



Systematic Literature Review: Efektivitas Praktikum Fisika Berbasis Smartphone Sensors dan Mikro-Kontroler terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik

Dinaldhi Muhammad Aditya
dinaldhimuhammad@gmail.com

Physics Education Study Program, UIN Sunan Gunung Djati,
Bandung, Indonesia

Artikel ini telah dipresentasikan pada kegiatan Seminar Nasional
Fisika (Sinafi 12.0)

Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

08 Agustus 2026

Adam Malik

adammalik@uinsgd.ac.id

Physics Education Study Program, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung,
Indonesia

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas praktikum fisika berbasis *smartphone sensors* dan *microcontroller* dalam meningkatkan Keterampilan Proses Sains peserta didik. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR) berdasarkan pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses* (PRISMA) 2020. Penelusuran artikel dilakukan melalui *Scopus* dan *Google Scholar* menggunakan *Publish or Perish*, dengan 63 artikel teridentifikasi pada tahap awal. Proses seleksi melalui penghapusan duplikasi, penyaringan judul dan abstrak, serta telaah *full text* menghasilkan lima artikel empiris yang memenuhi kriteria inklusi. Hasil sintesis menunjukkan bahwa penggunaan *smartphone sensors* dan *microcontroller* efektif meningkatkan Keterampilan Proses Sains dengan pengaruh yang signifikan. *Smartphone sensors* unggul dalam fleksibilitas, aksesibilitas, dan kemudahan pelaksanaan praktikum mandiri, sedangkan *microcontroller* mendukung pengukuran yang lebih akurat, otomatisasi akuisisi data, dan pengamatan fenomena fisika secara presisi. Peningkatan keterampilan terutama mencakup kemampuan mengamati, mengukur, mengendalikan variabel, mengomunikasikan data, menginterpretasikan hasil, dan menganalisis hubungan antarvariabel. Integrasi kedua teknologi berpotensi memperkuat praktikum berbasis inkuiri, literasi sains, dan kompetensi digital peserta didik dalam pembelajaran abad ke-21.

Keywords: *Smartphone sensors · Microcontroller · Arduino · Keterampilan Proses Sains · praktikum fisika · Systematic Literature Review.*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital pada abad ke-21 mendorong transformasi paradigma pembelajaran fisika dari pendekatan konvensional yang berorientasi pada hafalan menuju pembelajaran berbasis inkuiri dan aktivitas praktikum (*hands on*) (Novia et al., 2025). Fisika sebagai cabang sains tidak hanya memuat produk pengetahuan berupa fakta, konsep, prinsip, dan hukum, tetapi juga mencakup proses penemuan yang berkaitan erat dengan Keterampilan Proses Sains (KPS). KPS meliputi kemampuan mengamati, merumuskan hipotesis, melakukan pengukuran, menginterpretasikan data, serta menarik kesimpulan sebagai kompetensi esensial dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah autentik (Suja, 2023). Pelaksanaan praktikum fisika di sekolah masih menghadapi berbagai kendala yang bersifat berkelanjutan. Hasil penelitian oleh Buana et al. (2026) menunjukkan bahwa keterbatasan ketersediaan peralatan laboratorium modern serta dominasi praktikum berbasis verifikasi (*cookbook laboratory*) menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan dalam merancang eksperimen secara mandiri dan menginterpretasikan data grafik berdasarkan kaidah ilmiah. Keterbatasan infrastruktur laboratorium tersebut berimplikasi pada belum optimalnya pengembangan Keterampilan Proses Sains peserta didik di lingkungan sekolah (Purwati et al., 2025).

Pemanfaatan teknologi yang telah tersedia dan dimiliki oleh sebagian besar peserta didik menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi keterbatasan infrastruktur laboratorium (Rahmah et al., 2023).

How to Cite: Aditya, D.M., & Malik, A. (2026). Systematic Literature Review: Efektivitas Praktikum Fisika Berbasis Smartphone Sensors dan Mikro-Kontroler terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 5 (1), 81-90. <http://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi>

Smartphone modern telah dilengkapi dengan berbagai sensor bawaan (*smartphone sensors*), seperti akselerometer, giroskop, magnetometer, sensor cahaya, dan mikrofon, yang dapat dimanfaatkan melalui aplikasi analisis data fisika, seperti *Phyphox* maupun *Physics Toolbox*, tanpa biaya tambahan (L. R. Putri et al., 2025). Pemanfaatan *microcontroller* berbiaya rendah, seperti *Arduino* dan *ESP32*, juga menyediakan platform yang fleksibel untuk memproses data dari sensor eksternal secara *real time* dalam berbagai eksperimen fisika (Azis & Sujono, 2026). Hasil penelitian oleh Azis & Sujono (2026) menunjukkan bahwa praktikum berbasis sensor *smartphone* mampu meningkatkan retensi konsep dan Keterampilan Proses Sains karena menyajikan visualisasi data yang akurat serta mendukung pelaksanaan praktikum secara fleksibel melalui konsep *mobile laboratory*. Penerapan praktikum berbasis *Arduino* juga dilaporkan meningkatkan kemampuan inferensi dan analisis variabel peserta didik secara signifikan dibandingkan dengan praktikum konvensional (Rasmi et al., 2026). Integrasi sensor *smartphone* dan *microcontroller* berpotensi menciptakan laboratorium fisika yang lebih interaktif, ekonomis, serta mendukung aktivitas eksplorasi ilmiah secara mandiri.

Penelitian mengenai pemanfaatan *smartphone sensors* maupun *microcontroller* dalam praktikum fisika menunjukkan perkembangan yang pesat selama satu dekade terakhir. Fokus penelitian dan temuan yang dihasilkan masih bersifat terfragmentasi sehingga belum memberikan gambaran yang komprehensif. Hasil penelitian Saputra (2025) menunjukkan bahwa penggunaan sensor *smartphone* efektif meningkatkan pemahaman konseptual pada materi mekanika, sedangkan pengaruhnya terhadap indikator Keterampilan Proses Sains tertentu, seperti kemampuan merumuskan hipotesis, masih menunjukkan hasil yang beragam. Kajian Harianto et al. (2025) mengenai penerapan *microcontroller* menekankan peningkatan Keterampilan Proses Sains pada aspek pemodelan data, tetapi implementasinya masih memerlukan kajian lebih lanjut terkait kesiapan teknis pendidik. Variasi temuan empiris, cakupan materi fisika yang meliputi mekanika, gelombang, optik, dan termodinamika, serta perbedaan bentuk intervensi menunjukkan perlunya sintesis secara komprehensif untuk memperoleh gambaran yang lebih utuh mengenai efektivitas integrasi kedua teknologi tersebut dalam meningkatkan Keterampilan Proses Sains peserta didik secara terukur.

Kesenjangan dalam literatur mendorong pelaksanaan penelitian menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) sebagai pendekatan untuk menghasilkan sintesis bukti ilmiah yang komprehensif. Metode SLR digunakan untuk mengidentifikasi, menyeleksi, dan mensintesis artikel empiris yang dipublikasikan pada jurnal bereputasi selama sepuluh tahun terakhir guna memetakan tren implementasi, pola efektivitas, serta indikator Keterampilan Proses Sains yang menunjukkan peningkatan paling signifikan. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan mensintesis bukti empiris mengenai efektivitas praktikum fisika berbasis *smartphone sensors* dan *microcontroller* terhadap peningkatan Keterampilan Proses Sains peserta didik. Hasil penelitian diharapkan memberikan kontribusi teoretis berupa pemetaan literatur mengenai pembelajaran fisika berbasis teknologi digital serta menjadi rujukan praktis bagi pendidik dan pengembang kurikulum dalam merancang kegiatan praktikum fisika yang efektif, efisien, dan selaras dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk menganalisis efektivitas praktikum fisika berbasis *smartphone sensors* dan *microcontroller* terhadap Keterampilan Proses Sains peserta didik. Pelaksanaan SLR mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses* (PRISMA) sebagai standar pelaporan kajian sistematis dan *meta analysis* guna menjamin transparansi, konsistensi, serta keandalan proses kajian (Page et al., 2021).

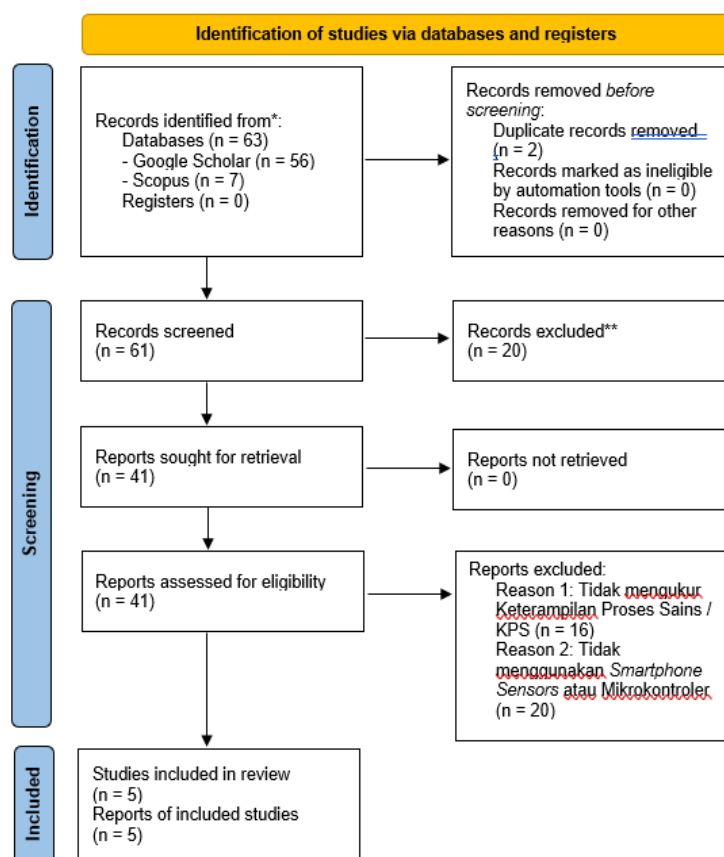
Target dan Subjek Penelitian

Target penelitian mencakup seluruh artikel ilmiah yang membahas pemanfaatan *smartphone sensors* dan *microcontroller* dalam kegiatan praktikum atau pembelajaran fisika. Subjek penelitian berupa artikel ilmiah yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan kriteria inklusi

dan eksklusi yang telah ditetapkan. Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel penelitian empiris yang diterbitkan pada jurnal terindeks *Scopus* kuartil Q1 hingga Q4 atau jurnal nasional terakreditasi SINTA peringkat S1 hingga S3 selama periode 2016 hingga 2026; (2) artikel berbahasa Indonesia atau Inggris; (3) penelitian yang membahas penerapan praktikum fisika berbasis *smartphone sensors*, seperti *Phyphox* dan *Physics Toolbox*, dan/atau *microcontroller*, seperti *Arduino* dan *ESP32*; serta (4) penelitian yang mengkaji pengaruh intervensi terhadap Keterampilan Proses Sains peserta didik pada jenjang SMP, SMA, atau perguruan tinggi. Kriteria eksklusi meliputi artikel berupa ulasan buku, abstrak konferensi tanpa *full text*, naskah nonempiris, serta penelitian yang tidak mengukur indikator Keterampilan Proses Sains.

Prosedur Penelitian

Pelaksanaan *Systematic Literature Review* (SLR) mengacu pada alur *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses* (PRISMA) yang meliputi lima tahapan. Identifikasi literatur dilakukan melalui *Scopus* dan *Google Scholar* dengan bantuan *Publish or Perish* (PoP) menggunakan kombinasi kata kunci berbasis operator *Boolean*, yaitu (*smartphone* OR *Arduino* OR *microcontroller* OR "*physics app*") AND *physics* AND ("*science process skills*" OR "*keterampilan proses sains*" OR "*KPS*"). Artikel yang diperoleh kemudian diseleksi berdasarkan judul dan abstrak untuk menghapus duplikasi serta mengecualikan studi yang tidak relevan. Artikel terpilih selanjutnya ditelaah melalui *full text* berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Kualitas studi dievaluasi berdasarkan metodologi, desain penelitian, dan kredibilitas jurnal. Artikel yang memenuhi seluruh kriteria ditetapkan sebagai sumber data akhir, kemudian dilakukan ekstraksi dan sintesis data untuk mengidentifikasi pola implementasi, efektivitas intervensi, serta dampaknya terhadap Keterampilan Proses Sains peserta didik (Suarilah et al., 2026). Alur seleksi dan eliminasi artikel secara rinci disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur seleksi literatur berdasarkan pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses* (PRISMA) 2020.

<http://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi>

the [CC-BY-SA](#) license

This is an open access article under



Teknik Analisis Data

Data yang telah diekstraksi dianalisis menggunakan teknik *content analysis* dan *thematic analysis* untuk mengidentifikasi, mengelompokkan, serta menginterpretasikan temuan penelitian sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian (Miles et al., 2013). Tahapan analisis data meliputi sebagai berikut.

1. Reduksi Data: Data hasil ekstraksi diseleksi, dikelompokkan, dan disederhanakan berdasarkan variabel penelitian yang mencakup jenis teknologi, yaitu *smartphone sensors* dan *microcontroller*, materi fisika yang dikaji, serta indikator Keterampilan Proses Sains yang diukur.
2. Penyajian Data: Hasil analisis disajikan dalam bentuk matriks sintesis, tabel perbandingan, grafik distribusi tren publikasi, serta uraian deskriptif untuk mempermudah identifikasi pola dan hubungan antarvariabel.
3. Penarikan Kesimpulan: Kesimpulan disusun berdasarkan pola temuan yang diperoleh untuk menjelaskan efektivitas praktikum fisika berbasis *smartphone sensors* dan *microcontroller* terhadap peningkatan Keterampilan Proses Sains. Tahap ini juga mencakup identifikasi keunggulan dan keterbatasan setiap teknologi serta perumusan implikasi bagi pengembangan pembelajaran fisika berbasis teknologi (Albar & Yaqin, 2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Proses identifikasi dan seleksi artikel ilmiah dilakukan secara sistematis mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses (PRISMA)* 2020 (Suarilah et al., 2026). Penelusuran literatur melalui basis data *Google Scholar* dan *Scopus* dengan bantuan perangkat lunak *Publish or Perish (PoP)* menghasilkan 63 artikel ilmiah pada tahap identifikasi awal. Proses pemeriksaan duplikasi menunjukkan terdapat dua artikel yang memiliki kesamaan sehingga dieliminasi. Tahap tersebut menghasilkan 61 artikel unik yang memenuhi syarat untuk memasuki proses seleksi berikutnya.

Tahap *screening* dilakukan melalui penelaahan judul dan abstrak terhadap 61 artikel yang telah diidentifikasi. Hasil seleksi menunjukkan bahwa 20 artikel dikeluarkan karena tidak sesuai dengan ruang lingkup penelitian, meliputi kajian pada disiplin ilmu selain fisika, seperti Biologi dan Kimia, serta penelitian yang hanya berfokus pada pengembangan media pembelajaran umum tanpa mengintegrasikan perangkat berbasis sensor atau *microcontroller*.

Tahap evaluasi kelayakan dilakukan terhadap 41 artikel yang tersedia dalam bentuk *full text*. Proses evaluasi mengacu pada kriteria inklusi yang telah ditetapkan untuk memastikan kesesuaian setiap artikel dengan tujuan penelitian. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa 37 artikel tidak memenuhi kriteria sehingga dikeluarkan dari proses sintesis. Artikel yang dieksklusi terdiri atas 17 artikel yang tidak mengukur indikator Keterampilan Proses Sains peserta didik secara terukur dan 20 artikel yang tidak menerapkan *smartphone sensors* atau *microcontroller* secara langsung dalam kegiatan praktikum maupun eksperimen fisika.

Proses seleksi secara sistematis menghasilkan lima artikel empiris yang memenuhi seluruh kriteria inklusi. Kelima artikel tersebut menjadi sumber utama dalam ekstraksi dan sintesis data untuk menganalisis efektivitas praktikum fisika berbasis *smartphone sensors* dan *microcontroller* terhadap Keterampilan Proses Sains (KPS) peserta didik.

Jumlah artikel yang terbatas ($n = 5$) dipengaruhi oleh kriteria inklusi yang spesifik, yaitu penelitian harus menggunakan *smartphone sensors* atau *microcontroller* dalam eksperimen fisika serta mengukur KPS sebagai variabel terikat. Artikel yang tidak memenuhi fokus tersebut, seperti penelitian yang hanya mengembangkan perangkat praktikum, mengukur pemahaman konsep, atau mengkaji



persepsi dan motivasi belajar, dieliminasi pada tahap *eligibility*. Kelima artikel terpilih memiliki kesesuaian topik yang kuat dan diterbitkan pada jurnal terindeks Scopus atau SINTA, sehingga data yang diperoleh relevan dan dapat digunakan sebagai dasar sintesis efektivitas kedua teknologi terhadap KPS peserta didik.

Data dari lima artikel yang memenuhi kriteria inklusi selanjutnya diekstraksi secara sistematis berdasarkan beberapa aspek, meliputi nama penulis, tahun publikasi, nama jurnal, desain penelitian, teknologi yang diimplementasikan, materi fisika yang dikaji, indikator Keterampilan Proses Sains yang diukur, serta temuan utama mengenai efektivitas intervensi. Hasil ekstraksi tersebut disusun dalam bentuk matriks untuk memudahkan proses perbandingan dan sintesis antarpelitian.

Tabel 1. Matriks ekstraksi data hasil *Systematic Literature Review* mengenai efektivitas praktikum fisika berbasis *smartphone sensors* dan *microcontroller*.

No	Penulis & Tahun	Judul Artikel	Jurnal & Desain Penelitian	Fokus Teknologi & Materi Fisika	Hasil Utama/Kontribusi Penelitian
1	D. S. Putri et al. (2024)	<i>Development of Practicum Tools for Learning Light Interference Assisted by ESP 32 Camera Sensor to Practice Science Process Skills</i>	<i>Radiasi: Jurnal Berkala Pendidikan Fisika (Design and Development Research)</i>	Teknologi: ESP32 Camera SensorMateri: Gelombang dan Optik (Interferensi Cahaya)	Perangkat praktikum memperoleh tingkat validitas 86% dan kepraktisan 84%. Tingkat kelayakan dalam melatih KPS mencapai 81%, sehingga layak digunakan untuk mengembangkan enam indikator KPS pada materi interferensi cahaya.
2	Nurlaini et al. (2025)	<i>Unlocking Scientific Potential: Using Smartphones as Mobile Mini Labs to Improve Students' Science Process Skills</i>	<i>Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika (Quasi Experiment al, Posttest Control Group Design, n = 72)</i>	Teknologi: Smartphone Sensors (Mobile Mini Labs dan Group Investigation) Materi: Praktikum Fisika	Pembelajaran berbasis <i>mobile mini labs</i> menghasilkan perbedaan KPS yang signifikan dibandingkan kelas kontrol ($p < 0,05$) dengan <i>effect size</i> sangat tinggi ($r = 0,86$).
3	Wardana et al. (2025)	<i>Development of an Arduino IoT System Solar Cell Electronic Practicum Guide</i>	<i>Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika (Model Pengembangan 4D, n = 52 mahasiswa)</i>	Teknologi: Arduino IoT SystemMateri: Sel Surya (Energi Terbarukan)	Panduan praktikum elektronik memperoleh validasi sebesar 92,25%. Capaian KPS mahasiswa selama praktikum berbasis <i>Arduino IoT</i> mencapai rata-rata 92% dengan kategori sangat baik.
4	Listiaji et al. (2023))	<i>Classical Mechanics Experiment Using Smartphone Sensors to Train Science Process Skills</i>	<i>AIP Conference Proceedings (Research and Development)</i>	Teknologi: Sensor internal <i>smartphone</i> Materi: Mekanika Klasik	Perangkat eksperimen berbasis sensor <i>smartphone</i> memungkinkan pelaksanaan praktikum mekanika secara mandiri dengan prosedur yang fleksibel tanpa bergantung pada laboratorium konvensional.

No	Penulis & Tahun	Judul Artikel	Jurnal & Desain Penelitian	Fokus Teknologi & Materi Fisika	Hasil Utama/Kontribusi Penelitian
5	Basir et al. (2024)	<i>Design and Construct of Magnetic Induction and Force Practicum Tools to Improve Science Process Skills</i>	<i>JPP IPA (Model Hannafin and Peck)</i>	Teknologi: AIPrIGMa berbasis sensor dan <i>microcontroller</i> Materi: Induksi dan Gaya Magnet	Perangkat praktikum memperoleh tingkat kelayakan 89,3% dan respons peserta didik sebesar 83% dengan kategori sangat baik. Penggunaan AIPrIGMa meningkatkan KPS dengan nilai <i>N-gain</i> 0,71 (kategori tinggi) dan nilai signifikansi $p = 0,009$.

Pembahasan

Hasil sintesis terhadap lima artikel yang memenuhi kriteria inklusi menunjukkan bahwa integrasi *smartphone sensors* dan *microcontroller* dalam kegiatan praktikum fisika memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan Keterampilan Proses Sains peserta didik. Berbagai penelitian yang dianalisis memperlihatkan bahwa pemanfaatan kedua teknologi tersebut mampu mendukung pelaksanaan praktikum yang lebih interaktif, fleksibel, dan berorientasi pada aktivitas ilmiah. Temuan tersebut juga mengindikasikan bahwa penggunaan teknologi digital tidak hanya meningkatkan kualitas pelaksanaan praktikum, tetapi turut memperkuat pencapaian indikator Keterampilan Proses Sains pada berbagai materi fisika.

Pembahasan difokuskan pada tiga aspek utama, yaitu perbedaan karakteristik pemanfaatan *smartphone sensors* dan *microcontroller* dalam praktikum fisika, indikator Keterampilan Proses Sains yang menunjukkan peningkatan paling dominan, serta efektivitas implementasi kedua teknologi beserta implikasinya terhadap pengembangan pembelajaran fisika berbasis teknologi.

Peran Teknologi: Smartphone Sensors dan Microcontroller

Hasil sintesis menunjukkan bahwa implementasi teknologi dalam praktikum fisika dapat dikelompokkan ke dalam dua pendekatan utama, yaitu pemanfaatan *smartphone sensors* dan *microcontroller*. Kedua pendekatan memiliki karakteristik yang berbeda, tetapi saling melengkapi dalam mendukung pengembangan Keterampilan Proses Sains peserta didik.

Pemanfaatan Smartphone Sensors (Mobile Mini Labs)

Penelitian Nurlaini et al. (2025) dan Listiaji et al. (2023) menunjukkan bahwa sensor internal pada *smartphone*, seperti akselerometer, giroskop, dan sensor cahaya, dapat dimanfaatkan sebagai *mobile mini labs* untuk mendukung pelaksanaan praktikum fisika. Pendekatan ini memiliki keunggulan pada aspek aksesibilitas, efisiensi, dan fleksibilitas karena kegiatan eksperimen dapat dilakukan tanpa bergantung pada fasilitas laboratorium konvensional. Pemanfaatan aplikasi, seperti *Phyphox* dan *Physics Toolbox*, memungkinkan proses akuisisi data dan visualisasi grafik secara *real time*, sehingga peserta didik dapat mengamati hubungan antarvariabel fisika secara langsung. Kemudahan tersebut mendukung pelaksanaan eksperimen mandiri sekaligus mengurangi beban pencatatan data secara manual, sehingga perhatian peserta didik lebih terfokus pada proses analisis dan interpretasi hasil eksperimen.

Pemanfaatan Microcontroller

Penelitian D. S. Putri et al. (2024), Wardana et al. (2025), dan Basir et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan *microcontroller*, seperti *Arduino* dan *ESP32*, memberikan keunggulan pada aspek

akurasi pengukuran, fleksibilitas integrasi sensor, serta otomatisasi proses akuisisi data. Pendekatan ini banyak diterapkan pada materi fisika yang memerlukan pengukuran variabel fisis secara presisi, seperti interferensi cahaya, karakteristik sel surya berbasis *Internet of Things (IoT)*, serta induksi dan gaya magnet. Integrasi berbagai sensor eksternal dengan *microcontroller* memungkinkan pengukuran fenomena yang sulit diamati secara langsung melalui pengamatan visual, sehingga data eksperimen yang dihasilkan memiliki tingkat akurasi dan reliabilitas yang lebih tinggi. Kondisi tersebut memberikan pengalaman praktikum yang lebih autentik dan mendukung pengembangan kemampuan ilmiah peserta didik melalui proses pengukuran, analisis, dan interpretasi data yang lebih komprehensif.

Keterampilan Proses Sains yang Paling Dominan Ditingkatkan

Hasil sintesis menunjukkan bahwa implementasi *smartphone sensors* dan *microcontroller* berkontribusi terhadap peningkatan Keterampilan Proses Sains pada aspek dasar maupun aspek terintegrasi. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa teknologi tidak hanya mendukung proses pengumpulan data, tetapi juga memperkuat kemampuan peserta didik dalam melakukan penyelidikan ilmiah secara menyeluruh.

Keterampilan Proses Sains Dasar

Indikator Keterampilan Proses Sains dasar yang paling sering dilaporkan mengalami peningkatan meliputi kemampuan mengamati, mengukur, dan mengomunikasikan data. Pemanfaatan sensor digital memungkinkan pengukuran berbagai besaran fisika, seperti tegangan, kuat arus, intensitas cahaya, sudut pembiasan, maupun pola interferensi, dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan pengamatan konvensional (Agnafia et al., 2026). Data hasil pengukuran dapat ditampilkan secara otomatis dalam bentuk tabel maupun grafik digital sehingga mendukung penyajian dan komunikasi hasil eksperimen secara lebih sistematis.

Keterampilan Proses Sains Terintegrasi

Peningkatan juga terlihat pada indikator Keterampilan Proses Sains terintegrasi, terutama kemampuan mengendalikan variabel, merumuskan hipotesis, menginterpretasikan data, serta menganalisis hubungan antarvariabel. Integrasi *smartphone sensors* dan *microcontroller* memungkinkan manipulasi variabel bebas secara lebih mudah dengan disertai pengamatan langsung terhadap perubahan variabel terikat. Visualisasi data secara *real time* membantu peserta didik mengidentifikasi pola hubungan antarvariabel, mengurangi kesalahan dalam penyusunan grafik secara manual, serta memberikan kesempatan yang lebih besar untuk memusatkan perhatian pada proses analisis dan penarikan kesimpulan berdasarkan bukti empiris (Fauzi et al., 2024).

Temuan tersebut sejalan dengan hasil penelitian Nurlaini et al. (2025) yang melaporkan perbedaan Keterampilan Proses Sains yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dengan nilai *effect size* sebesar 0,86. Peningkatan paling menonjol ditemukan pada kemampuan merancang eksperimen, mengolah data, dan menginterpretasikan hasil pengamatan, yang menunjukkan bahwa pemanfaatan *mobile mini labs* memberikan kontribusi yang kuat terhadap pengembangan Keterampilan Proses Sains peserta didik.

Efektivitas Intervensi dan Implikasi Pedagogis

Hasil sintesis menunjukkan bahwa implementasi praktikum fisika berbasis *smartphone sensors* dan *microcontroller* memiliki tingkat efektivitas yang tinggi dalam mendukung pengembangan Keterampilan Proses Sains peserta didik. Seluruh penelitian yang dianalisis melaporkan hasil yang konsisten, baik ditinjau dari kualitas perangkat praktikum maupun dampaknya terhadap peningkatan keterampilan ilmiah. Tingkat validitas perangkat praktikum berbasis sensor dan *microcontroller* berada pada kisaran 86% hingga 92,25%, sedangkan aspek kepraktisan memperoleh kategori sangat baik.

<http://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi>

the [CC-BY-SA](#) license

This is an open access article under



Temuan tersebut menunjukkan bahwa perangkat yang dikembangkan memenuhi persyaratan untuk diimplementasikan dalam kegiatan praktikum fisika.

Efektivitas intervensi juga tercermin dari peningkatan Keterampilan Proses Sains yang signifikan. Basir et al. (2024) melaporkan nilai *N-gain* sebesar 0,71 yang termasuk dalam kategori tinggi disertai nilai signifikansi $p < 0,05$. Nurlaini et al. (2025) juga menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dengan nilai *effect size* sebesar 0,86. Konsistensi temuan tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi digital dalam praktikum fisika memberikan dampak positif terhadap penguasaan Keterampilan Proses Sains pada berbagai materi pembelajaran.

Implikasi pedagogis dari hasil sintesis menunjukkan adanya pergeseran paradigma praktikum fisika dari pendekatan berbasis verifikasi menuju pembelajaran berbasis inkuiri. Pemanfaatan *smartphone sensors* dan *microcontroller* memungkinkan peserta didik memperoleh data eksperimen secara akurat dan *real time*, sehingga proses pembelajaran tidak lagi berfokus pada pembuktian konsep semata, tetapi diarahkan pada kegiatan penyelidikan ilmiah yang melibatkan perumusan hipotesis, pengumpulan data, analisis hubungan antarvariabel, serta penarikan kesimpulan berdasarkan bukti empiris (Rizki, 2026). Pendekatan tersebut mendukung terciptanya pengalaman belajar yang lebih autentik, meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam proses ilmiah, serta memperkuat pengembangan kompetensi yang dibutuhkan pada pembelajaran fisika abad ke-21.

SIMPULAN

Hasil *Systematic Literature Review* terhadap lima artikel ilmiah yang memenuhi kriteria inklusi menunjukkan bahwa praktikum fisika berbasis *smartphone sensors* dan *microcontroller* efektif meningkatkan Keterampilan Proses Sains peserta didik. Efektivitas tersebut ditunjukkan oleh temuan yang konsisten pada setiap penelitian, antara lain nilai *N-gain* sebesar 0,71 dengan kategori tinggi, *effect size* sebesar 0,86, serta nilai signifikansi $p < 0,05$. Hasil sintesis juga menunjukkan bahwa kedua teknologi memiliki karakteristik yang saling melengkapi. *Smartphone sensors* memberikan keunggulan pada aspek fleksibilitas, kemudahan akses, dan pelaksanaan praktikum secara mandiri, sedangkan *microcontroller* lebih unggul dalam akurasi pengukuran, otomatisasi akuisisi data, serta pengukuran berbagai variabel fisis yang sulit diamati menggunakan peralatan laboratorium konvensional. Penerapan kedua teknologi tersebut terbukti mendukung peningkatan berbagai indikator Keterampilan Proses Sains, meliputi kemampuan mengamati, mengukur, mengendalikan variabel, mengomunikasikan data, menginterpretasikan hasil pengamatan, serta menganalisis hubungan antarvariabel.

Hasil penelitian ini memberikan beberapa rekomendasi. Pendidik fisika disarankan mengintegrasikan *smartphone sensors* dan *microcontroller* dalam kegiatan praktikum untuk mendukung pembelajaran berbasis inkuiri serta mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium. Pemanfaatan aplikasi, seperti *Phyphox* dan *Physics Toolbox*, dapat menjadi alternatif yang ekonomis dan mudah diterapkan pada berbagai materi fisika. Penelitian selanjutnya disarankan mengkaji efektivitas integrasi *microcontroller* berbasis *Internet of Things (IoT)* pada materi fisika lain, seperti fisika modern, termodinamika, dan elektromagnetik, serta melakukan penelitian longitudinal untuk mengevaluasi retensi Keterampilan Proses Sains dalam jangka panjang. Hasil sintesis ini juga dapat menjadi rujukan bagi pengembang kurikulum dalam merancang panduan praktikum digital dan perangkat pembelajaran berbasis *STEM* yang mendukung penguatan literasi sains, kompetensi digital, dan keterampilan abad ke-21.

DAFTAR PUSTAKA

Agnafia, D. N., Martadinata, M. I., Setyowati, S. T., Zahrotin, A., Putra, A. A. I. A., Setyowati, R., Sarkity, D., Zaenudin, M., Oprasmani, E., & Toasim, I. M. N. (2026). *Sains dasar terpadu*. PT Cipta Digital Edukasi.

<http://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi>

the CC-BY-SA license

This is an open access article under



- Albar, A. A., & Yaqin, M. A. (2025). Systematic literature review untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi metode topic mining. *ILKOMNIKA: Journal of Computer Science and Applied Informatics*, 7(2), 324–339. <https://doi.org/10.28926/ilkomnika.v7i2.658>
- Azis, A., & Sujono, S. (2026). Implementasi mikrokontroler ESP32 dan sensor kualitas air dalam sistem monitoring lingkungan berbasis Internet of Things. *Jurnal Manajemen Sistem Informasi*, 5(1), 1–13.
- Basir, M., Setiawan, A., & Chandra, D. T. (2024). Design and construct of magnetic induction and force practicum tools to improve science process skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(9), 6516–6524. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i9.7837>
- Buana, S., Zapita, A., Monica, R., Fany, K. D., Rahmad, M., & Linda, R. (2026). Optimalisasi manajemen inventaris alat dan bahan laboratorium IPA SMP berbasis digital. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 16(3), 755–763.
- Fauzi, A., Pratiwi, W., Gunawan, G., & Nisrina, N. (2024). IoT in physics experiments to improve science process skills: A literature review. *Indonesian Journal of Applied Science and Technology*, 5(1), 20–29.
- Harianto, R., Fausi, M., Umam, K., & Rizqiyati, Z. (2025). Internet of Things (IoT) untuk pembelajaran sains kontekstual pada calon guru sains. *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)*, 10(1), 152–162.
- Listiaji, P., Dewi, N. R., Yanitama, A., & Rahman, N. F. A. (2023). Classical mechanics experiment using smartphone sensors to train science process skills. *AIP Conference Proceedings*, 2614(1), 020023. <https://doi.org/10.1063/5.0094243>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldana, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Novia, H., Rusdiana, D., & Fratiwi, N. J. (2025). *Digital Advanced Physics Experiment Laboratory Instruction (DiAPELi): Konsep, desain, dan implementasi*. Sigufi Artha Nusantara.
- Nurlaini, N., Asyhar, R., & Tanti, T. (2025). Unlocking scientific potential: Using smartphones as mobile mini-labs to improve students' science process skills. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 10(1), 175–186.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, Article n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Purwati, P., Darwis, R., & Natsir, N. A. (2025). Efektivitas laboratorium virtual IPA dalam meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik kelas VII pada materi suhu dan kalor. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 15(1), 322–330.
- Putri, D. S., Herlina, K., & Anggreini, A. (2024). Development of practicum tools for learning the concept of light interference assisted by the ESP-32 camera sensor to practice science process skills. *Radiasi: Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 17(2), 92–101.
- Putri, L. R., Febrianti, K. V., & Utami, I. W. (2025). *Digitalisasi eksperimen fisika: Gerak harmonik sederhana berbasis Phyphox (Transform the smartphone into a versatile physics lab)*. Nas Media Pustaka.
- Rahmah, B. Z., Ramadhani, A., Rizkika, A., Gunawan, G., & Nisrina, N. (2023). Pemanfaatan laboratorium virtual terhadap pembelajaran siswa dengan keterbatasan fisik: Tinjauan literatur. *Indonesian Journal of Teacher Education*, 4(2), 83–91.
- Rasmi, D. P., Lestari, N., Sirait, J. V., & Dharma, B. E. (2026). Pemanfaatan Arduino-IoT dalam pengembangan STEMLAB fisika: Studi eksploratif terhadap persepsi mahasiswa. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)*, 10(1), 1–11.
- Ridwan, A., Saputra, Y. E., Karmila, R., & Septiawan, R. (2026). Komparasi teknik pengumpulan data dan pengembangan instrumen penelitian pada pendekatan kualitatif dan kuantitatif: Kajian sistematis. *Concept: Journal of Social Humanities and Education*, 5(2), 40–56.

- Rispita, A. (2024). *Analisis bibliometrik Technological Pedagogical Content Knowledge pada pembelajaran fisika* [Skripsi/Tesis, Universitas Negeri Semarang]. Repositori Institusi.
- Rizki, M. S. (2026). *Pengembangan smart sound analyzer sebagai media pembelajaran fisika untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik* [Skripsi/Tesis, Universitas Pendidikan Indonesia]. Repositori Institusi.
- Saputra, I. G. P. E. (2025). Efektivitas pembelajaran fisika berorientasi guided inquiry berbantuan PhET simulasi terhadap pengembangan keterampilan proses sains siswa. *Konstruktivisme: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 17(2), 326–346.
- Suarilah, I., Cahyani, I. R., & Arifin, H. (2026). *Pengantar systematic review dan metaanalisis dengan pendekatan PRISMA*. Media Nusa Creative.
- Suja, I. W. (2023). *Keterampilan proses sains dan instrumennya*. PT RajaGrafindo Persada.
- Wardana, R. W., Anggraini, Y., Firdaus, M. L., Yanti, F. A., Wibowo, F. C., & Fitri, E. A. (2025). Development of an Arduino IoT system solar cell electronic practicum guide based on an automatic feed thrower prototype to develop students' science process skills. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 10(1), 136–147.
- Winingsih, D. (2023). *Ekstraksi informasi metadata statistik pada artikel penelitian ilmiah menggunakan algoritma machine learning* [Skripsi/Tesis, Universitas Indonesia]. Repositori Institusi.