

## **Penerapan teknologi sensor dan mikrokontroler pada eksperimen gerak jatuh bebas untuk pembelajaran fisika SMA**

**Nurul Qomariyah, Rahadi Wirawan, Laili Mardiana, Ramadian Ridho Illahi, Arif Budianto, Lalu Sahrul Hudha, Dwi Bayu Lestari**

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Indonesia

Penulis korespondensi : Nurul Qomariyah

E-mail : nurulqomariyah@unram.ac.id

Diterima: 07 Maret 2026 | Direvisi: 13 April 2026 | Disetujui: 14 April 2026 | Online: 30 April 2026

© Penulis 2026

### **Abstrak**

Pembelajaran fisika di SMAN 1 Praya Barat sebagai salah satu sekolah mitra, selama ini cenderung bersifat kontekstual dan abstrak, sehingga berimplikasi pada lemahnya pemahaman konseptual dan minimnya keterampilan praktis siswa. Pengabdian masyarakat ini bertujuan mengembangkan perangkat eksperimen berbasis teknologi sensor dan mikrokontroler pada materi Gerak Jatuh Bebas (GJB) dan memberikan pelatihan dan pendampingan kepada guru untuk penggunaannya. Metode yang digunakan terbagi menjadi tiga tahapan yaitu: 1) tahap persiapan, merupakan langkah awal untuk menganalisis situasi pembelajaran Fisika di SMAN 1 Praya Barat, dan perancangan modul eksperimen oleh tim pengabdian, 2) tahap pelaksanaan, pengabdian dilaksanakan pada tanggal 28 Juli 2025, tahap ini dilakukan dengan pelatihan penggunaan modul sensor dan penggunaannya dalam eksperimen, dan 3) tahap evaluasi dilakukan untuk menilai efektivitas kegiatan, dengan melihat langsung, sedangkan data motivasi diukur menggunakan kuesioner. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penggunaan modul tersebut tidak hanya memfasilitasi pemahaman konsep fisika secara lebih mendalam dan komprehensif, tetapi juga meningkatkan keterampilan eksperimental dan motivasi belajar siswa. Di sisi lain, guru mendapatkan sebuah prototipe media pembelajaran inovatif yang aplikatif dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk materi fisika lainnya. Simpulan dari kegiatan ini adalah pendekatan eksperimen berbantuan teknologi berpotensi mengatasi tantangan pembelajaran fisika yang abstrak serta membangun dasar pemahaman konseptual yang lebih kokoh dibandingkan dengan metode kontekstual konvensional.

**Kata kunci:** GJB; mikrokontroler; pembelajaran fisika; sensor.

### **Abstract**

Physics learning at SMAN 1 Praya Barat, as one of the partner schools, has tended to be contextual and abstract, leading to weak conceptual understanding and a lack of students' practical skills. This community service aims to develop experimental equipment based on sensor and microcontroller technology for the topic of Free Fall Motion (FFM) and to provide training and guidance to teachers on its use. The method used is divided into three stages: 1) the preparation stage, which is the initial step to analyze the physics learning situation at SMAN 1 Praya Barat and the design of the experiment module by the service team; 2) the implementation stage, Implementation of the program on 28<sup>th</sup> July, 2025 where intervention is carried out through training on the use of sensor modules and their application in experiments; and 3) the evaluation stage, conducted to assess the effectiveness of the activity through direct observation, while motivation data is measured using questionnaires. Evaluation results show that the use of these modules not only facilitates a deeper and more comprehensive understanding of physics concepts but also enhances students' experimental skills and learning motivation. On the other hand, teachers receive an innovative and applicable learning media prototype that can be further developed for other physics topics. The conclusion of this activity is that a

technology-assisted experimental approach has the potential to overcome the challenges of abstract physics learning and build a firmer foundation for conceptual understanding compared to conventional contextual methods.

**Keywords:** FFM; microcontroller; physics learning; sensors.

## PENDAHULUAN

Fisika merupakan mata pelajaran sains yang berperan penting dalam membentuk kemampuan berpikir kritis, analitis, dan pemecahan masalah siswa, sekaligus menjadi dasar bagi perkembangan teknologi modern. Namun, di banyak sekolah menengah, pembelajaran fisika sering dianggap sulit dan abstrak karena penyampaiannya terlalu teoritis serta minim praktik langsung. Kondisi ini menurunkan minat dan keterlibatan siswa dalam proses belajar, sehingga capaian belajar belum optimal. Fenomena serupa juga teridentifikasi di SMAN 1 Praya Barat, Kabupaten Lombok Tengah, yang menjadi mitra kegiatan pengabdian ini. Dampak lebih luasnya, tren penurunan minat tersebut turut memengaruhi jumlah lulusan sekolah menengah yang memilih program studi berbasis ilmu pengetahuan dasar terutama fisika di tingkat perguruan tinggi (Panatarani, 2023).

Salah satu masalah prioritas di sekolah tersebut adalah rendahnya minat siswa terhadap pembelajaran fisika karena faktor proses belajar yang monoton dan kurang kontekstual, hal tersebut membuat siswa kesulitan mengaitkan konsep-konsep fisika dengan kehidupan sehari-hari. Penelitian pendidikan sains menunjukkan bahwa ketidakmampuan menghadirkan pengalaman belajar yang relevan dapat mengurangi motivasi intrinsik siswa serta memperlemah pemahaman konseptual. Oleh karena itu, diperlukan strategi pembelajaran inovatif yang lebih menarik dan aplikatif agar siswa dapat membangun pengetahuan secara bermakna. Selain masalah motivasi, keterbatasan sarana eksperimen menjadi tantangan nyata (Supriyadi, 2018) (Nurhadi et al., 2020).

Permasalahan lain yang teridentifikasi adalah kurangnya kompetensi guru dalam menerapkan pembelajaran berbasis proyek (project-based learning) dengan integrasi teknologi. Banyak guru masih mengandalkan metode ceramah dan contoh soal konvensional karena keterbatasan pelatihan dan referensi inovatif. Akibatnya, potensi pengembangan kreativitas siswa dan kemampuan pemecahan masalah berbasis proyek belum dimanfaatkan secara optimal. Peningkatan kapasitas guru melalui pelatihan dan pendampingan menjadi krusial untuk mendorong transformasi pembelajaran. (Kemendikbudristek, 2022). Pemanfaatan perangkat berbasis sensor dan mikrokontroler memiliki potensi besar untuk digunakan dalam pembuatan modul eksperimen fisika di sekolah. Sistem ini memungkinkan pengukuran besaran fisika seperti waktu, kecepatan, percepatan, suhu, atau intensitas Cahaya secara real-time dan akurat, sehingga siswa dapat mengamati fenomena secara langsung dan memverifikasi konsep-konsep teoritis melalui data yang mereka peroleh sendiri. Dengan pendekatan ini, pembelajaran menjadi lebih kontekstual, interaktif, dan relevan dengan perkembangan teknologi modern, sekaligus menumbuhkan rasa ingin tahu ilmiah.

Studi-studi pendahuluan telah mengkonfirmasi dampak positif dari integrasi perangkat mikrokontroler dan sensor dalam pendidikan fisika. Sebagai ilustrasi, pemanfaatan platform seperti Arduino beserta berbagai sensornya telah menunjukkan keberhasilan dalam menumbuhkan motivasi peserta didik, sekaligus menyediakan sarana praktikum yang terjangkau dan mudah diadaptasi (Gingl dkk., 2019; Petry dkk., 2016). Berdasarkan hasil pengabdian Restianingsih dkk., (2023) lebih lanjut melaporkan bahwa kapasitas pedagogis guru dalam merancang media pembelajaran yang inovatif mengalami peningkatan signifikan pasca mengikuti pelatihan pemanfaatan mikrokontroler. Di sisi lain, dari perspektif peserta didik, pengembangan modul eksperimen berbasis teknologi tersebut seperti yang diteliti Moya (2018) terbukti efektif memediasi pemahaman siswa terhadap konsep-konsep abstrak dalam fisika, misalnya pada materi gerak jatuh bebas dan tekanan udara (Moya, 2018) (Jaewijarn & Wuttiptom, 2021). Beberapa penelitian serupa melaporkan meningkatkan kemampuan guru menciptakan media ajar yang inovatif pada materi fisika seperti polarisasi cahaya, getaran, tegangan, momentum, kapasitas panas, hukum Faraday (Freitas dkk., 2018) (Dauphin & Bouquet, 2018;

Penerapan teknologi sensor dan mikrokontroler pada eksperimen gerak jatuh bebas untuk pembelajaran fisika SMA

Pili & Violanda, 2019)(Goncalves dkk., 2019)(Espindola dkk., 2018)(Dos Reis dkk., 2021) (Bezerra dkk., 2019) yang dapat dimanfaatkan secara lebih aplikatif .

Pengabdian ini memiliki posisi strategis karena secara langsung menghadirkan pengembangan perangkat pembelajaran berupa modul eksperimen berbasis mikrokontroler sebagai inovasi teknologi tepat guna di bidang pendidikan. Inovasi tersebut tidak hanya menjawab kebutuhan praktis di sekolah mitra, tetapi juga menawarkan model pembelajaran sains modern yang dapat direplikasi di sekolah lain. Dengan melibatkan guru sebagai mitra aktif dan memanfaatkan teknologi terbuka yang terjangkau, Program pengabdian bertujuan mengembangkan perangkat eksperimen berbasis teknologi sensor modular dan memberikan pelatihan dan pendampingan kepada guru untuk penggunaannya. Diharapkan kegiatan ini memberikan solusi komprehensif yang menyentuh akar permasalahan melalui peningkatan kapasitas guru sebagai ujung tombak pembelajaran. Dampak yang ditargetkan bersifat berkelanjutan, karena peningkatan kompetensi guru akan langsung memperkuat kualitas proses belajar mengajar dan pada gilirannya meningkatkan minat, pemahaman, serta hasil belajar siswa

## **METODE**

Program pengabdian ini diselenggarakan di SMAN 1 Praya Barat, Lombok Tengah, dengan fokus melibatkan guru fisika dan para siswa sebagai peserta utama. Metode pelaksanaan pengabdian dirancang agar mampu menjawab permasalahan prioritas terkait rendahnya minat belajar siswa, keterbatasan sarana eksperimen, kurangnya kompetensi guru dalam inovasi pembelajaran.

Pembuatan alat-alat peraga fisika sederhana berbasis mikrokontroler. pada guru dan siswa di SMAN 1 Praya Barat, terbagi menjadi tiga tahapan yaitu: 1) Tahap Persiapan, 2) Tahap Pelaksanaan, dan 3) Tahap evaluasi. Tahap persiapan merupakan langkah awal yang krusial untuk menganalisis situasi pembelajaran Fisika di SMAN 1 Praya Barat. Analisis ini mencakup identifikasi kondisi nyata di kelas, seperti pendekatan pembelajaran yang umumnya masih berfokus pada penjelasan teoritis, keterbatasan sarana eksperimen, serta kecenderungan siswa untuk memandang konsep gerak jatuh bebas secara abstrak. Berdasarkan kondisi tersebut, pendekatan pembelajaran kontekstual yang mengaitkan fenomena fisika dengan pengalaman sehari-hari menjadi penting agar siswa dapat memahami konsep secara lebih mendalam. Pada tahap ini juga, tim pengabdian menyiapkan alat peraga fisika materi Gerak Jatuh Bebas (GJB) berbasis sensor mikrokontroler serta menyusun modul pengenalan mikrokontroler dan aplikasinya dalam pembuatan alat peraga sederhana.

Tahap pelaksanaan, kegiatan dilaksanakan melalui dua pendekatan: Direct Instruction untuk menyampaikan konsep fisika dan konsep dasar sensor dan mikrokontroler dalam pembuatan sistem eksperimen, serta diskusi untuk pembuatan alat peraga, dan eksperimen menggunakan alat peraga. Perangkat eksperimen yang dikembangkan diintegrasikan langsung ke dalam pembelajaran kelas untuk mendukung eksperimen berbasis teknologi, seperti pengukuran gerak jatuh bebas. Guru dan siswa dilatih melalui bimbingan teknis untuk memastikan kemandirian penggunaan perangkat. Pendampingan juga mencakup pemantauan proses pembelajaran dan penanganan kendala teknis maupun pedagogis.

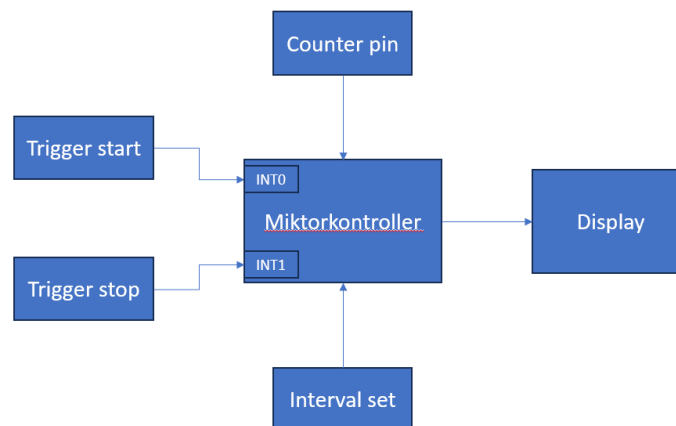
Tahap Evaluasi, pada tahap ini, evaluasi dilakukan untuk menilai efektivitas kegiatan berdasarkan pemahaman materi, respon peserta, keterlibatan aktif, dan antusiasme selama proses berlangsung. Evaluasi efektivitas dilakukan melalui survei, wawancara, dan observasi kelas, dengan penilaian pada kompetensi guru, motivasi serta partisipasi siswa, dan kesesuaian perangkat dengan kebutuhan pembelajaran Fisika. Hasil evaluasi dimanfaatkan untuk penyempurnaan program akan bisa berkelanjutan dan mendorong integrasi metode ini ke dalam kegiatan reguler sekolah, sekaligus memperkuat kolaborasi berkelanjutan antara Universitas Mataram dan SMAN 1 Praya Barat.

## **Pembuatan sistem Eksperimen GJB**

Dalam kegiatan pengabdian ini digunakan sistem eksperimen Fisika terintegrasi (SEFT), yaitu sebuah platform eksperimen berbasis mikrokontroler ESP32 yang dirancang secara modular untuk mendukung pengukuran berbagai besaran fisika secara real-time. SEFT tersusun atas unit mikrokontroler, konverter analog-digital (ADC), dan sensor accelerator yang dapat dipasang atau

Penerapan teknologi sensor dan mikrokontroler pada eksperimen gerak jatuh bebas untuk pembelajaran fisika SMA

diganti sesuai kebutuhan percobaan. Konfigurasi modular ini memungkinkan fleksibilitas tinggi dalam penerapan eksperimen fisika. Rancangan arsitektur sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 1.

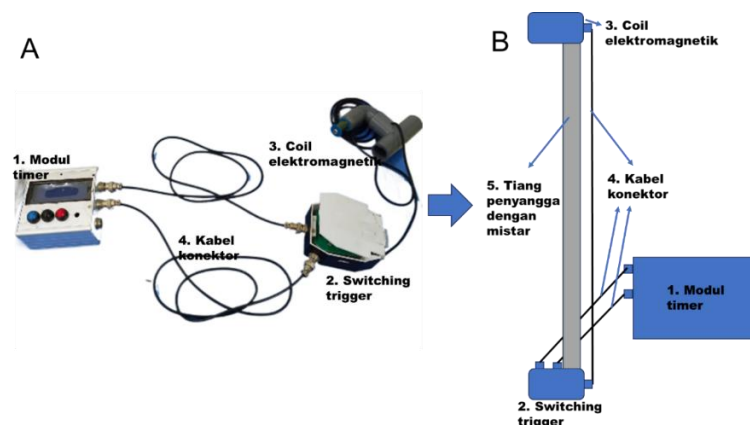


**Gambar 1.** Modul Timer

Perangkat ini memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali yang menangani pembacaan data sensor, pemrosesan informasi, serta pengoperasian aktuator. Di dalamnya terintegrasi *timer counter* berpresisi tinggi untuk memastikan akurasi pengukuran waktu pada eksperimen fisika yang memerlukan pencatatan interval antar peristiwa. Untuk mendukung pengamatan percepatan pada materi Gerak jatuh bebas sistem dilengkapi dengan beberapa komponen seperti koil magnetik dan *switching trigger*. Selain itu, rancangan sistem bersifat fleksibel dan modular sehingga dapat dipasangkan dengan berbagai jenis sensor lain seperti sensor suhu, tekanan, dan sensor tambahan lain untuk memperluas cakupan eksperimen fisika untuk rancangan ke depan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Program pengabdian ini dirancang untuk mengembangkan alat peraga fisika dengan memanfaatkan sensor dan mikrokontroler khususnya pada materi GJB, dengan penggunaan alat peraga diharapkan dapat meningkatkan pemahaman konsep-konsep fisika secara lebih mendalam di dalam kelas melalui pendekatan eksperimen atau pengamatan langsung. Kegiatan berlangsung pada tanggal 28 Juli 2025 di SMAN 1 Praya Barat, Lombok Tengah, sebagai kelanjutan dari rangkaian pengabdian bertema serupa yang telah dilakukan pada tahun-tahun sebelumnya. Tim pengabdian telah membuat sistem eksperimen fisika terintegrasi untuk eksperimen GJB yang terdiri atas komponen utama modul timer digital, *switching trigger*, koil elektromagnetik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 2.** Sistem eksperimen gerak jatuh bebas (GJB) berbasis sensor dan mikrokontroler: A) gambar susunan komponen dan B) Desain susunan modul eksperimen.

Penerapan teknologi sensor dan mikrokontroler pada eksperimen gerak jatuh bebas untuk pembelajaran fisika SMA

Pada sistem eksperimen gerak jatuh bebas yang telah dibuat sebelumnya oleh tim pengabdian, untuk membuat jalannya pengabdian lebih efektif (Gambar 2), modul timer dimanfaatkan untuk mengukur interval waktu dua kejadian secara presisi, yaitu waktu benda saat dilepas dari posisi awal benda yang melekat pada koil elektromagnetik dan benda saat tepat menyentuh switching trigger, sehingga kita dapat menentukan grafik jarak ( $s$ ) terhadap kuadrat waktu ( $t^2$ ) yang menunjukkan linearitas yang baik, berdasarkan kemiringan grafik, siswa mendiskusikan estimasi percepatan gravitasi serta sumber deviasi (hambatan udara, reaksi pelepas) dari konsep materi GJB.

Pelaksanaan pengabdian dimulai dengan penyampaian pengantar konsep fisika dan motivasi belajar serta dilanjutkan pengenalan modul eksperimen (Gambar 3). Pada praktek pelaksanaan, tim pengabdian mencoba mengikuti model pembelajaran berbasis eksperimen yang mengkombinasikan demonstrasi terarah dan praktik mandiri. Demonstrasi awal berfungsi menurunkan beban kognitif peserta sehingga pada tahap praktik mandiri siswa mampu fokus pada observasi data dan pemaknaan konsep. Pendekatan ini konsisten dengan temuan studi tentang *guided-inquiry* yang menunjukkan bahwa transisi dari demonstrasi terarah ke aktivitas praktis terstruktur meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan laboratorium siswa (Petry dkk., 2016). Selain itu, penggunaan modul eksperimen berbasis sensor dan mikrokontroler memberi akses pengalaman *hands-on* atau praktek langsung yang relevan sekaligus meningkatkan motivasi belajar dari sebuah hasil yang didukung oleh studi pengembangan modul sensor di konteks sekolah menengah (Gambar 4). Di akhir sesi, peserta mengisi kuesioner untuk menangkap umpan balik terhadap kemanfaatan kegiatan (Gambar 5).



**Gambar 3.** Penyampaian Konsep Fisika dan Motivasi Belajar Fisika dan Pengenalan Modul Eksperimen.



**Gambar 4.** Demonstrasi Gerak Jatuh Bebas Menggunakan Modul Timer yang Dikembangkan



**Gambar 5.** Pengisian Kuisisioner Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat di SMA 1 Praya Barat

Kegiatan pengabdian ini memberikan dampak positif yang signifikan terhadap pemahaman konsep dan motivasi belajar siswa. Melalui demonstrasi terarah yang diikuti praktik mandiri dengan modul eksperimen berbasis sensor dan mikrokontroler, siswa memperoleh pengalaman praktik langsung yang memfasilitasi konstruksi pengetahuan sesuai pendekatan konstruktivis. Hasil kuesioner menunjukkan mayoritas siswa merasa lebih mudah memahami konsep GJB dan tertarik untuk mencoba eksperimen serupa secara mandiri. Pendekatan ini juga membantu mengurangi kesan bahwa fisika adalah mata pelajaran abstrak, sekaligus meningkatkan kepercayaan diri siswa dalam melakukan percobaan. Secara pedagogik, peningkatan pemahaman konsep GJB dan ketertarikan siswa untuk bereksperimen mandiri mencerminkan efektivitas pendekatan berbasis pengalaman langsung yang selaras dengan teori konstruktivisme dan *Experiential Learning*. Melalui eksperimen, siswa tidak sekadar menerima informasi pasif, tetapi secara aktif membangun skema kognitif baru dengan menghubungkan konsep abstrak (misalnya percepatan gravitasi) ke fenomena konkret yang terindra (Petry dkk., 2016) (Panatarani, 2023). Hal ini memperkuat pemrosesan informasi melalui kolaboratif antara penjelasan verbal dan pengalaman visual-kinestetik, sehingga miskonsepsi tentang GJB dapat direduksi secara empiris. Selain itu, munculnya motivasi intrinsik untuk mengulang eksperimen secara mandiri mendukung teori determinasi diri, di mana terpenuhinya kebutuhan akan kompetensi dan otonomi mendorong siswa untuk terus mengeksplorasi variasi percobaan di luar jam pelajaran.

Bagi guru pendamping, kegiatan ini memperkuat kapasitas pedagogik dan keterampilan teknis dalam memanfaatkan teknologi sederhana untuk praktikum fisika. Guru memperoleh wawasan baru tentang integrasi modul eksperimen berbasis sensor dan mikrokontroler. Temuan ini diperoleh dari hasil evaluasi kegiatan berdasarkan pengamatan langsung selama proses pendampingan serta wawancara mendalam dengan guru pasca-praktikum, sehingga data yang dihasilkan bersifat deskriptif kualitatif. Diskusi pasca-praktik dan umpan balik melalui kuesioner menunjukkan guru merasa terbantu dalam merancang pembelajaran yang lebih kontekstual, menarik, dan sesuai kebutuhan peserta didik. Dampak ini sejalan dengan penelitian pengembangan profesional guru yang menekankan bahwa pelatihan berbasis praktik dan pendampingan langsung meningkatkan kesiapan guru untuk mengadopsi metode inovatif secara berkelanjutan, sehingga potensi replikasi dan adopsi jangka panjang di sekolah mitra menjadi lebih besar. Perencanaan keberlanjutan kegiatan ini dirancang agar dampaknya tidak berhenti pada satu kali pelaksanaan. Tim pengabdian merencanakan workshop lanjutan serta pendampingan daring bagi guru melalui grup komunikasi untuk memastikan pemahaman dan pemecahan kendala teknis. Modul akan dikembangkan disertai materi ajar digital seperti video demonstrasi dan panduan troubleshooting yang dapat diakses kapan saja.

## SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian yang memanfaatkan modul eksperimen berbasis sensor dan mikrokontroler pada materi Gerak Jatuh Bebas terbukti meningkatkan pemahaman konsep fisika, motivasi belajar, serta kepercayaan diri siswa dalam melakukan eksperimen, sekaligus memperkuat

Penerapan teknologi sensor dan mikrokontroler pada eksperimen gerak jatuh bebas untuk pembelajaran fisika SMA

kapasitas pedagogik dan keterampilan teknis guru. Melalui demonstrasi terarah yang dilanjutkan praktik mandiri dengan pendampingan guru, pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan menarik, seperti tercermin dari hasil kuesioner yang menunjukkan penilaian positif peserta. Untuk keberlanjutan program, disarankan agar sekolah mitra mengintegrasikan modul ini ke dalam RPP fisika dan menerapkan pendekatan bertahap serta menyelenggarakan pelatihan guru secara berkelanjutan.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat ini. Apresiasi khusus disampaikan kepada guru dan siswa SMAN 1 Praya Barat atas partisipasi aktif dan antusiasme mereka selama kegiatan pelatihan.

## DAFTAR RUJUKAN

- Atkin, K. (2018). Investigating the Torricelli law using a pressure sensor with the Arduino and MakerPlot. *Physics Education*, 53(6), 065001. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aad680>
- Bezerra, A. Z. L. N., Cabreira, F. M., Freitas, W. P. S., Cena, C. R., Alves, D. C. B., Reis, D. D., & Goncalves, A. M. B. (2019). Using an Arduino to demonstrate Faraday's law. *Physics Education*, 54(4), 043011. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab1ce1>
- Dauphin, C., & Bouquet, F. (2018). Physical pendulum experiment re-investigated with an accelerometer sensor. *Papers in Physics*, 10, 100008. <https://doi.org/10.4279/pip.100008>
- Dos Reis, W. P. N., Rodrigues, D. P., Rocha, I. L., Dutra, R. S., & Souza, P. V. S. (2021). An Arduino-based experiment designed to estimate the heat capacity of a nichrome resistor. *Physics Education*, 56(1), 013005. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abc79a>
- Espindola, P. R., Cena, C. R., Alves, D. C. B., Bozano, D. F., & Goncalves, A. M. B. (2018). Impulse measurement using an Arduino. *Physics Education*, 53(3), 035005. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aaa920>
- Freitas, W. P. S., Cena, C. R., Alves, D. C. B., & Goncalves, A. M. B. (2018). Arduino-based experiment demonstrating Malus's law. *Physics Education*, 53(3), 035034. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aab43d>
- Gingl, Z., Mellár, J., Szépe, T., Makan, G., Mingesz, R., Vadai, G., & Kopasz, K. (2019). Universal Arduino-based experimenting system to support teaching of natural sciences. *Journal of Physics: Conference Series*, 1287(1), 012052. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1287/1/012052>
- Goncalves, A. M. B., Freitas, W. P. S., Reis, D. D., Cena, C. R., Alves, D. C. B., & Bozano, D. F. (2019). Surface tension measured with Arduino. *The Physics Teacher*, 57(9), 640–641. <https://doi.org/10.1119/1.5135800>
- Jaewijarn, C., & Wuttiptom, S. (2021). A new manometer with Arduino. *Journal of Physics: Conference Series*, 1719(1), 012092. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1719/1/012092>
- Moya, A. A. (2018). An Arduino experiment to study free fall at schools. *Physics Education*, 53(5), 055020. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aad4c6>
- Panatarani, C. (2023). Perhatian Fisika Unpad, Himpunan Fisika Indonesia dan MIPANet terhadap kualitas program studi fisika. *Fisika, FMIPA, UNPAD*. <https://phys.unpad.ac.id/2023/08/22/perhatian-fisika-unpad-himpunan-fisika-indonesia-dan-mipanet-terhadap-kualitas-program-studi-fisika/>
- Petry, C. A., Pacheco, F. S., Lohmann, D., Correa, G. A., & Moura, P. (2016). Project teaching beyond physics: Integrating Arduino to the laboratory. In *2016 Technologies Applied to Electronics Teaching (TAE)* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/TAE.2016.7528376>
- Pili, U., & Violanda, R. (2019). Measurement of the gravitational acceleration using a simple pendulum apparatus, ultrasonic sensor, and Arduino. *Physics Education*, 54(4), 043009. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab2011>

Penerapan teknologi sensor dan mikrokontroler pada eksperimen gerak jatuh bebas untuk pembelajaran fisika SMA

---

Restianingsih, T., Nurhidayah, N., Pebralia, J., & Anggraini, R. M. (2023). Pelatihan pembuatan kit praktikum fisika berbasis mikrokontroler Arduino Uno di SMK Negeri 9 Muaro Jambi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Pinang Masak*, 4(2), 31–38. <https://doi.org/10.22437/jpm.v4i2.28797>