



## PEMBEKALAN DAN PENDAMPINGAN PRAKTIKUM DIGITAL BERBASIS SMARTPHONE DI MGMP FISIKA SMA/MA KABUPATEN SEMARANG

**Wahyu Hardyanto<sup>1</sup>, Siti Wahyuni<sup>2</sup>, Teguh Darsono<sup>3</sup>, Sulhadi<sup>4</sup> & Isa Akhlis<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Magister Fisika, Universitas Negeri Semarang  
*Email: hardy@mail.unnes.ac.id*

<sup>2</sup>Program Studi Magister Fisika, Universitas Negeri Semarang  
*Email: wahyuni.smg@mail.unnes.ac.id*

<sup>3</sup>Program Studi Sarjana Fisika, Universitas Negeri Semarang  
*Email: teguhfisikaunnes@mail.unnes.ac.id*

<sup>4</sup>Program Studi Magister Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Semarang  
*Email: sulhadipati@mail.unnes.ac.id*

<sup>5</sup>Program Studi Sarjana Fisika, Universitas Negeri Semarang  
*Email: isa.akhlis@mail.unnes.ac.id*

### **ABSTRACT**

*The integration of technology into learning presents both opportunities and challenges for teachers. Scientific investigation in physics learning is crucial, but not all schools have adequate laboratory facilities. To ensure effective learning, teachers must be active and creative in creating innovative labs using available resources. One promising approach is digital practicums that utilize smartphones, allowing teachers to independently design and implement experiments. This community service program employed the Community-Based Participatory Research (CBPR) method in collaboration with the MGMP Physics SMA/MA in Semarang Regency, Central Java, attended by 25 teachers. The activity consisted of providing and assisting the digital practicums, processing data, visualizing it in graphs, and interpreting it. The digital application used was the Arduino Science Journal, which can be operated using sensors available on Android smartphones. The resulting practicum tools were a set of boards whose angle of inclination can be varied, equipped with a launcher in the form of a toy car modified with a smartphone holder. This tool can be used to measure acceleration, then the digital data can be processed into other physical quantities, such as speed and position at any time. Teacher responses to the developed practicum tools were assessed as good at 31.3% and very good at 68.7%. At the end of the activity, the practicum tool set was donated to the MGMP as a pilot so that it can be adopted by the school to meet the need for laboratory facilities.*

**Keyword:** Development, Practical Tools, Digital, Innovative, Arduino Science Journal

### **ABSTRAK**

Adanya tuntutan pelibatan teknologi dalam proses pembelajaran menjadi tantangan yang harus dihadapi guru. Penyelidikan ilmiah dalam pembelajaran fisika menjadi sangat penting, namun tidak semua sekolah memiliki fasilitas laboratorium yang memadai. Agar pembelajaran tetap terlaksana dengan baik, guru harus aktif dan kreatif menciptakan praktikum yang inovatif dengan sumber daya yang ada. Keadaan ini dapat diatasi dengan praktikum digital, yang salah satunya dengan pemanfaatan smartphone, sehingga menjadi inovasi praktikum digital karena guru dapat merancang sendiri jenis percobaannya. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan dengan metode Community Based Participatory Research (CBPR) pada MGMP Fisika SMA/MA Kabupaten Semarang Jawa Tengah yang diikuti oleh 25 guru. Kegiatan berupa pembekalan dan pendampingan praktikum digital, mengolah data, memvisualisasikan dalam grafik, dan menginterpretasikannya. Aplikasi digital yang digunakan adalah Arduino Science Journal yang dapat dioperasikan dengan memanfaatkan sensor yang telah tersedia pada smartphone android. Alat praktikum yang dihasilkan berupa satu set alat papan luncur yang dapat divariasikan sudut kemiringannya, dilengkapi dengan alat peluncur berupa mobil mainan yang dimodifikasi dengan holder smartphone. Alat ini dapat digunakan untuk mengukur percepatan, kemudian data digital dapat diolah ke dalam besaran fisis lain, seperti kecepatan dan posisi setiap saat. Respons guru terhadap alat praktikum yang dikembangkan dalam penilaian baik sebesar 31,3% dan sangat baik 68,7%. Pada akhir kegiatan, set alat praktikum disumbangkan kepada MGMP sebagai percontohan agar dapat diadopsi oleh pihak sekolah untuk memenuhi kebutuhan fasilitas laboratorium.

**Kata kunci:** Pengembangan, Alat Praktikum, Digital, Inovatif, *Arduino Science Journal*

## 1. PENDAHULUAN

Pentingnya praktikum sains sudah menjadi kajian yang sangat banyak diteliti, di antaranya untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif, sikap, dan kemampuan bekerja ilmiah (Sukarso dkk, 2021), menumbuhkan kemandirian belajar (Sari, 2021), dan pemahaman konsep (Ariyansah dkk, (2021). Keterbatasan fasilitas laboratorium yang menjadi salah satu hambatan pelaksanaan praktikum dapat diatasi dengan praktikum digital. Praktikum ini dapat dilakukan secara online melalui laman-laman penyedia simulasi, misalnya PhET (<https://phet.colorado.edu/>), oPhysics (<https://ophysics.com/>), atau aplikasi lain yang menyediakan berbagai simulasi interaktif pada bidang sains (Sujanem dkk, 2019; Fitri, 2022; Bangun dkk, 2024). Hal ini menjadi peluang bagi guru dan pihak sekolah untuk mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium, terutama kurangnya peralatan praktikum. Selain itu, pengembangan perangkat praktikum dengan memanfaatkan bahan-bahan di sekitar juga dapat dilakukan. Perangkat ini dapat diPadukan dengan penggunaan *smartphone* sebagai alat ukurnya sehingga menjadi bagian dalam pelaksanaan praktikum digital.

Praktikum menggunakan *smartphone* menjadi salah satu pilihan karena memanfaatkan sensor bawaan sebagai alat ukurnya (Yasmini, 2021; Harjono, 2021; Taufiq, 2023). Hal ini sesuai dengan peserta didik SMA yang menjadi bagian dari generasi Z, yaitu generasi yang tumbuh dan berkembang di tengah dunia digital. Praktikum ini mempunyai banyak kelebihan karena tidak memerlukan biaya tambahan, aplikasi dapat diakses secara gratis baik *online* maupun *offline*, peralatan utama berupa *handphone android* masing-masing siswa, dapat dilakukan secara mandiri, dan dapat divariasikan menyesuaikan kebutuhan. Salah satu aplikasi yang dapat digunakan adalah *Arduino Science Journal* yang dibuat khusus untuk eksplorasi ilmiah. Kelebihan yang dimiliki *Arduino Science Journal* di antaranya memudahkan untuk (1) mengukur dan merekam data real- time menggunakan sensor bawaan perangkat, (2) membuat catatan dan gambar untuk mendokumentasikan, menyusun, dan mengatur observasi, (3) meninjau dan menganalisis data dan grafik yang direkam, dan (4) mengekspor dan membagikan data. Aplikasi ini tersedia secara gratis di *Android*, *iPhone*, *iPad*, dan perangkat *Chromebook* yang kompatibel, dan bahkan berfungsi tanpa koneksi internet.

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan besar dalam dunia pendidikan, termasuk pada bidang sains. Menilik perkembangan di Indonesia, peran guru sains tidak lagi terbatas sebagai penyampai materi, tetapi juga sebagai perancang pengalaman belajar yang kontekstual, interaktif, dan relevan dengan kebutuhan zaman. Untuk itu, guru sains perlu memiliki literasi teknologi yang baik agar dapat mendesain pembelajaran yang efektif, menarik, serta sesuai dengan karakteristik peserta didik generasi digital. Melek teknologi memungkinkan guru sains memanfaatkan berbagai perangkat dan aplikasi, seperti simulasi virtual, laboratorium digital, hingga *platform* pembelajaran daring, untuk menjelaskan konsep-konsep abstrak yang sulit dipahami hanya dengan ceramah. Dengan demikian, pemahaman konsep menjadi lebih mendalam dan bermakna. Oleh karena itu, melek teknologi bagi guru sains di Indonesia bukan sekadar tambahan kompetensi, melainkan kebutuhan mendasar. Guru yang mampu memanfaatkan teknologi dalam desain pembelajaran dan praktikum akan membantu mencetak generasi yang tidak hanya cerdas secara akademik, tetapi juga siap menghadapi tantangan dunia yang serba digital dan dinamis. Kegiatan PkM yang ditujukan untuk mempersiapkan guru dalam penggunaan teknologi digital salah satunya dilakukan oleh Tiatri dkk. (2024). Penggunaan teknologi digital dalam pembelajaran STEM merupakan salah satu cara yang inovatif untuk meningkatkan keterlibatan siswa dan memperkuat pemahaman mereka terhadap materi.

Sebagian guru fisika yang tergabung dalam Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) Fisika SMA/MA Kabupaten Semarang belum mengenal praktikum digital dan sebagian lain yang sudah mengenal praktikum digital juga belum mempraktikkannya dalam mendesain pembelajaran di kelas



(Hardyanto dkk, 2024). Hal ini bahkan ditambah dengan sebagian besar guru belum mengetahui bahwa pada *smartphone* yang biasa dipakai alat komunikasi sehari-hari dilengkapi dengan beberapa sensor yang dapat dimanfaatkan sebagai alat ukur dalam praktikum fisika. Selain itu, untuk mengasah kreativitas guru juga dikenalkan alat praktikum yang telah dikembangkan oleh tim pengabdi. Alat ini juga diintegrasikan dengan penggunaan *smartphone* sebagai alat ukur sebagai penguat kompetensi guru dalam praktikum digital. Langkah ini sebagai salah satu cara untuk mengatasi keterbatasan jumlah maupun jenis alat praktikum di laboratorium. Selanjutnya diharapkan guru dapat berlatih untuk berinovasi menciptakan alat praktikum dengan peralatan dan piranti yang tersedia di sekitar, sederhana, dan mudah dioperasikan. Oleh karena itu, kegiatan PkM ini ditujukan untuk memberi pembekalan dan pendampingan praktikum digital berbasis *smartphone* bagi guru Fisika di Kabupaten Semarang.

## 2. METODE PELAKSANAAN

Kegiatan PkM ini menggunakan metode CBPR (*Community Based Participatory Research*) model pertama, yaitu kolaborasi tema tunggal antara pusat berbasis universitas dan organisasi komunitas (Weiner & McDonald, 2013). Metode ini merupakan pendekatan yang mengutamakan kolaborasi antara tim PkM dengan komunitas. Pada kegiatan ini, komunitas yang bertindak sebagai mitra kerjasama yaitu MGMP Fisika SMA/MA Kabupaten Semarang.

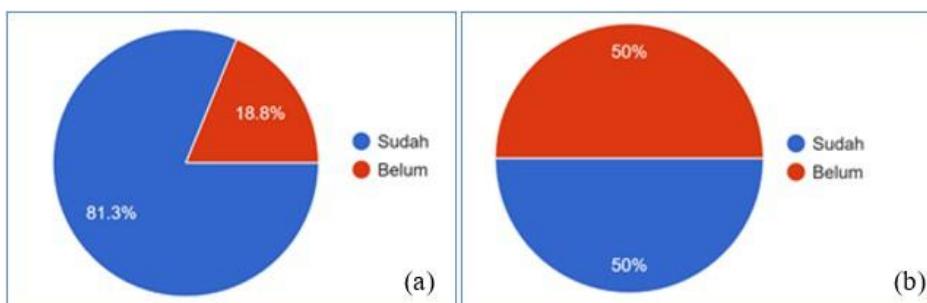
Adapun langkah-langkah metode CBPR yang digunakan adalah sebagai berikut

### a. Peletakan Landasan

Tahap ini diisi dengan koordinasi awal antara tim kegiatan PkM dengan Ketua MGMP Fisika SMA/MA Kabupaten Semarang. Koordinasi ini dalam rangka menggali informasi keadaan lapangan dan kaitannya dengan rencana kegiatan PkM. Berdasarkan angket *gform* yang disebar, diperoleh informasi (a) perkenalan guru dengan praktikum digital dan (b) penerapan praktikum digital dalam pembelajaran fisika, sesuai dengan data pada Gambar 1. Oleh karena itu tema kegiatan PkM sesuai dengan salah satu kebutuhan guru terkait dengan inovasi dalam praktikum fisika menggunakan *smartphone*. Tim PkM dan MGMP Fisika SMA/MA Kabupaten Semarang kemudian bersepakat kegiatan ini direalisasikan pada pertemuan MGMP di bulan Agustus 2025.

**Gambar 1.**

Pengetahuan awal guru tentang informasi praktikum digital



### b. Perencanaan Kegiatan

Tahap ini diisi dengan penyusunan rencana kegiatan secara detail dan sistematis agar kegiatan PkM dapat berlangsung dengan efektif dan efisien. Adapun langkah kegiatan ini yaitu: (i) mengumpulkan data pra-PkM tentang pelaksanaan praktikum fisika di lingkungan SMA/MA Kabupaten Semarang melalui wawancara dengan Ketua MGMP; (ii) Tim PkM mengembangkan set alat praktikum berupa papan luncur yang dapat divariasikan derajat kemiringannya; dan (iii) Tim PkM mengidentifikasi jenis praktikum yang dapat ditunjukkan dan dipraktikkan di depan guru, yaitu menentukan percepatan benda yang bergerak lurus pada bidang miring.

### c. Pelaksanaan dan Analisis Data

Bahan yang disiapkan dalam kegiatan PkM ini berupa set alat praktikum yang telah dikembangkan berupa papan luncur, materi yang disusun dalam bentuk PPT, lembar kerja sebagai latihan mandiri guru, dan perangkat alat penunjang pelaksanaan praktikum. Angket survei juga disiapkan untuk mendapatkan umpan balik dari peserta kegiatan. Analisis data hasil survey dilakukan dengan mencari nilai persentase dari setiap indikator dalam item pernyataan.

### d. Evaluasi dan Pendampingan

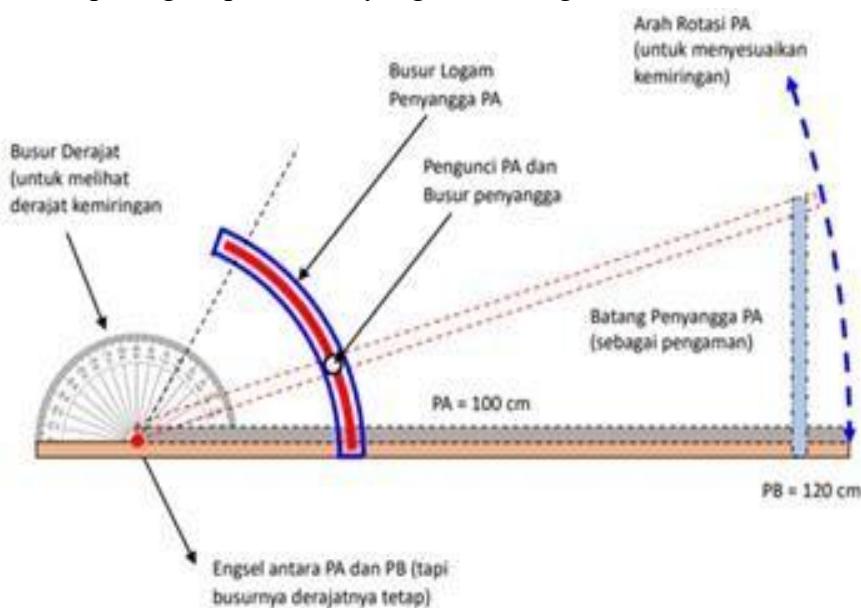
Setelah pelaksanaan kegiatan, beberapa masukan penting perlu diperhatikan. Salah satu hal yang dapat Tim PkM lakukan adalah menyediakan pendampingan agar guru dapat menerapkan hasil kegiatan dalam proses pembelajaran. Kegiatan pendampingan ini menyesuaikan dengan kebutuhan guru.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan PkM telah terlaksana pada hari Jum'at, 15 Agustus 2025 secara luring di Aula SMA N 1 Ungaran. Kegiatan diikuti oleh guru-guru fisika SMA/MA Kabupaten Semarang yang tergabung dalam Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP). Namun, tidak semua anggota MGMP dapat mengikuti kegiatan ini. Peserta yang hadir sejumlah 25 orang guru, baik dari sekolah negeri maupun swasta. Tim PkM telah menyusun sebuah alat praktikum berupa satu set papan luncur yang dapat divariasikan sudut kemiringannya dengan desain seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

**Gambar 2.**

Desain perangkat praktikum yang dikembangkan



Aplikasi ini memanfaatkan sensor yang ada pada *smartphone Android*. *Smartphone* yang sudah ter-install aplikasi tersebut digunakan sebagai alat ukur dalam praktikum dengan ketelitian yang tinggi karena sensor pada *smartphone* mengukur pergerakan benda dalam interval milisekon. *Smartphone* diluncurkan pada bidang miring menggunakan holder yang telah disesuaikan dengan memasangnya pada casing *smartphone* yang telah ditempelkan pada plat beroda, seperti tampak atas dan tampak bawah pada Gambar 3. Selama meluncur, sensor pada *smartphone* mencatat data pergerakan pada interval milisekon, jauh sangat presisi dibandingkan dengan *stopwatch* manual.



### Gambar 3.

*Holder smartphone* dari modifikasi mobil mainan



Materi yang diberikan pada pertemuan tersebut adalah pengenalan aplikasi *Arduino Science Journal*, instalasi pada *smartphone*, dan cara penggunaannya pada praktikum. Guru dibimbing mulai dari mengunduh aplikasi *Arduino Science Journal* dan meng-*install*-nya, praktik penggunaan dalam pengukuran, dan pengolahan data. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 4.

### Gambar 4.

Proses instalasi dan penggunaan aplikasi dalam praktikum digital



Pada akhir kegiatan, set alat praktikum disumbangkan kepada MGMP sebagai percontohan agar dapat diadopsi oleh pihak sekolah untuk memenuhi kebutuhan fasilitas laboratorium, dilanjutkan dengan foto Bersama. Kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 5.

**Gambar 5.**

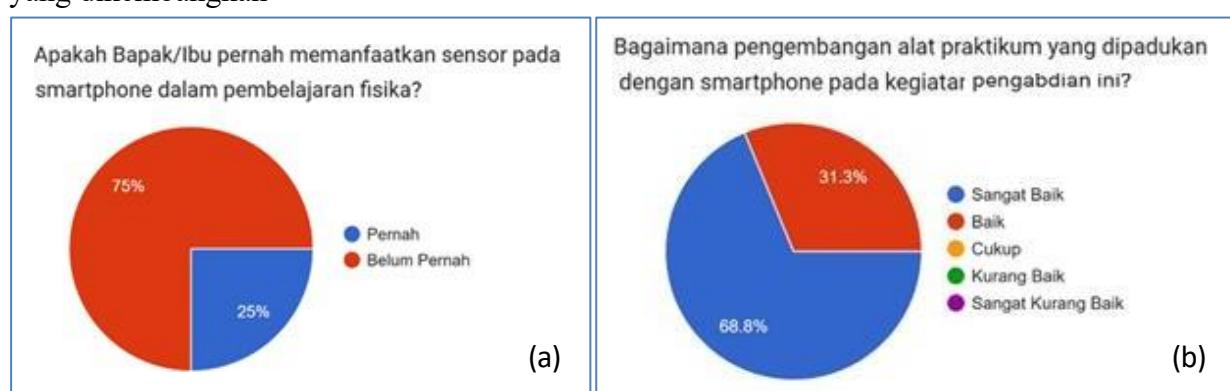
Penyerahan set alat praktikum dan foto bersama



Tim PkM telah menyebar angket *gform* kepada para peserta sebagai langkah untuk mendapatkan *feedback*. Berdasarkan data yang masuk, beberapa informasi yang didapatkan di antaranya yaitu sebagian besar guru belum pernah memanfaatkan sensor pada *smartphone* dalam pembelajaran fisika. Respons guru terhadap alat praktikum yang dikembangkan oleh tim peneliti dalam penilaian baik sebesar 31,3% dan sangat baik sebesar 68,7%. Data ini dapat dilihat sesuai dengan Gambar 6.

**Gambar 6.**

(a) Penggunaan sensor *smartphone* dalam pembelajaran fisika dan (b) respons guru terhadap alat yang dikembangkan



Hasil observasi menunjukkan bahwa minat guru cukup tinggi terhadap implementasi praktikum digital dalam pembelajaran fisika menggunakan *Arduino Science Journal* berbantuan *smartphone*. Hal ini ditunjukkan dari respons positif guru yang menilai bahwa aplikasi tersebut memberikan kemudahan dalam melaksanakan praktikum, meskipun fasilitas laboratorium fisika di sekolah terbatas. Temuan ini sejalan dengan pendapat Sari & Wahyuni (2025) yang menyatakan bahwa pemanfaatan teknologi berbasis *smartphone* dalam pembelajaran sains dapat menjadi solusi alternatif untuk keterbatasan alat eksperimen konvensional. Jadi, laboratorium virtual dan digital berbasis *smartphone* dapat meningkatkan akses siswa terhadap pengalaman eksperimen, terutama di sekolah yang memiliki keterbatasan fasilitas.

Meskipun demikian, terdapat tantangan yang berpengaruh, salah satunya yaitu variasi minat guru. Beberapa guru menyatakan masih kurang percaya diri dalam mengintegrasikan praktikum digital



ke dalam pembelajaran karena keterbatasan literasi digital. Tantangan ini konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh Sanimah dkk. (2019), yang menyebutkan bahwa kurangnya kecakapan dalam penggunaan aplikasi laboratorium virtual merupakan salah satu hambatan dalam adopsi inovasi pembelajaran berbasis digital. Selain itu, kualitas sensor pada setiap *smartphone* yang berbeda-beda sehingga berpengaruh pada hasil eksperimen (Putri dkk, 2024). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa minat guru terhadap praktikum digital menggunakan *Arduino Science Journal* berbantuan *smartphone* cukup kuat, terutama karena sifatnya yang praktis, aplikatif, dan sesuai dengan tuntutan pembelajaran modern. Namun, untuk mendukung keberlanjutan implementasinya, diperlukan program pelatihan dan pendampingan bagi guru, serta dukungan infrastruktur berupa ketersediaan perangkat yang memadai. Hasil ini memperkuat pandangan bahwa integrasi teknologi dalam praktikum fisika bukan hanya persoalan minat, tetapi juga kesiapan sumber daya manusia dan sarana pendukungnya.

#### 4. KESIMPULAN

Kegiatan PkM sudah berjalan baik. Respons guru terhadap alat praktikum yang dikembangkan oleh tim dalam penilaian baik sebesar 31,3% dan sangat baik sebesar 68,7%. Minat guru terhadap praktikum digital menggunakan aplikasi *Arduino Science Journal* berbantuan *smartphone* cukup kuat, terutama karena sifatnya yang praktis, aplikatif, dan sesuai dengan tuntutan pembelajaran modern. Namun, untuk mendukung keberlanjutan implementasinya, diperlukan program pelatihan dan pendampingan bagi guru. Adapun dukungan infrastruktur berupa ketersediaan perangkat yang memadai juga menjadi tantangan tersendiri bagi guru, sehingga diperlukan inovasi pengembangan alat sederhana dengan memanfaatkan benda-benda di sekitar.

#### Ucapan Terima Kasih (*Acknowledgement*)

Terima kasih penulis sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Semarang yang memberikan pendanaan untuk kegiatan ini sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Pengabdian Kepada Masyarakat Bagi Dosen Dana DPA LPPM UNNES Tahun 2025 Nomor: 487.14.3/UN37/PPK.11/2025. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada MGMP Fisika SMA/MA Kabupaten Semarang sebagai mitra PKM.

#### REFERENSI

- Ariyansah, D., Hakim L., & Sulistyowati, R. (2021). Pengembangan e-LKPD Praktikum Fisika pada Materi Gerak Harmonik Sederhana Berbantuan Aplikasi Phyphox untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika* 12(2): 173-181. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v12i2.9052>
- Bangun, F.B., Sakdiah, H., Widya, Safriana & Ayunda, D.S. (2024). Penerapan Problem Based Learning Berbantuan Virtual Lab Phet pada Pembelajaran Fisika Guna Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa. *Jurnal Edu Research* 5(2): 187-192. <https://iicls.org/index.php/jer/article/view/192>
- Fitri, A. (2022). Laboratorium Virtual dengan Aplikasi PhET untuk Memperkuat Penguasaan Konsep Listrik Dinamis Siswa pada Pembelajaran Online. *JEP (Jurnal Eksakta Pendidikan)* 6(1): 52-60. <https://doi.org/10.24036/jep/vol6-iss1/624>
- Hardyanto, W., Wahyuni, S., Darsono, T., Sulhadi, & Akhlis, I. (2024). Pengenalan Praktikum Digital Inovatif Fisika dengan Arduino Science Journal. *Jurnal Bakti Kita* 6(1): 9-18. <https://doi.org/10.52166/baktikita.v6i1.7966>.
- Harjono. (2021). Pemanfaatan Sensor *Android* sebagai Media Eksperimen pada Materi Gerak Harmonis Sederhana. *Jurnal Teknодик* 25(2): 131-142. <https://doi.org/10.32550/teknodik.v25i2.666>.

- 
- Putri, L.R., Febrianti, K.V., & Utami, I.W. (2024). Digitalisasi Eksperimen Fisika: Gerak Harmonik Sederhana Berbasis Phyphox (Transform The Smartphone Into A Versatile Physics Lab). Klaten: PT. Nas Media Indonesia.  
[https://www.repository.karyailmiah.trisakti.ac.id/documents/repository/buku\\_ika-wahyu-utami-digitalisasi-eksperimen-fisika-gerak-harmonik-sederhana-berbasis-phyphox-transform-the-smartphone-into-a-versatile-physics-lab.pdf](https://www.repository.karyailmiah.trisakti.ac.id/documents/repository/buku_ika-wahyu-utami-digitalisasi-eksperimen-fisika-gerak-harmonik-sederhana-berbasis-phyphox-transform-the-smartphone-into-a-versatile-physics-lab.pdf)
- Sanimah, Haniyyah, U., Rambe, I.W. (2024). Kajian Kelebihan dan Kelemahan Penggunaan Laboratorium Virtual sebagai Media Pembelajaran IPA di SMP. *Jurnal Jeumpa* 11(1): 129-137. <https://doi.org/10.33059/jj.v11i1.9815>
- Sari, D.K. (2021). Pengembangan E-Modul Praktikum Fisika Dasar 1 dengan Pendekatan STEM untuk Menumbuhkan Kemandirian Belajar. *Dwija Cendekia: Jurnal Riset Pedagogik* 5(1): 44-54. <https://doi.org/10.20961/jdc.v5i1.50560>.
- Sari, D.W. & Wahyuni, S. (2025). Pengembangan E\_Modul Praktikum Fisika Kelas XI SMA Berbasis Sensor Accelerometer pada Smartphone Berbantuan Aplikasi Phyphox. *Unnes Physics Education Journal* 14(1): 85-92. <https://doi.org/10.15294/upej.v14i1.24171>.
- Sujanem, R., Sutarno, E. & Gunadi, I.G.A. (2019). Pelatihan dan Pendampingan Pembuatan Media Simulasi Praktikum IPA SMP dengan Program Simulasi Phet. *International Journal of Community Service Learning* 3(1): 11-17. <https://doi.org/10.23887/ijcsl.v3i1.17485>.
- Sukarso, A. A., & Muslihatun, M. (2021). Mengembangkan Keterampilan Berpikir Kreatif, Sikap dan Kemampuan Bekerja Ilmiah Melalui Pembelajaran Praktikum Proyek Riset Otentik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 6(3), 467–475. <https://doi.org/10.29303/jipp.v6i3.268>
- Taufiq, M., Nuswowati, M., Widiyatmoko, A, & Tirtasari, NL. (2023). Peningkatan Keterampilan Pengelolaan Praktikum IPA Berbantuan Smartphone Menggunakan App Phyphox bagi Kelompok MGMP IPA Kabupaten Batang. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat* 2(1): 1-13. <https://doi.org/10.46843/jmp.v2i1.274>.
- Tiatri, S., Beng, J.T., Ie, M., Dinatha, V.O.D., Khotimah, A.H., Desfitriane, A., Margareta, Purnama, S.D., Shafira, Z., Salsabila, T.M., & Nurkholidah, R. (2024). Pelatihan Penggunaan Teknologi Digital dalam Pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Guna Pemberdayaan Guru Sekolah Dasar. *Jurnal Bakti Masyarakat Indonesia* 7(3): 697-703. <https://doi.org/10.24912/jbmi.v7i3.32288>.
- Weiner, J. & McDonald, J.A. (2013). *Three Models of Community-Based Participatory Research*. Leonard Davis Institute of Health Economics: Issue Brief 18(5): 1-8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23610796/>.
- Yasmini, L.P.B., Rachmawati, D.O., Gunadi, I.G.A, & Arjana, I.G. (2021). Pemanfaatan Smartphone dan App Phyphox untuk Percobaan Fisika bagi Guru Kelas X di SMA Negeri 2 Singaraja. *Proceeding Senadimas Undiksha*: 571-578. <https://conference.undiksha.ac.id/senadimas/2021/prosiding/file/075.pdf>