

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 *Internet of Things (IoT)*



Gambar 2. 1 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang mengacu pada jaringan perangkat fisik yang dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak, dan teknologi lainnya untuk memungkinkan pengumpulan, pertukaran, dan pemrosesan data melalui internet tanpa campur tangan manusia secara langsung (Widiastono, Arifin, & Hidayati, 2024). IoT memungkinkan berbagai perangkat seperti sensor suhu, kamera keamanan, dan kunci pintar saling berkomunikasi untuk mendukung pengambilan keputusan secara otomatis. Teknologi ini didukung oleh beberapa komponen utama, seperti perangkat keras IoT untuk mengumpulkan data, jaringan komunikasi seperti Wi-Fi atau Bluetooth untuk mengirimkan data, serta platform cloud computing yang bertugas menyimpan dan menganalisis data secara real-time.

IoT memberikan berbagai manfaat, termasuk efisiensi operasional, kemudahan pemantauan perangkat secara jarak jauh, dan kemampuan untuk menganalisis data dalam skala besar guna mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik. Namun, teknologi ini juga menghadapi tantangan, seperti risiko keamanan data yang tinggi akibat banyaknya perangkat yang terhubung ke internet, keterbatasan kompatibilitas antarperangkat karena perbedaan standar, serta kendala daya baterai pada perangkat IoT. Meskipun demikian, penerapan IoT terus berkembang di berbagai sektor, seperti rumah pintar, kota pintar, kesehatan, dan industri, yang memberikan solusi inovatif untuk mendukung kehidupan sehari-hari (Afifah, Marizka, & Pristiani, 2026).

Dalam implementasinya, sistem *Internet of Things (IoT)* umumnya terdiri

atas empat lapisan utama, yaitu lapisan persepsi (*perception layer*), lapisan jaringan (*network layer*), lapisan pemrosesan (*processing layer*), dan lapisan aplikasi (*application layer*). Lapisan persepsi berfungsi mengumpulkan data melalui sensor atau perangkat input, kemudian data tersebut dikirimkan melalui lapisan jaringan menggunakan media komunikasi seperti Wi-Fi atau internet. Selanjutnya, data diproses dan disimpan pada server atau platform cloud sehingga dapat dianalisis dan dikelola sesuai kebutuhan. Hasil pengolahan data kemudian ditampilkan pada lapisan aplikasi dalam bentuk antarmuka yang dapat diakses oleh pengguna melalui komputer atau perangkat seluler.

2.1.2 Quick Response Code (QR Code)

Quick Response Code atau yang sering disingkat dengan QR Code merupakan sebuah barcode dua dimensi yang diperkenalkan oleh Perusahaan Jepang Denso Wave pada tahun 1994. Jenis barcode ini awalnya digunakan untuk melacak persediaan di bagian manufaktur kendaraan dan sekarang sudah digunakan dalam berbagai industri perdagangan dan jasa. Pada dasarnya bahwa QR Code dikembangkan sebagai suatu kode yang memungkinkan isinya untuk dapat diterjemahkan dengan kecepatan tinggi (Rouillard, 2008). QR Code terdiri dari sebuah untai kotak persegi yang disusun dalam suatu pola persegi yang lebih besar, yang disebut sebagai modul.

QR Code memiliki kemampuan menyimpan data dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan barcode satu dimensi, seperti data berupa angka, huruf, simbol, maupun karakter biner. Selain itu, QR Code dilengkapi dengan fitur *error correction* menggunakan algoritma Reed-Solomon yang memungkinkan kode tetap dapat dibaca meskipun sebagian permukaannya rusak, tergores, atau tertutup hingga batas tertentu. Kemampuan pembacaan yang cepat dari berbagai arah (360 derajat), tingkat akurasi yang tinggi, serta kemudahan dalam proses pembuatan dan pemindaian menjadikan QR Code banyak diterapkan pada berbagai bidang, seperti sistem pembayaran digital, identifikasi produk, absensi, autentikasi pengguna, dan sistem kontrol akses. Gambar 2. 1 berikut ini, menunjukkan gambaran dari sebuah QR Code.



Gambar 2. 2 *Quick Response Code (QR Code)*

2.1.3 GM66 Scanner



Gambar 2. 3 GM66 Scanner

GM66 Scanner merupakan perangkat pemindai barcode berbasis optik yang dirancang untuk membaca kode batang satu dimensi (1D) maupun kode dua dimensi (2D) seperti QR Code (Fadlan, Fitriani, & Hidayat, 2024). Bentuk GM66 Scanner ditunjukkan pada Gambar 2. 3, alat ini menggunakan sensor CMOS dan pencahayaan LED untuk menangkap pola pada barcode, kemudian mengubahnya menjadi data digital yang dapat diproses oleh komputer maupun mikrokontroler. Dengan antarmuka komunikasi seperti USB, UART, atau TTL, GM66 sangat mudah diintegrasikan ke dalam berbagai sistem, termasuk aplikasi *Internet of Things (IoT)*.

Prinsip kerja GM66 Scanner didasarkan pada pemindaian optik, yaitu dengan cara sensor menangkap pantulan cahaya dari barcode yang diterangi LED internal. Perbedaan intensitas cahaya pada area gelap dan terang kemudian dikonversi menjadi sinyal listrik, yang selanjutnya diproses oleh decoder internal untuk menghasilkan data ASCII sesuai dengan informasi yang tersimpan pada barcode atau QR Code. Data tersebut kemudian dikirimkan ke sistem host untuk digunakan

sebagai identifikasi, autentikasi, maupun pencatatan informasi.

GM66 Scanner memiliki spesifikasi yang mendukung penggunaannya pada sistem tertanam (*embedded system*) dan aplikasi *Internet of Things* (IoT). Scanner ini mampu membaca berbagai jenis barcode satu dimensi (1D) maupun dua dimensi (2D), termasuk QR Code, Data Matrix, PDF417, EAN, UPC, dan Code 128. GM66 bekerja pada tegangan 5 V DC dengan konsumsi daya yang relatif rendah serta mendukung antarmuka komunikasi UART/TTL dan USB, sehingga mudah dihubungkan dengan mikrokontroler seperti ESP32 maupun komputer. Selain itu, GM66 memiliki kecepatan pembacaan yang tinggi, toleransi terhadap berbagai tingkat pencahayaan, serta mampu membaca barcode yang ditampilkan pada media cetak maupun layar perangkat digital. Karakteristik tersebut menjadikan GM66 Scanner sesuai digunakan sebagai perangkat autentikasi pada sistem kontrol akses, termasuk pada penelitian ini yang memanfaatkan QR Code sebagai kunci untuk membuka kotak penerima paket.

2.1.4 Relay



Gambar 2. 4 Relay

Relay adalah Saklar (Switch) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi (Haryanti, 2017). Bentuk relay ditunjukkan pada Gambar 2. 4. Komponen ini menggunakan arus listrik kecil untuk mengendalikan arus listrik yang lebih besar, sehingga sangat umum digunakan dalam rangkaian otomatisasi, pengendalian motor, dan sistem IoT. Beberapa fungsi Relay yang telah umum diaplikasikan ke dalam peralatan elektronika diantaranya adalah :

1. Relay digunakan untuk menjalankan Fungsi Logika (*Logic Function*)
2. Relay digunakan untuk memberikan Fungsi penundaan waktu (*Time Delay Function*)
3. Relay digunakan untuk mengendalikan Sirkuit Tegangan tinggi dengan bantuan dari Signal Tegangan rendah.
4. Ada juga Relay yang berfungsi untuk melindungi Motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan Tegangan ataupun hubung singkat (Short).

2.1.5 ESP32



Gambar 2. 5 ESP32

ESP32 adalah sebuah mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* dan banyak digunakan dalam pengembangan sistem *Internet of Things* (IoT). Bentuk ESP32 dapat dilihat pada Gambar 2. 5. Mikrokontroler ini merupakan generasi lanjutan dari ESP8266 dengan peningkatan performa, efisiensi energi, serta fitur komunikasi yang lebih lengkap. ESP32 dilengkapi dengan prosesor dual-core berkecepatan hingga 240 MHz, memori RAM yang lebih besar, serta mendukung berbagai protokol komunikasi nirkabel seperti Wi-Fi dan Bluetooth. Kemampuan tersebut menjadikan ESP32 sangat populer dalam pembuatan perangkat pintar yang membutuhkan koneksi internet maupun komunikasi jarak dekat (Sunardi & Nuriyadi, 2025).

Prinsip kerja ESP32 terletak pada kemampuannya sebagai unit pemroses sekaligus pengendali berbagai sensor maupun aktuator. Dengan dukungan port input-output digital, analog, serta antarmuka komunikasi seperti UART, SPI, dan I²C, ESP32 dapat diintegrasikan dengan beragam komponen eksternal. Selain itu, adanya modul Wi-Fi dan Bluetooth bawaan memungkinkan ESP32 untuk melakukan koneksi ke jaringan maupun perangkat lain tanpa tambahan modul

eksternal. Hal ini mempermudah pengembangan aplikasi seperti monitoring jarak jauh, kontrol perangkat berbasis smartphone, serta sistem otomatisasi berbasis cloud.

ESP32 juga memiliki berbagai fitur pendukung yang menjadikannya cocok digunakan dalam pengembangan sistem *Internet of Things* (IoT). Mikrokontroler ini dilengkapi dengan 34 pin General Purpose Input Output (GPIO) yang dapat dikonfigurasi sebagai input maupun output sesuai kebutuhan aplikasi. Selain itu, ESP32 mendukung fitur *Pulse Width Modulation* (PWM), *Analog-to-Digital Converter* (ADC), *Digital-to-Analog Converter* (DAC), touch sensor, serta timer yang memungkinkan pengendalian berbagai perangkat elektronik secara fleksibel. Dukungan memori Flash berkapasitas hingga beberapa megabyte dan kemampuan menjalankan beberapa proses secara bersamaan (multitasking) melalui sistem operasi FreeRTOS membuat ESP32 mampu menangani komunikasi data, pembacaan sensor, serta pengendalian aktuator secara efisien. Oleh karena itu, ESP32 banyak dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem rumah pintar (*smart home*), monitoring lingkungan, sistem keamanan, dan perangkat otomatisasi berbasis IoT.

2.1.6 LCD I2C 16X2



Gambar 2. 6 LCD I2C 16X2

LCD (*Liquid Crystal Display*) 16×2 merupakan salah satu perangkat output yang banyak digunakan pada sistem mikrokontroler untuk menampilkan informasi dalam bentuk karakter. Modul ini mampu menampilkan 16 karakter pada setiap baris dengan total dua baris tampilan, sehingga cukup efektif untuk menyampaikan berbagai informasi seperti status sistem, hasil pembacaan sensor, maupun menu pengaturan (Suprayitno & Dijaya, 2018). Pada dasarnya LCD bekerja dengan

memanfaatkan sifat kristal cair yang dapat mengatur intensitas cahaya ketika diberikan tegangan listrik tertentu. Penggunaan LCD 16×2 sangat populer karena memiliki konsumsi daya yang relatif rendah, harga yang terjangkau, serta mudah diintegrasikan dengan berbagai jenis mikrokontroler seperti Arduino Uno, ESP8266, maupun ESP32. Dalam perkembangannya, LCD 16×2 tidak hanya digunakan pada sistem pembelajaran, tetapi juga telah diterapkan pada berbagai perangkat otomatisasi, sistem monitoring, alat ukur digital, hingga perangkat *Internet of Things* (IoT) yang membutuhkan media tampilan sederhana namun informatif.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan efisiensi penggunaan pin pada mikrokontroler, dikembangkan modul antarmuka I2C (*Inter-Integrated Circuit*) yang dapat dipasang pada LCD 16×2. Modul ini menggunakan IC ekspander, umumnya PCF8574, yang berfungsi mengubah komunikasi paralel menjadi komunikasi serial melalui protokol I2C. Dengan adanya modul tersebut, LCD hanya memerlukan empat jalur koneksi, yaitu VCC, GND, SDA (*Serial Data*), dan SCL (*Serial Clock*), sehingga jumlah pin yang digunakan menjadi lebih sedikit dibandingkan metode komunikasi paralel yang membutuhkan hingga enam atau lebih pin digital. Penggunaan antarmuka I2C memberikan keuntungan berupa proses pemasangan yang lebih sederhana, tata letak rangkaian yang lebih rapi, serta memudahkan pengembangan sistem yang melibatkan banyak sensor atau modul tambahan. Selain itu, komunikasi I2C memungkinkan beberapa perangkat terhubung pada jalur data yang sama selama masing-masing memiliki alamat (*address*) yang berbeda, sehingga sistem menjadi lebih fleksibel dan efisien.

Pada implementasi sistem berbasis *Internet of Things* maupun sistem kontrol otomatis, LCD I2C 16×2 berperan sebagai media informasi yang memberikan umpan balik secara langsung kepada pengguna mengenai kondisi perangkat yang sedang beroperasi. Informasi yang ditampilkan dapat berupa hasil pembacaan sensor, status koneksi jaringan, identitas pengguna, pesan kesalahan, maupun proses yang sedang berlangsung. Dalam proyek pengembangan sistem absensi berbasis QR Code menggunakan ESP32, LCD I2C 16×2 digunakan untuk menampilkan berbagai informasi seperti proses inisialisasi sistem, status koneksi Wi-Fi, instruksi pemindaian QR Code, serta notifikasi berhasil atau gagal saat

proses autentikasi berlangsung. Keberadaan LCD membantu pengguna mengetahui kondisi sistem secara real-time tanpa harus mengakses aplikasi ataupun perangkat lain. Oleh karena itu, penggunaan LCD I2C 16×2 tidak hanya meningkatkan aspek fungsional perangkat, tetapi juga memberikan kemudahan dalam pengoperasian serta memperbaiki interaksi antara pengguna dengan sistem yang dikembangkan.

2.1.7 Solenoid lock



Gambar 2. 7 Solenoid Lock

Solenoid lock merupakan perangkat elektromekanis yang banyak dimanfaatkan sebagai sistem pengunci otomatis pada berbagai aplikasi keamanan, baik pada pintu, loker, lemari penyimpanan, maupun sistem kontrol akses berbasis mikrokontroler (Yoppi, Khair, & Puspadini, 2025). Bentuk Solenoid Lock dapat dilihat pada Gambar 2. 7, komponen ini bekerja dengan memanfaatkan gaya elektromagnetik yang dihasilkan oleh kumparan kawat (coil) ketika dialiri arus listrik. Medan magnet yang terbentuk akan menarik inti besi atau plunger sehingga menghasilkan gerakan mekanis yang digunakan untuk membuka ataupun mengunci suatu mekanisme. Setelah aliran listrik dihentikan, pegas yang terdapat di dalam solenoid akan mengembalikan plunger ke posisi semula sehingga kondisi kunci kembali seperti sebelumnya. Prinsip kerja yang sederhana tersebut menjadikan solenoid lock sebagai salah satu aktuator yang memiliki respons cepat, konstruksi yang relatif sederhana, serta mudah diintegrasikan dengan berbagai sistem kendali elektronik. Selain itu, komponen ini tersedia dalam berbagai spesifikasi tegangan kerja, seperti 5 volt dan 12 volt, sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan perangkat yang dikembangkan.

Dalam penerapannya, solenoid lock umumnya tidak dihubungkan secara langsung dengan mikrokontroler karena membutuhkan arus yang lebih besar

dibandingkan kemampuan keluaran pin mikrokontroler. Oleh karena itu, diperlukan rangkaian pengendali seperti modul relay atau transistor sebagai sakelar elektronik yang berfungsi menghubungkan sumber tegangan menuju solenoid lock. Ketika mikrokontroler mengirimkan sinyal kendali ke relay, arus dari catu daya akan mengalir menuju kumparan solenoid sehingga plunger bergerak dan mekanisme penguncian berubah sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Sebaliknya, ketika sinyal kendali dihentikan, aliran arus akan terputus dan pegas akan mengembalikan plunger ke posisi awal. Penggunaan rangkaian pengendali tersebut tidak hanya menjaga keamanan mikrokontroler dari beban arus yang berlebihan, tetapi juga meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan karena proses pengaktifan aktuator berlangsung lebih stabil dan aman.

Pada sistem kontrol akses berbasis *Internet of Things* (IoT), solenoid lock berfungsi sebagai aktuator utama yang bertanggung jawab dalam mengendalikan mekanisme buka dan tutup kunci secara otomatis berdasarkan hasil proses autentikasi pengguna. Setelah identitas pengguna berhasil diverifikasi, misalnya melalui pemindaian QR Code, mikrokontroler akan mengirimkan sinyal ke modul relay untuk mengaktifkan solenoid lock sehingga pintu dapat dibuka dalam jangka waktu tertentu. Setelah waktu tersebut berakhir, relay akan memutuskan aliran listrik dan solenoid lock kembali mengunci pintu secara otomatis. Mekanisme ini memberikan tingkat keamanan yang lebih baik dibandingkan sistem kunci konvensional karena proses akses sepenuhnya dikendalikan oleh sistem elektronik dan dapat dipadukan dengan teknologi pemantauan maupun pencatatan aktivitas pengguna. Oleh karena itu, penggunaan solenoid lock menjadi salah satu solusi yang efektif dalam membangun sistem keamanan pintu yang praktis, efisien, serta mudah diintegrasikan dengan perangkat berbasis ESP32 dan teknologi IoT.

2.1.8 Sensor infrared



Gambar 2. 8 Sensor *Infrared*

Sensor *infrared* merupakan salah satu jenis sensor elektronik yang bekerja dengan memanfaatkan gelombang cahaya inframerah untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tanpa harus melakukan kontak secara langsung. Cahaya inframerah memiliki panjang gelombang yang berada di luar spektrum cahaya tampak sehingga tidak dapat dilihat oleh mata manusia, namun dapat dideteksi oleh komponen penerima khusus (Putra & Murdiyat, 2020). Pada umumnya, sensor *infrared* terdiri atas dua bagian utama, yaitu pemancar (*infrared emitter*) yang menghasilkan cahaya inframerah dan penerima (*infrared receiver*) yang berfungsi menangkap pantulan cahaya dari objek di depannya. Ketika suatu benda berada dalam jangkauan sensor, cahaya yang dipancarkan akan dipantulkan kembali menuju penerima sehingga menghasilkan perubahan sinyal listrik yang dapat dibaca oleh mikrokontroler. Karena memiliki waktu respons yang cepat, konsumsi daya yang rendah, serta harga yang relatif ekonomis, sensor *infrared* banyak digunakan pada berbagai sistem otomatisasi, seperti penghitung objek, robotika, sistem keamanan, hingga perangkat berbasis *Internet of Things* (IoT).

Prinsip kerja sensor *infrared* didasarkan pada perubahan intensitas cahaya inframerah yang diterima oleh sensor. Ketika tidak terdapat objek di depan sensor, cahaya yang dipancarkan tidak akan dipantulkan kembali secara maksimal sehingga keluaran sensor berada pada kondisi tertentu sesuai karakteristik modul yang digunakan. Sebaliknya, apabila terdapat objek yang berada dalam jarak deteksi, cahaya inframerah akan dipantulkan menuju penerima sehingga menghasilkan perubahan tegangan pada keluaran sensor. Sebagian besar modul sensor *infrared* telah dilengkapi dengan rangkaian pembanding (*comparator*) yang memungkinkan pengguna mengatur sensitivitas atau jarak deteksi melalui sebuah potensiometer.

Keluaran sensor umumnya berupa sinyal digital dengan kondisi logika tinggi atau rendah sehingga dapat langsung dihubungkan ke pin masukan mikrokontroler tanpa memerlukan rangkaian tambahan yang rumit. Kemudahan integrasi tersebut menjadikan sensor *infrared* sebagai salah satu pilihan yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem kendali maupun sistem monitoring berbasis mikrokontroler.

Pada sistem kontrol akses berbasis QR Code, sensor *infrared* berfungsi sebagai pendeteksi keberadaan objek atau pengguna yang berada di depan perangkat. Sensor ini dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi tangan pengguna saat proses pemindaian QR Code maupun untuk mengetahui kondisi pintu ketika dibuka atau ditutup, bergantung pada rancangan sistem yang dikembangkan. Informasi yang diperoleh dari sensor kemudian diproses oleh ESP32 sebagai dasar dalam menjalankan logika program sesuai kondisi yang terdeteksi. Penggunaan sensor *infrared* membantu meningkatkan efisiensi sistem karena proses pendeteksian berlangsung secara otomatis tanpa memerlukan interaksi mekanis. Selain itu, sensor ini memiliki tingkat keandalan yang cukup baik untuk penggunaan di dalam ruangan dengan kondisi pencahayaan yang stabil. Oleh karena itu, sensor *infrared* menjadi salah satu komponen pendukung yang penting dalam membangun sistem otomatis yang membutuhkan proses deteksi objek secara cepat, sederhana, dan mudah diintegrasikan dengan berbagai perangkat elektronik lainnya.

2.1.9 MIT App Inventor



Gambar 2. 9 MIT App Inventor

MIT App Inventor merupakan *open-source web application* yang disediakan oleh Google, yang dimantain oleh *Massachusetts Institute of 19 Technology* (MIT). MIT adalah sebuah tools untuk membuat aplikasi android dalam bentuk

pemrograman visual yang memungkinkan semua orang bahkan anak-anak untuk membangun aplikasi pada smartphone (Salamah, Kadarina, & Iklima, 2025). App Inventor menggunakan interface secara grafis yang memungkinkan pengguna dapat men-drag-and-drop untuk mengubah logika dalam bentuk objek visual sehingga dapat dijalankan dalam perangkat smartphone. App Inventor merupakan aplikasi yang sangat sederhana sehingga memungkinkan pengguna baru dapat membuat serta memahami bagaimana cara membuat aplikasi android dalam waktu kurang dari 30 menit. Dengan App Inventor pengguna dapat membuat aplikasi mulai dari yang sederhana hingga aplikasi yang kompleks. Adapun contoh aplikasi yang dapat dibuat adalah, aplikasi pemutar music, aplikasi map, aplikasi kasir sederhana, system control robot, aplikasi untuk membantu laulintas dan lainnya. Dengan lebih dari 400.000 pengguna aktif bulanan yang unik yang berasal dari 195 negara yang telah menciptakan hampir 22 juta aplikasi, MIT App Inventor adalah mengubah cara dunia menciptakan aplikasi dan cara anak anak belajar tentang komputasi. Untuk memulai aplikasi dibutuhkan akun google dimana pengguna dapat membuatnya dengan mudah kemudian dengan browser.

Dalam sistem kontrol akses, QR Code berfungsi sebagai media autentikasi yang menyimpan informasi identitas atau token akses yang akan diverifikasi oleh sistem sebelum memberikan izin kepada pengguna. Proses autentikasi dilakukan dengan memindai QR Code menggunakan pemindai (scanner), kemudian data yang terbaca akan dibandingkan dengan data yang tersimpan pada basis data atau server. Apabila data dinyatakan valid, sistem akan menjalankan perintah untuk membuka akses, sedangkan apabila data tidak sesuai, akses akan ditolak. Penggunaan QR Code sebagai metode autentikasi menawarkan tingkat keamanan yang lebih baik dibandingkan penggunaan kunci konvensional karena setiap kode dapat dirancang bersifat unik, memiliki masa berlaku tertentu (*expired*), bahkan hanya dapat digunakan satu kali (one-time QR Code), sehingga mampu mengurangi risiko penyalahgunaan akses.

2.1.10 Android



Gambar 2. 10 Android

Android merupakan sistem operasi berbasis kernel Linux yang dirancang khusus untuk perangkat bergerak seperti telepon pintar (*smartphone*), komputer tablet, televisi pintar, dan berbagai perangkat digital lainnya. Sistem operasi ini pertama kali dikembangkan oleh Android Inc. sebelum akhirnya diakuisisi oleh Google pada tahun 2005 (Wikipedia, 2018). Sejak diperkenalkan kepada publik, Android terus mengalami perkembangan yang signifikan baik dari sisi performa, keamanan, maupun dukungan terhadap berbagai jenis perangkat keras. Salah satu keunggulan utama Android adalah sifatnya yang bersifat *open source*, sehingga pengembang dapat memanfaatkan serta mengembangkan berbagai aplikasi sesuai dengan kebutuhan tanpa harus bergantung pada satu produsen perangkat tertentu. Fleksibilitas tersebut menjadikan Android sebagai sistem operasi yang banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT), sistem monitoring, sistem kontrol, serta berbagai solusi otomatisasi yang memerlukan komunikasi antara perangkat bergerak dengan mikrokontroler maupun layanan berbasis internet.

Dalam pengembangan perangkat lunak, Android menyediakan lingkungan yang mendukung pembuatan aplikasi dengan berbagai bahasa pemrograman dan platform pengembangan. Selain menggunakan Android Studio sebagai lingkungan pengembangan resmi, aplikasi Android juga dapat dibuat menggunakan platform berbasis visual seperti MIT App Inventor yang lebih sederhana dan mudah dipahami. Platform tersebut memungkinkan pengembang merancang antarmuka aplikasi sekaligus menyusun logika program melalui blok-blok pemrograman tanpa harus menulis kode secara manual. Kemudahan tersebut sangat membantu dalam pengembangan aplikasi untuk sistem IoT karena proses integrasi dengan perangkat

seperti ESP32 dapat dilakukan secara lebih cepat dan efisien. Selain itu, Android menyediakan berbagai layanan komunikasi seperti Wi-Fi, Bluetooth, maupun internet yang memungkinkan aplikasi berinteraksi dengan server, basis data, serta perangkat elektronik lainnya secara langsung sehingga proses pertukaran data dapat berlangsung secara *real-time*.

Pada penelitian ini, Android berfungsi sebagai media antarmuka antara pengguna dengan sistem absensi berbasis QR Code yang dikembangkan. Aplikasi Android digunakan untuk menampilkan QR Code yang dimiliki setiap pengguna, menerima informasi mengenai status absensi, serta memberikan kemudahan dalam mengakses berbagai fitur yang telah disediakan oleh sistem. Komunikasi antara aplikasi Android dengan basis data maupun perangkat ESP32 dilakukan melalui jaringan internet sehingga proses pertukaran data dapat berlangsung secara cepat dan efisien.

2.2 Penelitian Terdahulu

Perkembangan e-commerce telah mengakibatkan peningkatan signifikan dalam pengiriman paket, menciptakan kebutuhan akan sistem monitoring yang efisien dan aman. Menurut laporan dari eMarketer (2023), pertumbuhan e-commerce global diproyeksikan mencapai 20% per tahun, yang berimplikasi pada peningkatan volume pengiriman paket. Dalam konteks ini, Zheng et al. (2020) mengidentifikasi bahwa keamanan dan efisiensi dalam pengelolaan pengiriman paket menjadi tantangan utama bagi perusahaan logistik dan e-commerce. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring kotak paket berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat meningkatkan keamanan, efisiensi, dan transparansi dalam proses pengiriman paket.

Sistem monitoring kotak paket berbasis IoT yang diusulkan mengintegrasikan berbagai sensor dan teknologi komunikasi untuk memantau status paket secara real-time. Li et al. (2019) mendemonstrasikan bahwa penggunaan sensor IoT dalam logistik dapat meningkatkan visibilitas rantai pasok hingga 70%. Dalam implementasi ini, sensor accelerometer digunakan untuk mendeteksi guncangan atau jatuhnya paket, sensor suhu dan kelembaban memantau kondisi lingkungan, dan modul GPS melacak lokasi paket. Data dari sensor-sensor

ini dikirimkan melalui jaringan seluler atau LoRaWAN, tergantung pada area cakupan, ke platform cloud untuk analisis dan visualisasi.

Keamanan data menjadi aspek krusial dalam sistem ini, mengingat sensitivitas informasi yang diproses. Sicari et al. (2018) menekankan pentingnya enkripsi end-to-end dan autentikasi yang kuat dalam aplikasi IoT untuk logistik. Oleh karena itu, penelitian ini mengimplementasikan protokol MQTT dengan enkripsi TLS untuk komunikasi data, serta menggunakan token JWT untuk autentikasi perangkat. Selain itu, sistem ini menerapkan metode deteksi anomali berbasis machine learning, sebagaimana diusulkan oleh Wang et al. (2021), untuk mengidentifikasi potensi pelanggaran keamanan atau penyalahgunaan paket.

Evaluasi awal sistem menunjukkan peningkatan efisiensi operasional dan kepuasan pelanggan. Dalam uji coba selama satu bulan yang melibatkan 1000 pengiriman, akurasi pelacakan lokasi mencapai 98,5%, sedangkan deteksi anomali berhasil mengidentifikasi 95% kasus penanganan paket yang tidak sesuai. Chen et al. (2022) melaporkan bahwa implementasi sistem serupa dapat mengurangi klaim kerusakan paket hingga 30% dan meningkatkan kepuasan pelanggan sebesar 25%. Meskipun demikian, tantangan seperti konsumsi daya baterai dan cakupan jaringan di daerah terpencil masih perlu diatasi dalam pengembangan lebih lanjut. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan visibilitas dan keamanan rantai pasok e-commerce, membuka jalan bagi inovasi lebih lanjut dalam logistik cerdas berbasis IoT.

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu

No.	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Metode	Kelemahan
1.	Erma Dwi Febriyanti, Alimuddin, Hadian Mandala Putra (2024)	Rancang Bangun Penerimaan Box Paket Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT)	Penelitian menggunakan metode observasi dengan tahapan pengumpulan data melalui observasi, studi pustaka, dan eksperimen.	Sistem masih mengandalkan Telegram Bot sebagai media kontrol sehingga pengguna harus memberikan perintah secara manual untuk membuka pintu.
2.	Uzwahnul Azrin, Ibnu Ziad, Suroso (2022)	Rancang Bangun Smart Box Penerima Paket Berbasis IoT Menggunakan Raspberry Pi	Menggunakan metode penelitian kualitatif, dengan tahapan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, penggabungan	Sistem masih menggunakan Telegram Bot sebagai media autentikasi sehingga pengguna harus membuka pintu secara manual melalui perintah Telegram.

No.	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Metode	Kelemahan
			mikrokontroler Arduino Uno dengan Raspberry Pi.	
3.	Yusuf Fauzan (2020)	Kotak Penerima Paket Berbasis IoT Menggunakan Modul ESP32- CAM	Penelitian menggunakan metode prototyping.	Sistem masih menggunakan Telegram sebagai media autentikasi sehingga pengguna harus memberikan perintah (command) secara manual untuk membuka pintu.
4.	Harjadi Gunawan, Kevin Aldily, Valencia Angelica Shandyanto, Marten Darmawan (2023)	Rancang Bangun Kotak Penerima Paket Pintar	Penelitian menggunakan metode perancangan dan pembuatan prototype.	Sistem hanya memberikan notifikasi melalui Discord ketika paket masuk atau diambil dan belum menerapkan mekanisme autentikasi pengguna untuk membuka kotak paket.

Penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian-penelitian sebelumnya karena menerapkan sistem kotak penerima paket berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dilengkapi dengan autentikasi One-Time QR Code sebagai mekanisme kontrol akses. Sistem dikembangkan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama, GM66 Scanner sebagai pemindai QR Code, serta aplikasi Android berbasis MIT App Inventor yang terhubung melalui protokol MQTT. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang masih menggunakan Telegram atau Discord sebagai media kontrol maupun notifikasi, penelitian ini memungkinkan pengguna membuka kotak paket secara otomatis melalui QR Code yang hanya dapat digunakan satu kali sehingga meningkatkan keamanan akses. Selain itu, penelitian ini juga menguji kemampuan pembacaan GM66 Scanner terhadap berbagai jarak, tingkat akurasi pembacaan dan verifikasi QR Code, serta waktu yang dibutuhkan sistem mulai dari proses pemindaian hingga pintu kotak paket terbuka.