

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Terkait

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah memberikan perubahan yang signifikan dalam sistem keamanan modern [10], [15], [28]. IoT memungkinkan berbagai perangkat fisik seperti sensor, aktuator, dan modul pemantauan untuk saling terhubung melalui jaringan internet sehingga dapat berkomunikasi serta bertukar data secara *real time* [15], [28]. Berdasarkan konsep dasar IoT, kemampuan perangkat dalam melakukan *sensing*, *processing*, dan *actuating* menjadi fondasi utama dalam pengembangan sistem keamanan cerdas [10]. Dalam konteks *smart door lock*, perangkat IoT memiliki peran penting dalam menghubungkan komponen seperti sensor getar MPU6050, modul *fingerprint*, serta GPS (NEO-8M) dengan *server* atau *platform monitoring*, sehingga pemilik rumah dapat memperoleh informasi terkait akses pintu, indikasi getaran mencurigakan, dan pelacakan lokasi secara cepat serta akurat [10], [28], [34].

Selain itu, teori biometrik menyatakan bahwa sidik jari merupakan salah satu identitas biologis yang memiliki tingkat keunikan tinggi serta sulit untuk dipalsukan [12], [13], [35], [36]. Sistem autentikasi biometrik berbasis *fingerprint* bekerja melalui proses pencocokan pola sidik jari pengguna dengan data yang telah tersimpan di dalam sistemnya [7], [12], [37]. Dengan mengintegrasikan autentikasi biometrik dan sensor getar MPU6050, sistem

smart door lock dapat memberikan perlindungan berlapis [10], [20], . Sensor MPU6050 yang digunakan untuk mendeteksi getaran abnormal beroperasi berdasarkan prinsip kerja *akselerometer* dan *gyroscope*, sehingga mampu mengidentifikasi gerakan paksa pada pintu [11], [38], [39], [40]. Di sisi lain, modul GPS (NEO-8M) mendukung konsep geolokasi yang memungkinkan perangkat menentukan posisi secara akurat melalui satelit GPS [19], [34], [41]. Kombinasi ketiga elemen teoritis tersebut menjadikan sistem mampu mendeteksi ancaman secara cepat, memberikan verifikasi identitas yang aman, serta mendukung pemantauan lokasi perangkat secara *real time* [20], [33].

Berikut disajikan ringkasan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem keamanan berbasis IoT, smart door lock, sensor getar, autentikasi biometrik fingerprint, serta integrasi modul GPS sebagaimana Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu

No	Judul, Penulis, Tahun	Dataset / Data Masukan	Model / Algoritma / Instrumen	Capaian / Hasil Evaluasi	Research Gap
1.	Design and Evaluation of a Biometric IoT-Based Smart Lock	Sidik jari (biometri k) [12].	ESP32 Microcontrol ler, Blynk IoT Platform, Sensor sidik jari R305, Solenoid	Waktu deteksi sidik jari ≈ 1.0 detik. FAR 1.32% (rendah).	Kapasitas penyimpanan sidik jari terbatas hanya untuk 3 profil. Tingkat penolakan

No	Judul, Penulis, Tahun	Dataset / Data Masukan	Model / Algoritma / Instrumen	Capaian / Hasil Evaluasi	Research Gap
	System with Real-Time Monitoring and Alert Mechanisms (Jamil Abedalrahim Jamil Alsayaydeh et al., 2025) [12].		Lock, Buzzer, OLED Display[12].	Menerapkan mekanisme lockout 15 detik setelah 3 kali gagal[12].	palsu (FRR) tinggi (26.32%) karena kesalahan penempatan jari pengguna[12].
2.	Implementasi Ganda Modul ESP32 untuk Kontrol Pintu Otomatis dengan Monitoring Realtime dan Autolock	Tag RFID, data waktu dari Internet (NTP Pool) [14].	ESP32 (Master & Slave), Sensor RFID, Servo, Chatbot Telegram, Web. Metode Waterfall[14].	Sistem berhasil (86%) menjalankan sensor RFID dan Autolock terjadwal. Ketahanan baterai hingga 32,5 jam.	Pengiriman notifikasi chatbot Telegram masih mengalami pending. Diperlukan konfigurasi pendaftaran kunci tag RFID melalui web dan

No	Judul, Penulis, Tahun	Dataset / Data Masukan	Model / Algoritma / Instrumen	Capaian / Hasil Evaluasi	Research Gap
	Terjadwal melalui Web dan Chatbot (Waryanto et al., 2025)[14].			Rata-rata latensi 16.3 detik[14].	peningkatan keamanan login pengguna[14].
3.	Implementasi Face Recognition, Sensor Getar dan Password Sebagai Pengaman Ganda Pada Smart Door Lock Berbasis IoT (Nurhafidzah et al., 2023)[8].	Gambar/objek wajah, input passcode (keypad), data getaran pintu[8].	Raspberry Pi, Arduino Uno, Webcam, Keypad 4x4, Sensor Getar SW-420, Solenoid, Telegram (Notifikasi). Algoritma HOG (Histogram of Oriented Gradients) [8].	Akurasi pengenalan wajah 85.7%. Sistem dapat mendeteksi getaran kuat dan mengirim notifikasi Telegram. Menerapkan sistem keamanan ganda (wajah, passcode, getar) [8].	Perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan sistem keamanan ganda pada pintu. [8]

No	Judul, Penulis, Tahun	Dataset / Data Masukan	Model / Algoritma / Instrumen	Capaian / Hasil Evaluasi	Research Gap
4.	Fingerprin t based smart door lock system using Arduino and smartphon e applicatio n (Tole Sutikno et al., 2024)[7].	Sidik jari, sinyal Bluetooth h (integer 1 dari aplikasi smartpho ne) [7].	Arduino UNO R3, sensor sidik jari JM101B, modul Bluetooth HC-05, buzzer, solenoid door lock, relay. Aplikasi smartphone (MIT App Inventor) [7].	Waktu respons rata-rata: 1.20 detik (sensor sidik jari) dan 1.54 detik (Bluetooth h). Solenoid berfungsi dengan tingkat akurasi 100%. Jangkaua n Bluetooth maksimal 14 meter[7].	Penelitian selanjutnya dapat menambahka n baterai sebagai tenaga cadangan atau mengembang kan sistem dengan sensor biometrik yang lebih akurat[7].
5.	Home door security system based on	Sidik jari, passcode (keypad), sinyal	ESP32, ESP32- CAM, Telegram (Bot),	Sistem berfungsi efektif dan terus beroperasi	Perlu dilakukan integrasi dengan sistem rumah

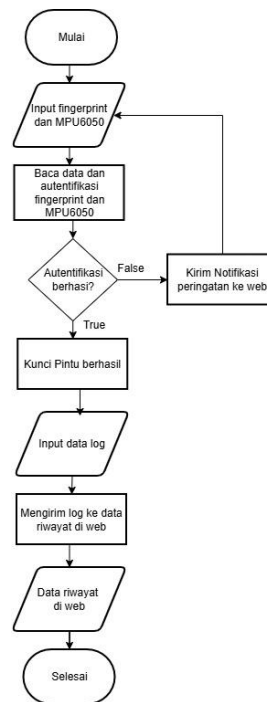
No	Judul, Penulis, Tahun	Dataset / Data Masukan	Model / Algoritma / Instrumen	Capaian / Hasil Evaluasi	Research Gap
	Internet of Things (Vajrel Tri Ananda Muhammad & Hamdani, 2024)[28].	push button, sensor PIR[28].	Solenoid Door Lock, UPS (Uninterruptible Power Supply) [28].	i meskipun terjadi pemadaman listrik (berkat UPS). Waktu respons sidik jari ≈ 5047 ms. Waktu deteksi PIR dan pengiriman gambar $\approx 13-14$ detik[28].	pintar lain dan fitur keamanan yang ditingkatkan[28].

2.2 Landasan Teori

2.2.1. Flowchart

Dalam proses perancangan sistem, representasi visual diperlukan agar alur kerja dapat dipahami secara jelas dan sistematis. *Flowchart* merupakan diagram alur yang digunakan untuk

menggambarkan tahapan proses kerja suatu sistem secara runtut dan terstruktur. Pada penelitian ini, flowchart yang disusun menggambarkan keseluruhan alur sistem *smart door lock* berbasis IoT, dimulai dari tahap inisialisasi hingga sistem memberikan respons terhadap tindakan pengguna. Alur tersebut meliputi proses autentikasi menggunakan *fingerprint* serta sensor getar MPU6050 sebagai bentuk autentikasi berlapis, proses pengambilan keputusan terkait validitas autentikasi, pemberian notifikasi peringatan apabila autentikasi gagal, serta mekanisme pembukaan kunci pintu dan pengiriman riwayat akses ke server ketika autentikasi berhasil. Dengan adanya *flowchart* ini, alur sistem dapat dipahami secara visual sehingga memudahkan proses pengembangan, implementasi, serta identifikasi kesalahan selama tahap debugging. *Flowchart* diilustrasikan secara rinci sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1.



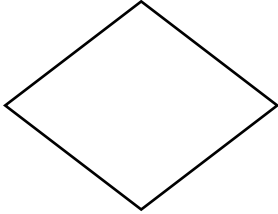
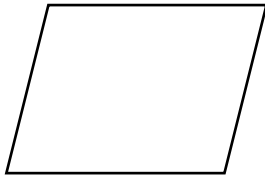
Gambar 2.1. Flowchart Smart Door Lock

2.2.2. Simbol Flowchart

Simbol *flowchart* digunakan sebagai standar untuk menggambarkan aktivitas dalam proses sistem. Beberapa simbol yang digunakan meliputi simbol *flowchart* disajikan pada Table 2.2.

Tabel 2.2. Simbol Flowchart

NO	Simbol	Keterangan
1.		Terminator untuk menunjukan awal dan akhir flowchart
2.		Process untuk menandai langkah pemrosesan dalam sistem.

NO	Simbol	Keterangan
3.		Decision untuk pengambilan keputusan logis.
4.		Input/output simbol yang menyatakan proses input atau output tanpa tergantung peralatan.
5.		Flow simbol yang digunakan untuk menggabungkan antara simbol yang satu dengan yang lain.

2.2.3. ESP 32 Node MCU

Dalam konteks penelitian ini, komponen utama yang berperan sebagai pusat pemrosesan sistem adalah ESP32, yaitu mikrokontroler berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah dilengkapi dengan modul *Wi-Fi* dan *Bluetooth* [42], [43], [44]. Pada penelitian ini, ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama pada sistem *smart door lock* [45]. Mikrokontroler ini bertanggung jawab dalam melakukan pembacaan data sidik jari, memproses data getaran dari sensor MPU6050, mengendalikan aktuator solenoid, serta mengirimkan data log ke server melalui protokol MQTT atau API [46]. Keunggulan ESP32 dalam hal kecepatan pemrosesan dan

kestabilan koneksi menjadikannya sangat sesuai untuk sistem keamanan yang beroperasi secara *real time* [42], [44]. ESP32 diilustrasikan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Esp 32 Node MCU

2.2.4. Fingerprint Sensor R503

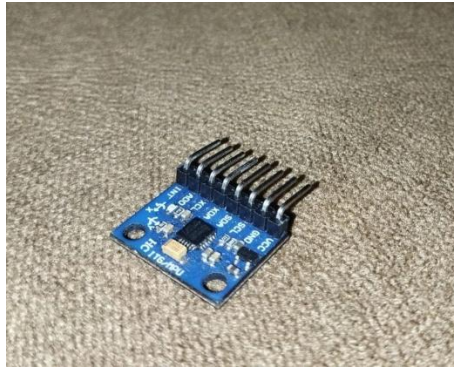
Pada tahap penjelasan komponen penelitian, *Fingerprint sensor* merupakan sensor biometrik yang digunakan untuk mengenali identitas pengguna berdasarkan pola sidik jari yang bersifat unik [47], [48]. Sensor ini bekerja dengan merekam citra sidik jari, kemudian melakukan proses pencocokan dengan data yang telah tersimpan pada modul maupun server [49]. Dalam sistem *smart door lock*, *fingerprint sensor* berperan sebagai mekanisme autentikasi utama untuk memastikan bahwa hanya pengguna yang terdaftar yang dapat mengakses dan membuka pintu [50]. *Fingerprint sensor* diilustrasikan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Fingerprint Sensor R503

2.2.5. MPU6050

Salah satu komponen penting yang digunakan dalam *sistem smart door lock* ini adalah sensor getar. MPU6050 merupakan sensor enam sumbu yang menggabungkan *accelerometer* dan *gyroscope* untuk mendeteksi gerakan serta getaran [51], [52], [53]. Pada sistem yang dikembangkan, sensor ini digunakan untuk mendeteksi aktivitas fisik yang mencurigakan pada pintu. Selain itu, MPU6050 juga berperan sebagai autentikasi faktor kedua setelah proses verifikasi sidik jari berhasil dilakukan, dengan memerlukan pola gerakan tertentu sebagai konfirmasi tambahan bahwa akses dilakukan oleh pengguna yang sah. Sensor ini juga berfungsi mendeteksi getaran atau guncangan tidak normal yang mengindikasikan adanya upaya pembobolan, kemudian data yang diperoleh dikirimkan ke ESP32 untuk diproses lebih lanjut [54]. Ilustrasi modul MPU6050 ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. MPU6050

2.2.6. Solenoid Door

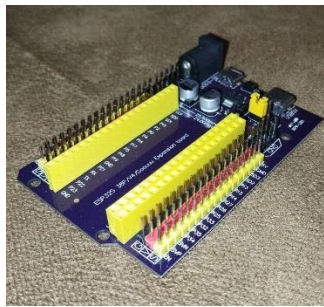
Dalam konteks pembahasan komponen yang digunakan pada sistem *smart door lock* ini, penjelasan diawali dengan pengantar agar alurnya lebih mudah dipahami. Solenoid door merupakan aktuator elektromagnetik yang digunakan untuk mengunci dan membuka pintu secara otomatis[8],[55]. Pada sistem ini, solenoid hanya akan diaktifkan apabila proses autentikasi berhasil[12]. Penggunaan solenoid memastikan mekanisme penguncian berjalan secara cepat dan aman tanpa memerlukan kunci mekanik konvensional[7]. Solenoid door diilustrasikan seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5. Solenoid Door

2.2.7. Expansion Board Esp32

Dalam sistem *smart door lock* berbasis IoT yang mengintegrasikan banyak komponen sekaligus, diperlukan sebuah papan penghubung yang mampu mengakomodasi seluruh koneksi periferan secara terstruktur dan stabil. Expansion board ESP32 merupakan papan tambahan yang dirancang untuk memperluas kemampuan mikrokontroler ESP32 dengan menyediakan antarmuka koneksi yang lebih lengkap, manajemen daya yang lebih stabil, serta kemudahan dalam menghubungkan berbagai periferan sekaligus [46], [56]. Papan ini memungkinkan seluruh pin *GPIO* pada ESP32 terhubung secara terstruktur ke komponen-komponen lain seperti sensor *fingerprint* R503, sensor getar MPU6050, modul GPS (NEO-8M), relay, dan solenoid, sehingga proses integrasi *multi-sensor* dapat dilakukan secara lebih rapi dan terorganisir [57], [58]. Penggunaan expansion board pada sistem *smart door lock* ini memberikan kestabilan tegangan yang lebih baik bagi seluruh komponen, meminimalkan risiko kegagalan koneksi akibat kabel yang tidak terstruktur, serta mempermudah proses pengembangan dan debugging sistem [56], [59]. Expansion Board ESP32 diilustrasikan seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6. Expansion Board ESP32

2.2.8. Arduino IDE

Dalam konteks pembahasan komponen yang digunakan pada sistem *smart door lock* ini, penjelasan diawali dengan pengantar agar alurnya lebih mudah dipahami. Arduino IDE merupakan lingkungan pemrograman yang digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke ESP32 [15],[12],[60]. Pada penelitian ini, Arduino IDE memudahkan proses pengembangan karena menyediakan banyak library siap pakai untuk *fingerprint* sensor, MPU6050, solenoid control, dan koneksi internet[12],[14]. Hal ini mempercepat proses implementasi perangkat lunak pada sistem *smart door lock*.

2.2.9. MQTT Broker

Komunikasi data antara perangkat IoT dengan *server* memerlukan sebuah protokol yang ringan, cepat, dan andal agar notifikasi dapat terkirim secara real-time. MQTT Broker (*Message Queuing Telemetry Transport*) merupakan protokol komunikasi berbasis publish-subscribe yang dirancang khusus untuk pertukaran data antar perangkat IoT dengan konsumsi bandwidth yang rendah

[61], [62]. Pada sistem *smart door lock* ini, MQTT Broker berperan sebagai perantara komunikasi antara ESP32 dengan platform monitoring, sehingga data log akses, status pintu, notifikasi getaran, serta data heartbeat sensor dapat dikirimkan secara *real-time* [63], [14]. Dengan memanfaatkan MQTT Broker, pengguna dapat memantau seluruh aktivitas pintu dari jarak jauh melalui dashboard web secara aman, efisien, dan responsif [8], [64].

2.2.10. GPS Neo-8M

Dalam sistem keamanan berbasis *Internet of Things (IoT)*, modul penentu lokasi memiliki peran penting dalam meningkatkan kemampuan monitoring secara menyeluruh [65]. GPS (NEO-8M) merupakan modul pelacak posisi yang digunakan untuk memperoleh informasi koordinat secara akurat melalui sinyal satelit [66], [67]. Pada sistem *smart door lock*, modul ini berfungsi sebagai pendukung keamanan dengan menyediakan data lokasi perangkat ketika terdeteksi aktivitas mencurigakan atau getaran yang tidak normal [68]. GPS (NEO-8M) menghasilkan data berupa *latitude*, *longitude*, serta waktu pencatatan lokasi, yang selanjutnya dikirimkan ke *server* melalui API sebagai bagian dari log keamanan [66], [69]. Keberadaan modul ini memungkinkan sistem tidak hanya memberikan peringatan dini, tetapi juga menelusuri posisi terakhir perangkat sehingga meningkatkan tingkat reliabilitas dan respons

dalam situasi darurat [66]. Modul NEO-8M diilustrasikan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. GPS Neo-8M

2.2.11. Buzzer

Dalam sistem keamanan berbasis IoT, dibutuhkan sebuah komponen yang mampu memberikan peringatan secara langsung dan instan kepada pengguna maupun lingkungan sekitar ketika terjadi kondisi anomali. Buzzer merupakan komponen elektronik yang berfungsi mengubah sinyal listrik menjadi bunyi audio sebagai indikator peringatan [70], [71]. Komponen ini beroperasi pada tegangan 3–24V DC dengan konsumsi arus kurang dari 15mA, frekuensi bunyi sekitar 3.300 Hz, dan tingkat tekanan suara mencapai 85dBA pada jarak 10cm, sehingga cocok digunakan sebagai alarm pada sistem tertanam berdaya rendah [70]. Pada sistem *smart door lock* ini, buzzer diaktifkan secara otomatis oleh mikrokontroler ESP32 ketika terdeteksi adanya percobaan akses tidak sah, seperti kegagalan autentikasi fingerprint berulang maupun getaran anomali yang teridentifikasi oleh sensor MPU6050 [72],

[73]. Dengan demikian, buzzer berperan sebagai lapisan peringatan audio yang melengkapi notifikasi digital melalui MQTT Broker, sehingga sistem dapat memberikan respons keamanan secara menyeluruh baik secara lokal maupun jarak jauh [71], [73]. Buzzer diilustrasikan seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Buzzer

2.2.12. Relay

Pada sistem *smart door lock* yang menggunakan solenoid sebagai aktuator pengunci pintu, diperlukan sebuah komponen perantara yang mampu menjembatani perbedaan tegangan antara mikrokontroler dengan beban bertegangan tinggi. Relay merupakan perangkat elektromekanis yang berfungsi sebagai saklar elektronik, memungkinkan mikrokontroler bertegangan rendah untuk mengontrol perangkat yang membutuhkan tegangan dan arus yang jauh lebih besar [74], [75]. Pada sistem ini, relay modul 1-channel 5V menerima sinyal kendali dari pin *GPIO* ESP32, kemudian menyalurkan tegangan 12V DC yang dibutuhkan oleh solenoid

door lock sehingga proses penguncian dan pembukaan pintu dapat dilakukan secara otomatis dan aman [76], [58]. Penggunaan relay juga memberikan proteksi terhadap ESP32 dari lonjakan arus balik (*back-EMF*) yang dihasilkan oleh solenoid, sehingga keandalan dan umur panjang sistem secara keseluruhan dapat terjaga [75], [34].

Relay diilustrasikan seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Relay 5V

2.2.13. Holder Baterai 18650

Sistem *smart door lock* yang dirancang untuk digunakan di lingkungan pasar memerlukan sumber daya yang portabel, andal, dan mampu beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada catu daya listrik utama. Holder baterai 18650 merupakan komponen penopang yang berfungsi untuk menyimpan dan menghubungkan sel baterai lithium-ion tipe 18650 sebagai sumber daya portabel bagi seluruh komponen sistem [77], [78]. Baterai 18650 sendiri merupakan baterai lithium-ion sekunder yang dapat diisi ulang (*rechargeable*), berbentuk silinder dengan diameter 18mm dan tinggi 65mm, serta memiliki tegangan nominal 3,7V dengan kapasitas yang bervariasi [77]. Pada sistem ini, empat buah baterai

18650 dipasang secara seri di dalam holder untuk menghasilkan tegangan total yang cukup guna menggerakkan solenoid door lock melalui relay, sekaligus menyuplai daya bagi *mikrokontroler* ESP32 dan seluruh sensor yang terhubung [34], [14]. Penggunaan holder baterai 18650 menjadikan sistem dapat beroperasi secara portabel dan tetap aktif meskipun tidak terhubung ke sumber listrik PLN, sehingga meningkatkan keandalan sistem keamanan pintu secara keseluruhan [79], [78]. Holder baterai 18650 diilustrasikan seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Holder Baterai 18650

2.2.14. Baterai 18650

Sebagai sistem keamanan yang dirancang untuk beroperasi di lingkungan pasar dengan keterbatasan akses sumber listrik, sistem *smart door lock* ini membutuhkan sumber daya yang portabel, ringan, dan mampu menyuplai daya secara stabil dalam jangka waktu tertentu. Baterai 18650 merupakan jenis baterai lithium-ion sekunder yang dapat diisi ulang (*rechargeable*), berbentuk silinder

dengan diameter 18mm dan tinggi 65mm, serta memiliki tegangan nominal 3,7V dengan kapasitas yang bervariasi tergantung pada spesifikasi sel yang digunakan [77], [78]. Baterai jenis ini banyak digunakan pada peralatan sistem *embedded* dan IoT karena mudah ditemukan di pasaran, memiliki kepadatan energi yang tinggi, serta mampu memberikan arus keluaran yang stabil untuk menyuplai komponen elektronik berdaya rendah hingga menengah [34], [78]. Pada sistem ini, empat buah baterai 18650 dipasang di dalam holder baterai untuk menyuplai daya bagi seluruh komponen sistem, termasuk mikrokontroler ESP32, sensor *fingerprint* R503, sensor MPU6050, modul GPS (NEO-8M), relay, buzzer, dan solenoid door lock [77], [14]. Penggunaan baterai 18650 menjadikan sistem dapat beroperasi secara mandiri dan portabel meskipun tidak terhubung ke sumber listrik utama, sehingga meningkatkan keandalan sistem keamanan pintu secara keseluruhan [14], [79]. Baterai 18650 diilustrasikan seperti pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Baterai 18650