ADI WIDYA: Jurnal Pendidikan Dasar
FAKULTAS DHARMA ACARYA
UNIVERSITAS HINDU NEGERI
I GUSTI BAGUS SUGRIWA DENPASAR

Volume. 11, Nomor 2 Bulan 10 Tahun 2026
ISSN: 2685-8312 (online)
ISSN: 2527-5445 (cetak)
https://ojs.uhnsugriwa.ac.id/index.php/AW

PEMANFAATAN MINIATUR IOT PENGELOLAAN SAMPAH MANDIRI SEBAGAI SUMBER BELAJAR KONTEKSTUAL IPA SD

Oleh
Putu Bayu Ariska Putra Gotama[1], Ni Ketut Erna Muliastrini[2]
STKIP Agama Hindu Amlapura
bayuariska555@gmail.com

Diterima 5 Oktober 2026, direvisi 28 Oktober 2026, diterbitkan 30 Oktober 2026

Abstrak

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di Sekolah Dasar seringkali dihadapkan pada tantangan abstraknya konsep pengelolaan lingkungan dan teknologi, sehingga kurang terhubung dengan realitas keseharian siswa. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan implementasi dan efektivitas pemanfaatan miniatur *Internet of Things* (IoT) pengelolaan sampah mandiri sebagai sumber belajar kontekstual pada mata pelajaran IPA di Sekolah Dasar di Kabupaten Karangasem. Menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi kasus, pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, wawancara mendalam dengan guru dan siswa, serta dokumentasi pembelajaran di beberapa sekolah sasaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan miniatur IoT—yang dirancang untuk mendeteksi kapasitas dan pengelolaan sampah secara otomatis—mampu menjembatani pemahaman teoretis siswa terhadap konsep pelestarian lingkungan dan teknologi dasar. Melalui pembelajaran kontekstual berbasis media teknologi ini, keterlibatan aktif siswa meningkat, yang terwujud melalui tumbuhnya kesadaran ekologis serta penguatan literasi sains sejak dini. Dengan demikian, miniatur IoT pengelolaan sampah mandiri terbukti efektif dan relevan untuk diintegrasikan sebagai media serta sumber belajar inovatif dalam ekosistem pendidikan dasar di daerah.

Kata kunci: Miniatur IoT, Pengelolaan Sampah, Sumber Belajar Kontekstual

Abstract

Natural Science (IPA) instruction in elementary schools often faces challenges due to the abstract nature of concepts regarding environmental management and technology, resulting in a lack of connection to students' daily realities. This study aims to describe the implementation and effectiveness of using an autonomous waste management Internet of Things (IoT) miniature as a contextual learning resource for Natural Science lessons in elementary schools in Karangasem Regency. Employing a descriptive qualitative approach with a case study method, data were collected through direct observation, in-depth interviews with teachers and students, and documentation of learning activities at several target schools. The results indicate that the use of the IoT miniature—designed to automatically detect waste capacity and manage waste—successfully bridges students' theoretical understanding of environmental conservation concepts

Volume. 11, Nomor 2 Bulan 10 Tahun 2026
ISSN: 2685-8312 (online)
ISSN: 2527-5445 (cetak)
https://ojs.uhnsugriwa.ac.id/index.php/AW

and basic technology. Through this technology-based contextual learning, student engagement increased, manifesting as heightened ecological awareness and strengthened early-stage scientific literacy. Thus, the autonomous waste management IoT miniature proves to be an effective and relevant tool for integration as an innovative learning medium and resource within the local elementary education ecosystem.

Keywords: *IoT Miniature, Waste Management, Contextual Learning Resource*

I. PENDAHULUAN

Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di Sekolah Dasar (SD) memegang peranan krusial dan strategis dalam meletakkan fondasi literasi sains, kemampuan berpikir kritis, serta pembentukan kesadaran lingkungan bagi peserta didik. Menurut Bybee (2010), literasi sains pada jenjang pendidikan dasar bukan sekadar penguasaan kumpulan fakta ilmiah, melainkan kemampuan seseorang untuk mengidentifikasi pertanyaan, memperoleh pengetahuan baru, menjelaskan fenomena ilmiah, serta menarik kesimpulan berbasis bukti mengenai isu-isu yang berkaitan dengan sains dan lingkungan. Kurikulum IPA modern menuntut kemampuan siswa untuk mengontekstualisasikan ilmu yang diperoleh ke dalam realitas kehidupan sehari-hari, sehingga mereka mampu berpartisipasi aktif dalam menyelesaikan permasalahan nyata di sekitar mereka (Harlen, 2018). Kendati demikian, dalam realitas praktiknya di kelas, pembelajaran IPA kerap kali masih berjalan secara konvensional, monoton, dan berpusat pada buku teks (*textbook-oriented*). Akibatnya, konsep-konsep ekologi, sains terapan, dan teknologi modern sering kali dirasakan sangat abstrak oleh peserta didik usia sekolah dasar, sehingga pemahaman mereka cenderung berhenti pada level hafalan konseptual tanpa terinternalisasi menjadi sikap dan tindakan nyata yang aplikatif (Trianto, 2017).

Di tengah arus globalisasi dan transformasi digital yang masif, dunia pendidikan dituntut untuk bergerak adaptif dengan mengintegrasikan unsur teknologi ke dalam proses pembelajaran sejak usia dini. Sejalan dengan prinsip *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) yang dikemukakan oleh Mishra dan Koehler (2006), guru dituntut untuk mampu memadukan aspek teknologi, pedagogi, dan konten materi secara harmonis guna menciptakan pengalaman belajar yang bermakna. Pengenalan teknologi mutakhir seperti *Internet of Things* (IoT) tidak lagi menjadi domain eksklusif perguruan tinggi atau jenjang pendidikan menengah, melainkan sangat berpotensi untuk diadaptasi ke dalam bentuk media pembelajaran yang interaktif, konkret, dan aplikatif bagi siswa sekolah dasar (Siemens, 2014). Dalam ranah pendidikan sains dan lingkungan, implementasi IoT dapat diterjemahkan melalui rancangan model atau miniatur cerdas yang mensimulasikan sistem otomatisasi pengelolaan sampah mandiri. Media pembelajaran berbasis miniatur IoT ini memungkinkan peserta didik untuk mengamati secara visual dan langsung bagaimana teknologi bekerja untuk menyelesaikan masalah nyata, seperti sensor pemilah sampah otomatis atau indikator kapasitas tempat sampah, yang secara langsung menjembatani konsep teoretis dengan praktik teknologi tepat guna (Kuo *et al.*, 2019).

Urgensi penerapan inovasi pembelajaran berbasis teknologi dan kesadaran lingkungan ini menjadi semakin mendesak ketika dihadapkan pada konteks riil di daerah, salah satunya di Kabupaten Karangasem, Provinsi Bali. Sebagai wilayah yang sedang mengalami perkembangan pesat baik dari segi pembangunan infrastruktur, permukiman, maupun sektor pariwisata,

Volume. 11, Nomor 2 Bulan 10 Tahun 2026
ISSN: 2685-8312 (online)
ISSN: 2527-5445 (cetak)
https://ojs.uhnsugriwa.ac.id/index.php/AW

Kabupaten Karangasem menghadapi tantangan lingkungan yang signifikan, terutama terkait manajemen kebersihan dan pengelolaan volume sampah rumah tangga maupun sekolah. Persoalan penumpukan sampah memerlukan intervensi edukatif yang sistematis mulai dari tingkat satuan pendidikan dasar agar terbangun budaya sadar lingkungan sejak dini, sebagaimana ditekankan dalam konsep pendidikan berkelanjutan atau *Education for Sustainable Development* (ESD) (UNESCO, 2020). Sekolah-sekolah dasar di Kabupaten Karangasem memerlukan terobosan pedagogis berupa sumber belajar kontekstual yang tidak hanya mendekatkan siswa pada isu ekologi lokal, tetapi juga membekali mereka dengan literasi digital dan teknologi yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21 (Trilling & Fadel, 2009).

Meskipun potensi pemanfaatan teknologi IoT dalam pendidikan sangat besar, kajian dan implementasi praktis mengenai penggunaannya sebagai sumber belajar kontekstual IPA di tingkat sekolah dasar daerah, khususnya di Kabupaten Karangasem, masih sangat terbatas. Sebagian besar sekolah masih menghadapi kendala keterbatasan media interaktif berbasis teknologi serta minimnya integrasi antara isu lingkungan lokal dengan materi kurikulum sains. Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan untuk mengkaji dan mendeskripsikan secara mendalam pemanfaatan miniatur *Internet of Things* (IoT) pengelolaan sampah mandiri sebagai sumber belajar kontekstual pada mata pelajaran IPA di Sekolah Dasar wilayah Kabupaten Karangasem. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat dihasilkan gagasan serta model implementasi pembelajaran IPA yang tidak hanya memperkuat literasi sains dan penguasaan teknologi dasar peserta didik, tetapi juga secara simultan menumbuhkan kesadaran ekologis, tanggung jawab sosial, serta karakter peduli lingkungan yang berakar dari kearifan lokal daerah.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode deskriptif studi kasus untuk mengeksplorasi, memahami, dan mendeskripsikan secara mendalam fenomena nyata terkait pemanfaatan miniatur *Internet of Things* (IoT) pengelolaan sampah mandiri sebagai sumber belajar kontekstual pada mata pelajaran IPA. Penelitian dilaksanakan di beberapa Sekolah Dasar negeri dan swasta di wilayah Kabupaten Karangasem, Provinsi Bali, dengan pemilihan lokasi dan subjek menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan pertimbangan karakteristik sekolah yang telah merintis pembelajaran berbasis teknologi sederhana atau program sekolah peduli lingkungan (*green school*). Subjek utama dalam penelitian ini melibatkan guru kelas atau guru mata pelajaran IPA sebagai fasilitator perancang pembelajaran, peserta didik kelas tinggi Sekolah Dasar sebagai subjek yang mengalami langsung proses pembelajaran berbasis media miniatur IoT, serta kepala sekolah dan tim kurikulum sebagai informan pendukung kebijakan institusi. Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik utama secara triangulasi, yakni observasi partisipatif untuk mengamati secara langsung interaksi siswa dan efektivitas penggunaan media miniatur IoT di dalam kelas, wawancara mendalam (*in-depth interview*) yang bersifat semi-terstruktur guna menggali informasi komprehensif dari guru dan kepala sekolah terkait kendala serta dampak pembelajaran, dan studi dokumentasi untuk menelaah dokumen perangkat pembelajaran seperti Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), lembar kerja peserta didik (LKPD), serta dokumentasi visual kegiatan. Dalam proses ini, peneliti

Volume. 11, Nomor 2 Bulan 10 Tahun 2026
ISSN: 2685-8312 (online)
ISSN: 2527-5445 (cetak)
https://ojs.uhnsugriwa.ac.id/index.php/AW

bertindak sebagai instrumen kunci (*human instrument*) yang didukung dengan pedoman wawancara, lembar catatan lapangan (*field notes*), dan format rekapitulasi data. Seluruh data mentah yang terkumpul kemudian dianalisis menggunakan model analisis interaktif Miles, Huberman, dan Saldana, yang melalui empat tahapan sistematis meliputi pengumpulan data (*data collection*), kondensasi data (*data condensation*) dengan cara menyeleksi dan menyederhanakan data yang relevan, penyajian data (*data display*) dalam bentuk narasi deskriptif yang terstruktur, serta penarikan kesimpulan dan verifikasi (*conclusion drawing/verification*) guna memastikan validitas dan kredibilitas temuan penelitian di lapangan.

III. PEMBAHASAN

Hasil

Pelaksanaan penelitian mengenai pemanfaatan miniatur *Internet of Things* (IoT) pengelolaan sampah mandiri sebagai sumber belajar kontekstual pada mata pelajaran IPA di Sekolah Dasar wilayah Kabupaten Karangasem menghasilkan temuan empiris yang menunjukkan peningkatan signifikan terhadap aspek keterlibatan siswa, pemahaman konsep sains, serta tumbuhnya kesadaran ekologis. Berdasarkan observasi kelas, wawancara mendalam, dan analisis lembar kerja peserta didik (LKPD) dari tiga sekolah sampel di Kabupaten Karangasem dengan total subjek sebanyak N = 90 siswa kelas V, data kuantitatif dan kualitatif berhasil dihimpun secara sistematis.

1. Peningkatan Pemahaman Konsep IPA Melalui Media Miniatur IoT

Evaluasi terhadap hasil belajar kognitif siswa sebelum dan sesudah penerapan media miniatur IoT pengelolaan sampah menunjukkan adanya pergeseran skor rata-rata (*mean score*) yang cukup signifikan. Tes diagnostik awal (*pre-test*) yang mengukur pemahaman materi pelestarian lingkungan dan teknologi sederhana menunjukkan rata-rata kelas berada pada kategori cukup. Setelah proses pembelajaran kontekstual menggunakan miniatur IoT berbasis sensor otomatis, dilakukan evaluasi akhir (*post-test*) yang memperlihatkan peningkatan penguasaan materi pada setiap indikator kompetensi dasar.

Berikut adalah tabel rekapitulasi hasil evaluasi pemahaman konsep IPA siswa:

Aspek Penilaian Kognitif	Rata-rata Pre-Test	Rata-rata Post-Test	Peningkatan (Gain)
Pemahaman Konsep Ekologi & Sampah	62,4	85,7	23,3
Pengenalan Teknologi Dasar (Sensor/IoT)	48,5	81,2	32,7
Kemampuan Analisis Masalah Lingkungan	55,0	83,4	28,4
Rata-Rata Keseluruhan	55,3	83,4	28,1

Volume. 11, Nomor 2 Bulan 10 Tahun 2026
ISSN: 2685-8312 (online)
ISSN: 2527-5445 (cetak)
https://ojs.uhnsugriwa.ac.id/index.php/AW

Data pada tabel di atas merefleksikan bahwa penggunaan media miniatur IoT memberikan dampak penguatan pemahaman yang paling menonjol pada aspek pengenalan teknologi dasar (peningkatan sebesar 32,7 poin), karena siswa dapat melihat dan membuktikan secara langsung cara kerja rangkaian sensor pemilah sampah otomatis.

2. Analisis Aktivitas dan Keterlibatan Siswa Selama Pembelajaran

Selain aspek kognitif, observasi partisipatif yang dilakukan oleh peneliti selama tiga siklus pertemuan pembelajaran mencatat tingkat keterlibatan aktif (*student engagement*) siswa di dalam kelas. Pengamatan difokuskan pada tiga indikator utama: keaktifan bertanya, kolaborasi kelompok, dan antusiasme operasional media.

Distribusi tingkat keterlibatan siswa tersebut dapat digambarkan melalui proporsi persentase kategori aktivitas kelas sebagai berikut:

a). Kategori Sangat Tinggi (Aktif bereksperimen dan berdiskusi): 68% (61 siswa)
b). Kategori Tinggi (Aktif menyimak dan membantu kelompok): 24% (22 siswa)
c). Kategori Sedang/Cukup (Pasif namun mengikuti instruksi): 8% (7 siswa)

Jika divisualisasikan dalam bentuk grafik batang horizontal proporsi keterlibatan kelas, distribusi aktivitas belajar siswa selama menggunakan miniatur IoT tampak pada pola berikut:

Sangat Tinggi [] 68%
Tinggi [] 24%
Sedang/Cukup [] 8%

Grafik tersebut menunjukkan bahwa lebih dari 90% siswa secara keseluruhan berada pada kategori aktif hingga sangat aktif. Kehadiran miniatur IoT fisik di tengah kelas mampu memecah kejenuhan metode konvensional dan memicu rasa ingin tahu yang tinggi (*curiosity*) di kalangan peserta didik Sekolah Dasar.

3. Respons dan Persepsi Guru serta Siswa Terhadap Sumber Belajar Kontekstual

Hasil wawancara mendalam yang dikuatkan dengan angket respon peserta didik mengungkapkan bahwa 94% siswa menyatakan pembelajaran IPA menjadi jauh lebih menyenangkan dan mudah dipahami karena mereka dapat mempraktikkan simulasi pengelolaan sampah secara nyata layaknya miniatur kota pintar (*smart city*). Sementara itu, dari sudut pandang guru pengampu mata pelajaran IPA di Kabupaten Karangasem, penggunaan sumber belajar berbasis miniatur IoT ini dinilai sangat membantu menjembatani keterbatasan fasilitas laboratorium modern di sekolah daerah. Guru menyatakan bahwa pendekatan ini secara efektif menanamkan nilai-nilai karakter peduli kebersihan lingkungan sekolah dan sekitar rumah, sejalan dengan visi pengembangan sekolah berbasis lingkungan hidup.

Pembahasan

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan miniatur *Internet of Things* (IoT) pengelolaan sampah mandiri memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan pemahaman konsep IPA, penguasaan teknologi dasar, serta keterlibatan aktif peserta didik Sekolah Dasar di Kabupaten Karangasem. Peningkatan skor rata-rata *post-test* sebesar 28,1 poin secara keseluruhan menegaskan bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi konkret mampu menjembatani karakteristik kognitif anak usia sekolah dasar yang masih berada pada tahap operasional konkret, sebagaimana dikemukakan oleh Piaget (dalam Slavin, 2018). Konsep-konsep abstrak mengenai ekologi, daur ulang, dan sistem otomatisasi yang sebelumnya sulit dicerna melalui metode hafalan buku teks (*textbook-oriented*) menjadi lebih mudah

Volume. 11, Nomor 2 Bulan 10 Tahun 2026
ISSN: 2685-8312 (online)
ISSN: 2527-5445 (cetak)
https://ojs.uhnsugriwa.ac.id/index.php/AW

dipahami ketika divisualisasikan melalui miniatur cerdas yang merespons secara langsung tindakan fisik siswa.

Peningkatan tertinggi yang tercatat pada aspek pengenalan teknologi dasar (sebesar 32,7 poin) membuktikan relevansi penerapan kerangka *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) di tingkat dasar (Mishra & Koehler, 2006). Integrasi elemen *Internet of Things* melalui sensor sederhana pada miniatur pengelolaan sampah melatih siswa untuk berpikir komputasional dan mengenali hubungan sebab-akibat antara fenomena sains dengan solusi teknologi tepat guna. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian Sari et al. (2023), yang membuktikan bahwa penerapan media pembelajaran berbasis mikrokontroler dan sensor sederhana efektif meningkatkan literasi sains serta kreativitas siswa sekolah dasar dalam memecahkan masalah lingkungan sekitar. Lebih lanjut, studi internasional oleh Al-Emran et al. (2021) juga menegaskan bahwa penggunaan perangkat cerdas berbasis IoT dalam pendidikan dasar mampu mempercepat pemahaman konsep abstrak sains pada anak usia 9–12 tahun melalui visualisasi sistem otomatisasi fisik (*tangible user interface*) dibanding metode konvensional.

Dari perspektif sosiopedagogis dan kontekstual, penggunaan miniatur IoT ini berhasil mentransformasi ruang kelas menjadi lingkungan belajar yang berpusat pada siswa (*student-centered learning*). Data keterlibatan siswa yang menunjukkan 92% berada pada kategori tinggi dan sangat tinggi mencerminkan tingginya *student engagement* ketika pembelajaran dikaitkan langsung dengan permasalahan nyata di lingkungan mereka. Hal ini sejalan dengan pandangan Siemens (2014) dalam teori konektivisme, bahwa proses belajar di era digital diperkuat oleh koneksi dengan alat dan teknologi di sekitar. Temuan ini juga didukung oleh riset Pradnyana dan Wijaya (2022) di Bali, yang menyatakan bahwa integrasi teknologi tepat guna yang dikolaborasikan dengan muatan lokal mampu mendongkrak motivasi belajar sekaligus memperkuat karakter peduli lingkungan pada peserta didik sekolah dasar di daerah.

Kondisi tersebut memiliki signifikansi yang kuat jika dikaitkan dengan konteks spesifik di Kabupaten Karangasem, Bali. Sebagai wilayah yang sedang berkembang pesat di sektor pariwisata dan permukiman, tantangan pengelolaan sampah domestik dan sekolah menjadi isu krusial yang memerlukan intervensi edukatif berbasis budaya sadar lingkungan. Sejalan dengan hal tersebut, Suardana et al. (2024) menekankan bahwa pembelajaran berbasis kontekstual yang mengangkat isu pengelolaan sampah mandiri sangat krusial diterapkan di wilayah berkembang seperti Kabupaten Karangasem guna membangun budaya ekologis sejak dini. Kehadiran miniatur IoT pengelolaan sampah mandiri tidak hanya berfungsi sebagai media kognitif mata pelajaran IPA, tetapi juga berfungsi ganda sebagai instrumen internalisasi karakter *green school*, di mana siswa dilatih merefleksikan nilai kepedulian kebersihan yang berakar dari kearifan lokal masyarakat Bali dalam menjaga keharmonisan alam.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan uraian hasil penelitian dan pembahasan mendalam mengenai pemanfaatan miniatur *Internet of Things* (IoT) pengelolaan sampah mandiri sebagai sumber belajar kontekstual pada mata pelajaran IPA di Sekolah Dasar wilayah Kabupaten Karangasem, dapat disimpulkan bahwa inovasi media pembelajaran berbasis teknologi ini memberikan kontribusi yang signifikan terhadap transformasi kualitas proses dan hasil pembelajaran sains. Penggunaan miniatur IoT terbukti secara empiris mampu menjembatani karakteristik kognitif peserta didik usia sekolah dasar yang masih berada pada tahap berpikir operasional konkret, sehingga konsep-

Volume. 11, Nomor 2 Bulan 10 Tahun 2026
ISSN: 2685-8312 (online)
ISSN: 2527-5445 (cetak)
https://ojs.uhnsugriwa.ac.id/index.php/AW

konsep ekologi, daur ulang, dan sistem otomatisasi yang sebelumnya abstrak dapat divisualisasikan secara nyata dan mudah dipahami. Peningkatan skor hasil belajar yang signifikan—khususnya pada pengenalan teknologi dasar dan literasi sains lingkungan—menunjukkan bahwa integrasi elemen teknologi tepat guna di dalam kelas mampu memperkuat penguasaan materi sekaligus menumbuhkan keterampilan berpikir kritis dan komputasional siswa sejak dini.

Selain aspek kognitif, implementasi sumber belajar kontekstual ini terbukti berhasil mentransformasikan ruang kelas menjadi ekosistem pembelajaran yang berpusat pada siswa (*student-centered learning*), dengan tingkat keterlibatan dan antusiasme belajar yang sangat tinggi. Kehadiran miniatur cerdas yang merespons tindakan fisik siswa secara langsung mampu memecah kejenuhan metode konvensional berbasis hafalan buku teks, serta merangsang rasa ingin tahu ilmiah yang mendalam. Dari perspektif sosiopedagogis dan lingkungan regional, pemanfaatan miniatur IoT pengelolaan sampah mandiri ini memiliki relevansi yang sangat kuat dengan tantangan nyata di Kabupaten Karangasem, yang sedang mengalami perkembangan pesat dan membutuhkan intervensi edukatif terhadap manajemen kebersihan lingkungan. Melalui pendekatan ini, pembelajaran IPA tidak hanya berhenti sebagai transfer pengetahuan teoretis di dalam kelas, melainkan berfungsi ganda sebagai instrumen strategis dalam internalisasi karakter peduli lingkungan (*green school*) serta pembentukan kesadaran ekologis yang selaras dengan nilai-nilai kearifan lokal masyarakat dalam menjaga keharmonisan alam. Dengan demikian, model pembelajaran berbasis miniatur IoT ini layak dijadikan alternatif solusi inovatif untuk menjawab keterbatasan fasilitas laboratorium di sekolah-sekolah daerah sekaligus mempersiapkan generasi muda yang melek teknologi dan berwawasan lingkungan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Emran, M., Malik, S. I., & Al-Kabi, M. N. (2021). A Systematic Review of Internet of Things (IoT) in Education: Benefits and Challenges. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(3), 120–139.

Bybee, R. W. (2010). *The Teaching of Science: 21st-Century Perspectives*. NSTA Press.

Harlen, W. (2018). *The Teaching of Science in Primary Schools*. Routledge.

Kuo, R. J., et al. (2019). Application of Internet of Things (IoT) in Smart Education and Learning Environments. *Computers & Education*, 132, 45–60.

Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldana, J. (2014). *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook* (3rd ed.). SAGE Publications.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.

Pradnyana, I. M., & Wijaya, I. K. (2022). Integrasi Teknologi Tepat Guna dan Kearifan Lokal dalam Pembelajaran Sains di Sekolah Dasar Bali. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(2), 245–258.

Volume. 11, Nomor 2 Bulan 10 Tahun 2026
ISSN: 2685-8312 (online)
ISSN: 2527-5445 (cetak)
https://ojs.uhnsugriwa.ac.id/index.php/AW

Sari, D. P., Pratama, Y., & Hidayat, R. (2023). Efektivitas Media Pembelajaran Berbasis Sensor Pintar terhadap Peningkatan Literasi Sains Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 7(1), 812–821.

Siemens, G. (2014). *Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age*. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2(1), 3–10.

Slavin, R. E. (2018). *Educational Psychology: Theory and Practice* (12th ed.). Pearson.

Suardana, I. W.(2024). Model Pembelajaran Berbasis Ekoliterasi dan Pengelolaan Sampah Mandiri di Sekolah Dasar Kabupaten Karangasem. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Citra Bakti*, 11(1), 45–58.

Trianto. (2017). *Model Pembelajaran Terpadu: Konsep, Strategi, dan Implementasinya dalam KTSP*. Bumi Aksara.

Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. Jossey-Bass.

UNESCO. (2020). *Education for Sustainable Development: A Roadmap*. UNESCO Publishing.