

## BAB 2

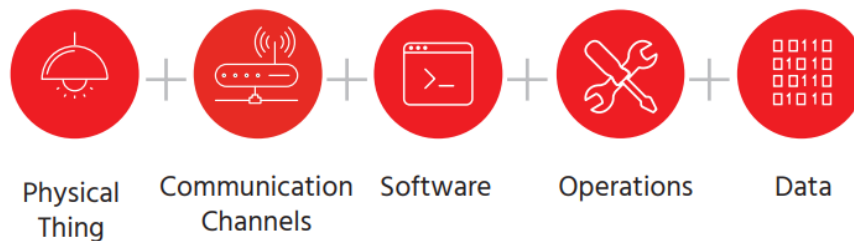
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Landasan Teori

##### 2.1.1 *Internet of Things (IoT)*

*Internet of Things (IoT)* adalah gagasan yang bertujuan untuk menggunakan konektivitas internet untuk terhubung dengan perangkat, mesin dan benda fisik lainnya. Ini dapat dicapai melalui penggunaan jaringan, sensor dan aktuator. Dengan demikian, *Internet of Things (IoT)* memungkinkan pengumpulan dan pengelolaan data, yang memungkinkan mesin untuk bekerja sama dan bertindak sesuai dengan informasi yang baru mereka peroleh (Nahdi & Dhika, 2021). Kevin Ashton adalah pencipta *Internet of Things (IoT)* pada tahun 1999. *Internet of Things (IoT)* adalah kumpulan benda (*things*) yang terhubung melalui internet. Ini bisa berupa *tag*, sensor, manusia atau aktuator. *Internet of Things (IoT)* berfungsi untuk mengumpulkan data dan informasi dari lingkungan fisik (lingkungan), yang kemudian diproses untuk menjelaskan maknanya (Rifandi, 2021).

Pada Gambar 2.1 merupakan bentuk fisik dari *Internet of Things (IoT)* (Dunko et al., 2017).



Gambar 2. 1 Sistem *Internet of Things (IoT)*  
Sumber : (Dunko et al., 2017)

##### 2.1.2 *Brankas*

Brankas adalah lemari berbentuk kotak yang biasanya terbuat dari besi tahan api yang digunakan untuk menyimpan barang berharga seperti uang, perhiasan dan dokumen penting. Dengan sistem penguncian kombinasi atau digital, brankas dirancang untuk melindungi isi dari kebakaran dan kerusakan paksa. Brankas tersedia dalam berbagai ukuran, mulai dari yang kecil dan portabel hingga yang besar dan berbentuk ruangan (Arsyad & Kartika, 2021).



Gambar 2. 2 Brankas  
Sumber : (Arsyad & Kartika, 2021)

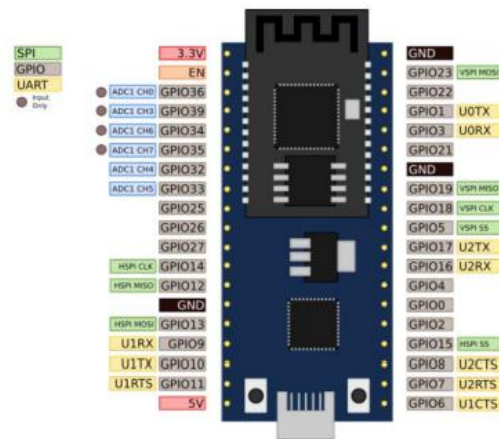
### 2.1.3 ESP32

Espressif Systems, perusahaan yang berbasis di Shanghai, China, membuat mikrokontroler bernama ESP32. ESP32 berfungsi sebagai penghubung antara mikrokontroler dan jaringan *WiFi*. Mikrokontroler ini menggunakan prosesor *dual-core* yang berjalan pada instruksi Xtensa LX16, yang memiliki spesifikasi yang tercantum dalam Tabel 2.2 (Kusumah & Pradana, 2019).

Tabel 2. 1 Spesifikasi ESP32

| No | Atribut         | Spesifikasi                                    |
|----|-----------------|------------------------------------------------|
| 1  | Prosesor        | <i>Dual-core</i> 32-bit, hingga 240 MHz        |
| 2  | Memori          | 520 KB SRAM, hingga 16 MB <i>Flash</i>         |
| 3  | GPIO            | Hingga 34 pin GPIO                             |
| 4  | <i>Wi-Fi</i>    | 802.11 b/g/n                                   |
| 5  | Bluetooth       | v4.2 BR/EDR, BLE                               |
| 6  | ADC/DAC         | 12-bit ADC, 2 kanal 8-bit DAC                  |
| 7  | Tegangan Kerja  | 3.3 Volt                                       |
| 8  | Kecepatan Clock | Hingga 240 MHz                                 |
| 9  | Mode Daya       | <i>Deep sleep</i> , <i>light sleep</i> , aktif |
| 10 | Suhu Kerja      | -40°C hingga 85°C                              |

Pada Tabel 2.2 menunjukkan bahwa mikrokontroler ESP32 memiliki antarmuka yang lengkap dan *WiFi* internal. Ini berarti bahwa ini adalah komponen yang tepat untuk alat peraga antarmuka mikrokontroler. Dengan fitur ini, itu cocok untuk alat peraga dan pelatihan *Internet of Things* (IoT). *Output* GPIO ESP32 ditunjukkan pada Gambar 2.3 (Kusumah & Pradana, 2019).



Gambar 2. 3 Pin Out ESP32  
Sumber : (Kusumah & Pradana, 2019)

#### 2.1.4 ESP32-Cam

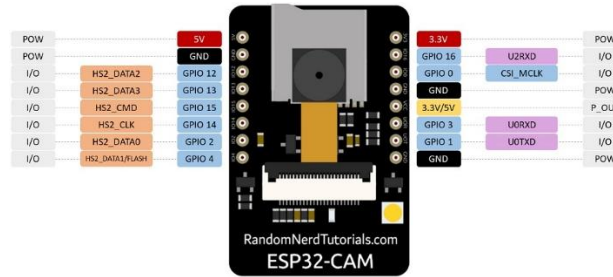
ESP32-Cam merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang memiliki berbagai fitur tambahan, termasuk *Bluetooth*, *WiFi*, kamera dan slot microSD. Modul ini biasanya dimanfaatkan dalam proyek *Internet of Things* (IoT) yang membutuhkan kemampuan kamera. Ketika dibandingkan dengan modul ESP32 sebelumnya, yaitu ESP32 Wroom, ESP32-Cam memiliki jumlah pin input/output yang lebih sedikit. Ini disebabkan oleh penggunaan banyak pin secara internal untuk mendukung fungsi kamera dan slot kartu *microSD*. Selain itu, modul ESP32-Cam tidak memiliki port USB yang khusus untuk meng-*upload* program dari komputer, sehingga untuk pemrograman modul ini diperlukan USB TTL atau dapat juga menggunakan *downloader* khusus untuk ESP32-Cam. Berikut spesifikasi dari ESP32-Cam yang ditunjukkan pada Tabel 2.3 (Marwita, 2023).

Tabel 2. 2 Spesifikasi ESP32-Cam

| Fitur                  | Spesifikasi                                         |
|------------------------|-----------------------------------------------------|
| Mikrokontroler         | ESP32-D0WD ( <i>dual-core</i> Tensilica Xtensa LX6) |
| Kecepatan <i>Clock</i> | Hingga 240 MHz                                      |
| Memori <i>Flash</i>    | 4 MB (SPI <i>Flash</i> )                            |
| RAM                    | 520 KB SRAM + 4 MB PSRAM                            |
| <i>Wi-Fi</i>           | 802.11 b/g/n (2.4 GHz)                              |
| <i>Bluetooth</i>       | <i>Bluetooth</i> v4.2 (BR/EDR dan BLE)              |

| Fitur               | Spesifikasi                                                                                                                                          |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kamera              | OV2640 (2 MP, hingga 1600×1200 piksel)                                                                                                               |
| Resolusi Kamera     | VGA (640×480), SVGA (800×600), UXGA (1600×1200), dan lainnya                                                                                         |
| Antarmuka Kamera    | DVP ( <i>Digital Video Port</i> )                                                                                                                    |
| GPIO Pins           | 9 GPIO yang dapat digunakan untuk fungsi I/O atau PWM                                                                                                |
| Antarmuka Tambahan  | UART, SPI, I2C, PWM, I2S, ADC (10-bit)                                                                                                               |
| Slot <i>MicroSD</i> | Mendukung kartu <i>MicroSD</i> hingga 4 GB                                                                                                           |
| Konektor Kamera     | Soket FPC untuk modul kamera OV2640                                                                                                                  |
| Mode Operasi Kamera | JPEG ( <i>default</i> ), YUV422, GRAYSCALE                                                                                                           |
| Sumber Daya         | 5V (melalui pin VIN atau <i>micro USB</i> )                                                                                                          |
| Arus Operasi        | Rata-rata sekitar 160 mA                                                                                                                             |
| Dimensi PCB         | 27 mm × 40.5 mm                                                                                                                                      |
| Fitur Tambahan      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mendukung <i>deep sleep mode</i></li> <li>- Pemrograman via UART dengan modul FTDI/USB-to-Serial</li> </ul> |
| Antena              | Antena PCB internal atau antena eksternal (melalui konektor IPEX)                                                                                    |

Mikrokontroler ESP32-CAM memiliki modul kamera yang terintegrasi pada *chip* ESP32-Cam, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.4. Modul kamera yang digunakan adalah tipe OV2640. Selain itu, ESP32-Cam dilengkapi dengan beberapa GPIO untuk mendukung koneksi perangkat tambahan serta menyediakan slot kartu *micro*-SD. Mikrokontroler ini juga mendukung koneksi nirkabel melalui *Bluetooth* dan *Wi-Fi* (Saputra & Ashabi, 2022).



Gambar 2. 4 Pin Out ESP32-Cam

Sumber : (Saputra & Ashabi, 2022)

### 2.1.5 Keypad 4x4

Salah satu modul sistem *embedded* yang paling umum adalah keypad, yang berfungsi sebagai perangkat input. Dilihat secara fisik, keypad terdiri dari sekumpulan tombol yang disusun dalam bentuk matriks dengan n baris dan n kolom. Tombol yang ditekan dideteksi dengan memeriksa baris dan kolom yang terhubung, yang disebut *scanning* keypad. Ketika n baris dan n kolom diperiksa, kombinasi dari keduanya akan menunjukkan tombol yang ditekan (Dicky et al., 2021).



Gambar 2. 5 Keypad 4x4

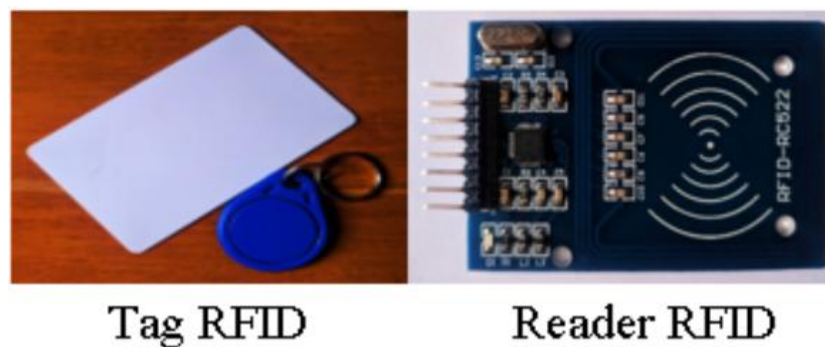
Sumber : (Dicky et al., 2021)

### 2.1.6 RFID

RFID (*Radio Frequency Identification*) adalah teknologi identifikasi berdasarkan gelombang yang memungkinkan pengambilan data jarak jauh dengan menggunakan sarana yang disebut *tag* RFID dan *tag* pembaca. *Tag* pembaca membaca sinyal yang dipancarkan oleh radio frekuensi dan *tag* pembaca merespon dengan mengirimkan kembali data yang terdiri dari rangkaian nomor unik (Alfarizi

et al., 2020).

RFID adalah sistem identifikasi otomatis yang berfungsi untuk menangkap data secara nirkabel. Sistem ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu *tag* (*responder*) dan pembaca (*reader*). *Tag* RFID dapat berbentuk kartu, pin, atau bentuk lainnya. Di dalam *tag* RFID terdapat sebuah *chip* berukuran kecil sekitar 0.4 mm, yang menyimpan nomor seri unik. Sementara itu, pembaca RFID adalah perangkat sensor yang membaca *tag* RFID. Ketika *tag* RFID didekatkan ke pembaca, perangkat tersebut akan mengidentifikasi *tag* tersebut. Gambar berikut menunjukkan komponen *tag* dan *reader* RFID (Alfarizi et al., 2020).



Gambar 2. 6 Komponen RFID  
Sumber : (Alfarizi et al., 2020)

#### 2.1.7 LCD 16x2 (*Liquid Crystal Display*)

*Liquid Crystal Display* (LCD) adalah rangkaian elektronika yang digunakan untuk menampilkan informasi atau indikator yang diberikan ke mikrokontroler. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7, LCD telah digunakan di banyak tempat, seperti televisi, kalkulator atau bahkan layar komputer. Salah satu aplikasi LCD yang digunakan adalah LCD *dot* matrik dengan ukuran karakter 16×2. LCD juga sangat baik sebagai penampil status kerja alat (Suryantoro, 2019).



Gambar 2. 7 LCD (*Liquid Crystal Display*)  
Sumber : (Suryantoro, 2019)

### 2.1.8 I2C LCD

Modul LCD I2C dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*) atau TWI (*Two Wire Interface*). Pada umumnya, modul LCD dikendalikan secara paralel untuk jalur data dan kontrol. Namun, jalur paralel membutuhkan banyak pin di *controller* (seperti komputer, Arduino, dll.). Untuk mengendalikan modul LCD, setidaknya akan membutuhkan enam atau tujuh pin. Oleh karena itu, menggunakan jalur paralel tidak cocok untuk *controller* yang harus mengontrol banyak input/output. Gambar 2.8 menunjukkan modul *converter* I2C yang menggunakan *controller chip* ICPCF8574 produk NXP. IC ini berfungsi sebagai pengembang input/output 8 bit untuk bus I2C, berfungsi sebagai *register shift* (Suryantoro, 2019).



Gambar 2. 8 Modul I2C LCD  
Sumber : (Suryantoro, 2019)

### 2.1.9 Sensor Modul SW-420

Sensor getar SW-420 digunakan sebagai perangkat pendeteksi getaran dan guncangan yang terjadi pada suatu objek. Modul ini tersusun atas elemen sensor berbasis pegas, rangkaian pengondisi sinyal, dan keluaran digital yang menunjukkan kondisi terdeteksi atau tidak terdeteksinya getaran. Saat sensor menerima getaran, elemen pegas akan mengalami perubahan yang menghasilkan sinyal listrik. Sinyal tersebut kemudian diperkuat dan diproses sehingga dapat digunakan sebagai indikator adanya getaran. Tingkat sensitivitas sensor dapat diatur melalui potensiometer yang tersedia pada modul, sehingga pengguna dapat menyesuaikan ambang deteksi sesuai kebutuhan aplikasi (Adi et al., 2025).



Gambar 2. 9 Modul SW-420  
Sumber : (Adi et al., 2025)

#### 2.1.10 Solenoid Door Lock

Solenoid door lock berfungsi sebagai aktuator. Cara kerja dari solenoid seperti pengunci dan akan aktif ketika diberikan tegangan. Pada solenoid terdapat kawat yang melingkari inti besi. Ketika arus listrik mengalir melalui kawat, terjadi medan magnet yang menghasilkan energi, yang menarik inti besi ke dalam solenoid (Dicky et al., 2021).



Gambar 2. 10 Solenoid Door Lock  
Sumber : (Arsyad & Kartika, 2021)

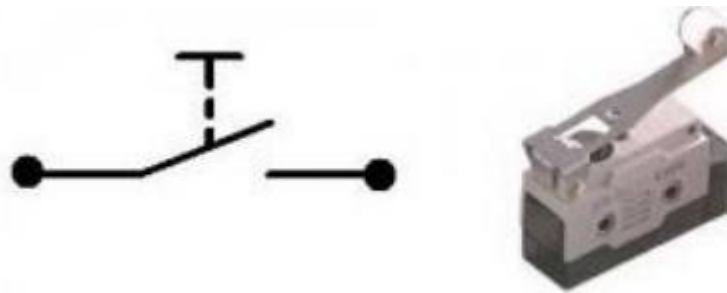
#### 2.1.11 Limit Switch

Limit switch merupakan sebuah perangkat yang berfungsi untuk mengontrol arus listrik dalam suatu rangkaian dengan cara menghubungkan atau memutuskannya, bergantung pada struktur mekanisnya. Perangkat ini memiliki tiga terminal utama, yaitu central terminal, *normally close* (NC) terminal, dan *normally open* (NO) terminal. Sesuai dengan fungsinya, limit switch digunakan untuk membatasi kinerja suatu perangkat yang sedang beroperasi. Ketiga terminal tersebut, yakni NC, NO, dan central, dapat berperan dalam mengalirkan atau menghentikan arus listrik dalam rangkaian sesuai kebutuhan.

Limit switch adalah jenis saklar yang memiliki katup sebagai pengganti tombol. Prinsip kerjanya serupa dengan saklar Push ON, di mana arus listrik akan

terhubung ketika katup ditekan hingga batas tertentu dan akan terputus saat katup tidak lagi ditekan. Perangkat ini tergolong dalam kategori sensor mekanis, yaitu sensor yang menghasilkan perubahan elektrik ketika terjadi perubahan mekanik pada komponennya. Salah satu penerapan limit switch adalah sebagai sensor untuk mendeteksi posisi suatu objek yang bergerak.

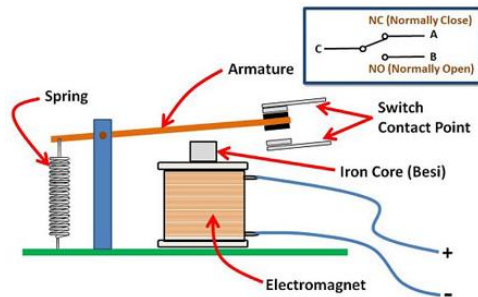
Limit switch bekerja dengan cara diaktifkan melalui penekanan tombol pada area yang telah ditentukan, sehingga dapat menghubungkan atau memutuskan arus dalam suatu rangkaian. Perangkat ini memiliki dua jenis kontak, yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC), di mana salah satu kontak akan aktif ketika tombol ditekan. Struktur dan simbol limit switch dapat dilihat pada gambar di bawah ini (Saleh Muhamad, 2017).



Gambar 2. 11 Limit Switch  
Sumber : (Saleh & Munnik, 2017)

#### 2.1.12 Modul Relay

Komponen elektronika yang terdiri dari saklar atau *switch* elektrik yang dioperasikan secara listrik dikenal sebagai relay. Relay digunakan untuk menggerakkan sejumlah kontak atau dikenal sebagai saklar secara elektrik yang biasa disebut relay elektromagnetik. Efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan ketika listrik dialiri membuat kontak tertutup (*Normally Closed*) atau kontak terbuka (*Normally Open*). Pada dasarnya relay terdiri dari dua bagian yaitu koil dan kontak. Koil adalah gulungan kawat yang mendapatkan arus listrik, dan kontak adalah semacam saklar yang bekerja ketika ada atau tidaknya arus listrik pada koil. Dengan menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan saklar, relay dapat menghantarkan listrik bertegangan lebih tinggi dengan arus listrik yang kecil (Raharja & Ramadhon, 2021).



Gambar 2. 12 Rangkaian Relay  
Sumber : (Raharja & Ramadhon, 2021)



Gambar 2. 13 Modul Relay  
Sumber : (Raharja & Ramadhon, 2021)

### 2.1.13 Step-Down MP1584

Step-Down MP1584 merupakan regulator *switching* step-down frekuensi tinggi yang dilengkapi dengan MOSFET daya tegangan tinggi sisi tinggi internal. Regulator ini mampu menghasilkan output sebesar 3A dengan kontrol mode arus untuk respon *loop* yang cepat serta kompensasi yang mudah. Rentang input yang luas, mulai dari 4.5V hingga 28V, mendukung berbagai aplikasi step-down. Modul MP1584 mampu mengatur tegangan dalam rentang 0,8V hingga 25V. Efisiensi konversi daya yang tinggi dapat tercapai pada rentang beban yang luas dengan cara menurunkan frekuensi *switching* pada kondisi beban ringan, sehingga dapat mengurangi kerugian *switching* dan penggerak gerbang (Ipanhar et al., 2022).



Gambar 2. 14 Modul *Step-Down* MP1584  
Sumber : (Ipanhar et al., 2022)

#### 2.1.14 Buzzer

Buzzer adalah alat elektronika yang mengubah getaran listrik menjadi suara. Prinsip kerja buzzer hampir sama dengan *loudspeaker*. Buzzer terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian dialiri arus yang membuat kumparan menjadi elektromagnetik. Kumparan tersebut dapat tertarik ke dalam atau keluar tergantung pada arah arus dan polaritas magnetnya yang nantinya akan menghasilkan suara (Raharja & Ramadhon, 2021).



Gambar 2. 15 Buzzer

Sumber : <https://udvabony.com/product/dc-12v-85db-mechanical-buzzer-alarm/>

#### 2.1.15 UPS Controller 12 Volt

UPS *Controller* 12V merupakan bagian pengendali pada sistem *Uninterruptible Power Supply* (UPS) yang bertugas mengelola proses pengisian baterai, memantau kondisi sistem, serta mengatur perpindahan sumber daya antara catu daya utama dan baterai cadangan. Pengontrol ini memungkinkan sistem tetap memberikan suplai listrik secara berkelanjutan ketika terjadi gangguan pada sumber daya utama. Selain itu, UPS *Controller* juga berfungsi mengatur arus dan tegangan pengisian baterai serta melakukan pemantauan parameter sistem untuk menjaga keandalan dan keamanan operasi perangkat elektronik yang terhubung (Sharov et al., 2022).



Gambar 2. 16 UPS Controller 12 Volt

Sumber : (Sharov et al., 2022)

#### 2.1.16 Baterai SLA 12 Volt

Baterai *Sealed Lead Acid* (SLA) merupakan jenis baterai timbal-asam tertutup yang dirancang agar tidak memerlukan penambahan elektrolit selama masa penggunaannya. Baterai ini banyak digunakan sebagai sumber daya cadangan pada sistem elektronik karena memiliki konstruksi yang tertutup rapat, biaya yang relatif ekonomis, serta kemampuan menyuplai energi secara stabil. Salah satu parameter penting pada baterai SLA adalah *State of Charge* (SOC), yaitu indikator yang menunjukkan persentase kapasitas energi yang masih tersimpan dibandingkan dengan kapasitas maksimum baterai. Pemantauan SOC diperlukan untuk mengetahui kondisi baterai sehingga proses pengisian dan pengosongan daya dapat dilakukan secara optimal serta memperpanjang umur pakai baterai (Afrida et al., 2023).



Gambar 2. 17 Baterai SLA 12 Volt  
Sumber : (Afrida et al., 2023)

#### 2.1.17 Adaptor

Adaptor elektronik adalah alat yang memberikan daya kepada alat yang membutuhkannya. Adaptor yang digunakan dalam penelitian ini adalah adaptor 12V yang dapat mengubah arah arus dari AC ke DC atau sebaliknya serta mengubah tegangan dengan menaikkan atau menurunkan tegangan sesuai dengan kebutuhan alat (Kresnha et al., 2019).



Gambar 2. 18 Adaptor  
Sumber : (Sutarti et al., 2022)

### 2.1.18 Telegram

Telegram adalah layanan pengiriman pesan *real-time* yang dapat digunakan di ponsel, desktop dan platform *web*. Telegram memiliki fitur *bot*, biasanya program *bot* diprogram untuk bertindak seperti jika mereka dioperasikan. Telegram *bot* adalah akun telegram khusus yang didesain untuk menangani pesan secara otomatis. Pengguna dapat berinteraksi dengan *bot* dengan mengirimkan pesan perintah (*command*) ke perangkat *Internet of Things*. *Bot* juga dapat memberikan informasi tentang tagihan, informasi tentang permintaan pengguna pada instansinya dan banyak hal lain seperti mengajarkan sesuatu, bermain, mencari sesuatu, membagikan sesuatu, mengingatkan sesuatu (*reminder*), bahkan dapat mengirimkan perintah (*command*) ke perangkat *Internet of Things*. Akun telegram *bot* tidak memerlukan nomor telepon untuk dibuat. Akun ini hanya berfungsi sebagai antarmuka untuk kode server (Achmad et al., 2024).



Gambar 2. 19 Telegram  
Sumber : <https://forestryexplained.co.za/2020/02/03/from-whatsapp-to-telegram/telegram-logo-featured/>

## 2.2 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini, terdapat beberapa karya yang relevan terkait dengan pengembangan sistem keamanan berbasis IoT untuk brankas atau penyimpanan

yang mengintegrasikan perangkat mikrokontroler, sensor, serta platform IoT untuk pengelolaan jarak jauh. Beberapa penelitian terdahulu ini berfokus pada metode autentikasi, penggunaan perangkat IoT, serta efektivitas sistem keamanan yang dikembangkan. Berikut adalah beberapa penelitian yang relevan.

Penelitian pertama oleh Mahesa et al (2019) yang berjudul “Sistem Keamanan Brankas Berbasis Kartu RFID e-Ktp”. Penulis menerapkan sistem autentikasi RFID menggunakan e-KTP dan solenoid door lock untuk mengunci brankas. Penggunaan RFID sebagai metode autentikasi menawarkan kemudahan bagi pengguna dan meningkatkan keamanan, tetapi terdapat keterbatasan dalam hal integrasi *monitoring* jarak jauh. Pada penelitian ini menunjukkan keunggulan pada penggunaan e-KTP sebagai metode autentikasi, yang memberikan kemudahan sekaligus keamanan bagi pengguna. Penggunaan solenoid door lock juga menawarkan mekanisme penguncian fisik yang sederhana namun efektif. Akan tetapi, penelitian ini tidak mencakup fitur *monitoring* jarak jauh atau sistem notifikasi untuk pemberitahuan *real-time*, dan hanya bergantung pada autentikasi RFID tanpa perlindungan tambahan seperti alarm atau sensor.

Penelitian kedua oleh Ali et al (2021) dengan judul “Keamanan Brankas Menggunakan e-KTP dan Notifikasi Via Telegram Berbasis IoT (*Internet of Things*)”. Penulis merancang penelitian yang menggunakan e-KTP dan notifikasi melalui aplikasi telegram untuk meningkatkan keamanan brankas. Metodologinya melibatkan penggunaan sensor-sensor seperti HCSR04, flame detector dan modul GPS Neo 6. Hasil penelitian menunjukkan bahwa notifikasi pada aplikasi telegram dapat dikirimkan dalam waktu rata-rata 5.8 detik dan sensor-sensor lainnya efektif dalam mendeteksi gangguan. Pada penelitian ini memiliki keunggulan dengan integrasi notifikasi melalui aplikasi telegram, yang memungkinkan pengguna menerima informasi secara *real-time*. Penelitian ini juga menggunakan e-KTP sebagai metode autentikasi, yang memberikan tingkat keamanan lebih tinggi melalui data unik. Selain itu, pemanfaatan sensor seperti HCSR04, flame detector dan modul GPS Neo 6 menawarkan deteksi gangguan yang komprehensif. Namun, penelitian ini memiliki kelemahan pada waktu pengiriman notifikasi yang rata-rata membutuhkan 5.8 detik, yang dapat dianggap lambat dalam situasi darurat. Kompleksitas perangkat yang digunakan juga meningkatkan potensi gangguan

teknis.

Pada penelitian ketiga oleh Mahligai et al (2022) yang berjudul “Perancangan Sistem Keamanan Brankas dengan Verifikasi Password dan Sidik Jari Berbasis IoT”. Penulis pada penelitiannya menggunakan verifikasi *password* dan sidik jari untuk meningkatkan keamanan brankas. Metodologinya melibatkan penggunaan *fingerprint scanner* dan *interlock* kombinasi. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa alarm akan berbunyi dan sistem akan mengirimkan notifikasi pada aplikasi telegram jika terjadi kesalahan. Pada penelitian ini memiliki kelebihan pada penerapan verifikasi ganda melalui *password* dan sidik jari, yang meningkatkan keamanan sistem secara signifikan. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan alarm dan notifikasi telegram sebagai respon terhadap gangguan atau kesalahan akses, memberikan solusi keamanan yang lebih terintegrasi. Meskipun demikian, kelemahan dari penelitian ini adalah tidak adanya fitur *monitoring* jarak jauh atau kontrol *real-time* oleh pengguna.

Penelitian keempat oleh Nudin & Wisjhnuadji (2023) dengan judul “Penerapan Sistem Monitoring dan Kontrolling Pada Keamanan Brankas Berbasis IoT”. Penulis berfokus pada implementasi sistem *monitoring* dan *controlling* keamanan brankas menggunakan teknologi IoT. Metode yang digunakan meliputi arduino mega 2560, ESP8266, RFID RC522 *Reader* dan keypad 4×4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat melindungi barang berharga dari pencurian dengan efektif. Pada penelitian ini menunjukkan kelebihan pada penggunaan kombinasi perangkat keras seperti Arduino Mega 2560, ESP8266, dan RFID RC522 *Reader* yang telah terbukti handal untuk mendukung sistem IoT. Selain itu, sistem yang dikembangkan mampu melindungi barang berharga secara efektif dari ancaman pencurian. Namun, penelitian ini memiliki kelemahan karena tidak dilengkapi dengan fitur alarm atau notifikasi yang dapat memberikan respon cepat kepada pengguna jika terjadi gangguan dan lebih berfokus pada perangkat keras daripada pengembangan antarmuka pengguna yang mempermudah pengelolaan sistem.

Pada penelitian kelima oleh Aziz et al (2024) yang berjudul “Implementasi Smart Brankas Berbasis *Internet Of Things* Pada PT. Umpi Teknologi Indonesia”. Penulis mengembangkan sistem *smart* brankas dengan memanfaatkan teknologi

*Internet of Things*. Perancangan sistem meliputi penggunaan keypad sebagai alat input untuk membuka brankas, serta solenoid door lock yang berfungsi sebagai mekanisme pengunci. Sistem ini dirancang agar dapat diakses secara *remote*, memberikan kemudahan dalam pengoperasian dan meningkatkan keamanan. Pada penelitian ini memiliki keunggulan pada sistem akses jarak jauh yang dirancang menggunakan teknologi *Internet of Things*, memberikan fleksibilitas dan kemudahan operasional bagi pengguna. Penggunaan keypad sebagai alat input dan solenoid door lock sebagai mekanisme pengunci juga menjadi kelebihan dalam meningkatkan keamanan. Namun, kelemahan dari penelitian ini adalah tidak adanya metode autentikasi tambahan seperti sidik jari atau RFID untuk memperkuat keamanan sistem, serta tidak disebutkan bagaimana sistem merespon ancaman atau gangguan fisik secara langsung.

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

| Penulis                    | Judul                                                                                                     | Metode                                                                                                                                                                                                                             | Hasil                                                                                                                        |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mahesa et al (2019)        | Sistem Keamanan Brankas Berbasis Kartu RFID e-Ktp                                                         | RFID dengan e-KTP sebagai autentikasi dan solenoid door lock sebagai pengunci.                                                                                                                                                     | Penggunaan RFID dengan e-KTP meningkatkan kemudahan dan keamanan dalam sistem autentikasi.                                   |
| Ali et al (2021)           | Keamanan Brankas Menggunakan e-KTP dan Notifikasi Via Telegram Berbasis IoT ( <i>Internet of Things</i> ) | Menggunakan e-KTP, sensor HCSR04, sensor flame dan modul GPS Neo 6. Pengujian notifikasi telegram dan sensor-sensor lainnya.                                                                                                       | Notifikasi telegram berhasil dikirimkan dalam waktu rata-rata 5.8 detik dan sensor-sensor efektif dalam mendeteksi gangguan. |
| Mahligai et al (2022)      | Perancangan Sistem Keamanan Brankas dengan Verifikasi Password dan Sidik Jari Berbasis IoT                | Menggunakan <i>fingerprint scanner</i> dan <i>interlock</i> kombinasi, alarm akan berbunyi dan sistem akan mengirimkan notifikasi telegram jika terjadi kesalahan. Sistem efektif dalam verifikasi <i>password</i> dan sidik jari. | Sistem multi-autentikasi <i>password</i> dan sidik jari meningkatkan tingkat keamanan brankas.                               |
| Nudin & Wisjhnuadji (2023) | Penerapan Sistem Monitoring dan Kontrolling                                                               | Menggunakan Arduino Mega 2560, ESP 8266, RFID RC522 <i>Reader</i> dan keypad 4×4. Sistem                                                                                                                                           | Mampu melindungi barang berharga dari pencurian dengan sistem keamanan berlapis.                                             |

| Penulis              | Judul                                                                                           | Metode                                                                           | Hasil                                                                                                 |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      | Pada Keamanan Brankas Berbasis IoT                                                              | integratif untuk <i>monitoring</i> dan <i>controlling</i> keamanan brankas.      |                                                                                                       |
| Aziz et al<br>(2024) | Implementasi Smart Brankas Berbasis <i>Internet Of Things</i> Pada PT. Umbi Teknologi Indonesia | Rancangan sistem menggunakan IoT serta penggunaan keypad dan solenoid door lock. | Meningkatkan keamanan penyimpanan dan sistem dapat diakses secara <i>remote</i> melalui aplikasi IoT. |

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang telah dikaji, diperoleh dasar yang kuat untuk pengembangan Sistem Keamanan Brankas Berbasis Internet of Things (IoT). Penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian sebelumnya karena mengintegrasikan beberapa metode autentikasi dan fitur keamanan dalam satu sistem yang terhubung dengan internet. Sistem yang dirancang menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama untuk mengendalikan dan mengintegrasikan seluruh komponen keamanan brankas.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya menggunakan satu atau dua metode autentikasi, penelitian ini menerapkan autentikasi berlapis berupa RFID, PIN pada keypad, dan kode OTP (*One Time Password*) yang dikirim melalui Telegram sebelum pengguna dapat mengakses brankas. Selain itu, sistem dilengkapi dengan sensor getar SW-420 untuk mendeteksi adanya benturan atau upaya pembobolan, solenoid door lock sebagai mekanisme penguncian elektronik, serta limit switch untuk mendeteksi kondisi pintu brankas.

Sistem ini juga dilengkapi dengan ESP32-CAM yang berfungsi mengambil foto setiap aktivitas akses terhadap brankas, LCD I2C 16×2 sebagai media informasi status akses, dan buzzer sebagai alarm ketika terjadi kesalahan autentikasi sebanyak tiga kali atau lebih maupun ketika terdeteksi indikasi pembobolan. Seluruh aktivitas brankas dapat dipantau secara *real-time* melalui Telegram, termasuk penerimaan notifikasi dan foto hasil tangkapan ESP32-CAM.

Dengan menggabungkan berbagai komponen dan teknologi *Internet of Things* (IoT), sistem yang diusulkan diharapkan mampu memberikan tingkat keamanan yang lebih tinggi, meningkatkan efektivitas deteksi terhadap percobaan akses tidak sah, serta memberikan kemudahan monitoring secara *real-time*. Oleh karena itu, sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi yang lebih aman, modern, dan terintegrasi dalam melindungi uang, dokumen penting, maupun barang berharga lainnya.