

Analisis karakteristik kuat arus dan tegangan pada rangkaian listrik sederhana berdasarkan hukum kirchoff.

Ade Isti Danarti Syukur

Program studi fisika, universitas Islam negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Adeistydanarti23@gmail.com

Kata Kunci:

Hukum Kirchoff, Kuat Arus, Tegangan, Rangkaian Seri, Rangkaian Paralel

Keywords:

Kirchhoff's Law, Electric Current, Voltage, Series Circuit, Parallel Circuit

ABSTRAK

Pemahaman terhadap karakteristik kuat arus dan tegangan dalam rangkaian listrik merupakan kompetensi dasar yang esensial dalam pembelajaran fisika. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik distribusi kuat arus dan tegangan pada rangkaian listrik sederhana— baik rangkaian seri maupun paralel— berdasarkan Hukum Kirchoff, yaitu Hukum Kirchoff tentang Arus (KCL) dan Hukum Kirchoff tentang Tegangan (KVL). Kajian ini bersifat analitis –komparatif dengan menggunakan data eksperimental dari berbagai penelitian terkait. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada rangkaian seri, kuat arus bersifat seragam

di seluruh komponen sesuai KCL, sementara tegangan terbagi secara proporsional terhadap nilai resistansi masing-masing resistor sesuai KVL. Sebaliknya, pada rangkaian paralel, tegangan pada setiap cabang adalah identik, sedangkan kuat arus terbagi berbanding terbalik dengan resistansinya. Data eksperimental dari menunjukkan bahwa perubahan signifikan pada nilai V dan I . Data dari memperlihatkan kesesuaian sangat baik antara nilai arus perhitungan dan pengukuran langsung, mengonfirmasi validitas Hukum Kirchoff secara empiris. Temuan ini mengimplikasikan pentingnya kegiatan praktikum terstruktur dan media pembelajaran inovatif dalam membangun pemahaman konsep kelistrikan secara mendalam.

ABSTRACT

Understanding the characteristics of electric current and voltage in electrical circuits is an essential basic competency in physics education. This study aims to analyze the distribution characteristics of electric current and voltage in simple electrical circuits — both series and parallel — based on Kirchhoff's Laws (KCL and KVL). Using an analytical-comparative approach with experimental data from relevant prior research, the analysis reveals that in series circuits, current is uniform across all components while voltage is distributed proportionally to resistance values. In parallel circuits, voltage is identical across all branches while current is divided inversely to resistance. Experimental data from confirm that simultaneous changes in source voltage and resistance produce significant V and I variations. Data from demonstrate excellent agreement between calculated and measured current values, empirically validating Kirchhoff's Laws. These findings underscore the importance of structured laboratory activities and innovative learning media in building deep conceptual understanding of electrical principles.

Pendahuluan

Listrik merupakan salah satu fenomena fisika yang paling mendasar dan memiliki peran dalam krusal dalam kehidupan modern. Pemahaman terhadap konsep dasar rangkaian listrik, khususnya mengenai karakteristik kuat arus dan tegangan, menjadi kompetensi esensial yang harus dikuasai oleh mahasiswa fisika dan pendidikan fisika. Namun demikian, berbagai kajian menunjukkan bahwa pemahaman konsep kelistrikan masih menjadi tantangan tersendiri di kalangan peserta didik maupun mahasiswa. Dalam



This is an open access article under the [CC BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

konteks pembelajaran fisika, konsep resistor, arus, dan tegangan merupakan fondasi dari seluruh materi kelistrikan. (Raihan Agustin et al., 2024) mengemukakan bahwa hubungan antara resistor dengan arus dan tegangan pada rangkaian listrik menjadi dasar pemahaman hukum-hukum kelistrikan yang lebih kompleks. Pemahaman yang baik terhadap karakteristik komponen-komponen ini sangat diperlukan sebelum mahasiswa dapat memahami konsep yang lebih lanjut seperti Hukum Kirchoff.

Hukum kirchoff merupakan salah satu prinsip fundamental dalam analisis rangkaian listrik yang dikembangkan oleh Gustav Ribert Kirchhoff pada pertengahan abad ke-19. Hukum ini terdiri atas dua bagian, yaitu Hukum kirchhoff tentang Arus (KCL) dan Hukum Krichhoff tentang Tegangan (KVL), yang masing-masing menggambarkan kekekalan muatan dan kekekalan energi dalam suatu rangkaian listrik. Penguasaan terhadap kedua hukum ini memungkinkan analisis rangkaian listrik yang lebih sistematis dan komprehensif dibandingkan hanya mengandalkan Hukum Ohm semata. (Nur Diyana & Siska Widyaningtyas, 2025) mengidentifikasi berbagai kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep-konsep fisika dasar, termasuk dalam materi kelistrikan. Kesulitan tersebut umumnya bersumber dari kekurangannya pemahaman konseptual yang dibangun melalui pengalaman praktikum yang memadai. Hal ini menunjukkan pentingnya kegiatan praktikum dan analisis data empiris dalam membangun pemahaman yang kokoh terhadap konsep-konsep fisika (Maubuthy et al., 2025) mengembangkan panduan praktikum sains berbasis multimedia interaktif pada materi listrik dinamis, yang menunjukkan urgensi pengembangan media dan pendekatan pembelajaran inovatif untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep kelistrikan. Sejalan dengan itu, (Nugroho et al., 2023) juga mengembangkan media ajar Hukum Ohm dan rangkaian hambatan menggunakan model ADDIE yang terbukti efektif meningkatkan pemahaman konsep kelistrikan peserta didik.

Dari sisi pengukuran, (Muallifah, 2009) menekankan pentingnya pemahaman tentang resistivitas dan pengukuran besaran listrik secara akurat sebagai dasar dari analisis rangkaian listrik. Lebih lanjut, (Kurniawan et al., 2023) menganalisis pengaruh tegangan dan kuat arus terhadap resistor melalui percobaan rangakaian seri menggunakan Hukum Ohm, dan hasilnya menunjukkan korelasi yaitu signifikan antara variabel-variabel tersebut sesuai dengan prediksi teoritis. Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik kuat arus dan tegangan pada rangkaian listrik sederhana— baik rangkaian seri maupun paralel— berdasarkan Hukum Kirchhoff. Melalui analisis eksperimental dan komparaktif, diharapkan kajian ini dapat memperkuat pemahaman konseptual mengenai distribusi arus dan tegangan pada rangkaian listrik, sekaligus memberikan kontribusi bagi pengembangan pembelajaran fisika lebih efektif.

Dasar Teori Hukum Kirchhoff dalam Rangkaian Listrik

Hukum Kirchhoff merupakan perluasan dari Hukum Ohm yang memungkinkan analisis rangkaian listrik yang lebih kompleks. Hukum ini dirumuskan berdasarkan dua prinsip kekekalan fundamental dalam fisika, yaitu kekekalan muatan listrik dan kekekalan energi. Pemahaman terhadap kedua hukum ini menjadi prasyarat penting sebelum melakukan analisis rangkaian seri dan paralel secara menyeluruh. Dalam konteks ini, (Yakin, 2019) memaparkan secara sistematis teori dasar listrik dan rangkaianannya—mulai

dari besaran-besaran listrik hingga elemen-elemen rangkaian—sebagai fondasi untuk memahami perilaku arus dan tegangan dalam rangkaian tertutup.

Hukum kirchhoff tentang Arus (KCL)

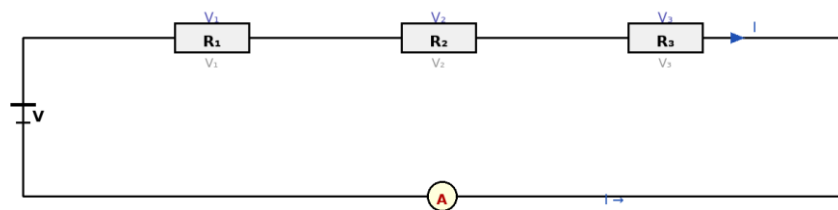
Hukum Kirchhoff tentang Arus (Kirchhoffs Current Law / KCL) menyatakan bahwa jumlah total arus yang masuk ke suatu simpul (node) pada rangkaian listrik sama dengan jumlah total arus yang keluar dari simpul tersebut. Hukum ini merupakan konsekuensi langsung dari hukum kekekalan muatan listrik, yang menegaskan bahwa muatan tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan di dalam suatu simpul rangkaian. Secara matematis, KCL dinyatakan sebagai $\sum I_{\text{masuk}} = \sum I_{\text{keluar}}$, atau ekuivalen dengan $\sum I = 0$ untuk semua arus pada suatu simpul dengan konversi tanda tertentu. Dalam konteks rangkaian paralel, KCL menjadi prinsip utama yang menjelaskan distribusi arus ke cabang-cabang rangkaian. (Raihan Agustin et al., 2024) menunjukkan bahwa pada rangkaian paralel, arus total yang bersumber dari sumber tegangan akan terbagi ke setiap cabang secara berbanding terbalik dengan nilai resistansinya, sesuai dengan prediksi KCL dan Hukum Ohm. Hal ini berarti cabang dengan resistansi lebih kecil akan dialiri arus yang lebih besar.

Hukum kirchhoff tentang tegangan (KVL)

Hukum Kirchhoff tentang Tegangan (Kirchhoff's Voltage Law / KVL) menyatakan bahwa jumlah aljabar dari semua beda potensial (tegangan) sepanjang suatu lintasan tertutup (loop) pada rangkaian listrik adalah nol. Hukum ini merupakan manifestasi dari prinsip kekekalan energi, yang menyatakan bahwa kerja total yang dilakukan oleh sumber tegangan dalam satu putaran penuh pada suatu loop harus sama dengan energi yang diserap oleh seluruh komponen dalam loop tersebut (Kurniawan et al., 2023) dalam analisisnya terhadap rangkaian seri menggunakan Hukum Ohm memperlihatkan bahwa tegangan total sumber terbagi di antara resistor-resistor yang tersusun seri, dimana besar tegangan pada masing-masing resistor sebanding dengan nilai resistansinya. Hasil ini konsisten dengan prediksi KVL, yang mengimplikasikan bahwa $\sum V_{\text{sumber}} = \sum V_{\text{resistor}}$ dalam setiap loop tertutup.

Karakteristik Arus dan Tegangan pada Rangkaian Seri

Rangkaian seri adalah suatu konfigurasi rangkaian di mana seluruh komponen (resistor) dihubungkan secara berurutan sehingga hanya terdapat satu jalur aliran arus. Karakteristik utama rangkaian ini adalah kesamaan nilai arus di setiap titik pada rangkaian, sementara tegangan terbagi secara proporsional di antara komponene-komponen yang ada.



Gambar 1. Skema Rangkaian Seri Tiga Resistor

Gambar 1. Skema rangkaian Tiga Resistor

Distribusi Kuat Arus pada rangkain Seri

Pada rangkaian seri, arus yang mengalir melalui setiap komponen adalah identik. Hal ini dapat dijelaskan melalui KCL: karena hanya terdapat satu jalur aliran, tidak ada simpul percabangan sehingga tidak ada pembagian arus. Secara matematis, $I_{\text{total}} = I_1 = I_2 = \dots = I_n$, dimana n adalah jumlah resistor dalam rangkaian. (Kurniawan et al., 2023) memverifikasi secara eksperimental bahwa nilai kuat arus yang terukur pada setiap titik dalam rangkaian seri menunjukkan keseragaman yang konsisten dengan prediksi teoritis ini. Besar arus total pada rangkaian seri ditentukan oleh tegangan sumber dan hambatan total rangkaian, yang merupakan jumlah dari seluruh hambatan individu: $R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$. (Muallifah, 2009) menegaskan bahwa pengukuran resistivitas dan hambatan yang akurat menjadi syarat mutlak untuk memprediksi didistribusi arus secara tepat dalam suatu rangkaian.

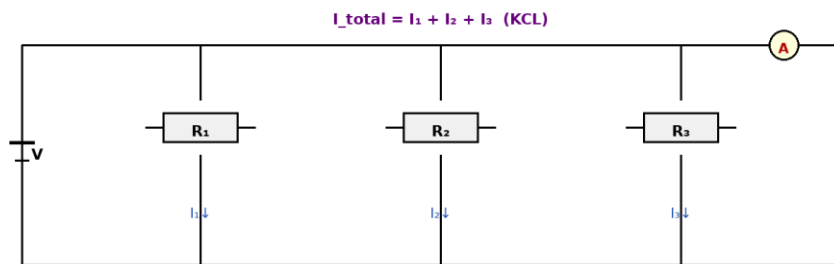
Distribusi Tegangan pada Rangkaian Seri

Berbeda dengan distribusi arus, tegangan pada rangkaian seri tidak merata di setiap komponen. Sesuai KVL, tegangan sumber (V_s) terbagi di antara resistor-resistor secara proporsional terhadap nilai resistansinya: $V_1 : V_2 : \dots : V_n = R_1 : R_2 : \dots : R_n$. Hubungan ini dapat diturunkan dari Hukum Ohm ($V = IR$) dengan mengingat bahwa arus pada setiap resistor adalah sama (Raihan Agustin et al., 2024) mengonfirmasi bahwa resistor dengan nilai hambatan lebih besar akan mengalami penurunan tegangan (voltage drop) yang lebih besar pula. Fenomena ini disebut sebagai pembagi tegangan (voltage divider) dan memiliki aplikasi praktis yang luas dalam perancangan rangkaian elektronika. (Tirono et al., 2021) mendemonstrasikan satu contoh nyata penggunaan tegangan listrik berpulsa untuk tujuan biomedis, yang membuktikan bahwa pemahaman mendalam tentang distribusi dan kontrol tegangan dalam rangkaian merupakan prasyarat bagi pengembangan aplikasi kelistrikan tingkat lanjut. (Maubuthy et al., 2025) menambahkan bahwa pemahaman terhadap konsep distribusi tegangan ini menjadi salah satu kompetensi dasar yang perlu diperkuat melalui kegiatan praktikum terstruktur.

Karakteristik Arus dan Tegangan pada Rangkaian Paralel

Rangkaian paralel adalah konfigurasi di mana komponen-komponen dihubungkan antara dua simpul yang sama sehingga setiap komponen memiliki jalurnya sendiri. Karakteristik utamanya berlawanan dengan rangkaian seri: tegangan pada setiap

komponen adalah sama, sementara arus total terbagi ke cabang-cabang secara berbanding terbalik dengan resistansinya.



Gambar 2. Skema Rangkaian Paralel Tiga Resistor

Gambar 2. Skema Rangkaian Paralel Tiga Resistor

Distribusi Tegangan pada Rangkaian Paralel

Pada rangkaian paralel, setiap cabang terhubung langsung ke terminal sumber tegangan, sehingga tegangan yang dialami oleh setiap komponen adalah sama dan identik dengan tegangan sumber: $V_{\text{total}} = V_1 = V_2 = \dots = V_n$. KVL menjelaskan hal ini karena setiap cabang membentuk loop tertutup independen dengan sumber tegangan, dan penurunan tegangan pada masing-masing loop sama dengan tegangan sumber.

Distribusi Kuat Arus pada Rangkaian Paralel

Arus total pada rangkaian paralel merupakan jumlah dari arus yang mengalir pada setiap cabang: $I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$. Ini adalah penerapan langsung dari KCL pada simpul utama rangkaian. Karena tegangan setiap cabang sama, arus pada masing-masing cabang bergantung hanya pada nilai resistansinya: $I_k = V_s / R_k$. Dengan demikian, resistansi total rangkaian paralel ($1/R_{\text{total}} = \sum 1/R_k$) selalu lebih kecil daripada resistansi terkecil dalam rangkaian (Raihan Agustin et al., 2024) membuktikan secara eksperimental bahwa penambahan cabang paralel akan meningkatkan arus total yang diambil dari sumber, karena hambatan total rangkaian berkurang. Temuan ini relevan dengan pemahaman tentang distribusi beban dalam sistem kelistrikan praktis.

Analisis Komparatif Rangkaian Seri dan Paralel Berdasarkan Hukum Kirchhoff

Perbandingan antara karakteristik rangkaian seri dan paralel memberikan gambaran yang komprehensif tentang prinsip-prinsip Hukum Kirchhoff. Perbedaan fundamental keduanya terletak pada cara distribusi arus dan tegangan: rangkaian seri mempertahankan keseragaman arus tetapi membagi tegangan, sementara rangkaian paralel mempertahankan keseragaman tegangan tetapi membagi arus.

Perbandingan Perilaku Arus

Dalam rangkaian seri, arus tidak terbagi sehingga nilainya seragam di seluruh komponen. Sebaliknya, dalam rangkaian paralel, arus total terbagi ke setiap cabang sesuai perbandingan konduktansi masing-masing. (Nur Diyana & Siska Widyaningtyas, 2025) mencatat bahwa miskonsepsi mengenai perbedaan perilaku arus antara rangkaian seri dan paralel merupakan salah satu kesulitan paling umum yang dialami mahasiswa dalam memahami hukum-hukum kelistrikan.

Perbandingan Perilaku Tegangan

Tegangan pada rangkaian seri terdistribusi secara proporsional, sementara pada rangkaian paralel tegangan sama di setiap cabang. (Nugroho et al., 2023) menemukan bahwa penggunaan media ajar yang tepat dapat membantu mahasiswa memvisualisasikan perbedaan distribusi tegangan ini, sehingga mempercepat pembentukan konsep yang benar. (Maubuthy et al., 2025) memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa panduan praktikum berbasis multimedia interaktif terbukti meningkatkan kemampuan analisis mahasiswa terhadap karakteristik tegangan dalam rangkaian seri dan paralel.

Implikasi Hukum Kirchhoff terhadap Pengukuran Eksperimental

Verifikasi eksperimental terhadap Hukum Kirchhoff memerlukan pengukuran yang akurat terhadap arus dan tegangan di berbagai titik dalam rangkaian. (Muallifah, 2009) menekankan pentingnya ketelitian alat ukur dan teknik pengukuran yang benar sebagai syarat validitas hasil eksperimental. Selaras dengan hal tersebut, (Muthmainnah & Tabriawan, 2022) menunjukkan bahwa akurasi pengukuran besaran listrik—dalam hal ini detak jantung berbasis sensor fotolistrik—sangat bergantung pada kalibrasi instrumen dan konfigurasi rangkaian yang tepat, prinsip yang berlaku pula dalam pengukuran arus dan tegangan pada rangkaian umum. Kesalahan dalam penempatan ammeter (yang harus disambungkan secara seri) atau voltmeter (yang harus disambungkan secara paralel) dapat menghasilkan data yang menyesatkan dan tidak konsisten dengan prediksi Hukum Kirchhoff (Kurniawan et al., 2023) membuktikan bahwa data eksperimental dari percobaan rangkaian seri menunjukkan kesesuaian yang sangat baik dengan prediksi Hukum Kirchhoff, dengan deviasi yang dapat dijelaskan oleh toleransi komponen dan keterbatasan instrumen. Hal ini mengindikasikan bahwa kegiatan praktikum yang terancang dengan baik dapat menjadi sarana validasi teori yang efektif sekaligus media pembelajaran yang bermakna.

Kesimpulan dan saran

Dari keseluruhan pembahasan yang telah dilakukan, ada beberapa hal yang dapat ditarik sebagai simpulan. Pertama, Hukum Kirchhoff terbukti menjadi kerangka analisis yang paling tepat untuk menjelaskan perilaku arus dan tegangan dalam rangkaian listrik sederhana, baik seri maupun paralel. Bukan sekadar rumus yang dihafalkan, hukum ini sebenarnya mencerminkan dua prinsip fisika yang sangat mendasar, yaitu bahwa muatan listrik tidak bisa hilang di tengah jalan, dan bahwa energi dalam suatu putaran tertutup harus selalu seimbang. Kedua, rangkaian seri dan paralel ternyata memiliki karakter yang berlawanan secara sistematis. Pada rangkaian seri, arusnya sama di mana-mana karena memang hanya ada satu jalur yang bisa dilalui, sementara tegangan terbagi sesuai besar hambatan masing-masing resistor. Sebaliknya, pada rangkaian paralel justru tegangannya yang sama di tiap cabang, sedangkan arus yang terbagi. Dua pola ini bukan kebetulan, melainkan konsekuensi langsung dari KCL dan KVL yang bekerja bersamaan.

Ketiga, data eksperimental yang dikaji dari (Raihan Agustin et al., 2024) menunjukkan sesuatu yang menarik: ketika tegangan sumber diubah sementara resistansi dibiarkan

tetap, perubahan pada arus dan tegangan terukur memang terjadi, tetapi tidak terlalu mencolok. Yang justru memberikan perubahan signifikan adalah ketika keduanya, yakni tegangan dan resistansi, berubah secara bersamaan. Temuan ini menegaskan bahwa arus dan tegangan dalam rangkaian bukanlah variabel yang berdiri sendiri, melainkan saling terkait melalui hubungan yang dinyatakan Hukum Ohm dan diperkuat oleh Hukum Kirchhoff. Keempat, data dari (Kurniawan et al., 2023) memperlihatkan kesesuaian yang sangat rapat antara hasil perhitungan teoritis dengan nilai yang diperoleh dari pengukuran langsung. Selisih yang muncul pun masih bisa dijelaskan oleh toleransi nilai resistor dan keterbatasan alat ukur yang digunakan, bukan karena teorinya salah. Ini penting untuk dipahami, karena dalam praktikum nyata, perbedaan kecil antara teori dan pengukuran itu hal yang wajar dan justru membuka ruang diskusi yang lebih kaya.

Kelima, kajian ini juga menggarisbawahi bahwa kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep kelistrikan, seperti yang diidentifikasi oleh (Nur Diyana & Siska Widyaningtyas, 2025), bukan semata-mata soal kemampuan berhitung. Akar masalahnya lebih sering terletak pada konsep yang belum benar-benar dipahami, bukan sekadar dihafal. Pengembangan media ajar berbasis ADDIE seperti yang dilakukan (Nugroho et al., 2023), maupun panduan praktikum interaktif dari (Maubuthy et al., 2025), menunjukkan bahwa pendekatan yang memberi ruang kepada mahasiswa untuk melihat langsung bagaimana arus dan tegangan berperilaku dalam rangkaian nyata, terbukti lebih efektif dalam membentuk pemahaman yang bertahan lama. Secara keseluruhan, Hukum Kirchhoff bukan sekadar alat hitung dalam analisis rangkaian listrik. Ia adalah cara berpikir tentang bagaimana energi dan muatan mengalir, terbagi, dan berpindah dalam suatu sistem. Memahami ini dengan benar, baik secara konseptual maupun melalui pengalaman langsung di laboratorium, adalah fondasi yang tidak bisa dilewati begitu saja dalam pembelajaran fisika.

Daftar Pustaka

- Kurniawan, F. D., Hidna Hidayat, N. A., Hanin, Mayasari, S., & Sudarti. (2023). Analisis Pengaruh Tegangan dan Kuat Arus Terhadap Resistor dengan Percobaan Rangkaian Seri Menggunakan Hukum Ohm. *JPNM Jurnal Pustaka Nusantara Multidisiplin*, 1(4), 2–6. <https://doi.org/10.59945/jpnm.v1i4.57>
- Maubuthy, M. S. K., Supu, A., Bani, M. D. S., Sukarjita, I. W., Jewaru, A. A. L., & Tefa, M. (2025). Development of an Interactive Multimedia-Based Science Practicum Guide on Dynamic Electricity. *Experiment: Journal of Science Education*, 5(2), 9–20.
- Muallifah, F. (2009). *Faqih Muallifah*. 1(2), 179–197.
- Muthmainnah, M., & Tabriawan, D. B. (2022). Prototipe Alat Ukur Detak Jantung Menggunakan Sensor MAX30102 Berbasis Internet of Things (IoT) ESP8266 dan Blynk. *JISKA (Jurnal Informatika Sunan Kalijaga)*, 7(3), 163–176. <https://doi.org/10.14421/jiska.2022.7.3.163-176>
- Nugroho, D. Y., Hendrawan, A., & Hariyadi, R. (2023). Pengembangan Media Ajar Hukum Ohm dan Rangkaian Hambatan Menggunakan Model Pengembangan ADDIE. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 23674–23680.

- Nur Diyana, T., & Siska Widyaningtyas, F. (2025). Analisis Kesulitan Mahasiswa dalam Memahami Konsep Hukum Newton. *Experiment: Journal of Science Education*, 5(1), 2747–206.
- Raihan Agustin, A., Samrotul Fuadah, A., Vijar Mutiara, D., & Malik UIN Sunan Gunung Djati Bandung, A. (2024). Pengaruh hubungan Resistor terhadap Arus dan Tegangan pada Rangkaian Listrik. *Experiment: Journal of Science Education*, 4(2), 1–18. <https://ejournal.uin-malang.ac.id/index.php/experiment/article/view/27664>
- Tirono, M., Hananto, F. S., & Abtokhi, A. (2021). Pulse Voltage Electrical Stimulation for Bacterial Inactivation and Wound Healing in Mice with Diabetes. *Avicenna Journal of Medical Biotechnology*, 14(1), 95–101. <https://doi.org/10.18502/ajmb.v14i1.8175>
- Yakin, K. (2019). No Title 済無No Title No Title No Title. 2, 306–312.