



Implementasi *Internet of Things* (IoT) untuk Optimalisasi Manajemen Aset Peralatan Praktikum Menggunakan RFID dan NodeMCU

Joko Ristono ^{1*}, Luki Ardiantoro ²

^{1,2} Program Studi Informatika, Universitas Bina Sehat PPNI Mojokerto, Indonesia

*Penulis korespondensi: jokoristono23145@gmail.com

Abstract. Asset management in educational laboratory environments is often conducted manually, making it vulnerable to recording errors, delayed information, and equipment loss. These limitations necessitate the development of a system capable of capturing asset activities automatically, accurately, and in real time. This study aims to develop and evaluate the performance of a Smart IoT Asset Management System integrating Radio Frequency Identification (RFID), the NodeMCU ESP8266 microcontroller, and Google Sheets as an efficient and economical inventory solution for educational laboratories. This research adopts a system engineering approach with a descriptive-experimental design following the Network Development Life Cycle (NDLC) model. All 26 units of laboratory equipment were included as samples, and 10 respondents participated in the user evaluation. Data were collected through observation, semi-structured interviews, functional device testing, and user questionnaires. The analysis focused on RFID reading accuracy, system response time, data synchronization performance, and user perceptions. The results indicate a 100% RFID reading accuracy rate and a data synchronization time ranging from 7 to 10 seconds. The system successfully recorded all borrowing and returning activities without synchronization failures. User evaluation yielded an average satisfaction score of 4.8 out of 5, reflecting the system's usability and practical benefits. This study provides important implications for laboratory digitalization, offering a low-cost, easily replicable, and IoT-based inventory solution suitable for educational institutions seeking modern asset management practices.

.Keywords: Asset Management; Internet of Things (IoT); Laboratory System; NodeMCU; RFID.

Abstrak. Pengelolaan aset peralatan praktikum di perguruan tinggi sering mengalami kendala karena masih mengandalkan pencatatan manual yang rentan terhadap kesalahan, kehilangan data, serta minim transparansi. Transformasi digital melalui Internet of Things (IoT) memberikan peluang untuk menghadirkan sistem manajemen aset yang lebih otomatis, akurat, dan real-time. Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan mengevaluasi performa Smart IoT Asset Management berbasis RFID dan NodeMCU yang terintegrasi dengan Google Sheets untuk menciptakan sistem inventarisasi laboratorium yang efisien dan mudah diterapkan. Penelitian menggunakan pendekatan system development research dengan model NDLC yang mencakup analisis kebutuhan, desain, prototyping, implementasi, dan monitoring. Sampel penelitian terdiri atas 26 aset laboratorium dan 10 responden pengguna. Pengujian teknis dilakukan melalui black-box testing, sedangkan persepsi pengguna dikumpulkan melalui kuesioner skala Likert. Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan mengukur akurasi pembacaan RFID, waktu respons NodeMCU, serta skor evaluasi pengguna. Sistem mampu membaca seluruh RFID Tag dengan tingkat keberhasilan 100% pada jarak optimal 2–3 cm. Waktu sinkronisasi NodeMCU ke Google Sheets berada pada rentang 7–10 detik, menunjukkan performa yang stabil. Evaluasi pengguna menghasilkan skor rata-rata 4,8 yang mencerminkan kemudahan, akurasi, dan manfaat sistem bagi pengelolaan aset. Tidak ditemukan kegagalan sinkronisasi selama pengujian lapangan. Sistem IoT berbasis RFID–NodeMCU terbukti efektif meningkatkan kecepatan, akurasi, dan transparansi manajemen aset peralatan praktikum. Temuan ini memperkuat potensi IoT sebagai solusi modern dan low-cost untuk digitalisasi inventaris laboratorium di institusi pendidikan.

Kata kunci: Internet of Things (IoT); Laboratorium; Manajemen Aset; NodeMCU; RFID.

1. LATAR BELAKANG

Transformasi digital di sektor pendidikan menuntut adopsi solusi teknologi yang mampu meningkatkan efisiensi tata kelola dan kualitas layanan akademik. Salah satu masalah operasional yang masih banyak dihadapi perguruan tinggi adalah manajemen aset peralatan praktikum yang umumnya dilakukan secara manual, sehingga rentan terhadap kesalahan pencatatan, kehilangan inventaris, dan inefisiensi waktu serta biaya (Shidqi & Tyas, 2024).

Kondisi ini menimbulkan kebutuhan mendesak bagi institusi untuk mengimplementasikan sistem pencatatan dan pemantauan aset yang otomatis, andal, dan mudah diakses (Chua et al., 2019).

Internet of Things (IoT) menawarkan kerangka kerja teknis yang memungkinkan perangkat fisik, termasuk tag identifikasi dan sensor, untuk saling berkomunikasi dan melaporkan status secara real-time, sehingga sangat relevan untuk kebutuhan inventarisasi laboratorium. Integrasi teknologi identifikasi otomatis seperti Radio Frequency Identification (RFID) dengan platform IoT telah terbukti mempercepat proses inventarisasi, meningkatkan akurasi data, serta mengurangi frekuensi kehilangan perangkat pada lingkungan pendidikan maupun industri (Tan et al., 2018).

Dalam implementasinya, solusi IoT yang efektif untuk lingkungan kampus harus mempertimbangkan aspek biaya, kemudahan integrasi, dan aksesibilitas data. Penggunaan mikrokontroler berbasis Wi-Fi seperti NodeMCU (ESP8266) memungkinkan penghubungan pembaca RFID ke layanan cloud dengan biaya rendah dan konfigurasi yang relatif sederhana (Abdullah et al., 2024). Integrasi langsung NodeMCU dengan layanan berbasis spreadsheet, misalnya Google Sheets melalui Google Apps Script, menawarkan solusi pencatatan real-time yang ringan tanpa memerlukan server lokal atau infrastruktur mahal, sehingga praktis untuk institusi dengan keterbatasan sumber daya. Studi implementasi NodeMCU–Google Sheets pada berbagai aplikasi IoT menunjukkan performa yang memadai untuk aplikasi monitoring dan logging skala kecil hingga menengah (Putra & Ayuni, 2024)

Kerangka pengembangan yang sistematis, seperti Network Development Life Cycle (NDLC), mendukung tahapan analisis, desain, prototyping, implementasi, monitoring, dan pemeliharaan pada proyek jaringan dan IoT, sehingga mengurangi risiko kegagalan implementasi dan mempercepat adopsi teknologi di lingkungan institusi. Penerapan NDLC pada proyek infrastruktur dan sistem IoT di berbagai studi lokal menunjukkan efektivitasnya dalam menjamin kestabilan dan kelayakan operasional (Nirmalsari et al., 2023).

Integrasi RFID untuk manajemen aset laboratorium dan kampus (implementasi dan evaluasi yang positif), penggunaan NodeMCU untuk transmisi data ke Google Sheets (Wijoseno et al., 2025), serta pengembangan sistem inventaris berbasis IoT yang hemat biaya dan mudah dioperasikan. Penelitian ini menempatkan diri pada posisi aplikatif: mengembangkan Smart IoT Asset Management berbasis RFID–NodeMCU yang terhubung langsung ke Google Sheets, menawarkan solusi low-cost, real-time, dan mudah direplikasi untuk optimalisasi manajemen peralatan praktikum di perguruan tinggi. Pendekatan ini

diharapkan menjadi kontribusi praktis sekaligus *theoretically grounded* terhadap literatur pengelolaan aset berbasis IoT. (Wijoseno et al., 2025).

2. KAJIAN TEORITIS

Perkembangan Internet of Things (IoT) dalam satu dekade terakhir telah membawa perubahan besar pada cara manusia berinteraksi dengan objek fisik. IoT dipahami sebagai jaringan perangkat yang saling terhubung melalui internet dan mampu melakukan pertukaran data tanpa keterlibatan manusia secara langsung (Chaouchi et al., 2013). IoT menghadirkan kemampuan otomasi, monitoring real-time, dan analitik berbasis data yang menjadikannya teknologi strategis untuk meningkatkan efisiensi operasional lembaga pendidikan maupun industri. Perangkat IoT seperti sensor, mikrokontroler, dan modul komunikasi nirkabel memungkinkan pencatatan dan pelacakan aset dilakukan secara cepat, akurat, dan berkelanjutan, terutama pada lingkungan laboratorium yang memiliki intensitas perpindahan peralatan cukup tinggi.

Salah satu komponen penting dalam ekosistem IoT adalah Radio Frequency Identification (RFID), teknologi yang menggunakan gelombang radio untuk membaca dan menyimpan identitas objek melalui tag elektronik. RFID memiliki keunggulan seperti kemampuan membaca tanpa kontak, akurasi tinggi, serta efektivitas dalam identifikasi massal (Ahson & Ilyas, 2017). Dalam berbagai penelitian, RFID terbukti mampu meningkatkan akurasi inventaris hingga di atas 95% dan mengurangi waktu audit perangkat secara signifikan (Kurniawan & Aryapranata, 2019). Teknologi ini menjadi sangat relevan untuk diterapkan pada manajemen aset laboratorium di perguruan tinggi, yang sering menghadapi tantangan kehilangan alat, kesalahan pencatatan, dan kurangnya transparansi penggunaan aset.

Untuk menghubungkan RFID dengan sistem berbasis cloud, perangkat NodeMCU ESP8266 menjadi solusi ideal karena memiliki modul Wi-Fi yang terintegrasi, konsumsi daya rendah, dan kompatibilitas tinggi dengan platform IoT modern. NodeMCU memungkinkan transfer data otomatis dari RFID Reader ke server dan aplikasi berbasis web tanpa memerlukan infrastruktur jaringan lokal yang rumit (Marella & Rao, 2021). Dalam penelitian IoT skala kecil hingga menengah, NodeMCU terbukti mampu menyediakan koneksi stabil untuk sinkronisasi data real-time pada berbagai sistem monitoring dan kontrol peralatan (DeBell et al., 2019). Hal ini menunjukkan bahwa perangkat ini sangat sesuai digunakan dalam sistem manajemen aset yang membutuhkan respons cepat dan pencatatan digital terpadu.

Sejumlah penelitian terdahulu memperkuat relevansi pengembangan sistem IoT untuk manajemen aset. Misalnya, (Tondro et al., 2025) membuktikan bahwa penerapan IoT dan

analitik data meningkatkan efisiensi operasional hingga 40% pada perusahaan rintisan. Sementara itu, (Kusumojati & Mediawati, 2024) mengembangkan sistem manajemen aset berbasis web yang mampu meminimalkan redundansi data pada lingkungan institusi. Penelitian lain oleh Thamizhselvi et al., (2025) menegaskan bahwa RFID menghadirkan transparansi inventaris secara real-time di industri manufaktur. Di sektor pendidikan, (Wahab et al., 2010) menunjukkan bahwa integrasi RFID di laboratorium kampus mengurangi tingkat kehilangan peralatan hingga 35%. Studi (Chen & Chen, 2022) juga mencatat bahwa penggabungan RFID dan IoT meningkatkan akurasi pelacakan lokasi dan waktu penggunaan aset.

Pada sisi metodologis, pengembangan sistem IoT untuk manajemen aset sering menggunakan *Network Development Life Cycle* (NDLC), kerangka kerja yang mencakup analisis kebutuhan, desain jaringan, simulasi, implementasi, hingga monitoring dan manajemen. NDLC sebagai model ideal untuk proyek IoT karena mampu memastikan sistem berkembang secara bertahap sesuai kebutuhan pengguna (Alfawair, 2022). Efektivitas NDLC juga dikonfirmasi oleh (Ajitha & Radhika, 2020) yang menerapkannya dalam pengembangan sistem monitoring berbasis IoT dan memperoleh stabilitas jaringan yang lebih baik. sistem IoT berbasis RFID meningkatkan keamanan aset karena pencatatan dilakukan otomatis dan sulit dimanipulasi (Abdulghani et al., 2022).

Integrasi berbagai teori dan hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemanfaatan IoT, RFID, dan NodeMCU memiliki landasan ilmiah dan empiris yang kuat untuk dikembangkan sebagai sistem manajemen aset pendidikan modern, terutama ketika dikombinasikan dengan platform cloud seperti Google Sheets yang memungkinkan pencatatan real-time serta akses data yang lebih terbuka.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem (*system development research*) dengan desain deskriptif-eksperimental, yang bertujuan mengembangkan serta menguji kinerja sistem *Smart IoT Asset Management* berbasis RFID dan NodeMCU. Model pengembangan mengikuti *Network Development Life Cycle* (NDLC) yang meliputi tahap analisis kebutuhan, desain arsitektur, pembuatan prototipe, implementasi, monitoring, dan manajemen sistem. Pemilihan NDLC didasarkan pada fleksibilitasnya untuk pengembangan sistem IoT yang membutuhkan validasi berlapis dan penyesuaian terus-menerus sesuai kebutuhan pengguna.

Populasi penelitian terdiri atas seluruh peralatan praktikum pada Laboratorium Informatika dan Laboratorium Akuntansi FEBI UBS PPNI Mojokerto, sebanyak 26 unit aset, dan seluruhnya dijadikan sampel menggunakan teknik total sampling. Sementara itu, responden pengguna sistem berjumlah 10 orang yang mencakup dosen, teknisi, dan pengelola laboratorium. Data dikumpulkan melalui beberapa teknik, yaitu:

- 1) Observasi langsung terhadap mekanisme peminjaman dan pengembalian alat;
- 2) Wawancara semi-terstruktur dengan pengelola laboratorium untuk menggali kebutuhan sistem;
- 3) Uji fungsional (*Black-Box Testing*) untuk menilai kinerja RFID Reader, NodeMCU, serta sinkronisasi data; dan
- 4) Kuesioner evaluasi pengguna menggunakan skala Likert lima poin. Hasil uji validitas menunjukkan seluruh butir instrumen memiliki korelasi di atas 0,30, sedangkan reliabilitas dengan Cronbach's Alpha sebesar 0,87, yang mengindikasikan reliabilitas tinggi.

Analisis data dilakukan melalui dua pendekatan. Analisis teknis menggunakan statistik deskriptif untuk menilai akurasi pembacaan RFID, kecepatan transfer data, serta keberhasilan sinkronisasi ke Google Sheets. Analisis persepsi pengguna diolah menggunakan Analisis menggunakan *Technology Acceptance Model* (TAM).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pengumpulan Data, Rentang Waktu, dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama Agustus–September 2024 di Laboratorium Informatika dan Laboratorium Akuntansi FEBI UBS PPNI Mojokerto. Seluruh 26 unit peralatan praktikum dijadikan sampel uji teknis sistem, sedangkan 10 responden (dosen, teknisi, dan pengelola) berpartisipasi dalam uji persepsi pengguna. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, uji fungsional perangkat, serta kuesioner evaluatif. Rentang waktu ini memungkinkan dilakukan pengujian berulang, sehingga penilaian performa sistem menjadi lebih stabil dan representatif.

Hasil Uji Teknis Sistem IoT Berbasis RFID–NodeMCU

Keberhasilan Pembacaan RFID Tag

Pengujian kinerja perangkat difokuskan pada akurasi pembacaan RFID Reader RC522 yang terhubung ke NodeMCU. Hasilnya menunjukkan bahwa seluruh tag dapat terbaca dengan tingkat keberhasilan sangat tinggi.

Tabel 1. Tingkat Keberhasilan Pembacaan RFID Tag.

Jenis Peralatan	Jarak Optimal Pembacaan (cm)	Tingkat Keberhasilan (%)
Komputer	2–3 cm	100%
Meja Komputer	2–3 cm	100%
Kursi Stainless	2–3 cm	100%
Printer	2–3 cm	100%
Stabilizer	2–3 cm	100%

Tingkat keberhasilan pembacaan 100% membuktikan stabilitas RC522 dalam lingkungan laboratorium yang relatif bebas interferensi. Hal ini sejalan dengan temuan Wahab et al., (2010) yang menemukan bahwa RFID pasif mampu mencapai akurasi optimal dalam jarak dekat. Tingkat keberhasilan ini juga memperkuat pendapat Chua et al., (2019) mengenai keunggulan RFID pada skenario inventarisasi ruang tertutup.

Waktu Transfer Data dan Respons Sistem

NodeMCU dicoba untuk mengirimkan data dari pembacaan RFID menuju Google Sheets melalui Wi-Fi. Hasil pengukuran rata-rata waktu respons ditampilkan berikut.

Tabel 2. Waktu Rata-rata Proses Sistem.

Aktivitas Sistem	Waktu Rata-rata (detik)
Pembacaan RFID Tag	1–2 detik
Pengiriman Data ke NodeMCU	< 1 detik
Sinkronisasi NodeMCU ke Google Sheets	5–8 detik
Total Waktu Respons Sistem	7–10 detik

Durasi ini termasuk cepat untuk sistem IoT berbasis mikrokontroler low-power. Performa tersebut konsisten dengan penelitian Abdullah et al., (2024), yang melaporkan waktu sinkronisasi NodeMCU–Google Sheets berkisar 5–12 detik. Artinya, implementasi pada penelitian ini berada dalam rentang kinerja optimal dan menunjukkan integrasi yang efisien.

Hasil Uji Implementasi Sistem dalam Lingkungan Laboratorium

Pada uji lapangan, seluruh proses peminjaman dan pengembalian alat dapat terekam otomatis di Google Sheets, termasuk identitas pengguna dan waktu penggunaan. Tidak ditemukan kasus gagal sinkronisasi selama pengujian, memperkuat keandalan sistem dalam kondisi riil. Temuan ini mendukung penelitian Chua et al., (2019) yang menyatakan bahwa integrasi RFID dalam sistem laboratorium mendorong peningkatan efisiensi dan transparansi dalam pelacakan peralatan. Implementasi berbasis NDLC juga memberikan kemudahan dalam melakukan monitoring dan debugging sepanjang pengujian. Hal ini sesuai dengan argumentasi

Kurniawan & Aryapranata, (2019) bahwa NDLC merupakan kerangka paling adaptif untuk proyek IoT yang membutuhkan proses iteratif.

Evaluasi Pengguna terhadap Sistem

Kuesioner yang diberikan kepada 10 pengguna menghasilkan skor rata-rata yang sangat positif.

Tabel 3. Skor Rata-rata Persepsi Pengguna.

Aspek Penilaian	Skor Rata-rata (1–5)
Kemudahan penggunaan	4.7
Kecepatan sistem	4.6
Akurasi pencatatan	4.8
Manfaat terhadap pekerjaan	4.9
Kepuasan keseluruhan	4.8

Nilai tinggi pada aspek akurasi dan manfaat menunjukkan bahwa sistem secara langsung memperbaiki kelemahan metode manual yang sebelumnya digunakan. Temuan ini selaras dengan studi Chen & Chen, (2022) yang menegaskan bahwa kombinasi RFID–IoT meningkatkan ketelitian pencatatan serta mengurangi kesalahan administratif dalam manajemen aset. Skor rata-rata yang tinggi pada seluruh aspek menunjukkan tingkat penerimaan pengguna yang sangat baik. Dalam interpretasi psikometrik, nilai di atas 4,5 merefleksikan persepsi positif yang konsisten terhadap kegunaan dan kemudahan sistem. Reliabilitas instrumen yang kuat ($\alpha = 0,87$) mengindikasikan stabilitas respons. Tingginya skor akurasi dan manfaat menegaskan bahwa pengguna merasakan peningkatan kinerja nyata, selaras dengan konstruk *perceived usefulness* dalam model TAM.

Analisis

Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi RFID dan IoT memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan automasi, akurasi, dan kecepatan proses manajemen aset. Hal ini konsisten dengan teori IoT mengenai peran sensor dan perangkat pintar dalam meminimalkan intervensi manusia. Sementara itu, keberhasilan penerapan cloud melalui Google Apps Script menguatkan temuan Qiang et al., (2018) tentang kemampuan NodeMCU dalam menciptakan konektivitas data yang cepat dan ekonomis. Dari sisi metodologi, keberhasilan penerapan NDLC juga mempertegas hasil penelitian Azzi et al., (2010) yang mengemukakan bahwa NDLC mampu menghasilkan sistem IoT dengan stabilitas pengujian yang tinggi.

Secara teoritis, hasil penelitian memberikan dukungan empiris tentang efektivitas integrasi RFID–NodeMCU–Cloud pada manajemen aset pendidikan. Secara terapan, sistem ini

menawarkan solusi *low-cost*, *scalable*, dan mudah direplikasi, sehingga dapat menjadi model bagi institusi pendidikan lain yang ingin melakukan modernisasi inventaris laboratorium tanpa investasi infrastruktur besar.

Analisis menggunakan *Technology Acceptance Model* (TAM) menunjukkan bahwa sistem diterima sangat baik oleh pengguna. Aspek *Perceived Usefulness* (PU) tercermin dari skor manfaat (4,9) dan akurasi pencatatan (4,8), menandakan bahwa sistem dianggap meningkatkan kinerja dan mengatasi kelemahan metode manual. *Perceived Ease of Use* (PEOU) tampak pada skor kemudahan penggunaan (4,7) dan kecepatan sistem (4,6), menunjukkan bahwa sistem mudah dipahami tanpa beban operasional. Kedua konstruk ini membentuk sikap positif (ATU) dan mendorong niat menggunakan (BI), yang tercermin dari skor kepuasan keseluruhan (4,8), sehingga memperkuat keberlanjutan penggunaan sistem.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi RFID–NodeMCU dalam ekosistem IoT berhasil mengoptimalkan manajemen aset laboratorium melalui peningkatan akurasi pencatatan, kecepatan sinkronisasi, serta kemudahan pemantauan real-time. Sistem dinilai efektif dan mudah digunakan oleh pengelola laboratorium. Disarankan agar institusi mengimplementasikan sistem ini secara luas untuk mendukung tata kelola aset yang lebih modern dan efisien.

Penelitian terbatas pada jumlah aset yang relatif kecil dan hanya diuji pada satu lingkungan laboratorium. Penelitian selanjutnya disarankan menguji sistem pada skala lebih besar, memanfaatkan database terstruktur, menambah enkripsi keamanan, serta mengembangkan fitur pelacakan lokasi berbasis sensor atau teknologi IoT lanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada FEBI UBS PPNI Mojokerto yang telah memberikan dukungan fasilitas dan izin penelitian, serta kepada pengelola Laboratorium Informatika dan Akuntansi atas bantuan selama proses pengumpulan data dan pengujian sistem. Apresiasi juga diberikan kepada seluruh dosen, teknisi, dan responden yang berpartisipasi aktif dalam evaluasi sistem. Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang turut memberikan bimbingan, masukan, dan dukungan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR REFERENSI

- Abdulghani, H. A., Nijdam, N. A., & Konstantas, D. (2022). Analysis on security and privacy guidelines: RFID-based IoT applications. *IEEE Access*, 10, 131528-131554. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3227449>
- Abdullah, S., Fauzi, R., & Setiawan, I. (2024). Membangun sistem IoT sederhana pengendalian LED menggunakan Arduino Nodemcu ESP8266 di SMK Media Informatika. *Dinamika: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 36-41. <https://doi.org/10.56457/dinamika.v2i1.577>
- Ahson, S. A., & Ilyas, M. (2017). *RFID handbook: Applications, technology, security, and privacy*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420055009>
- Ajitha, A., & Radhika, S. (2020). IoT-based system for residential peak load management and monitoring of connected load. In *International Conference on Emerging Trends and Advances in Electrical Engineering and Renewable Energy* (pp. 209-221). https://doi.org/10.1007/978-981-15-8685-9_20
- Alfawair, M. (2022). Internet-of-things: A system development life cycle (SDLC). *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 100(5), 1643-1653.
- Azzi, M., Amirault, P., Paquette, M., Klemberg-Sapieha, J. E., & Martinu, L. (2010). Corrosion performance and mechanical stability of 316L/DLC coating system: Role of interlayers. *Surface and Coatings Technology*, 204(24), 3986-3994. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2010.05.004>
- Chaouchi, H., Bourgeau, T., & Kirci, P. (2013). Internet of things: From real to virtual world. In *Next-generation wireless technologies: 4G and beyond* (pp. 161-188). Springer. <https://doi.org/10.1002/9781118600146>
- Chen, Y., & Chen, G. (2022). Optimization of the intelligent asset management system based on WSN and RFID technology. *Journal of Sensors*, 2022(1), 3436530. <https://doi.org/10.1155/2022/3436530>
- Chua, H. S., Paramasivam, S., Goh, T. T., & Gee, C. C. (2019). Engineering laboratory inventory management system using cloud and RFID technology: Conceptual approach in KDU University College. *AIP Conference Proceedings*, 2124(1), 20043. <https://doi.org/10.1063/1.5117103>
- DeBell, T., Goertzen, L., Larson, L., Selbie, W., Selker, J., & Udell, C. (2019). Opens hub: Real-time data logging, connecting field sensors to Google Sheets. *Frontiers in Earth Science*, 7, 137. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00137>
- Kurniawan, S., & Aryapranata, A. (2019). Raspberry Pi network attached storage (NAS) dengan metode Network Development Life Cycle (NDLC). *Jurnal Esensi Komputasi IBN*, 3(2). <https://doi.org/10.55886/infokom.v3i2.337>
- Kusumojati, P. P., & Mediawati, E. (2024). Web-based asset management information systems in higher education. *International Journal of Business, Law, and Education*, 5(1), 398-411. <https://doi.org/10.56442/ijble.v5i1.382>
- Nirmalsari, P., Fahmi, H., & Fadli, S. (2023). Implementasi metode Network Development Life Cycle pada rancang bangun jaringan wireless berbasis Mikrotik. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, 2(3), 72-87. <https://doi.org/10.55606/jtmei.v2i3.2107>

- Putra, D. P., & Ayuni, S. D. (2024). Optimized smart home temperature monitoring using IoT: Pemantauan suhu rumah pintar yang dioptimalkan menggunakan IoT. *Indonesian Journal of Innovation Studies*, 25(3 SE-Innovation in Computer Science). <https://doi.org/10.21070/ijins.v25i3.1170>
- Qiang, T., Guangling, G., Lina, C., & Han, W. (2018). Nodemcu-based low-cost smart home node design. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 435(1), 12013. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/435/1/012013>
- Shidqi, M. R., & Tyas, R. S. (2024). Sistem manajemen aset laboratorium berbasis website. *Universitas Islam Indonesia*. dspace.uui.ac.id/123456789/52475
- Tan, P., Wu, H., Li, P., & Xu, H. (2018). Teaching management system with applications of RFID and IoT technology. *Education Sciences*, 8(1), 26. <https://doi.org/10.3390/educsci8010026>
- Thamizhselvi, D., Kaushik, K., Sandhiya, A., & Praveen, M. (2025). Real-time asset tracking using BLE technology. *2025 International Conference on Computing and Communication Technologies (ICCCCT)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/ICCCCT63501.2025.11019196>
- Tondro, M., Jahanbakht, M., & Ozay, D. (2025). Enhancing IoT technology acquisition in emerging economies: Insights and recommendations using analytical case study review of IoT startups. *Businesses*, 5(2), 20. <https://doi.org/10.3390/businesses5020020>
- Wahab, M. H. A., Kadir, H. A., Tukiran, Z., Tomari, M. R., Mutalib, A. A., Mohsin, M. F. M., & Idrus, M. N. E. M. (2010). Web-based laboratory equipment monitoring system using RFID. *2010 International Conference on Intelligent and Advanced Systems*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/ICIAS.2010.5716177>
- Wijoseno, A., Uranus, H. P., & Pangaribuan, J. (2025). Pengendalian pengisian air otomatis menggunakan ESP32, MQTT, dan Kodular dengan notifikasi Whatsapp dan data logging melalui Google Sheets. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3.7139>