



Natural Science: Jurnal Penelitian Bidang IPA dan Pendidikan IPA
Vol. 11 No. 1, Maret 2025, 101-112
e-ISSN: 2715-470X; p-ISSN: 2477-6181

Effectiveness of Internet of Things (IoT)-Based Physics Laboratory in Improving Concept Understanding: A Systematic Literature Review

Efektivitas Laboratorium Fisika Berbasis Internet Of Things (Iot) Dalam Peningkatan Pemahaman Konsep: Tinjauan Literatur Sistematis

Nidia Andika¹, Aprilyta Nur'Aeni², Zakiyya Asroh Yulandari³, Hamdi Akhsan^{4*}, Iful Amri⁵

^{1,2,3,4,5} Physics Education, Sriwijaya University, Indonesia

hamdiakhsan@unsri.fkip.ac.id

No. Telp: +62-81227773228

Article History	Received : 10 01 2024	Revised : 15 02 2025	Accepted : 25 03 2025
------------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------

Abstract: *Internet of Things technology in education has encouraged the birth of digital-based physics laboratory innovations, especially to overcome the limitations of conventional laboratories that are often constrained by access, accuracy, and efficiency. This study aims to assess the effectiveness of using IoT-based laboratories in improving understanding of physics concepts through a systematic literature review. The method used is Systematic Literature Review (SLR) based on the PRISMA protocol, by analyzing ten selected articles discussing IoT laboratories' application in physics learning. The results showed that IoT-based laboratories can consistently improve concept understanding, with high category N-gain values, tool accuracy above 90%, and positive responses from students and teachers. In addition, IoT enables real-time and remote practicum implementation, improving students' interactivity and science process skills. However, challenges with infrastructure, connectivity, and technical competence need to be considered. As a practical recommendation, IoT laboratory integration should be supported by adequate resources, including teacher training, device provision, and adaptive institutional policies.*

Keywords: *Physics lab; internet of things; concept understanding; systematic literature review*

Abstrak: Teknologi *Internet of Things* dalam dunia pendidikan telah mendorong lahirnya inovasi laboratorium fisika berbasis digital, khususnya untuk mengatasi keterbatasan laboratorium konvensional yang sering terkendala akses, akurasi, dan efisiensi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas penggunaan laboratorium berbasis IoT dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika melalui tinjauan literatur sistematis. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR) berdasarkan protokol PRISMA, dengan menganalisis sepuluh artikel terpilih yang membahas penerapan laboratorium IoT dalam pembelajaran fisika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium berbasis IoT secara konsisten dapat meningkatkan pemahaman konsep, dengan nilai N-gain kategori tinggi, akurasi alat di atas 90%, dan respon positif dari siswa dan guru. Selain itu, IoT memungkinkan pelaksanaan praktikum secara *real-time* dan jarak jauh, meningkatkan interaktivitas dan keterampilan proses sains siswa. Namun, tantangan terkait infrastruktur, konektivitas, dan kompetensi teknis perlu dipertimbangkan. Sebagai rekomendasi praktis, integrasi laboratorium IoT harus didukung oleh sumber daya yang memadai, termasuk pelatihan guru, penyediaan perangkat, dan kebijakan institusi yang adaptif.



Licensees may copy, distribute, display and perform the work and make derivative and remixes based on it only if they give the author or licensor the credits (attribution) in the manner specified by these. Licensees may copy, distribute, display, and perform the work and make derivative works and remixes based on it only for non-commercial purposes

Kata Kunci: laboratorium fisika; *internet of things*; pemahaman konsep; tinjauan literatur sistematis.

How to cite: Andika, N., Nur'aeni, A., Yulandari, Z.A., Akhsan, H., Amri, I. 2025. Efektivitas Laboratorium Fisika Berbasis Internet of Things (Iot) dalam Peningkatan Pemahaman Konsep: Tinjauan Literatur Sistematis. *Natural Science: Jurnal Penelitian Bidang IPA dan Pendidikan IPA*, 11 (1): 101-112

A. Pendahuluan

Pemahaman konsep merupakan fondasi utama dalam pembelajaran fisika karena memungkinkan peserta didik untuk mengaitkan teori dengan fenomena nyata secara logis dan ilmiah. Kegiatan praktikum memiliki peran penting dalam mendukung pemahaman ini karena melibatkan pengamatan langsung, pengukuran, dan analisis data secara empiris. Namun, berbagai lembaga pendidikan di Indonesia masih menghadapi tantangan serius dalam pelaksanaan praktikum konvensional, seperti keterbatasan alat, rendahnya akurasi pengukuran, biaya operasional yang tinggi, serta keterbatasan akses, khususnya di daerah terpencil (Anggereni et al., 2021; Riskawati et al., 2022). Kondisi ini semakin memburuk akibat pandemi COVID-19 yang menyebabkan penghentian aktivitas laboratorium secara langsung, berpengaruh terhadap penguasaan konsep dan keterampilan proses sains peserta didik (Bhrata & Fathoni, 2022).

Sebagai respons terhadap tantangan tersebut, teknologi *Internet of Things* (IoT) mulai diterapkan dalam pengembangan laboratorium fisika. Dengan menggunakan sensor yang terhubung ke jaringan internet, IoT memungkinkan pengumpulan data eksperimen secara langsung. Hal ini memberi peluang baru untuk mengakses laboratorium secara jarak jauh, memperluas cakupan eksperimen, serta meningkatkan efisiensi dan akurasi pengukuran. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium berbasis IoT mampu meningkatkan pemahaman konsep peserta didik (Purwandari et al., 2021; Fauziyah, 2022). Selain itu, pendekatan ini juga mendukung pembelajaran mandiri dan mendorong partisipasi aktif siswa dalam proses eksperimen.

Meskipun menjanjikan, adopsi laboratorium IoT menghadapi tantangan seperti keterbatasan infrastruktur, minimnya pelatihan guru, kesenjangan teknologi antarwilayah, dan kesulitan integrasi ke kurikulum nasional (Pongoh et al., 2024). Tanpa strategi implementasi yang tepat, inovasi ini berisiko menjadi sekadar instrumen teknologi tanpa dampak signifikan terhadap kualitas pembelajaran (Andrianto, 2024).

Sebagian besar penelitian IoT dalam pendidikan masih berfokus pada pengembangan alat atau studi kasus terbatas. Kajian sistematis tentang efektivitas laboratorium IoT terhadap pemahaman konsep fisika masih jarang dilakukan. Hal ini menimbulkan kesenjangan dalam pemahaman komprehensif tentang manfaat, tantangan, dan peluang pengembangan laboratorium berbasis IoT dalam dunia pendidikan.

Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk melakukan tinjauan literatur sistematis mengenai efektivitas laboratorium fisika berbasis IoT dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika. Kajian ini menganalisis studi-studi relevan berdasarkan protokol PRISMA untuk merangkum nilai N-gain, akurasi alat, respon peserta didik, serta tantangan dan implikasinya. Kontribusi penelitian ini diharapkan tidak hanya bersifat akademik melalui penyajian sintesis literatur terkini, tetapi juga praktis sebagai dasar rekomendasi strategis bagi pengembangan dan integrasi laboratorium IoT dalam pendidikan fisika dalam era digital di masa depan.

B. Metode Penelitian

Studi ini menggunakan pendekatan literatur sistematis (*systematic literature review*/SLR) yang mengikuti pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Tinjauan literatur ini dilakukan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan, seperti: (1) Bagaimana pengaruh penggunaan laboratorium berbasis IoT terhadap pemahaman konsep fisika peserta didik? dan (2) Apa saja tantangan dan implikasi laboratorium berbasis IoT dalam pembelajaran fisika? Pencarian literatur dilakukan melalui *IEEE Xplore*, *ScienceDirect*, dan *Google Scholar*, menggunakan kombinasi kata kunci spesifikseperti:

- 1. *Internet of Things AND Physics Laboratory*
- 2. *Internet of Things AND Understanding of Physics Concepts*
- 3. *Internet of Things AND Science Process Skills*

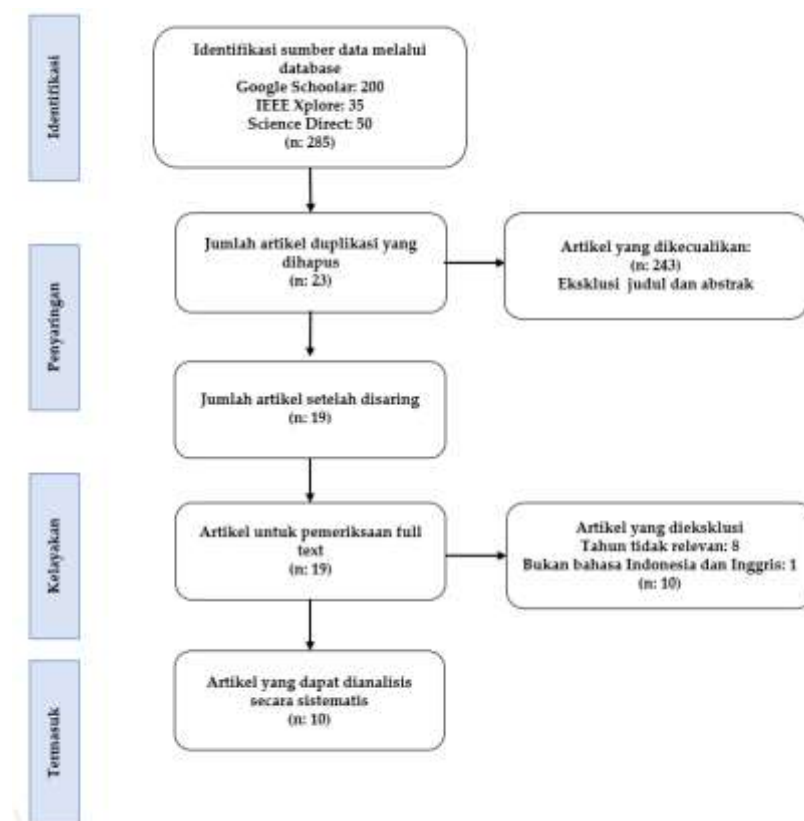
Untuk memastikan relevansi dan kualitas artikel yang ditinjau, digunakan kriteria inklusi dan eksklusi yang disusun secara sistematis. Kriteria ini membantu dalam menyaring literatur yang sesuai dengan fokus kajian, rincian kriteria inklusi dan eksklusi dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi yang Ditelaah

Inklusi	Eksklusi
Artikel yang diterbitkan antara tahun 2018 hingga 2025	Artikel yang diterbitkan sebelum 2018 atau tidak memiliki tahun publikasi
Berfokus pada penerapan laboratorium berbasis IoT dalam pembelajaran fisika	Studi yang membahas IoT di luar konteks pembelajaran fisika
Artikel ilmiah dari jurnal nasional/internasional bereputasi dan <i>peer-reviewed</i>	Artikel non-ilmiah, laporan teknis, atau tanpa proses <i>peer-review</i>
Artikel tersedia dalam <i>full-text</i>	Hanya tersedia dalam bentuk abstrak atau preview
Artikel ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris	Artikel dalam Bahasa lain tanpa terjemahan
Penelitian empiris atau eksperimen pendidikan, studi kasus, atau kuasi eksperimen	Studi opini, editorial, atau tidak memuat data empirik

Proses seleksi artikel dilakukan secara mandiri oleh empat penilai, dimulai dengan penyaringan judul dan abstrak dan dilanjutkan dengan penyaringan secara menyeluruh. Jika ada perbedaan dalam keputusan seleksi, diskusi dilakukan untuk mencapai konsensus, dan jika diperlukan, peneliti kelima dilibatkan sebagai mediator. Metode persentase kesepakatan digunakan untuk mengevaluasi validitas seleksi. Diperoleh tingkat kesepakatan antarpemilai adalah sebesar 90%, menunjukkan validitas seleksi yang tinggi

Dari hasil pencarian awal, ditemukan sebanyak 285 artikel dari berbagai database. Selanjutnya, dilakukan proses penyaringan awal untuk menghilangkan artikel yang tidak relevan atau duplikat. Sebanyak 23 artikel dihapus karena merupakan duplikasi. Dengan demikian, sebanyak 262 artikel kemudian masuk ke tahap penyaringan. Pada tahap ini, 243 artikel dieksklusi karena tidak sesuai dengan judul dan abstrak yang telah ditentukan. Setelah proses ini, sebanyak 19 laporan dipilih untuk tahap pemeriksaan secara penuh. Sementara itu, kriteria eksklusi mencakup tahun yang tidak relevan (8 artikel) dan penggunaan bahasa bukan Indonesia dan Inggris (1 artikel). Setelah dilakukan penilaian secara menyeluruh, sebanyak 10 artikel dinyatakan memenuhi seluruh kriteria dan dimasukkan dalam proses telaah sistematis. Artikel-artikel ini kemudian dianalisis lebih lanjut untuk menggali kontribusi IoT dalam pembelajaran fisika dari berbagai dimensi. Proses analisis dilakukan dengan pendekatan *thematic analysis*, untuk mengidentifikasi tema-tema utama yang berulang dalam berbagai studi, seperti efektivitas, keterbatasan, dan faktor pendukung keberhasilan laboratorium IoT dalam pendidikan fisika.



Gambar 1. Diagram Alur PRISMA

C. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil tinjauan literatur sistematis dengan pendekatan PRISMA yang dilakukan terhadap sepuluh artikel, ditemukan bahwa penggunaan *Internet of Things* (IoT) secara konsisten efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika, sebagaimana yang ditampilkan pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Data Hasil Ekstraksi

No	Penulis dan Tahun	Judul	Hasil
1	(Fathurrahmaniah et al., 2021)	Pemanfaatan IoT Untuk Praktikum IPA pada Materi Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) dalam Pembelajaran Daring Selama Pandemi Covid-19	Pemanfaatan alat IoT berbasis sensor HC-SR04 untuk praktikum GLBB secara daring. Membantu siswa mengamati grafik kecepatan dan percepatan <i>real-time</i> , meningkatkan pemahaman konsep gerak dan efektivitas pembelajaran dengan respons siswa 90% sangat baik
2	Mutqin (2021) (Mutqin, 2021)	Rancang Bangun <i>Real Laboratory</i> Praktikum Pendinginan Air Berbasis IoT	Dikembangkan instrumen praktikum pendinginan air berbasis IoT. Praktikum dilakukan melalui aplikasi Blynk, kontrol jarak jauh alat (kompor listrik, valve, IP camera) dan monitoring suhu secara <i>real-time</i> . Alat teruji berfungsi baik untuk eksperimen pendinginan sesuai hukum Newton. Praktikum mempercepat pemahaman konsep perpindahan kalor dan hukum pendinginan Newton.
3	(Purwandari et al., 2021)	Pengembangan Media Alat Optik Berbasis IoT untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMK di Kota Madiun	Media alat optik berbasis IoT dikembangkan menggunakan NodeMCU. Pembelajaran berbantuan IoT meningkatkan keterampilan proses sains siswa (mengamati, menggunakan alat, klasifikasi, interpretasi). Hasil N-gain sebesar 0,73 (kategori tinggi), uji-t signifikan ($p=0,000$). Peningkatan signifikan pada pemahaman konsep optik melalui eksperimen berbasis IoT.
4	(Fauziyah, 2022)	Implementasi <i>Real Laboratory</i> Praktikum Pemuaian Zat Padat Berbasis IoT dan Aplikasi Android untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Kelas XI MIPA	Praktikum berbasis IoT menggunakan NodeMCU dan aplikasi Blynk dikembangkan untuk materi pemuaian zat padat. Kelas eksperimen menunjukkan peningkatan signifikan pemahaman konsep (N-gain 0,83 = tinggi) dibandingkan kelas kontrol (N-gain 0,44 = sedang). Respons siswa sangat antusias (84,1%). Laboratorium ini meningkatkan pemahaman konsep fisika secara signifikan.
5	(Zulensi et al., 2025)	Pengembangan Alat Praktikum Fisika Gaya Gesek pada Bidang Miring Berbasis <i>Internet of Things</i>	Mengembangkan alat praktikum gaya gesek bidang miring berbasis IoT menggunakan ESP8266, sensor MPU6050 dan HC-SR04. Hasil alat menunjukkan rata-rata error 4,77% dan ketelitian 95,23%. Sudut bidang miring berpengaruh signifikan terhadap koefisien gesek kinetik (uji ANOVA, $p < 0,05$).

			Penggunaan IoT meningkatkan keakuratan, efisiensi, dan interaktivitas praktikum fisika, sehingga dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa.
6	(Agustian et al., 2024)	Perancangan Alat Praktikum Fisika Gerak Jatuh Bebas Berbasis <i>Internet of Things</i>	Mengembangkan alat praktikum untuk materi Gerak Jatuh Bebas berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor HC-SR04 dan proximity infrared. Rata-rata tingkat ketelitian alat sebesar 94,48% dengan rata-rata error 5,52%. Hasil ANOVA menunjukkan tinggi jatuh berpengaruh signifikan terhadap kecepatan akhir ($p < 0,05$), sedangkan massa tidak berpengaruh. Alat ini efektif meningkatkan akurasi praktikum fisika dan meningkatkan pemahaman konsep.
7	(Setyawati E.T et al., 2023)	Pembuatan Alat Berbasis IoT untuk Praktikum Gerak pada Bandul	Mengembangkan alat peraga berbasis IoT untuk mengukur percepatan gravitasi menggunakan sensor infrared dan ultrasonik. Akurasi alat tinggi: ketelitian pengukuran panjang tali 98–99%, ketepatan 93–98%. Validasi periode gerak bandul dibandingkan stopwatch menunjukkan nilai t 0,532486 (dalam daerah kritis, artinya data valid). Nilai percepatan gravitasi yang diukur sangat dekat dengan nilai teori ($9,6-9,8 \text{ m/s}^2$). Validator ahli memberi skor 88,5 (kategori sangat baik). Alat membantu siswa memahami konsep gerak osilasi bandul.
8	(Muchlis et al., 2018)	Pengembangan Alat Peraga Fisika Berbasis <i>Internet of Things</i> untuk Praktikum Hukum Newton II	Mengembangkan alat peraga berbasis IoT untuk praktikum Hukum Newton II menggunakan NodeMCU, photogate sensors, dan aplikasi NewtonApp. Alat mampu mengukur waktu dan percepatan gerak benda secara otomatis dan real-time. Validasi menunjukkan akurasi tinggi (ralat relatif 1,58%). Alat membantu siswa memahami konsep percepatan dan hukum Newton dengan lebih baik.
9	(Riansyah, 2024)	Pengembangan Alat Peraga <i>Smart Key</i> Berbasis <i>Internet of Things</i> pada Materi Gelombang Elektromagnetik	Mengembangkan alat peraga Smart Key berbasis IoT dengan sensor RFID dan aplikasi Telegram untuk memahami konsep gelombang elektromagnetik. Validasi ahli materi dan teknologi menunjukkan kelayakan sangat tinggi ($>90\%$). Respon mahasiswa dan dosen sangat positif (rata-rata $>83\%$). Alat ini digunakan untuk membantu pemahaman konsep fisika terkait sensor dan elektromagnetik.
10	(Ramadhani. N.M, 2021)	<i>Real Laboratory</i> Praktikum Koefisien Muai Panjang Berbasis <i>Internet of Things</i> dan Aplikasi Android	Dibuat prototipe praktikum koefisien muai panjang berbasis IoT. Data suhu dan perubahan panjang logam diakses via aplikasi Blynk. Akurasi alat tinggi ($>94\%$), memfasilitasi eksperimen sains secara daring untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika.

Efektivitas Laboratorium IoT dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep

Dari hasil tinjauan literatur sistematis dalam kajian ini, penggunaan laboratorium berbasis *Internet of Things* (IoT) dapat meningkatkan penguasaan konsep peserta didik terhadap materi fisika. Hal ini ditunjukkan dengan beberapa penelitian yang melaporkan bahwa nilai N-gain berada pada kategori tinggi, yaitu berkisar antara 0,72 hingga 0,83. Selain itu, uji statistik seperti uji-t dan ANOVA mengindikasikan bahwa kelas eksperimen yang menggunakan laboratorium berbasis IoT memiliki perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan kelas kontrol yang menggunakan metode praktikum konvensional. Temuan ini menunjukkan bahwa laboratorium IoT dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih signifikan dan mendalam daripada laboratorium konvensional.

Laboratorium IoT memungkinkan akses data *real-time*, kendali jarak jauh, dan pengukuran yang akurat. Seperti pada penelitian oleh Kustija dan Jayanto (2022), yang menyatakan bahwa kemampuan-kemampuan tersebut menjadikan laboratorium IoT sebagai solusi potensial dalam mengatasi keterbatasan geografis dan mendukung pelaksanaan pembelajaran jarak jauh (Kustija & Jayanto, 2022). Dalam hal ini, laboratorium IoT dapat menjaga kualitas eksperimen fisika dan meningkatkan fleksibilitas pelaksanaan praktikum secara daring (Kustija et al., 2020).

Beberapa studi juga menunjukkan bahwa laboratorium IoT dapat diterapkan secara efektif pada berbagai topik fisika, termasuk perpindahan panas, optik, pemuatan zat padat, gesekan, gerak jatuh bebas, osilasi bandul, hukum II Newton, gelombang elektromagnetik, dan gerak lurus. Penggunaan laboratorium IoT mendukung keterlibatan aktif peserta didik dalam kegiatan eksperimen dan memperkuat pemahaman mereka terhadap konsep dan prosedur.

Selain memperkuat pemahaman peserta didik, menurut Purwandari (2021), laboratorium berbasis IoT juga terbukti dapat mendukung pengembangan keterampilan proses sains (Purwandari et al., 2021). Peserta didik menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam melakukan pengamatan, mengklasifikasikan data, menginterpretasikan hasil, membuat prediksi, dan mengkomunikasikan temuan secara sistematis. Dukungan perangkat lunak analisis data memungkinkan peserta didik untuk mengatur dan mengkategorikan informasi berdasarkan parameter tertentu secara efisien. Visualisasi data melalui grafik, tabel, dan diagram membantu menyajikan hasil eksperimen secara logis dan menarik. Dengan demikian, penerapan laboratorium berbasis IoT relevan dalam meningkatkan hasil belajar dan membentuk kompetensi abad ke-21, termasuk berpikir kritis, literasi data, dan pemanfaatan teknologi digital.

Akurasi Alat dan Validasi Data Eksperimen

Salah satu elemen penting dalam eksperimen fisika adalah akurasi pengukuran (Murdani, 2020). Keakuratan alat sangat penting dalam laboratorium berbasis IoT, karena eksperimen ini bergantung pada kemampuan sensor digital untuk menangkap

dan mengirimkan data secara *real-time*. Berdasarkan hasil tinjauan literatur, sebagian besar perangkat IoT yang digunakan dalam eksperimen fisika telah menunjukkan akurasi yang tinggi, bahkan melebihi alat konvensional, yang ditunjukkan pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Akurasi Alat Eksperimen pada Laboratorium IoT

No	Topik fisika	Jenis sensor	Akurasi (%)	Error (%)
1	GLBB	Sensor HC-SR04	-	-
2	Pendinginan air	Sensor suhu, valve, IP camera	95,3	4,7
3	Optik	NodeMCU, Sistem IoT	-	-
4	Pemuaian zat padat	NodeMCU, Sistem IoT	Perunggu 97,58, besi 95,92, aluminium 97,98	Perunggu 2,42, besi 4,08, aluminium 4,77
5	Gaya gesek bidang miring	ESP8266, MPU6050, HC-SR04	95,23	4,77
6	Gerak jatuh bebas	HC-SR04, proximity IR	94,48	5,52
7	Osilasi bandul	Sensor IR, Ultrasonik	98-99	1-2
8	Hukum newton II	Photogate, NewtonApp	98,42	1,58
9	Gelombang elektromagnetik	RFID sensor, Telegram App	90	10
10	Koefisien muai panjang	Sensor suhu, aplikasi Blynk	94	6

Perangkat berbasis IoT mampu mengurangi keterlibatan manusia secara langsung dalam proses pembacaan data, karena kemampuan alat dalam memberikan hasil pengukuran yang konsisten dan presisi. Ini secara tidak langsung mengurangi kemungkinan kesalahan observasi dan bias manusiawi (*human error*), yang sering terjadi dalam praktikum konvensional. Karena data dapat direkam secara kontinu dalam format digital dan kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak statistik dan pengolahan sinyal, sehingga menjadi lebih mudah untuk validasi data hasil eksperimen.

Data laboratorium IoT dapat divalidasi dengan membandingkannya melalui hasil eksperimen manual atau perhitungan teoretis (Ramadiani et al., 2022). Korelasi yang tinggi antara data IoT dengan hasil standar konvensional menjadi indikator bahwa sistem pengukuran berbasis IoT memiliki reliabilitas tinggi dan layak digunakan dalam pembelajaran maupun penelitian pendidikan fisika. Selain itu, kemampuan sistem IoT untuk melakukan perekaman data otomatis secara *real-time* memudahkan proses verifikasi ulang terhadap proses eksperimen, yang penting dalam menjamin integritas data.

Respon Peserta Didik Terhadap Penggunaan IoT

Respon peserta didik terhadap penggunaan laboratorium berbasis IoT adalah salah satu cara penting untuk mengukur keberhasilan inovasi teknologi dalam

pendidikan. Berdasarkan hasil dari tinjauan literatur sistematis, ditemukan bahwa mayoritas peserta didik menunjukkan respon yang sangat positif terhadap eksperimen yang menggunakan teknologi IoT. Rata-rata tingkat kepuasan peserta didik berkisar dari 83% hingga 90%, menunjukkan bahwa penggunaan teknologi digital dalam eksperimen fisika diterima dengan baik dan dapat mendorong semangat dan partisipasi aktif peserta didik dalam belajar. Hal ini mengindikasikan bahwa peserta didik merasa nyaman dan lebih antusias menggunakan pembelajaran berbasis teknologi karena, alat IoT menyajikan data empiris secara langsung untuk mendukung penguasaan konsep. Beberapa peserta didik juga mengatakan bahwa mereka lebih menguasai materi fisika dengan metode seperti ini.

Tantangan dan Implikasinya

Namun demikian, implementasi laboratorium berbasis IoT tidak terlepas dari tantangan. Masalah utama saat menerapkan IoT di lingkungan pendidikan adalah masalah teknis dan konektivitas. Menurut penelitian yang dilakukan Lubis (2024), 65% dari peserta didik yang berhasil dan sisanya mengalami kesulitan dalam simulasi IoT. Ini menunjukkan bahwa tingkat pemahaman masih menjadi masalah (Lubis et al., 2024). Selanjutnya, keterbatasan sumber daya dan pelatihan pengelolaan laboratorium adalah masalah tambahan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hamid (2022), kurangnya pengetahuan dan keterampilan di kalangan guru dan pengelola laboratorium fisika dapat mengakibatkan pemanfaatan yang tidak optimal dari alat dan teknologi yang tersedia (Hamid et al., 2022). Hal ini diperkuat oleh Nurohman yang mengindikasikan bahwa terbatasnya pemahaman tentang integrasi IoT dalam kurikulum menjadi hambatan serius dalam penerapan teknologi tersebut dalam pendidikan (Nurohman et al., 2024). Masalah lainnya juga timbul akibat infrastruktur dan akses teknologi yang terbatas, terutama di sekolah-sekolah yang terpencil atau tidak memiliki jaringan internet yang memadai. sehingga sulit bagi peserta didik maupun guru untuk memanfaatkan teknologi tersebut.

Sebagai solusi, perlu disediakan pelatihan intensif bagi guru untuk meningkatkan literasi teknologi dan keterampilan dalam mengelola laboratorium berbasis IoT. Sekolah juga perlu didukung dengan infrastruktur yang memadai, seperti jaringan internet stabil dan perangkat IoT yang terstandar. Rekomendasinya, pemerintah dan institusi pendidikan dapat menjalin kemitraan dengan pengembang teknologi untuk menyediakan platform praktikum yang mudah digunakan, hemat biaya, dan sesuai kurikulum. Selain itu, integrasi laboratorium IoT sebaiknya dilakukan secara bertahap melalui program percontohan di sekolah-sekolah, disertai evaluasi berkala untuk memastikan efektivitas dan kesiapan implementasi secara luas.

D. Simpulan

Berdasarkan tinjauan literatur sistematis terhadap sepuluh artikel terpilih, laboratorium fisika berbasis *Internet of Things* (IoT) terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika, akurasi pengukuran eksperimen, serta keterlibatan aktif peserta didik. Pendekatan ini juga memperkuat aspek pedagogis

dalam pembelajaran fisika abad ke-21. Laboratorium IoT memungkinkan pelaksanaan praktikum secara *real-time* dan jarak jauh, sehingga mendukung fleksibilitas belajar dan pemerataan akses pendidikan, khususnya di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur.

Pengembangan laboratorium IoT memerlukan pendekatan menyeluruh, mencakup pelatihan guru, penguatan sarana digital, dan kolaborasi antara pengembang teknologi dan institusi pendidikan. Implikasi temuan ini bagi pengembangan kurikulum dan pelatihan guru adalah perlunya integrasi praktik laboratorium berbasis IoT ke dalam rancangan kurikulum fisika serta penyediaan program pelatihan berkelanjutan yang menekankan literasi teknologi, desain eksperimen digital, dan pengelolaan data *real-time*.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji efektivitas laboratorium IoT dalam jangka panjang dan pada jenjang pendidikan yang lebih beragam. Selain itu, aspek non-kognitif seperti motivasi dan keterampilan kolaboratif siswa sebaiknya turut dianalisis guna memperoleh gambaran yang lebih komprehensif. Kolaborasi antara pendidik, peneliti, dan pengembang teknologi sangat dianjurkan untuk mendukung implementasi laboratorium IoT yang berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Agustian, A., Anas, A. A., Wilza, R., & Junaidi, A. (2024). *Perancangan Alat Praktikum Fisika Gerak Jatuh Bebas Berbasis Internet of Things*. 5(3), 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14241906>
- Andrianto, A. A. (2024). Implementation of Internet of Things (IoT) in Tracking the Position of Search and Rescue Teams in Sukoharjo District Using LoRa. *SMATIKA: STIKI Informatika Jurnal*, 14(1), 14. <https://doi.org/10.32664/smatika.v11i02.1222>
- Anggereni, S., Suhardiman, S., & Amaliah, R. (2021). Analisis Ketersediaan Peralatan, Bahan Ajar, Administrasi Laboratorium, Keterlaksanaan Kegiatan Praktikum di Laboratorium Fisika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 5(3), 414. <https://doi.org/10.20527/jipf.v5i3.3925>
- Bhrata, A. A., & Fathoni, M. A. (2022). *Manufaktur Cerdas Laboratorium Jarak Jauh dengan Teknologi Digital dalam Situasi Pandemi COVID-19*.
- Fathurrahmaniah, Widia, Islamiah, M., & Sarnita, F. (2021). *Pemanfaatan IoT (Internet Of Things) Untuk Praktikum IPA Pada Materi Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) Dalam Pembelajaran Daring Selama Pandemi Covid-19*. <https://ejournal.mandalanursa.org/index.php/JIME/index>

- Fauziyah, N. (2022). *Implementasi Real Laboratory Praktikum Pemuaian Zat Padat Berbasis IOT (Internet of Things) dan Aplikasi Android untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Kelas XI MIPA*.
- Hamid, A., Ngadimin, & Zainuddin. (2022). *Optimalisasi Penggunaan Alat Laboratorium Fisika Lanjut pada Guru SMA Negeri di Kabupaten Nagan Raya, Aceh*.
- Kustija, J., Hakim, D. L., & Hasbullah, H. (2020). Development of Internet of Things (IoT) based learning media in efforts to improve student skills at the industrial revolution era 4.0. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(4). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/4/042051>
- Kustija, J., & Jayanto, N. D. (2022). IoT Implementation for Development of Remote Laboratory (Case Study on Microscope Practice). *REKA ELKOMIKA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), 20–29. <https://doi.org/10.26760/rekaelkomika.v3i1.20-29>
- Lubis, S., Tommy, Siregar, R., Syahputri, N. S., Harahap, H., & Damayanti, F. (2024). *Inovasi Edukasi : Pemberdayaan Siswa Sekolah Menengah Melalui IoT Learning*. <https://jurnalpengabdianmasyarakatbangsa.com/index.php/jpmba/index>
- Muchlis, F., Sulisworo, D., & Toifur, M. (2018). *Jurnal Pendidikan Fisika Pengembangan Alat Peraga Fisika Berbasis Internet of Things untuk Praktikum Hukum Newton II*.
- Murdani, E. (2020). Hakikat Fisika dan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Filsafat Indonesia*, 3.
- Mutqin, K. (2021). *Rancang Bangun Real Laboratory Praktikum Pendinginan Air Berbasis IOT*.
- Nurohman, M. A., Kurniawan, W., & Andrianto, D. (2024). *Inovasi Dalam Pendidikan Islam Untuk Mengembangkan Kurikulum Nasional Menuju Konsep Local Genius 6.0 Internet of Things (IoT)*.
- Pongoh, D. S., Pinangkaan, S. N., Eka, D., Bawimbang, S., & Jiferson Takaendengan, D. (2024). The Implementation of Internet of Things (IoT) In Education to Improve The Quality Of Learning. In *Syntax Admiration* (Vol. 5, Issue 12).
- Purwandari, Astuti, T., & Handhika, J. (2021). Pengembangan Media Alat Optik Berbasis IOT untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMK di Kota Madiun. *Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 9(2), 433–439. <https://doi.org/10.25273/jems.v9i2.10995>
- Ramadhani, N.M. (2021). *Real Laboratory Praktikum Koefisien Muai Panjang Berbasis Internet of Tings dan Aplikasi Android*.
- Ramadiani, S., Silvianti, N., Putra, R. P., & Agustina, R. D. (2022). Uji Perbandingan Kegiatan Laboratorium berbasis IoT dengan Virtual Laboratory pada Materi

- Periode Bandul dengan HOTLAB. *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan*, 15(1). <https://doi.org/10.21831/jpipfip.v15i1.41485>
- Riansyah, M. Y. (2024). *Pengembangan Alat Peraga Smart Key Berbasis Internet of Things pada Materi Gelombang Elektromagnetik*.
- Riskawati, Saad, R., & Gemmy A. M.A. (2022). Keterampilan Proses Sains Mahasiswa Pendidikan Fisika Selama Pandemi Covid-19: Blended Learning. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(3), 496. <https://doi.org/10.20527/jipf.v6i3.5517>
- Setyawati E.T, Afifah, K. Y., & Amrudin, F. (2023). *Pembuatan Alat Peraga Berbasis IoT untuk Praktikum Gerak Osilasi pada Bandul*. <http://ejournal.unipma.ac.id/index.php/snpf>
- Zulensi, C. F., Anas, A. A., Wilza, R., Rizal, S., & Sundari, E. (2025). *Pengembangan Alat Praktikum Fisika Gaya Gesek pada Bidang Miring Berbasis Internet of Things*. 1, 2025. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15234480>