

Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Arduino pada Pembelajaran STEM dalam Meningkatkan Literasi Sains dan Digital

Ratika Sekar Ajeng Ananingtyas⁽¹⁾, Ragil Ellang Sakti⁽²⁾, Muhammad Helmi Hakim⁽³⁾, Fatra Nonggala Putra⁽⁴⁾

Universitas Nahdlatul Ulama Blitar
Jalan Masjid No 22 Kota Blitar, Jawa Timur, Indonesia

Email: ¹ratikasekar@gmail.com, ²ragil.ellang.sakti@stmkg.ac.id,
³helimhakim7@gmail.com, ⁴putra.fatra08@gmail.com

Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

Sejarah Artikel

Diterima pada 16 September 2021

Disetujui pada 26 Februari 2022

Dipublikasikan pada 26 Februari 2022

Hal. 178-186

Kata Kunci:

Arduino; STEM; media pembelajaran; literasi sains; literasi digital

DOI:

<http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v7i1.795>

Abstrak: Salah satu prinsip pembelajaran STEM adalah proses inkuiri dimana pemahaman konsep dapat dilakukan melalui kegiatan menggunakan media/alat peraga. Melalui pembelajaran STEM, literasi sains dan digital untuk menghadapi revolusi industri 4.0 dan *society* 5.0 bisa dikembangkan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan media pembelajaran berbasis arduino untuk mendukung pembelajaran STEM dalam meningkatkan literasi sains dan digital. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan yang mengadaptasi desain Dick and Carey. Alat peraga yang dikembangkan adalah PLTB sederhana yang daya luarannya terbaca melalui LCD yang dihubungkan dengan arduino. Dari hasil analisis data kuesioner diperoleh kesimpulan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran STEM untuk meningkatkan literasi sains dan digital yang dibuktikan dari data hasil uji kelayakan dengan diperoleh nilai rata-rata 3,862 yang berarti sangat baik.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang sangat pesat membutuhkan sumber daya manusia yang mampu berjalan beriringan dengan teknologi tersebut. Saat ini masyarakat perlu dipersiapkan untuk menghadapi tantangan dan tuntutan di era revolusi industri 4.0 dan *society* 5.0. Era revolusi industri 4.0 mengarah ke teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *Artificial Intelligence* (AI), sedangkan di era *society* 5.0 masyarakat terintegrasi dengan sistem teknologi dan memproses big data (Fukuyama, 2018; "Industry 4.0 and Society 5.0: Opportunities and Threats," 2020; Pereira, Lima, & Charrua-Santos, 2020).

Kecakapan abad 21 dapat dikembangkan melalui pembelajaran yang mengasah keterampilan melalui kegiatan yang bersifat aplikatif dan kontekstual. Salah satu pembelajaran yang dapat menjawab tantangan tersebut adalah pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematic*) (R. W. Bybee, 2010). Pembelajaran STEM memiliki tujuan agar siswa tertarik pada sains

dan matematika serta mampu memberikan koneksi ke konsep lintas bidang dan aplikasi dunia nyata (Kelley & Knowles, 2016). Pembelajaran STEM memiliki lima prinsip utama, yaitu integrasi konten STEM, pembelajaran berpusat pada masalah, pembelajaran berbasis inkuiri, pembelajaran berbasis desain, dan pembelajaran kooperatif (Thibaut et al., 2018).

Salah satu prinsip pembelajaran STEM adalah pembelajaran berbasis inkuiri yang mengedepankan kegiatan penemuan konsep menggunakan media pembelajaran/alat peraga. Alat peraga yang baik mampu mengilustrasikan fenomena yang terjadi di alam sehingga bisa memberikan pengalaman belajar yang kontekstual serta memiliki tujuan untuk meningkatkan kompetensi pengguna (Rufii, 2015). Selain itu alat peraga juga dapat meningkatkan literasi sains dan digital apabila dibuat mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (Srisawasdi, 2012).

Permendikbud No. 34 tahun 2018 tentang SNP SMK/MAK, pada area kompetensi literasi, siswa dituntut untuk memiliki kemampuan menggunakan matematika dan memiliki pemahaman konsep sains, serta memiliki kemampuan teknologi dalam melaksanakan tugas sesuai keahliannya. Sedangkan tujuan pendidikan nasional tentang kompetensi lulusan SMK/MAK adalah mempertimbangkan pembelajaran dan keterampilan abad 21 (dua puluh satu) seperti berfikir kritis dan mampu menyelesaikan masalah, kreatif, mampu bekerja sama, dan berkomunikasi dan peningkatan kompetensi lulusan melalui literasi bahasa, matematika, sains, teknologi, social, budaya, dan kemampuan dasar lainnya yang dibutuhkan dalam menghadapi tantangan masa depan (RI, 2018). Namun hasil penelitian yang dilakukan oleh PISA pada tahun 2015 menunjukkan bahwa Indonesia mendapatkan skor 403 pada kemampuan sains dan berada pada peringkat ke 62 dari 72 negara yang diteliti. Literasi sains penting dimiliki oleh masyarakat terutama generasi muda agar memiliki pengetahuan terkait teknologi serta mampu membuat keputusan pribadi dan publik.

Siswa SMK sebagai bagian masyarakat dan generasi penerus bangsa diharapkan menguasai teknologi dan mampu bersaing secara global di era revolusi industri 4.0 dan *society* 5.0. Guna mempersiapkannya, pendidikan di Indonesia perlu menekankan pembelajaran yang mendukung pengembangan kompetensi-kompetensi yang dibutuhkan di era tersebut (Nastiti & Abdu, 2020). Sesuai dengan program Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Gerakan Literasi Nasional melingkupi literasi baca-tulis, literasi numerasi, literasi sains, literasi finansial, literasi digital, dan literasi budaya & kewarganegaraan (Effendy, 2017). Kelima literasi yang digerakkan di dunia pendidikan tersebut diharapkan mampu menjawab kebutuhan generasi berkompeten di masa yang akan datang.

Penggunaan arduino memberikan kemudahan dalam hal pengoperasian alat peraga dan pembacaan data, sehingga siswa dapat mengamati fenomena secara *real time*. Berdasarkan informasi tersebut, perlu dilakukan pengembangan alat peraga berbasis arduino untuk mendukung pembelajaran STEM dalam meningkatkan literasi sains dan digital siswa SMK guna mempersiapkan generasi yang berkompeten di era revolusi industri 4.0 dan *society* 5.0.

METODE

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian pengembangan yang mengadaptasi desain Dick & Carey yang secara detail dijabarkan sebagai berikut.

Tahap Analisis Kebutuhan, pada tahap ini dilakukan analisis kurikulum berserta kompetensi inti dan kompetensi dasar untuk menentukan materi yang akan dikembangkan menjadi alat peraga. Selain itu, pengkajian pembelajaran STEM dilakukan sebagai dasar langkah pembelajaran dimana alat peraga akan digunakan di langkah tertentu.

Tahap Desain Produk, hasil dari analisis kebutuhan menentukan desain alat peraga yang akan dikembangkan. Alat peraga yang dikembangkan adalah PLTB sederhana yang menggunakan arduino di bagian output/nilai besaran yang diukur. Alat peraga PLTB sederhana berbasis arduino dikembangkan untuk menunjukkan cara kerja pembangkit listrik tenaga bayu/angin yang mengkonversi energi kinetik ke energi listrik. Terdapat potensiometer yang digunakan untuk bervariasi hambatan listrik agar menghasilkan daya yang juga bervariasi. Voltmeter dipasang untuk mengukur tegangan yang dihasilkan. Sedangkan nilai daya yang dihasilkan oleh kipas 2 ditampilkan di layar LCD, dari nilai tersebut akan dapat dihitung besar energi listrik yang dihasilkan.

Tahap Validasi dan Evaluasi, tahap validasi dilaksanakan dengan mengkonsultasikan alat peraga kepada 2 ahli materi dan 2 ahli media untuk mendapat masukan awal. Kemudian tahap uji kelayakan dilakukan oleh 6 siswa TKR SMKN 1 Kademangan. Alat peraga yang telah dinyatakan layak oleh ahli/pakar selanjutnya diujikan kelayakannya pada 30 siswa TKR SMKN 1 Kademangan sebagai calon pengguna. Pada tahap ini data berupa hasil angket dari validator dan pengguna dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif menggunakan statistik deskriptif.

Tahap Produk Akhir merupakan finalisasi alat peraga setelah direvisi berdasarkan kritik dan saran dari tahap pravalidasi, validasi dan evaluasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data Validasi Ahli

Data hasil validasi ahli diperoleh dari dosen fisika Universitas Nahdlatul Ulama Blitar, guru SMKN Kademangan, dan ahli elektronika. Data kuantitatif diperoleh dari angket menggunakan skala Likert. Data kuantitatif dianalisis dengan menghitung nilai rata-rata tiap aspek dengan kriteria yang telah ditetapkan. Hasil analisis data uji validasi disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Dari hasil analisis uji validasi ahli materi dan media diperoleh kesimpulan bahwa alat peraga sangat baik dengan nilai rata-rata 4.016.

Tabel 1. Nilai rata-rata hasil validasi ahli materi dan media masing-masing aspek
Kelayakan Isi

No	Aspek yang dinilai	Validator		Rata-rata	Kriteria
		V1	V2		
1	Kesesuaian materi dengan KI dan KD	3,667	4,000	3,833	Sangat Baik
2	Keakuratan materi	3,333	3,667	3,500	Baik
3	Pendukung materi pembelajaran	3,667	3,833	3,752	Sangat baik

4	Kemutakhiran materi	4,500	5,000	4,750	Sangat baik
	Nilai rata-rata total	3,792	4,125	3,959	Sangat baik

Kelayakan Penyajian

No	Aspek yang dinilai	Validator		Rata-rata	Kriteria
		V1	V2		
1	Teknik penyajian	3,500	4,000	3,750	Sangat baik
2	Pendukung penyajian	3,500	4,000	3,750	Sangat baik
3	Penyajian pembelajaran	5,000	4,000	4,500	Sangat baik
4	Kelengkapan penyajian	3,500	4,000	3,750	Sangat baik
	Nilai rata-rata total	3,875	4,000	3,937	Sangat baik

Penilaian Bahasa

No	Aspek yang dinilai	Validator		Rata-rata	Kriteria
		V1	V2		
1	Lugas	3,667	3,333	3,500	Baik
2	Komunikatif	3,500	3,500	3,500	Baik
3	Dialogis dan interaktif	3,500	4,000	3,750	Sangat baik
4	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan siswa	4,000	4,000	4,000	Sangat baik
5	Keruntutan dan keterpaduan alur pikir	4,000	3,500	3,750	Sangat baik
6	Penggunaan istilah dan simbol	4,500	4,000	4,250	Sangat baik
	Nilai rata-rata total	3,861	3,722	3,792	Sangat baik

Penilaian STEM dan GLN

No	Aspek yang dinilai	Validator		Rata-rata	Kriteria
		V1	V2		
1	Karakteristik STEM	4,000	4,500	4,250	Sangat baik
2	Karakteristik GLN	4,500	4,200	4,350	Sangat baik
	Nilai rata-rata total	4,250	4,350	4,300	Sangat baik

Kelayakan Tampilan

No	Aspek yang dinilai	Validator		Rata-rata	Kriteria
		V3	V4		
1	Tampilan umum	4,400	4,200	4,300	Sangat baik
2	Tampilan khusus	3,750	4,000	3,875	Sangat baik
3	Penyajian Media	4,400	3,800	4,100	Sangat baik
	Nilai rata-rata total	4,183	4,000	4,092	Sangat baik

Ket: V1 = Dosen Fisika; V2= Guru SMK; V3 = Ahli Media; V4 = Ahli Media

Tabel 2. Nilai rata-rata hasil validasi ahli materi dan media

No	Aspek yang dinilai	Validator				Rata-rata	Kriteria
		V1	V2	V3	V4		
1	Kelayakan isi	3,792	4,125	-	-	3,959	Sangat baik
2	Kelayakan penyajian	3,875	4,000	-	-	3,937	Sangat baik
3	Penilaian bahasa	3,861	3,722	-	-	3,792	Sangat baik
4	Penilaian STEM dan GLN	4,250	4,350	-	-	4,300	Sangat baik
5	Kelayakan tampilan	-	-	4,183	4,000	4,092	Sangat baik
	Nilai rata-rata total	4,109	3,871	4,183	4,000	4,016	Sangat baik

Analisis Data Hasil Uji Kelayakan

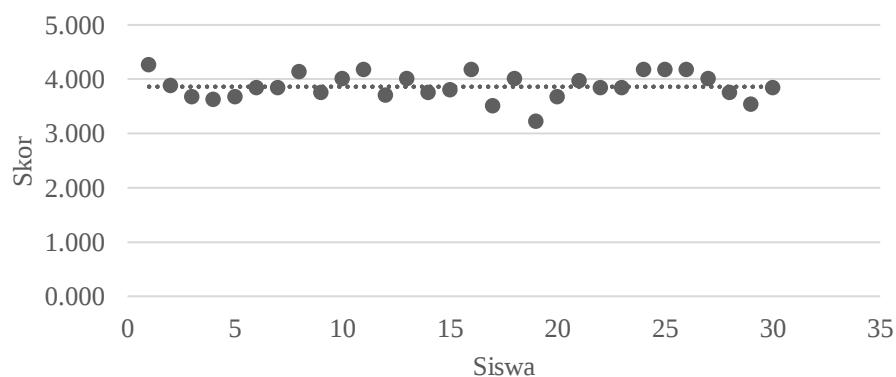
Data hasil uji kelayakan diperoleh dari siswa SMKN 1 Kademangan yang dilakukan dua kali yaitu uji kelompok kecil (6 siswa) dan uji kelompok besar (30 siswa). Data yang diperoleh merupakan data kuantitatif dan kualitatif. Data

kuantitatif diperoleh dari angket menggunakan skala Likert, sedangkan data kuantitatif berupa saran, kritik, dan komentar dari siswa. Data kuantitatif dianalisis dengan menghitung nilai rata-rata tiap aspek. Hasil analisis data pada uji kelompok kecil disajikan pada Tabel 3.

Tabel 7. Nilai rata-rata uji kelayakan pada kelompok kecil

No	Aspek yang dinilai	Siswa						Rata-rata	Kriteria
		A	B	C	D	E	F		
1	<i>Learnability</i>	4,100	3,800	4,200	3,800	4,100	4,000	4,000	Sangat baik
2	<i>Flexibility</i>	4,500	4,000	3,500	4,000	4,500	3,500	4,000	Sangat baik
3	<i>Effectiveness</i>	3,800	4,000	4,000	3,800	4,000	4,500	4,017	Sangat baik
4	<i>Attitude</i>	4,333	4,000	4,667	4,000	4,333	4,333	4,278	
	Nilai rata-rata total	4,183	3,950	4,092	3,900	4,233	4,083	4,074	Sangat baik

Dari hasil analisis data uji kelayakan kelompok kecil, diperoleh nilai rata-rata keempat aspek adalah 4,074 yang berarti sangat baik. Sedangkan dari hasil analisis data uji kelayakan kelompok besar, diperoleh nilai rata-rata 3,862 yang berarti sangat baik, hal ini secara rinci ditunjukkan pada Gambar 7. Pada Gambar 7 terdapat 8 siswa yang menganggap alat peraga memiliki kriteria baik dan 22 siswa menganggap alat peraga memiliki kriteria sangat baik. Dari analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa alat peraga berupa PLTB sederhana berbasis arduino pada pembelajaran STEM dianggap sangat layak digunakan terutama untuk meningkatkan literasi sains dan digital siswa SMK.



Gambar 1. Grafik nilai rata-rata uji kelayakan kelompok besar

Pembahasan

Karakteristik alat peraga berupa PLTB sederhana berbasis arduino yang dikembangkan dilihat dari beberapa aspek, yaitu aspek kelayakan isi, aspek penyajian, penilaian bahasa, penilaian STEM dan GLN, serta aspek tampilan. Selain itu, kelayakan produk juga dilihat dari aspek *learnability*, *flexibility*, *effectiveness*, *attitude*. Masing-masing aspek secara detail dijabarkan sebagai berikut.

- Aspek Kelayakan Isi

Pada aspek kelayakan isi, indikator kelayakan alat peraga adalah kesesuaian materi dengan Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar; keakuratan materi; pendukung materi pembelajaran; dan kemutakhiran materi. Secara umum nilai uji validasi kelayakan isi adalah 3,959 dimana memiliki kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan kompetensi yang diharapkan dapat dimiliki siswa ketika belajar menggunakan alat peraga ini. Alat peraga sebagai salah satu media pembelajaran seharusnya sejalan dengan tujuan pembelajaran yang diturunkan dari kompetensi inti dan dasar yang ditetapkan (Labibah et al, 2019).

- Aspek Penyajian

Pada aspek kelayakan penyajian, indikator kelayakan alat peraga adalah teknik penyajian; pendukung penyajian; penyajian pembelajaran; dan kelengkapan penyajian. Secara umum nilai uji validasi kelayakan penyajian adalah 3,937 dimana memiliki kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa alat peraga disajikan dengan baik yang ditunjukkan dengan adanya variasi besaran yang diukur dan dihitung dan dilengkapi dengan buku petunjuk penggunaan alat peraga. Salah satu kegunaan alat peraga sebagai media pembelajaran adalah mampu memberikan pengalaman belajar yang kontekstual sesuai dengan kehidupan nyata (Tafakur et al, 2020).

- Penilaian Bahasa

Pada aspek penilaian bahasa, indikator kelayakan alat peraga ditunjukkan melalui buku petunjuk sebagai pedoman penggunaan alat peraga. Indikator yang dinilai adalah komunikatif; dialogis dan interaktif; kesesuaian dengan tingkat perkembangan siswa; dan keruntutan penulisan. Dari hasil uji validasi, nilai kelayakan pada aspek bahasa adalah 3,792 yang memiliki kriteria sangat baik. Bahasa sebagai sarana berkomunikasi memiliki peran penting khususnya dalam penyampaian materi (Ley et al, 2019), maka buku petunjuk sebagai pelengkap alat peraga dikembangkan dengan karakter komunikatif dan interaktif.

- Penilaian STEM dan GLN

Pada aspek penilaian STEM dan GLN, alat peraga diuji kelayakannya dalam mengembangkan pembelajaran STEM dan meningkatkan literasi sains dan digital. Dari hasil uji validasi, nilai aspek STEM dan GLN adalah 4,300 yang memiliki kriteria sangat baik. Nilai hasil uji validasi pada aspek ini adalah yang tertinggi dibanding dengan aspek lain karena fokus pengembangan produk adalah mengaitkan STEM dengan literasi sains dan digital. Hal ini perlu dilakukan karena pada abad 21 kecakapan dalam mengintegrasikan ilmu STEM sangat dibutuhkan (R. Bybee, 2010), sehingga perlu pengenalan sejak dini (The United States Department of Education, 2016).

- Aspek Tampilan

Pada aspek tampilan, indikator yang dinilai adalah tampilan umum meliputi desain yang menarik dan sesuai konsep; tampilan khusus meliputi kekhususan STEM dan GLN; dan penyajian media meliputi portabilitas dan kinerja perangkat keras dan lunak. Dari hasil uji validasi, diperoleh nilai 4,092 yang memiliki kriteria sangat baik. Alat peraga yang dikembangkan dibuat menarik dan fleksibel agar pengguna dapat memanfaatkannya dengan baik. Alat peraga sebagai media pembelajaran yang menarik dapat memotivasi siswa untuk belajar dengan lebih baik (Dharmayana et al, 2012).

- Aspek *Learnability*

Dari segi pengguna, aspek *learnability* menghubungkan kesesuaian materi dengan alat peraga yang dikembangkan. Nilai aspek ini dari uji kelompok kecil adalah 4,000 yang berarti sangat baik. Pengguna merasa bahwa alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan materi dan kontekstual/sesuai dengan kehidupan nyata. Media pembelajaran yang kontekstual memudahkan siswa untuk memahami materi karena visualisasi yang lebih nyata (Kuswandari, Sunarno, & Supurkowo, 2013).

- *Aspek Flexibility*
Dari segi pengguna, aspek *flexibility* menghubungkan fleksibilitas alat peraga dalam penggunaan. Nilai aspek ini dari uji kelompok kecil adalah 4,000 yang berarti sangat baik. Alat peraga yang dikembangkan dibuat fleksibel yaitu berukuran kecil dan mudah dibawa/dipindahkan serta besaran-besaran yang diukur dapat divariasi.
- *Aspek Effectiveness*
Dari segi pengguna, aspek *effectiveness* menghubungkan kebermanfaatan alat peraga dalam pembelajaran. Nilai aspek ini dari uji kelompok kecil adalah 4,017 yang berarti sangat baik. Pengguna merasa bahwa alat peraga yang dikembangkan dapat membantu dalam memahami konsep konversi energi khususnya energi baru terbarukan dengan lebih baik. Selain itu, hasil pengukuran dan perhitungan besaran yang ditunjukkan di alat peraga memberikan angka yang tidak terlalu jauh dari alat ukur yang sudah paten.
- *Aspek Attitude*
Dari segi pengguna, aspek *attitude* menghubungkan ketertarikan penggunaan alat peraga dalam pembelajaran. Nilai aspek ini dari uji kelompok kecil adalah 4,278 yang berarti sangat baik. Alat peraga dikembangkan dengan tujuan meningkatkan ketertarikan dalam materi energi baru terbarukan dibarengi dengan meningkatkan literasi sains dan digital melalui pembelajaran. Dari aspek literasi sains, siswa dapat lebih memahami proses konversi energi dengan bantuan teknologi berupa generator lalu dari aspek digital siswa dikenalkan dengan penggunaan arduino yang menunjukkan otomasi dan digitalisasi pengolahan data. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan STEM dan GLN yang memotivasi siswa untuk meningkatkan kecakapan di abad 21 dalam rangka revolusi industri 4.0 dan *society* 5.0 (Stoet & Geary, 2018).

Setiap produk penelitian yang dikembangkan pasti memiliki kelebihan dan kekurangan, sehingga diperlukan pengembangan-pengembangan diikuti perbaikan secara berkelanjutan mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan kurikulum serta relevansi dengan kehidupan di sekitarnya (Bahaudin, Festiyed, Djamas, & Putri, 2019). Alat peraga berupa PLTB sederhana berbasis arduino pada pembelajaran STEM dikembangkan dengan tujuan sebagai media dalam pembelajaran yang sering dilakukan di SMK, salah satunya STEM (Furi, Handayani², & Maharani, 2018).

Kelebihan dari alat peraga berupa PLTB sederhana berbasis arduino pada pembelajaran STEM adalah (a) menggunakan model pembelajaran yang dapat mengasah kemampuan di multidisiplin ilmu, yaitu *science, technology, engineering, dan mathematics* (Webb, 2010), (b) memandu siswa untuk meningkatkan kompetensi yang dibutuhkan di abad 21, seperti berpikir kritis, mampu menyelesaikan masalah, kreatif, mampu bekerja sama, dan berkomunikasi (Constan & Spicer, 2015), (c) memandu siswa untuk meningkatkan kompetensi siswa melalui literasi bahasa, matematika, sains, dan teknologi untuk menghadapi tantangan masa depan (Constan & Spicer, 2015), (d) mengusung materi energi terbarukan sebagai tambahan wawasan siswa mengenai solusi alternatif pemenuhan kebutuhan energi menggunakan sumber energi baru terbarukan (Kandpal & Broman, 2014).

Kekurangan dari alat peraga berupa PLTB sederhana berbasis arduino pada pembelajaran STEM adalah (a) belum dilakukan uji coba lapangan untuk mengetahui efektivitas alat peraga dalam pembelajaran STEM dan (b) keterbatasan sumber daya arduino yang harus diisi ulang dalam beberapa jam.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pengembangan, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran berupa PLTB sederhana berbasis arduino layak digunakan dalam pembelajaran STEM untuk meningkatkan literasi sains dan digital yang dibuktikan

dari data hasil uji kelayakan dengan diperoleh nilai rata-rata 3,862 yang berarti sangat baik.

SARAN

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah dengan melakukan uji kelayakan pada pengguna lain agar alat peraga yang dikembangkan lebih reliabel, selain itu di penelitian selanjutnya dapat ditambahkan variasi voltase generator yang digunakan untuk menambah variabel yang dapat diukur dan dihitung

DAFTAR RUJUKAN

- Bahaudin, A., et al. (2019). Validity of physics learning module based on multirepresentation to improve the problem solving ability. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1185/1/012063>
- Bybee, R. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Constan, Z., & Spicer, J. J. (2015). Maximizing future potential in physics and STEM: Evaluating a summer program through a partnership between science outreach and education research. *Journal of Higher Education Outreach and Engagement*, 19(2), 117–136.
- Dharmayana, I., Masrun, -, Kumara, A., & Wirawan, Y. (2012). Keterlibatan Siswa (Student Engagement) Sebagai Mediator Kompetensi Emosi Dan Prestasi Akademik. *Jurnal Psikologi UGM*.
- Effendy, M. (2017). Gerakan Literasi Nasional. *Literasi Digital Gerakan Literasi Nasional*.
- Fukuyama, M. (2018). Society 5.0: Aiming for a New Human-centered Society. *Japan SPOTLIGHT*.
- Furi, L. M. I., Handayani², S., & Maharani, S. (2018). Eksperimen Model Pembelajaran Project Based Learning Dan Project Based Learning Terintegrasi Stem Untuk Meningkatkan. *Jurnal Penelitian Pendidikan*.
- Industry 4.0 and Society 5.0: Opportunities and Threats. (2020). *International Journal of Recent Technology and Engineering*. <https://doi.org/10.35940/ijrte.d8764.018520>
- Kandpal, T. C., & Broman, L. (2014). Renewable energy education: A global status review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.039>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kuswandari, M., Sunarno, W., & Supurkowo. (2013). Pengembangan Bahan Ajar Fisika SMA dengan Pendekatan Kontekstual pada Materi Pengukuran Besaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika*.
- Labibah, U. N., et al. (2019). Android-Based Physics Learning Media Integrated Landslide Disaster. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v0i0.4695>
- Ley, T., et al. (2019). Improving communication for learning with students: expectations, feedback and feedforward. *MedEdPublish*. <https://doi.org/10.15694/mep.2019.000014.1>
- Nastiti, F., & Abdu, A. (2020). Kajian: Kesiapan Pendidikan Indonesia Menghadapi Era Society 5.0. *Edcomtech Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*. <https://doi.org/10.17977/um039v5i12020p061>

- Pereira, A. G., Lima, T. M., & Charrua-Santos, F. (2020). Society 5.0 as a result of the technological evolution: Historical approach. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25629-6_109
- RI, M. P. dan K. (2018). Lampiran permendikbud Nomor 34 Tahun 2018. *Permendikbud No 34 Tahun 2018*.
- Rufii, R. (2015). Developing Module on Constructivist Learning Strategies to Promote Students' Independence and Performance. *International Journal of Education*. <https://doi.org/10.5296/ije.v7i1.6675>
- Srisawasdi, N. (2012). The Role of TPACK in Physics Classroom: Case Studies of Preservice Physics Teachers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.043>
- Stoet, G., & Geary, D. C. (2018). The Gender-Equality Paradox in Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education. *Psychological Science*. <https://doi.org/10.1177/0956797617741719>
- Tafakur, Sukaswanto, Solikin, M., & Wardani, F. R. (2020). The development of training kit for basic electronic control on automotive field. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1700/1/012069>
- The United States Department of Education. (2016). Stem 2026 A Vision for Innovation in Stem Education. *U.S. Department of Education Office of Innovation and Improvement*.
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., ... Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Webb, D. C. (2010). Troubleshooting assessment: An authentic problem solving activity for it education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 9, 903–907. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.256>