

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 *Smart door lock*

Smart door lock adalah sistem kunci pintu yang memanfaatkan teknologi modern untuk memungkinkan penguncian dan pembukaan pintu secara otomatis menggunakan perangkat elektronik. Sistem ini menawarkan kenyamanan dan keamanan yang lebih tinggi dibandingkan kunci tradisional. Dengan integrasi teknologi seperti Internet of Things (IoT), smartphone, dan biometrik, *smart door lock* dapat memverifikasi pengguna melalui berbagai metode, yaitu sidik jari, PIN, atau pengenalan wajah, dan memungkinkan kontrol jarak jauh. Implementasi *smart door lock* berbasis IoT telah dibahas dalam penelitian oleh Kosalendra dkk. (2021) yang mengembangkan sistem kunci pintu Wi-Fi menggunakan ESP32 CAM dan aplikasi Blynk. *Smart door lock* juga membuka peluang penggunaan sistem yang lebih terintegrasi, di mana proses autentikasi dapat tercatat dan dimonitor secara digital. Sistem ini cocok diterapkan di berbagai lingkungan yaitu rumah, kantor, sekolah, hingga hotel. Selain meminimalisir risiko kehilangan atau duplikasi kunci, *smart door lock* juga memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memberikan akses sementara kepada tamu atau petugas melalui sistem terpusat. Dalam konteks keamanan modern, penggunaan sistem ini menjadi salah satu solusi praktis dan scalable dalam pengelolaan akses pintu.

2.1.2 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang menghubungkan perangkat fisik ke internet untuk saling bertukar data. IoT memungkinkan perangkat berkomunikasi dan mengontrol sistem lain secara otomatis. Dalam konteks *smart door lock*, IoT memungkinkan kunci pintu terhubung dengan aplikasi smartphone atau perangkat lain, sehingga pengguna dapat mengontrol status kunci pintu dari jarak jauh. Penerapan IoT dalam sistem keamanan pintu telah dibahas oleh Permana dkk. (2024) yang mengembangkan sistem *smart door lock* berbasis IoT dengan keypad dan sensor sidik jari. Dengan dukungan IoT, sistem pengunci tidak hanya berfungsi secara lokal, tetapi juga dapat terhubung dengan server atau cloud yang mencatat semua aktivitas akses secara real-time. Pengguna bisa mendapatkan notifikasi saat pintu dibuka, mengatur jadwal buka-tutup otomatis, hingga mencabut atau memberi izin akses dari lokasi yang berbeda. Peran IoT

menjadikan smart door lock sebagai bagian dari ekosistem rumah pintar (smart home) dan keamanan pintar (smart security), yang semakin relevan di era digital saat ini.

2.1.3 ESP32

Dalam perancangan perangkat Internet of Things (IoT) seperti sistem smart door lock, ESP32 dimanfaatkan sebagai platform mikrokontroler utama yang tangguh dan hemat biaya karena memiliki kelengkapan fitur berupa prosesor dual-core, memori yang memadai, serta konektivitas nirkabel Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi (Hercog dkk. 2023). Integrasi modul komunikasi pada ESP32 memungkinkan perangkat keras, termasuk ekstensi pengolahan gambar seperti ESP32-CAM, untuk terhubung ke dalam jaringan internet dan bertukar informasi secara nirkabel dengan platform lain atau server melalui protokol ringan seperti MQTT (Hercog dkk. 2023). Selain itu, fitur manajemen daya dan pin input/output serbaguna (GPIO) pada ESP32 menjadikannya sangat ideal untuk pengembangan aplikasi cerdas yang efisien dalam mengunci maupun membuka pintu secara otomatis dari jarak jauh berdasarkan data sensor atau perintah dari jaringan (Hercog dkk. 2023).



Gambar 2. 1 ESP32

2.1.4 ESP32-CAM

ESP32-CAM adalah modul mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi dengan kamera, memungkinkan pengambilan gambar dan video secara langsung. Modul ini sangat berguna dalam aplikasi pengenalan wajah untuk *smart door lock*, di mana kamera digunakan untuk memverifikasi identitas pengguna sebelum membuka kunci pintu. Implementasi ESP32-CAM dalam sistem *smart door lock* telah dibahas oleh Kosalendra dkk. (2021) yang mengembangkan sistem kunci pintu Wi-Fi menggunakan ESP32 CAM. Modul ESP32-CAM menjadi solusi yang sangat efisien karena menggabungkan fungsi pemrosesan data, konektivitas Wi-Fi, dan kamera dalam satu perangkat kecil yang hemat biaya. Selain pengambilan gambar untuk dokumentasi akses, ESP32-CAM juga dapat dikonfigurasi untuk mengenali wajah dengan dukungan machine learning. Modul ini sangat fleksibel

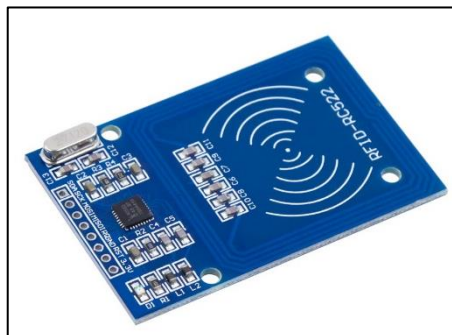
untuk berbagai proyek IoT karena mendukung integrasi dengan sensor lain, dan data yang ditangkap dapat langsung dikirim ke server melalui protokol MQTT atau HTTP.



Gambar 2. 2 ESP32-CAM

2.1.5 Radio Frequency Identification (RFID)

RFID adalah teknologi nirkabel yang digunakan untuk mengidentifikasi objek, hewan, atau manusia menggunakan gelombang radio. Sistem RFID terdiri dari tiga komponen utama: tag (pengirim sinyal), reader (penerima sinyal), dan sistem backend untuk memproses data. Pada *smart door lock*, RFID digunakan untuk membuka kunci pintu dengan menggunakan kartu atau gelang RFID. Pengguna hanya perlu mendekatkan tag RFID ke reader untuk mengakses pintu. Implementasi RFID dalam sistem *smart door lock* telah dibahas oleh Hardiyan dan Mukmin. (2023) yang mengembangkan sistem smart lock door berbasis IoT menggunakan ESP32. RFID menawarkan kecepatan dan kemudahan autentikasi tanpa memerlukan kontak fisik, sehingga sangat ideal untuk sistem akses cepat. Selain itu, setiap tag RFID memiliki UID (Unique Identifier) yang membuat setiap akses dapat dilacak dan dicatat, meningkatkan transparansi dalam sistem kontrol akses. Teknologi ini juga mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler dan sistem database, menjadikannya pilihan praktis dan ekonomis untuk proyek keamanan berbasis IoT.



Gambar 2. 3 Radio Frequency Identification (RFID)

2.1.6 Solenoid Door Lock

Solenoid Door Lock adalah jenis kunci elektromagnetik yang mengandalkan solenoid untuk membuka atau mengunci pintu. Ketika aliran listrik diberikan ke solenoid, kumparan magnetik akan menarik atau melepaskan bagian mekanis yang mengunci atau membuka pintu. Solenoid door lock banyak digunakan pada sistem *smart door lock* karena kemampuannya yang cepat dan efisien dalam mengubah status kunci, dan mudah untuk diintegrasikan dengan sistem kontrol elektronik. Desain *smart door lock* dengan Internet of Things menggunakan solenoid door lock telah dibahas oleh Kaya dkk. (2022). Komponen ini sangat cocok digunakan dalam sistem berbasis mikrokontroler karena hanya memerlukan logika digital sederhana untuk mengaktifkan atau menonaktifkan kunci. Penggunaan transistor dan diode sebagai pengaman arus balik juga membuat integrasi solenoid dengan ESP32 atau Arduino menjadi lebih stabil. Dengan gaya tarik yang cukup kuat untuk membuka atau mengunci pintu, dan waktu respon yang cepat, solenoid door lock menjadi pilihan utama dalam sistem otomatisasi keamanan pintu.



Gambar 2. 4 Solenoid Door Lock

2.1.7 XAMPP

XAMPP adalah perangkat lunak sumber terbuka yang menyediakan lingkungan pengembangan web berbasis server lokal. Dengan XAMPP, pengembang dapat menjalankan server Apache pada komputer lokal untuk mengembangkan dan menguji aplikasi web tanpa perlu terhubung ke server online (Fitri. 2020). XAMPP sangat populer digunakan karena paket instalasinya sudah mencakup berbagai kebutuhan dasar pengembangan web yaitu PHP, MySQL, dan phpMyAdmin dalam satu antarmuka. Dalam proyek smart door lock, XAMPP digunakan untuk membuat backend yang menangani penyimpanan data akses, pengaturan user, dan visualisasi status perangkat melalui browser.

Kemudahan penggunaan dan kemampuannya untuk menjalankan server lokal membuat XAMPP menjadi pilihan ideal bagi pengembang pemula maupun profesional.

2.1.7.1 MySQL

MySQL merupakan sistem manajemen basis data relasional yang digunakan untuk menyimpan dan mengelola data dalam bentuk tabel. MySQL dikenal karena kestabilan, keandalan, dan kemampuannya menangani volume data besar secara efisien (Silalahi. 2022). Dalam sistem smart door lock, MySQL berfungsi menyimpan informasi penting yaitu UID RFID, waktu akses, hasil autentikasi, dan gambar dari ESP32-CAM. MySQL memungkinkan pengambilan dan pemfilteran data dengan cepat melalui query SQL, dan integrasinya dengan PHP memungkinkan pengembangan dashboard monitoring yang dinamis. Basis data ini juga memungkinkan pencatatan histori akses yang penting untuk analisis keamanan dan pengelolaan hak akses secara terpusat.

2.1.8 MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) adalah protokol komunikasi ringan berbasis TCP/IP yang dirancang untuk perangkat dengan sumber daya terbatas, yaitu sensor dan modul IoT. Protokol ini menggunakan arsitektur publish/subscribe, memungkinkan perangkat untuk mengirim dan menerima pesan secara efisien melalui broker (C.Hillar. 2017). MQTT sangat efisien karena hanya mengirimkan data saat terjadi perubahan atau peristiwa tertentu, sehingga sangat hemat bandwidth dan cepat. Dalam proyek smart door lock, ESP32 dapat bertindak sebagai publisher yang mengirimkan data akses ke broker MQTT, kemudian diteruskan ke database atau dashboard monitoring. MQTT juga mendukung komunikasi dua arah, sehingga selain mengirim data, sistem juga dapat menerima perintah, yaitu membuka pintu dari web. Dengan latensi rendah dan skalabilitas tinggi, MQTT menjadi pilihan ideal untuk komunikasi real-time dalam sistem keamanan IoT.

2.1.9 Wireshark

Untuk memastikan kelancaran dan keamanan komunikasi data antara perangkat smart door lock dan server MQTT, digunakan Wireshark yang berperan sebagai perangkat lunak penganalisis protokol jaringan tepercaya dan efektif untuk memantau aktivitas sistem. Perangkat lunak ini memiliki kemampuan dalam menangkap, membedah, serta menampilkan detail paket data yang melintasi jaringan secara real-time dengan tingkat presisi dan kelengkapan yang tinggi (Soepeno. 2023). Dalam konteks analisis kinerja jaringan IoT, pemanfaatan Wireshark sangat penting bagi administrator atau peneliti untuk

mendiagnosis berbagai permasalahan komunikasi lalu lintas data, menemukan sumber kemacetan transmisi (bottleneck), serta mendeteksi anomali paket komunikasi sehingga fungsionalitas dan reabilitas pengiriman pesan (payload) pada sistem pintu pintar tetap dapat dipertahankan (Soepeno. 2023).

2.1.10 Standar Kualitas *Delay* TIPHON

Evaluasi terhadap kualitas transmisi paket data pada jaringan *smart door lock* dilakukan melalui pengukuran *Quality of Service* (QoS) yang berpedoman pada standar *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks* (TIPHON), khususnya untuk parameter *delay*. *Delay* (waktu tunda) merupakan metrik krusial yang didefinisikan sebagai total waktu yang dibutuhkan oleh sekumpulan data untuk menempuh perjalanan dari titik pengirim (contohnya *node* ESP32) hingga tiba di titik tujuan akhir (Basri dan Yuliadi. 2023). Guna merepresentasikan tingkat keandalan dan kecepatan respons jaringan dalam mengirimkan *payload* perintah buka-tutup pintu secara *real-time*, hasil pengukuran waktu tunda tersebut kemudian diklasifikasikan ke dalam empat kategori indeks kinerja berdasarkan standar TIPHON, yang mencakup kategori sangat bagus, bagus, sedang, dan buruk (Basri dan Yuliadi. 2023).

Tabel 2. 1 Standar Delay TIPHON

Kategori	Besar Delay	Indeks
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150 s/d 300 ms	3
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Buruk	>450 ms	1

2.1.11 Pengujian IoT

Menurut Medhat dkk. (2019) pengujian IoT dapat dilakukan dalam beberapa tingkat. Beberapa tingkat yang umum digunakan pada pengujian yaitu *Unit Testing*, *Integration Testing*, *System Testing*, *Acceptance Testing*.

1) *Unit Testing*

Unit testing merupakan tahap awal dalam pengujian perangkat lunak IoT yang berfokus pada pengujian modul atau komponen individual dari sistem. Tujuannya adalah memastikan bahwa setiap unit fungsional bekerja sesuai dengan spesifikasinya sebelum diintegrasikan ke dalam sistem yang lebih besar. Dalam sistem IoT, unit testing sering dilakukan pada perangkat lunak tertanam (embedded software) dan komponen komunikasi antar perangkat.

2) *Integration Testing*

Integration testing bertujuan untuk menguji interoperabilitas antar komponen dalam ekosistem IoT. Pada tahap ini, berbagai subsistem diuji untuk memastikan bahwa mereka dapat berkomunikasi dan berfungsi secara kohesif. Pengujian ini sangat penting dalam sistem IoT karena adanya heterogenitas perangkat dan protokol komunikasi yang digunakan.

3) *System Testing*

System testing dilakukan setelah seluruh komponen diintegrasikan dan bertujuan untuk mengevaluasi fungsionalitas keseluruhan sistem IoT dalam lingkungan operasionalnya. Pengujian ini mencakup aspek kinerja, keamanan, dan reliabilitas sistem untuk memastikan bahwa semua fitur bekerja sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan.

4) *Acceptance Testing*

Acceptance testing adalah tahap akhir dalam pengujian sistem IoT yang bertujuan untuk memverifikasi apakah sistem telah memenuhi kebutuhan pengguna dan siap untuk diterapkan dalam skenario dunia nyata. Pengujian ini sering dilakukan dengan keterlibatan end-user untuk mengevaluasi kepuasan dan kegunaan sistem secara menyeluruh.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian pertama dari Erwan dkk. (2021) dilatarbelakangi oleh kebutuhan pengguna terhadap sistem pengunci pintu yang lebih modern dan otomatis, terutama dalam lingkungan rumah tinggal yang mengedepankan kemudahan dan kenyamanan. Situasi ini menunjukkan keterbatasan sistem manual yang mengharuskan interaksi fisik dengan pintu. Tugas utama dalam penelitian ini adalah merancang sistem smart door lock berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat dikendalikan menggunakan smartphone melalui koneksi Wi-Fi. Untuk itu, mereka mengembangkan perangkat lunak Android yang terhubung ke modul pengunci pintu, sehingga pintu dapat dikunci atau dibuka secara otomatis ketika pengguna berada dalam jarak tertentu dari sistem. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem dapat berjalan sesuai harapan, di mana pintu berhasil dikunci secara otomatis, meningkatkan efisiensi dan kenyamanan dalam penggunaan sehari-hari.

Penelitian kedua dari Hardiyan dan Mukmin. (2023) yang menanggapi pentingnya peningkatan sistem keamanan pintu rumah melalui integrasi teknologi berbasis IoT. Dalam situasi ini, masyarakat semakin menyadari potensi ancaman terhadap keamanan rumah jika masih menggunakan sistem kunci manual. Tugas mereka adalah merancang sistem smart lock door menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dapat dikendalikan melalui jaringan internet. Dalam implementasinya, sistem memanfaatkan ESP32 sebagai otak utama yang

menerima dan mengeksekusi perintah dari perangkat pengguna secara daring. Hasil yang dicapai adalah sistem dapat berjalan secara optimal dengan fitur kontrol pintu dari jarak jauh, dan memberikan tingkat keamanan yang lebih tinggi dibandingkan kunci pintu konvensional.

Penelitian ketiga dari Maulana dkk. (2023) berangkat dari situasi di lingkungan akademik, khususnya ruang perkuliahan yang membutuhkan sistem kontrol akses yang lebih terintegrasi dan efisien. Mereka mengemban tugas untuk merancang dan membangun sistem smart door lock berbasis ESP32 yang dapat dikendalikan menggunakan smartphone Android. Dalam pelaksanaannya, mereka menerapkan pendekatan Quality Function Deployment (QFD) untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan dan keinginan pengguna akhir, yaitu dosen dan staf administrasi. Hasilnya, sistem mampu memberikan solusi akses ruang kuliah yang lebih aman, fleksibel, dan sesuai dengan kebutuhan fungsional institusi pendidikan.

Penelitian keempat dari Permana dkk. (2024) dilandasi oleh kebutuhan akan sistem penguncian yang lebih praktis dan efisien, terutama dalam integrasi antara teknologi biometrik dan kendali digital. Tugas penelitian ini adalah mengembangkan sistem smart door lock yang berbasis IoT dengan input dari keypad dan sensor sidik jari, sehingga pengguna memiliki dua pilihan otentikasi. Dalam proses pengembangannya, peneliti menggunakan model pengembangan perangkat lunak Waterfall untuk menjamin struktur tahapan yang sistematis dan terkontrol. Sistem ini juga memanfaatkan Firebase untuk komunikasi data secara real-time, memungkinkan pengguna memantau status pintu dan melakukan kontrol melalui aplikasi Android. Hasilnya, sistem memberikan pengalaman pengguna yang baik dan kemudahan dalam akses dan pengawasan, sekaligus memperkuat aspek keamanan pintu.

Penelitian kelima dari Rohman dkk. (2023) menyoroti keterbatasan sistem akses ruang yang belum mampu membatasi pengguna dengan tepat berdasarkan identitas. Tugas dari penelitian ini adalah merancang sistem smart door lock menggunakan sensor sidik jari dan mikrokontroler Arduino Uno. Dalam pelaksanaannya, sistem dibangun agar hanya merespons sidik jari dari pengguna yang telah terdaftar, sehingga akses ruang dapat dibatasi secara efektif. Aksi yang diambil adalah mengintegrasikan sensor fingerprint dengan Arduino Uno dan mengatur sistem untuk menolak akses yang tidak dikenali. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem mampu meningkatkan keamanan dan memberikan kontrol akses yang lebih terukur, di mana hanya pengguna sah yang dapat membuka pintu.

Penelitian saat ini oleh Erick Alexander difokuskan pada peningkatan pencatatan dan pemantauan akses pintu ruang secara real-time. Sistem ini dirancang untuk mengatasi keterbatasan sistem konvensional yang tidak mencatat akses secara digital dan sulit dimonitor dari jarak jauh. Dalam perancangannya, sistem dibangun menggunakan ESP32, ESP32-CAM dan RFID reader, di mana setiap kali pengguna memindai kartu, data UID, waktu, status autentikasi, dan gambar pengguna akan dikirim ke broker MQTT dan disimpan di database MySQL. Sistem ini juga menyediakan antarmuka web untuk memantau akses secara langsung dan mengatur hak akses pengguna. Hasilnya, sistem berhasil menyediakan kontrol akses yang fleksibel, pencatatan yang otomatis, dan transparansi tinggi terhadap penggunaan pintu ruang, khususnya di lingkungan Politeknik Caltex Riau.

Tabel 2. 2 Penelitian Terkait

Peneliti	Topik Penelitian	Teknologi	Fokus Utama
Erwan dkk. 2021	IoT <i>Smart door lock</i> berbasis Wi-Fi dan Smartphone Android	Wi-Fi, Smartphone Android	Sistem <i>smart door lock</i> yang menggunakan Wi-Fi dan smartphone untuk membuka kunci pintu secara otomatis.
Hardiyan dan Mukmin. 2023	Penggunaan smart lockdoor berbasis IoT dengan ESP32 untuk meningkatkan keamanan pintu rumah	IoT, ESP32	Pengembangan smart lockdoor berbasis IoT menggunakan ESP32 untuk meningkatkan keamanan pintu rumah.
Maulana dkk. 2023	Desain dan pembangunan sistem <i>smart door lock</i> dengan ESP32 berbasis IoT di Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai	IoT, ESP32, Smartphone Android	Rancang bangun <i>smart door lock</i> berbasis ESP32 dan aplikasi Android untuk ruang perkuliahan.
Permana dkk. 2024	Sistem <i>smart door lock</i> berbasis IoT dengan keypad dan sensor sidik jari menggunakan model Waterfall	IoT, Firebase, Sensor Sidik Jari	Sistem <i>smart door lock</i> menggunakan keypad, sidik jari, dan Firebase untuk kontrol data <i>real-time</i> .
Rohman dkk. 2023	Desain dan pembangunan <i>smart door lock</i> dengan fingerprint dan Arduino untuk meningkatkan kualitas keamanan ruang	IoT, Arduino, Sensor Sidik Jari	Pengembangan <i>smart door lock</i> menggunakan sidik jari dan Arduino untuk meningkatkan keamanan ruang.
Penelitian saat ini	Pengembangan Sistem <i>Smart Door Lock</i> Berbasis IoT untuk Meningkatkan Keamanan dan Pencatatan Akses.	IoT, ESP32-CAM, RFID	Perancangan dan implementasi smart door lock berbasis IoT untuk pencatatan akses, kontrol izin, dan pemantauan real-time.