04/S/TEKKOM-KCBR/PK.03.08/25/JUNI/2024

PENGEMBANGAN SISTEM PENGAMANAN PINTU RFID BERBASIS *INTERNET OF THINGS* DENGAN ALGORITMA ENKRIPSI AES-128

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat

untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Komputer

oleh

Dhimaz Purnama Adjhi

NIM 2003411

PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER

KAMPUS UPI DI CIBIRU

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

2024

HALAMAN HAK CIPTA

PENGEMBANGAN SISTEM PENGAMANAN PINTU RFID BERBASIS *INTERNET OF THINGS* DENGAN ALGORITMA ENKRIPSI AES-128

oleh
Dhimaz Purnama Adjhi
NIM 2003411

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Komputer

Universitas Pendidikan Indonesia
Juli 2024

HALAMAN PENGESAHAN

DHIMAZ PURNAMA ADJHI

PENGEMBANGAN SISTEM PENGAMANAN PINTU RFID BERBASIS *INTERNET OF THINGS* DENGAN ALGORITMA ENKRIPSI AES-128

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I

Anugrah Adiwilaga, S.ST., M.T.
NIP. 920200819880813101

Pembimbing II

Deden Pradeka, S.T., M.Kom.
NIP. 920200419890816101

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Komputer

Deden Pradeka, S.T., M.Kom.
NIP. 920200419890816101

HALAMAN PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI DAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Dhimaz Purnama Adjhi
NIM	: 2003411
Program Studi	: Teknik Komputer

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul "Pengembangan Sistem Pengamanan Pintu RFID berbasis *Internet of Things* dengan Algoritma Enkripsi AES-128" ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Juli 2024

Yang membuat pernyataan,

Dhimaz Purnama Adjhi

NIM. 2003411

HALAMAN UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Keberhasilan ini merupakan buah dari limpahan kasih sayang-Nya yang tak terhingga, serta rahmat-Nya yang senantiasa menyertai langkah-langkah penulis dalam menyelesaikan perjalanan akademis ini. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama penulisan skripsi ini. Oleh sebab itu, dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat, penulis bermaksud menyampaikan terima kasih kepada:

1. Mamah, Ayah, Adik, serta seluruh keluarga besar penulis yang senantiasa memberikan dukungan doa dan dorongan motivasi moral.
2. Bapak Deden Pradeka, S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknik Komputer dan dosen pembimbing kedua.
3. Bapak Anugrah Adiwilaga, S.ST., M.T., selaku dosen pembimbing pertama.
4. Seluruh dosen dan civitas akademika Universitas Pendidikan Indonesia yang telah memberikan segala kebaikan dan jasa selama masa perkuliahan.
5. Seluruh rekan seperjuangan di dalam komunitas "Tidak Semua UGM Part 0.1", Rastra Wardana Nanditama dan Mohamad Rizal Hanafi. Kerjasama, dukungan, serta semangat dalam menjalani perjalanan akademis bersama-sama telah memberikan warna yang berarti dalam perjalanan penulisan skripsi ini.
6. Fany Muhammad Fahmi, Abdi Surya, dan Ivan Rajwa, selaku teman kuliah terbaik yang gemar sekali memberikan tampungan kamar kost dan *transfer knowledge* kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat berbagai kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak untuk penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat serta kontribusi yang positif dalam bidang ilmu yang dipelajari.

PENGEMBANGAN SISTEM PENGAMANAN PINTU RFID BERBASIS *INTERNET OF THINGS* DENGAN ALGORITMA ENKRIPSI AES-128

Dhimaz Purnama Adjhi

2003411

ABSTRAK

Berkembangnya pasar sistem *Radio-Frequency Identification* (RFID) dan kemajuan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah memberikan dampak signifikan dalam sistem pencatatan dan autentikasi seperti sistem pengamanan pintu RFID berbasis IoT. Namun, sistem RFID dengan integrasi IoT memunculkan tantangan keamanan baru, terutama dalam serangan *network sniffing* dan *Man-in-the-Middle* (MiTM). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengamanan pintu RFID berbasis IoT dengan mengimplementasikan kriptografi *Advanced Encryption Standard* (AES-128), mengevaluasi kinerjanya, dan meminimalisir kerentanan *insecure data transfer and storage* pada protokol komunikasi MQTT. Menggunakan metode penelitian *Design Research Methodology* (DRM) dan metode pengembangan sistem *Agile*, sistem ini dikembangkan serta diuji dengan metode *Black-box Testing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi algoritma enkripsi AES-128 berhasil mengamankan data penting seperti UID kartu/*tag* RFID pada sistem pengamanan pintu RFID berbasis IoT, mencegah penyalahgunaan hak akses, dan mengurangi risiko serangan *network sniffing* dan *MiTM*. Adapun temuan selebihnya dari penelitian ini ialah sistem yang dikembangkan oleh penulis berfungsi dengan baik yang memenuhi kebutuhan fungsionalitas, memperoleh data proses kecepatan enkripsi AES-128 di beberapa *microcontroller*, serta hasil pengujian ketahanan enkripsi AES-128 yang dihasilkan. Inovasi ini diharapkan menjadi standar industri untuk ruangan dengan tingkat keamanan tinggi seperti ruangan server, ruangan balita di rumah sakit, laboratorium, gudang, dan brankas. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan paradigma keamanan yang lebih tangguh dalam protokol komunikasi MQTT melalui penerapan enkripsi data AES-128, meningkatkan integritas dan kerahasiaan data dalam sistem pengamanan pintu RFID berbasis IoT.

Kata Kunci: Sistem Pengamanan Pintu; RFID; IoT; MQTT; AES-128

DEVELOPMENT OF RFID DOOR SECURITY SYSTEM BASED ON INTERNET OF THINGS WITH AES-128 ENCRYPTION ALGORITHM

Dhimaz Purnama Adjhi

2003411

ABSTRACT

The growing market for RFID systems and advancements in IoT technology have had a significant impact on recording and authentication systems such as IoT-based RFID door security systems. However, RFID systems with IoT integration pose new security challenges, especially in network sniffing and MiTM attacks. This research aims to develop an IoT-based RFID door security system by implementing AES-128 cryptography, evaluating its performance, and minimizing the vulnerability of insecure data transfer and storage using the MQTT communication protocol. Using the DRM research method and the Agile system development method, this system was developed and tested using the Black-box Testing method. The results showed that the implementation of the AES-128 encryption algorithm successfully secures important data such as the UID RFID tag on the IoT-based RFID door security system, prevents misuse of access rights, and reduces the risk of network sniffing and MiTM attacks. The remaining findings of this research are that the system developed by the author works well that meets the functionality needs, obtaining data on the AES-128 encryption speed process on several microcontrollers, as well as the results testing the durability of the resulting AES-128 encryption. This innovation is expected to become an industry standard for rooms with high security levels such as server rooms, toddler rooms in hospitals, laboratories, warehouses, and safes. Hence, this research contributes to the development of a more robust security paradigm in the MQTT communication protocol through the application of AES-128 encryption, improving data integrity and confidentiality in IoT-based RFID door security systems.

***Keywords**: Door Security System; RFID; IoT; MQTT; AES-128;*

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR PERSAMAAN

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, D., David, N., Veronika, M., Arlis, N., & Ningsih, A. (2020). *Rancang Bangun Rumah Cerdas Menggunakan RFID*. *2*(5), 2655–7541. https://jurnal.ikhafi.or.id/index.php/jusibi/570

Al-Mashhadani, M., & Shujaa, M. (2022). IoT Security Using AES Encryption Technology based ESP32 Platform. *International Arab Journal of Information Technology*, *19*(2), 214–223. https://doi.org/10.34028/iajit/19/2/8

Amos, B. (2020). *Hands-On RTOS with Microcontrollers: Building real-time embedded systems using FreeRTOS, STM32 MCUs, and SEGGER debug tools*. Packt Publishing Ltd.

Annaba, I. A., Faisal, S., Arum, S., & Lestari, P. (2021). *Keamanan Pintu Rumah Dengan RFID dan Magentic Switch Berbasis Internet Of Things*. *II*(1), 57. http://journal.ubpkarawang.ac.id/mahasiswa/index.php/ssj/article/view/225

Arif, Z., & Nurokhman, A. (2023). Analisis Perbandingan Algoritma Kriptografi Simetris Dan Asimetris Dalam Meningkatkan Keamanan Sistem Informasi. *JTSI*, *4*(2), 394–405. https://doi.org/10.35957/jtsi.v4i2.6077

Armada-IT. (2024). *BF-870 Web Based RFID Multi Door Controller*. http://armada-it.com/product/bf-870-web-based-rfid-multi-door-controller.html (Diakses pada 18 April 2024)

Arora, M. (2012). *How Secure is AES 128 and 256 Encryption Against Brute Force Attacks?* EETimes. https://www-eetimes-com.translate.goog/how-secure-is-aes-against-brute-force-attacks/ (Diakses pada 25 April 2024)

Arpaia, P., Bonavolontá, F., & Cioffi, A. (2020). Problems of the advanced encryption standard in protecting Internet of Things sensor networks. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, *161*. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107853

Athallah Aditya, R., & Setia Budi, A. (2023). *Prototipe Sistem Keamanan Parkir berbasis RFID dengan Protokol MQTT*. *7*(7), 3287–3295. http://j-ptiik.ub.ac.id

Bader, K. C. (2016, September 24). *Unveiling PINs with Thermal Imaging on Number Pads*. https://www.kaibader.de/thermal-imaging-of-fingerprints-how-to-get-your-pin-from-a-number-pad/ (Diakses pada 11 April 2024)

Bell, C. (2024). MQTT with Adafruit IO. Dalam *MicroPython for the Internet of Things* (hlm. 465–496). Apress. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9861-9_14

Binar Academy. (2023). *Metode Agile: Pengertian, Tujuan, dan Prinsipnya*. https://www.binaracademy.com/blog/metode-agile-adalah (Diakses pada 8 Mei 2024)

Biswal, U., Paul, R., Pattnaik, S., & Pattanayak, B. K. (2022). AES Based End-to-End Encryption Scheme for Secure Communication on Internet of Things (IoT). *SPECIALUSIS UGDYMAS / SPECIAL EDUCATION*, *1*(43), 5600–5616.

Blessing, L., & Chakrabarti, A. (2009). DRM: A Design Reseach Methodology. Dalam *DRM, a Design Research Methodology* (hlm. 13–42). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84882-587-1_2

Çelik, S., Yalçin, N., & Çakir, S. (2023). MitM Attacks and IoT Security: A Case Study on MQTT 1. *Journal of Artificial Intelligence and Data Science (JAIDA)*, *3*(2), 99–106. https://dergipark.org.tr/pub/jaida

Chen, F., Huo, Y., Zhu, J., & Fan, D. (2020). A Review on the Study on MQTT Security Challenge. *Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Smart Cloud, SmartCloud 2020*, 128–133. https://doi.org/10.1109/SmartCloud49737.2020.00032

Ciesla, R. (2020). Creating Extremely Secure Encrypted Systems. Dalam *Encryption for Organizations and Individuals* (hlm. 103–148). Apress. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6056-2_6

Das, R., & Chang, Y.-H. (2023). *RFID Forecasts, Players and Opportunities 2023-2033*. https://www.idtechex.com/en/research-report/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2023-2033/927 (Diakses pada 14 Mei 2024)

Erwin, Datya, A. I., Nurohim, Sepriano, Waryono, Adhicandra, I., Budihartono, E., & Purnawati, N. W. (2023). *Pengantar & Penerapan Internet Of Things: Konsep Dasar & Penerapan IoT di berbagai Sektor* (Efitra, Ed.). PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

Espressif. (2024). *ESP32 Series Datasheet 2.4 GHz Wi-Fi + Bluetooth ® + Bluetooth LE SoC Including*. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf (Diakses pada 14 Mei 2024)

Fakri Husni, M., & Elfizon. (2022). Rancang Bangun Pengaman Brankas menggunakan RFID (Radio Frequency Identification), Pin dan GPS Berbasis Arduino Mega dan Internet Of Things (IoT). *R2J*, *4*(2). https://doi.org/10.38035/rrj.v4i2

Ferrara, P., Mandal, A. K., Cortesi, A., & Spoto, F. (2021). Static analysis for discovering IoT vulnerabilities. *International Journal on Software Tools for Technology Transfer*, *23*(1), 71–88. https://doi.org/10.1007/s10009-020-00592-x

Figueroa, S., Carías, J. F., Añorga, J., Arrizabalaga, S., & Hernantes, J. (2018). A RFID-based IoT Cybersecurity Lab in Telecommunications Engineering. *IEEE XIII Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAEE)*. https://doi.org/10.1109/TAEE.2018.8475973

Fragaria Audika, R. (2021). *Smart Laboratory Menggunakan Radio Frequency Identification (RFID) Berbasis Internet Of Things*. [Universitas Siliwangi]. http://repositori.unsil.ac.id/3129/

Gothwal, R., Dharmani, G., Reen, R. S., & Abdallah, E. G. (2023). Evaluation of Man-in-the-Middle Attacks and Countermeasures on Autonomous Vehicles. *Proceedings - 2023 10th International Conference on Dependable Systems and Their Applications, DSA 2023*, 502–509. https://doi.org/10.1109/DSA59317.2023.00070

Gunawan, I. (2023). Peningkatan Pengamanan Data File Menggunakan Algoritma Kriptografi AES Dari Serangan Brute Force. *Jurnal Media Informatika (JUMIN)*, *4*(2), 102–109. https://doi.org/10.55338/jumin.v4i2.496

Guseti, J. H. (2021). *Pencatatan Kehadiran Mahasiswa Menggunakan Teknologi RFID Berbasis Mobile Studi Kasus Universitas Siliwangi*. [Universitas Siliwangi]. http://repositori.unsil.ac.id/5966/

Hadi Prayitno, R., Sudiro, S. A., Madenda, S., & Harmanto, S. (2022). Hardware Implementation Of Galois Field Multiplication For Mixcolumn And Inversemixcolumn Process In Encryption-Decryption Algorithms. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, *31*(14). www.jatit.org

Harbi, Y., Aliouat, Z., Refoufi, A., & Harous, S. (2021). Recent security trends in internet of things: A comprehensive survey. *IEEE Access*, *9*, 113292–113314. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3103725

Hintaw, A. J., Manickam, S., Aboalmaaly, M. F., & Karuppayah, S. (2023). MQTT Vulnerabilities, Attack Vectors and Solutions in the Internet of Things (IoT). *IETE Journal of Research*, *69*(6), 3368–3397. https://doi.org/10.1080/03772063.2021.1912651

Hutasuhut, D. I. G., Aldizar, M. R., Nasution, I. F., & Nasution, M. F. (2023). Perbandingan Algoritma Kriptografi Simetris dan Asimetris. *UNES Journal of Information System*, *8*(1), 42–47. https://fe.ekasakti.org/index.php/UJIS

Imperva. (2020). *ARP Spoofing*. https://www.imperva.com/learn/application-security/arp-spoofing/ (Diakses pada 14 Mei 2024)

Irawan, B. (2020). *Pengembangan Alarm Keamanan Balita di Lingkungan Rumah Berbasis Raspberry Pi dan Radio Frequency Identification (RFID) Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani*. [Universitas Islam Riau]. https://repository.uir.ac.id/9881/

Kaindl, S. (2021). *Balancing performance, energy consumption and security in resource constrained environments* [Institut für Information Systems Engineering]. https://doi.org/10.34726/hss.2021.92781

Khursheeed, F., Sami-Ud-Din, M., Sumra, I. A., & Safder, M. (2020). A Review of Security Machanism in internet of Things(IoT). *IEEE 3rd International Conference on Advancements in Computational Sciences, ICACS 2020*. https://doi.org/10.1109/ICACS47775.2020.9055949

Kietzmann, P., Boeckmann, L., Lanzieri, L., Schmidt, T. C., & Ahlisch, M. W. ¨. (2021). *A Performance Study of Crypto-Hardware in the Low-end IoT*.

Kurniawan, A. B. (2019, Januari 3). *3 Cara Algoritma Konversi Biner Ke ASCII Dengan Javascript*. KopiCoding. https://www.kopicoding.com/3-cara-algoritma-konversi-biner-ke-ascii/ (Diakses pada 21 Mei 2024)

LastMinuteEngineers. (2024). *What is RFID? How It Works? Interface RC522 RFID Module with Arduino*. https://lastminuteengineers.com/how-rfid-works-rc522-arduino-tutorial/ (Diakses pada 21 Mei 2024)

Light, R. (2022, Oktober 6). *Understanding MQTT Quality of Service or also known as MQTT QoS*. Cedalo. https://cedalo.com/blog/understanding-mqtt-qos/ (Diakses pada 20 Mei 2024)

Lounis, K., & Zulkernine, M. (2020). Attacks and Defenses in Short-Range Wireless Technologies for IoT. *IEEE Access*, *8*, 88892–88932. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2993553

Majidha Fathima, K. M., & Santhiyakumari, N. (2021). A Survey on Network Packet Inspection and ARP Poisoning Using Wireshark and Ettercap. *Proceedings - International Conference on Artificial Intelligence and Smart Systems, ICAIS 2021*, 1136–1141. https://doi.org/10.1109/ICAIS50930.2021.9395852

Mubarok, F. H. A., & Subali, M. (2020). Sistem Keamanan Pintu Portal Pada Perumahan Dengan Rfid Menggunakan Nodemcu Berbasis Website. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi STI&K (SeNTIK)*, *4*(1).

Munir, R. (2004). *Advanced Encryption Standard (AES)*. https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Kriptografi/Advanced%20Encryption%20Standard%20(AES).pdf (Diakses pada 8 Mei 2024)

Munir, R. (2020). *Kripto 20: Advanced Encryption Standard (AES)*. Youtube. https://youtu.be/4q3bA0W7UHg?si=0LYyzdmIu2fniv3U (Diakses pada 8 Mei 2024)

Muthohir, M., Rakasiwi, S., & Ubaidillah, L. (2023). *Warehouse Management System Berbasis Radio Frequency Identification*. *3*(1), 2827–9379.

Nandy, T., Idris, M. Y. I. Bin, Md Noor, R., Mat Kiah, M. L., Lun, L. S., Annuar Juma'At, N. B., Ahmedy, I., Abdul Ghani, N., & Bhattacharyya, S. (2019). Review on Security of Internet of Things Authentication Mechanism. *IEEE Access*, *7*, 151054–151089. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2947723

Nas, M., Harfina, & Armila, N. (2019). *Sistem Pengontrolan Pintu Gerbang Berbasis IoT*. 42. https://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/viewFile/1774/1618

Nurwijaksana, T., & Candra, R. (2021). Access Server Room Using RFID Implemented for Security. *Techno.Com: Jurnal Teknologi Informasi*, *20*(3), 411–419.

Osawa, Y., & Katsura Seiichiro. (2019). Rendering Thermal Sensation of Fingertip by Using Spatial Information of Heat Sources. *IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)*.

Othman Sharif, H., Hama Ali Faraj, K., Hassan Ahmed, K., Nawzad Ahmed Al Attar, T., Mustafa Hameed, W., & Baker Kanbar, A. (2002). Response Time analysis for XAMPP Server based on Different Versions of Linux Operating System. *The Scientific Journal of Cihan University-Sulaimaniya*, *4*, 102–114. https://doi.org/10.25098/4.2.23

Pearson, B., Zou, C., Zhang, Y., Ling, Z., & Fu, X. (2020). SIC2: Securing Microcontroller Based IoT Devices with Low-cost Crypto Coprocessors. *Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Systems - ICPADS*, *2020-December*, 372–381. https://doi.org/10.1109/ICPADS51040.2020.00057

Prasetyo, D. B. (2020). *Protokol Jaringan Dalam Internet of Things*. LPPM UPN "Veteran" Yogyakarta. http://eprints.upnyk.ac.id/27440/1/buku-protokol-jaringan-dalam-iot-dan-sertifikat-haki.pdf

Pratiwi, A., Fauzi, A., & Sulistya Kusumaningrum, D. (2022). Sistem Pengamanan Pintu Otomatis Berbasis RFID Menggunakan Metode AES. *Scientific Student Journal for Information, Technology and Science*, *III*(2), 202.

Putra, J., Hd, M. A., & Pamungkas, W. (2022). *Sistem Pengaman Pintu Rumah Menggunakan Sensor RFID RC522 dan Fingerprint Berbasis Internet Of Things*. *8*(2), 14–21. https://ejournal.borobudur.ac.id/index.php/08/article/download/1148/942

Rampalemba, & Febrian, P. (2016). *Analisis Iterated Cipher Berdasarkan Avalanche Effect pada Rancangan Skema Transposisi (P-Box) dan S-box Crypton: Suatu Tinjauan Optimasi Putaran pada Block Cipher* [Universitas Kristen Satya Wacana]. http://repository.uksw.edu/handle/123456789/13569

RandomNerdTutorials. (2018). *ESP32 DOIT DEVKIT V1 Board Pinout 30 GPIO*. https://randomnerdtutorials.com/ (Diakses pada 29 Mei 2024)

Ravida, R., & Santoso, H. A. (2020). Advanced Encryption Standard (AES) 128 Bit untuk Keamanan Data Internet of Things (IoT) Tanaman Hidroponik. *JURNAL RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, *4*(6), 1157–1164. https://doi.org/10.29207/resti.v4i6.2478

Saiqul Umam, M., Adi Wibowo, S., & Agus Pranoto, Y. (2023). Implementasi Protokol MQTT Pada Aplikasi Smart Garden Berbasis IoT (Internet Of Things). Dalam *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 7, Nomor 1).

Saputra, B. B. (2024). *Pengembangan Website Dokumentasi Chart.Js Dan Laravel Untuk Menampilkan Data IoT* [Universitas Muhammadiyah Yogyakarta]. https://etd.umy.ac.id/id/eprint/44524/

Sarker, V. K., Gia, T. N., Tenhunen, H., & Westerlund, T. (2020, Juni). Lightweight Security Algorithms for Resource-constrained IoT-based Sensor Nodes. *IEEE International Conference on Communications (ICC)*. https://doi.org/10.1109/ICC40277.2020.9149359

Satria, D. (2022). Sistem Pengamanan Pintu Berbasis RFID (Radio Frekuensi Identification) Menggunakan Arduino Uno. *Journal Computer Science & Information System*, *3*(2), 115–121. https://doi.org/10.53514/jco.v3i2.430

Setiawan, D. (2020). Rancang Bangun Sistem Keamanan Kunci Pintu Lemari Berbasis Mikrokontroller. *Journal of Science and Social Research*, *1*, 51–56. http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR

Shaikh, E., Mohiuddin, I., & Manzoor, A. (2019). Internet of Things (IoT): Security and Privacy Threats. *IEEE 2nd International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS)*. https://doi.org/10.1109/CAIS.2019.8769539

Silveira, M. F., & Gradvohl, A. L. S. (2021). Security analysis of the message queuing telemetry transport protocol. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, *13*(2), 83–95. https://doi.org/10.5335/rbca.v13i2.12163

Simsek, M. M., & Atilgan, E. (2023). Attacks on Availability of IoT Middleware Protocols: A Case Study on MQTT. *Eskişehir Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Bilişim Dergisi*, *4*(2), 16–27. https://doi.org/10.53608/estudambilisim.1297052

Stacey, L. (2023, Januari 4). *MQTT beginner's guide*. u-blox. https://www.u-blox.com/en/blogs/insights/mqtt-beginners-guide (Diakses pada 30 Mei 2024)

Swathika, O. V. G., & Hemapala, K. T. M. U. (2019). IoT Based Energy Management System for Standalone PV Systems. *Journal of Electrical*

Engineering and Technology, *14*(5), 1811–1821. https://doi.org/10.1007/s42835-019-00193-y

Syafaat, M., Ramadhan, A. N., Syafiun, R. B., & Haerunnisa, D. A. (2023). IoT-Based Smart Garden Using MQTT Protocol With Adafruit IO App. *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, *4*(4), 723–732. https://doi.org/10.52436/1.jutif.2023.4.4.636

Syms, R. R. A., Sydoruk, O., & Wiltshire, M. C. K. (2021). Magneto-Inductive HF RFID System. *IEEE Journal of Radio Frequency Identification*, *5*(2), 148–153. https://doi.org/10.1109/JRFID.2020.3042719

Tu, Y. J., Chi, H., Zhou, W., Kapoor, G., Eryarsoy, E., & Piramuthu, S. (2019). Critical evaluation of RFID applications in healthcare. *Communications in Computer and Information Science*, *1113 CCIS*, 240–248. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34353-8_18

Wicaksono, S. R. (2021). *Blackbox Testing Teori dan Studi Kasus* (1 ed.). CV. Seribu Bintang . https://doi.org/10.5281/zenodo.7659674

Windryani, N. P., Bogi, N., & Mayasari, R. (2019). *Analisa Perbandingan Protokol MQTT dengan HTTP Pada IoT Platform Patriot Comparison Analysis Between MQTT and HTTP Protocol In Patriot IoT Platform*. 3192–3199. https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/issue/view/118

Yudinata, F. (2022). *Rancang Bangun Alat Pemindai E-Ktp Untuk Loker Penitipan Barang Menggunakan Teknologi RFID Berbasis Arduino* [Universitas Mercu Buana]. https://repository.mercubuana.ac.id/69051/

Yulisman, Iman, N., Sabna, E., & Fonda, H. (2021). Sistem Pintu Otomatis Menggunakan E-KTP Berbasis Internet of Things (IoT) pada Kamar Hotel. *SATESI: Jurnal Sains Teknologi dan Sistem Informasi*, *1*(2), 85–91. https://doi.org/10.54259/satesi.v1i2.60

Zuo, J., Feng, J., Gameiro, M. G., Tian, Y., Liang, J., Wang, Y., Ding, J., & He, Q. (2022). RFID-based sensing in smart packaging for food applications: A review. *Future Foods*, *6*. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100198