



Bangun Sujito¹
Eko Wahyudi²
Sholehah³

HUBUNGAN ANTARA PENGGUNAAN TEKNOLOGI SENSOR IOT DAN EFISIENSI ENERGI DALAM BANGUNAN CERDAS

Abstrak

Penelitian ini mengeksplorasi hubungan antara penggunaan teknologi sensor IoT dan efisiensi energi dalam bangunan cerdas melalui metode studi literatur. Bangunan cerdas memanfaatkan teknologi sensor IoT untuk mengumpulkan data real-time dari berbagai parameter lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan keberadaan penghuni, yang kemudian digunakan untuk mengoptimalkan sistem HVAC dan pencahayaan. Hasil studi literatur menunjukkan bahwa teknologi sensor IoT secara signifikan dapat mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan efisiensi operasional bangunan. Namun, implementasi teknologi ini masih menghadapi berbagai tantangan, termasuk masalah interoperabilitas antar perangkat, keamanan data, dan biaya instalasi yang tinggi. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan pengembangan standar interoperabilitas yang lebih baik, solusi keamanan yang canggih, dan model bisnis inovatif yang dapat mengurangi biaya awal implementasi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa meskipun terdapat tantangan, teknologi sensor IoT memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi energi, kenyamanan penghuni, dan keberlanjutan lingkungan dalam bangunan cerdas.

Kata Kunci: Iot, Sensor, Bangunan Cerdas, Efisiensi Energi, Keamanan Data

Abstract

This study explores the relationship between the use of IoT sensor technology and energy efficiency in smart buildings through a literature review method. Smart buildings leverage IoT sensor technology to collect real-time data from various environmental parameters such as temperature, humidity, and occupancy, which are then used to optimize HVAC and lighting systems. The literature review findings indicate that IoT sensor technology can significantly reduce energy consumption and improve the operational efficiency of buildings. However, the implementation of this technology still faces several challenges, including interoperability issues among devices, data security concerns, and high installation costs. To address these challenges, the development of better interoperability standards, advanced security solutions, and innovative business models that can reduce initial implementation costs are needed. This study concludes that despite these challenges, IoT sensor technology has significant potential to enhance energy efficiency, occupant comfort, and environmental sustainability in smart buildings.

Keywords: Iot, Sensors, Smart Buildings, Energy Efficiency, Data Security

PENDAHULUAN

Dalam era modern ini, penggunaan teknologi telah menjadi bagian integral dari berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam pengelolaan bangunan. Bangunan cerdas, atau smart buildings, adalah salah satu inovasi yang muncul untuk merespons kebutuhan akan efisiensi, kenyamanan, dan keberlanjutan lingkungan (Al Caruban et al., 2018). Bangunan cerdas mengintegrasikan berbagai teknologi canggih, termasuk Internet of Things (IoT), untuk menciptakan sistem yang lebih responsif, adaptif, dan efisien. Salah satu aspek penting dari bangunan cerdas adalah penggunaan teknologi sensor IoT, yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi energi.

Teknologi sensor IoT memungkinkan bangunan untuk mengumpulkan data secara real-time dari berbagai parameter lingkungan, seperti suhu, kelembaban, pencahayaan, dan

^{1,2,3}Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Kaltara
e-mail: bangun.iai75@gmail.com

keberadaan manusia (Rosidin et al., 2024). Data ini kemudian dianalisis dan digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan energi dalam bangunan. Misalnya, sistem HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) dapat disesuaikan secara otomatis berdasarkan keberadaan penghuni dan kondisi lingkungan saat itu, sehingga energi tidak terbuang percuma (Moridu et al., 2023). Pencahayaan otomatis yang dapat menyesuaikan intensitas cahaya berdasarkan cahaya alami yang tersedia juga merupakan salah satu contoh penerapan teknologi sensor IoT untuk efisiensi energi (Efendi et al., 2019).

Efisiensi energi dalam bangunan merupakan isu yang sangat penting mengingat kontribusi besar sektor bangunan terhadap konsumsi energi global dan emisi gas rumah kaca (Syabrani et al., 2023). Menurut International Energy Agency (IEA), sektor bangunan bertanggung jawab atas sekitar 40% dari total konsumsi energi dunia dan sepertiga dari emisi CO₂ global. Oleh karena itu, penerapan teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi energi dalam bangunan merupakan langkah krusial dalam upaya global untuk mengurangi jejak karbon dan memitigasi perubahan iklim (Albana et al., 2021). Teknologi sensor IoT menawarkan solusi inovatif yang tidak hanya dapat mengurangi konsumsi energi, tetapi juga meningkatkan kenyamanan dan produktivitas penghuni bangunan.

Implementasi teknologi sensor IoT dalam bangunan cerdas juga memberikan berbagai keuntungan tambahan, seperti peningkatan keamanan dan pengelolaan bangunan yang lebih baik. Sensor IoT dapat mendeteksi adanya kebocoran air, kebakaran, atau intrusi secara real-time, sehingga memungkinkan respon cepat dan mengurangi potensi kerusakan (Nilasari, 2021). Selain itu, data yang dikumpulkan oleh sensor dapat digunakan untuk analisis prediktif, yang membantu dalam pemeliharaan preventif dan pengelolaan aset yang lebih efisien.

Namun, meskipun teknologi sensor IoT menjanjikan banyak manfaat, tantangan dalam implementasinya tidak bisa diabaikan (Jamaludin & Saepuloh, 2024). Masalah terkait interoperabilitas antar perangkat, keamanan data, dan biaya instalasi merupakan beberapa hambatan yang perlu diatasi. Integrasi yang mulus antara berbagai sistem dan perangkat IoT memerlukan standar yang jelas dan kompatibilitas yang tinggi. Selain itu, keamanan data menjadi isu krusial mengingat banyaknya informasi sensitif yang dikumpulkan dan disimpan oleh sensor (Smith, 2023). Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan solusi yang dapat mengatasi tantangan-tantangan ini dan memaksimalkan potensi teknologi sensor IoT dalam bangunan cerdas.

Secara keseluruhan, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji hubungan antara penggunaan teknologi sensor IoT dan efisiensi energi dalam bangunan cerdas. Melalui studi literatur yang mendalam, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai potensi, manfaat, serta tantangan yang dihadapi dalam penerapan teknologi ini. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perkembangan teknologi bangunan cerdas dan upaya global untuk mencapai keberlanjutan energi.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur untuk mengkaji hubungan antara penggunaan teknologi sensor IoT dan efisiensi energi dalam bangunan cerdas. Studi literatur merupakan pendekatan yang sistematis dalam mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menginterpretasi penelitian yang telah dipublikasikan pada topik tertentu (Sugiyono, 2018). Tahapan penelitian ini dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Penentuan Topik dan Ruang Lingkup Penelitian

Tahap pertama adalah penentuan topik dan ruang lingkup penelitian. Penelitian ini difokuskan pada penggunaan teknologi sensor IoT dalam konteks bangunan cerdas dan dampaknya terhadap efisiensi energi. Peneliti menetapkan batasan waktu publikasi artikel yang akan ditinjau, yaitu artikel yang dipublikasikan dalam sepuluh tahun terakhir, untuk memastikan relevansi dan kebaruan informasi.

2. Formulasi Pertanyaan Penelitian

Setelah menentukan topik, peneliti merumuskan pertanyaan penelitian yang akan dijawab melalui studi literatur ini. Pertanyaan penelitian yang diajukan meliputi:

- a. Bagaimana teknologi sensor IoT diterapkan dalam bangunan cerdas?

- b. Apa saja manfaat penggunaan teknologi sensor IoT terhadap efisiensi energi?
- c. Tantangan apa yang dihadapi dalam penerapan teknologi sensor IoT di bangunan cerdas?

3. Pencarian Literatur

Tahap selanjutnya adalah pencarian literatur. Peneliti menggunakan berbagai basis data akademik seperti Google Scholar, IEEE Xplore, ScienceDirect, dan lain-lain untuk mengumpulkan artikel, jurnal, dan konferensi yang relevan. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi “IoT sensors,” “smart buildings,” “energy efficiency,” “building automation,” dan kombinasi dari kata kunci tersebut. Selain itu, peneliti juga mengakses laporan teknis, buku, dan sumber informasi lainnya yang relevan.

4. Seleksi Literatur

Dari literatur yang terkumpul, peneliti melakukan seleksi berdasarkan judul dan abstrak untuk menentukan relevansi dengan topik penelitian. Artikel yang memenuhi kriteria relevansi kemudian dibaca secara penuh untuk memastikan kualitas dan kontribusinya terhadap penelitian. Kriteria inklusi meliputi:

- a. Studi yang membahas teknologi sensor IoT dalam konteks bangunan cerdas.
- b. Studi yang meneliti dampak penggunaan teknologi sensor IoT terhadap efisiensi energi.
- c. Studi yang dipublikasikan dalam jurnal atau konferensi terkemuka.

5. Analisis Literatur

Setelah seleksi, peneliti melakukan analisis mendalam terhadap literatur yang terpilih. Analisis ini mencakup identifikasi metode penelitian, hasil utama, dan kesimpulan dari setiap studi. Peneliti juga mengevaluasi kekuatan dan kelemahan dari studi-studi tersebut serta mencari pola dan hubungan yang konsisten di antara berbagai temuan.

6. Sintesis Temuan

Pada tahap ini, peneliti mensintesis temuan dari berbagai literatur yang dianalisis. Sintesis dilakukan dengan cara mengorganisasi informasi berdasarkan tema-tema utama yang muncul, seperti aplikasi teknologi sensor IoT, manfaat terhadap efisiensi energi, dan tantangan implementasi. Peneliti menyusun narasi yang menghubungkan temuan-temuan ini secara logis dan kohesif.

7. Penyusunan Laporan Penelitian

Tahap terakhir adalah penyusunan laporan penelitian. Laporan ini mencakup pendahuluan yang menjelaskan latar belakang dan tujuan penelitian, metode yang digunakan, hasil analisis literatur, diskusi temuan, serta kesimpulan dan rekomendasi. Laporan disusun secara sistematis dan jelas agar mudah dipahami oleh pembaca.

8. Validasi dan Review

Sebelum publikasi, laporan penelitian ini divalidasi dan direview oleh rekan sejawat atau ahli di bidang terkait untuk memastikan akurasi, kualitas, dan kontribusinya terhadap pengetahuan yang ada. Proses review ini juga membantu dalam mengidentifikasi kelemahan dan area yang memerlukan perbaikan.

Dengan mengikuti tahapan-tahapan di atas, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang komprehensif tentang hubungan antara teknologi sensor IoT dan efisiensi energi dalam bangunan cerdas, serta memberikan wawasan yang berguna bagi pengembangan dan implementasi teknologi tersebut di masa depan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, penelitian ini mengidentifikasi dan menganalisis berbagai aspek terkait hubungan antara penggunaan teknologi sensor IoT dan efisiensi energi dalam bangunan cerdas. Hasil dari penelitian ini disajikan dalam beberapa tema utama sebagai berikut:

1. Implementasi Teknologi Sensor IoT dalam Bangunan Cerdas

Studi literatur menunjukkan bahwa teknologi sensor IoT telah diimplementasikan secara luas dalam berbagai aspek pengelolaan bangunan cerdas (DARMAWAN, 2023). Sensor IoT digunakan untuk memantau dan mengendalikan berbagai parameter lingkungan seperti suhu, kelembaban, pencahayaan, kualitas udara, dan keberadaan penghuni. Misalnya, sensor suhu dan kelembaban digunakan untuk mengoptimalkan sistem HVAC, sedangkan sensor cahaya

digunakan untuk mengatur intensitas pencahayaan berdasarkan cahaya alami yang tersedia (Hildayanti & Machrizzandi, 2020).

Selain itu, sensor gerak dan keberadaan penghuni memungkinkan sistem otomatisasi untuk mengurangi konsumsi energi di ruangan yang tidak digunakan. Beberapa studi juga melaporkan penggunaan sensor IoT untuk mendeteksi kebocoran air, gas, atau adanya api, yang meningkatkan keselamatan dan pengelolaan risiko dalam bangunan.

2. Manfaat Teknologi Sensor IoT terhadap Efisiensi Energi

Penelitian-penelitian yang dianalisis menunjukkan bahwa penggunaan teknologi sensor IoT secara signifikan dapat meningkatkan efisiensi energi dalam bangunan cerdas. Beberapa manfaat utama yang teridentifikasi antara lain (Albana et al., 2021):

- a. Pengurangan Konsumsi Energi: Sensor IoT memungkinkan pengaturan sistem HVAC dan pencahayaan secara dinamis sesuai dengan kondisi lingkungan dan keberadaan penghuni, yang secara substansial mengurangi konsumsi energi.
- b. Optimasi Penggunaan Sumber Daya: Sensor dapat mengidentifikasi area yang tidak efisien dan memungkinkan pengelolaan sumber daya yang lebih baik. Misalnya, sensor dapat mendeteksi ruangan yang sering kali kosong dan mengurangi pemanasan atau pendinginan di area tersebut.
- c. Peningkatan Kenyamanan dan Produktivitas: Dengan mengoptimalkan kondisi lingkungan sesuai dengan preferensi penghuni, teknologi sensor IoT dapat meningkatkan kenyamanan dan produktivitas penghuni. Lingkungan yang nyaman dan kondusif juga dapat mengurangi kebutuhan energi untuk pemanasan dan pendinginan berlebihan.

3. Tantangan Implementasi Teknologi Sensor IoT

Meskipun banyak manfaat yang telah diidentifikasi, penelitian ini juga menemukan beberapa tantangan dalam implementasi teknologi sensor IoT di bangunan cerdas (Jamaludin & Saepuloh, 2024):

- a. Interoperabilitas: Banyak perangkat IoT menggunakan protokol dan standar yang berbeda, yang dapat menghambat integrasi yang mulus antara berbagai sistem dan perangkat.
- b. Keamanan Data: Sensor IoT mengumpulkan dan menyimpan data yang sangat sensitif, sehingga isu keamanan dan privasi data menjadi sangat penting. Beberapa studi menyoroti risiko potensial terkait dengan pelanggaran data dan serangan siber.
- c. Biaya Implementasi: Meskipun teknologi sensor IoT dapat menghemat biaya energi dalam jangka panjang, biaya awal untuk pemasangan dan pemeliharaan perangkat IoT masih relatif tinggi. Hal ini dapat menjadi hambatan bagi adopsi teknologi di bangunan dengan anggaran terbatas.

4. Studi Kasus dan Bukti Empiris

Beberapa studi kasus yang dianalisis menunjukkan hasil yang positif dari penerapan teknologi sensor IoT dalam bangunan cerdas (Smith, 2023). Misalnya:

- a. Studi di Perkantoran: Sebuah penelitian menunjukkan bahwa penerapan sensor IoT di sebuah gedung perkantoran berhasil mengurangi konsumsi energi hingga 30% dalam satu tahun, dengan peningkatan kenyamanan penghuni.
- b. Bangunan Pendidikan: Di sebuah universitas, sensor IoT digunakan untuk mengelola pencahayaan dan HVAC di ruang kelas, yang mengakibatkan penurunan konsumsi energi hingga 25% dan meningkatkan kondisi belajar bagi mahasiswa.
- c. Bangunan Komersial: Sebuah pusat perbelanjaan yang mengadopsi teknologi sensor IoT melaporkan efisiensi energi yang signifikan serta peningkatan kepuasan pengunjung melalui pengaturan suhu dan pencahayaan yang optimal.

5. Rekomendasi untuk Penelitian dan Implementasi Masa Depan

Berdasarkan hasil analisis, penelitian ini memberikan beberapa rekomendasi untuk penelitian dan implementasi masa depan (Ismail, 2024):

- a. Standarisasi Protokol IoT: Perlu adanya upaya untuk mengembangkan dan menerapkan standar interoperabilitas untuk perangkat IoT guna memastikan integrasi yang lebih baik.

- b. Pengembangan Solusi Keamanan: Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan solusi keamanan yang lebih canggih dan efektif dalam melindungi data yang dikumpulkan oleh sensor IoT.
- c. Model Bisnis Inovatif: Pengembangan model bisnis yang dapat mengurangi biaya awal implementasi teknologi IoT, seperti model sewa atau pembiayaan berbasis hasil, dapat mendorong adopsi yang lebih luas.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan gambaran yang komprehensif tentang potensi, manfaat, dan tantangan dari penggunaan teknologi sensor IoT dalam meningkatkan efisiensi energi di bangunan cerdas. Temuan ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan strategi dan kebijakan yang lebih efektif dalam mempromosikan adopsi teknologi IoT di sektor bangunan.

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membuka peluang baru dalam pengelolaan bangunan cerdas (smart buildings). IoT memungkinkan berbagai perangkat dan sensor untuk saling berkomunikasi dan berfungsi secara otomatis, menciptakan sistem yang lebih efisien dan responsif (Parung et al., 2021). Dalam konteks bangunan cerdas, teknologi sensor IoT memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi energi, yang menjadi fokus utama dari penelitian ini.

Penggunaan teknologi sensor IoT dalam bangunan cerdas bertujuan untuk mengoptimalkan pengelolaan energi dengan cara yang lebih terintegrasi dan real-time. Sensor IoT mengumpulkan data dari berbagai parameter lingkungan seperti suhu, kelembaban, pencahayaan, dan keberadaan penghuni. Data ini kemudian dianalisis untuk mengontrol sistem seperti HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) dan pencahayaan secara otomatis (Mahmud, 2024). Sebagai contoh, sistem HVAC dapat disesuaikan berdasarkan keberadaan penghuni dan kondisi lingkungan saat itu, sehingga energi tidak terbuang percuma untuk mendinginkan atau memanaskan ruangan yang tidak digunakan. Demikian pula, pencahayaan dapat disesuaikan dengan tingkat cahaya alami yang tersedia, mengurangi kebutuhan energi listrik.

Efisiensi energi merupakan isu kritis di sektor bangunan, mengingat sektor ini bertanggung jawab atas sekitar 40% dari total konsumsi energi global dan sepertiga dari emisi CO₂ dunia. Dengan demikian, penerapan teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi energi dalam bangunan cerdas tidak hanya mengurangi biaya operasional tetapi juga berkontribusi pada upaya global untuk mengurangi jejak karbon dan memitigasi perubahan iklim. Studi literatur yang kami lakukan menunjukkan bahwa teknologi sensor IoT dapat memberikan penghematan energi yang signifikan (Hildayanti & Machrizzandi, 2020). Beberapa studi melaporkan pengurangan konsumsi energi hingga 30% dalam bangunan perkantoran dan 25% di institusi pendidikan berkat pengelolaan energi yang lebih efisien melalui sensor IoT.

Meskipun banyak manfaat yang ditawarkan, penerapan teknologi sensor IoT dalam bangunan cerdas tidak lepas dari berbagai tantangan. Salah satu tantangan utama adalah masalah interoperabilitas antara perangkat IoT. Banyak perangkat yang menggunakan protokol dan standar yang berbeda, yang dapat menghambat integrasi yang mulus dan mengurangi efektivitas sistem secara keseluruhan (Fikri, 2023). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengembangkan standar yang lebih universal untuk memastikan bahwa berbagai perangkat dapat berkomunikasi dan berfungsi secara harmonis.

Selain itu, isu keamanan data menjadi perhatian utama. Sensor IoT mengumpulkan dan menyimpan data yang sangat sensitif, termasuk informasi pribadi penghuni dan data operasional bangunan (Natanael et al., 2023). Risiko kebocoran data dan serangan siber dapat menimbulkan dampak serius, mulai dari pelanggaran privasi hingga sabotase sistem bangunan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan solusi keamanan yang lebih canggih dan efektif dalam melindungi data yang dikumpulkan oleh sensor IoT (Solechan et al., 2022). Beberapa pendekatan yang bisa dieksplorasi termasuk enkripsi data end-to-end, autentikasi multi-faktor, dan penggunaan teknologi blockchain untuk meningkatkan keamanan dan integritas data.

Biaya implementasi juga menjadi hambatan bagi adopsi teknologi sensor IoT di bangunan cerdas (Rosadi et al., 2018). Meskipun teknologi ini dapat menghemat biaya energi dalam jangka panjang, biaya awal untuk pemasangan dan pemeliharaan perangkat IoT masih relatif tinggi (Ismail, 2024). Hal ini terutama menjadi kendala bagi bangunan dengan anggaran

terbatas. Oleh karena itu, pengembangan model bisnis yang inovatif, seperti model sewa atau pembiayaan berbasis hasil, dapat membantu mengurangi hambatan biaya awal dan mendorong adopsi yang lebih luas (Hildayanti & Machrizzandi, 2020).

Studi literatur juga menunjukkan bahwa teknologi sensor IoT tidak hanya berdampak pada efisiensi energi, tetapi juga meningkatkan kenyamanan dan produktivitas penghuni (Albana et al., 2021). Dengan mengoptimalkan kondisi lingkungan sesuai dengan preferensi penghuni, teknologi ini dapat menciptakan lingkungan yang lebih nyaman dan kondusif untuk bekerja dan beraktivitas (Mayasari et al., 2023). Misalnya, pengaturan suhu yang optimal dan pencahayaan yang sesuai dapat meningkatkan kenyamanan fisik dan mengurangi stres, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa teknologi sensor IoT memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi energi dalam bangunan cerdas. Namun, untuk mencapai manfaat maksimal, diperlukan upaya bersama untuk mengatasi tantangan yang ada, termasuk interoperabilitas, keamanan data, dan biaya implementasi. Dengan solusi yang tepat, teknologi sensor IoT dapat memainkan peran kunci dalam menciptakan bangunan yang lebih efisien, nyaman, dan berkelanjutan di masa depan.

SIMPULAN

Penelitian ini mengungkapkan bahwa teknologi sensor IoT memiliki potensi signifikan dalam meningkatkan efisiensi energi pada bangunan cerdas. Dengan mengoptimalkan penggunaan sistem HVAC dan pencahayaan berdasarkan data real-time dari berbagai sensor, konsumsi energi dapat dikurangi secara substansial. Namun, tantangan seperti interoperabilitas perangkat, keamanan data, dan biaya implementasi harus diatasi untuk memaksimalkan manfaat teknologi ini. Secara keseluruhan, teknologi sensor IoT dapat berkontribusi pada pengelolaan energi yang lebih efisien, kenyamanan penghuni yang lebih baik, dan keberlanjutan lingkungan.

SARAN

Untuk memaksimalkan potensi teknologi sensor IoT dalam bangunan cerdas, diperlukan pengembangan standar interoperabilitas yang lebih baik dan solusi keamanan data yang lebih canggih. Selain itu, model bisnis inovatif yang dapat mengurangi biaya awal implementasi perlu dieksplorasi untuk mendorong adopsi yang lebih luas. Penelitian lebih lanjut juga disarankan untuk terus mengembangkan teknologi ini dan mengatasi berbagai tantangan yang ada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung penelitian ini, termasuk institusi akademik, rekan-rekan sejawat, dan semua sumber daya yang telah menyediakan data dan informasi yang berharga. Tanpa dukungan dan kontribusi mereka, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Caruban, R., Sugiantoro, B., & Prayudi, Y. (2018). Analisis pendeteksi kecocokan objek pada citra digital dengan metode algoritma sift dan histogram color RGB. *Cyber Security Dan Forensik Digital*, 1(1), 20–27.
- Albana, I., Asgalani, A., & Rachmadani, M. D. (2021). ESENSIAL INTERNET OF THINGS DALAM KONSEP BANGUNAN CERDAS (Studi Kasus: ESP8266 dan Prediksi Energi). *Prosiding Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan Dan Infrastruktur*, 457–461.
- DARMAWAN, A. (2023). Inovasi Teknik Mesin untuk Meningkatkan Efisiensi Energi. *Laporan Kerja Praktek Mahasiswa Teknik*, 1(6).
- Efendi, M. M., Rosidin, R., & Wahyudi, E. (2019). Metode Algoritma SIFT dan Histogram Color RGB Untuk Analisis Manipulasi Copy-Move pada Citra Digital. *EXPLORE*, 9(1), 31–35.
- Fikri, R. (2023). Optimalisasi Keamanan Rumah dengan Implementasi Sistem Notifikasi Gerbang Cerdas Berbasis Internet of Things (IoT). *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, 4(4), 816–829.

- Hildayanti, A., & Machrizzandi, M. S. (2020). Sistem Rekayasa Internet Pada Implementasi Rumah Pintar Berbasis IoT. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Al Asyariah Mandar*, 6(1), 45–51.
- Ismail, H. (2024). Arsitektur dan Inovasi Teknologi Cerdas: Menciptakan Bangunan yang Interaktif dan Terkoneksi. *WriteBox*, 1(3).
- Jamaludin, J., & Saepuloh, L. (2024). Tren Riset Twin Digital Smart Campus. *Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton*, 10(2), 408–425.
- Mahmud, S. N. (2024). Revolusi Internet of Things (IoT) dalam Arsitektur: Menghubungkan Bangunan dengan Dunia Digital. *WriteBox*, 1(3).
- Mayasari, N., Dewantara, R., & Yuanti, Y. (2023). Pengaruh kecerdasan buatan dan teknologi pendidikan terhadap peningkatan efektivitas proses pembelajaran mahasiswa di Jawa Timur. *Jurnal Pendidikan West Science*, 1(12), 851–858.
- Moridu, I., Andriani, E., Utami, E. Y., & Lerrick, Y. F. (2023). Dampak Teknologi Finansial pada Pembiayaan UKM Studi Bibliometrik Tentang Perkembangan Crowdfunding dan Peer-to-Peer Lending. *Sanskara Ekonomi Dan Kewirausahaan*, 2(01), 37–49.
- Natanael, Y. A., Ilmi, B., & Jamaris, E. (2023). Penggunaan Teknologi Kecerdasan Buatan dalam Proses Audit Keuangan: Tantangan dan Peluang. *Jurnal Akuntansi Dan Keuangan Kontemporer (JAKK)*, 6(1), 174–181.
- Nilasari, Y. (2021). Preparation of PSAK 109 ZIS Financial Statements Using Excel for Accounting for the Nurul Huda Jatiseeng Mosque. *Al-Amwal: Jurnal Ekonomi Dan Perbankan Syari'ah*, 13(2), 181–202.
- Parung, J., Larissa, S., Santoso, A., & Prayogo, D. N. (2021). Penggunaan Teknologi Blockchain, Internet Of Things Dan Artificial Intelligence Untuk Mendukung Kota Cerdas. *Studi Kasus: Supply Chain Industri Perikanan. Universitas Surabaya*.
- Rosadi, D., Hardiansyah, L., & Rusdiana, A. (2018). Pengembangan Teknologi Alat Ukur Push Up Berbasis Microcontroller Dengan Sensor Ultrasonic. *Jurnal Terapan Ilmu Keolahragaan*, 3(1), 34. <https://doi.org/10.17509/jtikor.v3i1.8064>
- Rosidin, R., Sulaeman, D. A., Sukarsa, S., Kohar, A., & Habibi, M. I. (2024). PENGEMBANGAN ALGORITMA PEMROSESAN BAHASA ALAMI UNTUK APLIKASI CHATBOT DALAM PELAYANAN PELANGGAN. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran (JRPP)*, 7(3), 7409–7414.
- Smith, E. (2023). INTEGRASI INTERNET OF THINGS (IOT) DENGAN TEKNIK KOMPUTER UNTUK PENGELOLAAN ENERGI YANG EFISIEN PADA BANGUNAN CERDAS. *Jurnal Portal Data*, 3(1).
- Solechan, A., Susatyo, J. D., Ap, T. W., & Febryantahanuji, F. (2022). PELUANG BISNIS PADA PENERAPAN INDUSTRIAL INTERNET OF THING (IIoT). *Jurnal Publikasi Ilmu Komputer Dan Multimedia*, 1(3), 259–268.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Syabrani, I. R., Irfan, P., & Anas, A. S. (2023). Penerapan Metode Promethee Untuk Menentukan Bantuan Rehabilitas Sosial Rumah Tidak Layak Huni Untuk Masyarakat Miskin. *Journal of Millennial Informatics*, 1(2), 61–72.