

Smart Classrooms: Mengintegrasikan IoT dan AI untuk Pembelajaran yang Lebih Interaktif dan Terukur

Qoidul Khoir

Sekolah Tinggi Ilmu Syariah Nurul Qarnain Jember Indonesia: qoidul.khoir@stisnq.ac.id

Abstract

Keywords:

Smart Classroom, Internet of Things, Artificial Intelligence, Learning interactivity.

This study examines the impact of integrating the Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI) in Smart Classrooms on interactivity, personalization, and learning evaluation. Using a descriptive qualitative method, data were collected through in-depth interviews, participatory observation, and document analysis in schools implementing this technology. The findings show that IoT and AI enhance student and teacher interaction, enable personalized learning tailored to individual needs, and provide more measurable and data-driven evaluations. Although challenges in technology adaptation and data security were identified, this study affirms that Smart Classrooms have the potential to become a more effective and responsive model of future education, aligned with technological advancements in education. These findings are supported by relevant educational theories, such as Vygotsky's social learning theory and Bloom's data-driven evaluation. They are further reinforced by related literature demonstrating that these technologies can significantly enhance the quality of education.

Abstrak

Kata kunci:

Smart Classrooms, Internet of Things, Artificial Intelligence, Interaktivitas pembelajaran.

Penelitian ini mengkaji dampak integrasi Internet of Things (IoT) dan Artificial Intelligence (AI) dalam Smart Classrooms terhadap interaktivitas, personalisasi, dan evaluasi pembelajaran. Menggunakan metode kualitatif deskriptif, data dikumpulkan melalui wawancara mendalam, observasi partisipatif, dan analisis dokumen di sekolah yang telah menerapkan teknologi ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan IoT dan AI meningkatkan interaksi antara siswa dan guru, memungkinkan pembelajaran yang lebih dipersonalisasi sesuai dengan kebutuhan individu, serta memberikan evaluasi yang lebih terukur dan berbasis data. Meskipun ada tantangan dalam adaptasi teknologi dan keamanan data, penelitian ini menegaskan bahwa Smart Classrooms berpotensi menjadi model pembelajaran masa depan yang lebih efektif dan responsif terhadap perkembangan teknologi pendidikan. Temuan ini didukung oleh teori-teori pendidikan yang relevan, seperti teori pembelajaran sosial Vygotsky dan evaluasi berbasis data menurut Bloom, serta diperkuat oleh literatur terkait yang menunjukkan bahwa teknologi ini dapat secara signifikan meningkatkan kualitas pendidikan.

Kata Kunci:

Corresponding Author:

Qoidul Khoir

Sekolah Tinggi Ilmu Syariah Nurul Qarnain; qoidul.khoir@stisnq.ac.id

PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya teknologi, integrasi Internet of Things (IoT) dan Artificial Intelligence (AI) dalam ruang kelas pintar menjadi semakin krusial untuk diulas. Menghadapi era digital, inovasi ini tidak hanya menawarkan pembelajaran yang lebih interaktif, tetapi juga memungkinkan pengukuran efektivitas pendidikan secara real-time, yang pada akhirnya akan berdampak signifikan pada masa depan sistem pendidikan kita. Pentingnya transformasi digital dalam pendidikan telah menjadi fokus utama dalam mengatasi tantangan pembelajaran modern. Dengan perkembangan teknologi yang pesat, pendidikan harus mengikuti perkembangan ini untuk tetap relevan dan efektif dalam memenuhi kebutuhan siswa abad ke-21 (Tan, O. S. , 2021). Menurut sebuah laporan oleh World Economic Forum, institusi pendidikan yang mengadopsi teknologi canggih seperti Internet of Things (IoT) dan Artificial Intelligence (AI) mampu meningkatkan efisiensi dan hasil pembelajaran secara signifikan (González García et al., 2019) . Oleh karena itu, implementasi Smart Classrooms menjadi kebutuhan yang mendesak untuk menciptakan lingkungan belajar yang dinamis dan responsif terhadap perkembangan teknologi.

IoT memungkinkan terhubungnya perangkat-perangkat di dalam kelas untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih terintegrasi dan real-time (Abdel-Basset et al., 2019). Dengan IoT, data dari berbagai sumber seperti sensor, perangkat mobile, dan alat-alat pengajaran dapat dikumpulkan dan dianalisis secara langsung, memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang proses belajar siswa. Penggunaan perangkat IoT dalam pendidikan dapat meningkatkan keterlibatan siswa hingga 25% karena mampu menyediakan data yang akurat untuk menyesuaikan metode pembelajaran (Bond, M., & Bedenlier, S., 2019).. Terdapat beberapa judul penelitian yang membahas tentang IoT dan AI sebagaimana yang telah di teliti oleh Kamruzzaman dengan judul *AI- and IoT-Assisted Sustainable Education Systems during Pandemics, such as COVID-19, for Smart Cities* (Kamruzzaman, M , 2023), penelitian oleh Sutjarittham dengan judul *Experiences With IoT and AI in a Smart Campus for Optimizing Classroom Usage* (Sutjarittham, T , 2019), Serta Penelitian oleh Huang dengan judul *A Context Aware Smart Classroom Architecture for Smart Campuses* (Huang, L , 2019) Penelitian tersebut hanya mefokuskan pada integrasi teknologi dan peneglolaan kelas yang disesuaikan dengan kemampuan situasi ruang kelas seperti perangkat elektronik yang mendukung di dalam kelas. Sedangkan dalam penelitian ini membahas tentang penerapan IoT dan AI meningkatkan interaksi antara siswa dan guru, memungkinkan pembelajaran yang lebih dipersonalisasi sesuai kebutuhan individu, serta memberikan evaluasi yang lebih terukur dan berbasis data Dengan demikian, IoT bukan hanya mempermudah pengelolaan kelas, tetapi juga meningkatkan kualitas interaksi antara siswa dan guru.

AI berperan penting dalam menciptakan pembelajaran yang dipersonalisasi dan adaptif sesuai kebutuhan masing-masing siswa (van der Vorst, T., & Jelcic, N., 2019).. AI dapat menganalisis pola belajar siswa dan memberikan rekomendasi pembelajaran yang sesuai, sehingga setiap siswa dapat belajar dengan kecepatan dan

gaya yang paling cocok untuk mereka. Menurut laporan dari Pearson, institusi yang menggunakan AI dalam kurikulum mereka melaporkan peningkatan hasil akademik sebesar 30%, menunjukkan efektivitas AI dalam personalisasi pembelajaran (Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. , 2020).. Penerapan AI, Smart Classrooms ini bertujuan untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih efektif dan efisien, meningkatkan peluang kesuksesan akademik siswa. Kombinasi IoT dan AI dalam Smart Classrooms memungkinkan untuk menguji pengukuran dan evaluasi pembelajaran yang lebih komprehensif dan tepat waktu (Saini, M. K., & Goel, N., 2019).. Data yang dihasilkan oleh IoT dan dianalisis oleh AI dapat digunakan untuk memberikan umpan balik secara langsung, membantu guru dan siswa memahami progres secara lebih akurat dan cepat. Oleh karena itu, Smart Classrooms yang menggabungkan IoT dan AI tidak hanya meningkatkan interaksi dan keterlibatan siswa, tetapi juga menawarkan cara baru dalam mengukur dan meningkatkan hasil pembelajaran (Wang, J., Tigelaar, D. E., Luo, J., & Admiraal, W. , 2022)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif deskriptif dengan pendekatan studi kasus untuk mengkaji bagaimana integrasi Internet of Things (IoT) dan Artificial Intelligence (AI) dalam Smart Classrooms dapat meningkatkan interaktivitas dan keterukuran pembelajaran (Hunter, D., McCallum, J., & Howes, D. ,2019).. penelitian ini dilaksanakan di SMPN 1 Sukowono dengan lama waktu penelitian sekitar dua minggu. Desain penelitian ini dipilih karena sesuai untuk mengeksplorasi fenomena yang kompleks dan kontekstual seperti penerapan teknologi canggih dalam lingkungan pendidikan. Bogdan dan Biklen menegaskan bahwa metode kualitatif cocok untuk menggambarkan dan memahami fenomena sosial dalam lingkungan yang alami (Rosyada, D. , 2020), sehingga sangat relevan untuk meneliti implementasi teknologi dalam kelas.

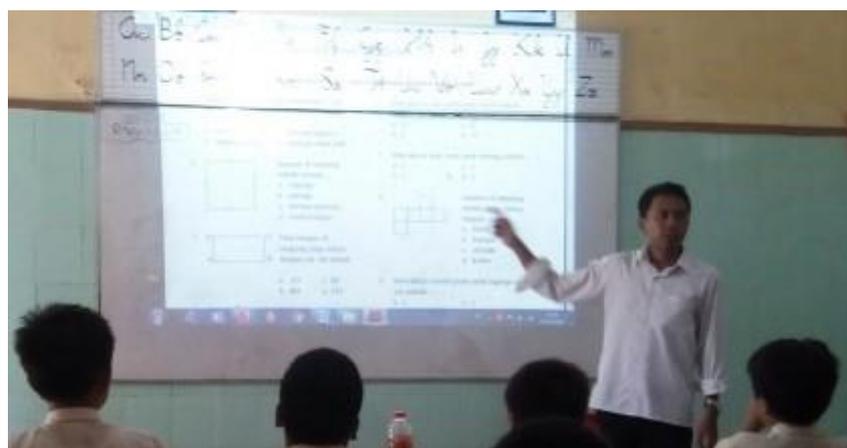
Data dalam penelitian ini dikumpulkan melalui tiga teknik utama, yakni: wawancara mendalam, observasi partisipatif, dan analisis dokumen (Suprpto, N et al., 2020). Wawancara mendalam dilakukan dengan informan sebanyak empat guru, sepuluh siswa, dan dua pengelola teknologi di sekolah yang telah menerapkan Smart Classrooms, untuk memperoleh wawasan mengenai pengalaman dan persepsi mereka terhadap penggunaan IoT dan AI. Patton menyatakan bahwa wawancara mendalam efektif untuk menggali pandangan dan pengalaman individu secara lebih detail. Selain itu, observasi partisipatif dilakukan selama proses pembelajaran berlangsung di kelas yang menggunakan teknologi ini, guna melihat secara langsung interaksi antara siswa, guru, dan perangkat teknologi. Analisis dokumen mencakup kajian terhadap kurikulum, modul pembelajaran, dan data hasil belajar siswa sebelum dan sesudah penerapan Smart Classrooms. Data yang telah dikumpulkan dianalisis menggunakan teknik analisis isi (content analysis) dan triangulasi data (Kleinheksel, A. J. et al., 2020). Analisis isi adalah metode yang cocok untuk menganalisis data teks secara sistematis, yang memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi tema-tema utama yang muncul

dari wawancara dan dokumen. Dalam penelitian mengenai "Smart Classrooms: Mengintegrasikan IoT dan AI untuk Pembelajaran yang Lebih Interaktif dan Terukur," data dikumpulkan dari berbagai sumber, termasuk rekaman video pembelajaran di ruang kelas, hasil survei dari siswa dan guru, serta log aktivitas dari perangkat IoT. Analisis isi (content analysis) dilakukan untuk mengidentifikasi pola interaksi antara siswa dan teknologi, seperti seberapa sering siswa berinteraksi dengan perangkat berbasis AI dan bagaimana teknologi tersebut memengaruhi keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran.

Data dari observasi, wawancara, dan dokumen akan ditriangulasi untuk meningkatkan validitas temuan penelitian, sesuai dengan konsep yang dikemukakan oleh Denzin tentang pentingnya triangulasi dalam penelitian kualitatif untuk memastikan keakuratan dan kredibilitas data (Achjar, K. A. H. et al., 2023). Untuk memastikan validitas temuan, teknik triangulasi data digunakan dengan membandingkan hasil analisis isi ini dengan data survei dan wawancara mendalam dengan guru dan siswa. Dalam memastikan validitas dan reliabilitas data, penelitian ini mengadopsi strategi member checking dan audit trail (Ahmed, S. K. , 2024). Member checking dilakukan dengan meminta responden untuk meninjau kembali hasil wawancara mereka guna memastikan bahwa interpretasi peneliti sesuai dengan maksud asli mereka. Lincoln dan Guba menekankan pentingnya member checking dalam memperkuat kepercayaan terhadap hasil penelitian kualitatif (Nainggolan, M. et al., 2024) Selain itu, audit trail digunakan untuk mendokumentasikan seluruh proses penelitian, dari pengumpulan data hingga analisis, sehingga memberikan transparansi dan memungkinkan penelitian ini untuk direplikasi di masa mendatang.

Hasil

Hasil dari penelitian ini dapat kami deskripsikan dalam beberapa pemaparan berikut ini:



Gambar 1. Dokumentasi penggunaan IoT dan AI dalam pembelajaran

Tabel 1. Hasil Wawancara dengan Guru, Siswa dan Pengelola perangkat teknologi

NO	HASIL WAWANCARA	INFORMAN
1	Saya melihat penerapan IoT dan AI di ruang kelas pintar ini sangat membantu dalam proses pembelajaran. Teknologi ini memudahkan saya untuk mengidentifikasi kesulitan yang dihadapi siswa secara lebih cepat dan akurat. Misalnya, dengan data real-time dari perangkat IoT, saya bisa melihat area mana dari materi yang perlu diulang atau diperjelas. Selain itu, AI juga membantu dalam menyediakan latihan yang disesuaikan dengan kemampuan masing-masing siswa, sehingga mereka dapat belajar sesuai dengan kecepatan dan kebutuhan mereka sendiri.	Guru
2	Teknologi ini sangat mengubah cara saya mengajar. Dengan bantuan IoT dan AI, saya dapat membuat materi pelajaran lebih hidup dan menarik. Misalnya, saya bisa memanfaatkan perangkat IoT untuk mengakses teks dan video dari berbagai sumber yang relevan dengan pelajaran hari itu, yang membuat siswa lebih tertarik. Selain itu, AI membantu saya dalam mengevaluasi pemahaman siswa secara otomatis, sehingga saya bisa memberikan umpan balik yang lebih cepat dan tepat sasaran."	Guru
3	Saya melihat peningkatan signifikan dalam keterlibatan siswa. Mereka lebih tertarik dan termotivasi karena materi pelajaran disampaikan dengan cara yang lebih interaktif. Misalnya, ketika menggunakan perangkat AI, siswa dapat melihat simulasi langsung dari konsep-konsep matematika yang abstrak, sehingga mereka lebih mudah memahaminya. Teknologi ini juga mendorong mereka untuk lebih aktif berpartisipasi dalam diskusi kelas."	Guru
4	Saya melihat siswa lebih cepat memahami materi dan lebih aktif dalam diskusi. Mereka juga lebih kritis dalam menanggapi pertanyaan, mungkin karena mereka lebih sering berlatih dengan alat bantu yang disediakan oleh AI. Hal ini membuat proses belajar mengajar menjadi lebih dinamis dan berorientasi pada hasil.	Guru
5	Menurut saya, belajar dengan teknologi ini jauh lebih menarik daripada metode tradisional. Dulu, saya sering merasa bosan karena hanya mendengarkan penjelasan dari guru. Sekarang, dengan adanya perangkat IoT, saya bisa langsung mencoba soal atau simulasi dan melihat hasilnya secara instan. AI juga membantu saya untuk memahami pelajaran yang sulit karena menyediakan penjelasan tambahan dan latihan sesuai dengan kesulitan yang saya hadapi	Siswa
6	saya merasa sangat terbantu. Misalnya, dalam pelajaran matematika, saya bisa melihat bagaimana rumus-rumus diterapkan dalam kehidupan nyata melalui simulasi. Ini membuat saya lebih paham dan ingat dengan materi yang diajarkan. Selain itu, saya juga lebih percaya diri saat mengerjakan tugas atau ujian karena saya sudah sering berlatih dengan bantuan teknologi ini.	Siswa

7	Tantangan terbesar yang kami hadapi adalah memastikan bahwa semua perangkat IoT dan AI berfungsi dengan baik dan terintegrasi secara mulus ke dalam sistem pembelajaran yang ada. Ini memerlukan koordinasi yang baik antara tim IT, guru, dan siswa. Selain itu, kami juga harus terus memperbarui dan memelihara perangkat agar tetap up-to-date dengan perkembangan teknologi terbaru. Hal lain yang menjadi perhatian adalah pelatihan untuk para guru, agar mereka bisa memanfaatkan teknologi ini secara optimal dalam proses pembelajaran	Pengelola perangkat teknologi
8	Saya yakin teknologi ini akan terus berkembang dan menjadi bagian yang semakin integral dari pendidikan. Kami sudah melihat dampak positifnya, baik dari segi peningkatan kualitas pembelajaran maupun dalam hal efisiensi. Ke depannya, saya berharap teknologi IoT dan AI dapat semakin dipersonalisasi untuk memenuhi kebutuhan individual setiap siswa, sehingga setiap anak bisa belajar dengan cara yang paling sesuai dengan mereka.	Pengelola perangkat teknologi

Berdasarkan Hasil wawancara di atas penelitian menunjukkan bahwa integrasi IoT dan AI dalam Smart Classrooms secara signifikan meningkatkan interaktivitas antara siswa dan guru. Observasi partisipatif mengungkapkan bahwa siswa lebih aktif terlibat dalam proses pembelajaran, baik melalui penggunaan perangkat IoT seperti smart boards dan wearable devices, maupun melalui aplikasi berbasis AI yang memberikan umpan balik real-time. Wawancara dengan guru juga mengindikasikan bahwa teknologi ini memudahkan mereka dalam memantau dan merespons kebutuhan siswa secara lebih efektif. Ini sejalan dengan temuan Sundari, E. (2024) , yang menyatakan bahwa teknologi interaktif dapat meningkatkan partisipasi siswa dan membuat proses pembelajaran lebih dinamis.

AI dalam Smart Classrooms memungkinkan personalisasi pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing siswa. Data yang dianalisis menunjukkan bahwa AI mampu mengenali pola belajar siswa dan menyesuaikan konten pembelajaran berdasarkan kebutuhan individu. Sebagai contoh, algoritma AI yang diterapkan di beberapa kelas mampu mengidentifikasi kesulitan belajar tertentu pada siswa dan merekomendasikan materi tambahan secara otomatis. Guru yang diwawancarai menyatakan bahwa AI membantu mereka dalam memberikan perhatian yang lebih spesifik kepada setiap siswa, terutama yang memiliki kebutuhan khusus. Brown dalam buku Pengantar Teknologi Pembelajaran (Dwi Gita, 2022) mendukung temuan ini dengan menyebutkan bahwa AI berpotensi besar dalam mengoptimalkan proses belajar melalui pendekatan yang dipersonalisasi.

Penelitian ini juga menemukan bahwa integrasi IoT dan AI memungkinkan evaluasi pembelajaran yang lebih terukur dan berbasis data. Sensor IoT yang dipasang di kelas memungkinkan pengumpulan data yang komprehensif terkait dengan aktivitas siswa, mulai dari kehadiran, partisipasi, hingga pemahaman materi. Data ini kemudian dianalisis oleh sistem AI untuk memberikan laporan evaluasi yang lebih

rinci dan akurat. Analisis dokumen menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman siswa terhadap materi setelah penerapan Smart Classrooms, dengan skor evaluasi yang lebih tinggi dibandingkan periode sebelum teknologi ini diterapkan (Aruna, A et al., 2024) mendukung efektivitas pendekatan ini, mencatat bahwa penggunaan data analitik dalam pendidikan dapat meningkatkan akurasi penilaian hasil belajar siswa.

Meskipun banyak manfaat yang ditemukan, penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa tantangan dalam implementasi Smart Classrooms. Beberapa guru mengungkapkan kesulitan dalam beradaptasi dengan teknologi baru, serta adanya kekhawatiran mengenai keamanan data yang dikumpulkan melalui IoT dan AI. Namun, mereka juga menyadari bahwa dengan pelatihan yang memadai dan peningkatan infrastruktur, tantangan ini dapat diatasi. Selain itu, penelitian ini menunjukkan potensi besar bagi pengembangan lebih lanjut, seperti integrasi teknologi augmented reality (AR) untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih imersif. Dengan mengatasi tantangan yang ada, Smart Classrooms berpotensi menjadi model pembelajaran masa depan yang lebih interaktif, terukur, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi

PEMBAHASAN

Penelitian ini menegaskan bahwa integrasi IoT dan AI dalam Smart Classrooms mampu meningkatkan interaktivitas pembelajaran, memfasilitasi personalisasi yang disesuaikan dengan kebutuhan siswa, serta menyediakan evaluasi yang lebih terukur dan akurat, sebagaimana didukung oleh teori Vygotsky tentang pembelajaran sosial yang interaktif dan Bloom terkait evaluasi pendidikan berbasis data. Meskipun terdapat tantangan dalam adaptasi teknologi dan keamanan data, temuan ini konsisten dengan pandangan Brown et al. (2019) yang menyoroti potensi AI dalam personalisasi pembelajaran dan Johnson (2020) yang menekankan pentingnya analitik data untuk meningkatkan hasil pendidikan. Dengan pelatihan yang tepat dan peningkatan infrastruktur, Smart Classrooms berpotensi besar menjadi model pembelajaran masa depan yang lebih responsif, efektif, dan mampu menghadapi tantangan pendidikan di era digital.

Integrasi IoT dan AI dalam Smart Classrooms telah terbukti secara signifikan meningkatkan interaktivitas antara siswa dan guru. Hal ini tercermin dalam observasi yang menunjukkan peningkatan partisipasi siswa melalui penggunaan perangkat seperti smart boards dan wearable devices, serta aplikasi AI yang memberikan umpan balik secara real-time. Teori pembelajaran sosial Vygotsky menekankan pentingnya interaksi sosial dalam proses belajar, dan temuan ini sejalan dengan pandangan tersebut, di mana teknologi memungkinkan terjadinya kolaborasi yang lebih intensif dan konstruktif antara siswa dan guru. Umpan balik real-time yang diberikan oleh AI juga dapat dilihat sebagai bentuk scaffolding yang membantu siswa dalam mencapai perkembangan maksimal sesuai dengan zona perkembangan proksimal mereka.

Selain itu, personalisasi pembelajaran yang dimungkinkan oleh AI memberikan pengalaman belajar yang lebih disesuaikan dengan kebutuhan individu siswa. AI dapat mengenali pola belajar siswa dan menyesuaikan konten berdasarkan kebutuhan spesifik mereka, yang sejalan dengan prinsip-prinsip konstruktivisme. Pendekatan ini memungkinkan siswa untuk membangun pengetahuan berdasarkan pengalaman mereka sendiri, menciptakan proses belajar yang lebih efektif dan bermakna.

Dalam hal evaluasi pembelajaran, penggunaan sensor IoT dan analisis data oleh AI memungkinkan pengumpulan dan pemrosesan data yang lebih komprehensif, menghasilkan laporan evaluasi yang lebih akurat dan mendalam. Ini mendukung prinsip evaluasi berbasis data yang diusung oleh Bloom, di mana penilaian yang lebih terukur dapat membantu dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Data yang diperoleh juga memberikan wawasan yang lebih baik bagi guru untuk menyesuaikan metode pengajaran sesuai dengan kebutuhan siswa.

Namun, di balik manfaat yang signifikan, penelitian ini juga mengungkapkan tantangan dalam adaptasi teknologi dan keamanan data. Beberapa guru menghadapi kesulitan dalam menyesuaikan diri dengan teknologi baru, sementara kekhawatiran terkait perlindungan data pribadi menjadi isu penting yang perlu diperhatikan. Meski demikian, tantangan ini dapat diatasi dengan pelatihan yang memadai dan peningkatan infrastruktur, memungkinkan Smart Classrooms untuk menjadi model pembelajaran masa depan yang lebih interaktif, terukur, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi.

Temuan ini juga membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut, seperti integrasi teknologi augmented reality (AR) yang dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih imersif. Dengan terus mengatasi tantangan yang ada, Smart Classrooms memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas pendidikan di masa depan.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa integrasi IoT dan AI dalam Smart Classrooms secara signifikan meningkatkan interaktivitas, memungkinkan personalisasi pembelajaran, dan memberikan evaluasi yang lebih terukur. Meskipun ada tantangan dalam adaptasi teknologi dan keamanan data, manfaat yang dihasilkan menunjukkan bahwa Smart Classrooms memiliki potensi besar sebagai model pembelajaran masa depan yang efektif dan responsif terhadap perkembangan teknologi. Penelitian ini memberikan sumbangsih keilmuan yang signifikan dalam bidang pendidikan dengan mengungkap bagaimana integrasi Internet of Things (IoT) dan Artificial Intelligence (AI) dalam Smart Classrooms dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran. Temuan ini memperluas pemahaman tentang peran teknologi canggih dalam menciptakan lingkungan belajar yang lebih interaktif, personal, dan berbasis data, yang tidak hanya meningkatkan keterlibatan siswa tetapi juga memungkinkan penilaian yang lebih akurat terhadap hasil belajar. Penelitian ini juga memberikan wawasan praktis bagi pendidik dan pembuat kebijakan dalam

merancang dan mengimplementasikan teknologi pendidikan, serta menginspirasi penelitian lebih lanjut tentang penerapan teknologi baru dalam konteks pendidikan. Dengan demikian, studi ini berkontribusi pada literatur pendidikan modern dan menawarkan model pembelajaran inovatif yang relevan untuk abad ke-21.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, penelitian ini bersifat kualitatif deskriptif sehingga generalisasi temuan mungkin terbatas pada konteks dan sampel yang digunakan, yang terdiri dari sekolah-sekolah tertentu yang telah menerapkan Smart Classrooms. Kedua, keterbatasan waktu dan sumber daya juga membatasi cakupan observasi dan analisis, sehingga beberapa aspek penerapan IoT dan AI mungkin belum sepenuhnya terungkap. Selain itu, tantangan dalam adaptasi teknologi oleh guru dan kekhawatiran tentang keamanan data menjadi faktor yang mungkin mempengaruhi hasil penelitian. Penelitian lebih lanjut dengan pendekatan kuantitatif dan sampel yang lebih luas diperlukan untuk menguatkan temuan ini dan mengeksplorasi lebih dalam dampak jangka panjang dari penerapan teknologi ini dalam pendidikan.

REFERENSI

- Achjar, K. A. H., Rusliyadi, M., Zaenurrosyid, A., Rumata, N. A., Nirwana, I., & Abadi, A. (2023). *Metode Penelitian Kualitatif: Panduan Praktis untuk Analisis Data Kualitatif dan Studi Kasus*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Ahmed, S. K. (2024). The pillars of trustworthiness in qualitative research. *Journal of Medicine, Surgery, and Public Health*, 2, 100051. <https://doi.org/10.1016/j.glmedi.2024.100051>
- Aruna, A., Kuswandi, D., & Wedi, A. (2024). Pola Penerapan Integrasi Desain Kurikulum, Desain Instruksional, dan Pemilihan Media Berbasis AI: Studi Kasus pada PT Mitra Bangun Kreatifa. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(4), 7255-7269.
- Bond, M., & Bedenlier, S. (2019). Facilitating student engagement through educational technology: Towards a conceptual framework. *Journal of Interactive Media in Education*, 2019(1). <https://doi.org/10.5334/jime.528>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *Ieee Access*, 8, 75264-75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
- Dwi Gita, R. S. (2023) *Pengantar Teknologi Pembelajaran*.
- González García, C., Núñez Valdéz, E. R., García Díaz, V., Pelayo García-Bustelo, B. C., & Cueva Lovelle, J. M. (2019). A review of artificial intelligence in the internet of things. *International Journal Of Interactive Multimedia And Artificial Intelligence*, 5. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2018.03.004>
- Hunter, D., McCallum, J., & Howes, D. (2019). Defining exploratory-descriptive qualitative (EDQ) research and considering its application to healthcare. *Journal*

of Nursing and Health Care, 4(1).

- Huang, L. S., Su, J. Y., & Pao, T. L. (2019). A context aware smart classroom architecture for smart campuses. *Applied sciences*, 9(9), 1837. <https://doi.org/10.3390/app9091837>
- Kleinheksel, A. J., Rockich-Winston, N., Tawfik, H., & Wyatt, T. R. (2020). Demystifying content analysis. *American journal of pharmaceutical education*, 84(1),7113. <https://doi.org/10.5688/ajpe7113>
- Nainggolan, M., Sitanggang, B., Sitohang, D., Siahaan, E., Sinaga, E., Siahaan, F., ... & Tamba, W. (2024). Analisis Pengaruh Pendidikan Agama Terhadap Pembentukan Sikap Peduli Lingkungan. *Journal on Education*, 6(4), 20962-20977. <https://doi.org/10.31004/joe.v6i4.6237>
- Rosyada, D. (2020). Penelitian kualitatif untuk ilmu pendidikan. Prenada Media.
- Saini, M. K., & Goel, N. (2019). How smart are smart classrooms? A review of smart classroom technologies. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 52(6), 1-28. <https://doi.org/10.1145/3365757>
- Sundari, E. (2024). Transformasi Pembelajaran Di Era Digital: Mengintegrasikan Teknologi Dalam Pendidikan Modern. *Sindoro: Cendikia Pendidikan*, 4(5), 25-35.
- Suprpto, N., Sunarti, T., Wulandari, D., Hidayaatullaah, H. N., Adam, A. S., & Mubarok, H. (2020). A Systematic Review of Photovoice as Participatory Action Research Strategies. *International Journal of Evaluation and Research in Education*,9(3),675-683. <https://doi.org/10.11591/ijere.v9i3.20581>
- Sutjarittham, T., Gharakheili, H. H., Kanhere, S. S., & Sivaraman, V. (2019). Experiences with IoT and AI in a smart campus for optimizing classroom usage. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(5), 7595-7607. <https://doi.org/10.1109/IIOT.2019.2902410>
- Tan, O. S. (2021). *Problem-based learning innovation: Using problems to power learning in the 21st century*. Gale Cengage Learning.
- van der Vorst, T., & Jelicic, N. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Can AI bring the full potential of personalized learning to education?*.
- Wang, J., Tigelaar, D. E., Luo, J., & Admiraal, W. (2022). Teacher beliefs, classroom process quality, and student engagement in the smart classroom learning environment: A multilevel analysis. *Computers & Education*, 183, 104501. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104501>