

## PENERAPAN ALAT EKSPERIMEN TERMODINAMIKA TERINTEGRASI INTERNET OF THINGS

Ahmad Fitra Ritonga<sup>1\*</sup>, Ismet<sup>2</sup>, M. Husni Syahbani<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Pendidikan Fisika, Universitas Sriwijaya, Indonesia

<sup>3</sup>Sistem Informasi, Universitas Sriwijaya, Indonesia

[ahmadfr@fkip.unsri.ac.id](mailto:ahmadfr@fkip.unsri.ac.id)

---

### ABSTRAK

**Abstrak:** Kemampuan keterampilan merancang alat eksperimen siswa kelas *microcontroller* SMAN X masih rendah dan perlu ditingkatkan. Salah satu faktor penyebabnya yaitu terbatasnya ketersediaan alat dan fasilitas pendukung dalam praktikum eksperimen termodinamika. Pengabdian ini bertujuan untuk memberikan pendampingan dalam pembuatan alat eksperimen termodinamika terintegrasi Internet of Things (IoT) bagi siswa. Metode pelaksanaan pengabdian menggunakan pendekatan *Service Learning* (SL) berbasis eksperimen. Peserta mitra terdiri dari 16 siswa dari kelas XI dan XI pada peminatan kelas *microcontroller*. Evaluasi kegiatan dilakukan dengan cara mengisi lembar observasi yang mencakup tiga kategori aspek keterampilan yaitu merancang alat, mengaplikasikan program, serta mencoba memadukan alat dengan program. Hasil pengabdian menunjukkan bahwa siswa terampil membuat alat eksperimen terintegrasi IoT dengan rerata persentase kategori sangat baik dan baik sebesar 95%. Melalui kegiatan ini diharapkan keterampilan siswa dalam membuat alat eksperimen semakin meningkat, sehingga mendorong motivasi, kreativitas, dan inovasi siswa dalam proses pembelajaran.

**Kata Kunci:** Alat Eksperimen; IoT; Keterampilan Siswa; Termodinamika; Media.

**Abstract:** *The ability to design experimental tools for microcontroller class students at SMAN X is still low and helps to be improved. The contributing factor is the limited availability of tools and supporting facilities in thermodynamics experimental practicums. This community service aims to provide assistance in making thermodynamics experimental tools integrated with the Internet of Things (IoT) for students. The community service method uses an experiment-based Service Learning (SL) approach. Partner participants consisted of 16 students from grades XI and XI in the microcontroller class interest. Evaluation of the program was carried out by filling out an observation sheet that covered three categories of skill aspects, namely designing tools, applying programs, and trying to integrate tools with programs. The results of the community service show that students are skilled at making IoT integrated experimental tools with an average percentage of very good and good categories of 95%. Through this program, it is hoped that students' skills in making experimental tools will increase, thereby encouraging student motivation, creativity, and innovation in the learning process.*

**Keywords:** *Experimental Props; IoT; Students' Skills; Thermodynamics; Media.*



#### Article History:

Received: 09-04-2026

Revised : 12-05-2026

Accepted: 15-05-2026

Online : 01-06-2026



*This is an open access article under the  
CC-BY-SA license*

## A. LATAR BELAKANG

Fisika merupakan bidang ilmu sains yang memiliki konsep abstrak sehingga sering kali sulit dipahami oleh siswa. Salah satu materi fisika yang sulit dipahami adalah materi termodinamika (Radjawane et al., 2022; Surosos, 2016). Termodinamika merupakan salah satu materi fisika yang banyak berisikan konsep-konsep sehari-hari dan pemanfaatan teknologi (Eli Trisnowati et al., 2023; Pandiangan, 2024). Pemahaman konsep termodinamika termasuk diantaranya mengenal parameter fisika tekanan, volume, dan temperatur. Oleh karena itu, konsep-konsep tersebut perlu dikonkretkan agar lebih mudah dipahami, salah satunya melalui penggunaan alat praktikum (Pambuka & Rahardjo, 2018).

Alat praktikum dapat menjelaskan konsep fisika yang bersifat abstrak (Agustianti & Rustana, 2015). Kebutuhan alat praktikum dalam bidang pendidikan sangat diperlukan (Puspasari, 2018; Saepuzaman & Yustiandi, 2017), namun belum tentu alat praktikum tersedia untuk menjelaskan materi tertentu (Wulandari et al., 2016). Dengan demikian, materi termodinamika sepantasnya dibuat sesuai dengan tujuan alat praktikum yaitu dapat mengajarkan keterampilan bereksperimen (Dewi et al., 2015), dengan pertimbangan alat praktikum harus sesuai kurikulum dan konsep fisika (Afriyanto, 2015).

Media pembelajaran memegang peranan penting karena terbukti memberikan perubahan positif terhadap hasil belajar serta motivasi siswa (Sidiq & Syaripudin, 2022; Wulandari et al., 2016). Media berfungsi sebagai perantara dalam membantu memahami serta memperjelas konsep dalam kegiatan pembelajaran agar sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan (Lamanepa et al., 2022; Lehan et al., 2023). Selain itu, media pembelajaran dapat menumbuhkan kemandirian dan kreativitas dalam proses pembelajaran (Fadhilah et al., 2025). Dengan demikian, alat praktikum termodinamika cocok dibuat untuk menunjang pembelajaran fisika materi termodinamika.

Alat eksperimen termodinamika diharapkan dapat meningkatkan keterampilan siswa. Hal ini selaras dengan penelitian dan pengabdian terdahulu yang menjelaskan bahwa alat praktikum fisika dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa (Anisah, 2021), keterampilan guru (Ritonga, Seprina, et al., 2025), kemampuan ilmiah siswa (Ritonga, Sudirman, et al., 2025), serta terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa (Andadari et al., 2024). Dengan demikian, media pembelajaran fisika berupa alat eksperimen termodinamika perlu dibangun dan diimplementasikan di sekolah disertai pemanfaatan teknologi zaman sekarang.

*Internet of Things* (IoT) merupakan teknologi kekinian. IoT menggunakan jaringan internet sebagai media komunikasi (Efendi, 2018). Implementasi teknologi IoT dalam pembelajaran sudah banyak dilakukan salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Ritonga et al. (2020) yang

menyatakan dengan IoT keterampilan kompetensi siswa semakin meningkat. Untuk memudahkan penugasan kepada siswa, alat eksperimen termodinamika dibuat dalam kegiatan proyek. Kegiatan proyek ini disebut dengan pembelajaran berbasis *Project-Based Learning* (PjBL) yang berguna menunjang proses pembelajaran (Prastyo et al., 2022). PjBL didukung oleh media pembelajaran yang mampu menggambarkan konsep hukum termodinamika secara efektif (Fauzi, 2024), yaitu alat eksperimen termodinamika terintegrasi IoT pada kegiatan eksperimen atau praktikum (Cyrilla et al., 2023).

Salah satu implementasi alat eksperimen termodinamika melalui kegiatan praktikum. Pemilihan alat, bahan, serta teknik yang tepat menjadi dasar penting dalam memperoleh data yang akurat, terutama dalam kegiatan praktikum atau eksperimen (Rahmani et al., 2022). Kegiatan eksperimen merupakan percobaan yang dilakukan di laboratorium untuk memecahkan persoalan melalui langkah-langkah ilmiah. Melalui praktikum, kemampuan siswa dapat dilatih dengan mengikuti tahapan ilmiah (Radiyah et al., 2022). Dengan eksperimen siswa dapat mengingat materi pembelajaran dalam jangka waktu yang lebih lama (Widayanti & Yuberti, 2018), keterampilan siswa meningkat (Ritonga et al., 2020), dan kemampuan kognitif & keterampilan proses siswa meningkat (Subekti & Ariswan, 2016).

Berdasarkan observasi di SMAN X ditemukan bahwa kegiatan pembelajaran materi termodinamika masih dilaksanakan secara konvensional. Selain itu, belum ditemukannya alat eksperimen yang diintegrasikan dengan IoT. Seiring dengan perkembangan teknologi dan informasi, sudah sepatutnya tenaga pendidik agar bisa membuat alat, mengoperasikan alat ataupun merancang sendiri sesuai pertumbuhan era serta kemajuan teknologi (Lehan et al., 2023). Oleh sebab itu Tim Pengabdian bermaksud untuk melakukan penerapan alat eksperimen termodinamika terintegrasi IoT bagi guru dan siswa SMAN X dengan melalui salah satu langkah strategis sebagai kontribusi Civitas akademika Universitas Sriwijaya bagi peningkatan layanan pendidikan bagi guru dan siswa di SMAN X.

## **B. METODE PELAKSANAAN**

Metode pengabdian ini menerapkan pendekatan *Service-Learning* (SL) dalam bentuk eksperimen. *Service-Learning* merupakan pendekatan yang mengintegrasikan tujuan akademik dengan pembentukan karakter peserta didik, sehingga mampu menumbuhkan kesadaran dalam menyelesaikan permasalahan secara langsung (Setyowati & Permata, 2018). Selain itu, pendekatan ini menekankan pada aspek pelayanan, baik terhadap diri sendiri, orang lain, maupun lingkungan sekitar (Prasasty et al., 2022). Eksperimen merupakan kegiatan pembelajaran yang mana siswa aktif membuktikan secara langsung apa yang sedang dipelajari (Subekti & Ariswan, 2016). Pengabdian ini merupakan pelayanan yang disajikan dalam

bentuk kegiatan pendampingan kepada peserta yaitu pelayanan sesuai dengan tujuan akademik yang dapat membentuk sikap ilmiah dengan cara memecahkan persoalan terkait dengan termodinamika dan teknologi. Persoalan disajikan dalam bentuk proyek termodinamika terintegrasi IoT yaitu dikerjakan bersama satu tim atau kelompok. Mitra dalam kegiatan pengabdian ini adalah siswa-siswa SMAN X. Jumlah peserta sebanyak 16 siswa yang berasal dari kelas XI dan XII. Tahapan pelaksanaan pengabdian memiliki tiga tahapan sebagai berikut.

### **1. Pra Pelaksanaan**

Pada tahapan ini tim melakukan kegiatan observasi awal dan melaksanakan wawancara dengan kepala sekolah dan guru mata pelajaran fisika SMAN X. Selanjutnya melakukan perancangan alat dan modul. Kemudian melakukan kegiatan sosialisasi yang bertujuan untuk memperkenalkan alat eksperimen termodinamika terintegrasi IoT.

### **2. Pelaksanaan**

Pada tahapan ini tim melaksanakan pelatihan pembuatan alat eksperimen termodinamika IoT terdiri dari Hukum Gay-Lussac dan Hukum Boyle. Selanjutnya tim mengadakan kegiatan penerapan teknologi yaitu melakukan praktik pembuatan alat eksperimen dan mencobakannya dalam kegiatan praktikum di laboratorium.

### **3. Evaluasi**

Pada tahapan ini tim melakukan pendampingan dan evaluasi setelah kegiatan pelaksanaan selesai berupa kegiatan observasi dengan menggunakan alat lembar observasi. Selanjutnya tim melakukan upaya menindaklanjuti pelaksanaan program sebelum program selesai.

## **C. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Adapun hasil dan pembahasan atas masing-masing tahapan kegiatan dapat diuraikan berikut ini.

### **1. Pra Pelaksanaan**

Kegiatan diawali dengan observasi melalui kunjungan serta wawancara langsung dengan kepala sekolah dan guru fisika SMAN X. Selanjutnya melakukan perancangan alat dan bahan eksperimen serta penyusunan modul termodinamika terintegrasi IoT yang disesuaikan dengan langkah kerja praktikum mulai dari judul, tujuan, alat dan bahan serta teori dasar yang disesuaikan dengan Kurikulum Merdeka mata pelajaran fisika kelas XI. Sementara itu, pihak sekolah bertanggung jawab dalam menyiapkan tempat dan waktu pelaksanaan kegiatan sosialisasi.

## 2. Pelaksanaan

Kegiatan ini dilaksanakan pada tanggal 4 September 2025 dan dibuka secara resmi oleh Kepala Sekolah, yaitu Bapak Drs. Thohir Hamidi, M.Si. Para siswa mengikuti sesi penyampaian materi termodinamika yang disampaikan oleh narasumber, meliputi konsep dasar termodinamika, Hukum Termodinamika, Hukum Gay-Lussac, Hukum Boyle, serta penerapan IoT pada alat eksperimen termodinamika. Selanjutnya, siswa diberikan pelatihan dalam pembuatan alat eksperimen termodinamika terintegrasi IoT.

Teknologi yang dihasilkan dari kegiatan pelatihan ini berupa dua jenis alat eksperimen, yaitu alat eksperimen Hukum Gay-Lussac dan Hukum Boyle terintegrasi IoT. Selanjutnya, alat-alat tersebut diuji coba dengan memanaskan labu didih pada percobaan Hukum Gay-Lussac serta menekan suntikan pada percobaan Hukum Boyle, sambil mengamati perubahan tekanan, suhu, dan volume melalui aplikasi Blynk, dimana setiap perubahan parameter akan ditampilkan dalam bentuk pergerakan pada aplikasi tersebut. Alat eksperimen Hukum Gay-Lussac bekerja berdasarkan prinsip bahwa suhu gas berbanding lurus dengan tekanan gas, sedangkan alat eksperimen Hukum Boyle didasarkan pada prinsip persamaan tekanan gas berbanding terbalik dengan volume. Ilustrasi teknologi yang dikembangkan seperti pada Gambar 1 berikut.



**Gambar 1.** Alat Eksperimen Termodinamika Terintegrasi IoT

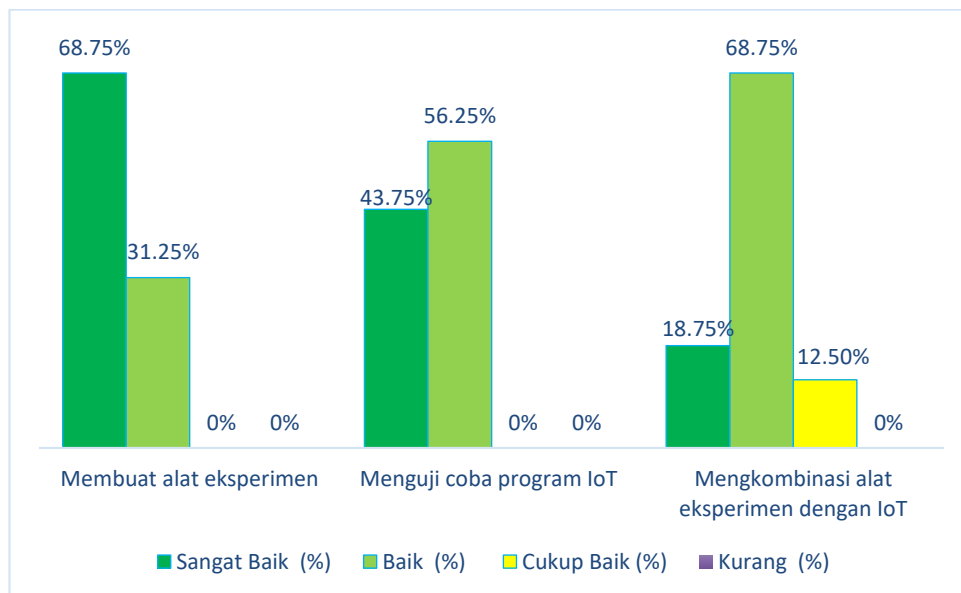
Kegiatan pelaksanaan berikutnya dilaksanakan pada tanggal 10 September 2025. Pada tahap ini, siswa melakukan praktik penggunaan alat eksperimen yang dikerjakan secara berkelompok sebagai bagian dari aktivitas proyek. Kelompok siswa dibagi menjadi empat, yaitu dua kelompok yang mengerjakan alat eksperimen Hukum Gay-Lussac dan dua kelompok yang mengerjakan alat eksperimen Hukum Boyle. Setiap kelompok terdiri dari empat hingga lima siswa. Sementara itu, dosen dan mahasiswa berperan dalam memberikan pendampingan serta melakukan observasi langsung terhadap penggunaan alat eksperimen termodinamika oleh guru dan siswa (Gambar 2).



**Gambar 2.** Pembuatan Alat Eksperimen Termodikamika Terintegrasi IoT

### 3. Evaluasi

Kegiatan evaluasi dilakukan dengan menilai keterampilan siswa sejak tahap pelatihan hingga tahap pendampingan. Tim Pengabdian melakukan pengamatan langsung dengan instrumen penilaian berupa lembar observasi. Penilaian mencakup tiga aspek keterampilan, yaitu merancang alat, mengaplikasikan program, serta mencoba memadukan alat dengan program. Hasil pengamatan tersebut disajikan pada Gambar 3 berikut.



**Gambar 3.** Hasil Observasi Aspek Keterampilan Siswa

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa keterampilan siswa dalam membuat alat eksperimen memperoleh persentase kategori “sangat baik” dan “baik” sebesar 100%, persentase keterampilan dalam menguji program IoT dengan kategori “sangat baik” dan “baik” sebesar 100%, dan persentase keterampilan dalam mengintegrasikan alat eksperimen dengan IoT dengan kategori “sangat baik” dan “baik” sebesar 87.5%. Rerata persentase “sangat baik” dan “baik” sebesar 95% yang dapat disimpulkan bahwa siswa terampil membuat alat eksperimen termodinamika terintegrasi IoT. Sesuai dengan hasil pengabdian sebelumnya yang menunjukkan bahwa tenaga pendidik mampu merancang alat peraga energi terbarukan terintegrasi IoT dengan kategori baik (Ritonga, Seprina, et al., 2025). Selain itu, penelitian lain juga mengungkapkan adanya peningkatan skor rata-rata kompetensi siswa

sebelum dan sesudah pelatihan berbasis IoT (Ritonga et al., 2020).

Berdasarkan hasil pengamatan langsung selama penggunaan alat termodinamika, siswa mampu memahami konsep Hukum Gay-Lussac dan Hukum Boyle dan aplikasinya pada alat yang telah dibuat. Seiring dengan hasil pengabdian sebelumnya yang menyatakan bahwa pelatihan pembuatan alat peraga dapat membentuk sikap ilmiah dan berkembang secara optimal (Lamanepa et al., 2022; Ritonga, Sudirman, et al., 2025). Selain itu, siswa juga menunjukkan partisipasi aktif dalam kerja kelompok saat membuat alat eksperimen, yang selaras dengan pendapat bahwa penyusunan alat praktikum sederhana dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran (Azmi et al., 2024). Kegiatan ini juga menjadi solusi atas keterbatasan alat eksperimen termodinamika yang umumnya sulit diperoleh dalam bentuk sederhana dan praktis. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian ini tidak hanya membentuk sikap ilmiah siswa, tetapi juga membekali mereka kemampuan untuk merancang alat eksperimen baru secara mandiri, sebagaimana didukung oleh penelitian yang menyatakan bahwa pelatihan pembuatan alat peraga fisika memberikan pemahaman baru terkait pembuatan, pengadaan alat praktikum dengan biaya terjangkau, serta pengelolaan dan manajemen laboratorium (Syahidi et al., 2021).

#### **D. SIMPULAN DAN SARAN**

Pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat berjalan dengan baik dan sesuai dengan rencana sebelumnya. Berdasarkan hasil evaluasi menunjukkan siswa SMAN X terampil membuat kedua alat eksperimen termodinamika dengan tingkat persentase sebesar 95%. Hal ini dibuktikan dengan hasil proyek siswa yang berhasil buat sebanyak empat alat eksperimen termodinamika terintegrasi IoT. Selain itu, sikap ilmiah siswa juga ikut membaik seperti motivasi menyelesaikan masalah dan inovasi dan kreativitas siswa dalam merancang alat eksperimen. Harapan dari program ini adalah dengan adanya alat eksperimen ini dapat dijadikan sebagai proyek berkelanjutan bagi siswa dan juga sekolah dalam mendukung pelaksanaan kegiatan P5 siswa khususnya pada mata pelajaran berbasis sains dan teknologi informasi seperti pada kelas *microcontroller*.

Proyek ini sebaiknya dilanjutkan dengan beberapa catatan diantaranya tim pengabdian dan mitra memastikan alat dan bahan yang telah diserahkan tersimpan secara baik dan juga terawat karena alat ini sensitif seperti rentan rusak, kabel putus, dan labu pecah apabila terjatuh. Catatan lainnya yaitu akurasi hasil pengukuran sensor tekanan yang masih kurang akibat hasilnya dipengaruhi oleh tekanan udara luar baik pada alat eksperimen eksperimen Hukum Gay-Lussac dan Hukum Boyle. Oleh sebab itu, sebelum eksperimen dilakukan perlu dilakukan pengecekan alat terlebih dahulu dan mengatasi kendala tersebut menjadi perhatian agar pelaksanaan kegiatan pengabdian selanjutnya dapat berjalan lebih optimal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DPPM) Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi atas dukungan hibah tahun anggaran 2025 yang diberikan sesuai dengan Surat Lampiran Pengumuman No. 0070/C3/AL.04/2025. Selain itu, apresiasi juga diberikan kepada Dinas Pendidikan dan Kebudayaan (Disdikbud) Sumatera Selatan, mitra SMAN X, serta seluruh sivitas akademika Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, dan Universitas Sriwijaya yang telah memberikan fasilitas, dukungan, dan semangat dalam menyukseskan program pengabdian kepada masyarakat tahun 2025.

## DAFTAR RUJUKAN

- Afriyanto, E. (2015). Pengembangan Media Pembelajaran Alat Peraga pada Materi Hukum Biot Savart di SMA Negeri 1 Prambanan Klaten. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 2(1), 20. <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v2i1.3131>
- Agustianti, D., & Rustana, C. E. (2015). Pengembangan alat praktikum melde sebagai media pembelajaran fisika sma. *In Joint Prosiding IPS dan Seminar Nasional Fisika* (Vol. 4, pp. SNF2015-II).
- Andadari, M. H., Syaputri, S. A., Bhatari, N. A., Veftiyas D. J, E., Surozi, M. K., & Wahyuni, S. (2024). Pendampingan Pembuatan Media Pembelajaran Miniatur Kincir Air Di SDN Bintoro 01 Jember. *Dedication : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 8(2), 333–340. <https://doi.org/10.31537/dedication.v8i2.1992>
- Anisah, F. (2021). Pengaruh Alat Praktikum Fisika Sederhana terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa di MAN 3 Aceh Utara. *In Prosiding SEMDI-UNAYA (Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu UNAYA)*, 4(1), 115–128.
- Azmi, I., Pangga, D., Ahzan, S., & Mirawati, B. (2024). Pelatihan Penyusunan Alat Peraktikum Sederhana bagi Asisten Laboratorium Fisika. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 7(4), 1833-1841.
- Cyrylla, S. R., Fitriyani, V., Ningsih, S. M. J., Bayyinah, B., Febriani, I. S. D., Muflih, A. M., Jamaludin, J., Heriyanto, Y. W., Luhukay, J. R., Djatmiko, W., Yaqin, A. A., & Sugihartono, I. (2023). Model Pembelajaran Problem Based Learning Fisika sebagai Implementasi Kurikulum Merdeka. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat 2023 (SNPPM-2023)*, 2023, 36–48.
- Dewi, M. L., Budi, A. S., & Budi, E. (2015). Dewi, M. L., Budi, A. S., & Budi, E. (2015, October). Pengembangan Modul Praktikum Fisika Berbasis Data Logger untuk SMA. *In Joint Prosiding IPS dan Seminar Nasional Fisika* (Vol. 4, pp. SNF2015-II).
- Efendi, Y. (2018). Internet of Things (IoT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 4(2), 21–27. <https://doi.org/10.35329/jiik.v4i2.41>
- Eli Trisnowati, Desika Rosiana Putri, Sabilla Safa Annisa Qurrota, Filda Khoirun Nikmah, & Danysa Mulyaningrum. (2023). Analisis Konsep Termodinamika pada Produksi Kerupuk Sebagai Bentuk Kearifan Lokal di Magelang Jawa Tengah. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 13(1), 268–273. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.795>
- Fadhilah, N., Risanti, D. D., Wahyuono, R. A., Sawitri, D., Mawarani, L. J., & Muharja, M. (2025). Penggunaan Media Peraga Berbasis Energi Terbarukan Guna Menunjang Model Pembelajaran Student-Centered Learning di SDN

- Ajung 01 Kalisat. *Sewagati*, 9(1), 2666–2677. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v9i1.2403>
- Fauzi, F. A. (2024). Pengembangan Alat Peraga Mesin Kalor Sederhana sebagai Media Pembelajaran Fisika Materi Termodinamika. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(2), 35173–35182.
- Lamanepa, G. H., Begu, P. O., & Pasaribu, R. (2022). Pembuatan Alat Peraga Sederhana untuk Mendukung Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pengabdian Masyarakat (Abdira)*, 2(1), 313–318. <https://doi.org/10.31004/abdira.v2i1.109>
- Lehan, A. A. D., Koroh, T. R., Nawa, N. E. A., Kota, M. K., Nurhabibah, S., & Fembriani, F. (2023). Pelatihan Pembuatan Media Pembelajaran bagi Guru Sekolah Dasar. *Pengabdian Masyarakat Ilmu Pendidikan*, 3(1), 21–28.
- Pambuka, R. N., & Rahardjo, D. T. (2018). Pembuatan alat eksperimen induksi magnet pada toroida menggunakan arduino dan hall effect sensor. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, 8(2), 33–38.
- Pandiangan, J. A. (2024). Analysis of Understanding Concepts and Obstacles to Understanding Concepts of Thermodynamics in Physics Lessons. *Al-Khazini: Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(2), 40–46. <https://doi.org/10.24252/al-khazini.v4i2.42972>
- Prasasty, A. T., Isroyat, I., & Nurhidayati, R. (2022). Pelatihan Pengembangan Media Pembelajaran 3D pada Guru kelas di SDN Pondok Terong 1Kota Depok. *Rangkiang*, 4(1), 32–37.
- Prastyo, A., Fithriyah, H., & Ekawati, E. Y. (2022). Konstruksi Indikator Penilaian Proyek Berbasis Profil Pelajar Pancasila pada Pembelajaran Fisika Fase F. *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya) 2022*, 1–9.
- Puspasari, R. (2018). Implementasi Project Based Learning untuk Meningkatkan Kemandirian dan Prestasi Belajar Mahasiswa dalam Pembuatan Alat Peraga Matematika Inovatif. *Math Didactic: Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(1), 10–22. <https://doi.org/10.33654/math.v3i1.51>
- Radiyono, Y., Fauzi, A., Surantoro, S., & Wirdiyatusyifa, W. (2022). Pembuatan Alat Percobaan Hukum II Newton dengan Sensor Cahaya Photodiode. *Jurnal Materi Dan Pembelajaran Fisika*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.20961/jmpf.v12i1.26118>
- Radjawane, M. M., Tinambunan, A., & Jono, S. (2022). *Fisika*. Kemendikbudristek.
- Rahmani, Y., Hamdani, D., & Risdianto, E. (2022). Pengembangan Alat Peraga Eksperimen Fisika Dasar 1 pada Materi Viskositas Fluida. *Amplitudo: Jurnal Ilmu Dan Pembelajaran Fisika*, 1(2), 128–137. <https://doi.org/10.33369/ajipf.1.2.128-137>
- Ritonga, A. F., Seprina, I., & Ariska, M. (2025). Pendampingan Pembuatan Alat Peraga Energi Baru Terbarukan Terintegrasi Internet of Things. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 9(2), 1489. <https://doi.org/10.31764/jmm.v9i2.29083>
- Ritonga, A. F., Sudirman, S., Sardianto, S., & Syahbani, H. (2025). Pembuatan Alat Peraga Energi Terbarukan Terintegrasi Internet of Things (IoT) bagi Guru dan Siswa SMA Srijaya Negara. *Bima Abdi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 306–316. <https://doi.org/10.53299/bajpm.v5i2.1543>
- Ritonga, A. F., Wahyu, S., & Purnomo, F. O. (2020). Implementasi Internet of Things (IoT) untuk Meningkatkan Kompetensi Siswa SMK Jakarta 1. *Risenologi*, 5(1), 1–8. <https://doi.org/10.47028/j.risenologi.2020.51.57>
- Saepuzaman, D., & Yustiandi, Y. (2017). Pengembangan Alat Peraga dan Lembar Kerja Percobaan Penentuan Koefisien Restitusi untuk Meningkatkan Kemampuan Siswa Bereksperimen. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 3(2), 145–150. <https://doi.org/10.21009/1.03204>
- Setyowati, E., & Permata, A. (2018). Service Learning: Mengintegrasikan Tujuan Akademik dan Pendidikan Karakter Peserta Didik melalui Pengabdian

- Kepada Masyarakat. *Bakti Budaya*, 1(2), 143–152. <https://doi.org/10.22146/bb.41076>
- Sidiq, E. I., & Syaripudin, C. R. (2022). Sumber Belajar dan Alat Peraga sebagai Media Pembelajaran. *Jurnal Edukasi Nonformal*, 2(2), 596–601.
- Subekti, Y., & Ariswan, A. (2016). Pembelajaran Fisika dengan Metode Eksperimen untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif dan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 252. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.6278>
- Surosos, S. (2016). Analisis Kesalahan Siswa dalam Mengerjakan Soal-Soal Fisika Termodinamika pada Siswa SMA Negeri 1 Magetan. *Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, 4(1), 8. <https://doi.org/10.25273/jems.v4i1.200>
- Syahidi, K., Zahara, L., Fartina, & Novianti, B. A. (2021). Pelatihan pembuatan alat peraga ipa fisika sederhana bagi guru IPA SMP di kec. Jerowaru. *Jurnal Abdi Populika*, 2(1), 106-111.
- Widayanti, W., & Yuberti, Y. (2018). Pengembangan Alat Praktikum Sederhana Sebagai Media Praktikum Mahasiswa. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika Dan Riset Ilmiah)*, 2(1), 21–27. <https://doi.org/10.30599/jipfri.v2i1.161>
- Wulandari, R., Susilo, H., & Kuswandi, D. (2016). Multimedia interaktif bermuatan game edukasi sebagai salah satu alternatif pembelajaran ipa di sekolah dasar. In *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Kerjasama Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan Kemendikbud 2016*.