

## Pemanfaatan Internet of Things (IoT) dalam Pembelajaran Matematika Kontekstual

Mariono<sup>1</sup>, Syaharuddin<sup>2</sup>, Vera Mandalina<sup>3</sup>, Abdilah<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Pendidikan Matematika, Universitas Muhammadiyah Mataram

[maryonolobart@gmail.com](mailto:maryonolobart@gmail.com), [syaharuddin.ntb@gmail.com](mailto:syaharuddin.ntb@gmail.com), [vrmandailina@gmail.com](mailto:vrmandailina@gmail.com),  
[abdillahahmad24041983@gmail.com](mailto:abdillahahmad24041983@gmail.com)

### Abstrak

Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis pemanfaatan Internet of Things (IoT) dalam pembelajaran matematika kontekstual untuk meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan hasil belajar siswa. Penelitian ini menggunakan metode tinjauan pustaka sistematis untuk memeriksa literatur yang ada terkait penerapan IoT dalam pendidikan matematika, dengan fokus pada integrasi teknologi ini dalam lingkungan pembelajaran kontekstual. Sumber literatur diperoleh dari basis data akademik seperti Scopus, DOAJ, dan Google Scholar, mencakup publikasi dari tahun 2014 hingga 2024. Temuan menunjukkan bahwa teknologi IoT, termasuk lingkungan pembelajaran adaptif, laboratorium interaktif, dan kit IoT yang dirancang secara kolaboratif, memiliki potensi signifikan untuk meningkatkan pendidikan matematika dengan menghubungkan konsep-konsep abstrak ke aplikasi dunia nyata. Namun, tantangan kritis, seperti infrastruktur digital yang tidak memadai, kompetensi guru yang kurang, dan akses yang tidak merata, menghambat integrasi IoT yang efektif. Selain itu, terdapat kesenjangan yang mencolok dalam pengembangan metodologi terstruktur untuk mengintegrasikan IoT ke dalam berbagai pengaturan pendidikan, terutama di wilayah yang terbatas sumber daya. Studi ini menekankan perlunya solusi IoT yang hemat biaya, pengembangan profesional untuk pendidik, dan kerangka evaluasi yang kuat untuk menilai dampak integrasi IoT terhadap hasil belajar. Mengatasi kesenjangan penelitian ini sangat penting untuk mengoptimalkan potensi pendidikan IoT dan memastikan pendidikan matematika yang inklusif dan efektif secara global.

**Kata Kunci:** Teknologi internet, pembelajaran kontekstual, keterlibatan siswa, tinjauan pustaka

### Abstract

This study aims to identify and analyze the utilization of the Internet of Things (IoT) in contextual mathematics learning to enhance student engagement, motivation, and learning outcomes. The research employs a systematic literature review methodology to examine the existing literature related to the application of IoT in mathematics education, focusing on the integration of this technology within contextual learning environments. Literature sources were obtained from academic databases such as Scopus, DOAJ, and Google Scholar, covering publications from 2014 to 2024. The findings indicate that IoT technologies, including adaptive learning environments, interactive laboratories, and collaboratively designed IoT kits, hold significant potential for enhancing mathematics education by linking abstract concepts to real-world applications. However, critical challenges, such as inadequate digital infrastructure, insufficient teacher competency, and inequitable access, hinder effective IoT integration. Moreover, there is a notable gap in developing structured methodologies for incorporating IoT into diverse educational settings, particularly in resource-constrained regions. This study emphasizes the need for cost-effective IoT

solutions, professional development for educators, and robust evaluation frameworks to assess the impact of IoT integration on learning outcomes. Addressing these research gaps is crucial for optimizing the educational potential of IoT and ensuring inclusive and effective mathematics education globally.

**Keywords:** Internet technology, contextual learning, student engagement, literature review

## Pendahuluan

Pendidikan matematika telah lama menjadi komponen penting dalam kurikulum global, berperan dalam pengembangan keterampilan utama seperti pemecahan masalah, berpikir kritis, dan penalaran analitis (Olivares et al., 2021). Signifikansi matematika tidak hanya terletak pada penguasaan operasi numerik dan teori abstrak, tetapi juga pada kemampuannya untuk membentuk pendekatan logis terhadap masalah kompleks yang relevan di luar lingkungan kelas. Meskipun demikian, metode pengajaran matematika yang konvensional sering kali menghadapi tantangan dalam menarik perhatian siswa, yang mengakibatkan rendahnya minat dan motivasi. Desain pembelajaran juga harus mempertimbangkan materi, tugas yang diberikan, serta sistem evaluasi yang dihadapi siswa (Sidik et al., 2021). Pembelajaran yang cenderung hafalan serta sifat abstrak dari konsep matematika berkontribusi pada kurangnya keterlibatan ini, karena siswa sering kesulitan mengaitkan apa yang dipelajari dengan kehidupan sehari-hari mereka. Menghadapi tantangan ini, ada permintaan yang semakin besar terhadap strategi pengajaran inovatif yang dapat menjadikan pembelajaran matematika lebih dinamis, interaktif, dan bermakna. Salah satu pendekatan yang diterapkan adalah pembelajaran matematika kontekstual, yang berupaya menjembatani kesenjangan antara konsep teoretis dan aplikasinya dalam dunia nyata, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih relevan dan bermakna bagi siswa. Dengan menempatkan konsep matematika dalam konteks yang nyata, siswa lebih mudah memahami signifikansi praktisnya, yang pada akhirnya memperkuat pemahaman dan daya ingat mereka terhadap konsep matematika (Tran et al., 2017).

Perkembangan teknologi pendidikan telah membawa perubahan besar dalam proses pembelajaran, menawarkan berbagai peluang baru untuk meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa. Integrasi teknologi dalam ruang kelas telah mengubah pendekatan pedagogis tradisional, memungkinkan terciptanya lingkungan belajar yang lebih interaktif dan berpusat pada siswa. Alat seperti papan tulis interaktif, aplikasi pendidikan, dan lingkungan pembelajaran virtual kini menjadi sarana penting dalam memperkaya pengalaman belajar, baik secara individu maupun kolaboratif. Di setiap wilayah, perbedaan karakteristik siswa dan fasilitas, seperti jaringan internet dan ponsel yang mereka gunakan, turut memengaruhi penggunaan teknologi ini (Mandailina et al., 2021). Teknologi tersebut tidak hanya memberikan akses lebih luas terhadap sumber belajar, tetapi juga menyesuaikan dengan beragam gaya belajar siswa, sehingga mendukung pemahaman yang lebih mendalam terhadap materi pelajaran. Di antara berbagai

inovasi teknologi, Internet of Things (IoT) mendapat perhatian signifikan karena potensinya dalam merevolusi praktik pendidikan di berbagai disiplin ilmu, termasuk matematika (Liston et al., 2022). IoT memungkinkan koneksi perangkat fisik ke jaringan digital, yang memfasilitasi pertukaran data secara real-time dan memungkinkan siswa untuk mempelajari konsep matematika melalui aktivitas langsung yang bersifat pengalaman (Hernandez-de-Menendez et al., 2020). Teknologi ini mampu menjembatani kesenjangan antara teori matematika yang abstrak dengan aplikasi praktis di dunia nyata, sehingga menciptakan pengalaman belajar yang lebih kaya dan bermakna. Dengan berkembangnya IoT, integrasi teknologi ini ke dalam pendidikan menawarkan peluang menjanjikan untuk mengatasi keterbatasan pengajaran tradisional dan meningkatkan kualitas pendidikan matematika secara keseluruhan.

Internet of Things (IoT) mengacu pada jaringan perangkat yang saling terhubung yang dapat berkomunikasi dan bertukar data secara real-time, memungkinkan integrasi antara dunia fisik dan digital (Abdul-Qawy et al., 2015). Pentingnya penerapan teknologi informasi, seperti aplikasi Android, mulai disadari oleh organisasi modern, terutama di era globalisasi yang menuntut perusahaan untuk lebih kompetitif (Mandailina et al., 2019). Dengan memanfaatkan kemampuan perangkat untuk mengumpulkan, memproses, dan membagikan informasi secara otomatis, teknologi IoT telah membuka berbagai peluang baru di berbagai sektor, termasuk pendidikan. Dalam konteks pendidikan, IoT dapat menjadi alat yang efektif untuk meningkatkan pengalaman belajar, dengan menyediakan siswa aktivitas langsung yang interaktif yang menghubungkan konsep abstrak dengan fenomena dunia nyata (Iqbal et al., 2022). Sebagai contoh, sensor dan perangkat pintar dapat digunakan untuk mengumpulkan data real-time untuk dianalisis di kelas matematika atau sains, yang mengubah pengetahuan teoretis menjadi eksperimen praktis. Hal ini tidak hanya membuat pembelajaran lebih menarik, tetapi juga mendorong siswa untuk mengeksplorasi dan bereksperimen, menumbuhkan rasa ingin tahu dan semangat penemuan. Selain itu, pemanfaatan IoT di ruang kelas terbukti mempromosikan pembelajaran aktif, di mana siswa mengambil peran aktif dalam mengonstruksi pengetahuan mereka sendiri daripada sekadar menerima informasi secara pasif (Li et al., 2023). Kontekstualisasi pembelajaran melalui IoT dengan mengaitkan materi akademik dengan pengalaman sehari-hari membantu siswa memahami relevansi studi mereka, sehingga proses pendidikan menjadi lebih bermakna dan efektif. Dengan demikian, IoT memiliki potensi besar untuk mengubah lingkungan pembelajaran tradisional menjadi ruang yang dinamis dan interaktif yang mendukung pemahaman mendalam serta keterlibatan berkelanjutan.

Pembelajaran kontekstual, terutama yang diperkuat oleh Internet of Things (IoT), menawarkan pendekatan yang kuat untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep matematika (Pratama et al., 2019). Dengan mengaitkan teori abstrak dengan aplikasi dunia nyata, pembelajaran kontekstual yang didukung oleh IoT tidak hanya membuat pelajaran lebih relevan tetapi juga meningkatkan

keterlibatan dan retensi siswa. Studi telah menunjukkan bahwa siswa menunjukkan antusiasme dan partisipasi yang lebih tinggi saat belajar melalui model kontekstual, yang mengarah pada peningkatan kinerja akademik (Kristidhika et al., 2020). Selain itu, IoT dapat menyediakan data real-time yang memungkinkan siswa memvisualisasikan dan berinteraksi dengan konsep matematika secara konkret. Integrasi solusi pembelajaran berbasis mobile dapat semakin meningkatkan pengalaman ini dengan menciptakan lingkungan pembelajaran yang imersif yang beradaptasi dengan konteks individual siswa (Glahn & Gruber, 2020). Meskipun pembelajaran kontekstual menunjukkan potensi, tantangan tetap ada dalam memastikan implementasi yang konsisten dan menangani kebutuhan beragam siswa untuk memaksimalkan efektivitasnya (Amir et al., 2021).

Studi terbaru menunjukkan bahwa Internet of Things (IoT) memiliki potensi besar untuk meningkatkan pendidikan matematika dengan meningkatkan motivasi siswa dan hasil belajar. Intervensi berbasis IoT, seperti pengumpulan data sensor, telah terbukti memfasilitasi pemahaman yang lebih mendalam terhadap konsep statistik, menunjukkan kemampuan IoT untuk membuat ide-ide abstrak lebih konkret dan dapat diakses oleh siswa. Selain itu, dampak IoT terhadap keterlibatan siswa terlihat jelas, karena pengalaman langsung, seperti yang diberikan dalam lokakarya di mana siswa merancang solusi IoT untuk kota pintar, telah dikaitkan dengan meningkatnya minat dan partisipasi aktif (Gianni, 2019). Integrasi IoT ke dalam lingkungan pendidikan, terutama dalam mata pelajaran STEM, juga telah dikaitkan dengan peningkatan hasil belajar, karena alat berbasis IoT menyediakan sumber daya yang inovatif dan relevan yang sesuai dengan siswa. Namun, meskipun manfaat yang diakui, tantangan tetap ada dalam penerapan praktis IoT dalam pendidikan matematika. Saat ini, belum ada metodologi yang mapan untuk secara efektif mengintegrasikan IoT ke dalam kurikulum matematika, menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk mengatasi kesenjangan ini (Elsaadany & Soliman, 2017). Selain itu, pengembangan perangkat IoT yang disesuaikan dengan tujuan pendidikan tertentu sangat penting, yang menekankan pentingnya perencanaan yang matang dan desain bersama dengan pendidik untuk memastikan implementasi yang sukses (Kusmin, 2019). Meskipun potensi IoT dalam pendidikan sudah terlihat, tantangan terletak pada pengembangan kerangka kerja yang terstruktur untuk mendukung penerapan yang efektif dalam konteks pembelajaran matematika, yang memerlukan penelitian lebih lanjut untuk sepenuhnya memanfaatkan potensi IoT di lingkungan pendidikan.

Studi terbaru menyoroti potensi IoT dan teknologi pervasif dalam meningkatkan pendidikan matematika dan TI. Mengintegrasikan materi pendidikan digital berbasis IoT dapat meningkatkan keterampilan digital siswa dan pemahaman mereka tentang konsep-konsep IoT (Anthonysamy et al., 2020). Pendekatan pembelajaran pengalaman, seperti lokakarya yang menggunakan kit penemu IoT, menunjukkan potensi dalam mengajarkan konsep-konsep IoT kepada siswa sekolah menengah pertama (Asghari et al., 2019). Demikian pula, lingkungan kelas pintar yang memanfaatkan IoT, teknologi mobile, dan realitas augmentasi

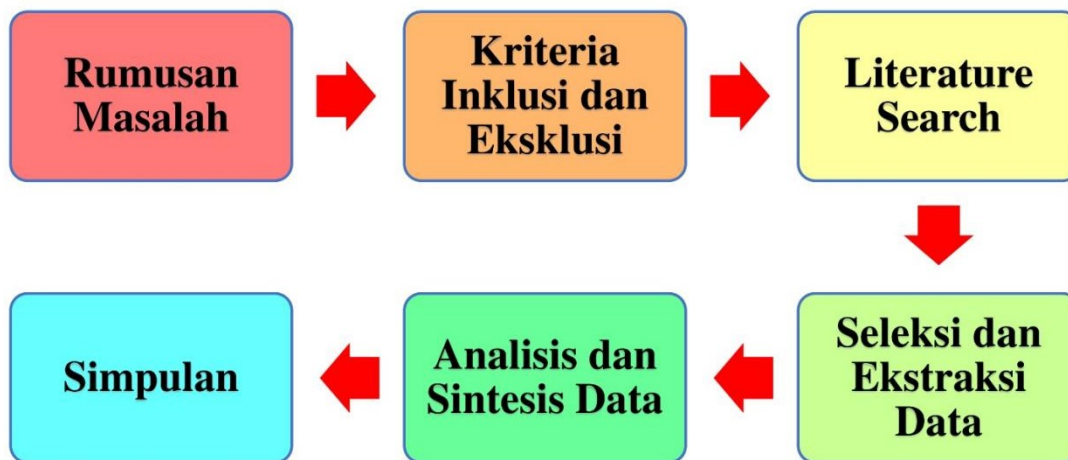
dapat meningkatkan pengetahuan dan keterlibatan siswa. Namun, tantangan tetap ada dalam penerapan pembelajaran berbasis teknologi, terutama di lingkungan yang kekurangan sumber daya. Kompetensi teknologi guru dan kurangnya sumber daya diidentifikasi sebagai hambatan signifikan untuk integrasi yang efektif (Ruggiero & Mong, 2015). Terlepas dari tantangan-tantangan ini, siswa secara umum menunjukkan persepsi positif terhadap penggunaan komputer dalam pembelajaran matematika, menyoroti potensi pendidikan berbasis teknologi untuk meningkatkan hasil belajar (Ní-Shé et al., 2023).

Sintesis dari kajian terbaru mengenai pemanfaatan Internet of Things (IoT) dalam pembelajaran matematika kontekstual menunjukkan potensi teknologi ini untuk meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan pemahaman siswa melalui pengaitan konsep-konsep abstrak dengan aplikasi nyata. Namun, terdapat kesenjangan yang signifikan dalam pengembangan metodologi terstruktur yang diperlukan untuk mengintegrasikan IoT secara efektif dalam kurikulum matematika, serta keterbatasan penelitian dalam upaya menjawab beragam kebutuhan siswa dan memastikan implementasi yang merata, khususnya di lingkungan dengan keterbatasan sumber daya. Tantangan seperti kurangnya kompetensi guru dan keterbatasan sumber daya turut menghambat adopsi IoT secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan sistematis terhadap literatur yang ada guna mengidentifikasi praktik-praktik terbaik serta mengembangkan kerangka kerja bagi integrasi IoT dalam pendidikan matematika, dengan fokus pada peningkatan pembelajaran kontekstual, keterlibatan siswa, dan hasil belajar.

### **Metode Penelitian**

Penelitian ini mengadopsi pendekatan penelitian kualitatif, dengan menggunakan tinjauan pustaka sistematis untuk menyelidiki pemanfaatan Internet of Things (IoT) dalam pembelajaran matematika kontekstual. Tujuan penelitian ini adalah untuk meninjau literatur yang ada secara komprehensif guna menjelaskan peran IoT dalam meningkatkan pendidikan matematika, dengan fokus pada penerapannya dalam lingkungan pembelajaran kontekstual serta mengevaluasi dampaknya terhadap keterlibatan siswa, motivasi, dan hasil belajar. Dalam melakukan pencarian literatur, strategi yang ketat diterapkan. Basis data akademik seperti Scopus, Directory of Open Access Journals (DOAJ), dan Google Scholar dicari secara sistematis dengan menggunakan kombinasi kata kunci seperti "IoT dalam pembelajaran matematika," "pembelajaran kontekstual," dan "pembelajaran yang ditingkatkan dengan teknologi dalam matematika." Operator Boolean diterapkan untuk memperbaiki kueri pencarian, memastikan bahwa artikel yang relevan berhasil ditemukan. Selain itu, pencarian manual daftar referensi dilakukan untuk meningkatkan inklusivitas. Pencarian dibatasi pada artikel yang diterbitkan dalam bahasa Inggris dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir guna memfokuskan pada penelitian yang terkini dan relevan.

Kriteria inklusi untuk pemilihan artikel mencakup studi yang membahas penerapan IoT dalam pembelajaran matematika, mengeksplorasi korelasinya dengan hasil pembelajaran kontekstual, serta menggunakan pendekatan kualitatif atau campuran untuk mengevaluasi dampak IoT. Selain itu, literatur yang dipilih harus ditinjau sejawat (peer-reviewed) dan tersedia dalam bentuk teks lengkap. Kriteria eksklusi mencakup sumber yang tidak ditinjau sejawat, studi yang tidak terkait dengan IoT atau pendidikan matematika, artikel yang tidak dapat diakses dalam bentuk teks lengkap atau ditulis dalam bahasa selain bahasa Indonesia, dan publikasi yang diterbitkan lebih dari sepuluh tahun yang lalu. Proses seleksi melibatkan penyaringan judul dan abstrak untuk menilai relevansinya dengan topik penelitian. Artikel dengan teks lengkap yang memenuhi kriteria inklusi diambil dan ditinjau secara mendetail. Data yang relevan, termasuk kepenulisan, tahun publikasi, metodologi penelitian, temuan utama, dan kesimpulan, diekstraksi secara sistematis dari setiap artikel yang dipilih. Ekstraksi data dilakukan dengan cermat untuk memastikan akurasi dan kelengkapan. Data yang diekstrak kemudian disintesis dan dianalisis untuk mengidentifikasi tren, pola, dan kesenjangan dalam penelitian yang ada, sehingga dapat memberi informasi untuk diskusi dan kesimpulan dari tinjauan pustaka sistematis. Berdasarkan penjelasan ini, prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur Penelitian

### Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### *Hasil*

Berdasarkan temuan penelitian yang diidentifikasi, beberapa aspek telah dirumuskan untuk menjelaskan fokus dan tujuan penelitian ini. Berdasarkan hasil pencarian, beberapa temuan penelitian relevan telah diidentifikasi yang dapat memperjelas fokus dan tujuan studi ini. Kami telah merumuskan beberapa aspek yang perlu dijelaskan, antara lain: (1) Tren Terkini dalam Pemanfaatan IoT dalam Pembelajaran Matematika Kontekstual; (2) Integrasi IoT untuk Meningkatkan

Pemahaman Siswa tentang Konsep Matematika; (3) Dampak yang Dilaporkan tentang Pengaruh IoT terhadap Keterlibatan dan Motivasi Siswa dalam Pembelajaran Matematika; (4) Tantangan yang Dihadapi dalam Menerapkan IoT di Lingkungan Pembelajaran Matematika Kontekstual; (5) Strategi dan Praktik Terbaik yang Diusulkan untuk Mengintegrasikan IoT Secara Efektif dalam Pendidikan Matematika; (6) IoT Berkontribusi dalam Mengontekstualisasikan Konsep Matematika untuk Aplikasi Dunia Nyata; (7) Masih Ada Kesenjangan dalam Penelitian tentang Pemanfaatan IoT dalam Pembelajaran Matematika Kontekstual.

**Tabel 1. Focus and Insights into Research Results According to Eligibility Criteria.**

No	Bidang atau Fokus	Penulis	Insight atau Variabel Riset
1	Tren Saat Ini dalam IoT dalam Pembelajaran Matematika Kontekstual	M.M. Iqbal et al. (2019), Cornel (2015), Kusmin (2019), Parag Chatterjee (2016), Shapsough & Zualkernan (2020)	Tren dalam pembelajaran adaptif, lab virtual, peer learning, IoT kits, penerapan dunia nyata
2	Integrasi IoT untuk Meningkatkan Pemahaman Matematika	Tutkyshtbayeva & Zakirova (2024), Y.-C. Tsai et al. (2023), Tabuenca et al. (2023), Aji & Khan (2015), Ningsih & Paradesa (2018)	Peningkatan literasi digital, pemikiran komputasional, pemrograman, pembelajaran hands-on, analisis data dunia nyata
3	Efek IoT terhadap Keterlibatan dan Motivasi Siswa	Glaroudis et al. (2018), Kusmin (2019), Xie & Yang (2021), Irvine (2020), Gentry et al. (2019), Camacho et al. (2020)	Motivasi siswa, keterlibatan pembelajaran, lingkungan yang dipersonalisasi, dampak alat IoT yang dirancang bersama
4	Tantangan dalam Menerapkan IoT dalam Pembelajaran Matematika	Rentero-Trejo et al. (2022), Dai et al. (2023), Abidin et al. (2017), AjazMoharkan et al. (2017), Parag Chatterjee (2016)	Tantangan teknis, etis, dan pedagogis, kekhawatiran privasi, manajemen data, kesiapan guru
5	Strategi untuk Integrasi IoT yang Efektif dalam Pendidikan Matematika	Sabri (2019), Clapp (2020), Abichandani et al. (2022), Ayal et al. (2016), Yadav (2023), Y.-S. Tsai et	Pembelajaran berbasis penyelidikan, perangkat keras yang murah, pemetaan pengetahuan, pembelajaran yang dipersonalisasi, alat IoT hands-on

No	Bidang atau Fokus	Penulis	Insight atau Variabel Riset
		al. (2020)	
6	Kontribusi IoT untuk Mengkontekstualisasikan Matematika untuk Aplikasi Dunia Nyata	Maksimović (2018), Ramírez Sánchez & García de la Sierra (2020), Arfaoui et al. (2019), Pilloni et al. (2017), Wandel et al. (2015)	Mengkontekstualisasikan konsep matematika, menerapkan data dunia nyata, akses IoT yang adaptif, pembelajaran kolaboratif
7	Kesenjangan dalam Penelitian tentang Pemanfaatan IoT dalam Pembelajaran Matematika Kontekstual	Ali et al. (2023), Pauji et al. (2023), Cheng et al. (2022), Ali & Meehan (2023), Fragou & Mavroudi (2020), Hughes et al. (2020)	Kesenjangan penelitian dalam adopsi, pelatihan guru, kerangka evaluasi, disparitas dalam akses pembelajaran IoT.

Tabel 1 merangkum temuan penelitian tentang pemanfaatan IoT dalam pembelajaran matematika kontekstual, mengategorikannya ke dalam tujuh area fokus utama. Area fokus pertama menelaah tren terkini dalam integrasi IoT dalam pendidikan matematika, dengan menyoroti penggunaan lingkungan pembelajaran adaptif, laboratorium virtual, dan pembelajaran sebaya melalui platform IoT. Area kedua membahas peran IoT dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep matematika, dengan menekankan pada peningkatan literasi digital, pemikiran komputasional, dan analisis data dunia nyata. Area ketiga mengeksplorasi dampak yang dilaporkan tentang IoT terhadap keterlibatan dan motivasi siswa, menunjukkan dampak positif dari aktivitas berbasis IoT dan lingkungan pembelajaran yang dipersonalisasi. Area keempat mendalami tantangan yang terkait dengan penerapan IoT dalam pembelajaran matematika, membahas hambatan teknis, etis, dan pedagogis, seperti masalah privasi dan kesiapan guru. Area kelima mengidentifikasi strategi dan praktik terbaik untuk integrasi IoT yang efektif, termasuk pembelajaran berbasis inkuiri, perangkat keras berbiaya rendah, dan pemetaan pengetahuan untuk mendorong keterlibatan siswa dan hasil belajar. Area keenam menyoroti bagaimana IoT berkontribusi dalam mengontekstualisasikan konsep matematika untuk aplikasi dunia nyata, memungkinkan siswa menerapkan prinsip-prinsip matematika secara dinamis dalam lingkungan pembelajaran kolaboratif. Terakhir, area ketujuh membahas kesenjangan penelitian yang ada dalam pemanfaatan IoT dalam pembelajaran matematika kontekstual, dengan fokus pada perlunya peningkatan adopsi di wilayah berkembang, pelatihan guru, dan kerangka evaluasi yang kuat. Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menekankan potensi transformatif IoT dalam pendidikan matematika sambil mengidentifikasi area kritis yang memerlukan eksplorasi lebih lanjut.

## **Pembahasan**

### **1. Tren Terkini dalam Pemanfaatan IoT dalam Pembelajaran Matematika Kontekstual**

Integrasi Internet of Things (IoT) dalam pembelajaran matematika kontekstual mengubah praktik pendidikan dengan mendorong lingkungan belajar adaptif dan pengumpulan data secara real-time. Tren terkini menyoroti potensi IoT dalam menciptakan sistem eLearning interaktif yang kaya multimedia, yang mendukung komunikasi sinkron dan asinkron, sehingga meningkatkan keterlibatan siswa secara signifikan (Iqbal et al., 2019). Laboratorium virtual berbasis IoT memungkinkan siswa melakukan eksperimen jarak jauh, menjadikan matematika lebih relevan dengan skenario dunia nyata (Cornel, 2015). Kit IoT yang dirancang bersama untuk pendidikan STEM menawarkan pengalaman belajar langsung, memungkinkan siswa mengeksplorasi konsep-konsep matematika melalui proyek interaktif (Kusmin, 2019). Selain itu, platform IoT menekankan pembelajaran sebaya dan analisis perilaku, mendorong kolaborasi yang penting untuk menguasai konsep-konsep matematika yang kompleks (Parag-Chatterjee, 2016). Namun, tantangan seperti kebutuhan akan infrastruktur digital yang mutakhir dan pelatihan guru yang memadai harus diatasi untuk memastikan implementasi yang efektif (Shapsough & Zualkernan, 2020).

Penelitian terbaru menunjukkan semakin berkembangnya integrasi IoT dalam pendidikan matematika, menyoroti dampaknya dalam mengembangkan konsep ilmiah dan meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Aldowah et al., 2017). Media pembelajaran berbasis IoT terbukti sangat efektif dalam meningkatkan motivasi siswa dan penguasaan konsep matematika jika dikombinasikan dengan pendekatan kontekstual (Ekowati et al., 2015). Selain itu, sistem IoT kognitif, terutama selama pandemi, telah memberikan pengalaman pembelajaran jarak jauh yang menarik, mengatasi keterbatasan metode pendidikan tradisional (Atef et al., 2021). Penelitian juga menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis IoT menawarkan aplikasi dunia nyata dan peluang pemecahan masalah, yang sangat cocok untuk siswa masa kini (Shin et al., 2017). Seiring dengan perkembangan teknologi, pergeseran dari e-learning ke u-learning, dan sekarang IoT-learning, mencerminkan perkembangan alami dalam mengintegrasikan alat-alat digital ke dalam pendidikan (Novian et al., 2022).

Integrasi IoT dalam pembelajaran matematika didorong oleh kebutuhan untuk membuat pendidikan lebih menarik, personal, dan mencerminkan aplikasi dunia nyata. Teknologi IoT memungkinkan siswa berinteraksi dengan konsep matematika di luar pemahaman teoretis, memberikan pengalaman imersif yang menghubungkan pembelajaran di kelas dengan konteks sehari-hari. Pergeseran ini melayani beragam preferensi belajar dan mendorong lingkungan yang lebih interaktif dan berpusat pada siswa. Meskipun evolusi ini merupakan langkah maju yang signifikan, permintaan akan perubahan infrastruktur yang substansial dan pengembangan profesional untuk pendidik menimbulkan hambatan bagi adopsi skala besar. Tren yang mendasari adalah pergerakan dari pembelajaran pasif

berbasis ceramah ke pembelajaran aktif berbasis inkuiri yang didorong oleh inovasi digital. Evaluasi terhadap tren ini mengungkapkan potensi dan keterbatasan. Di sisi positif, IoT mempromosikan pemikiran kritis dan pemecahan masalah dengan menyediakan data relevan secara real-time yang dapat dimanipulasi dan dianalisis oleh siswa. Pendekatan langsung ini membantu menjembatani kesenjangan antara konsep matematika yang abstrak dan aplikasinya dalam kehidupan nyata. Namun, keberhasilan inisiatif ini sangat bergantung pada akses yang merata terhadap teknologi dan sumber daya yang diperlukan, yang menjadi kekhawatiran utama terutama di daerah yang kurang terlayani. Selain itu, penggunaan alat IoT yang efektif bergantung pada literasi digital guru dan kemampuan mereka untuk mengintegrasikan teknologi ini secara bermakna ke dalam kurikulum. Tantangannya adalah menyeimbangkan antusiasme terhadap peluang teknologi baru dengan realitas implementasi.

## **2. Integrasi IoT untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa terhadap Konsep Matematika**

Integrasi Internet of Things (IoT) dalam pendidikan secara signifikan meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep matematika dengan mempromosikan pengalaman belajar interaktif dan praktis. Bahan pendidikan digital (DEMs) yang terintegrasi dengan IoT terbukti meningkatkan keterampilan digital dan pemahaman matematika siswa, terutama dalam disiplin ilmu yang terkait dengan teknologi informasi (Tutkysbayeva & Zakirova, 2024). Melalui penerapan IoT dalam pendidikan STEM, siswa mengembangkan keterampilan berpikir komputasional dan pemrograman yang sangat penting untuk memecahkan masalah matematika (Tsai et al., 2023). Dengan terlibat dalam data dunia nyata melalui alat IoT, siswa dapat menganalisis pola dan membuat keputusan berbasis data, yang memperkuat pemahaman mereka terhadap konsep matematika (Tabuenca et al., 2023). Aplikasi praktis IoT, seperti lingkungan simulasi, semakin meningkatkan keterampilan konseptual dan praktis siswa dalam matematika (Aji & Khan, 2015). Namun, tantangan terkait dengan akses yang setara terhadap teknologi ini tetap ada, menimbulkan kekhawatiran tentang potensi kesenjangan dalam hasil belajar.

Penelitian terbaru menyoroti dampak positif IoT dan teknologi digital dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep matematika dan ilmiah. Misalnya, bahan pembelajaran yang terintegrasi dengan IoT telah menunjukkan peningkatan signifikan dalam literasi digital siswa dan pengembangan konsep ilmiah, terutama pada kelompok eksperimen yang melampaui kelompok kontrol dalam penilaian pasca-tes (Tippett, 2016). Penggunaan alat berbasis teknologi, seperti perangkat lunak Maple, juga telah menunjukkan peningkatan pemahaman siswa terhadap konsep matematika dibandingkan dengan metode pengajaran tradisional (Ningsih & Paradesa, 2018). Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi secara efektif oleh guru dalam pendidikan matematika dapat meningkatkan motivasi dan pencapaian siswa, yang menekankan pentingnya kompetensi guru dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam pelajaran mereka

(Serin, 2017). Pengalaman belajar interaktif dan kolaboratif berbasis IoT menawarkan keterlibatan data real-time, yang secara signifikan meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep matematika (Mrabet & Ait-Moussa, 2017).

Integrasi IoT secara signifikan mengubah pendidikan matematika tradisional dengan mengalihkan pembelajaran dari yang bersifat teoretis menjadi pengalaman dunia nyata yang praktis. Alat IoT memberi siswa kesempatan untuk terlibat dalam pembelajaran interaktif di mana mereka dapat memanipulasi data dan mengamati hasilnya secara real-time. Metode ini selaras dengan teori pembelajaran konstruktivis, di mana pengetahuan dibangun melalui keterlibatan aktif dengan konsep. Siswa tidak hanya meningkatkan keterampilan digital dan teknis mereka, tetapi juga memperdalam pemahaman mereka terhadap proses matematika dengan secara langsung menerapkan teori ke situasi dunia nyata. Pergeseran menuju pendidikan yang lebih praktis dan berteknologi tinggi ini meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa, karena mereka diharuskan memproses dan menganalisis data, menjadikan pembelajaran lebih bermakna dan selaras dengan tren teknologi saat ini. Integrasi IoT dalam pendidikan matematika sangat bermanfaat dalam mendorong keterampilan digital dan pemahaman matematika. Ini memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dan praktis, di mana siswa bekerja dengan kumpulan data dan model matematika dalam konteks dunia nyata. Pendekatan ini membantu menjembatani kesenjangan antara pengetahuan teoretis dan aplikasi praktis, menawarkan pemahaman yang lebih kaya dan komprehensif tentang konsep-konsep matematika. Namun, meskipun dampak positif pada pembelajaran, akses ke sumber daya berbasis IoT masih tidak merata, terutama di wilayah atau sekolah yang kekurangan infrastruktur yang diperlukan. Ketidaksetaraan ini dapat menghasilkan perbedaan signifikan dalam hasil belajar, karena siswa di daerah yang kurang terlayani mungkin tidak memiliki kesempatan yang sama untuk memanfaatkan teknologi ini. Memastikan akses yang merata sangat penting untuk memaksimalkan efektivitas pendidikan yang ditingkatkan dengan IoT.

### **3. Dampak IoT yang Dilaporkan terhadap Keterlibatan dan Motivasi Siswa dalam Pembelajaran Matematika**

Integrasi Internet of Things (IoT) dalam pendidikan matematika telah menunjukkan potensi yang signifikan dalam meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa. Kegiatan berbasis IoT meningkatkan kepuasan dan kesenangan siswa, yang sangat penting untuk mempertahankan keterlibatan dalam lingkungan pendidikan (Glaroudis et al., 2018). Desain bersama perangkat IoT yang secara khusus dibuat untuk tujuan pendidikan telah dikaitkan dengan peningkatan motivasi dalam mata pelajaran STEM dengan menyediakan sumber daya yang selaras dengan tujuan kurikulum dan pembelajaran (Kusmin, 2019). Lingkungan belajar personal yang didukung oleh teknologi IoT juga terbukti efektif dalam merangsang minat dan meningkatkan kepuasan belajar, menciptakan pengalaman pendidikan yang lebih menarik dan interaktif (Xie & Yang, 2021). Meskipun memiliki keuntungan tersebut, tantangan tetap ada dalam memastikan akses yang

merata terhadap teknologi ini dan mengatasi tingkat kesiapan siswa yang bervariasi dalam pendekatan belajar yang inovatif ini (Kim et al., 2015).

Penelitian terbaru tentang dampak IoT dalam pendidikan matematika menyoroti efek yang beragam terhadap motivasi dan keterlibatan siswa. Prinsip-prinsip reformasi matematika yang menggabungkan partisipasi aktif siswa dan integrasi teknologi telah menunjukkan dampak positif terhadap keterlibatan siswa dan sikap mereka terhadap matematika (Irvine, 2020). Selain itu, kombinasi IoT dan permainan serius telah muncul sebagai metode untuk mengukur dan meningkatkan keterlibatan, meskipun studi awal menunjukkan hasil yang beragam tanpa peningkatan signifikan dalam tingkat keterlibatan (Gentry et al., 2019). Perangkat IoT yang dapat dikenakan juga mendukung keterlibatan dengan mengumpulkan data perilaku, yang dapat menginformasikan strategi pengajaran yang disesuaikan (Camacho et al., 2020). Lingkungan belajar berbasis IoT asinkron telah terbukti meningkatkan pencapaian akademik, tetapi metode sinkronis dapat memengaruhi motivasi secara berbeda, menyoroti kebutuhan pendekatan yang seimbang dalam strategi pengajaran (Özgül & Ocak, 2023).

Peran IoT dalam meningkatkan keterlibatan dan motivasi dalam pembelajaran matematika tampaknya sangat bergantung pada integrasi teknologi yang mendorong partisipasi aktif. Alat seperti platform pembelajaran personal atau permainan berbasis IoT dapat mengubah cara siswa berinteraksi dengan konsep-konsep matematika, menciptakan lingkungan di mana mereka lebih cenderung tetap fokus dan termotivasi. Namun, meskipun IoT dapat memberikan metode belajar yang inovatif dan interaktif, dampaknya terhadap keterlibatan dapat bervariasi tergantung pada bagaimana alat-alat ini diterapkan. Misalnya, lingkungan belajar personal yang disesuaikan dengan kebutuhan individu dapat meningkatkan motivasi, tetapi aplikasi IoT yang bersifat umum mungkin tidak memberikan tingkat keterlibatan yang sama di antara semua siswa. Aspek data-driven dari IoT, seperti umpan balik real-time dan pemantauan perilaku, juga berperan dalam menjaga keterlibatan siswa. Penelitian menunjukkan prospek yang menjanjikan bagi peran IoT dalam mendorong keterlibatan dan motivasi, meskipun temuan tersebut tidak sepenuhnya positif. Meskipun lingkungan berbasis IoT telah meningkatkan sikap siswa terhadap matematika, kurangnya perubahan yang signifikan secara statistik dalam beberapa studi menunjukkan bahwa efektivitas alat IoT sangat bergantung pada kondisi tertentu, seperti jenis teknologi yang digunakan, demografi siswa, dan seberapa baik teknologi tersebut diintegrasikan ke dalam kurikulum. Selain itu, tantangan terkait akses yang setara terhadap alat IoT menimbulkan hambatan yang signifikan. Jika siswa tidak memiliki akses yang setara, hal ini dapat memperburuk ketimpangan pendidikan. Selain itu, kesiapan siswa untuk mengadopsi alat IoT mungkin membatasi efektivitasnya, karena mereka yang memiliki literasi digital rendah mungkin kesulitan untuk terlibat dengan teknologi ini secara bermakna.

#### 4. Tantangan yang Terkait dengan Implementasi IoT dalam Lingkungan Pembelajaran Matematika Kontekstual

Integrasi Internet of Things (IoT) dalam lingkungan pembelajaran matematika kontekstual menghadirkan beberapa tantangan, terutama dalam aspek teknis, pedagogis, dan etis, yang dapat menghambat keberhasilan implementasi. Dari perspektif teknis, kompleksitas dalam mengintegrasikan berbagai perangkat dan protokol IoT menciptakan lingkungan yang kacau, sehingga menyulitkan standarisasi dan interoperabilitas (Rentero-Trejo et al., 2022). Selain itu, pengumpulan dan pengelolaan data heterogen secara real-time dari berbagai sumber menghadirkan tantangan yang signifikan, terutama dalam memastikan efisiensi di ruang kelas cerdas (Dai et al., 2023). Model pembelajaran federasi, meskipun bermanfaat untuk mempersonalisasi pendidikan, memerlukan manajemen data dan pelatihan yang intensif, yang bisa memakan waktu dan sumber daya. Selain itu, transisi ke pembelajaran yang ditingkatkan dengan IoT menuntut perubahan signifikan dalam metodologi pengajaran, yang dapat menghadapi resistensi dari pendidik yang tidak terbiasa dengan teknologi tersebut (Parag-Chatterjee, 2016).

Pertimbangan etis juga memainkan peran penting dalam adopsi IoT dalam konteks pendidikan. Privasi data dan penggunaan teknologi yang etis di sekolah menjadi perhatian utama, terutama karena perangkat IoT sering mengumpulkan data sensitif siswa yang dapat meningkatkan risiko keamanan (Abidin et al., 2017). Kekhawatiran privasi ini dapat membuat institusi ragu untuk mengadopsi lingkungan belajar berbasis IoT (AjazMoharkan et al., 2017). Selain itu, ada kebutuhan mendesak untuk sistem yang kuat dalam mengevaluasi literasi matematika dalam pembelajaran yang ditingkatkan dengan IoT, karena metode yang ada mungkin tidak dapat secara efektif menangkap kinerja siswa dalam konteks baru ini (Chen, 2022). Meskipun tantangan ini ada, potensi IoT untuk meningkatkan pengalaman belajar tetap substansial, menawarkan peluang untuk berinovasi dalam praktik pendidikan dengan mengatasi hambatan teknis dan etis (Cheng et al., 2022).

Menafsirkan tantangan-tantangan ini mengungkapkan bahwa kompleksitas teknis dalam integrasi IoT dapat menghambat adopsinya secara sukses dalam konteks pendidikan. Kebutuhan akan standarisasi dan interoperabilitas di antara berbagai perangkat menyoroti kompleksitas ekosistem IoT. Selain itu, persyaratan untuk manajemen data yang efisien secara real-time menjadi hambatan signifikan, karena pendidik harus memastikan bahwa data yang dikumpulkan meningkatkan, bukan mengganggu, proses pembelajaran. Keengganan pendidik untuk mengadopsi metodologi pengajaran baru menunjukkan bahwa pengembangan profesional dan pelatihan sangat penting untuk implementasi IoT yang efektif dalam pembelajaran matematika. Selain itu, kekhawatiran etis terkait privasi data menyoroti kekhawatiran yang meningkat mengenai pengumpulan dan penggunaan informasi sensitif siswa, yang harus diatasi untuk menciptakan lingkungan belajar yang mendukung. Mengevaluasi tantangan-tantangan ini menyoroti keseimbangan yang

rumit antara kemajuan teknologi dan pertimbangan etis dalam lingkungan pendidikan. Meskipun IoT memiliki potensi untuk mengubah pengalaman belajar, hambatan terhadap integrasinya harus diatasi dengan hati-hati. Tantangan teknis yang terkait dengan kompatibilitas perangkat dan manajemen data memerlukan kolaborasi berkelanjutan antara pendidik, teknolog, dan pembuat kebijakan untuk membangun kerangka kerja yang efektif bagi implementasi. Resistensi dari pendidik menunjukkan perlunya program pengembangan profesional yang disesuaikan yang membekali mereka dengan keterampilan yang diperlukan untuk beradaptasi dengan teknologi baru. Selain itu, implikasi etis terkait privasi data tidak dapat diremehkan; institusi harus memprioritaskan pembentukan langkah-langkah perlindungan data yang kuat untuk meredakan kekhawatiran dan membangun kepercayaan di antara para pemangku kepentingan.

#### **5. Strategi dan Praktik Terbaik yang Diusulkan untuk Mengintegrasikan IoT Secara Efektif dalam Pendidikan Matematika**

Integrasi Internet of Things (IoT) dalam pendidikan matematika menghadirkan strategi inovatif yang meningkatkan pengalaman belajar dan keterlibatan siswa. Penelitian terbaru menyoroti pembelajaran berbasis inkuiri (Inquiry-Based Learning) dan pembelajaran berbasis masalah (Problem-Based Learning) sebagai metode yang efektif untuk mendorong partisipasi aktif siswa dan berpikir kritis (Sabri, 2019). Metodologi tiga fase (Three-phase Methodology) telah terbukti meningkatkan kinerja siswa dalam mata pelajaran terkait IoT dengan mendorong pembelajaran yang lebih mendalam melalui keterlibatan yang terstruktur (Clapp, 2020). Penggunaan perangkat keras IoT berbiaya rendah dan perangkat lunak sumber terbuka memungkinkan pendidik untuk menciptakan pengalaman belajar langsung yang dapat diakses dan menarik (Abichandani et al., 2022). Teknik pemetaan pengetahuan (knowledge mapping) telah menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam motivasi dan pemahaman siswa terhadap konsep matematika, dengan peningkatan skor rata-rata yang mencolok (Ayal et al., 2016). Penggunaan perangkat pintar pribadi, seperti gelang kebugaran, dalam pendidikan STEM juga efektif dalam mempersonalisasi pembelajaran dan meningkatkan motivasi siswa (Yadav, 2023). Meski strategi-strategi ini menjanjikan, tantangan seperti akses teknologi yang merata dan pelatihan untuk pendidik tetap menjadi kendala yang dapat menghambat potensi penuh integrasi IoT dalam pendidikan matematika.

Studi terbaru telah mengeksplorasi strategi untuk mengintegrasikan IoT dan teknologi pervasif dalam pendidikan guna meningkatkan pembelajaran siswa dan literasi digital. Media pembelajaran berbasis IoT dengan pendekatan pemecahan masalah terbukti secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa dalam pendidikan sains. Demikian pula, penggunaan infrastruktur IoT dan aplikasi seluler di ruang kelas pintar menunjukkan potensi untuk meningkatkan retensi pengetahuan dalam pendidikan menengah (Tsai et al., 2020). Di pendidikan tinggi, bahan pendidikan digital yang diintegrasikan dengan IoT telah digunakan untuk mengembangkan keterampilan digital di kalangan siswa TI.

Meskipun tidak secara khusus berfokus pada IoT, strategi pembelajaran aktif dalam pendidikan matematika juga terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja siswa (Sidhu & Srinivasan, 2018). Studi-studi ini secara kolektif menunjukkan bahwa menggabungkan IoT dan metode pengajaran inovatif dapat berdampak positif terhadap keterlibatan siswa, pemahaman, dan hasil akademik di berbagai tingkatan pendidikan dan subjek.

Strategi-strategi yang dibahas dalam penelitian terbaru menggambarkan pergeseran menuju pembelajaran yang lebih langsung dan berpusat pada siswa yang difasilitasi oleh IoT. Pendekatan pembelajaran berbasis inkuiri dan masalah sangat cocok untuk pendidikan matematika karena mendorong siswa untuk mengeksplorasi dan memecahkan masalah dunia nyata, sehingga memperdalam pemahaman konsep mereka. Penggunaan perangkat keras IoT berbiaya rendah dan perangkat lunak sumber terbuka adalah strategi penting untuk mengatasi kendala finansial, membuat pembelajaran berbasis IoT lebih dapat diakses. Metodologi tiga fase menyediakan pendekatan terstruktur yang mendorong keterlibatan berkelanjutan, yang penting untuk pembelajaran yang lebih mendalam. Teknik seperti pemetaan pengetahuan dapat membantu siswa membuat hubungan antara berbagai konsep, sehingga meningkatkan pemahaman dan retensi. Integrasi perangkat pribadi seperti gelang kebugaran dalam konteks pendidikan menunjukkan potensi IoT untuk menciptakan pengalaman belajar yang dipersonalisasi dan spesifik konteks yang mendorong motivasi dan keterlibatan yang lebih besar. Meskipun strategi-strategi tersebut menawarkan manfaat seperti peningkatan keterlibatan melalui pembelajaran berbasis inkuiri dan masalah yang selaras dengan tujuan pembelajaran kontekstual, ada beberapa tantangan yang masih perlu diatasi. Kebutuhan pelatihan guru dan akses teknologi yang merata adalah hambatan signifikan. Tanpa pelatihan yang tepat, pendidik mungkin kesulitan untuk menerapkan pendekatan berbasis IoT ini secara efektif, yang dapat menghambat realisasi potensi penuhnya. Selain itu, ketergantungan pada teknologi berarti bahwa sekolah dan siswa yang tidak memiliki akses memadai mungkin tertinggal, memperburuk ketidaksetaraan pendidikan.

## **6. IoT Berkontribusi terhadap Kontekstualisasi Konsep Matematika untuk Aplikasi Dunia Nyata**

Internet of Things (IoT) memainkan peran penting dalam meningkatkan kontekstualisasi konsep matematika melalui aplikasi praktis, terutama dalam lingkungan pendidikan dan manajemen data. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, prinsip-prinsip matematika dapat diterapkan dengan cara yang dinamis dan interaktif, sehingga menghasilkan pemahaman yang lebih dalam tentang materi tersebut. IoT mendefinisikan ulang paradigma pendidikan tradisional dengan menghubungkan berbagai perangkat, yang memfasilitasi lingkungan belajar kolaboratif yang mendukung pemahaman matematika (Maksimović, 2018). Contoh yang menonjol adalah stasiun cuaca MEIoT, yang memungkinkan siswa untuk mengumpulkan dan menganalisis data secara real-time, memungkinkan mereka untuk menerapkan konsep matematika dalam menafsirkan pola cuaca secara

efektif (Ramírez Sánchez & García de la Sienna, 2020). Selain itu, akses adaptif berbasis konteks dalam aplikasi IoT sangat penting untuk mengelola data real-time, yang vital untuk pemodelan dan analisis matematika dalam lingkungan yang berubah-ubah (Arfaoui et al., 2019). Selain itu, pendekatan kerja sama berbasis konsensus di antara perangkat IoT meningkatkan alokasi sumber daya yang efisien, sehingga meningkatkan keandalan aplikasi matematika dalam situasi waktu nyata (Pilloni et al., 2017). Meskipun ada keuntungan besar yang ditawarkan oleh IoT dalam mengkontekstualisasikan matematika, tantangan tetap ada dalam memastikan integrasi yang efektif dan kolaborasi antar pemangku kepentingan, yang sangat penting untuk mengoptimalkan manfaat pendidikan IoT.

Penelitian terbaru menyoroti potensi IoT dan metodologi kontekstual dalam meningkatkan pendidikan matematika. Studi menunjukkan bahwa sumber belajar berbasis IoT efektif dalam memfasilitasi pemahaman ilmiah dan meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dalam matematika. Dengan menyediakan pengalaman dunia nyata, teknologi ini secara signifikan meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa (Wandel et al., 2015). Pendekatan pengajaran kontekstual, yang menggabungkan alat manipulatif dan skenario kehidupan nyata, juga terbukti mempengaruhi motivasi siswa dan penguasaan konsep matematika secara positif. Implementasi IoT dan metode kontekstual dalam pendidikan matematika menghasilkan sikap siswa yang lebih baik, peningkatan tingkat aktivitas, dan pemahaman yang lebih baik tentang prinsip-prinsip matematika. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi IoT dengan pendekatan kontekstual dalam pendidikan matematika dapat menjembatani kesenjangan antara konsep-konsep abstrak dan aplikasi dunia nyata, yang pada akhirnya mengarah pada hasil belajar yang lebih baik dan keterlibatan siswa yang meningkat. Perangkat IoT meningkatkan pemantauan waktu nyata dan pengumpulan data, yang mendukung kesadaran kontekstual yang diperlukan untuk menerapkan konsep matematika di berbagai disiplin ilmu (Liston et al., 2022). Selain itu, IoT mengubah objek-objek biasa menjadi sistem cerdas, memungkinkan penerapan teori-teori matematika, seperti probabilitas dan optimasi, dalam skenario praktis seperti kota pintar dan perawatan kesehatan. Studi kasus dalam pendidikan STEAM menggambarkan bagaimana IoT dapat digunakan untuk mengajarkan konsep matematika melalui pemantauan lingkungan, yang mempromosikan pendekatan transdisipliner yang menghubungkan teori dengan praktik.

Menafsirkan dampak IoT pada kontekstualisasi matematika mengungkapkan perannya yang transformatif dalam menjembatani pengetahuan teoretis dan aplikasi praktis. Kemampuan untuk mengumpulkan data secara real-time melalui perangkat IoT memungkinkan siswa berinteraksi dengan konsep-konsep matematika secara bermakna, yang pada akhirnya meningkatkan pemahaman dan penerapan prinsip-prinsip tersebut dalam berbagai konteks. Peralihan menuju perangkat yang saling terhubung memfasilitasi pengalaman belajar kolaboratif, memungkinkan siswa bekerja bersama dan berbagi wawasan, yang memperdalam pemahaman mereka terhadap topik-topik matematika. Selain itu, tantangan yang

terkait dengan integrasi teknologi IoT, seperti memastikan kolaborasi di antara para pemangku kepentingan, menyoroti pentingnya perencanaan strategis dan dukungan untuk mengoptimalkan manfaat pendidikan dari IoT dalam matematika. Mengevaluasi kontribusi IoT terhadap kontekstualisasi konsep-konsep matematika menegaskan potensinya untuk merevolusi praktik pendidikan, meskipun juga menghadirkan tantangan. Integrasi teknologi IoT meningkatkan keterlibatan siswa dengan menyediakan pengalaman dunia nyata yang selaras dengan kehidupan sehari-hari mereka. Keterlibatan ini sangat penting untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan meningkatkan motivasi dalam pendidikan matematika. Namun, meskipun hasil positif tersebut terlihat, implementasi IoT yang efektif dalam konteks pendidikan memerlukan penanganan terhadap hambatan seperti akses yang merata terhadap teknologi dan pelatihan yang memadai bagi pendidik. Tantangan ini harus diatasi untuk memastikan bahwa potensi penuh IoT dalam mengkontekstualisasi matematika dapat terwujud.

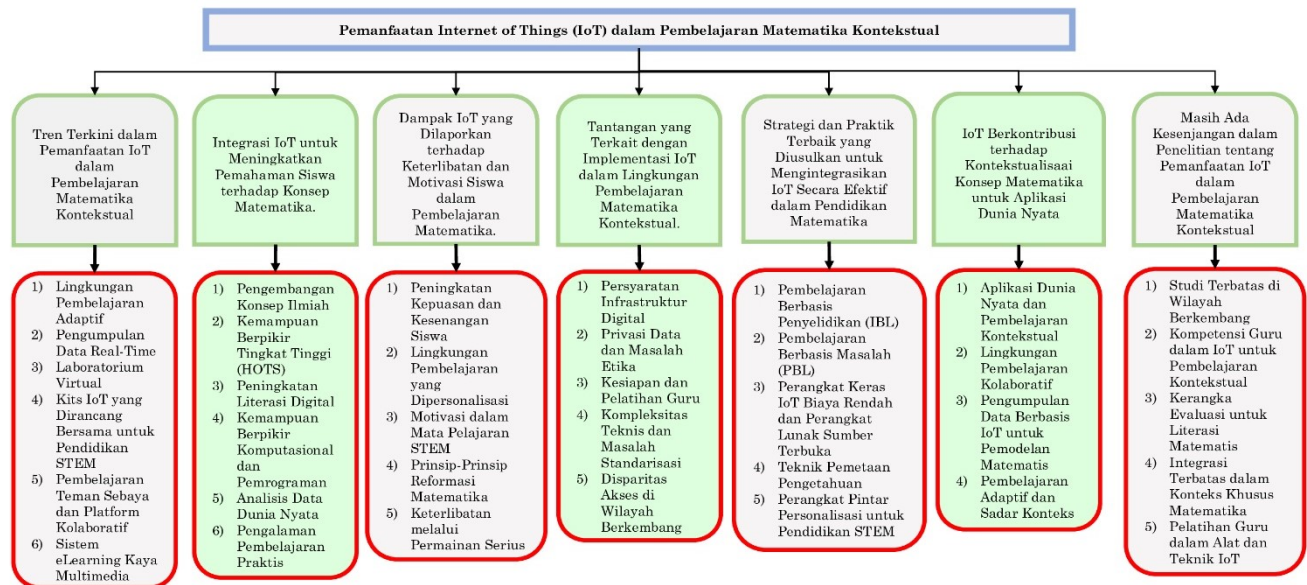
#### **7. Masih Ada Kesenjangan dalam Penelitian tentang Pemanfaatan IoT dalam Pembelajaran Matematika Kontekstual**

Inkorporasi Internet of Things (IoT) dalam pendidikan matematika kontekstual menawarkan banyak peluang, namun kesenjangan penelitian yang signifikan masih ada. Penelitian menunjukkan bahwa adopsi IoT dalam e-learning tertinggal jauh di negara-negara berkembang seperti Arab Saudi, terutama karena tantangan seperti kendala keuangan dan dukungan teknis yang terbatas (Ali et al., 2023). Selain itu, masih sedikit penelitian komprehensif yang mengkaji dampak IoT terhadap pendidikan matematika di wilayah-wilayah ini, yang menghambat pengembangan strategi implementasi yang efektif. Meskipun diakui secara luas bahwa keterampilan dan kompetensi guru sangat penting untuk keberhasilan pembelajaran kontekstual dalam matematika, kurangnya penelitian tentang bagaimana alat IoT dapat meningkatkan kompetensi ini menunjukkan kebutuhan mendesak untuk studi empiris yang menghubungkan pelatihan IoT bagi pendidik dengan peningkatan pengajaran matematika kontekstual (Pauji et al., 2023). Hal ini menekankan kebutuhan mendesak akan studi empiris yang menghubungkan pelatihan IoT untuk pendidik dengan peningkatan pengajaran matematika kontekstual. Selain itu, tidak adanya kerangka evaluasi yang solid untuk menilai literasi matematika dalam konteks IoT menyulitkan penerapannya secara efektif dalam lingkungan pendidikan.

Temuan terbaru menunjukkan bahwa bahan pendidikan yang terintegrasi dengan IoT berpotensi meningkatkan keterampilan digital siswa dan pemahaman mereka tentang konsep IoT. Misalnya, dalam pendidikan bahasa, objek berbasis IoT yang nyata dikombinasikan dengan robotik telah terbukti meningkatkan perolehan kosakata dan mengurangi hambatan pembelajaran (Cheng et al., 2022). Meskipun tidak sepenuhnya berfokus pada IoT, strategi pengajaran kontekstual dalam matematika telah terbukti efektif dalam meningkatkan motivasi siswa dan penguasaan konsep. Selain itu, penelitian telah menunjukkan bahwa alat pembelajaran berbasis IoT yang menggunakan metode pemecahan masalah secara

signifikan dapat meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa, terutama di bidang termodinamika. Namun, penelitian tentang peran IoT dalam pembelajaran matematika kontekstual masih terbatas, seperti yang terlihat dari kesenjangan yang teridentifikasi terkait neurodiversitas (Ali et al., 2023), pemetaan sistematis aplikasi IoT dalam pendidikan (Fragou & Mavroudi, 2020), dan integrasi IoT dalam pendidikan K-12 (Hughes et al., 2020). Mengatasi kesenjangan penelitian ini sangat penting untuk mengoptimalkan dampak IoT dalam meningkatkan pendidikan matematika kontekstual.

Temuan-temuan ini menyoroti persimpangan kritis antara teknologi dan pedagogi, menekankan pentingnya penelitian yang terfokus yang mengatasi kebutuhan spesifik dan hambatan yang dihadapi oleh pendidik di konteks berkembang. Kurangnya pemahaman tentang dampak IoT pada pendidikan matematika menghambat pengembangan metodologi pengajaran yang efektif, menunjukkan bahwa para pendidik mungkin kekurangan sumber daya atau pelatihan untuk sepenuhnya memanfaatkan alat-alat IoT. Kesenjangan ini tidak hanya memengaruhi implementasi solusi IoT, tetapi juga membatasi kemampuan guru untuk menyesuaikan strategi pengajaran mereka guna memanfaatkan manfaat pembelajaran kontekstual secara efektif. Akibatnya, kurangnya integrasi ini dapat mengakibatkan hilangnya peluang untuk meningkatkan keterlibatan siswa dan pemahaman konsep matematika. Meskipun bahan pendidikan yang terintegrasi dengan IoT menjanjikan potensi untuk meningkatkan keterampilan digital siswa dan memfasilitasi pembelajaran, masih terdapat kesenjangan besar dalam penelitian empiris yang secara khusus berfokus pada penerapannya dalam pendidikan matematika kontekstual. Hasil positif yang diamati dalam pendidikan bahasa dengan alat IoT belum cukup direplikasi dalam matematika, menunjukkan kebutuhan kritis untuk penelitian lebih lanjut tentang pendekatan yang disesuaikan yang memanfaatkan IoT untuk meningkatkan pembelajaran matematika. Selain itu, kurangnya perhatian terhadap neurodiversitas dan integrasi K-12 dalam literatur yang ada mengungkapkan kurangnya inklusivitas dan penerapan IoT yang lebih luas, yang sangat penting untuk memaksimalkan dampaknya di kalangan populasi peserta didik yang beragam.



**Gambar 2. Temuan Penelitian Utama**

Lanskap penelitian seputar integrasi Internet of Things (IoT) dalam pembelajaran matematika kontekstual mencakup eksplorasi komprehensif terhadap berbagai metodologi, dampak, dan tantangan. Adopsi teknologi IoT, seperti lingkungan pembelajaran adaptif, laboratorium virtual, dan kit IoT yang dirancang bersama, telah menunjukkan potensi signifikan dalam meningkatkan keterlibatan siswa dan aksesibilitas dalam pendidikan matematika. Alat pendidikan berbasis IoT terbukti efektif dalam mendorong pengembangan konsep ilmiah, keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS), dan literasi digital, terutama saat digunakan dalam analisis data dunia nyata dan konteks pembelajaran praktis. Kemajuan ini telah meningkatkan pemikiran komputasi dan keterampilan pemrograman, yang penting untuk memahami konsep matematika yang kompleks. Selain itu, integrasi IoT ke dalam pembelajaran matematika secara positif memengaruhi keterlibatan dan motivasi siswa, dengan lingkungan pembelajaran yang dipersonalisasi dan alat inovatif berkontribusi pada peningkatan kepuasan dan kesenangan belajar. Meskipun ada manfaat tersebut, tantangan tetap ada, termasuk perlunya infrastruktur digital yang diperbarui, kesiapan guru, dan akses yang merata ke teknologi IoT, yang dapat menyebabkan kesenjangan dalam hasil belajar. Untuk mengatasi masalah ini secara efektif, strategi seperti pembelajaran berbasis inkuiri (IBL), pembelajaran berbasis masalah (PBL), serta penggunaan perangkat keras IoT berbiaya rendah dan perangkat lunak sumber terbuka telah muncul sebagai pendekatan yang menjanjikan. Selain itu, kontekstualisasi konsep matematika melalui aplikasi dunia nyata dari teknologi IoT meningkatkan pemahaman siswa, menjembatani kesenjangan antara matematika abstrak dan aplikasi praktis. Namun, kesenjangan penelitian yang signifikan tetap ada, terutama terkait integrasi IoT di daerah berkembang, kompetensi guru, dan

pembentukan kerangka evaluasi yang kuat untuk literasi matematika. Sintesis temuan penelitian ini menyoroti potensi transformatif IoT dalam pendidikan matematika sambil menekankan perlunya strategi yang ditargetkan untuk mengatasi tantangan yang ada dan memastikan implementasi yang merata dan efektif.

## **Kesimpulan dan Saran**

### ***Kesimpulan***

Sintesis dari penelitian terbaru tentang pemanfaatan IoT dalam pembelajaran matematika kontekstual mengungkapkan arah yang menjanjikan untuk meningkatkan keterlibatan siswa, motivasi, dan pemahaman konseptual dengan menjembatani teori matematika abstrak dengan aplikasi praktis di dunia nyata. Teknologi IoT, termasuk lingkungan pembelajaran adaptif dan interaktif, laboratorium virtual, serta kit IoT yang dirancang bersama, telah menunjukkan kemampuannya untuk membuat matematika lebih mudah diakses dan menarik bagi siswa. Teknologi-teknologi ini mendukung pembelajaran pengalaman, memungkinkan siswa untuk terlibat langsung dengan data, mengidentifikasi pola, dan mengembangkan keterampilan berpikir komputasi yang penting untuk memecahkan masalah kompleks. Namun, efektivitas integrasi IoT dalam pendidikan matematika tergantung pada penanganan beberapa tantangan kritis, termasuk kebutuhan akan infrastruktur digital yang memadai, pelatihan guru, dan akses yang merata ke teknologi IoT. Kesenjangan penelitian yang signifikan tampak jelas, terutama dalam mengembangkan metodologi terstruktur untuk mengintegrasikan IoT ke dalam berbagai lingkungan pendidikan dan mengatasi kebutuhan beragam siswa di berbagai konteks. Secara khusus, penelitian terbatas pada penggunaan efektif IoT di wilayah yang kekurangan sumber daya, di mana keterbatasan finansial dan teknis menjadi hambatan besar bagi implementasi. Selain itu, kurangnya kerangka evaluasi yang kuat untuk menilai dampak integrasi IoT pada literasi matematika dan hasil belajar menghambat pemahaman komprehensif dan optimalisasi potensinya dalam pendidikan. Mengatasi kesenjangan ini sangat penting untuk memastikan bahwa integrasi IoT dalam pendidikan matematika efektif dan inklusif.

### ***Saran***

Berdasarkan temuan ini, topik penelitian mendesak di masa depan mencakup pengembangan solusi IoT yang hemat biaya yang dapat diterapkan di lingkungan pendidikan yang kekurangan sumber daya untuk memastikan akses yang merata. Selain itu, diperlukan penelitian yang berfokus pada pengembangan profesional guru, khususnya dalam penggunaan alat IoT yang efektif untuk pembelajaran matematika kontekstual. Area prioritas lain untuk penelitian di masa depan adalah desain dan implementasi kerangka evaluasi yang dapat secara akurat menilai dampak integrasi IoT pada hasil belajar, terutama dalam hal literasi

matematika dan pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Mengatasi kesenjangan penelitian ini tidak hanya akan meningkatkan efektivitas IoT dalam pembelajaran matematika kontekstual tetapi juga berkontribusi pada sistem pendidikan yang lebih merata dan inklusif secara global.

### Daftar Pustaka

- Abdul-Qawy, A. S., Pramod, P. J., Magesh, E., & Srinivasulu, T. (2015). The internet of things (iot): An overview. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 5(12), 71-82.
- Abichandani, P., Sivakumar, V., Lobo, D., Iaboni, C., & Shekhar, P. (2022). Internet-of-things curriculum, pedagogy, and assessment for stem education: A review of literature. *IEEE Access*, 10, 38351-38369.
- Abidin, Z., Mathrani, A., Hunter, R., & Parsons, D. (2017). Challenges of integrating mobile technology into Mathematics instruction in secondary schools: an Indonesian context. *Computers in the Schools*, 34(3), 207-222.
- AjazMoharkan, Z., Choudhury, T., Gupta, S., & Raj, G. (2017). *Internet of Things and its applications in E-learning*. <https://doi.org/10.1109/CIACT.2017.7977333>
- Aji, C. A., & Khan, M. J. (2015). Virtual to Reality: Teaching Mathematics and Aerospace Concepts to Undergraduates Using Unmanned Aerial Systems and Flight Simulation Software. *Journal of College Teaching & Learning*, 12(3), 177-188.
- Aldowah, H., Rehman, S. U., Ghazal, S., & Umar, I. N. (2017). Internet of Things in higher education: a study on future learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 892(1), 12017.
- Ali, J., Madni, S. H. H., Jahangeer, M. S. I., & Danish, M. A. A. (2023). IoT adoption model for e-learning in higher education institutes: a case study in Saudi Arabia. *Sustainability*, 15(12), 9748.
- Amir, M. Z. Z., Supriyanto, D. P., Andriani, L., & Nurdin, E. (2021). The effect of application of contextual teaching and learning model on mathematical problem solving ability based on self regulated learning of high school students in Pekanbaru. *Journal of Physics: Conference Series*, 1776(1), 12038.
- Anthonyamy, L., Koo, A. C., & Hew, S. H. (2020). Self-regulated learning strategies in higher education: Fostering digital literacy for sustainable lifelong learning. *Education and Information Technologies*, 25(4), 2393-2414.
- Arfaoui, A., Cherkaoui, S., Kribeche, A., & Senouci, S. M. (2019). Context-aware adaptive remote access for IoT applications. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(1), 786-799.
- Asghari, P., Rahmani, A. M., & Javadi, H. H. S. (2019). Internet of Things applications: A systematic review. *Computer Networks*, 148, 241-261.
- Atef, Z., Darine, A., MohamedAmime, H., Omar, C., & Habib, H. (2021). Cognitive IoT-Based e-Learning System: Enabling Context-Aware Remote Schooling during the Pandemic. *Journal of Healthcare Engineering*.

<https://doi.org/10.1155/2021/7358874>

- Ayal, C. S., Kusuma, Y. S., Sabandar, J., & Dahlan, J. A. (2016). The Enhancement of Mathematical Reasoning Ability of Junior High School Students by Applying Mind Mapping Strategy. *Journal of Education and Practice*, 7(25), 50-58.
- Camacho, V., Elena, de, Olivares, T., Flores, M., & Orozco-Barbosa, L. (2020). Data Capture and Learning Analytics focused on Engagement with a New Wearable IoT Approach. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, PP, 1. <https://doi.org/10.1109/TLT.2020.2999787>
- Chen, Y. (2022). Measurement, evaluation, and model construction of mathematical literacy based on iot and pisa. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022(1), 3278401.
- Cheng, Y.-W., Wang, Y., Cheng, Y.-J., & Chen, N.-S. (2022). The impact of learning support facilitated by a robot and IoT-based tangible objects on children's game-based language learning. *Computer Assisted Language Learning*, 1-32.
- Clapp, J. J. (2020). *Exploring the Relationship Between IoT Security and Standardization*. Walden University.
- Cornel, C.-E. (2015). The role of internet of things for a continuous improvement in education. *Hyperion Economic Journal*, 2(3), 24-31.
- Dai, Z., Zhang, Q., Zhao, L., Zhu, X., & Zhou, D. (2023). Cloud-Edge Computing Technology-Based Internet of Things System for Smart Classroom Environment. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 18, 79-96. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i08.28299>
- Ekowati, C. K., Darwis, M., Upa, H. M. D., & Tahmir, S. (2015). The Application of Contextual Approach in Learning Mathematics to Improve Students Motivation at SMPN 1 Kupang. *International Education Studies*, 8(8), 81-86.
- EL Mrabet, H., & Ait Moussa, A. (2017). Smart Classroom Environment Via IoT in Basic and Secondary Education. *Transactions on Machine Learning and Artificial Intelligence*, 5(4). <https://doi.org/10.14738/tmlai.54.3191>
- Elsaadany, A., & Soliman, M. (2017). *Experimental evaluation of Internet of Things in the educational environment*.
- Fragou, O., & Mavroudi, A. (2020). *Exploring internet of things, mobile computing and ubiquitous computing in computer science education: A systematic mapping study*.
- Gentry, S. V., Gauthier, A., Ehrstrom, B. L., Wortley, D., Lilienthal, A., Car, L. T., Dauwels-Okutsu, S., Nikolaou, C. K., Zary, N., & Campbell, J. (2019). Serious gaming and gamification education in health professions: systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 21(3), e12994.
- Gianni, F. V. (2019). *From ideation to prototyping of IoT Systems: The case of smart cities*.
- Glahn, C., & Gruber, M. R. (2020). Designing for context-aware and contextualized learning. *Emerging Technologies and Pedagogies in the Curriculum*, 21-40.
- Glaroudis, D., Iossifides, A., Spyropoulou, N., & Zaharakis, I. D. (2018). Investigating secondary students' stance on iot driven educational activities.

*Ambient Intelligence: 14th European Conference, Aml 2018, Larnaca, Cyprus, November 12-14, 2018, Proceedings 14*, 188-203.

- Hernandez-de-Menendez, M., Escobar Díaz, C., & Morales-Menendez, R. (2020). Technologies for the future of learning: state of the art. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 14(2), 683-695.
- Hughes, J., Robb, J., & Lam, M. (2020). *Making Future-Ready Students with Design and the Internet of Things*. <https://doi.org/10.4108/eai.13-7-2018.163096>
- Iqbal, M. M., Farhan, M., Jabbar, S., Saleem, Y., & Khalid, S. (2019). Multimedia based IoT-centric smart framework for eLearning paradigm. *Multimedia Tools and Applications*, 78(3), 3087-3106.
- Iqbal, M. Z., Mangina, E., & Campbell, A. G. (2022). Current challenges and future research directions in augmented reality for education. *Multimodal Technologies and Interaction*, 6(9), 75.
- Irvine, J. (2020). Positively Influencing Student Engagement and Attitude in Mathematics through an Instructional Intervention Using Reform Mathematics Principles. *Journal of Education and Learning*, 9(2), 48-75.
- Kim, C., Park, S. W., Cozart, J., & Lee, H. (2015). From motivation to engagement: The role of effort regulation of virtual high school students in mathematics courses. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(4), 261-272.
- Kristidhika, D. C., Cendana, W., Felix-Otuorimuo, I., & Müller, C. (2020). Contextual teaching and learning to improve conceptual understanding of primary students. *Teacher in Educational Research*, 2(2), 71-78.
- Kusmin, M. (2019). Co-designing the kits of IoT devices for inquiry-based learning in STEM. *Technologies*, 7(1), 16.
- Li, R., Lund, A., & Nordsteien, A. (2023). The link between flipped and active learning: a scoping review. *Teaching in Higher Education*, 28(8), 1993-2027.
- Liston, M., Morrin, A. M., Furlong, T., & Griffin, L. (2022). Integrating data science and the internet of things into science, technology, engineering, arts, and mathematics education through the use of new and emerging technologies. *Frontiers in Education*, 7, 757866.
- Maksimović, M. (2018). IOT concept application in educational sector using collaboration. *Facta Universitatis, Series: Teaching, Learning and Teacher Education*, 1(2), 137-150.
- Mandailina, V., Saddam, S., Ibrahim, M., & Syaharuddin, S. (2019). UTAUT: Analysis of usage level of Android applications as learning media in Indonesian educational institutions. *IJECA (International Journal of Education and Curriculum Application)*, 2(3), 16-23.
- Mandailina, V., Syaharuddin, S., Pramita, D., Ibrahim, I., & Haifaturrahmah, H. (2021). Pembelajaran daring dalam meningkatkan motivasi dan hasil belajar peserta didik selama pandemi COVID-19: Sebuah meta-analisis. *Indonesian Journal of Educational Science (IJES)*, 3(2), 120-129.
- Ní Shé, C., Ní Fhloinn, E., & Mac an Bhaird, C. (2023). Student engagement with technology-enhanced resources in mathematics in higher education: A review.

*Mathematics*, 11(3), 787.

- Ningsih, Y. L., & Paradesa, R. (2018). Improving students' understanding of mathematical concept using maple. *Journal of Physics: Conference Series*, 948(1), 12034.
- Novian, A., Yovan, A., Rizka, P., & Maslin, M. (2022). Math Balance Aids based on Internet of Things for Arithmetic Operational Learning. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2022.0130826>
- Olivares, D., Lupiáñez, J. L., & Segovia, I. (2021). Roles and characteristics of problem solving in the mathematics curriculum: a review. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 52(7), 1079-1096.
- Özgül, E., & Ocak, M. (2023). The Effect of Internet of Things Education Through Distance Education on Student Success and Motivation. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 6. <https://doi.org/10.31681/jetol.1241362>
- Parag Chatterjee, A. H. (2016). Internet of Things in Learning Systems - A Perspective of Platforms. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 7(2), 52-56.
- Pauji, I., Febrianty, E. D., & Herman, T. (2023). Analysis of context utilization in mathematics learning based on teacher competency. *Jurnal Analisa*, 9(1), 37-47.
- Pilloni, V., Atzori, L., & Mallus, M. (2017). Dynamic involvement of real world objects in the IoT: A consensus-based cooperation approach. *Sensors*, 17(3), 484.
- Pratama, F. A., Faqih, A., & Nurhadiansyah, N. (2019). Contextual Learning Models to Improve Student Learning Outcomes About Natural Resources. *Action Research Journal Indonesia*, 111-122.
- Ramírez Sánchez, J. C., & García de la Sienra, A. (2020). The complicated pairing between dynamic systems techniques and economics. *Investigación Económica*, 79(314), 28-50.
- Rentero-Trejo, R., Flores-Martín, D., Galán-Jiménez, J., García-Alonso, J., Murillo, J. M., & Berrocal, J. (2022). Using federated learning to achieve proactive context-aware IoT environments. *Journal of Web Engineering*, 21(1), 53-74.
- Ruggiero, D., & Mong, C. J. (2015). The teacher technology integration experience: Practice and reflection in the classroom. *Journal of Information Technology Education: Research*, 14.
- Sabri, S. (2019). *The Effects of Inquiry-based learning on the Development of High School Biology Students' Critical Thinking Skills in the UAE*. The British University in Dubai (BUiD).
- Serin, H. (2017). Technology-integrated Mathematics Education: A Facilitating Factor to Enrich Learning. *International Journal of Learning and Development*. <https://doi.org/10.5296/IJLD.V7I4.12082>