

Pengukuran Intensitas Cahaya Menggunakan *Luxmeter*, *Arduino Uno*, dan Aplikasi *Phyphox*

Sri Fitri Solihah*, Neneng Windayani, Ateng Supriyatna

Pascasarjana Tadris IPA, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung, Indonesia

*Corresponding Author: fitrisri373@gmail.com

Dikirim: 07-07-2026; Direvisi: 14-08-2026; Diterima: 18-08-2026

Abstrak Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen komparatif. Penelitian dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran intensitas cahaya menggunakan tiga instrumen yang berbeda, yaitu luxmeter sebagai instrument standar, *Arduino Uno* yang dilengkapi sensor LDR (*Light Dependent Resistor*), dan aplikasi *Phyphox* berbasis smartphone. Pengukuran dilakukan di dalam ruangan yang terkendali dengan menggunakan sumber cahaya LED berdaya 5 W, 7 W, dan 12 W pada jarak tetap 30 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi *Phyphox* menghasilkan nilai intensitas cahaya tertinggi, diikuti oleh *Arduino Uno*, sedangkan luxmeter menghasilkan nilai pengukuran yang lebih rendah. Tingkat akurasi instrumen alternatif dibandingkan dengan luxmeter dievaluasi menggunakan analisis korelasi Pearson dan perhitungan rata-rata galat relatif (persentase kesalahan). Hasil analisis menunjukkan bahwa korelasi antara *Phyphox* dan luxmeter tergolong rendah, sedangkan korelasi antara *Arduino Uno* dan luxmeter sangat lemah. Namun, korelasi antara *Phyphox* dan *Arduino Uno* tergolong sangat kuat, meskipun masih menunjukkan nilai rata-rata kesalahan yang cukup tinggi. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa *Phyphox* dan *Arduino Uno* berpotensi digunakan sebagai alternatif pengganti luxmeter dalam pengukuran intensitas cahaya. Akan tetapi, tingkat akurasi dan presisinya masih perlu ditingkatkan agar hasil pengukuran lebih mendekati instrumen standar. Penelitian ini juga menegaskan pentingnya pemilihan instrumen pengukuran yang sesuai dengan tujuan eksperimen serta mempertimbangkan aspek kepraktisan dalam pelaksanaan kegiatan praktikum.

Kata Kunci: *Arduino Uno*; Intensitas Cahaya; *Luxmeter*; *Phyphox*; Sensor LDR.

Abstract This study uses a quantitative approach with a comparative experimental design. The study was conducted to compare the results of light intensity measurements using three different instruments, namely the luxmeter as a standard instrument, the *Arduino Uno* equipped with an LDR (*Light Dependent Resistor*) sensor, and the smartphone-based *Phyphox* application. Measurements were made in a controlled room using LED light sources with a power of 5 W, 7 W and 12 W at a fixed distance of 30 cm. The results showed that the *Phyphox* application produced the highest light intensity value, followed by *Arduino Uno*, while the luxmeter produced the lower measurement value. The accuracy rate of alternative instruments compared to luxmeters was evaluated using Pearson correlation analysis and the calculation of the average relative error (percentage of error). The results of the analysis showed that the correlation between *Phyphox* and luxmeter was relatively low, while the correlation between *Arduino Uno* and luxmeter was very weak. However, the correlation between *Phyphox* and *Arduino Uno* is very strong, although it still shows a fairly high average error value. The findings of this study show that *Phyphox* and *Arduino Uno* have the potential to be used as an alternative to luxmeters in light intensity measurement. However, the level of accuracy and precision still needs to be improved so that the measurement results are closer to standard instruments. This study also emphasizes the importance of selecting measurement instruments that are in accordance with the purpose of

the experiment and considering practical aspects in the implementation of practicum activities.

Keywords: Arduino Uno; Light Intensity; Luxmeter; Phypox; Sensor LDR.

PENDAHULUAN

Pengukuran intensitas cahaya merupakan salah satu kegiatan penting dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi optik dan gelombang, karena berkaitan dengan pemahaman konsep cahaya serta penerapannya dalam berbagai kegiatan eksperimen. Kegiatan pengukuran dalam pembelajaran fisika berperan penting dalam melatih keterampilan proses sains peserta didik melalui aktivitas pengamatan, pengumpulan data, analisis dan penarikan kesimpulan berdasarkan bukti empiris. Oleh karena itu, diperlukan instrumen pengukuran yang memiliki tingkat akurasi dan reliabilitas yang baik agar data eksperimen yang diperoleh dapat digunakan untuk menjelaskan hubungan antara intensitas Cahaya dengan variabel yang memengaruhinya. Luxmeter merupakan salah satu instrumen standar yang banyak digunakan untuk mengukur Tingkat iluminasi cahaya karena telah memiliki sistem sensor fotometrik yang dikalibrasi sesuai satuan lux. Namun, penggunaan luxmeter dalam kegiatan praktikum disekolah masih menghadapi beberapa kendala seperti harga perangkat yang relatif tinggi dan keterbatasan jumlah alat yang tersedia sehingga diperlukan alternatif instrumen yang lebih ekonomis dan mudah diakses. Pengembangan sensor cahaya berbasis teknologi sederhana seperti *Light Dependent Resistor* (LDR) yang terintegrasi dengan mikrokontroler menjadi salah satu alternatif yang dapat diterapkan dalam eksperimen optik karena memiliki biaya rendah dan mudah dikembangkan untuk kegiatan pembelajaran (Marinho et al., 2019). Selain itu, pemanfaatan teknologi digital berbasis smartphone juga mulai banyak digunakan dalam pembelajaran fisika karena mampu menyediakan media eksperimen yang praktis dan mendukung keterlibatan peserta didik dalam kegiatan pengukuran (Klein et al., 2023).

Perkembangan teknologi digital membuka peluang pemanfaatan perangkat yang lebih mudah diakses sebagai alternatif instrumen pengukuran dalam pembelajaran fisika. Mikrokontroler Arduino yang dipadukan dengan sensor cahaya telah banyak digunakan dalam pengembangan alat ukur sederhana karena memiliki biaya yang relatif rendah. Penggunaan Arduino dalam sistem pengukuran berbasis sensor memungkinkan peserta didik memahami proses akuisisi data, karakteristik sensor dan penerapan konsep fisika dalam teknologi secara langsung (Wang et al., 2026). Selain itu, aplikasi berbasis telepon pintar seperti Phypox menawarkan kemudahan pengukuran melalui pemanfaatan sensor bawaan perangkat sehingga berpotensi menjadi media praktikum yang praktis, ekonomis dan mendukung pembelajaran fisika berbasis eksperimen (Staacks et al., 2018). Pemanfaatan kedua teknologi tersebut sejalan dengan tuntutan pembelajaran fisika abad ke-21 yang mendorong integrasi teknologi digital, pengembangan literasi digital dan keterampilan analisis data dalam kegiatan eksperimen (Monteiro & Martí, 2022).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sistem pengukuran berbasis Arduino mampu menghasilkan tingkat akurasi yang cukup baik untuk berbagai aplikasi pendidikan dan penelitian (Manik et al., 2020; Pebralia et al., 2024). Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengembangan perangkat



atau pengujian satu jenis instrumen secara terpisah. Kajian yang membandingkan secara langsung hasil pengukuran antara luxmeter komersial, Arduino berbasis sensor LDR, dan aplikasi Phyphox dalam kondisi pengukuran yang sama masih relatif terbatas, khususnya dalam konteks pembelajaran fisika di sekolah.

Perbandingan tersebut penting dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian hasil pengukuran dari masing-masing instrumen sehingga dapat menjadi dasar dalam memilih alat yang sesuai dengan kebutuhan praktikum. Selain aspek akurasi, kemudahan penggunaan, biaya, dan aksesibilitas juga menjadi pertimbangan penting dalam pemanfaatan teknologi sebagai media eksperimen di lingkungan pendidikan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan membandingkan hasil pengukuran intensitas cahaya menggunakan luxmeter, Arduino Uno yang dilengkapi sensor LDR, dan aplikasi Phyphox. Perbandingan dilakukan melalui analisis nilai pengukuran, korelasi antar instrumen, dan tingkat kesalahan relatif untuk mengevaluasi potensi Arduino dan Phyphox sebagai alternatif instrumen pengukuran intensitas cahaya dalam pembelajaran fisika.

KAJIAN TEORI

Intensitas cahaya merupakan besaran fotometrik yang menyatakan banyaknya cahaya yang diterima oleh suatu permukaan dalam satuan lux (lx). Pengukuran intensitas cahaya memiliki peran penting dalam pembelajaran fisika karena berkaitan dengan konsep optik, karakteristik sumber cahaya, serta respons sensor terhadap radiasi elektromagnetik pada daerah cahaya tampak. Dalam kegiatan praktikum, pengukuran yang akurat diperlukan agar peserta didik dapat melakukan analisis data secara tepat dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti empiris. Oleh karena itu, pemilihan instrumen pengukuran yang sesuai menjadi faktor penting dalam mendukung keterlaksanaan pembelajaran berbasis eksperimen (Serway & Jewett, 2023).

Luxmeter merupakan instrumen standar yang banyak digunakan untuk mengukur intensitas cahaya karena memiliki tingkat akurasi dan kestabilan pengukuran yang tinggi. Instrumen ini bekerja dengan memanfaatkan sensor fotodiode atau fotosel yang mengubah energi cahaya menjadi sinyal listrik, kemudian dikonversi menjadi nilai intensitas cahaya dalam satuan lux. Meskipun demikian, penggunaan luxmeter di lingkungan sekolah masih menghadapi beberapa kendala, seperti harga perangkat yang relatif tinggi, jumlah alat yang terbatas, serta kurangnya fleksibilitas dalam pelaksanaan praktikum, terutama pada sekolah yang memiliki keterbatasan sarana laboratorium (Cengel & Cimbala, 2022).

Perkembangan teknologi mikrokontroler memberikan alternatif baru dalam pengembangan instrumen pengukuran yang lebih ekonomis dan mudah diimplementasikan. Salah satu platform yang banyak dimanfaatkan adalah Arduino Uno, yaitu papan mikrokontroler berbasis ATmega328P yang bersifat terbuka (open source) sehingga memungkinkan pengguna mengembangkan berbagai perangkat eksperimen sesuai kebutuhan. Dalam pengukuran intensitas cahaya, Arduino umumnya dipadukan dengan sensor Light Dependent Resistor (LDR) yang bekerja berdasarkan perubahan nilai hambatan akibat perubahan intensitas cahaya yang diterima. Semakin besar intensitas cahaya, semakin kecil hambatan listrik pada sensor sehingga perubahan tersebut dapat dikonversi menjadi data digital yang dapat dianalisis lebih lanjut (Manik et al., 2020; Pebralia et al., 2024).



Selain perangkat berbasis mikrokontroler, perkembangan teknologi telepon pintar juga membuka peluang pemanfaatan sensor bawaan sebagai alat eksperimen melalui aplikasi Phyphox (Physical Phone Experiments). Aplikasi ini dikembangkan untuk memanfaatkan berbagai sensor yang tersedia pada telepon pintar, termasuk sensor cahaya, sehingga mampu digunakan sebagai media praktikum fisika yang mudah diakses, praktis, dan berbiaya rendah. Beberapa penelitian melaporkan bahwa Phyphox mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam kegiatan eksperimen karena proses pengukuran dapat dilakukan secara langsung menggunakan perangkat yang telah dimiliki peserta didik. Penggunaan aplikasi ini juga mendukung pembelajaran berbasis inkuiri dan meningkatkan literasi digital dalam pembelajaran sains (Staacks *et al.*, 2023).

Meskipun berbagai penelitian telah mengembangkan instrumen pengukuran berbasis Arduino maupun memanfaatkan aplikasi Phyphox dalam pembelajaran fisika, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek pengembangan perangkat atau implementasi masing-masing instrumen secara terpisah. Penelitian yang secara langsung membandingkan kinerja luxmeter komersial, Arduino Uno dengan sensor LDR, dan aplikasi Phyphox melalui analisis hubungan antarhasil pengukuran menggunakan uji korelasi dan persentase kesalahan relatif masih relatif terbatas. Padahal, informasi tersebut penting untuk menentukan tingkat kesesuaian masing-masing instrumen sebagai alternatif alat praktikum di sekolah.

Berdasarkan kajian tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan dengan melakukan analisis komparatif terhadap tiga instrumen pengukuran intensitas cahaya dalam kondisi eksperimen yang sama. Perbandingan dilakukan tidak hanya berdasarkan nilai hasil pengukuran, tetapi juga melalui analisis korelasi Pearson dan persentase kesalahan relatif untuk mengevaluasi tingkat akurasi dan konsistensi masing-masing instrumen. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi mengenai pemanfaatan Arduino Uno dan Phyphox sebagai alternatif luxmeter yang lebih ekonomis, mudah diakses, dan relevan untuk mendukung kegiatan praktikum fisika di sekolah.

METODE PENELITIAN

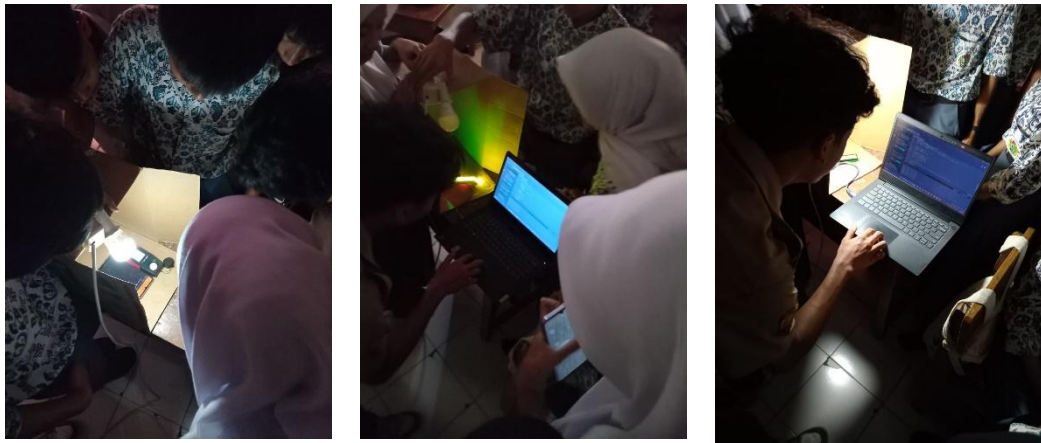
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen komparatif untuk membandingkan hasil pengukuran intensitas cahaya menggunakan tiga instrumen yang berbeda, yaitu luxmeter, Arduino Uno yang dilengkapi sensor Light Dependent Resistor (LDR), dan aplikasi Phyphox pada telepon pintar. Penelitian dilaksanakan di dalam ruangan dengan kondisi pencahayaan yang dikendalikan menggunakan tiga variasi sumber cahaya LED berdaya 5 W, 7 W, dan 12 W. Setiap sumber cahaya ditempatkan pada jarak tetap 30 cm dari instrumen pengukuran untuk memastikan seluruh alat memperoleh kondisi pengukuran yang sama.

Instrumen penelitian terdiri atas luxmeter digital sebagai instrumen pembanding, Arduino Uno yang dihubungkan dengan sensor LDR sebagai instrumen alternatif berbasis mikrokontroler, serta telepon pintar Android yang telah terpasang aplikasi Phyphox sebagai instrumen alternatif berbasis sensor internal perangkat. Sebelum pengambilan data, seluruh instrumen diperiksa untuk memastikan berfungsi dengan baik sehingga hasil pengukuran diperoleh dalam kondisi yang optimal.



Prosedur penelitian diawali dengan melakukan pengukuran intensitas cahaya menggunakan luxmeter pada masing-masing variasi sumber cahaya. Selanjutnya, pengukuran dilakukan menggunakan Arduino Uno dengan sensor LDR yang telah diprogram untuk membaca perubahan resistansi sensor akibat perubahan intensitas cahaya dan mengonversinya menjadi data digital. Pengukuran berikutnya dilakukan menggunakan aplikasi Phyphox yang memanfaatkan sensor cahaya bawaan telepon pintar untuk memperoleh nilai intensitas cahaya. Seluruh pengukuran dilakukan pada posisi dan jarak yang sama untuk meminimalkan pengaruh faktor luar terhadap hasil pengukuran.

Pelaksanaan eksperimen dilakukan di dalam ruangan dengan kondisi pencahayaan yang dikendalikan menggunakan kotak pengujian. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan secara bergantian menggunakan luxmeter, aplikasi Phyphox pada telepon pintar, dan Arduino Uno yang dilengkapi sensor LDR. Dokumentasi pelaksanaan eksperimen disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pelaksanaan eksperimen pengukuran intensitas cahaya.

Data hasil pengukuran dari ketiga instrumen kemudian ditabulasikan dan dianalisis secara deskriptif untuk membandingkan nilai intensitas cahaya yang diperoleh pada setiap variasi sumber cahaya. Selanjutnya, dilakukan analisis statistik menggunakan korelasi Pearson untuk mengetahui tingkat hubungan antara hasil pengukuran luxmeter, Arduino Uno, dan Phyphox. Selain itu, tingkat akurasi instrumen alternatif dievaluasi menggunakan persentase kesalahan relatif rata-rata (Mean Relative Error) dengan menjadikan hasil pengukuran luxmeter sebagai acuan. Analisis tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat kesesuaian hasil pengukuran serta mengevaluasi potensi Arduino Uno dan Phyphox sebagai alternatif instrumen pengukuran intensitas cahaya dalam pembelajaran fisika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya

Pengukuran intensitas cahaya dilakukan menggunakan tiga instrumen, yaitu luxmeter, Arduino Uno yang dilengkapi sensor LDR, dan aplikasi Phyphox. Pengukuran dilakukan pada tiga variasi daya lampu LED, yaitu 5 W, 7 W, dan 12 W, dengan jarak pengukuran tetap 30 cm. Rata-rata hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya (dalam satuan lux)

No	Daya Lampu (W)	Luxmeter	Phyphox	Arduino
1	5	79,1	122,8	116,6
2	7	88,2	1435,9	612,7
3	12	70,0	1039,7	545,0

Berdasarkan Tabel 1, nilai intensitas cahaya yang diperoleh dari ketiga instrumen menunjukkan pola yang berbeda. Aplikasi Phyphox menghasilkan nilai pengukuran tertinggi pada seluruh variasi daya lampu, diikuti oleh Arduino Uno, sedangkan luxmeter memberikan nilai yang relatif lebih rendah. Intensitas cahaya tertinggi diperoleh pada lampu LED 7 W, sedangkan pengukuran pada lampu 12 W menunjukkan penurunan nilai dibandingkan lampu 7 W. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa hasil pengukuran tidak hanya dipengaruhi oleh daya lampu, tetapi juga karakteristik distribusi cahaya serta sensitivitas sensor yang digunakan pada masing-masing instrumen.

B. Analisis Korelasi dan Tingkat Kesalahan Pengukuran

Tingkat kesesuaian hasil pengukuran antar instrumen dianalisis menggunakan korelasi Pearson dan persentase kesalahan relatif rata-rata (*Mean Relative Error*). Hasil analisis disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Korelasi Pearson dan Kesalahan Relatif

Perbandingan	Koefisien Korelasi (r)	Kesalahan Rata-rata (%)	Keterangan
Phyphox vs Luxmeter	0,29	55,25	Korelasi rendah
Arduino vs Luxmeter	0,13	47,41	Korelasi sangat lemah
Phyphox vs Arduino	0,99	1528,00	Korelasi sangat kuat

Hasil analisis menunjukkan bahwa hubungan antara Phyphox dan luxmeter memiliki koefisien korelasi sebesar 0,29, yang termasuk kategori korelasi rendah dengan persentase kesalahan relatif rata-rata sebesar 55,25%. Sementara itu, hubungan antara Arduino Uno dan luxmeter memiliki koefisien korelasi sebesar 0,13, yang menunjukkan korelasi sangat lemah dengan persentase kesalahan relatif sebesar 47,41%. Sebaliknya, hubungan antara Phyphox dan Arduino Uno menunjukkan koefisien korelasi yang sangat tinggi, yaitu 0,99, namun masih memiliki persentase kesalahan relatif yang besar, yaitu 1528,00%.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa korelasi yang tinggi tidak selalu menggambarkan tingkat akurasi yang tinggi. Korelasi Pearson hanya menunjukkan kesamaan pola perubahan data antar instrumen, sedangkan persentase kesalahan relatif menunjukkan kedekatan hasil pengukuran terhadap instrumen acuan. Oleh karena itu, meskipun Phyphox dan Arduino memiliki pola perubahan yang hampir sama, hasil pengukurannya masih berbeda cukup besar dibandingkan luxmeter sebagai instrumen standar.

C. Pembahasan

Perbedaan hasil pengukuran yang diperoleh dari ketiga instrumen dipengaruhi oleh karakteristik sensor, prinsip kerja perangkat dan tingkat kalibrasi instrumen. Luxmeter digunakan sebagai instrumen pembanding karena dirancang untuk melakukan pengukuran intensitas cahaya menggunakan sensor fotometrik yang telah dikalibrasi. Setiap sensor memiliki karakteristik sensitivitas, rentang pengukuran dan



respons terhadap lingkungan yang berbeda sehingga dapat menyebabkan variasi hasil pengukuran apabila tidak dilakukan kalibrasi (Fraden, 2021).

Sensor LDR yang digunakan pada Arduino bekerja berdasarkan perubahan hambatan listrik akibat perubahan intensitas cahaya sehingga responsnya dipengaruhi oleh karakteristik sensor. Perubahan resistansi kemudian di konversi oleh mikrokontroler menjadi data digital yang dapat dianalisis. (Banzi & Shiloh, 2022). proses kalibrasi, serta kondisi lingkungan. Sensor cahaya pada telepon pintar yang dimanfaatkan oleh aplikasi Phyphox juga memiliki spesifikasi yang berbeda pada setiap perangkat sehingga dapat menghasilkan variasi nilai pengukuran.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi Phyphox memiliki keunggulan dari sisi kemudahan penggunaan karena hanya memanfaatkan sensor cahaya bawaan telepon pintar tanpa memerlukan perangkat tambahan. Pengguna dapat melakukan pengukuran secara langsung dan memperoleh hasil dalam satuan lux sehingga aplikasi ini berpotensi menjadi alternatif praktikum fisika yang praktis dan ekonomis. Staacks et al. (2023) menunjukkan bahwa Phyphox mampu mendukung kegiatan eksperimen fisika berbasis smartphone melalui pemanfaatan sensor perangkat secara langsung dan penyajian data pengukuran secara digital.

Namun demikian, hasil pengukuran Phyphox masih menunjukkan perbedaan yang cukup besar dibandingkan luxmeter sehingga diperlukan proses kalibrasi apabila digunakan sebagai instrumen pengukuran yang memerlukan tingkat akurasi tinggi. Perbedaan tersebut terjadi karena sensor cahaya pada smartphone memiliki karakteristik dan spesifikasi yang berbeda dengan sensor fotometrik pada alat ukur profesional.

Di sisi lain, penggunaan Arduino Uno memberikan nilai edukatif yang lebih tinggi dibandingkan Phyphox karena peserta didik tidak hanya melakukan pengukuran, tetapi juga mempelajari prinsip kerja sensor, proses akuisisi data, serta pemrograman mikrokontroler. Kegiatan tersebut memungkinkan peserta didik memahami hubungan antara konsep fisika, elektronika, dan pemrograman secara terpadu. Pemanfaatan perangkat berbasis mikrokontroler dalam pembelajaran fisika mendukung pengembangan keterampilan proses sains karena peserta didik melakukan kegiatan merancang, menguji, menganalisis data dan mengevaluasi hasil eksperimen secara langsung (Hikmah et al., 2021). Oleh karena itu, Arduino lebih sesuai diterapkan pada pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning) maupun pendekatan STEM, yang menekankan pengembangan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, dan kolaborasi.

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian Pebralia *et al.* (2024) yang melaporkan bahwa sistem pengukuran intensitas cahaya berbasis Arduino memiliki potensi sebagai alternatif instrumen praktikum dengan biaya yang lebih rendah, meskipun masih memerlukan proses kalibrasi untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Hasil penelitian ini juga mendukung temuan Staacks *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa aplikasi Phyphox dapat dimanfaatkan sebagai media eksperimen fisika berbasis telepon pintar yang praktis dan mudah diakses. Meskipun demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa baik Arduino maupun Phyphox belum sepenuhnya mampu menggantikan luxmeter sebagai instrumen standar karena masih menghasilkan nilai kesalahan relatif yang cukup besar.

D. Implikasi terhadap Pembelajaran Fisika

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Arduino Uno dan Phyphox memiliki potensi untuk digunakan sebagai alternatif instrumen pengukuran intensitas cahaya dalam pembelajaran fisika di sekolah. Phyphox lebih sesuai digunakan pada kegiatan praktikum yang mengutamakan kemudahan, efisiensi, dan aksesibilitas karena memanfaatkan telepon pintar yang telah dimiliki peserta didik. Sementara itu, Arduino lebih tepat diterapkan pada pembelajaran berbasis proyek karena memberikan pengalaman langsung kepada peserta didik dalam merancang sistem pengukuran, memprogram mikrokontroler, serta menganalisis data eksperimen. Aktivitas tersebut mendukung pengembangan keterampilan proses sains dan literasi teknologi karena peserta didik terlibat dalam proses perancangan, pengujian dan evaluasi suatu sistem berbasis teknologi. Integrasi perangkat berbasis mikrokontroler dalam pembelajaran sejalan dengan pendekatan STEM yang menekankan keterhubungan antara konsep sains, teknologi, rekayasa dan matematika dalam penyelesaian masalah autentik (Li et al., 2020).

Pemanfaatan kedua instrumen tersebut mendukung implementasi pembelajaran berbasis inkuiri dan pendekatan STEM yang mendorong peserta didik untuk melakukan observasi, mengumpulkan data, menganalisis hasil pengukuran, serta menarik kesimpulan berdasarkan bukti empiris. Selain meningkatkan pemahaman konsep fisika, kegiatan praktikum berbasis teknologi digital juga berkontribusi terhadap pengembangan literasi digital, keterampilan berpikir kritis, dan kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Pemanfaatan perangkat digital dalam pembelajaran sains dapat memperkuat keterampilan abad ke-21 karena peserta didik tidak hanya memahami konsep, tetapi belajar menggunakan teknologi untuk memperoleh, mengolah dan mengevaluasi informasi ilmiah (UNESCO, 2023)..

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil pengukuran intensitas cahaya antara luxmeter, Arduino Uno berbasis sensor LDR, dan aplikasi Phyphox. Luxmeter memberikan hasil pengukuran yang lebih akurat sebagai instrumen acuan, sedangkan Phyphox dan Arduino Uno menunjukkan potensi sebagai instrumen alternatif dengan karakteristik yang berbeda. Phyphox memiliki keunggulan dari aspek kemudahan penggunaan, mobilitas, dan aksesibilitas, sementara Arduino Uno memberikan nilai edukatif yang lebih tinggi karena memungkinkan peserta didik memahami prinsip kerja sensor, akuisisi data, dan pemrograman mikrokontroler. Temuan ini menunjukkan bahwa kedua instrumen tersebut layak dimanfaatkan sebagai media praktikum pengukuran intensitas cahaya dalam pembelajaran fisika, khususnya pada sekolah yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan kalibrasi sensor yang lebih komprehensif, menggunakan berbagai jenis sumber cahaya dan perangkat telepon pintar, serta menguji kinerja instrumen pada kondisi lingkungan yang berbeda untuk meningkatkan akurasi dan validitas hasil pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

Banzi, M., & Shiloh, M. (2022). *Getting Started with Arduino (4th ed.)*. Maker Media.

- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2022). *Fluid mechanics: Fundamentals and applications (5th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Fraden, J. (2021). *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications (6th ed.)*. Springer.
- Hikmah, N., Yuberti, Saregar, A., & Anugrah, A. (2021). Development of Arduino-based physics learning media to improve students' scientific literacy skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1796(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012079>
- Klein, P., Ivanjek, L., Dahlkemper, M. N., & Susac, A. (2023). Studying physics during the COVID-19 pandemic: Student assessments of learning achievement, perceived effectiveness of online recitations, and online laboratories. *The Physics Teacher*, 61(2), 112–116.
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review. *International Journal of STEM Education*, 7(11). <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- Manik, M. R., Siregar, R., & Simanjuntak, F. (2020). Rancang bangun alat ukur intensitas cahaya berbasis Arduino Leonardo menggunakan sensor LDR. *Jurnal Teknologi Elektro*, 11(2), 95–101.
- Marinho, F., Carvalho, C. M., & Paulucci, L. (2019). Measuring light with light dependent resistors: an easy approach for optics experiments. *Physics Education*, 54(4), 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab1a7e>
- Monteiro, M., & Martí, A. C. (2022). Resource Letter MDS-1 : Mobile Devices and Sensors for Physics Teaching. *American Journal of Physics*, 1(1), 1–63.
- Pebralia, D., Kurniawan, A., & Sari, M. (2024). Development of an Arduino-based light intensity monitoring system using BH1750 and DHT11 sensors. *Journal of Physics: Conference Series*, 2745(1).
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2023). *Physics for scientists and engineers (11th ed.)*. Cengage Learning.
- Staacks, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. *Physics Education*, 53(4), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e>
- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2023). Advanced tools for smartphone-based experiments in physics education using Phyphox. *The Physics Teacher*, 61(2), 112–116.
- UNESCO. (2023). Technology in education. In *Global education monitoring report 2023*. UNESCO Publishing.
- Wang, Z., Liu, L., Wang, P., & Wu, J. (2026). Design and Implementation of the STM32N6-Based Modular Embedded Edge AI Teaching Platform for Engineering Education and Competition Practices. *Sensors*, 22(18), 1–32. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s26144631>

