

RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN KOTAK AMAL DENGAN ESP32-CAM DAN AKSES FINGERPRINT BERBASIS TELEGRAM

Alicia Zahra¹, Abdul Aziz Tanjung², Samaria Chrisna HS³
Teknik Elektronika^{1,2,3}, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan
aliciazahra@students.polmed.ac.id¹, abdulaziztanjung@students.polmed.ac.id²,
samariachrisna@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Sistem keamanan pada kotak amal menjadi penting untuk mencegah tindakan pencurian dan kerusakan. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun prototipe sistem keamanan kotak amal yang dapat mendeteksi aktivitas mencurigakan dan mengirimkan notifikasi secara real-time melalui internet. Tujuan jangka panjang dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem keamanan berbasis IoT yang lebih andal untuk memperkuat keamanan kotak amal yang ada di tempat ibadah. Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup hasil pengujian sensor fingerprint dan sensor getaran (SW420) dengan beberapa skenario pengujian yang dirancang untuk memastikan keandalan dan sensitivitas sensor. Metode eksperimen kuantitatif digunakan dengan teknik pengumpulan data melalui pengamatan langsung dan pencatatan hasil pengujian. Analisis data dilakukan dengan membandingkan tingkat keberhasilan deteksi dan waktu respon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi 100% untuk kedua sensor, serta mampu memberikan notifikasi real-time melalui Telegram. Pengembangan lebih lanjut dapat mencakup penambahan sensor ultrasonik untuk deteksi perpindahan kotak amal dan peningkatan fitur interaktif pada aplikasi Telegram.

Kata Kunci : Sistem Keamanan, Kotak Amal, Sensor Fingerprint, Sensor Getaran, Telegram

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pencurian merupakan tindakan kriminal yang sering ditemui di masyarakat. Kasus yang sering terjadi saat ini adalah pencurian dan pembobolan pada kotak amal yang ada di masjid. Salah satunya terjadi di dekat sungai perbatasan Kelurahan Karangtengah dan Desa Kuningan, di mana 11 kotak amal ditemukan kosong dan rusak (Radio, 2024)(Radio, 2024 #25). Kotak amal yang digunakan untuk menyimpan sumbangan jamaah masjid yang nantinya akan digunakan untuk kegiatan yang bermanfaat maupun untuk peningkatan operasional masjid, menjadi sasaran pencurian karena minimnya sistem keamanan. Penggunaan gembok sebagai satu-satunya pengamanan dinilai kurang memadai, sehingga pencuri dengan mudah membobol kotak amal. Karenanya, tindakan pencurian ini tidak hanya merugikan secara finansial, tetapi juga mengganggu kelancaran kegiatan keagamaan dan sosial yang akan diadakan di masjid. (Irawan et al., 2022).

Untuk mengatasi masalah tersebut, penulis merancang sistem keamanan kotak amal berbasis ESP32-CAM dan sensor fingerprint yang terhubung dengan aplikasi Telegram. Alat ini tidak hanya memberikan perlindungan fisik melalui akses sidik jari, tetapi juga dilengkapi dengan sensor getaran SW420 yang akan mengaktifkan alarm jika mendeteksi upaya pembobolan. Sistem ini memungkinkan pengelola masjid menerima notifikasi berupa gambar dan informasi secara real-time melalui Telegram jika ada percobaan akses atau pembobolan kotak amal.

Dengan demikian, alat ini diharapkan mampu memberikan perlindungan lebih terhadap kotak amal, mengurangi risiko pencurian, serta meningkatkan keamanan bagi masjid dan jamaah.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Terdahulu

Penulis mengacu pada beberapa penelitian terdahulu untuk memperkaya kajian dalam penelitian ini. Penelitian yang dilakukan oleh A. Nugroho & Almasri, 2021 dengan judul Alat Keamanan Kotak Amal Untuk Mengatasi Pencurian Berbasis GSM ini menghasilkan sebuah alat yang menggunakan sensor ultrasonik yang ditempatkan di bagian bawah kotak untuk mendeteksi jarak saat kotak diangkat. Di bagian penutup, diletakan sensor MC38 untuk mendeteksi saat penutup dibuka. Sensor SW420 digunakan untuk mendeteksi getaran pada kaca kotak amal. Saat kaca kotak amal pecah, sensor akan mengirim informasi melalui modul GSM dan dikirim ke penerima alarm menggunakan modul NRF24101.

Referensi lainnya adalah penelitian oleh Hermawan, Jufrizel, Ullah, & Faizal, 2023 dengan judul Rancang Bangun Keamanan Kotak Amal dengan Akses Fingerprint Menggunakan ESP32-CAM dan Telegram Berbasis IoT. Alat yang dirancang menggunakan fingerprint sensor sebagai akses untuk membuka kotak amal. Jika sidik jari yang dideteksi terdaftar, maka solenoid terbuka dan ESP32-CAM akan menangkap gambar yang langsung terkirim ke telegram. Apabila sidik jari tidak terdaftar, maka buzzer akan berbunyi dan ESP32-CAM akan menangkap gambar dan mengirimkannya ke telegram.

Landasan Teori

Telegram

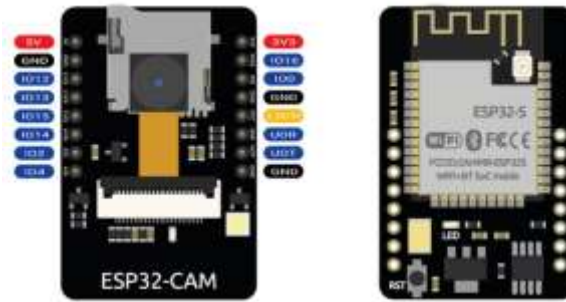
Telegram adalah aplikasi pesan cepat, ringan, aman, dan tersedia secara gratis untuk berbagai perangkat, termasuk smartphone, tablet, dan komputer. Diluncurkan pada tahun 2013, Telegram mendukung pengiriman pesan teks, foto, video, dan dokumen, serta memungkinkan pembuatan grup hingga 20.000 anggota dan channel untuk broadcast pesan. Aplikasi ini juga menawarkan fitur keamanan seperti enkripsi end-to-end untuk panggilan suara. Selain itu, Telegram mendukung adanya bot yang merupakan akun khusus yang memungkinkan pengguna membuat aplikasi chatting yang disesuaikan tanpa memerlukan nomor telepon tambahan. Tampilan dari aplikasi telegram dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Aplikasi Telegram

ESP32-CAM

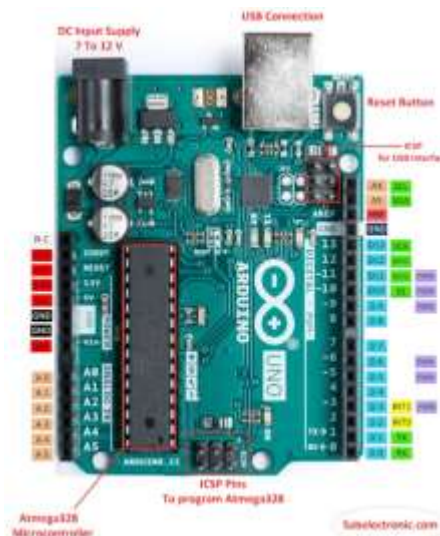
ESP32-CAM adalah sebuah board berbasis ESP32 yang disertai dengan modul kamera. Perbedaan utama dengan produk ESP sebelumnya adalah bahwa ESP32-CAM memiliki pin I/O yang lebih sedikit, yaitu hanya 10 pin GPIO yang dapat diakses. Pin lain pada ESP32-CAM digunakan untuk mengoperasikan fungsi kamera dan slot kartu micro SD. ESP32-CAM memerlukan adaptor eksternal seperti adaptor FTDI, yaitu adaptor yang berfungsi untuk menghubungkan modul ESP32-CAM dengan komputer dikarenakan tidak memiliki port micro USB (Rachmawati, 2023). Tampilan dari modul ESP32-CAM dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Modul ESP32-CAM

Arduino Uno

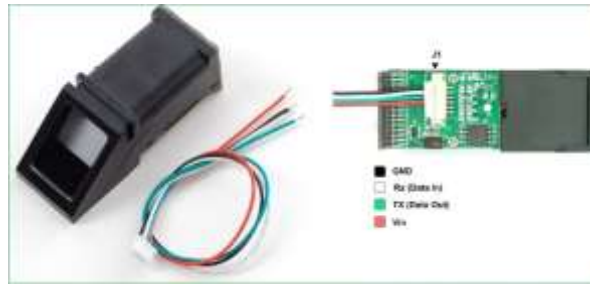
Arduino Uno adalah sebuah board mikrokontroller yang berbasis ATmega328P. Arduino ini dilengkapi dengan berbagai fitur, seperti memiliki 14 pin digital input/output yang mana 6 pin di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM, dan 6 pin analog input yang menggunakan crystal 16 MHz yaitu pin A0-A5. Untuk pemrograman arduino dapat memakai Arduino IDE (Integrated Development Environment) yang berjalan pada komputer. Software ini memungkinkan pengguna untuk menulis dan meng-upload kode dari komputer ke perangkat Arduino dengan mudah (Yusup, 2024). Tampilan dari aplikasi Arduino Uno dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Arduino Uno

Sensor Fingerprint

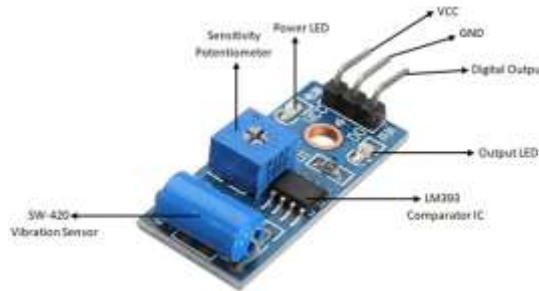
Sensor fingerprint adalah perangkat elektronik yang memindai sidik jari untuk mengambil gambar dan mencocokkannya dengan pola di database. Metode umum yang digunakan adalah optical scanning, yang menggunakan Charge Coupled Device (CCD) untuk mengambil gambar saat jari ditempatkan pada permukaan kaca. CCD menghasilkan gambar sidik jari dengan area gelap untuk bagian punggung dan area terang untuk bagian lebih rendah dari sidik jari (Setiawan, Permana, & Handoko, 2019). Tampilan dari sensor fingerprint dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Sensor Fingerprint

Sensor Getaran (SW420)

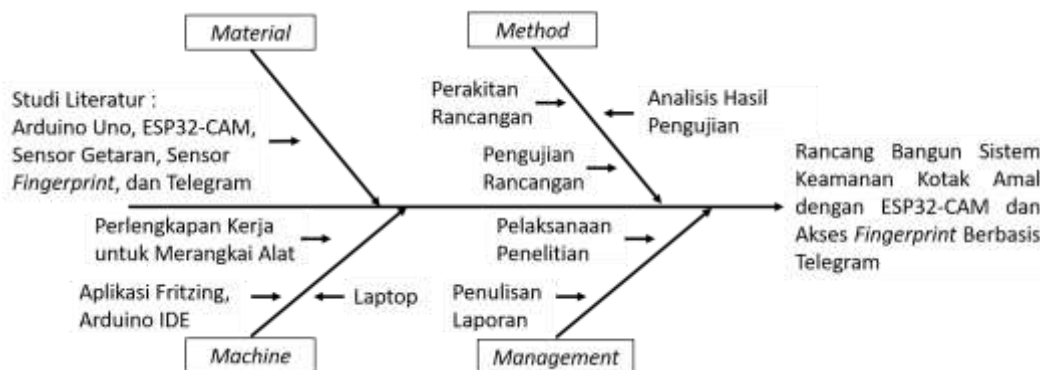
Sensor SW420 adalah perangkat yang mendeteksi getaran menggunakan pelampung logam yang bergetar dalam tabung dengan dua elektroda. Ketika sensor mendeteksi getaran, ia menghasilkan sinyal yang dikirim ke modul SW420. Modul ini berfungsi seperti saklar: outputnya akan HIGH saat ada getaran atau perubahan kecepatan yang kuat, dan LOW saat tidak ada getaran (Mualim, 2021). Tampilan dari sensor SW420 dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Modul Sensor SW420

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan kegiatan pada penelitian Rancang Bangun Sistem Keamanan Kotak Amal dengan ESP32-CAM dan Akses Fingerprint Berbasis Telegram secara keseluruhan diperlihatkan pada Gambar 6. Penelitian yang dilakukan mengacu pada diagram fishbone dibawah yang disesuaikan dengan kebutuhan dalam melaksanakan penelitian. Diagram fishbone ini dirancang untuk memudahkan pembaca dan peneliti untuk mengerjakan setiap bagian. Penelitian dilakukan dengan merakit rangkaian sesuai dengan rancangan yang ada pada aplikasi fritzing, lalu menguji rancangan serta melakukan analisa dari pengujian yang dilakukan. Penelitian ini dilaksanakan dengan mengacu pada kalender kerja sehingga penelitian dapat diselesaikan dan dituliskan laporannya serta mempublikasikan hasil peneitian sebagai luaran wajib dari penelitian ini.



Gambar 6. Diagram Fishbone

Lokasi Penelitian

Penelitian Rancang Bangun Sistem Keamanan Kotak Amal dengan ESP32-CAM dan Akses Fingerprint Berbasis Telegram dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Medan.

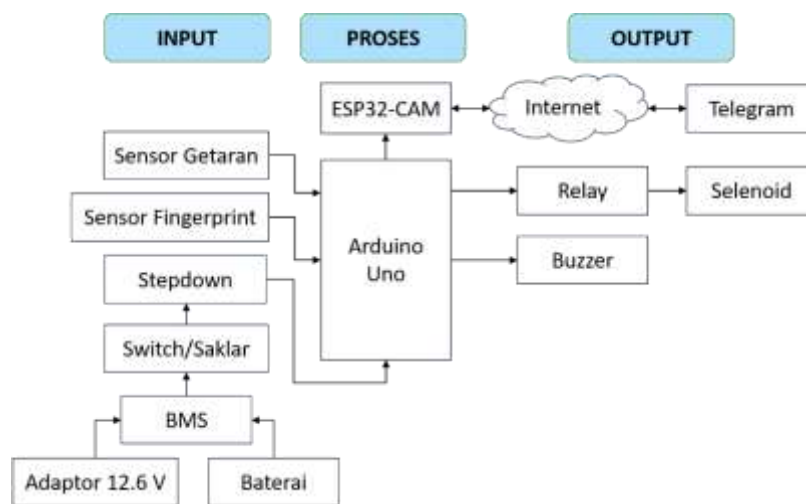
Parameter Pengukuran dan Pengamatan

Parameter pengukuran dan pengamatan pada penelitian ini dilakukan dengan merancang dan memprogram sistem keamanan menggunakan Arduino IDE. Sistem terdiri dari sensor fingerprint dan sensor getaran (SW420), serta modul ESP32-CAM untuk pengiriman notifikasi melalui Telegram. Setelah sistem dirakit, pengujian dilakukan untuk memastikan setiap komponen berfungsi dengan baik, terutama dalam mendeteksi aktivitas mencurigakan dan mengirimkan notifikasi real-time. Parameter yang diamati meliputi waktu respons sensor fingerprint dan getaran, serta durasi pengiriman notifikasi ke Telegram.

Model Penelitian

Model penelitian ini bersifat eksperimental, dilakukan dengan merencanakan, merangkai, menguji, mengamati, dan menganalisis data berdasarkan rancangan sistem. Data yang dianalisis berupa tingkat akurasi sensor fingerprint dalam mengenali sidik jari terdaftar dan menolak sidik jari yang tidak terdaftar, serta sensitivitas sensor getaran terhadap berbagai intensitas getaran. Hasil dari pengujian ini berupa data pengiriman notifikasi real-time yang dianalisis untuk menilai keefektifan sistem dalam meningkatkan keamanan kotak amal.

Rancangan Penelitian



Gambar 7. Blok Diagram Sistem

Adapun penjelasan blok diagram pada gambar 7 diatas adalah sebagai berikut :

1. Blok Input

Pada blok ini, terdapat sensor getaran (SW420) yang berfungsi untuk mendeteksi getaran dan sensor fingerprint untuk akses membuka kotak amal. Selanjutnya terdapat adaptor dan baterai sebagai sumber tegangan yang terhubung ke BMS untuk melindungi baterai dan mengelola pengisian serta pengosongan daya. Setelah BMS, terdapat switch/saklar yang dapat memutus atau menyambungkan aliran tegangan ke sistem. Tegangan kemudian diturunkan menggunakan stepdown untuk menyesuaikan dengan kebutuhan arduino.

2. Blok Proses

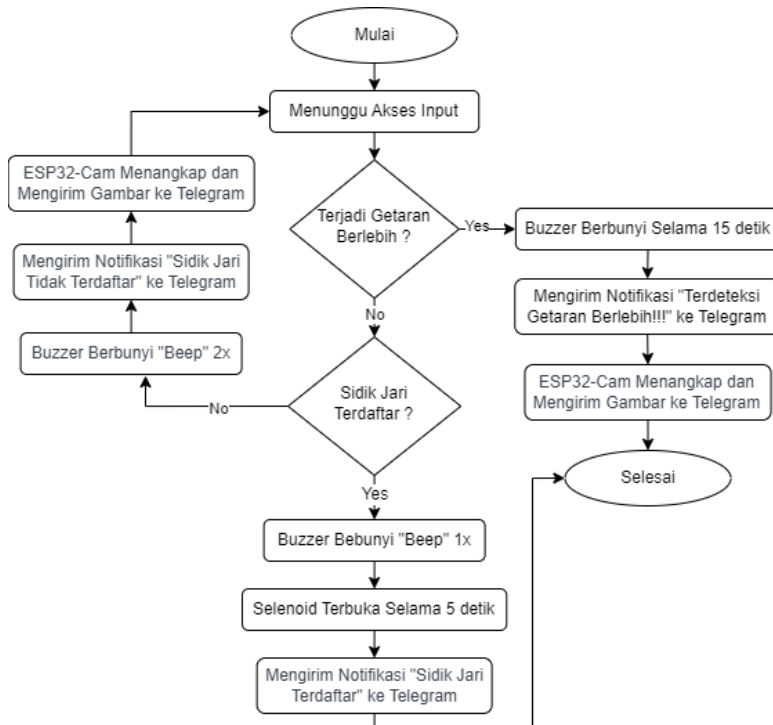
Pada blok ini, arduino berfungsi sebagai pusat kontrol utama dalam sistem yang bertugas untuk memproses sinyal yang diterima dari komponen input dan mengambil tindakan yang

sesuai berdasarkan program yang telah dibuat. Selain itu terdapat ESP32-CAM yang bertugas untuk mengirim notifikasi dan gambar ke telegram melalui koneksi internet.

3. Blok Output

Pada blok ini, terdapat internet yang digunakan untuk mengirim data ke telegram. Selanjutnya ada relay yang berfungsi sebagai saklar untuk mengendalikan aliran listrik ke selenoid agar dapat membuka dan mengunci kotak amal, serta ada buzzer yang berfungsi sebagai penghasil bunyi.

Berdasarkan blok diagram maka pelaksanaan penelitian dilakukan menurut diagram alir seperti diperlihatkan gambar 8.



Gambar 8. Flowchart Sistem

Dalam mempermudah membaca jalannya proses dari rancangan, penulis membuat flowchart sebagai gambaran alur atau pengerjaan proses melalui bagan-bagan agar informasinya lebih mudah dipahami. Flowchart sistem diperlihatkan pada gambar 8.

Flowchart diawali dengan tahapan mulai dimana sistem menunggu akses input. Lalu sensor getaran akan memeriksa apakah terjadi getaran berlebih atau tidak. Jika “Yes” (>2500), maka buzzer akan berbunyi selama 15 detik dan notifikasi “Terdeteksi Getaran Berlebih!!!” beserta gambar akan dikirim ke telegram. Jika “No”, maka dilanjutkan ke alur selanjutnya yaitu memeriksa apakah sidik jari terdaftar atau tidak. Jika “No”, maka buzzer akan berbunyi beep sebanyak 2x, kemudian notifikasi “Sidik Jari Tidak Terdaftar” beserta gambar akan dikirim ke telegram dan sistem akan kembali ke proses awal yaitu menunggu akses input. Namun jika sidik jari terdaftar, maka buzzer akan berbunyi beep sekali dan selenoid akan terbuka selama 5 detik, kemudian akan terkirim notifikasi chat “Sidik Jari Terdaftar” ke telegram.

Metode Pengumpulan Data

Ada beberapa metode yang penulis gunakan untuk mengumpulkan data, yaitu :

1. Metode Pengamatan (Observation)

Yaitu suatu metode pengumpulan data dimana peneliti melakukan pendataan dengan mengamati secara langsung bagaimana kondisi dan proses dari objek yang diamati untuk mendapatkan data yang akurat dan sesuai dengan tujuan laporan akhir.

2. Studi Pustaka

Pada metode ini, penulis mengumpulkan informasi dari sumber sumber tertulis seperti artikel, jurnal, skripsi, dan dokumen resmi lainnya yang relevan dengan masalah-masalah dari judul yang diangkat.

Metode Pengujian Alat

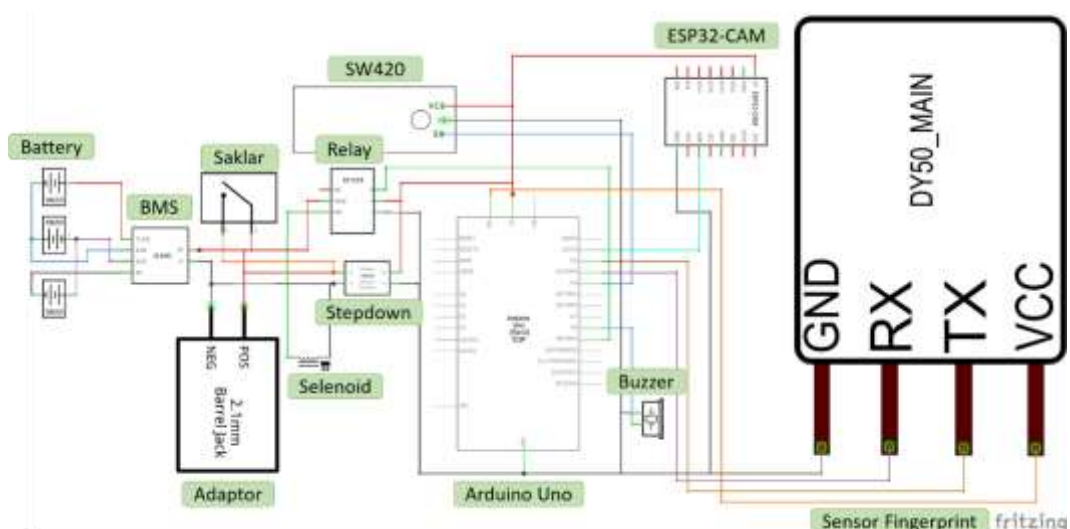
Pengujian dilakukan setelah alat selesai dirangkai dan program selesai di upload. Setiap komponen diuji secara terpisah untuk memastikan tidak ada kesalahan pada tiap komponen. Setelah semua komponen berfungsi dengan baik, komponen-komponen tersebut diuji secara keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan skenario nyata, di mana sidik jari yang terdaftar dan tidak terdaftar ditempelkan pada sensor fingerprint untuk melihat respon sistem. Selain itu, simulasi getaran dilakukan pada kotak amal untuk menguji sensor getaran. Hasil pengujian diamati melalui notifikasi yang dikirimkan ke aplikasi Telegram, termasuk gambar dari ESP32-CAM serta respon selenoid dan buzzer. Setiap respon dan durasi pengiriman notifikasi dicatat untuk menganalisis keandalan sistem.

Metode Pengolahan/Analisis Alat

Analisis hasil pengujian alat dilakukan dengan memastikan bahwa sistem mampu mendeteksi getaran, mengenali sidik jari terdaftar, dan mengirimkan notifikasi serta gambar ke Telegram. Metode pengolahan data melibatkan pengujian alat dalam berbagai skenario, seperti pengujian sensor getaran dan sensor sidik jari. Data yang diperoleh dari sensor akan ditampilkan pada serial monitor Arduino untuk memverifikasi hasil pembacaan, serta dikirimkan ke Telegram sebagai notifikasi real-time beserta gambar dari ESP32-CAM.

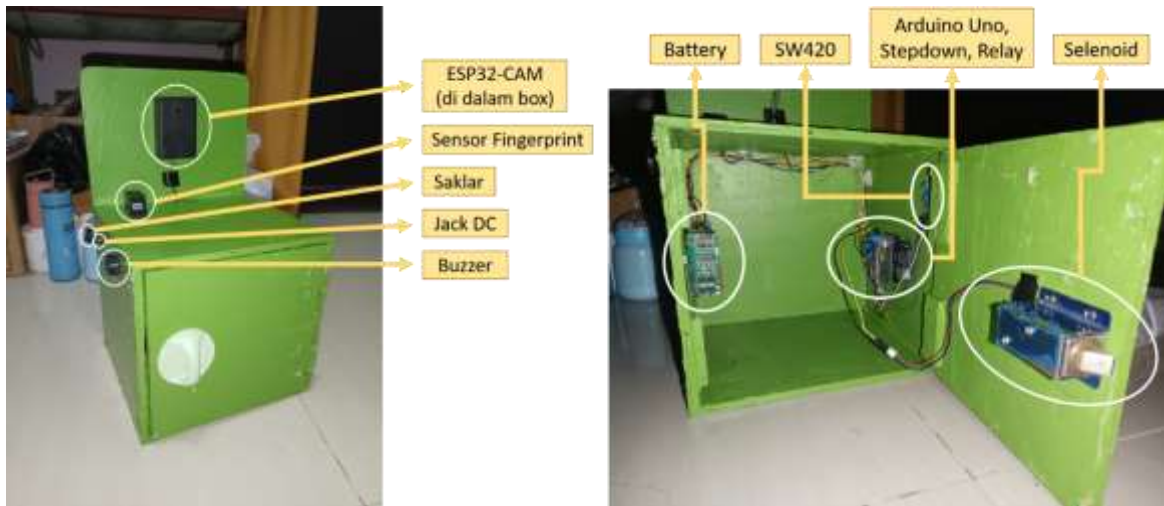
HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan Penelitian berupa skema rangkaian pada masing-masing blok seperti yang diperlihatkan pada gambar 9.



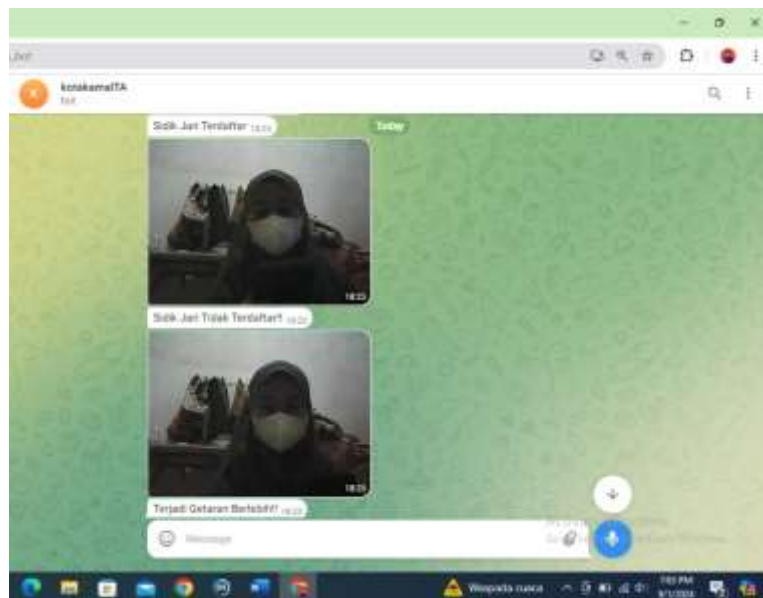
Gambar 9. Rangkaian Keseluruhan Alat

Rangkaian yang diperlihatkan pada gambar diatas, selanjutnya direalisasikan dan diperoleh hasil penelitian berupa Alat untuk meningkatkan keamanan kotak amal pada gambar 10.



Gambar 10. Hasil Realisasi Kotak Amal (tampak luar dan dalam)

Alat ini tidak akan dapat bekerja tanpa adanya sebuah program yang dibuat untuk mendukungnya. Program Arduino dan ESP32-CAM dibuat menggunakan sebuah aplikasi yaitu aplikasi Arduino IDE. Setelah program selesai dibuat dan tidak ada lagi kesalahan/error, maka program tersebut akan di upload ke modul masing-masing. Setelah program selesai di upload, maka alat/sistem sudah bisa dijalankan.



Gambar 11. Realisasi Telegram Bot

Realisasi rancang bangun software diperlihatkan pada gambar 11 sebagai berikut.

Hasil Pengujian Sensor Fingerprint dan Sensor Getaran (SW420)

Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa setiap bagian yang dirancang bekerja dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur tegangan pada setiap blok menggunakan multimeter dan memastikan bahwa hasil keluaran sesuai dengan yang diharapkan.

Selain itu, pengujian ini juga mencakup uji keandalan dan akurasi sensor fingerprint serta sensitivitas sensor getaran (SW420). Untuk pengujian sensor fingerprint, penulis menggunakan 4 jari, di mana 2 jari terdaftar (jempol kanan dan telunjuk kanan) dan 2 jari tidak terdaftar (jempol kiri, dan telunjuk kiri). Masing-masing jari dicoba sebanyak 2 kali untuk memastikan keandalan dan akurasi sensor. Untuk pengujian sensor getaran (SW420), penulis mencoba untuk menguji saat

keadaan diam, ketika saklar dihidupkan, tersenggol, dan saat membuka paksa kotak amal yang telah dibangun.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Fingerprint

| Jari | Status | Percobaan ke- | Durasi Mendeteksi | Durasi Terkirim | Solenoid | Buzzer (Beep) |
|------------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------------|----------|---------------|
| Jempol Kanan | Terdaftar | 1 | Terbaca (1.91 s) | 16.31 s | ON | 1x |
| Jempol Kanan | Terdaftar | 2 | Terbaca (1.21 s) | 15.48 s | ON | 1x |
| Telunjuk Kanan | Terdaftar | 1 | Terbaca (1.86 s) | 15.95 s | ON | 1x |
| Telunjuk Kanan | Terdaftar | 2 | Terbaca (1.43 s) | 17.84 s | ON | 1x |
| Jempol Kiri | Tidak Terdaftar | 1 | Terbaca (1.57 s) | 13.73 s | OFF | 2x |
| Jempol Kiri | Tidak Terdaftar | 2 | Terbaca (1.83 s) | 10.45 s | OFF | 2x |
| Telunjuk Kiri | Tidak Terdaftar | 1 | Terbaca (1.92 s) | 14.59 s | OFF | 2x |
| Telunjuk Kiri | Tidak Terdaftar | 2 | Terbaca (1.84 s) | 12.70 s | OFF | 2x |
| Rata-rata | | | 1.69 s | 14.63 s | | |

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Getaran (SW420)

| Percobaan ke- | Keadaan | Nilai | Durasi Terkirim | Buzzer |
|------------------|-------------------|-------|--------------------|-------------------|
| 1 | Diam | 0 | Tidak Terkirim | Tidak Berbunyi |
| 2 | Saklar Dihidupkan | 267 | Tidak Terkirim | Tidak Berbunyi |
| 3 | Tersenggol | 1783 | Tidak Terkirim | Tidak Berbunyi |
| 4 | Tersenggol | 2507 | Terkirim (15.05 s) | Berbunyi 15 detik |
| 5 | Tersenggol | 2520 | Terkirim (14.83 s) | Berbunyi 15 detik |
| 6 | Dibuka Paksa | 7957 | Terkirim (15.52 s) | Berbunyi 15 detik |
| 7 | Dibuka Paksa | 9684 | Terkirim (16.34 s) | Berbunyi 15 detik |
| Rata-rata | | | 15.43 s | |

Pembahasan

Alat yang telah dirancang bekerja dengan baik pada masing-masing bagian yang telah diuraikan sebelumnya. Sensor fingerprint dan sensor getaran dapat membaca kondisi sesuai yang telah di program, Arduino Uno bekerja dengan baik sebagai pusat kontrol dan ESP32-CAM berfungsi dengan baik untuk mengambil dan mengirimkan gambar melalui internet ke telegram. Selain itu, buzzer dan solenoid juga berfungsi dengan baik dalam mengirimkan indikasi kepada pengguna.

Sensor fingerprint memiliki tingkat akurasi sebesar 100% pada saat pengujian, dimana sensor berhasil mengenali semua sidik jari yang terdaftar dan menolak semua sidik jari yang tidak terdaftar selama pengujian. Sensor getaran juga menunjukkan akurasi sebesar 100% dalam mendeteksi berbagai tingkat intensitas getaran yang dicoba selama pengujian (sensitivitas dapat di atur dengan memutar potensiometer yang ada pada sensor, dan mengubah nilai nya dalam program). Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 5.1 dan 5.2, rata-rata waktu yang dibutuhkan oleh sensor fingerprint untuk membaca input setelah jari diletakkan pada sensor saat pengujian adalah 1,69 detik. Rata-rata durasi pengiriman notifikasi ke telegram untuk sensor fingerprint adalah 14,63 detik dan 15,43 detik untuk sensor getaran. Durasi pengiriman dapat bervariasi tergantung pada kecepatan internet. Jika jaringan stabil dan cepat, maka proses pengiriman akan berlangsung lebih cepat. Namun, jika jaringan lambat, waktu pengiriman akan menjadi lebih lama. Telegram bot yang telah dibuat dengan nama "kotakamalTA" berfungsi dengan baik dalam menerima dan menampilkan notifikasi serta gambar yang dikirim oleh ESP32-CAM. Sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi dan gambar ke Telegram ketika sensor mendeteksi getaran berlebih atau sidik jari yang tidak terdaftar. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara hardware dan software telah berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

Secara keseluruhan, alat yang dirancang dapat berfungsi dengan baik dalam mendeteksi getaran dan sidik jari, serta mengirimkan notifikasi ke pengguna melalui Telegram. Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semua komponen bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan dan dapat memberikan hasil yang akurat dan andal. Dengan demikian, alat ini diharapkan dapat membantu dalam meningkatkan keamanan dan pengawasan terhadap kotak amal di masjid.

SIMPULAN

Telah berhasil dirancang dan dibangun prototipe sistem keamanan pada kotak amal yang menggabungkan sensor fingerprint dan sensor getaran berbasis Telegram dengan tingkat akurasi sebesar 100%. Pada pengujian, rata-rata waktu yang dibutuhkan oleh sensor fingerprint untuk membaca input setelah jari diletakkan pada sensor adalah 1,69 detik. Selain itu, durasi pengiriman notifikasi ke Telegram tercatat rata-rata 14,63 detik untuk sensor fingerprint dan 15,43 detik untuk sensor getaran, menunjukkan kecepatan respons yang andal dari kedua sensor dalam sistem ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga berterimakasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Hermawan, D., Jufrizel, J., Ullah, A., & Faizal, A. (2023). Rancang Bangun Keamanan Kotak Amal dengan Akses Fingerprint Menggunakan ESP32-Cam dan Telegram Berbasis IOT. *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 7(3), 1013-1021.
- Mualim, D. (2021). RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN KOTAK AMAL MENGGUNAKAN RFID DAN GSM.
- Nugroho, A., & Almasri, A. (2021). Alat Keamanan Kotak Amal Untuk Mengatasi Pencurian Berbasis GSM. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika dan Informatika)*, 9(3), 52-60.
- Rachmawati, A. (2023). *MONITORING TANAMAN CABAI DARI HAMA ULAT DENGAN SENSOR PIR DAN ESP32 CAM*. Universitas Teknologi Digital Indonesia.
- Radio, D. (2024). Sebanyak 11 kotak amal masjid diduga hasil curian ditemukan warga di tepi sungai kecil perbatasan antara Kelurahan Karangtengah dengan Desa Kuningan.
- Setiawan, H., Permana, D. M., & Handoko, A. F. (2019). Aplikasi Keamanan Pintu Berbasis Arduino Uno R3 Atmega 328p Menggunakan Fingerprint Dan Ultrasonik. *Jurnal Bangkit Indonesia*, 8(1), 34-38.
- Yusup, Y. M. (2024). SISTEM KEAMANAN KOTAK AMAL MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK DAN KEYPAD 4X4 DENGAN ARDUINO UNO R3. *JURNAL TEKNIK INFORMATIKA (JUTEKIN)*, 12(1).