



## Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ) Universitas Papua

website: <https://journal.fkip.unipa.org/index.php/kpej>



### Development of a Direct Current Electric Circuit Teaching Aid to Improve Students' Science Process Skills

**Finna Pramudita, Ahmad Suryadi\*, & Iwan Permana Suwarna**

Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah,  
Indonesia

\*Corresponding author: [ahmads@uinjkt.ac.id](mailto:ahmads@uinjkt.ac.id)

**Abstract:** *The low level of students' understanding of the abstract concept of direct current electricity, as indicated by daily test scores falling below the Minimum Completeness Criteria, along with their underdeveloped science process skills, forms the background of this study. The main objective of this research is to develop a direct current electric circuit teaching aid to enhance students' science process skills. The research employed a development model consisting of four stages: (1) preliminary research, (2) prototype development, (3) summative evaluation, and (4) systematic reflection and documentation. This study was conducted at SMA Negeri 87 Jakarta. The results indicate that the teaching aid meets the criteria of feasibility, effectiveness, and practicality in improving students' science process skills. Based on validation by media experts and subject matter experts, the teaching aid obtained percentage scores of 97% and 98%, respectively, with an average score of 98%, which falls into the very feasible category. A teacher questionnaire assessing the practicality and effectiveness of the teaching aid showed a practicality score of 80% (categorized as practical) and an effectiveness score of 95% (categorized as very effective). Therefore, this direct current electric circuit teaching aid has proven effective in helping students understand direct current electricity concepts and in enhancing their science process skills.*

**Keywords:** *development, direct current electricity, learning media, science process skills, teaching aids*

### Pengembangan Alat Peraga Rangkaian Listrik Arus Searah untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa

**Abstrak:** Rendahnya pemahaman siswa terhadap konsep abstrak listrik arus searah, yang terlihat dari nilai ulangan harian di bawah KKM, serta keterampilan proses sains siswa yang masih rendah, melatarbelakangi studi yang dilaksanakan. Tujuan utama penelitian yang dilaksanakan yaitu mengembangkan alat peraga rangkaian listrik arus searah guna meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Metode penelitian yang dipergunakan yaitu model pengembangan, yang meliputi empat tahap: (1) penelitian pendahuluan, (2) pengembangan prototipe, (3) evaluasi sumatif, dan (4) refleksi sistematis dan dokumentasi. Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 87 Jakarta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat peraga ini memenuhi aspek kelayakan, keefektifan, dan kepraktisan dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Menurut hasil validasi dari ahli media dan ahli materi, alat peraga ini memperoleh skor persentase masing-masing sebesar 97% dan 98%, dengan rata-rata 98%, yang masuk dalam kategori sangat layak. Angket penilaian yang diberikan kepada guru mengenai kepraktisan dan keefektifan alat peraga ini menunjukkan persentase 80% untuk kepraktisan (kategori praktis) dan 95% untuk keefektifan (kategori sangat efektif). Dengan demikian, alat peraga rangkaian listrik arus searah ini terbukti berhasil dalam membantu siswa memahami konsep listrik arus searah serta meningkatkan keterampilan proses sains mereka.

**Kata kunci:** alat peraga, keterampilan proses sains, listrik arus searah, media pembelajaran, pengembangan

## PENDAHULUAN

Listrik arus searah adalah salah satu topik penting dalam pembelajaran fisika di SMA. Topik ini dianggap fundamental karena sering dijumpai dalam berbagai profesi dan berhubungan erat dengan aktivitas sehari-hari (Djudin & Grapragasem, 2019). Namun, terdapat banyak siswa yang merasa kesulitan untuk mengerti mengenai konsep listrik arus searah (Hartanto et al., 2023; Nooritasari et al., 2019; Susdarwati et al., 2021). Kesulitan ini tercermin dari rendahnya nilai ulangan harian siswa dalam bahan ajar tersebut yang seringkali berada di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) (Nofitasari & Sihombing, 2017; Yustiandi & Saepuzaman, 2016). Salah satu penyebab utama kesulitan ini adalah sifat abstrak dari konsep-konsep listrik arus searah, yang tidak bisa diamati secara langsung dan sulit dipahami jika hanya dipelajari melalui teori semata (Hartanto & Nawir, 2018; Anggraini et al., 2022; Rizaldi et al., 2020).

Keterampilan proses sains memegang peranan penting dan tak terpisahkan pada pembelajaran fisika. Keterampilan proses sains melibatkan kemampuan siswa mengaplikasikan metode ilmiah untuk memahami, mengembangkan serta menemukan ilmu pengetahuan (Triani et al., 2023; Kurniawan et al., 2023). Dengan keterampilan proses sains, siswa terlibat secara langsung pada pembelajaran dan menjalani tahapan-tahapan aktivitas ilmiah, yang memungkinkan mereka untuk memahami, mengembangkan, serta menemukan pemahaman baru (Diani et al., 2020). Kemampuan proses sains melibatkan aktivitas seperti mengamati, mengklasifikasi, mengukur dan menggunakan angka, menyimpulkan, memprediksi, serta mengkomunikasikan hasil (Aditiyas & Kuswanto, 2024). Kemampuan proses sains akan membantu siswa guna lebih menghargai setiap langkah dalam aktivitas yang mereka lakukan, sehingga mereka bisa mendapatkan pengetahuan yang lebih mendalam terhadap bahan ajar yang sedang dipelajari.

Mengembangkan keterampilan proses sains adalah hal yang krusial bagi siswa. Namun, beberapa studi menunjukkan bahwa kemampuan proses sains siswa masih termasuk rendah. Studi yang dilaksanakan oleh (Sholihah et al., 2020), menunjukkan jika kemampuan proses sains siswa masih termasuk rendah, terutama dalam aspek menyimpulkan, mengidentifikasi dan memanipulasi data, memprediksi, dan menginterpretasi data. Rendahnya keterampilan proses sains disebabkan oleh pembelajaran yang didominasi guru dan berorientasi pada penguasaan materi, dengan minimnya keterlibatan siswa pada tahapan pembelajaran (Alatas & Fachrunisa, 2018; Patabang et al., 2020; Rahmawati et al., 2014; Tanti et al., 2020). Selain itu, pelaksanaan praktikum terhambat oleh keterbatasan waktu, alat, bahan, serta pemahaman tentang cara kerja di laboratorium juga sebagai salah satu yang menyebabkan rendahnya kemampuan proses sains siswa (Bhakti et al., 2020). Padahal, kegiatan praktikum memiliki potensi besar dalam meningkatkan keterampilan proses sains karena memungkinkan siswa terlibat secara aktif dalam pembelajaran, sekaligus melatih sikap ilmiah selama proses praktikum berlangsung (Zainuddin et al., 2021).

Berdasarkan studi lapangan di SMAN 87 Jakarta, ditemukan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami materi listrik arus searah, khususnya pada submateri hukum Kirchoff. Hal ini diperkuat oleh hasil wawancara guru fisika yang menyebutkan bahwa siswa kesulitan dalam memahami hukum Kirchoff, serta data angket yang menunjukkan bahwa sebagian siswa merasa belum memahami materi ini secara utuh. Selain itu, hasil angket juga menunjukkan bahwa praktikum jarang dilakukan, padahal mayoritas siswa menyatakan bahwa praktikum sangat membantu dalam memahami konsep fisika. Temuan ini mengindikasikan bahwa minimnya aktivitas praktikum menjadi salah satu faktor penghambat dalam pengembangan keterampilan proses sains siswa.

Salah satu upaya yang dapat diterapkan untuk mengembangkan keterampilan proses sains siswa adalah melalui pembelajaran yang tidak hanya menekankan pada hasil belajar, tetapi juga pada proses pembelajaran itu sendiri, seperti melalui kegiatan eksperimen langsung (Saparini et al., 2019). Melalui kegiatan eksperimen, siswa dapat mengamati fenomena secara langsung (Alatas & Solehat, 2022). Upaya ini dapat dilakukan dengan menggunakan alat peraga. Salah satu alat peraga listrik arus searah telah dikembangkan oleh (Efendi et al., 2019). Mereka membuat produk berupa alat praktikum rangkaian listrik arus searah. Ditemukan empat percobaan yang bisa dilaksanakan menggunakan alat praktikum tersebut, yakni rangkaian hambatan seri, rangkaian hambatan paralel, rangkaian hukum II Kirchoff, dan rangkaian Jembatan Wheatstone. Meskipun alat tersebut telah menunjukkan hasil positif dalam meningkatkan pengetahuan siswa dalam materi listrik arus searah, alat tersebut masih dapat dikembangkan agar kemampuan siswa dapat lebih meningkat lagi. Sebagai contoh, dalam hal ukuran, alat cenderung berukuran besar sehingga lebih sesuai digunakan di laboratorium, bukan di dalam kelas. Selain itu, rangkaianannya bersifat tetap, sehingga eksplorasi siswa terhadap variasi rangkaian menjadi terbatas. Sumber tegangannya juga belum dapat diubah, sehingga pengamatan siswa terhadap pengaruh variasi tegangan belum dapat dilakukan secara fleksibel.

Studi yang dilaksanakan mempunyai tujuan dalam mengembangkan alat peraga yang telah dirancang oleh (Efendi et al., 2019). Beberapa hal yang menjadi fokus perhatian seperti alat ini dirancang dengan ukuran lebih kecil sehingga dapat digunakan langsung di dalam kelas tanpa perlu ke laboratorium. Selain itu, alat ini menggunakan papan multifungsi yang memungkinkan berbagai konfigurasi rangkaian, serta lebih efisien dalam biaya pembuatan. Dari segi sumber daya, alat ini dilengkapi dengan dua opsi tegangan, yaitu adaptor dan baterai, dengan tegangan yang dapat disesuaikan hingga 12 Volt. Alat peraga ini dilengkapi dengan panduan penggunaan alat dan juga Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Panduan penggunaan mendukung guru dan siswa memahami cara kerja alat secara sistematis, sehingga eksperimen dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien. LKPD mempunyai peran menjadi panduan dalam mendukung siswa untuk mengamati, menganalisis, serta membuat kesimpulan dari eksperimen yang dilakukan. Alat peraga yang dikembangkan ini diterapkan guna mendorong peningkatan keterampilan proses sains siswa. Maka, pengembangan alat peraga ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa yang masih tergolong rendah. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan alat peraga listrik arus searah yang layak, praktis, dan efektif dalam menunjang pembelajaran. Adapun keterampilan proses sains yang dimaksud mencakup kemampuan mengamati, mempertanyakan dan memprediksi, merencanakan dan melakukan penyelidikan, memproses; menganalisis data; dan informasi, mengevaluasi dan refleksi, serta mengomunikasikan hasil, sesuai dengan capaian pembelajaran dalam Kurikulum Merdeka.

## METODE

Studi yang dilaksanakan yaitu studi pengembangan (*development research*) yang mempunyai tujuan dalam mengembangkan alat peraga rangkaian listrik arus searah. Model pengembangan yang dipergunakan yaitu *development studies* dari Jan van den Akker, yang tersusun atas empat tahap utama, yakni: (1) penelitian pendahuluan (*preliminary research*), (2) tahap pengembangan prototipe (*prototyping stage*), (3) evaluasi sumatif (*summative evaluation*), dan (4) refleksi sistematis dan dokumentasi (*systematic reflection and documentation*) (Akker et al., 2006). Namun, pada penelitian ini, evaluasi sumatif hanya melibatkan guru sebagai responden karena siswa kelas XII sedang mempersiapkan ujian akhir, sehingga tidak memungkinkan untuk dilibatkan dalam uji coba langsung.

Pada tahap penelitian pendahuluan, dilakukan studi literatur serta studi lapangan untuk mengidentifikasi kebutuhan serta kekurangan alat peraga yang telah ada atau tersedia di sekolah. Studi lapangan dilakukan melalui penyebaran angket kebutuhan kepada 27 siswa di SMA Negeri 87 Jakarta. Berdasarkan hasil analisis kebutuhan tersebut, dikembangkan sebuah alat peraga berupa papan multifungsi sebagai media pembelajaran untuk materi listrik arus searah pada mata pelajaran Fisika kelas XII SMA. Alat peraga ini dirancang untuk memvisualisasikan konsep-konsep penting seperti rangkaian hambatan seri dan paralel, hukum Ohm, hukum Kirchoff, serta Jembatan Wheatstone. Papan ini memungkinkan berbagai konfigurasi rangkaian dan dilengkapi dengan voltmeter dan amperemeter untuk praktik pengukuran. Bahan dasar papan adalah triplek, dipilih karena ringan, mudah dirakit, dan terjangkau. Komponen-komponen seperti resistor dan lampu juga dilengkapi pelindung hasil cetak 3D untuk keamanan dan kerapian.

Setelah prototipe dikembangkan, dilakukan evaluasi formatif untuk menilai kelayakan dan efektivitas media yang dirancang. Evaluasi formatif ini mengacu pada model evaluasi yang dikemukakan oleh (Tessmer, 1993), yang mencakup tahapan uji validasi ahli (*expert review*), evaluasi satu-satu (*one-to-one evaluation*), evaluasi kelompok kecil (*small group evaluation*), dan uji lapangan (*field test*). Namun, dalam penelitian ini, evaluasi dibatasi hingga tahap evaluasi kelompok kecil karena siswa kelas XII sedang mengikuti ujian akhir, sehingga tidak memungkinkan untuk dilibatkan dalam uji coba langsung di kelas. Uji validasi ahli dilakukan oleh enam ahli media dan enam ahli materi. Evaluasi satu-satu melibatkan tiga siswa, sementara evaluasi kelompok kecil melibatkan lima siswa yang dipilih dari berbagai tingkat kemampuan akademik.

Studi yang dilaksanakan menggunakan dua jenis instrumen, yakni tes dan non-tes. Instrumen tes mencakup *pretest* dan *posttest*, yang mempunyai tujuan dalam melakukan pengukuran pengetahuan siswa pada konsep listrik arus searah serta keterampilan proses sains mereka. Indikator keterampilan proses sains yang dipergunakan mengacu pada Capaian Pembelajaran Kurikulum Merdeka, meliputi: mengamati, mempertanyakan dan memprediksi, merencanakan dan melakukan penyelidikan, memproses; menganalisis data; dan informasi, mengevaluasi dan refleksi, serta mengomunikasikan hasil. Sementara itu, instrumen non-tes meliputi pedoman wawancara, angket validasi dari ahli media dan materi, serta angket penilaian yang diisi oleh guru serta siswa.

Analisis data dalam studi ini meliputi tiga aspek, yakni kelayakan, kepraktisan, serta keefektifan media. Kelayakan dilihat dari hasil validasi para ahli dan dianalisis berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh (Ernawati, 2017), seperti yang tertera dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Kriteria kelayakan media pembelajaran

Nilai Kelayakan (%)	Keterangan
81-100	Sangat Layak
61-80	Layak
41-60	Cukup Layak
21-40	Tidak Layak
<21	Sangat Tidak Layak

Kepraktisan diukur dengan angket yang diisi oleh guru serta siswa, kemudian dianalisis menggunakan kriteria yang dikemukakan oleh (Suwarna & Ilmi, 2016), seperti yang tercantum dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Kriteria kepraktisan media pembelajaran

Nilai Kepraktisan (%)	Keterangan
86-100	Sangat Praktis
76-85	Praktis
60-75	Cukup Praktis
55-59	Kurang Praktis
<54	Kurang Praktis Sekali

Efektivitas alat peraga dianalisis berdasarkan perbandingan antara nilai *pretest* dan *posttest* siswa. Selain itu, efektivitas juga dilihat dari hasil angket penilaian oleh guru yang mencerminkan pandangan terhadap kebermanfaatan alat peraga dalam mendukung proses pembelajaran. Kriteria efektivitas berdasarkan (Suwarna & Ilmi, 2016) disajikan dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Kriteria Efektivitas Media Pembelajaran

Nilai Efektivitas (%)	Kriteria	Skor
$\geq 80$	Sangat Efektif	5
70-79	Efektif	4
60-69	Cukup Efektif	3
50-59	Kurang Efektif	2
<50	Tidak Efektif	1

Peningkatan hasil belajar siswa juga dilaksanakan analisis mempergunakan uji *normalized gain (n-gain)* (Hertanti et al., 2025), dengan interpretasi kategori tinggi, sedang, atau rendah mengacu pada klasifikasi dari (Hake, 1998), yang ada pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Kategori *N-gain*

<i>N-Gain</i>	Keterangan
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,7 > g \geq 0,3$	Sedang
$g < 0,30$	Rendah

## HASIL DAN PEMBAHASAN

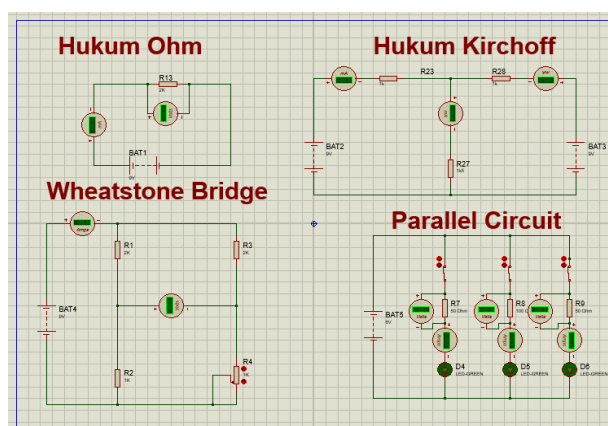
### Tahap Penelitian Pendahuluan (*Preliminary Research*)

Tahap awal pada penelitian pengembangan alat peraga rangkaian listrik arus searah adalah diawali dengan tahap penelitian pendahuluan. Penelitian pendahuluan ini mencakup studi literatur dan studi lapangan. Studi literatur dilaksanakan melalui cara menelaah berbagai sumber tertulis yang relevan, seperti jurnal, skripsi, hingga prosiding seminar. Salah satu referensi utama yang menjadi dasar penelitian pengembangan ini adalah prosiding yang ditulis oleh (Efendi et al., 2019). Mereka mengembangkan sebuah produk alat praktikum listrik arus searah. Alat tersebut terbukti dapat meningkatkan pengetahuan siswa dalam materi listrik arus searah. Meskipun telah terbukti bisa mendorong peningkatan pemahaman siswa, alat tersebut masih bisa dikembangkan agar kemampuan siswa dapat lebih meningkat lagi. Selain prosiding seminar tersebut, peneliti juga merujuk

pada berbagai sumber lain, baik dari jurnal ataupun skripsi. Hal tersebut memperkuat relevansi dan kebutuhan pengembangan alat peraga dalam memahami konsep listrik arus searah. Selanjutnya, untuk memperkuat urgensi pengembangan alat peraga, peneliti melakukan studi lapangan dengan menyebarkan angket kepada 27 siswa kelas XII di SMA Negeri 87 Jakarta. Berdasarkan hasil angket, sebanyak 19 siswa menyatakan bahwa pembelajaran masih didominasi oleh penggunaan media presentasi seperti PowerPoint, dan praktikum jarang dilakukan karena keterbatasan waktu. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian (Anita et al., 2022), yang menyatakan bahwa tidak terlaksananya kegiatan praktikum disebabkan oleh terbatasnya waktu yang tersedia. Padahal, seluruh siswa menyatakan bahwa praktikum sangat membantu dalam memahami materi pelajaran. Selain itu, penggunaan alat peraga juga masih terbatas, meskipun siswa menunjukkan ketertarikan yang lebih tinggi terhadap pembelajaran dengan menggunakan alat peraga dibandingkan media presentasi biasa. Hasil angket juga menunjukkan bahwa sebagian besar siswa tidak menyatakan secara eksplisit bahwa konsep listrik arus searah sulit dipahami. Namun, saat dilakukan sesi tanya jawab, beberapa siswa mengungkapkan bahwa mereka masih mengalami kesulitan dalam memahami hukum Kirchoff serta perbedaan ciri-ciri antara rangkaian seri dan paralel, khususnya dalam hal nyala lampu.

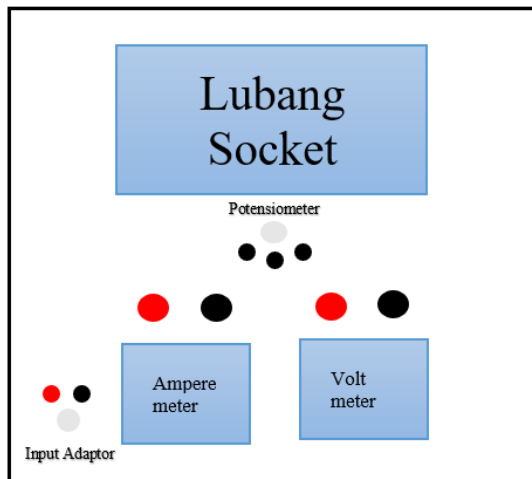
### Tahap Prototipe (*Prototyping Stage*)

Pada tahap pengembangan prototipe, kegiatan diawali dengan perancangan desain alat peraga. Proses ini dimulai dengan pembuatan skema rangkaian untuk beberapa submateri listrik arus searah, yaitu rangkaian hambatan seri dan paralel, hukum Ohm, hukum Kirchoff, dan Jembatan Wheatstone. Skema dirancang menggunakan perangkat lunak Proteus, yang berfungsi untuk memvisualisasikan dan mensimulasikan rangkaian secara virtual (Syahminan & Hidayat, 2021). Penggunaan Proteus membantu peneliti memastikan koneksi antar komponen telah sesuai sebelum alat fisik dibuat. Gambar 1 memperlihatkan skema rangkaian dari masing-masing submateri yang dirancang menggunakan Proteus.



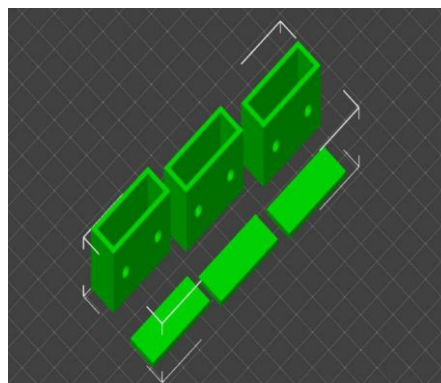
**Gambar 1.** Skema Rangkaian Listrik Arus Searah Menggunakan Software Proteus

Setelah rancangan skema disimulasikan dan dipastikan berjalan dengan baik melalui Proteus, langkah selanjutnya adalah visualisasi desain alat peraga dalam bentuk gambar 2D. Desain ini bertujuan untuk memberikan gambaran lebih jelas mengenai bentuk alat peraga sebelum implementasi fisiknya. Desain alat peraga yang dikembangkan ditampilkan pada Gambar 2. Desain alat peraga ini memperlihatkan susunan papan dan komponen yang akan dipergunakan.



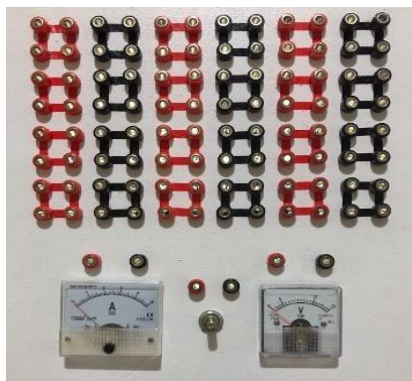
**Gambar 2.** Desain Alat Peraga Rangkaian Listrik Arus Searah

Proses perancangan desain selanjutnya difokuskan pada pembuatan wadah komponen alat peraga, seperti resistor dan lampu. Desain wadah dibuat menggunakan perangkat lunak Blender dan Autodesk Fusion 360 dan diekspor ke dalam format .stl. File tersebut kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Ultimaker Cura untuk proses slicing, sebelum dicetak menggunakan mesin pencetak 3D (*3D printer*). Gambar 3 memperlihatkan rancangan wadah yang digunakan untuk menyimpan komponen alat peraga.



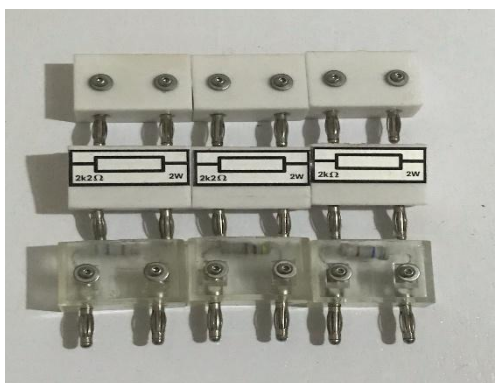
**Gambar 3.** Desain Wadah Alat Peraga Rangkaian Listrik Arus Searah

Tahap berikutnya adalah pembuatan alat peraga secara fisik. Alat ini dirancang dalam bentuk fisik menggunakan papan triplek berukuran 30 cm × 30 cm yang dilapisi cat kayu putih. Pada permukaan papan tersebut, terdapat 24 kotak berwarna merah dan hitam (masing-masing 12 kotak) yang berfungsi sebagai area pemasangan socket banana (*female*). Total terdapat 96 lubang socket yang tersebar di seluruh permukaan papan, dengan setiap kotak dilengkapi empat titik socket yang telah terhubung secara listrik. Sambungan antar socket dilakukan melalui penyolderan dengan menggunakan timah untuk memastikan kekuatan dan kelancaran aliran listrik. Proses pembuatan juga mencakup pengujian setiap sambungan listrik menggunakan multimeter untuk memastikan tidak ada sambungan yang terputus, sehingga alat peraga dapat digunakan secara optimal dalam eksperimen. Gambar 4 memperlihatkan tampilan fisik dari alat peraga yang telah diproduksi.



**Gambar 4.** Alat Peraga Rangkaian Listrik Arus Searah

Alat peraga ini dilengkapi oleh alat ukur berupa amperemeter analog dan voltmeter analog. Penggunaan alat ukur analog bertujuan guna melakukan pengukuran keterampilan proses sains siswa, yang dijadikan sebagai fokus utama dalam penelitian ini. Sumber tegangan yang dipergunakan alat peraga ini berasal dari adaptor multifungsi, sehingga besar tegangan yang dapat disesuaikan hingga mencapai 12 volt. Komponen seperti resistor dan lampu diletakkan dalam wadah hasil cetakan 3D agar dapat dengan mudah digunakan pada papan rangkaian sekaligus menjaga keamanan pengguna. Wadah komponen hasil cetakan 3D dapat dilihat pada Gambar 5. Wadah hasil cetakan 3D tersebut dicetak menggunakan bahan yang ramah lingkungan, yaitu bahan PLA+ dan Resin. Untuk menjaga kerapian dan ketahanan, alat peraga dilengkapi dengan kotak penyimpanan dari triplek tebal 9 mm yang dicat coklat tua.



**Gambar 5.** Wadah Komponen Alat Peraga

Alat peraga yang dikembangkan ini dirancang agar dapat dipergunakan pada pembelajaran seluruh submateri listrik arus searah. Melalui alat ini, siswa dapat melaksanakan eksperimen secara langsung dalam memahami konsep-konsep seperti rangkaian hambatan seri dan paralel, hukum Ohm, hukum Kirchhoff, serta Jembatan Wheatstone. Untuk mendukung penggunaan alat peraga secara optimal dalam proses pembelajaran, peneliti juga mengembangkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dalam format digital yang dapat diakses melalui handphone maupun laptop, yang bertujuan untuk memudahkan siswa dan guru. Selain itu, peneliti juga menyusun buku panduan penggunaan alat peraga dalam bentuk *flipbook* digital. Kedua media pendukung ini dapat diakses dengan memindai *barcode* yang telah disematkan langsung pada alat peraga, sehingga memberikan kemudahan akses.



**Evaluasi Formatif (*Formative Evaluation*)**

Setelah pengembangan alat dilakukan, dilanjutkan dengan tahap evaluasi formatif yang mengacu pada model evaluasi yang dikemukakan oleh (Tessmer, 1993). Proses awal dalam evaluasi ini adalah validasi oleh para ahli, yang melibatkan enam pakar media dan enam pakar materi. Validasi ini mempunyai tujuan dalam menguji apakah alat peraga layak dipergunakan untuk memfasilitasi pembelajaran konsep listrik arus searah (Fahrudin, 2019). Para ahli media mengevaluasi alat peraga berdasarkan delapan aspek, sedangkan ahli materi menilai alat peraga berdasarkan dua aspek. Hasil penilaian dari ahli media tercantum pada Tabel 5, dan hasil penilaian dari ahli materi ditampilkan dalam Tabel 6.

**Tabel 5.** Hasil Penilaian Ahli Media

No.	Aspek	Skor	Persentase (%)	Kategori
1.	Keterkaitan dengan bahan ajar	90	100	Sangat Layak
2.	Ketahanan alat	90	100	Sangat Layak
3.	Keakuratan	97	81	Sangat Layak
4.	Efisiensi alat	90	100	Sangat Layak
5.	Keamanan penggunaan alat	90	100	Sangat Layak
6.	Estetika	90	100	Sangat Layak
7.	Kelengkapan alat	85	94	Sangat Layak
8.	Tempat penyimpanan	89	99	Sangat Layak
<b>Jumlah</b>		<b>721</b>	<b>96</b>	<b>Sangat Layak</b>

Berdasarkan Tabel 5, hasil penilaian ahli media menunjukkan total skor sebesar 721 dengan rata-rata persentase kelayakan mencapai 96%, yang termasuk dalam kategori sangat layak. Lima aspek memperoleh persentase tertinggi yaitu 100%, yakni keterkaitan dengan bahan ajar, ketahanan alat, efisiensi alat, keamanan penggunaan, dan estetika. Sementara itu, aspek dengan persentase terendah adalah keakuratan sebesar 81%, meskipun skornya tinggi (97), karena aspek ini memiliki 4 indikator penilaian, lebih banyak dibandingkan aspek lainnya yang hanya memiliki 3 indikator. Jumlah indikator yang lebih banyak membuat nilai maksimal aspek keakuratan juga lebih tinggi, sehingga memengaruhi persentase yang dihasilkan. Meskipun demikian, seluruh aspek tetap berada dalam kategori sangat layak.

**Tabel 6.** Hasil Penilaian Ahli Materi

No.	Aspek	Skor	Persentase (%)	Kategori
1.	Kesesuaian isi	60	100	Sangat Layak
2.	Kesesuaian konsep	116	97	Sangat Layak
<b>Jumlah</b>		<b>176</b>	<b>98</b>	<b>Sangat Layak</b>

Hasil penilaian ahli materi yang ditampilkan pada Tabel 6 menunjukkan skor total sebesar 176 dengan rata-rata persentase kelayakan sebesar 98%, yang termasuk dalam kategori sangat layak. Dua aspek utama yang dinilai, yaitu kesesuaian isi dan kesesuaian konsep, masing-masing memperoleh persentase 100% dan 97%. Perbedaan ini terjadi karena aspek kesesuaian isi terdiri dari 2 indikator, sedangkan kesesuaian konsep memiliki 4 indikator, sehingga nilai maksimalnya lebih besar dan berdampak pada perhitungan

persentase. Temuan ini menunjukkan bahwa alat peraga telah memenuhi kebutuhan materi pembelajaran karena isinya sesuai dan konsep yang digunakan relevan dengan materi ajar.

Kesimpulannya, berdasarkan evaluasi dari ahli media serta ahli materi, alat peraga ini dikatakan sangat layak dipergunakan pada tahapan pembelajaran. Meskipun demikian, beberapa perbaikan dan penyempurnaan perlu dilakukan agar alat peraga ini dapat diimplementasikan secara optimal dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep listrik arus searah. Detail mengenai saran dan perbaikan yang dilakukan berdasarkan masukan dari sejumlah ahli ditampilkan dalam Tabel 7.

**Tabel 7. Masukan Ahli dan Perbaikannya**

No.	Saran	Perbaikan
1.	Sumber tegangan sebaiknya juga bisa menggunakan baterai	Sumber tegangan yang digunakan bisa menggunakan baterai ataupun adaptor
2.	Tempat penyimpanan alat diberikan engsel agar mudah untuk dibuka	Mendesain tempat penyimpanan alat dengan tambahan engsel
3.	Diberikan keterangan batas ukur dari alat ukur baik voltmeter ataupun amperemeter	Menyertakan keterangan batas ukur pada alat ukur menggunakan stiker
4.	Komponen resistor dicari yang nilai toleransinya kecil	Memilih resistor dengan toleransi kecil agar nilai hambatan lebih mendekati nilai ideal dan hasil pengukuran lebih akurat
5.	Alat ukur voltmeter dan amperemeter sebaiknya menggunakan yang batas maksimumnya kecil, karena resistor yang akan digunakan kecil sehingga hasil pengukuran bisa terbaca	Memilih voltmeter dan amperemeter dengan batas ukur kecil sehingga hasil pengukuran pada resistor kecil tetap dapat terbaca jelas
6.	Diberikan keterangan agar pengguna tidak kebingungan	Memberikan label atau stiker pada setiap komponen
7.	Diberikan saklar pada papan agar memudahkan pemutusan dan penyambungan arus listrik	Mendesain papan rangkaian dengan tambahan saklar
8.	Komponen resistor, lampu bohlam, dan kabel penghubung dikencangkan agar tidak kendur	Mengencangkan sambungan dengan mengelem kaki komponen seperti resistor, lampu bohlam, dan kabel penghubung dengan sangat hati-hati
9.	Percobaan hukum Kirchoff dapat membantu siswa dalam memahami konsep kedua hukum Kirchoff	Menyusun prosedur percobaan hukum Kirchoff dengan mencakup kedua hukum Kirchoff, baik hukum I Kirchoff maupun hukum II Kirchoff
10.	Penjelasan mengenai pembacaan gelang warna pada resistor diperbaiki dengan menggunakan Bahasa Indonesia	Penjelasan mengenai pembacaan gelang warna pada resistor sudah menggunakan Bahasa Indonesia
11.	Penjelasan tentang kode warna resistor direvisi menggunakan Bahasa Indonesia	Penjelasan mengenai pembacaan gelang warna pada resistor diperbaiki dengan menggunakan Bahasa Indonesia

No.	Saran	Perbaikan
12.	Komponen lampu bohlam dibedakan tegangan bohlamnya	Menyediakan lampu bohlam dengan variasi tegangan
13.	Diberikan <i>fuse</i> agar komponen yang digunakan ketika diberi sumber tegangan yang besar tidak langsung terputus	Menambahkan <i>fuse</i> pada papam rangkaian sebagai pengaman

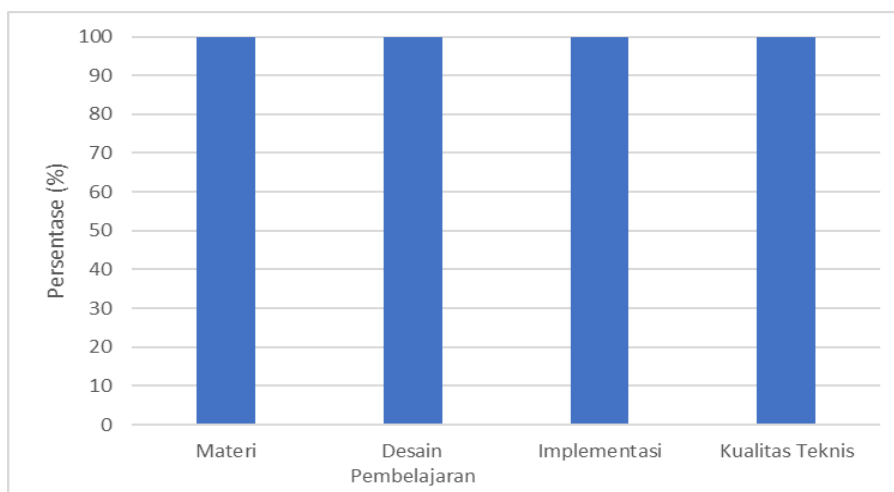
Setelah memperoleh masukan dari para ahli, berikut adalah tampilan alat peraga rangkaian listrik arus searah yang telah disempurnakan sesuai dengan saran para ahli, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Alat Peraga Rangkaian Listrik Arus Searah Setelah Disempurnakan

Tahap berikutnya adalah pengujian alat peraga kepada siswa, yang meliputi uji coba satu-satu dan uji coba kelompok kecil. Uji coba satu-satu melibatkan tiga siswa kelas XII MIPA A SMAN 87 Jakarta dengan kemampuan akademik tinggi dan telah mempelajari konsep listrik arus searah. Uji coba satu-satu bertujuan untuk menilai efektivitas dan kepraktisan alat peraga rangkaian listrik arus searah dalam menunjang pembelajaran. Sebagaimana dinyatakan dalam penelitian (Hartini et al., 2018) menyatakan bahwa keefektifan diukur dengan tes, alat peraga dapat dinyatakan efektif jika dapat mendorong peningkatan hasil belajar murid serta kepraktisan diukur menggunakan angket siswa.

Angket penilaian diberikan terhadap siswa bertujuan dalam mengidentifikasi respons mereka pada alat peraga yang dikembangkan (Gumay et al., 2020). Angket terdiri atas empat aspek penilaian, yaitu materi (*content*), desain pembelajaran (*instructional design*), implementasi (*implementability*), dan kualitas teknis (*technical quality*). Setiap aspek dinilai menggunakan skala penilaian tertentu untuk menentukan kategori kepraktisan. Hasil penilaian angket pada uji coba satu-satu ditampilkan dalam Gambar 7.

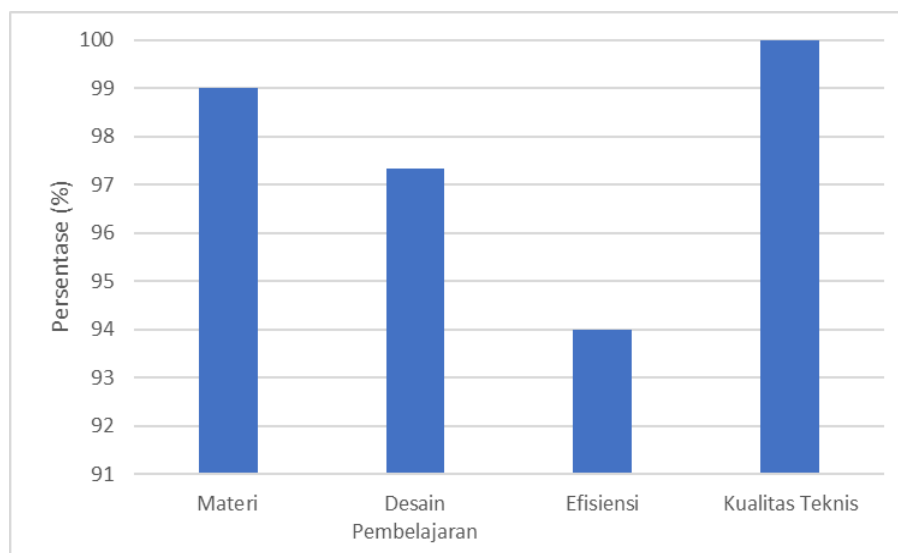


**Gambar 7.** Hasil Penilaian Angket Siswa Uji Coba Satu-Satu

Berdasarkan grafik hasil penilaian angket pada uji coba satu-satu, terlihat bahwa seluruh aspek yang meliputi materi (*content*), desain pembelajaran (*instructional design*), implementasi (*implementability*), dan kualitas teknis (*technical quality*), memperoleh skor 100% yang menunjukkan kategori sangat praktis.

Pada tahap ini, siswa juga menuntaskan *posttest* guna melakukan pengukuran tingkat pemahaman mereka setelah menggunakan alat peraga dalam percobaan. *Posttest* ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas alat peraga dalam meningkatkan pemahaman materi pembelajaran. Soal *posttest* berbentuk pilihan ganda. Hasilnya menunjukkan nilai rata-rata siswa yaitu 87, yang mempunyai nilai paling tinggi 92 serta nilai paling rendah 77. Semua pelajar memperoleh nilai di atas Kriteria Ketuntasan Minimal ( $KKM \geq 75$ ), yang menandakan bahwa alat peraga sangat efektif dalam membantu pemahaman konsep rangkaian listrik arus searah.

Selanjutnya adalah tahap evaluasi kelompok kecil. Tahap ini melibatkan lima siswa kelas XII MIPA B SMAN 87 dengan variasi kemampuan akademik (tinggi, sedang, dan rendah) yang sebelumnya telah mempelajari materi yang relevan. Dalam tahap ini, siswa diberikan tindakan berbentuk demonstrasi penggunaan alat peraga dengan panduan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), lalu mereka kerjakan dengan mandiri. Sebelum percobaan, siswa mengerjakan *pretest* untuk mengukur pemahaman awal mereka terhadap materi. Setelah menggunakan alat peraga dalam percobaan, siswa mengerjakan *posttest* dengan soal yang sama seperti *pretest*, sehingga perubahan pemahaman dapat diukur secara langsung. Selain itu, siswa juga diminta mengisi angket untuk menilai kepraktisan alat peraga yang digunakan. Angket ini terdiri atas empat aspek penilaian, yaitu materi (*content*), desain pembelajaran (*instructional design*), efisiensi, dan kualitas teknis (*technical quality*). Hasil penilaian angket ditampilkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Hasil Penilaian Angket Siswa Uji Coba Evaluasi Kelompok Kecil

Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh aspek memperoleh nilai di atas 90, yang termasuk dalam kategori sangat praktis. Dengan nilai tertinggi, yaitu 100% pada aspek kualitas teknis dan nilai terendah, yaitu 94% pada aspek efisiensi. Berdasarkan penilaian siswa dengan berbagai tingkat kemampuan akademik, alat peraga yang dikembangkan dinilai sangat baik dalam hal materi, desain pembelajaran, efisiensi penggunaan, dan kualitas teknis.

Pada tahap evaluasi kelompok kecil, dilakukan perbandingan antara hasil *pretest* serta *posttest* guna melakukan pengukuran peningkatan pengetahuan siswa setelah menggunakan alat peraga rangkaian listrik arus searah. Tabel 8 menyajikan data nilai *pretest* dan *posttest* yang diperoleh siswa.

**Tabel 8.** Hasil *Pretest* dan *Posttest*

Keterangan	Hasil <i>Pretest</i>	Hasil <i>Posttest</i>
Rerata Nilai	60	74
Nilai Tertinggi	92	100
Nilai Terendah	23	46
Persentase Ketuntasan	60%	74%

Berdasarkan Tabel 12, terlihat adanya peningkatan nilai rata-rata dari 60 pada *pretest* menjadi 74 pada *posttest*. Nilai tertinggi meningkat dari 92 menjadi 100, sementara nilai terendah naik dari 23 menjadi 46. Peningkatan juga terjadi pada persentase ketuntasan, yaitu dari 60% menjadi 74%. Temuan ini mengindikasikan jika alat peraga yang dikembangkan dapat mendorong peningkatan pemahaman siswa, sebagaimana tercermin dari peningkatan hasil belajar setelah pembelajaran berlangsung.

Analisis efektivitas alat peraga yang dikembangkan dilakukan dengan menggunakan perhitungan *normalized gain (n-gain)* (Zainuddin et al., 2021). Metode ini dipergunakan dalam besarnya peningkatan pengetahuan siswa sesudah proses pembelajaran yang menggunakan alat peraga. Tabel 9 menyajikan hasil perhitungan *n-gain*.

**Tabel 9.** Hasil N-Gain

N-Gain	Kategori
0,35	Sedang

Berdasarkan perhitungan, nilai *n-gain* yang diperoleh adalah 0,35, yang menurut interpretasi (Hake, 1998) termasuk dalam kategori sedang. Meskipun belum mencapai kategori tinggi, hasil ini menunjukkan bahwa pemanfaatan alat peraga mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep listrik arus searah dan dapat dinilai cukup efektif dalam mendukung proses pembelajaran. Hal serupa ditemukan dalam penelitian oleh (Al Farizi et al., 2023; Alatas & Fachrunisa, 2018; Zainuddin et al., 2021), yang menunjukkan bahwa meskipun nilai *n-gain* dalam penelitiannya berada pada kategori sedang, media yang dikembangkan tetap dianggap efektif karena mampu memberikan peningkatan hasil belajar yang signifikan antara *pretest* dan *posttest*.

### Evaluasi Sumatif (*Summative Evaluation*)

Pada tahap ini, subjek penelitian terdiri dari satu orang guru fisika di SMA Negeri 87 Jakarta. Evaluasi ini tidak melibatkan siswa karena siswa kelas XII sedang dalam masa persiapan ujian, sehingga tidak memungkinkan untuk melakukan uji coba dengan mereka. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan angket penilaian yang diberikan kepada guru untuk mengetahui persepsi dan tanggapannya terhadap alat peraga yang telah dikembangkan. Angket tersebut mencakup dua aspek utama, yaitu kepraktisan dan efektivitas. Tabel 10 menyajikan hasil angket penilaian guru.

**Tabel 10.** Hasil Angket Penilaian Guru (Evaluasi Sumatif)

No.	Aspek	Skor	Persentase (%)	Kategori
1.	Kepraktisan	16	8	Praktis
2.	Efektivitas	19	95	Sangat Efektif

Berdasarkan hasil angket penilaian, aspek kepraktisan memperoleh skor 16 dari skor maksimum 20, yang setara dengan persentase 80%. Persentase ini mengindikasikan bahwa alat peraga berada dalam kategori praktis. Dengan kata lain, alat yang dikembangkan cukup mudah dimanfaatkan oleh guru dalam proses pembelajaran. Sementara itu, aspek efektivitas mendapatkan skor 19 dari maksimum 20, atau sebesar 95%, yang tergolong dalam kategori sangat efektif. Temuan ini menunjukkan bahwa alat peraga mampu mendukung guru dalam menyampaikan materi dengan lebih jelas dan menarik, serta berpotensi meningkatkan pemahaman siswa pada konsep yang diberikan di kelas. Temuan ini konsisten dengan penelitian (Ahmad et al., 2024), yang menyimpulkan adanya peningkatan pemahaman konsep peserta didik melalui penggunaan alat peraga. Penelitian serupa oleh (Ashar & Suklin, 2021) juga menemukan bahwa pembelajaran lebih efektif apabila menggunakan alat peraga. Hal ini dikarenakan alat peraga mampu mendorong aktivitas psikomotorik, yang pada akhirnya membantu mereka memahami konsep dan teori fisika secara lebih komprehensif.

### SIMPULAN DAN SARAN

Pengembangan alat peraga pada materi rangkaian listrik arus searah menunjukkan bahwa alat peraga ini telah memenuhi kriteria kelayakan, keefektifan, dan kepraktisan dalam mendukung peningkatan keterampilan proses sains siswa. Berdasarkan hasil

validasi ahli media serta materi, alat peraga ini mendapatkan skor persentase masing-masing sebesar 97% dan 98%, dengan rerata 98%, yang tergolong dalam kategori sangat layak. Selain itu, alat peraga dinyatakan efektif digunakan dalam pembelajaran, terbukti dengan peningkatan nilai *posttest* siswa dan hasil penilaian angket evaluasi sumatif dari guru terkait indikator efektivitas. Alat peraga yang sudah dikembangkan dinyatakan praktis dipergunakan pada proses pembelajaran berdasarkan hasil penilaian angket siswa dan guru. Untuk riset selanjutnya, disarankan untuk melakukan uji coba dengan jumlah subjek penelitian yang lebih banyak. Tujuannya agar hasil penelitian yang diperoleh lebih meningkatkan keabsahan temuan. Selain itu, peneliti juga dapat mengamati dampak alat peraga ini dalam situasi pembelajaran yang lebih luas dan bervariasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aditiyas, S. E., & Kuswanto, H. (2024). Analisis Implementasi Keterampilan Proses Sains di Indonesia pada Pembelajaran Fisika: Literatur Review. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 15(2), 153–166. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v15i2.15912>
- Ahmad, L. S., Utami, D., Naryamastri, T. Z., & Anggito, H. (2024). Dampak Pembelajaran Fisika Menggunakan Alat Peraga Venturimeter pada Materi Fluida Dinamis. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Profesi Guru*, 7(1), 222–234. <https://doi.org/10.23887/jippg.v7i1.69230>
- Akker, J. V. D., Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nienke, N. (2006). Design Research From a Technology Perspective. In *Educational Design Research* (pp. 152–154). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203088364-13>
- Al Farizi, T., Alatas, F., & Jannah, N. (2023). Pengembangan Modul berbasis Problem Based Learning untuk Meningkatkan Pengetahuan Metakognitif Peserta Didik pada Materi Suhu dan Kalor. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 14(1), 9–27. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v14i1.12885>
- Alatas, F., & Fachrunisa, Z. (2018). An Effective of Pogil with Virtual Laboratory in Improving Science Process Skills and Attitudes: Simple Harmonic Motion Concept. *Edusains*, 10(2), 327–334. <https://doi.org/10.15408/es.v10i2.10239>
- Alatas, F., & Solehat, D. (2022). Pengembangan Media Audiovisual Praktikum Fisika Dasar Berbasis I-SETS (Islamic-Science, Environment, Tecnology, Society) sebagai Solusi Praktikum saat New Normal. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 13(1), 103–116. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v13i1.11401>
- Anggraini, R. D., Prastowo, T., & Sudibyo, E. (2022). Analysis of Problem Solving Skills in the Vocational High School Using Direct Current Electricity as A Case Study. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 3(3), 301–311. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v3i3.219>
- Anita, Sakti, I., & Kadir, F. (2022). Analisis Pelaksanaan Praktikum Fisika di SMA Negeri Se-Kabupaten Maros. *Silampari Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*, 4(2), 125–136. <https://doi.org/10.31540/sjpif.v4i2.1857>
- Ashar, H., & Suklin, A. (2021). Efektivitas Media Pembelajaran berbasis Alat Peraga Panel Surya Sederhana terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik pada Materi Listrik Searah. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 9(1 SE-Articles), 77–82. <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/PendidikanFisika/article/view/14944>
- Bhakti, Y. B., Astuti, I. A. D., Okyranida, I. Y., Asih, D. A. S., Marhento, G., Leonard, L., & Yusro, A. C. (2020). Integrated STEM Project Based Learning Implementation to Improve Student Science Process Skills. *Journal of Physics: Conference Series*,

- 1464(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1464/1/012016>
- Diani, R., Latifah, S., Jamaluddin, W., Pramesti, A., Susilowati, N. E., & Diansah, I. (2020). Improving Students' Science Process Skills and Critical Thinking Skills in Physics Learning through FERA Learning Model with SAVIR Approach. *Journal of Physics: Conference Series*, 1467(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1467/1/012045>
- Djudin, T., & Grapragasem, S. (2019). The Use of Pictorial Analogy to Increase Students' Achievement and Its Retention of Physics Lessons of Direct Current. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 9(2), 140. <https://doi.org/10.26740/jpfa.v9n2.p140-151>
- Efendi, A., Bakri, F., & Budi, E. (2019). Pengembangan Alat Praktikum Rangkaian Listrik Arus Searah di Kelas XII SMA. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (SNF)*, 44–49.
- Ernawati, I. (2017). Uji Kelayakan Media Pembelajaran Interaktif pada Mata Pelajaran Administrasi Server. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 2(2), 204–210. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v2i2.17315>
- Fahrudin, A. (2019). Development of Physics Summary Book as a Smartphone-Based Application and Its Effect on Elasticity Learning Achievement. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 1(1), 22–33. <https://doi.org/10.37891/kpej.v1i1.36>
- Gumay, O. P. U., Ariani, T., & Putri, G. A. (2020). Development of Physics Modules Based on Inquiry in Business and Energy Subjects. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 3(1), 46–60. <https://doi.org/10.37891/kpej.v3i1.128>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-Engagement versus Traditional Methods. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://pubs.aip.org/aapt/ajp/article-abstract/66/1/64/1055076/Interactive-engagement-versus-traditional-methods>
- Hartanto, T. J., Dinata, P. A. C., Azizah, N., Qadariah, A., & Pratama, A. (2023). Students' Science Process Skills and Understanding on Ohm's Law and Direct Current Circuit Through Virtual Laboratory Based Predict-Observe-Explain Model. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 11(1), 113–128. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v11i1.27477>
- Hartanto, T. J., & Nawir, M. (2018). Studi Tentang Miskonsepsi Siswa Dan Mahasiswa Terhadap Konsep Rangkaian Listrik Arus Searah (Direct Current). *Vidya Karya*, 32(2), 97. <https://doi.org/10.20527/jvk.v32i2.5227>
- Hartini, S., Dewantara, D., & Mahtari, S. (2018). Pengembangan Alat Peraga Fisika Energi melalui Perkuliahan Berbasis Project Based Learning. *Vidya Karya*, 33(1), 42. <https://doi.org/10.20527/jvk.v33i1.5393>
- Hertanti, E., Silvia, R. M., & Al-afifah, J. A. (2025). Study of The Achievement of Physics Learning Outcomes of Students in High Schools in The South Tangerang Region Through the Trial of LKS Based on The Scientific Approach. *JoTaLP: Journal of Teaching and Learning Physics*, 10(1), 60–70. <https://doi.org/10.15575/jotalp.v10i1.44322>
- Suwarna, I. P., & Ilmi, D. (2016). *Pengembangan Instrumen Ujian Komprehensif Mahasiswa melalui Computer Based Test pada Program Studi Pendidikan Fisika*. Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN Syarif Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Kurniawan, D. A., Darmaji, D., Astalini, A., & Muslimatul Husna, S. (2023). Study of Critical Thinking Skills, Science Process Skills and Digital Literacy: Reviewed Based on the Gender. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(4), 1741–1752. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.1644>
- Nofitasari, I., & Sihombing, Y. (2017). Deskripsi Kesulitan Belajar Peserta Didik dan



- Faktor Penyebabnya dalam Memahami Materi Listrik Dinamis Kelas X SMA Negeri 2 Bengkayang. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 7(1), 44. <https://doi.org/10.26740/jpfa.v7n1.p44-53>
- Nooritasari, D. D., Rahmadiyah, M., & Kusairi, S. (2019). The Comparison of Conceptual Understanding Between Secondary School Students and Pre-Service Physics Teacher in Direct Current Electric Circuit. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 15(2), 80–86. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v15i2.17246>
- Patabang, I., Yusuf, I., Allo, A. Y., & Widyaningsih, S. W. (2020). The Application of Problem Based Learning Models with E-Learning during the Covid-19 Pandemic to Students' Science Process Skills of Class. *Kasuari : Physics Education Journal (KPEJ)*, 3(2), 118–127. <https://doi.org/https://doi.org/10.37891/kpej.v3i2.154>
- Rahmawati, Nugroho, & Putra. (2014). Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Numbered Head Together berbasis Eksperimen untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa SMP. *UPEJ (Unnes Physics Education Journal)*, 3(1). <https://doi.org/10.15294/upej.v3i1.3109>
- Rizaldi, D. R., Harwati, K., Fatimah, Z., & Makhrus, M. (2020). Pembuatan KIT Sederhana Rangkaian Listrik Dinamis Sebagai Produk Akhir pada Mata Kuliah Praktikum IPA. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 1(2). <https://doi.org/10.29303/goescienceedu.v1i2.46>
- Saparini, S., Andriani, N., & Pasaribu, A. (2019). Analysis of Science Process Skills for Student in Basic Physics Course. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.37891/kpej.v2i1.60>
- Sholihah, N. A., Sarwanto, & Aminah, N. S. (2020). Analysis of Science Process Skill in High School Students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(3), 42–45. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/3/032081>
- Susdarwati, S., Dimas, A., & Hannum, F. (2021). The Development of Scientific Literacy-Based Physics Learning Module on Direct Current Circuit Material. *Journal of Physics: Conference Series*, 1869(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1869/1/012164>
- Syahminan, S., & Hidayat, C. W. (2021). Development of Digital Engineering Learning with Proteus Software Media and Emulators Department of Informatics Engineering Kanjuruhan University. *Journal of Physics: Conference Series*, 1869(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1869/1/012076>
- Tanti, T., Kurniawan, D. A., Wirman, R. P., Dari, R. W., & Yuhanis, E. (2020). Description of Student Science Process Skills on Temperature and Heat Practicum. *Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan*, 24(1), 88–101. <https://doi.org/10.21831/pep.v24i1.31194>
- Tessmer, M. (1993). *Planing and Conducting Formative Evaluation*. Routledge.
- Triani, E., Darmaji, & Astalini. (2023). Identifikasi Keterampilan Proses Sains dan Kemampuan Berargumentasi. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran IPA Indonesia*, 13(1), 9–16. <https://doi.org/10.23887/jppii.v13i1.56996>
- Yustiandi, & Saepuzaman, D. (2016). Kesulitan Siswa SMA dalam Memahami Materi Rangkaian Listrik Arus Searah. *Prosiding Seminar Pendidikan IPA Pascasarjana UM*, 513–518.
- Zainuddin, Z., Mastuang, M., Misbah, M., Melisa, M., Ramadhani, F. D., Rianti, D., & Rusmawati, I. (2021). The Effectiveness of Fluid Physics Practicum Module Based On Wetland Environment to Train Science Process Skills. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 3(2), 76–84. <https://doi.org/10.37891/kpej.v3i2.145>