JURNAL TELISKA **P-ISSN: 2085-0786**
Volume 18 No III November 2025 Page 1-7 **E-ISSN: 2654-2765**

ANALISIS ARUS DAN TEGANGAN PADA RANGKAIAN KOMBINASI MENGGUNAKAN SIMULATOR LIVEWIRE

Jonathan Farrel Akbar[1], Noval Resti Ardiansyah[2], Kayla Luna Pasha[3], Aryanti Aryanti[4*]
Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro ─ Politeknik Negeri Sriwijaya
aryanti@polsri.ac.id

ABSTRAK

Artikel ini membahas pemanfaatan perangkat lunak *LiveWire* sebagai media simulasi interaktif dalam menganalisis arus dan tegangan pada rangkaian resistor Kombinasi, yang merupakan kombinasi antara rangkaian seri dan paralel. Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan bagaimana *LiveWire* dapat digunakan sebagai alat bantu pembelajaran dalam memahami konsep dasar kelistrikan secara lebih efektif dan efisien. Melalui simulasi digital, pengguna dapat mengamati distribusi arus, tegangan, serta daya pada setiap resistor secara akurat tanpa perlu menggunakan alat ukur fisik di laboratorium. Hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan perhitungan teori berdasarkan Hukum Ohm, menunjukkan tingkat kesesuaian yang sangat tinggi dengan selisih nilai yang tidak signifikan. Hal ini membuktikan bahwa *LiveWire* mampu merepresentasikan perilaku rangkaian listrik secara realistis. Selain mempermudah proses perancangan dan analisis, penggunaan *LiveWire* juga meningkatkan pemahaman praktisi terhadap hubungan antara arus, tegangan, dan hambatan. Dengan demikian, *LiveWire* dapat dijadikan sebagai media pembelajaran digital yang interaktif, aman, dan efisien untuk mendukung kegiatan praktikum elektronika.

Kata *kunci* : *Resistor, Arus, Tegangan, LiveWire, Listrik.*

ABSTRACT

This article discusses the use of LiveWire software as an interactive simulation medium for analyzing current and voltage in mixed resistor circuits, which are a combination of series and parallel circuits. This study aims to demonstrate how LiveWire can be used as a learning tool to understand basic electrical concepts more effectively and efficiently. Through digital simulation, users can accurately observe the distribution of current, voltage, and power in each resistor without the need for physical *measuring instruments in the laboratory. The simulation results are then compared with theoretical calculations based on Ohm's Law, showing a very high degree of conformity with insignificant differences in values. This proves that LiveWire is capable of representing the behavior of electrical circuits realistically. In addition to simplifying the design and analysis process, the use of LiveWire also improves practitioners' understanding of the relationship between current, voltage, and resistance. Thus, LiveWire can be used as an interactive, safe, and efficient digital learning medium to support electronics practicum activities.*

Key words *: Resistor, Current, Voltage, LiveWire, Electricity.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era modern memberikan dampak yang signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam bidang kelistrikan dan elektronika. Dalam dunia elektronika, setiap sistem rangkaian listrik dibangun dari komponen-komponen dasar yang memiliki fungsi tertentu. Salah satu komponen penting yang paling sering digunakan adalah resistor, yaitu komponen yang berfungsi untuk menghambat aliran arus listrik dalam suatu rangkaian agar arus dan tegangan dapat dikendalikan sesuai kebutuhan[1]. Resistor bekerja berdasarkan Hukum Ohm, yang dikemukakan oleh George Simon Ohm, seorang fisikawan asal Jerman. Hukum tersebut menyatakan bahwa arus listrik yang mengalir melalui suatu penghantar berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan hambatan ($V = I \times R$)[2].

Dalam proses pembelajaran elektronika, pemahaman tentang cara kerja resistor dan analisis rangkaian listrik merupakan aspek mendasar yang harus dikuasai oleh praktisi. Namun, pembelajaran berbasis praktik sering

DOI : 10.5281/zenodo.17761213

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

menghadapi berbagai kendala seperti keterbatasan alat, risiko kerusakan komponen, serta kesalahan dalam perakitan rangkaian. Kendala tersebut menyebabkan pemahaman praktisi terhadap konsep dasar elektronika menjadi kurang optimal. Oleh karena itu, diperlukan alternatif media pembelajaran yang dapat memfasilitasi pemahaman konsep secara interaktif dan aman tanpa bergantung sepenuhnya pada komponen fisik.

Salah satu solusi yang dapat digunakan adalah pemanfaatan perangkat lunak simulasi elektronik, seperti *LiveWire*. *LiveWire* merupakan aplikasi simulasi yang memungkinkan pengguna untuk merancang, menyusun, dan menganalisis rangkaian elektronik melalui komputer[3]. Dengan *LiveWire* suasana pembelajaran dan praktik akan lebih interaktif dan memberikan pembelajaran lebih bermakna bagi praktisi. *LiveWire* memiliki antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan. *LiveWire* juga tersedia dalam bentuk langsung dipakai tanpa instalasi, sehingga sangat praktis[4].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Resistor

Resistor merupakan salah satu komponen fundamental dalam elektronika yang berfungsi mengendalikan besar arus listrik yang mengalir pada sebuah rangkaian. Berdasarkan Hukum Ohm, nilai hambatan memiliki hubungan terbalik dengan arus yang melewatinya. Besaran hambatan ini dinyatakan dalam satuan Ohm yang dilambangkan dengan simbol Ω (Omega).[5].

Resistor memiliki berbagai rangkaian yaitu:

1. Rangkaian Seri: Rangkaian resistor seri adalah susunan beberapa resistor yang dihubungkan secara berurutan dalam satu jalur yang sama. Pada konfigurasi ini, nilai hambatan keseluruhan akan meningkat karena total resistansinya diperoleh dari penjumlahan seluruh nilai resistor yang tersusun di dalam rangkaian tersebut.[6].
   Rumus:
   $$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n \quad (2.1)$$
2. Rangkaian Pararel : Rangkaian resistor paralel merupakan susunan dua atau lebih resistor yang dipasang berdampingan pada cabang-cabang terpisah. Dalam konfigurasi ini, hambatan total akan menjadi lebih rendah dibandingkan nilai resistor yang paling kecil, karena setiap jalur menyediakan lintasan tambahan bagi arus listrik.[6]
   Rumus:
   $$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n} \quad (2.2)$$
3. Rangkaian Kombinasi : Rangkaian resistor Kombinasi merupakan susunan resistor yang mengombinasikan koneksi seri dan paralel dalam satu rangkaian. Pada konfigurasi ini, beberapa resistor dihubungkan secara berurutan, sementara yang lain dipasang sejajar, sehingga menghasilkan gabungan antara karakteristik rangkaian seri dan paralel.[2]

2.2 Hukum Ohm

George Simon Ohm (1789-1854) merumuskan hubungan antara kuat arus listrik (I), hambatan (R) dan beda potensial (V) yang kemudian dikenal dengan hukum Ohm[2]. Menurut Hukum Ohm, arus dan tegangan memiliki hubungan yang berbanding lurus. Hukum ini menyatakan bahwa besarnya arus listrik (I) yang mengalir melalui suatu penghantar sebanding[7] dengan tegangan (V) yang diberikan pada penghantar tersebut, dan berbanding terbalik dengan hambatannya (R)[11].

Secara matematis dapat dituliskan sebagai:

$$V = I \times R \quad (2.3)$$

Menurut Hukum Ohm, arus listrik (I) merupakan hasil pembagian antara tegangan (V) dengan hambatan (R[8].

Secara matematis dituliskan sebagai:

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.4)$$

2.3 *LiveWire*

LiveWire merupakan produk keluaran *New Wafe Concept* yaitu perangkat lunak untuk yang bisa melakukan simulasi rangkaian

DOI : 10.5281/zenodo.17761213

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

elektronika dan memberikan kemudahan untuk merancang dan mensimulasikan rangkaian dengan menggunakan bantuan komputer[9]. Terdapat berbagai jenis komponen elektronika yang dapat digunakan dalam aplikasi *LiveWire*, seperti resistor, kapasitor, dioda, serta sumber tegangan DC dan AC. Selain itu, *LiveWire* juga memungkinkan pengguna untuk melakukan simulasi rangkaian terlebih dahulu sebelum merakitnya secara nyata pada papan PCB[4].

3. METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

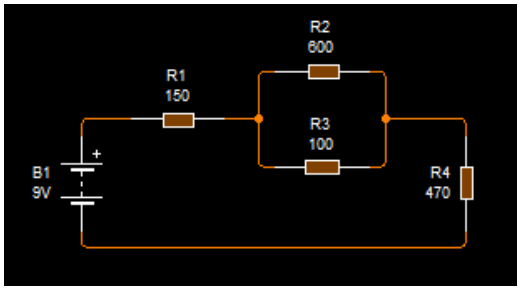
Dalam pelaksanaan simulasi ini, alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Laptop yang telah terinstal aplikasi *LiveWire*.
2. Komponen rangkaian pada aplikasi *LiveWire*, meliputi resistor (R1, R2, R3, dan R4), sumber tegangan DC, serta kabel penghubung.
   Seluruh komponen diambil dari menu komponen yang telah tersedia di dalam aplikasi *LiveWire*.

3.2 Langkah-Langkah Simulasi

1. Menyiapkan alat dan bahan setelah itu buka aplikasi *LiveWire*, kemudian siapkan seluruh komponen yang diperlukan untuk simulasi rangkaian.

2. Membuat rangkaian Setelah semua komponen siap, buat rangkaian Kombinasi, yaitu gabungan antara rangkaian seri dan paralel.
   a. Membuat rangkaian di *LiveWire.*
      1) Pertama-tama buka aplikasi *LiveWire.*
      2) Pada bagian atas akan terlihat menu *Insert*, lalu klik.
      3) Akan muncul jendela yang menunjukan banyak menu komponen, pilih menu *Passive Components.*
      4) Pilih komponen resistor dan tambahkan 4 resistor ke rangkaian.
      5) Lalu keluar dari menu *Passive Components* dan pilih *Power Supply,* dan tambahkan *Baterai* ke rangkaian.
      6) Ubah nilai komponen dengan cara klik dua kali pada resistor dan ubah nilai resistor menjadi:
         - *R1* = 150Ω
         - *R2* = 600Ω
         - *R3* = 100Ω
         - *R4* = 470Ω
      7) Ubah nilai Baterai menjadi 9 Volt
      8) Rangkai komponen menjadi bentuk rangkaian Kombinasi.



Gambar 1.1 Tampilan rangkaian Resistor Kombinasi di *LiveWire*

   b. Menjalankan simulasi Setelah rangkaian selesai dibuat, jalankan simulasi untuk mengamati aliran arus listrik, tegangan pada setiap titik, serta nilai hambatan total rangkaian. Untuk melihat arus dan volt yang mengalir dapat dengan:
      1) Pada sebelah kiri layar, terdapat menu *Current Flow*, menu ini akan menunjukan arus atau volt yang mengalir.
      2) Di layar atas terdapat menu *Run* dan klik untuk memulai simulasi.
      3) Cek arus dan volt yang mengalir dengan cara arahkan cursor pada kabel yang terhubung antara satu resistor ke resistor lainnya, dan akan terlihat arus dan volt yang mengalir di kabel.

DOI : 10.5281/zenodo.17761213

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

3.3 Langkah Perhitungan

R1 = 150Ω
R2 = 600Ω
R3 = 100Ω
R4 = 470 Ω
Volt Sumber = 9V

a. Perhitungan Resistor Total
Hitung R2 dan R3 yang tersusun secara pararel.

$$R_{23} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} \qquad (2.5)$$

$$R_{23} = \frac{600 \times 100}{600 + 100} = \frac{60000}{700}$$

$$= 85{,}714\Omega$$

Seri hasil pararel dengan R1

$$R_{123} = R_1 + R_{23}$$
$$= 150 + 85{,}714$$
$$= 235{,}714\Omega$$

Lalu seri dengan R4

$$R_{total} = R_{123} + R_4$$
$$= 235{,}714 + 470$$
$$= 705{,}714\Omega$$

Jadi, Rtotal ≈ 705,7 Ω (≈ 706 Ω)

b. Perhitungan Tegangan Resistor
1) Hitung gabungan R_2dan R_3(paralel):

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{600 \cdot 100}{600 + 100} = \frac{60000}{700}$$
$$= 85{,}714\ \Omega$$

2) Resistansi total seri:

$$R_{tot} = R_1 + R_{23} + R_4$$
$$= 150 + 85{,}714 + 470$$
$$= 705{,}714\ \Omega$$

3) Arus seri (sama di R1, R23, R4):

$$I = \frac{V_{bat}}{R_{tot}} = \frac{9}{705{,}714} = 0{,}012753\ \text{A}$$
$$= 12{,}753\ \text{mA}$$

4) Tegangan pada masing-masing resistor:
- Tegangan pada R_1:

$$V_{R1} = I \cdot$$
$$R_1 = 0{,}012753 \cdot 150$$
$$= 1{,}91295\ \text{V}$$
$$1{,}913\ \text{V}$$

- Tegangan pada gabungan paralel R_{23}(artinya tegangan yang juga sama pada R_2dan R_3):

$$V_{R23} = I \cdot R_{23}$$
$$= 0{,}012753 \cdot 85{,}714$$
$$= 1{,}09312\ \text{V} \approx 1{,}093\ \text{V}$$

- Tegangan pada R_4:

$$V_{R4} = I \cdot R_4 = 0{,}012753 \cdot 470$$
$$= 5{,}99393\ \text{V} \approx 5{,}994\ \text{V}$$

(Cek jumlah: $1{,}913 + 1{,}093 + 5{,}994 \approx 9{,}000$ V, konsisten.)

c. Perhitungan Arus Resistor
Gabungan R2 dan R3 (paralel)

$$R_{23} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{600 \times 100}{700}$$
$$= 85{,}714\ \Omega$$

Rangkaian total seri

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_{23} + R_4$$
$$= 150 + 85{,}714 + 470$$
$$= 705{,}714\ \Omega$$

Arus total (I total)

$$I_{\text{total}} = \frac{V}{R_{\text{total}}} = \frac{9}{705{,}714} = 0{,}012753\ \text{A}$$
$$= 12{,}753\ \text{mA}$$

Arus total ini mengalir melalui R1, R23, dan R4, karena semuanya seri.

Tegangan pada R23 (gabungan paralel)

$$V_{R23} = I_{\text{total}} \times R_{23}$$
$$= 0{,}012753 \times 85{,}714 = 1{,}093\ \text{V}$$

Arus tiap resistor:
- Arus melalui R1 (seri):

$$I_{R1} = I_{\text{total}} = 0{,}012753\ \text{A}$$
$$= 12{,}753\ \text{mA}$$

DOI : 10.5281/zenodo.17761213

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

- Arus melalui R2 (paralel):

$$I_{R2} = \frac{V_{R23}}{R_2} = \frac{1{,}093}{600} = 0{,}001822 \text{ A} = 1{,}822 \text{ mA}$$

- Arus melalui R3 (paralel):

$$I_{R3} = \frac{V_{R23}}{R_3} = \frac{1{,}093}{100} = 0{,}01093 \text{ A} = 10{,}93 \text{ mA}$$

- Arus melalui R4 (seri):

$$I_{R4} = I_{\text{total}} = 0{,}012753 \text{ A} = 12{,}753 \text{ mA}$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1.1 Perbandingan Hasil Simulasi dan Perhitungan Rangkaian Pada *LiveWire*

Resistor (Ω)	Simulasi		Perhitungan	
	Arus (mA)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Tegangan (V)
150	12.75	1.91	12.75	1.91
100K	1.82	1.91	1.82	1.91
100	10.93	1.09	10.93	1.09
470	12.75	5.99	12.75	5.99

4.1 Hasil Simulasi *LiveWire*

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak *LiveWire*, diperoleh data arus dan tegangan pada masing-masing resistor yang dibandingkan dengan hasil perhitungan teori menggunakan Hukum Ohm (V = I × R)[10]. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai arus dan tegangan pada setiap resistor memiliki tingkat kesesuaian yang sangat tinggi dengan hasil perhitungan manual, yang menandakan akurasi tinggi dari simulasi yang dilakukan. Pada resistor R1 (150 Ω), diperoleh arus sebesar 12,75 mA dengan tegangan 1,91 V, hasil ini identik dengan perhitungan teoritis.

Hal ini menunjukkan bahwa hukum Ohm berlaku secara konsisten pada bagian seri rangkaian. Selanjutnya, pada R2 (100 kΩ) dan R3 (100 Ω) yang disusun paralel, diperoleh tegangan yang sama sebesar 1,09 V, sedangkan arusnya berbeda sesuai dengan besar hambatan masing-masing. Arus pada R2 lebih kecil (1,82 mA) karena nilai hambatannya jauh lebih besar dibanding R3 (10,93 mA). Ini membuktikan bahwa pada rangkaian paralel, tegangan pada setiap cabang sama, tetapi arus berbanding terbalik dengan hambatan. Sementara itu, R4 (470 Ω) yang disusun seri dengan kombinasi paralel R2 dan R3 memiliki tegangan sebesar 5,99 V dan arus 12,75 mA, yang juga sama dengan arus total rangkaian.

Hasil ini menunjukkan bahwa pembagian tegangan dan arus pada rangkaian Kombinasi sesuai dengan teori kelistrikan dasar. Secara keseluruhan, perbedaan antara hasil simulasi dan hasil perhitungan hanya disebabkan oleh faktor pembulatan angka pada perangkat lunak. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *LiveWire* memberikan hasil simulasi yang sangat akurat dan representatif terhadap kondisi nyata, sehingga efektif digunakan sebagai alat bantu pembelajaran dalam memahami analisis arus dan tegangan pada rangkaian resistor Kombinasi.

4.2 Hasil Perhitungan Teori

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Hukum Ohm (V = I × R) dan prinsip dasar rangkaian seri-paralel, diperoleh data arus dan tegangan pada setiap resistor yang digunakan dalam rangkaian Kombinasi. Nilai hambatan total hasil perhitungan adalah sebesar 705,7 Ω dengan tegangan sumber 9 volt, sehingga arus total yang mengalir dalam rangkaian adalah sekitar 12,75 mA. Pada resistor R1 (150 Ω), karena berada dalam rangkaian seri, arus yang mengalir sama dengan arus total, yaitu 12,75 mA, menghasilkan tegangan sebesar 1,91 V. Untuk kombinasi R2 (100 kΩ) dan R3 (100 Ω) yang disusun secara paralel, tegangan pada keduanya sama, yaitu 1,09 V.

Berdasarkan perhitungan, arus yang mengalir pada R2 adalah 1,82 mA, sedangkan pada R3 sebesar 10,93 mA, sesuai dengan prinsip bahwa arus pada rangkaian paralel terbagi berdasarkan besar kecilnya hambatan masing-masing resistor. Kemudian pada R4 (470 Ω) yang tersusun

DOI : 10.5281/zenodo.17761213

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

seri dengan gabungan paralel R2 dan R3, diperoleh tegangan sebesar 5,99 V dengan arus 12,75 mA, sama seperti arus total rangkaian.

Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa distribusi arus dan tegangan pada rangkaian telah sesuai dengan teori dasar kelistrikan, di mana tegangan total merupakan penjumlahan dari seluruh tegangan pada elemen seri, dan arus total dalam rangkaian seri bernilai sama pada setiap komponen. Selain itu, hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan pada setiap resistor telah memenuhi Hukum Ohm, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan teori bersifat logis dan konsisten terhadap prinsip kelistrikan dasar.

4.3 Analisis Hasil Simulasi *LiveWire* dan Perhitungan Teori

Berdasarkan hasil simulasi pada aplikasi *LiveWire* dan perhitungan teori, diperoleh data arus dan tegangan pada setiap resistor sebagaimana ditunjukkan pada tabel di atas. Dari hasil tersebut dapat diamati bahwa nilai arus dan tegangan hasil simulasi memiliki kesesuaian yang sangat baik dengan hasil perhitungan teori.

Pada resistor R1 yang memiliki nilai 150 Ω, diperoleh arus sebesar 12,75 mA dan tegangan 1,91 V baik pada simulasi maupun perhitungan teori. Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan berdasarkan Hukum Ohm ($V = I \times R$) telah sesuai dengan hasil simulasi.

Sementara itu, pada R2 (100 kΩ) dan R3 (100 Ω) yang disusun secara paralel, diperoleh tegangan yang sama yaitu sekitar 1,09 V, sedangkan arusnya berbeda sesuai dengan besar hambatan masing-masing resistor. R2 memiliki arus yang lebih kecil (1,82 mA) karena hambatannya jauh lebih besar dibanding R3 (10,93 mA).

Hal ini membuktikan bahwa pada rangkaian paralel, tegangan pada tiap cabang sama tetapi arusnya berbanding terbalik dengan hambatan. Kemudian pada R4 (470 Ω) yang tersusun seri dengan rangkaian paralel R2 dan R3, diperoleh tegangan 5,99 V dan arus 12,75 mA, yang juga sama dengan arus total rangkaian.

Hasil ini menunjukkan bahwa hukum rangkaian seri dan paralel berlaku dengan baik pada simulasi yang dilakukan[12]. Secara keseluruhan, perbedaan nilai antara hasil simulasi dan hasil perhitungan teori sangat kecil (hanya disebabkan oleh pembulatan angka pada aplikasi *LiveWire*).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan perangkat lunak *LiveWire* sangat efektif dalam membantu proses pembelajaran dan pemahaman konsep dasar kelistrikan, khususnya dalam analisis arus dan tegangan pada rangkaian resistor Kombinasi.

Melalui simulasi digital, pengguna dapat mengamati secara langsung hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan sesuai dengan Hukum Ohm serta prinsip dasar rangkaian seri dan paralel. Hasil perbandingan antara perhitungan teori dan hasil simulasi menunjukkan tingkat kesesuaian yang sangat tinggi, dengan selisih nilai yang sangat kecil dan tidak signifikan.

Hal ini membuktikan bahwa *LiveWire* mampu merepresentasikan kondisi rangkaian listrik secara akurat dan realistis. Dengan demikian, penggunaan *LiveWire* tidak hanya memberikan kemudahan dalam proses perancangan dan analisis rangkaian, tetapi juga meningkatkan efektivitas pembelajaran praktikum elektronika tanpa memerlukan peralatan fisik. Aplikasi ini dapat dijadikan media pembelajaran yang interaktif, aman, dan efisien bagi praktisi untuk memperdalam pemahaman mengenai konsep dasar listrik dan elektronika.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Amelia, “Pengaruh hubungan Resistor terhadap Arus dan Tegangan pada Rangkaian Listrik,” *J. Sci. Educ.*, vol. 4, 2024, [Daring]. Tersedia pada: http://ejournal.uin-

DOI : 10.5281/zenodo.17761213

malang.ac.id/index.php/experiment

[2] F. H. Nasution, "Pengaruh Penguasaan Hukum Ohm Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa Pada Materi Pokok Daya Listrik Kelas IX MTS Padang Lawas Utara," *J. PhysEdu Phys. Educ.*, vol. 5, no. 1, hlm. 10–14, Mar 2023, doi: 10.37081/physedu.v5i1.4931.

[3] Nurussaniah, I. N. Sari, dan M. Rudi, "Analysis of the livewire software application on students' learning understanding and motivation on ohm's law concepts," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2104, no. 1, hlm. 012029, Nov 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2104/1/012029.

[4] M. F. Hamid dan A. Rahman, "Studi Penggunaan Media Pembelajaran Livewire Terhadap Hasil Belajar Dasar Listrik Dan Elektronika," *JEVTE J. Electr. Vocat. Teach. Educ.*, vol. 2, no. 1, hlm. 69, Jun 2022, doi: 10.24114/jevte.v2i1.35896.

[5] M. F. Basar, N. I. B. M. Farriz, N. H. A. Razik, M. F. Yaakub, N. Hasim and A. N. Ramani, "Analysis of Current Distribution in Parallel DC Circuits Using the Current Divider Rule," *2025 IEEE 16th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, Shah Alam, Malaysia, 2025, pp. 115-120

[6] A. Sumaedi, A. Suhendi, S. Kom, dan M. Kom, "Buku Referensi Pengantar Rangkaian Listrik Dan Komponen Elektronik Dalam Sistem Komputer". 2024.

[7] G. W. Jaya dan S. V. Aponno, "Kajian Teori Arus Listrik Dan Daya Listrik Pada Rangkaian Resistor Seri Dan Paralel Berdasarkan Jumlah Resistor Yang Digunakan," *ORBITA J. Pendidik. Dan Ilmu Fis.*, vol. 9, no. 1, hlm. 87, Mei 2023, doi: 10.31764/orbita.v9i1.13739.

[8] "Buku Ajar Teori Dan Pratikum Rangkaian Listrik." (n.d.). 2023.

[9] Nahvi, Mahmood., & Edminister, Joseph. (2025). *Schaum's outline of theory and problems of electric circuits*. McGraw-Hill.

[10] H. A. Halim, Z. Muhammad, dan S. N. Zaid, "Implementation of Livewire Software in Output Waveform Analysis for Rectifier Circuit," *J. Workforce Educ. Res. 2023*.

[11] Mahasiswa, U., Elektro, T., Program, D., Serumpun, S., & Muchlas, M. T. (n.d.). *Buku Ajar Teknik Digital*. 2021.

[12] I. Z. Rafi, Abdurrahman, dan N. Alfarizal, "Monitoring Arus Dan Tegangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Internet Of Thing Di Asone Hidroponik," Mar 2025, doi: 10.5281/ZENODO.15052163.