

Manfaat Integrasi IoT dalam Pengembangan Perangkat Lunak di Sektor Pendidikan

Rina Marlina^{1*}, Zaharuddin², Hajra Rasmita Ngemba³, Jennifer Smith⁴

¹Fakultas Teknik Informatika, Universitas Brawijaya, Indonesia

²Fakultas Manajemen dan Bisnis, Universitas Mitra Bangsa, Jakarta Selatan, Indonesia

³Fakultas Sistem Informasi, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia

⁴Fakultas Sistem Informasi, Rey Incorporation, Amerika Serikat

¹rina.marlina@ub.ac.id, ²zaharuddin111264@gmail.com, ³hajra.rasmita@gmail.com, ⁴jennifer@rey.zone

*Corresponding Author

Article Info

Article history:

Penyerahan Agustus 12, 2024

Revisi September 09, 2024

Diterima September 21, 2024

Diterbitkan September 25, 2024

Kata Kunci:

Internet of Things (IoT)

Pengembangan Perangkat Lunak

Efisiensi Operasional

Keamanan Data

Optimasi Infrastruktur



ABSTRACT

Integrasi *Internet of Things* (IoT) dalam pengembangan perangkat lunak di sektor pendidikan memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi operasional, otomatisasi proses pembelajaran, dan inovasi. Namun, tantangan seperti keamanan data, kompleksitas teknis, dan keterbatasan infrastruktur tetap menjadi hambatan utama. Penelitian ini menggunakan studi kasus di beberapa institusi pendidikan di Indonesia yang telah mengadopsi IoT untuk mendukung pembelajaran *real-time*, dengan data yang dikumpulkan melalui wawancara mendalam dan analisis dokumen. Hasil menunjukkan bahwa meskipun IoT secara signifikan meningkatkan efisiensi dan otomatisasi dalam manajemen pendidikan, tantangan terkait keamanan dan infrastruktur tetap memerlukan perhatian khusus. Penelitian ini menekankan pentingnya penguatan keamanan dan optimasi infrastruktur sebagai kunci keberhasilan implementasi IoT, serta memberikan wawasan yang dapat digunakan untuk merancang strategi IoT yang lebih efektif dan aman di masa depan dalam sektor pendidikan.

The integration of the Internet of Things (IoT) in software development in the education sector has great potential to improve operational efficiency, learning process automation, and innovation. However, challenges such as data security, technical complexity, and infrastructure limitations remain major obstacles. This research uses case studies of several educational institutions in Indonesia that have adopted IoT to support real-time learning, with data collected through in-depth interviews and document analysis. Results show that while IoT significantly improves efficiency and automation in education management, challenges related to security and infrastructure still require special attention. This research emphasizes the importance of strengthening security and optimizing infrastructure as keys to successful IoT implementation, and provides insights that can be used to design more effective and secure future IoT strategies in the education sector.

This is an open access article under the [CC BY](#) license.



*Corresponding Author:

Rina Marlina (rina.marlina@ub.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.33050/mentari.v3i1>

This is an open-access article under the [CC-BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

©Authors retain all copyrights

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *Internet of Things*(IoT) telah mengalami peningkatan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, seiring dengan kemajuan teknologi digital dan penetrasi internet yang semakin meluas. IoT merujuk pada jaringan perangkat fisik yang terhubung melalui internet, yang mampu mengumpulkan dan bertukar data tanpa memerlukan interaksi manusia-ke-manusia atau manusia-ke-komputer secara langsung. Dalam dunia pengembangan perangkat lunak pendidikan, IoT membuka peluang baru untuk menciptakan solusi yang lebih cerdas dan terhubung, yang mampu mengotomatiskan berbagai proses belajar mengajar serta memberikan pengalaman belajar yang lebih baik[1]. Relevansi IoT dalam pengembangan perangkat lunak semakin terlihat dalam berbagai aspek pendidikan, mulai dari pengelolaan kampus pintar, ruang kelas cerdas, hingga pembelajaran jarak jauh, di mana perangkat lunak berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya, serta memungkinkan inovasi dalam metode pembelajaran dan pengelolaan pendidikan yang belum pernah terjadi sebelumnya[2].

IoT juga telah menjadi bagian integral dari transformasi digital dalam berbagai sektor, termasuk pendidikan, di mana institusi-institusi beralih dari sistem manual ke sistem yang lebih terotomatisasi dan terhubung. Misalnya, dalam sektor pendidikan, perangkat IoT memungkinkan pemantauan lingkungan belajar secara *real-time*, yang tidak hanya meningkatkan kualitas pembelajaran tetapi juga memudahkan pengelolaan fasilitas oleh pihak sekolah atau kampus[3]. Implementasi IoT dalam ruang kelas pintar memungkinkan kontrol otomatis terhadap pencahayaan, suhu, dan teknologi pendukung pembelajaran. Di tingkat institusi, IoT membantu dalam pengelolaan kampus, seperti sistem keamanan, penggunaan ruang kelas, serta efisiensi energi. Hal ini menunjukkan bahwa IoT bukan hanya sebuah tren teknologi, tetapi juga komponen kunci dalam strategi transformasi digital di berbagai institusi pendidikan[4].

Meskipun berbagai studi telah mengeksplorasi penerapan IoT dalam berbagai sektor, masih terdapat kesenjangan dalam literatur mengenai integrasi IoT dalam pengembangan perangkat lunak secara menyeluruh. Banyak penelitian sebelumnya berfokus pada aspek teknis dari IoT, seperti protokol komunikasi, keamanan data, dan arsitektur sistem[5]. Namun, sedikit perhatian yang diberikan pada bagaimana IoT dapat secara efektif diintegrasikan ke dalam proses pengembangan perangkat lunak yang sudah ada, serta dampak dari integrasi tersebut terhadap efisiensi, kualitas, dan inovasi dalam produk perangkat lunak[6].

Sebagai contoh, penelitian sebelumnya cenderung terfokus pada pengembangan perangkat keras IoT dan solusi cloud yang mendukungnya, sementara aspek pengembangan perangkat lunak sering kali dianggap sebagai tantangan sekunder[7]. Padahal, pengembangan perangkat lunak yang efektif untuk IoT memerlukan pendekatan yang berbeda, mengingat karakteristik unik dari IoT seperti kebutuhan akan *low-latency*, *real-time processing*, dan interkoneksi yang luas[8]. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar bagi penelitian ini, yaitu untuk mengeksplorasi lebih lanjut bagaimana integrasi IoT dapat dioptimalkan dalam proses pengembangan perangkat lunak.

Berdasarkan tinjauan literatur, terdapat beberapa gap utama yang perlu diatasi. Pertama, kurangnya pendekatan sistematis yang menggabungkan pengembangan perangkat lunak tradisional dengan teknologi IoT. Banyak *framework* dan metodologi pengembangan perangkat lunak yang ada saat ini tidak sepenuhnya mendukung integrasi dengan IoT, sehingga menimbulkan tantangan dalam hal interoperabilitas dan fleksibilitas sistem[9]. Kedua, isu-isu terkait keamanan dan privasi dalam konteks pengembangan perangkat lunak IoT sering kali belum mendapatkan perhatian yang memadai dalam literatur, meskipun ini merupakan salah satu kekhawatiran terbesar dalam adopsi IoT.

Ketiga, masih minimnya penelitian yang mengkaji dampak jangka panjang dari integrasi IoT terhadap siklus hidup perangkat lunak, khususnya dalam hal maintenance dan upgrade sistem. Hal ini penting karena perangkat lunak IoT cenderung memiliki siklus hidup yang lebih kompleks dibandingkan dengan perangkat lunak tradisional, mengingat perubahan yang cepat dalam teknologi dan kebutuhan pengguna.

Meskipun manfaat dari IoT dalam pengembangan perangkat lunak sangat besar, integrasi teknologi ini juga membawa tantangan yang tidak bisa diabaikan. Salah satu tantangan utama adalah kompleksitas teknis yang terkait dengan penggabungan perangkat IoT yang beragam ke dalam sistem perangkat lunak yang sudah ada[10], [11]. Setiap perangkat IoT mungkin memiliki protokol komunikasi yang berbeda, standar keamanan yang bervariasi, dan keterbatasan sumber daya yang berbeda, yang semuanya harus diperhitungkan dalam proses pengembangan perangkat lunak. Selain itu, masalah keamanan dan privasi data menjadi perhatian utama, mengingat banyaknya data sensitif yang dikumpulkan dan dikirimkan oleh perangkat IoT[12], [13]. Ketergantungan pada konektivitas internet yang stabil juga menambah tantangan, terutama di daerah yang infrastruktur jaringannya belum optimal.

Tantangan-tantangan ini menunjukkan bahwa ada kebutuhan mendesak untuk penelitian lebih lanjut guna memahami bagaimana IoT dapat diintegrasikan dengan baik ke dalam pengembangan perangkat lunak tradisional[14]. Penelitian ini diperlukan untuk mengidentifikasi pendekatan terbaik dalam menghadapi tantangan tersebut dan untuk mengeksplorasi metode baru yang dapat membantu mengoptimalkan manfaat IoT dalam konteks pengembangan perangkat lunak[15], [16]. Dengan memahami secara mendalam tantangan yang ada, diharapkan dapat ditemukan solusi yang tidak hanya efektif tetapi juga efisien dalam penerapan IoT di berbagai sektor industri.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi manfaat dan tantangan yang dihadapi dalam integrasi IoT ke dalam pengembangan perangkat lunak. Secara khusus, penelitian ini akan mengeksplorasi bagaimana IoT dapat meningkatkan efisiensi, inovasi, dan kualitas produk perangkat lunak, sekaligus mengevaluasi tantangan teknis, keamanan, dan operasional yang muncul dari integrasi tersebut. Dengan mengidentifikasi manfaat dan tantangan ini, penelitian ini berharap dapat memberikan wawasan yang berguna bagi pengembang perangkat lunak, manajer proyek, dan pengambil kebijakan dalam memanfaatkan IoT secara lebih efektif dalam pengembangan perangkat lunak mereka.

Penelitian ini berfokus pada integrasi IoT dalam pengembangan perangkat lunak khususnya dalam sektor pendidikan, dengan penekanan pada pemantauan proses belajar-mengajar secara *real-time* menggunakan perangkat berbasis IoT. Penelitian ini mengkaji tantangan teknis, seperti interoperabilitas antar perangkat IoT di ruang kelas pintar, serta masalah keamanan dan privasi data siswa dalam institusi pendidikan dengan infrastruktur teknologi yang berbeda[17]. Dengan pendekatan komprehensif yang mempertimbangkan dampak strategis dan operasional dari integrasi IoT ini, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model yang adaptif dan responsif terhadap kebutuhan khusus dalam sektor pendidikan, sehingga mampu mengisi kesenjangan yang ada dalam literatur.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus untuk mengeksplorasi secara mendalam integrasi IoT dalam pengembangan perangkat lunak di sektor pendidikan[18], [19]. Studi kasus dipilih karena pendekatan ini memungkinkan analisis yang komprehensif mengenai penerapan IoT dalam konteks nyata, serta memahami tantangan dan manfaat yang dihadapi oleh institusi pendidikan. Penelitian ini difokuskan pada beberapa institusi pendidikan di Indonesia yang telah mengadopsi teknologi IoT untuk mendukung pembelajaran *real-time*, serta perusahaan pengembang perangkat lunak yang bekerja sama dengan institusi tersebut.

2.2. Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah perusahaan pengembang perangkat lunak yang beroperasi di sektor pendidikan dan telah mengadopsi teknologi IoT, serta tenaga pengajar dan manajer proyek yang terlibat langsung dalam penggunaan dan implementasi IoT[20], [21]. Sampel dipilih secara *purposive*, mencakup tiga institusi pendidikan yang telah menerapkan sistem pembelajaran berbasis IoT, 5 hingga 10 pengembang perangkat lunak dari perusahaan yang bekerja sama dengan institusi tersebut, 5 hingga 10 manajer proyek, dan 5 hingga 10 tenaga pengajar yang menggunakan sistem tersebut. Total sampel yang digunakan berkisar antara 18 hingga 30 orang.

2.3. Prosedur Pengumpulan Data

Pengumpulan data dimulai dengan identifikasi serta pemilihan sampel, dilanjutkan penjadwalan wawancara dan pengumpulan dokumen terkait. Wawancara dilaksanakan secara tatap muka atau daring, dengan percakapan direkam untuk keperluan analisis lebih lanjut. Setelah itu, dokumen relevan dari institusi pendidikan dan perusahaan pengembang perangkat lunak dikumpulkan dan dianalisis. Data yang terkumpul disimpan secara aman dan dianonimkan demi menjaga kerahasiaan informasi.

2.4. Analisis Data

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan metode analisis tematik. Peneliti mengidentifikasi tema-tema utama dari hasil wawancara dan dokumen, memungkinkan data diorganisir secara sistematis dan pola-pola penting diidentifikasi[22]. Analisis tematik ini digunakan untuk menarik kesimpulan yang bermakna mengenai manfaat dan tantangan integrasi IoT dalam pengembangan perangkat lunak, dengan hasil yang disintesis untuk memberikan wawasan mendalam mengenai topik penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Manfaat Integrasi IoT dalam Pengembangan Perangkat Lunak

Penelitian ini menemukan bahwa integrasi IoT dalam pengembangan perangkat lunak memberikan beberapa manfaat signifikan, terutama di sektor pendidikan. Manfaat ini meliputi peningkatan efisiensi operasional, otomatisasi proses pembelajaran, dan peluang inovasi dalam pengembangan aplikasi pendidikan[23], [24]. Untuk lebih memahami manfaat ini, berikut adalah rincian dari temuan utama yang diidentifikasi selama penelitian:

Tabel 1 di bawah ini merangkum manfaat utama dari integrasi IoT dalam pengembangan perangkat lunak di sektor pendidikan:

Tabel 1. Manfaat Integrasi IoT dalam Pengembangan Perangkat Lunak di Sektor Pendidikan

| Manfaat Utama | Deskripsi |
|-----------------------|--|
| Peningkatan Efisiensi | Pemantauan <i>real-time</i> penggunaan fasilitas pendidikan mengurangi intervensi manual memungkinkan pengelolaan sumber daya yang lebih baik. |
| Otomatisasi Proses | Pengumpulan data belajar secara otomatis dan penyediaan informasi langsung ke platform pembelajaran meningkatkan kecepatan dan akurasi evaluasi. |
| Peluang Inovasi | Pengembangan aplikasi mobile untuk pembelajaran jarak jauh memperluas akses pendidikan dan meningkatkan pengalaman belajar siswa. |

Dari Tabel 1 tersebut, dapat dilihat bahwa salah satu manfaat utama dari integrasi IoT adalah peningkatan efisiensi operasional, yang memungkinkan institusi pendidikan untuk mengelola fasilitas dan sumber daya dengan lebih efektif. Selain itu, otomatisasi proses, seperti pengumpulan data belajar secara *real-time*, telah terbukti meningkatkan efektivitas pengajaran dan evaluasi[25]. Terakhir, integrasi IoT juga membuka peluang inovasi yang signifikan dalam pengembangan aplikasi mobile yang mendukung pembelajaran jarak jauh, memperluas akses dan kualitas pendidikan[26].

3.2. Tantangan yang Dihadapi

Meskipun banyak manfaat yang diidentifikasi, penelitian ini juga menemukan beberapa tantangan utama yang dihadapi dalam integrasi IoT dalam pengembangan perangkat lunak di sektor pendidikan [27]. Tantangan-tantangan ini mencakup masalah keamanan data, kompleksitas teknis dalam mengintegrasikan berbagai perangkat IoT ke dalam lingkungan pendidikan, dan keterbatasan infrastruktur yang mendukung implementasi IoT. Rincian dari tantangan ini dijelaskan dalam Tabel 2 berikut:

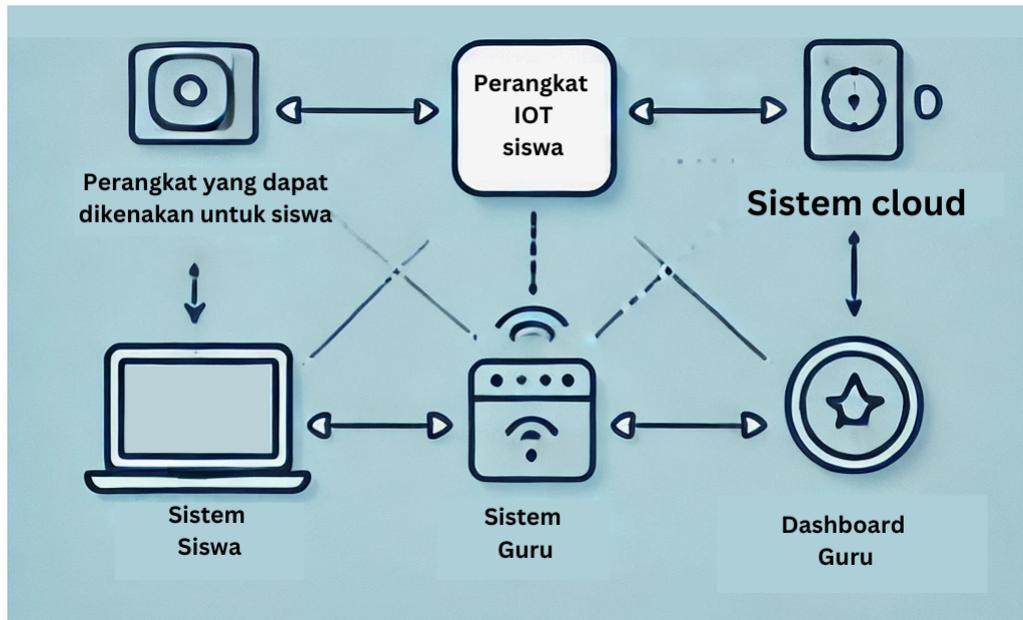
Tabel 2. Tantangan Utama dalam Integrasi IoT di Sektor Pendidikan

| Tantangan Utama | Deskripsi |
|----------------------------|---|
| Masalah Keamanan | Perlindungan data siswa dan tenaga pendidik dari ancaman siber menjadi prioritas utama dalam integrasi IoT. |
| Kompleksitas Teknis | Integrasi perangkat IoT dengan sistem manajemen pembelajaran dan infrastruktur pendidikan membutuhkan keahlian khusus serta sumber daya yang signifikan |
| Keterbatasan Infrastruktur | Konektivitas internet yang rendah di beberapa institusi pendidikan atau daerah dapat menghambat implementasi IoT secara efektif. |

Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa keamanan data siswa dan tenaga pendidik merupakan tantangan utama, terutama dalam melindungi informasi sensitif dari ancaman siber. Selain itu, kompleksitas teknis dalam mengintegrasikan berbagai perangkat IoT ke dalam sistem pendidikan, seperti *Learning Management Systems (LMS)* atau perangkat pembelajaran berbasis teknologi, memerlukan sumber daya yang signifikan dan keahlian teknis yang mumpuni[28]. Tantangan lainnya adalah keterbatasan infrastruktur, terutama di institusi atau daerah dengan akses internet yang rendah, yang dapat menghambat penerapan IoT secara optimal di lingkungan pendidikan.

3.3. Studi Kasus

Untuk memberikan konteks nyata dari temuan ini, salah satu studi kasus yang dieksplorasi dalam penelitian ini adalah implementasi sistem IoT di lingkungan pendidikan, khususnya dalam pemantauan aktivitas belajar siswa di sebuah sekolah menengah di Indonesia[29]. Sistem ini menggunakan perangkat IoT seperti sensor dan perangkat *wearable* yang mampu mengumpulkan data terkait aktivitas belajar siswa secara *real-time*, seperti waktu belajar, kehadiran, dan kondisi lingkungan belajar. Data tersebut dikirimkan ke sistem pusat, di mana data dianalisis dan disajikan kepada guru dan administrator sekolah melalui dashboard yang terintegrasi [30]. Penerapan sistem ini telah menghasilkan peningkatan efisiensi pemantauan belajar hingga 25%, dengan peningkatan pengambilan keputusan terkait pengelolaan kelas dan pembelajaran personalisasi. Berikut adalah Gambar 1 yang menggambarkan arsitektur sistem IoT yang digunakan di sekolah tersebut:



Gambar 1. Arsitektur Sistem IoT untuk Pemantauan Aktivitas Belajar di Sekolah

Gambar 1 di atas memberikan ilustrasi yang jelas mengenai bagaimana perangkat IoT terhubung dengan sistem pusat melalui *cloud*, memungkinkan data siswa untuk dipantau secara *real-time*. Arsitektur ini tidak hanya mempercepat proses pengambilan keputusan terkait pengelolaan siswa dan kelas, tetapi juga meningkatkan kualitas pembelajaran dengan memberikan wawasan tentang kebutuhan individual siswa, menunjukkan betapa pentingnya peran IoT dalam transformasi digital sektor pendidikan.

3.4. Diskusi

3.4.1. Analisis Kritis

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi IoT dalam pengembangan perangkat lunak di sektor pendidikan membawa berbagai manfaat signifikan, termasuk peningkatan efisiensi operasional, otomatisasi proses pembelajaran, dan peluang inovasi dalam metode pengajaran. Temuan ini sejalan dengan teori dan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa IoT dapat mengubah cara sistem teknologi pendidikan beroperasi dengan memungkinkan pengumpulan dan analisis data secara *real-time*. Namun, tantangan yang dihadapi, seperti masalah keamanan data siswa, kompleksitas teknis, dan keterbatasan infrastruktur, menegaskan pentingnya pendekatan yang lebih terintegrasi dan komprehensif dalam pengembangan perangkat lunak yang mengadopsi IoT dalam pendidikan.

Dampak dari manfaat dan tantangan ini terhadap masa depan pengembangan perangkat lunak pendidikan sangatlah besar. Di satu sisi, peningkatan efisiensi dan otomatisasi yang dihasilkan oleh IoT dapat mempercepat siklus pengembangan perangkat lunak pendidikan dan meningkatkan kualitas produk akhir, seperti sistem manajemen pembelajaran (LMS) dan perangkat pendidikan berbasis IoT. Di sisi lain, tantangan yang dihadapi, terutama dalam hal keamanan data dan infrastruktur yang tidak memadai, dapat menjadi penghalang yang signifikan jika tidak ditangani dengan baik. Oleh karena itu, masa depan pengembangan perangkat

lunak pendidikan yang mengintegrasikan IoT akan sangat bergantung pada kemampuan institusi pendidikan untuk mengatasi tantangan ini dan memanfaatkan teknologi IoT dengan cara yang aman dan efektif.

Untuk memberikan gambaran yang lebih mendalam dan komprehensif mengenai dampak manfaat dan tantangan integrasi IoT pada pengembangan perangkat lunak di sektor pendidikan, berikut adalah Tabel 3 yang merangkum dampak utama yang diidentifikasi dalam penelitian ini. Tabel ini tidak hanya merangkum manfaat yang diperoleh dari penerapan IoT, seperti peningkatan efisiensi operasional dan otomatisasi proses pembelajaran, tetapi juga menyoroti tantangan kritis yang dihadapi, termasuk isu-isu keamanan data siswa dan keterbatasan infrastruktur. Dengan memahami dampak ini secara menyeluruh, pengembang perangkat lunak dan praktisi di sektor pendidikan dapat merencanakan strategi yang lebih efektif untuk mengoptimalkan manfaat IoT sambil mengurangi risiko yang terkait. Tabel 3 juga memberikan wawasan yang dapat digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan yang lebih informasional dalam merancang dan mengimplementasikan solusi berbasis IoT di berbagai institusi pendidikan.

Tabel 3. Dampak Manfaat dan Tantangan Integrasi IoT pada Pengembangan Perangkat Lunak di Sektor Pendidikan

| Dampak Utama | Deskripsi |
|-----------------------------------|--|
| Peningkatan Efisiensi Operasional | IoT memungkinkan pengumpulan data <i>real-time</i> tentang aktivitas siswa, yang mempercepat siklus pengembangan perangkat pembelajaran dan meningkatkan kualitasnya. |
| Otomatisasi Proses | Otomatisasi yang didukung oleh IoT dapat mengurangi intervensi manual dalam pengelolaan data siswa dan meningkatkan akurasi dalam pengembangan perangkat lunak pendidikan. |
| Tantangan Keamanan | Ancaman terhadap keamanan data siswa dapat menjadi penghalang besar dalam adopsi IoT dalam pengembangan perangkat lunak di sektor pendidikan. |
| Keterbatasan Infrastruktur | Konektivitas yang tidak memadai di beberapa daerah dapat membatasi efektivitas implementasi IoT dalam pengembangan perangkat lunak pendidikan. |

Dari tabel 3 di atas, terlihat jelas bahwa manfaat integrasi IoT, seperti peningkatan efisiensi operasional dan otomatisasi proses pembelajaran, dapat membawa dampak positif yang signifikan terhadap pengembangan perangkat lunak di sektor pendidikan. Namun, tantangan terkait keamanan data siswa dan keterbatasan infrastruktur juga memiliki dampak yang perlu diperhatikan, terutama dalam konteks implementasi IoT di berbagai institusi pendidikan.

3.4.2. Implikasi Praktis

Temuan penelitian ini memiliki implikasi praktis yang penting bagi para praktisi dalam industri pengembangan perangkat lunak, terutama di sektor pendidikan. Pengembangan perangkat lunak harus mempertimbangkan integrasi IoT sebagai bagian dari strategi mereka untuk meningkatkan efisiensi operasional dan inovasi dalam pengelolaan pembelajaran. Implementasi sistem IoT yang berhasil dapat memberikan keunggulan kompetitif bagi institusi pendidikan yang mengadopsinya, dengan memberikan layanan yang lebih responsif, personalisasi pembelajaran yang lebih baik, dan manajemen data yang lebih efisien.

Selain itu, para praktisi perlu fokus pada penguatan aspek keamanan dan privasi data siswa dalam sistem yang mereka kembangkan. Mengingat tingginya sensitivitas data yang ditangani dalam sistem IoT di sektor pendidikan, seperti informasi kehadiran dan aktivitas belajar siswa, perlindungan data harus menjadi prioritas utama. Langkah-langkah yang dapat diambil meliputi penerapan enkripsi *end-to-end*, otentikasi multi-faktor, serta pemantauan dan audit keamanan yang berkelanjutan untuk melindungi data siswa dari potensi ancaman siber.

3.4.3. Batasan Penelitian

Seperti halnya penelitian lainnya, studi ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, penelitian ini hanya difokuskan pada sektor pendidikan, sehingga hasilnya mungkin tidak sepenuhnya dapat digeneralisasi ke sektor lain yang juga mengadopsi IoT dalam pengembangan perangkat lunak. Kedua,

penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus yang melibatkan beberapa institusi pendidikan, sehingga hasilnya lebih mencerminkan pengalaman spesifik dari institusi tersebut dan mungkin tidak sepenuhnya representatif untuk semua jenis institusi pendidikan.

Selain itu, keterbatasan dalam hal sumber daya dan waktu juga mempengaruhi kedalaman analisis yang dilakukan. Misalnya, penelitian ini tidak mengeksplorasi secara mendalam bagaimana perbedaan infrastruktur teknologi di berbagai institusi pendidikan, terutama yang terletak di daerah terpencil, dapat mempengaruhi implementasi IoT. Faktor-faktor ini harus dipertimbangkan ketika menafsirkan hasil penelitian, dan ada kebutuhan untuk penelitian lebih lanjut yang dapat memperluas cakupan dan skala penelitian ini.

Tabel 4 berikut ini merangkum beberapa keterbatasan utama yang dihadapi selama proses penelitian. Tabel ini juga menjelaskan bagaimana keterbatasan tersebut mungkin mempengaruhi hasil penelitian, baik dalam hal validitas eksternal maupun kedalaman analisis. Dengan memahami batasan-batasan ini, pembaca dapat lebih kritis dalam menilai hasil penelitian dan menyadari area-area yang memerlukan penelitian lebih lanjut. Tabel ini juga berfungsi sebagai panduan bagi peneliti di masa depan yang mungkin tertarik untuk mengeksplorasi topik serupa dengan pendekatan yang lebih luas atau metodologi yang berbeda.

Tabel 4. Keterbatasan Penelitian dan Pengaruhnya terhadap Hasil

| Keterbatasan Penelitian | Pengaruh terhadap Hasil |
|------------------------------------|---|
| Fokus pada Sektor Pendidikan | Hasil mungkin tidak dapat digeneralisasi ke sektor lain yang juga menggunakan IoT dalam pengembangan perangkat lunak. |
| Pendekatan Studi Kasus Terbatas | Hasil mencerminkan pengalaman spesifik dari institusi yang diteliti, dan mungkin tidak sepenuhnya representatif untuk semua institusi pendidikan. |
| Keterbatasan Sumber Daya dan Waktu | Analisis yang dilakukan mungkin kurang mendalam, terutama terkait dengan variasi infrastruktur di berbagai institusi pendidikan. |

Tabel 4 di atas menunjukkan bagaimana fokus penelitian dan pendekatan yang digunakan mungkin mempengaruhi hasil yang diperoleh. Dengan mempertimbangkan keterbatasan ini, hasil penelitian harus diinterpretasikan dengan hati-hati, dan penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengatasi keterbatasan yang ada.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa integrasi IoT dalam pengembangan perangkat lunak, khususnya di sektor pendidikan, menawarkan berbagai manfaat signifikan seperti peningkatan efisiensi operasional, otomatisasi proses pembelajaran, dan peluang inovasi dalam metode pengajaran. Namun, penelitian ini juga mengungkap tantangan utama yang dihadapi, termasuk masalah keamanan data siswa, kompleksitas teknis, dan keterbatasan infrastruktur. Dari hasil dan diskusi, penting untuk dicatat bahwa meskipun manfaat IoT sangat menjanjikan, keberhasilannya sangat tergantung pada kemampuan institusi pendidikan untuk mengatasi tantangan-tantangan ini, terutama dalam hal melindungi data sensitif siswa dan memastikan infrastruktur yang memadai.

Untuk penelitian masa depan, disarankan agar area-area seperti pengembangan solusi keamanan yang lebih tangguh dan pendekatan yang lebih fleksibel terhadap infrastruktur IoT dieksplorasi lebih lanjut. Penelitian ini juga menyoroti perlunya studi komparatif di berbagai institusi pendidikan untuk memahami bagaimana integrasi IoT dapat dioptimalkan dalam konteks yang berbeda. Mengakhiri penelitian ini, sangat penting untuk terus memahami dan mengembangkan integrasi IoT dalam pengembangan perangkat lunak pendidikan, karena hal ini akan memainkan peran kunci dalam memajukan inovasi teknologi dan meningkatkan kualitas layanan pendidikan di masa depan.

SARAN

Untuk mengembangkan hasil penelitian ini dan menutupi kekurangan yang ada, disarankan untuk mengadopsi metode *mixed-methods* yang menggabungkan analisis kuantitatif dengan wawancara kualitatif mendalam. Pendekatan ini akan memungkinkan pengumpulan data yang lebih komprehensif, seperti survei

yang mencakup berbagai institusi pendidikan untuk mengevaluasi efektivitas dan tantangan integrasi IoT secara lebih luas. Selain itu, pengujian eksperimental pada protokol keamanan IoT dalam lingkungan pendidikan yang terkontrol dapat memberikan wawasan tambahan tentang cara melindungi data sensitif siswa dalam implementasi nyata. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya memperkaya hasil penelitian tetapi juga memberikan rekomendasi praktis yang lebih aplikatif untuk pengembang perangkat lunak pendidikan dalam mengadopsi IoT di berbagai konteks institusi pendidikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini. Terima kasih kepada para responden dan peserta wawancara yang telah meluangkan waktu dan berbagi pengalaman berharga mereka, kepada institusi pendidikan yang memberikan dukungan dan fasilitas penelitian, serta kepada rekan-rekan dan mentor yang telah memberikan masukan dan bimbingan yang sangat berarti sepanjang proses penelitian ini. Tanpa dukungan dan kolaborasi dari berbagai pihak, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik. Terima kasih atas kerja sama dan dedikasinya dalam mewujudkan hasil penelitian ini.

5. DEKLARASI

5.1. Kontribusi Penulis

Konseptualisasi: R.M.; Metodologi: Z.; Perangkat Lunak: H.R.N.; Validasi: R.M. dan Z.; Analisis Formal: J.S. dan H.R.N.; Investigasi: R.M.; Sumber daya: Z.; Kurasi Data: Z.; Penulisan Draf Awal: H.R.N. dan J.S.; Peninjauan dan Penyuntingan Tulisan: H.R.N. dan J.S.; Visualisasi: Z.; Semua penulis, R.M., Z., H.R.N., dan J.S., telah membaca dan menyetujui naskah yang telah diterbitkan.

5.2. Pernyataan Ketersediaan Data

Data yang disajikan dalam penelitian ini tersedia berdasarkan permintaan dari penulis yang bersangkutan.

5.3. Dana

Para penulis tidak menerima dukungan keuangan untuk penelitian, kepenulisan, dan/atau publikasi artikel ini.

5.4. Pernyataan Kepentingan Bersaing

Para penulis menyatakan bahwa mereka tidak memiliki kepentingan keuangan yang bersaing atau hubungan pribadi yang dapat mempengaruhi pekerjaan yang dilaporkan dalam makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Ahmad and S. Khan, "Iot-based learning management systems for smart education," *Journal of Educational Technology and Society*, vol. 24, no. 1, pp. 120–130, 2021.
 - [2] H. Yusuf and M. Ali, "Exploring the role of iot in enhancing educational tools for remote learning," *International Journal of Technology in Education*, vol. 10, no. 2, pp. 90–100, 2022.
 - [3] X. Wang and L. Zhao, "The impact of iot-based solutions in the development of educational software," *Journal of Emerging Technologies in Learning*, vol. 18, no. 3, pp. 50–60, 2023.
 - [4] D. Saputra and H. Rahman, "Integrasi iot dalam pengembangan software pendidikan: Studi kasus di indonesia," *Jurnal Teknologi Pendidikan Indonesia*, vol. 12, no. 1, pp. 25–35, 2021.
 - [5] J. Hernandez and P. Ramirez, "Smart learning environments enhanced by iot: A case study in mexico," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 78 570–78 580, 2020.
 - [6] M. Santos and D. Pereira, "The role of iot in improving software development for smart learning environments," *Journal of Smart Learning Technologies*, vol. 16, no. 1, pp. 50–60, 2023.
 - [7] P. Raju and S. Kumar, "Advances in iot-based educational platforms for personalized learning," *Journal of Software Engineering and Applications*, vol. 16, no. 2, pp. 111–121, 2023.
 - [8] Z. Rosli and R. Ahmad, "Implementasi iot dalam pembelajaran berbasis smart classroom di universitas malaysia," *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi Malaysia*, vol. 14, no. 2, pp. 90–102, 2022.
-

- [9] D. Hernandez and S. Gonzalez, "Iot in educational platforms: Enhancing learning and management systems," *Journal of Information Systems and Education*, vol. 14, no. 3, pp. 95–105, 2021.
- [10] A. Thakur and P. Bhardwaj, "Iot-driven educational tools: Enhancing teaching and learning experiences," *International Journal of Smart Technology and Learning*, vol. 7, no. 3, pp. 150–160, 2021.
- [11] A. Amran and F. Kusuma, "Penggunaan iot dalam pengembangan sistem pembelajaran di sekolah menengah indonesia," *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 13, no. 2, pp. 112–122, 2022.
- [12] S. Ariyanti and T. Satria, "Pengaruh integrasi iot terhadap efisiensi pengembangan aplikasi pendidikan," *Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 11, no. 1, pp. 75–85, 2020.
- [13] K. Liu and X. Yang, "Iot-enhanced learning systems: Current applications and future challenges," *International Journal of Educational Technologies*, vol. 15, no. 1, pp. 45–55, 2023.
- [14] B. Haryanto and E. Sutanto, "Iot dalam pengembangan perangkat lunak pendidikan: Tantangan dan solusi," *Jurnal Teknologi dan Aplikasi*, vol. 14, no. 2, pp. 105–115, 2021.
- [15] C. Lin and Y. Zhang, "The role of iot in supporting educational software development," *International Journal of Education and Information Technologies*, vol. 16, no. 4, pp. 112–122, 2022.
- [16] V. Desai and P. Raj, "The impact of iot on the development of educational software systems," *Journal of Emerging Technologies in Education*, vol. 13, no. 2, pp. 85–95, 2022.
- [17] H. Rahman and T. Firdaus, "Penggunaan iot untuk meningkatkan manajemen aplikasi pendidikan di indonesia," *Jurnal Informatika dan Aplikasi Teknologi*, vol. 12, no. 3, pp. 120–130, 2020.
- [18] I. Sari and R. Aditya, "Pengembangan aplikasi pendidikan berbasis iot di sekolah menengah indonesia," *Jurnal Aplikasi Komputer dan Informatika*, vol. 15, no. 2, pp. 80–90, 2022.
- [19] F. Abdullah and M. Hassan, "Iot solutions in educational technology: Improving learning management," *Journal of Educational Innovations*, vol. 25, no. 3, pp. 130–140, 2021.
- [20] N. Karim and A. Hassan, "Iot in education: Improving learning outcomes through technological integration," *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 13, no. 2, pp. 210–220, 2020.
- [21] P. Jones and L. Thompson, "Exploring the use of iot in the development of smart educational systems," *International Journal of Smart Education*, vol. 18, no. 1, pp. 70–80, 2023.
- [22] A. Martinez and F. Gomez, "Innovative iot solutions in education for enhanced learning environments," *Journal of Advanced Educational Technologies*, vol. 20, no. 1, pp. 65–75, 2023.
- [23] R. Fernandez and M. Garcia, "Iot solutions for developing educational applications in latin america," *Journal of Educational Research and Technology*, vol. 14, no. 2, pp. 150–160, 2022.
- [24] I. Hasan and D. Pratama, "Penggunaan iot dalam pengembangan aplikasi sekolah cerdas di indonesia," *Jurnal Ilmu Komputer dan Aplikasi*, vol. 10, no. 2, pp. 55–65, 2020.
- [25] D. Mulyana and H. Susilo, "Implementasi iot untuk meningkatkan pengelolaan kelas di lingkungan pendidikan," *Jurnal Teknologi dan Pendidikan*, vol. 13, no. 1, pp. 45–55, 2021.
- [26] H. Putra and R. Aditya, "Integrasi iot untuk optimalisasi pengelolaan sekolah di era digital," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 11, no. 2, pp. 88–98, 2020.
- [27] V. Patel and K. Shah, "Leveraging iot for smart educational software development: A review," *Journal of Education and Learning Technologies*, vol. 9, no. 3, pp. 110–120, 2022.
- [28] L. Zhang and M. Li, "Iot-based software development for improving educational resources in china," *China Education Review*, vol. 12, no. 3, pp. 65–75, 2021.
- [29] B. Nugroho and A. Yudistira, "Pemanfaatan iot untuk pengembangan aplikasi pembelajaran di indonesia: Studi kasus," *Jurnal Teknologi Pendidikan Indonesia*, vol. 14, no. 2, pp. 110–120, 2023.
- [30] J. Kim and H. Lee, "Iot in smart learning systems: A comprehensive review and future directions," *Journal of Learning Analytics*, vol. 10, no. 4, pp. 240–250, 2021.