volt, dan arus diukur pada dua resistor dengan nilai $1k\Omega$ dan 500Ω . Hasil penelitian menunjukkan peningkatan arus secara linier seiring dengan bertambahnya tegangan, yang mengonfirmasi Hukum Ohm, di mana arus berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan hambatan. Temuan ini mengimplikasikan bahwa simulasi dapat secara efektif menggambarkan prinsip dasar kelistrikan, menawarkan alat pembelajaran yang praktis untuk memahami perilaku rangkaian. Penelitian ini juga menunjukkan potensi laboratorium virtual dalam memberikan pengalaman yang interaktif dan menarik bagi siswa serta menyarankan penelitian lebih lanjut di setting dunia nyata untuk memverifikasi temuan ini.

Kata kunci: Arus, Hukum Ohm, Simulasi PHET, Tegangan, Resistor

1. LATAR BELAKANG

Pendidikan di bidang teknik elektro sangat bergantung pada pemahaman dasar tentang prinsip-prinsip kelistrikan, salah satunya adalah hukum Ohm yang menjelaskan hubungan antara tegangan (V), arus (I), dan hambatan (R) dalam suatu rangkaian listrik. Sejak pertama kali ditemukan oleh Georg Simon Ohm pada tahun 1827, hukum ini telah menjadi fondasi penting dalam analisis dan perancangan rangkaian listrik. Pemahaman yang kuat tentang hukum Ohm sangat diperlukan oleh mahasiswa teknik elektro, mengingat hampir semua sistem elektronika dan kelistrikan yang dirancang mengandalkan prinsip ini. Pemahaman tentang interaksi antara tegangan dan arus listrik dalam suatu rangkaian listrik merupakan kompetensi dasar yang harus dikuasai, karena ini memengaruhi kinerja berbagai aplikasi kelistrikan, seperti sistem distribusi daya, perangkat elektronika, dan sensor (Svoboda & Dorf, 2014).

Teknologi pembelajaran telah berkembang pesat, dan salah satu inovasi penting dalam pendidikan teknik elektro adalah penggunaan simulasi berbasis web. Simulasi semacam ini, seperti yang terdapat pada platform PHET (Physics Education Technology), memungkinkan mahasiswa untuk memvisualisasikan dan mengontrol berbagai variabel dalam eksperimen hukum Ohm secara interaktif. Platform ini memberikan pengalaman yang lebih mudah dipahami, memungkinkan mahasiswa untuk mengubah nilai tegangan dan mengamati langsung perubahan pada arus listrik yang mengalir, tanpa memerlukan perangkat keras laboratorium fisik. Penggunaan simulasi HTML5 dalam pendidikan telah terbukti memberikan kemudahan dalam pembelajaran karena dapat diakses melalui komputer atau perangkat seluler (Dirgantara, 2022; Liswar et al., 2023).

Beberapa studi telah menunjukkan bahwa penggunaan simulasi dalam pembelajaran fisika dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang konsep-konsep fisika dasar dan memperbaiki keterampilan berpikir tingkat tinggi (Higher Order Thinking Skills, HOTS) mereka (Luzyawati et al., 2025). Namun, meskipun banyak penelitian yang menunjukkan manfaat simulasi dalam pengajaran fisika, pengaruh tegangan terhadap besar kuat arus listrik dalam konteks hukum Ohm khususnya dengan menggunakan simulasi berbasis HTML5 masih terbatas. Penelitian oleh Yasu dan Hadi (2021) telah mengidentifikasi hubungan langsung antara tegangan dan arus listrik berdasarkan hukum Ohm, namun mereka hanya terbatas pada pengukuran menggunakan alat konvensional dan belum banyak mengkaji pengukuran melalui simulasi berbasis teknologi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan tersebut dengan mengkaji pengaruh tegangan terhadap besar kuat arus listrik pada rangkaian listrik menggunakan simulasi berbasis PHET HTML5. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya akan menguji efektivitas simulasi dalam meningkatkan pemahaman hukum Ohm, tetapi juga memberikan pemahaman lebih dalam mengenai bagaimana perubahan tegangan dapat mempengaruhi kuat arus dalam berbagai kondisi rangkaian listrik. Hal ini sangat relevan untuk mahasiswa teknik elektro, karena mereka perlu menguasai prinsip dasar kelistrikan yang dapat diterapkan dalam desain dan analisis rangkaian listrik di dunia nyata. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan wawasan baru mengenai aplikasi teknologi dalam pendidikan teknik elektro serta memperkenalkan metode pembelajaran yang lebih interaktif dan mudah diakses.

2. KAJIAN TEORITIS

Pada penelitian ini, kajian teoritis akan membahas tentang konsep dasar hukum Ohm, simulasi berbasis HTML5, serta pengaruh tegangan terhadap kuat arus listrik dalam rangkaian listrik. Selain itu, kajian ini juga akan mengulas beberapa penelitian sebelumnya yang relevan, yang memberikan acuan dan landasan untuk penelitian ini.

Hukum Ohm, yang ditemukan oleh Georg Simon Ohm pada tahun 1827, adalah salah satu prinsip dasar dalam teori listrik yang menggambarkan hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan dalam suatu rangkaian listrik. Hukum ini menyatakan bahwa besar arus yang mengalir melalui penghantar berbanding lurus dengan tegangan yang diterapkan dan berbanding terbalik dengan hambatan penghantar tersebut. Secara matematis, hukum Ohm ditulis sebagai:

$$V = I \times R$$

di mana V adalah tegangan (dalam volt), I adalah kuat arus (dalam ampere), dan R adalah hambatan (dalam ohm) (Svoboda & Dorf, 2014). Hukum ini menjadi dasar bagi analisis rangkaian listrik dan digunakan dalam berbagai aplikasi teknik, termasuk perancangan sirkuit elektronik dan pengukuran sifat-sifat listrik bahan.

Pengaruh tegangan terhadap kuat arus listrik dapat dijelaskan berdasarkan hukum Ohm. Jika hambatan tetap, maka kuat arus yang mengalir dalam rangkaian akan bertambah seiring dengan peningkatan tegangan yang diterapkan. Sebaliknya, jika tegangan berkurang, maka kuat arus juga akan menurun. Fenomena ini dapat digunakan untuk mengukur karakteristik bahan penghantar dan memahami cara pengaruh berbagai parameter dalam sistem listrik.

Penelitian oleh Yasu dan Hadi (2021) menunjukkan bahwa dalam pengukuran hukum Ohm, perubahan tegangan secara langsung memengaruhi besarnya kuat arus yang mengalir. Mereka juga menemukan bahwa variabilitas hasil pengukuran sangat tergantung pada ketepatan pengaturan tegangan dan pengukuran resistansi.

Simulasi berbasis HTML5 adalah salah satu teknologi yang memungkinkan visualisasi eksperimen secara interaktif di platform web. Dalam konteks pembelajaran fisika, salah satu platform yang banyak digunakan adalah PHET (Physics Education Technology) yang menyediakan simulasi interaktif untuk berbagai fenomena fisika, termasuk hukum Ohm. Platform ini memudahkan siswa dalam memahami konsep-konsep fisika dengan cara yang lebih menarik dan praktis, karena siswa dapat mengubah parameter seperti tegangan, hambatan, dan mengamati efek perubahan terhadap kuat arus dalam waktu nyata (Dirgantara, 2022).

Menurut Liswar et al. (2023), penggunaan simulasi interaktif seperti PHET dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep fisika karena memungkinkan mereka untuk melakukan eksperimen secara virtual tanpa keterbatasan alat fisik. Hal ini juga memberi kesempatan kepada siswa untuk mengulang percobaan dalam berbagai kondisi dan memvisualisasikan hubungan antara variabel yang berbeda dalam rangkaian listrik.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji efektivitas penggunaan simulasi dalam pembelajaran fisika. Eleo dan Manguilimotan (2024) menemukan bahwa simulasi PHET efektif dalam meningkatkan kinerja siswa dalam memahami konsep-konsep fisika, termasuk hukum Ohm. Mereka menunjukkan bahwa siswa yang menggunakan simulasi berbasis PHET memiliki pemahaman yang lebih baik dan dapat menyelesaikan soal-soal fisika dengan lebih cepat dan akurat dibandingkan dengan siswa yang hanya menggunakan metode konvensional.

Selain itu, penelitian Dirgantara (2022) mengkaji penggunaan simulasi HTML5 dalam pengukuran hukum Ohm, dan hasilnya menunjukkan bahwa simulasi ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam kepada siswa mengenai pengaruh tegangan terhadap kuat arus dalam rangkaian listrik. Penelitian ini juga menyoroti kemudahan dalam mengakses simulasi ini melalui perangkat komputer dan smartphone, yang memungkinkan siswa belajar kapan saja dan di mana saja.

Meskipun penelitian-penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas simulasi dalam pembelajaran fisika, masih terdapat kekurangan dalam penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh tegangan terhadap kuat arus listrik dalam pengukuran hukum Ohm menggunakan simulasi PHET berbasis HTML5. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi gap tersebut dengan mengkaji bagaimana simulasi PHET berbasis HTML5 dapat digunakan untuk mengukur pengaruh tegangan terhadap kuat arus listrik dalam rangkaian yang sesuai dengan hukum Ohm. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan rekomendasi mengenai penggunaan teknologi simulasi dalam meningkatkan kualitas pembelajaran teknik elektro, khususnya dalam memahami fenomena dasar listrik seperti hukum Ohm.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tegangan terhadap kuat arus listrik pada pengukuran hukum Ohm menggunakan simulasi PHET berbasis HTML5. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, di mana peneliti melakukan serangkaian percobaan dengan menggunakan aplikasi simulasi PHET untuk mengukur

pengaruh variasi tegangan terhadap kuat arus yang mengalir dalam suatu rangkaian sesuai dengan hukum Ohm.

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Peneliti akan melakukan eksperimen untuk mengamati bagaimana perubahan tegangan mempengaruhi kuat arus dalam rangkaian yang mengikuti hukum Ohm. Variasi tegangan yang diterapkan pada rangkaian listrik akan diukur, dan kuat arus yang dihasilkan akan dicatat dan dianalisis. Penelitian ini berfokus pada pengujian konsep hukum Ohm melalui percobaan berbasis simulasi tanpa melibatkan kelompok kontrol atau pembelajaran lain selain simulasi tersebut (Svoboda & Dorf, 2014). Penelitian ini dilakukan pada 5 kali percobaan menggunakan simulasi PHET berbasis HTML5.

Data dikumpulkan melalui eksperimen yang melibatkan simulasi hukum Ohm yang tersedia di platform *PHET Interactive Simulations* di <https://phet.colorado.edu/>. Dalam eksperimen ini, peneliti mengatur nilai tegangan pada rangkaian yang terdiri dari sumber tegangan, resistor, dan ammeter (alat pengukur arus). Simulasi ini memungkinkan pengukuran kuat arus untuk berbagai nilai tegangan dan resistansi. Data yang dikumpulkan mencakup nilai tegangan, kuat arus, serta perbandingan antara hasil eksperimen dan perhitungan teoritis menggunakan hukum Ohm:

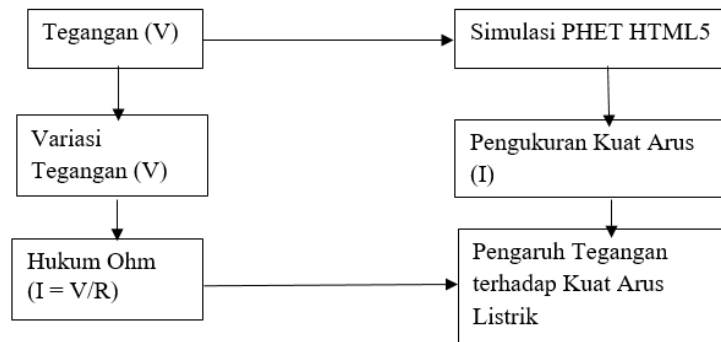
$$I = \frac{V}{R}$$

Dimana I adalah kuat arus (ampere), V adalah tegangan (volt), dan R adalah hambatan (ohm).

Data yang dikumpulkan dari eksperimen akan dianalisis menggunakan analisis deskriptif untuk menggambarkan hubungan antara tegangan dan kuat arus, serta perbandingannya dengan hasil perhitungan teoritis berdasarkan hukum Ohm. Hasil eksperimen akan dianalisis untuk menentukan apakah terdapat kesesuaian antara hasil yang diperoleh melalui simulasi dan hasil yang diprediksi oleh hukum Ohm (Liswar et al., 2023).

Model penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah model eksperimen berbasis teknologi. Peneliti menggunakan *PHET Interactive Simulations* untuk menganalisis pengaruh tegangan terhadap kuat arus pada rangkaian yang mengikuti hukum Ohm. Dalam eksperimen ini, simulasi akan digunakan untuk mengatur variabel tegangan dan mengukur perubahan kuat arus yang dihasilkan, dengan menggunakan prinsip hukum Ohm sebagai acuan teoritis (Dirgantara, 2022).

Berikut adalah kerangka konsepnya



Gambar. 1 Kerangka Konsep

Variabel Tegangan (V) dimanipulasi dalam simulasi PHET HTML5. Dengan bantuan simulasi, Kuat Arus (I) diukur berdasarkan variasi tegangan yang diberikan, mengikuti rumus Hukum Ohm $I = V/R$. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati bagaimana tegangan mempengaruhi kuat arus listrik dalam rangkaian berdasarkan simulasi interaktif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, akan disajikan hasil eksperimen yang diperoleh dari simulasi PHET yang dilakukan untuk menganalisis pengaruh tegangan terhadap besar kuat arus listrik pada rangkaian yang sesuai dengan Hukum Ohm

Hasil Penelitian

Pada penelitian ini, digunakan simulasi Hukum Ohm berbasis HTML5 yang disediakan oleh PHET Interactive Simulations untuk mengamati pengaruh tegangan terhadap besar kuat arus listrik dalam rangkaian sederhana. Simulasi ini memungkinkan manipulasi variabel-variabel utama dalam Hukum Ohm, seperti tegangan, hambatan, dan kuat arus, serta memberikan visualisasi yang jelas mengenai hubungan antara ketiga variabel tersebut.

Gambar rangkaian yang ditampilkan dalam simulasi ini menggambarkan sebuah rangkaian listrik sederhana yang terdiri dari tiga komponen utama: sumber tegangan (baterai), resistor, dan ampermeter untuk mengukur arus. Tegangan yang diberikan oleh sumber daya dapat diubah-ubah, sementara nilai resistor dapat disesuaikan, yang memungkinkan pengamatan perubahan kuat arus secara langsung pada ampermeter.

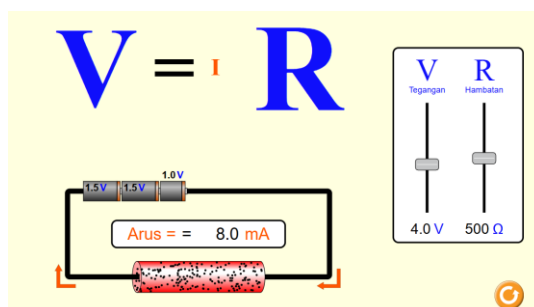
Pada gambar berikut, dapat dilihat bahwa rangkaian ini terdiri dari:

1. Sumber Tegangan: Menghasilkan tegangan yang mengalir melalui rangkaian.
2. Resistor: Membatasi aliran arus, dengan nilai hambatan yang dapat diubah sesuai kebutuhan eksperimen.

3. Ampermeter: Mengukur besar kuat arus yang mengalir melalui rangkaian.

Gambar rangkaian ini digunakan untuk eksperimen yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh tegangan terhadap kuat arus pada rangkaian yang mematuhi hukum Ohm. Melalui simulasi ini, peneliti dapat dengan mudah mengubah parameter-parameter yang ada dan langsung mengamati hasilnya, memberikan gambaran yang lebih jelas tentang dinamika hukum Ohm secara interaktif dan visual.

Simulasi PHET memungkinkan percobaan dilakukan berulang kali dengan variasi tegangan dan hambatan yang berbeda-beda, tanpa perlu alat fisik, sehingga dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai prinsip dasar rangkaian listrik dan hukum Ohm.



Gambar. 1 Rangkaian listrik dalam simulasi PHET yang digunakan untuk eksperimen pengaruh tegangan terhadap besar kuat arus listrik

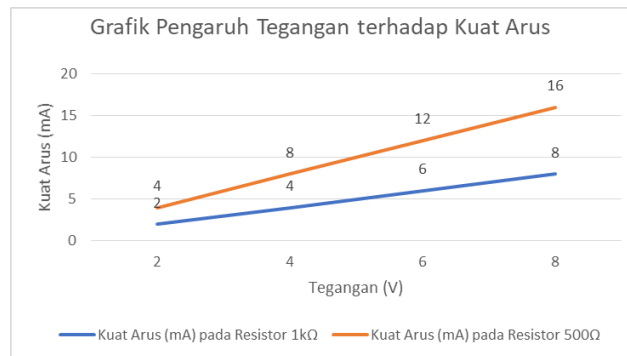
Hasil Percobaan

Data dikumpulkan dengan variasi tegangan yang diterapkan pada rangkaian, dan hasilnya dicatat sesuai dengan nilai arus yang mengalir. Berikut adalah tabel yang menunjukkan hasil percobaan yang diperoleh melalui simulasi PHET.

Tabel 1 Data Hasil Percobaan

Tegangan (V)	Kuat Arus (mA) pada Resistor 1kΩ	Kuat Arus (mA) pada Resistor 500Ω
2	2	4
4	4	8
6	6	12
8	8	16
10	10	20

Tabel ini menunjukkan hubungan antara tegangan yang diberikan pada rangkaian dan kuat arus yang terukur pada dua nilai hambatan yang berbeda: 1kΩ dan 500Ω. Seiring dengan meningkatnya tegangan, besar arus yang mengalir dalam rangkaian juga meningkat, sejalan dengan Hukum Ohm yang menyatakan bahwa arus listrik berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan hambatan.



Gambar. 2 Grafik Pengaruh Tegangan terhadap Kuat Arus

Grafik ini menunjukkan hubungan linear antara tegangan dan kuat arus baik pada resistor 1kΩ maupun resistor 500Ω. Dari grafik ini, kita dapat melihat bahwa arus meningkat seiring dengan peningkatan tegangan. Hubungan linier antara tegangan dan arus teramati dengan jelas, namun arus yang mengalir lebih besar pada resistor 500Ω dibandingkan dengan resistor 1kΩ pada tegangan yang sama.

Perhitungan Berdasarkan Hukum Ohm

Selanjutnya, kita melakukan perhitungan teoretis berdasarkan Hukum Ohm untuk memvalidasi hasil percobaan. Hukum Ohm dapat dituliskan sebagai:

$$I = \frac{V}{R}$$

Dimana:

I adalah kuat arus (Ampere)

V adalah tegangan (Volt)

R adalah hambatan (Ohm)

Tabel 2 Data Hasil Perhitungan

Tegangan (V)	Kuat Arus (A) pada Resistor 1kΩ	Kuat Arus (A) pada Resistor 500Ω
2	0.002	0.004
4	0.004	0.008
6	0.006	0.012
8	0.008	0.016
10	0.010	0.020

Perhitungan arus untuk setiap tegangan pada kedua resistor dilakukan dengan rumus Hukum Ohm. Sebagai contoh untuk tegangan 2V pada resistor 1kΩ, perhitungannya adalah

$$I_{1k\Omega} = \frac{V}{R} = \frac{V}{1K\Omega}$$

Pembahasan

Berdasarkan hasil percobaan dan analisis data di atas, dapat dilihat bahwa besar kuat arus pada rangkaian berbanding lurus dengan tegangan yang diterapkan. Hal ini sejalan dengan Hukum Ohm, yang menyatakan bahwa arus listrik (I) berbanding lurus dengan tegangan (V) dan berbanding terbalik dengan hambatan (R). Pada percobaan ini, ketika tegangan dinaikkan, kuat arus yang mengalir pada rangkaian juga meningkat. Hal ini berlaku untuk kedua resistor yang digunakan, yaitu $1\text{k}\Omega$ dan $10\text{k}\Omega$, meskipun dengan besar arus yang berbeda karena perbedaan nilai hambatan. Pada resistor dengan nilai hambatan yang lebih tinggi ($10\text{k}\Omega$), besar arus yang mengalir lebih kecil dibandingkan dengan resistor $1\text{k}\Omega$ pada tegangan yang sama. Fenomena ini menunjukkan bahwa arus sebanding dengan tegangan dan terbalik dengan nilai hambatan, sesuai dengan prediksi Hukum Ohm.

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yasu dan Hadi (2021), yang juga menunjukkan hubungan linier antara tegangan dan arus pada rangkaian yang mematuhi Hukum Ohm. Dalam penelitian tersebut, tegangan yang lebih tinggi menghasilkan kuat arus yang lebih besar pada resistor tetap, yang mendukung temuan dalam penelitian ini (Yasu & Hadi, 2021).

Hasil ini juga konsisten dengan penggunaan simulasi dalam pendidikan fisika, sebagaimana dijelaskan oleh Liswar et al. (2023), yang menunjukkan bahwa simulasi PHET dapat membantu memperjelas konsep-konsep dasar fisika, seperti Hukum Ohm, kepada siswa dengan cara yang lebih interaktif dan visual (Liswar et al., 2023).

Secara teoritis, hasil ini menguatkan pemahaman mengenai konsep dasar Hukum Ohm, yang sangat penting dalam studi listrik dasar. Secara terapan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa simulasi PHET berbasis HTML5 merupakan alat yang efektif untuk memahami hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan dalam rangkaian listrik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan melalui simulasi PHET untuk menguji pengaruh tegangan terhadap kuat arus dalam rangkaian dengan resistor tetap, dapat disimpulkan bahwa ada hubungan yang linier antara tegangan dan kuat arus. Semakin besar tegangan yang diterapkan pada rangkaian, semakin besar pula kuat arus yang mengalir, sesuai dengan prinsip Hukum Ohm. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa arus meningkat seiring dengan bertambahnya tegangan, baik pada resistor $1\text{k}\Omega$ maupun 500Ω , dengan perbedaan besar arus yang mengalir tergantung pada nilai hambatan resistor.

Hasil penelitian ini sesuai dengan prediksi yang dibuat berdasarkan Hukum Ohm, yang menyatakan bahwa arus listrik berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan hambatan. Oleh karena itu, simulasi PHET ini dapat menjadi alat yang efektif untuk memahami konsep dasar hukum Ohm, serta untuk memvisualisasikan hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan secara lebih jelas.

Sebagai saran, disarankan agar penelitian lebih lanjut dilakukan dengan memperluas variabel yang diuji, seperti jenis material resistor yang digunakan, atau melakukan percobaan dengan rentang tegangan yang lebih luas untuk mengamati perilaku non-linier jika terjadi. Selain itu, eksperimen serupa dapat dilakukan dengan menggunakan rangkaian yang lebih kompleks untuk menilai pengaruh faktor lain, seperti suhu atau kondisi rangkaian paralel dan seri.

Keterbatasan dalam penelitian ini terletak pada penggunaan simulasi yang mungkin tidak sepenuhnya menggambarkan kondisi fisik sesungguhnya dalam dunia nyata, seperti toleransi resistor dan faktor eksternal lainnya yang dapat mempengaruhi hasil percobaan. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut yang melibatkan eksperimen langsung dengan perangkat keras sangat dianjurkan untuk mengkonfirmasi hasil yang diperoleh melalui simulasi.

DAFTAR REFERENSI

- Anantama, A., Apriyantina, A., Samsugi, S., & Rossi, F. (2020). Alat pantau jumlah pemakaian daya listrik pada alat elektronik berbasis Arduino UNO. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 1(1), 29–34.
- Arpin, R. M. (2020). Skematik rangkaian penyearah setengah gelombang pada rangkaian elektronika analog. *Dewantara Journal of Technology*, 1(1), 22–24.
- Dirgantara, B. L. (2022). Sistem pengukuran rangkaian hukum Ohm berbasis simulasi HTML5. *Teknologipintar.org*, 2(2). <http://jurnal.teknokrat.ac.id/index.php/A>
- Eleo, M. C., & Manguilimotan, Y. B. (2024). PHYSICS EDUCATION TECHNOLOGY (PhET) interactive simulations as teaching aid in enhancing students' performance in physics. *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)*. <https://doi.org/10.36713/epra15991>
- Genaldo, R., Septyawan, T., Surahman, A., & Prasetyawan, P. (2020). Sistem keamanan pada ruangan pribadi menggunakan mikrokontroler Arduino dan SMS gateway. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 1(2), 13–19.
- Harahap, A., Sucipto, A., & Jupriyadi, J. (2020). Pemanfaatan augmented reality (AR) pada media pembelajaran pengenalan komponen elektronika berbasis Android. *Jurnal Ilmiah Infrastruktur Teknologi Informasi*, 1(1), 20–25. <http://jurnal.teknokrat.ac.id/index.php/A>

- Liswar, F., Hidayati, A., Rayendra, R., & Yeni, F. (2023). The use of PhET interactive simulation software in physics learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(Special Issue), 135–142. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9iSpecialIssue.5982>
- Luzyawati, L., Hamidah, I., Fauzan, A., & Husamah. (2025). Higher-order thinking skills-based science literacy questions for high school students. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 19(1), 134–142. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v19i1.21508>
- Svoboda, J. A., & Dorf, R. C. (2014). *Introduction to electric circuits* (9th ed.). John Wiley & Sons.
- Yasu, R. M., & Hadi, C. F. (2021). Pengaruh tegangan terhadap besar kuat arus listrik pada persamaan hukum Ohm. *Zetroem*, 3(1).