



## DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PENGAMANAN KOTAK AMAL BERBASIS ESP32

Muhammad Zuhriyadi<sup>1</sup>, Irwansyah<sup>2</sup>, Karyo Budi Utomo<sup>3</sup>

<sup>123</sup> Teknologi Informasi, Teknologi Rekayasa Komputer, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, Indonesia

Email: [jjuy69@gmail.com](mailto:jjuy69@gmail.com)

### Abstract

*This research develops an ESP32-based intelligent charity box system designed to improve security, transparency, and efficiency in the management of infaq. The system consists of three main features, namely: (1) a security system based on vibration sensors and alarms that can detect theft attempts, (2) an officer identification system using RFID and solenoid door lock to ensure that only authorized officers can access the charity box, and (3) an automatic money counter system that utilizes TCS3200 color sensors to recognize the nominal value of banknotes. Notifications from all three systems are sent in real-time via Telegram. The methodology used includes hardware and software design, system testing in real conditions, and effectiveness evaluation through three stages of experimentation.*

*Test results show that the security system and identification system work well, with success rates reaching 100% in both laboratory and field test scenarios. However, the automatic banknote counter system only achieved an average success rate of 35% in recognizing banknotes of different emissions (2016 and 2022), mainly due to overlapping RGB frequency values between banknotes and the influence of lighting conditions. Improvements to the frequency range have eliminated 0% detection of certain denominations, but have not significantly improved the overall accuracy. This innovation has been registered as a Copyright with number EC002024256721, as a form of intellectual property protection.*

**Keywords :** ESP32, Smart Charity Box, RFID, TCS3200 Color Sensor, IoT, Infakak Security.

### Abstrak

Penelitian ini mengembangkan sistem kotak amal cerdas berbasis ESP32 yang dirancang untuk meningkatkan keamanan, transparansi, dan efisiensi dalam pengelolaan infak. Sistem terdiri dari tiga fitur utama, yaitu: (1) sistem keamanan berbasis sensor getar dan alarm yang mampu mendeteksi upaya pencurian, (2) sistem identifikasi petugas menggunakan RFID dan solenoid door lock untuk memastikan hanya petugas resmi yang dapat mengakses kotak amal, serta (3) sistem penghitung uang otomatis yang memanfaatkan sensor warna TCS3200 untuk mengenali nominal uang kertas. Notifikasi dari ketiga sistem dikirimkan secara real-time melalui Telegram. Metodologi yang digunakan meliputi perancangan perangkat keras dan lunak, pengujian sistem dalam kondisi nyata, serta evaluasi efektivitas melalui tiga tahap eksperimen.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem keamanan dan sistem identifikasi bekerja dengan baik, dengan tingkat keberhasilan mencapai 100% dalam skenario uji laboratorium maupun lapangan. Namun, sistem

### Article History

Received: Juli 2025

Reviewed: Juli 2025

Published: Juli 2025

Plagiarism Checker No 689

Prefix DOI : Prefix DOI :

10.8734/Kohesi.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



penghitung uang otomatis hanya mencapai rata-rata tingkat keberhasilan 35% dalam mengenali nominal uang berbagai emisi (2016 dan 2022), terutama disebabkan oleh overlapping nilai frekuensi RGB antar pecahan uang dan pengaruh kondisi pencahayaan. Perbaikan rentang frekuensi berhasil menghilangkan deteksi 0% pada nominal tertentu, namun belum secara signifikan meningkatkan akurasi keseluruhan. Inovasi ini telah didaftarkan sebagai Hak Cipta dengan nomor **EC002024256721**, sebagai bentuk perlindungan atas kekayaan intelektual.

**Kata kunci:** *ESP32, Kotak Amal Cerdas, RFID, Sensor Warna TCS3200, IoT, Keamanan Infak.*

## PENDAHULUAN

Kotak amal merupakan media penghimpun dana umat yang umum dijumpai di masjid, mushola, dan berbagai fasilitas publik. Dalam konteks Indonesia yang mayoritas penduduknya beragama Islam, peran kotak amal menjadi sangat penting dalam mendukung kegiatan sosial dan keagamaan. Namun, pengelolaan kotak amal konvensional menghadapi sejumlah tantangan, seperti rendahnya tingkat keamanan, kesulitan dalam pelacakan petugas pengelola, serta kurangnya transparansi dalam perhitungan jumlah donasi.

Berbagai studi sebelumnya telah mengusulkan solusi teknologi untuk mengatasi masalah tersebut. Sistem berbasis Internet of Things (IoT), seperti penggunaan sensor getar, GPS, dan notifikasi real-time melalui WhatsApp atau Telegram, telah terbukti mampu meningkatkan keamanan. Sementara itu, teknologi identifikasi seperti RFID dan sensor sidik jari juga telah diterapkan untuk mengontrol akses petugas. Di sisi lain, sistem penghitung uang otomatis berbasis sensor warna TCS3200 telah diuji dalam konteks terbatas, namun masih menghadapi kendala dalam akurasi deteksi nominal uang.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kotak amal cerdas berbasis ESP32 yang mengintegrasikan tiga fitur utama: sistem keamanan, sistem identifikasi petugas, dan sistem penghitung uang otomatis. ESP32 dipilih karena memiliki konektivitas nirkabel bawaan dan kemampuan pengolahan yang cukup untuk aplikasi IoT. Sistem ini dirancang untuk mengirimkan notifikasi secara real-time ke pengelola melalui aplikasi Telegram guna meningkatkan responsivitas terhadap aktivitas yang mencurigakan maupun pengelolaan rutin.

Fitur keamanan mengandalkan sensor getar SW-420 dan alarm untuk mendeteksi percobaan pencurian. Sistem identifikasi menggunakan modul RFID dan solenoid door lock untuk memastikan hanya petugas resmi yang dapat membuka kotak amal. Adapun fitur penghitung uang otomatis memanfaatkan sensor warna TCS3200 untuk mengklasifikasikan nominal uang berdasarkan warna dominan permukaan uang kertas.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah integrasi ketiga sistem tersebut dalam satu perangkat berbasis mikrokontroler, serta evaluasi performa sistem penghitung uang dengan pendekatan eksperimental terhadap berbagai nominal dan emisi uang. Inovasi ini juga telah dilindungi secara hukum melalui pendaftaran Hak Cipta dengan nomor **EC002024256721**.

Pendekatan ini diharapkan dapat menjadi model awal bagi pengembangan sistem kotak amal cerdas berbasis IoT yang lebih transparan, aman, dan efisien. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi pada literatur sistem embedded dan otomasi dalam konteks pengelolaan dana sosial berbasis komunitas.



## TINJAUAN PUSTAKA

### Esp32

ESP32 merupakan mikrokontroler keluaran Espressif Systems yang dilengkapi prosesor Xtensa dual-core LX6 32-bit serta memori hingga 520 KiB DRAM. Modul ini memiliki keunggulan berupa konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth bawaan, yang menjadikannya cocok untuk aplikasi Internet of Things (IoT). ESP32 berperan sebagai pusat kendali dalam sistem, yang mengatur seluruh alur kerja perangkat input-output serta komunikasi data dengan pengguna melalui jaringan nirkabel [1].

### TCS3200

Sensor TCS3200 merupakan sensor warna berbasis IC CMOS monolitik yang dilengkapi array photodiode dan konverter arus-ke-frekuensi. Sensor ini menghasilkan output gelombang kotak dengan frekuensi yang berbanding lurus terhadap intensitas cahaya. Terdapat konfigurasi filter warna merah, hijau, biru, dan tanpa filter pada array 8×8 photodiode yang memungkinkan sensor ini membaca warna dominan pada uang kertas sebagai dasar klasifikasi nominal [2].

### RFID RC522

Modul RFID RC522 bekerja pada frekuensi 13,56 MHz dan digunakan untuk membaca serta menulis data ke kartu RFID. Proses identifikasi menggunakan komunikasi gelombang elektromagnetik antara pembaca (reader) dan tag. Modul ini beroperasi dengan tegangan 3,3V dan arus sekitar 13-26 mA, serta mendukung integrasi dengan mikrokontroler seperti Arduino maupun ESP32 [1], [3].

### Sensor Getar SW-420

Sensor getar SW-420 berfungsi untuk mendeteksi getaran atau guncangan fisik pada kotak amal. Sensor ini bekerja dengan pelampung logam yang akan menabrak dua elektroda saat menerima getaran, menghasilkan output digital atau analog ke mikrokontroler [4].

### Magnetic Switch

magnetic switch (sensor pintu) beroperasi berdasarkan prinsip elektromagnetik. Ketika sensor dan magnet berdekatan (misalnya saat pintu tertutup), rangkaian berada dalam kondisi tertutup (closed circuit); sedangkan saat terpisah, rangkaian terbuka. Sensor ini berguna untuk mendeteksi kondisi buka-tutup kotak amal secara otomatis [5].

### Solenoid Door Lock

Solenoid door lock adalah aktuator elektromagnetik yang digunakan sebagai pengunci elektronik. Terdapat dua jenis sistem kerja, yaitu Normally Close (NC) dan Normally Open (NO). Komponen ini dikendalikan oleh mikrokontroler dan bekerja dengan tegangan 12V, memungkinkan sistem untuk membuka atau mengunci kotak amal secara otomatis berdasarkan status autentikasi petugas [6]

### Telegram

Telegram merupakan aplikasi pesan instan berbasis cloud yang menawarkan kecepatan, keamanan, serta kemudahan dalam mengirim teks, gambar, video, dan dokumen. Dalam penelitian ini, Telegram digunakan untuk mengirimkan notifikasi real-time kepada pengelola kotak amal, termasuk peringatan keamanan dan informasi transaksi. Integrasi dilakukan menggunakan Telegram Bot API, yang memungkinkan sistem berinteraksi langsung dengan pengguna tanpa keterlibatan manual [7]



## METODOLOGI PENELITIAN

### Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan suatu produk dalam bentuk sistem kotak amal cerdas serta menguji efektivitasnya. Metode ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu tidak hanya merancang tetapi juga mengembangkan dan mengevaluasi sistem secara langsung di lapangan.

Tahap awal penelitian dimulai dengan identifikasi masalah terhadap sistem kotak amal konvensional, yang umumnya memiliki tingkat keamanan rendah dan tidak mampu mencatat atau memantau jumlah infak secara real-time. Masalah lain yang diidentifikasi adalah kurangnya kontrol terhadap akses petugas, sehingga rentan terhadap manipulasi dan kehilangan dana.

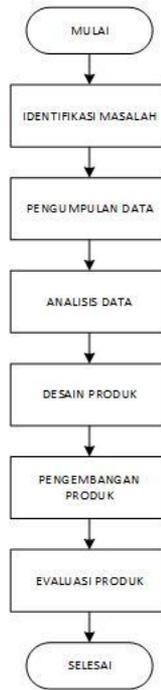
Selanjutnya dilakukan pengumpulan data yang berkaitan dengan berbagai teknologi yang relevan. Dalam hal ini, peneliti mempelajari karakteristik teknis dari mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali sistem, penggunaan sensor getar SW-420 dan alarm sebagai pendeteksi upaya pencurian, teknologi RFID dan solenoid door lock untuk identifikasi petugas, serta sensor warna TCS3200 untuk sistem penghitung nominal uang. Selain itu, platform Telegram dipilih sebagai sarana notifikasi karena kemudahan integrasinya dengan ESP32.

Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis untuk menentukan kebutuhan sistem dan keterkaitan antar komponen. Analisis dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh elemen yang akan digunakan dapat diintegrasikan dengan baik dan mendukung tujuan utama sistem, yaitu keamanan, identifikasi, dan penghitung infak otomatis.

Berdasarkan hasil analisis, dilakukan proses desain sistem, yang mencakup perancangan alur kerja, pengaturan logika kontrol, serta pengembangan antarmuka komunikasi dengan Telegram. Desain ini difokuskan agar sistem mampu beroperasi secara otomatis dan memberikan notifikasi real-time terhadap setiap aktivitas penting, seperti pembukaan kotak, getaran mencurigakan, atau akses dari petugas.

Tahap berikutnya adalah pengembangan produk, yaitu proses implementasi desain ke dalam bentuk perangkat fisik dan perangkat lunak. Sistem kemudian dirakit dan diprogram untuk menjalankan fungsi-fungsi sesuai perancangan. Pengembangan ini juga mencakup pengujian awal terhadap fungsionalitas masing-masing komponen.

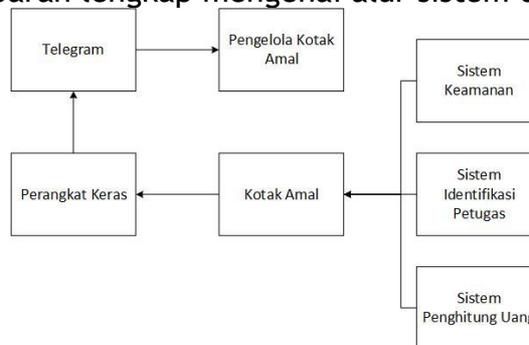
Terakhir, dilakukan evaluasi sistem melalui serangkaian pengujian dalam kondisi nyata. Evaluasi bertujuan untuk menguji efektivitas sistem dalam mengenali nominal uang, mengidentifikasi petugas, serta merespon upaya pencurian. Hasil dari tahap ini menjadi dasar untuk menilai keberhasilan sistem secara keseluruhan dan memberikan masukan untuk pengembangan lebih lanjut. Adapun diagram tahapan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

### Metode Penelitian

Sistem kotak amal cerdas yang dirancang dalam penelitian ini terdiri atas tiga fungsi utama, yaitu sistem keamanan, sistem identifikasi petugas, dan sistem penghitung uang otomatis. Perancangan sistem diawali dengan pemetaan alur kerja untuk menggambarkan hubungan antara perangkat keras, perangkat lunak, serta peran pengguna. Ketiga sistem ini bekerja secara terintegrasi dan dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data dan kendali perangkat. Gambaran lengkap mengenai alur sistem dapat dilihat pada Gambar 2.

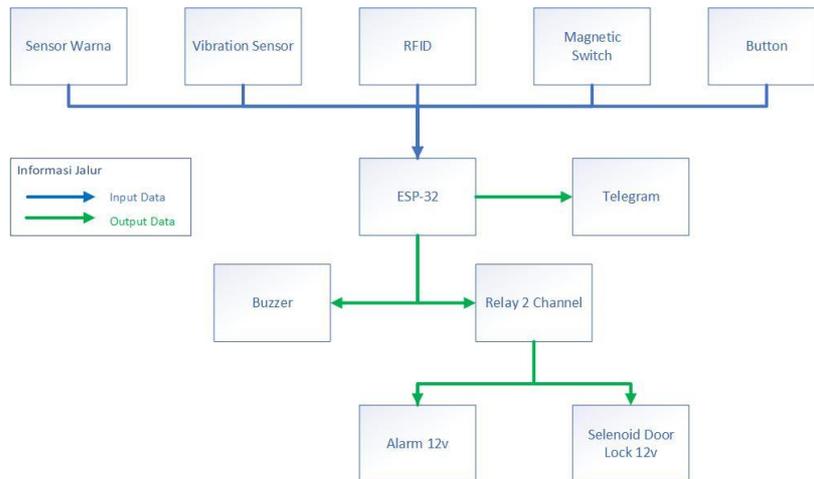


Gambar 2 Perancangan alur sistem

Sistem keamanan berfungsi untuk mendeteksi potensi pencurian atau akses tidak sah melalui sensor getar (SW-420) dan magnetic switch. Sistem identifikasi bertugas mengenali petugas resmi yang memiliki akses ke kotak amal menggunakan kartu RFID yang dibaca oleh modul RC522, sedangkan sistem penghitung uang otomatis memanfaatkan sensor warna TCS3200 untuk mendeteksi nominal uang yang dimasukkan. Seluruh aktivitas penting akan dikirim sebagai notifikasi kepada pengelola kotak amal melalui aplikasi Telegram, memungkinkan pemantauan jarak jauh secara real-time.

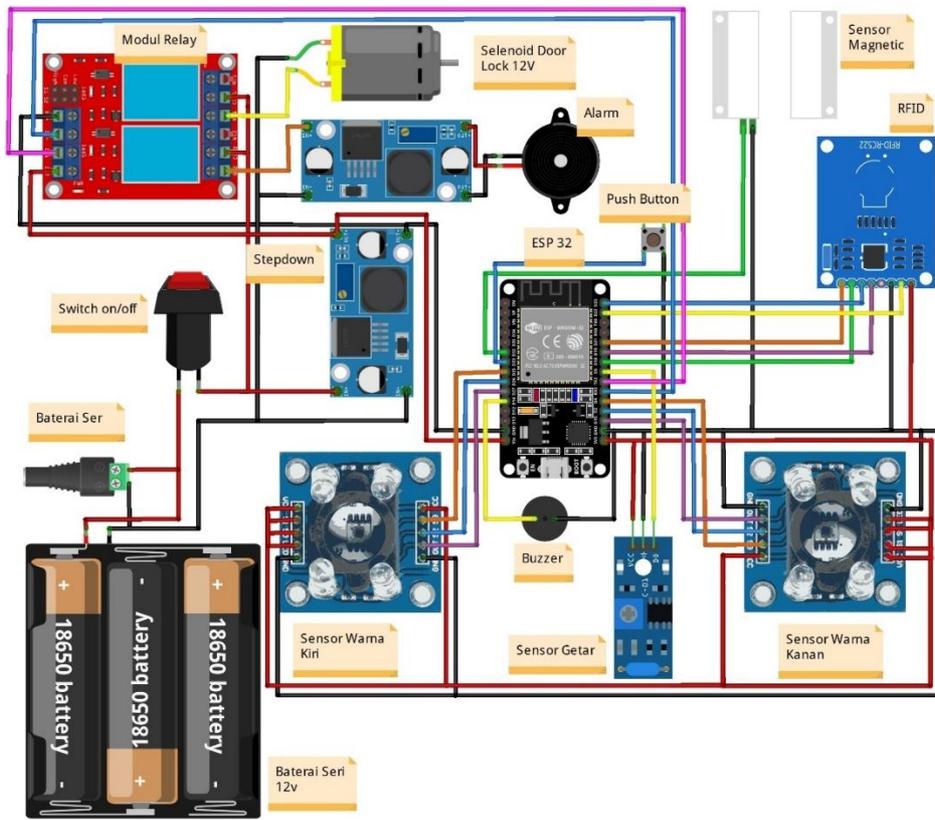
Perangkat keras sistem terdiri atas sensor sebagai input dan aktuator sebagai output. Sensor-sensor yang digunakan antara lain: sensor warna, sensor getar, RFID reader, magnetic switch, dan tombol reset. Semua data dari sensor dikirim ke ESP32 untuk diproses. Sebagai keluaran (output), sistem menggunakan buzzer sebagai indikator, dua channel relay yang masing-masing terhubung ke solenoid door lock dan alarm, serta koneksi ke Telegram sebagai saluran

komunikasi. Komunikasi dua arah ini memungkinkan sistem untuk merespons kondisi fisik secara langsung dan mengirimkan informasi penting ke pihak pengelola. Hubungan antar komponen serta alur kerja sistem secara keseluruhan ditampilkan dalam bentuk diagram blok pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok

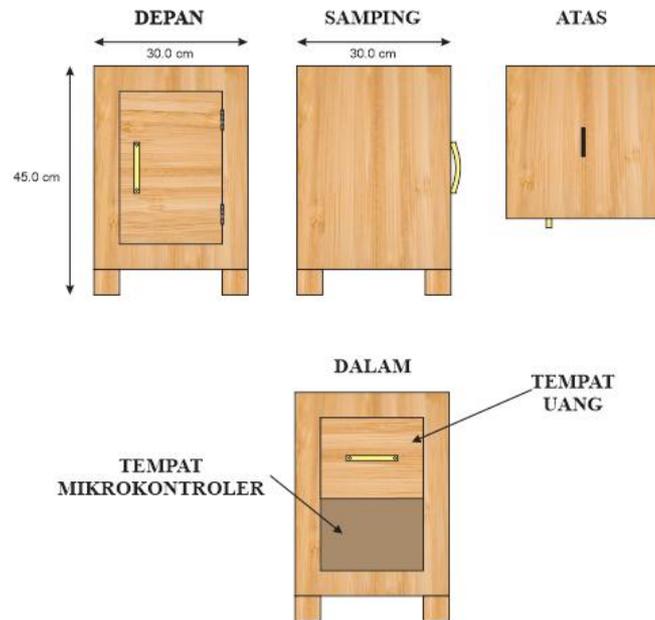
Rangkaian alat dirancang menggunakan perangkat lunak Fritzing untuk memvisualisasikan hubungan antar komponen. Rangkaian ini mencakup koneksi antara sensor-sensor, ESP32, dan aktuator. Setiap pin dan jalur komunikasi telah disesuaikan agar kompatibel dengan konfigurasi mikrokontroler dan mendukung efisiensi ruang pada papan rangkaian. Skema lengkap hubungan antar komponen ditampilkan pada Gambar 4, yang memperlihatkan tata letak dan konfigurasi pin secara terperinci.



fritzing

Gambar 4 skematik rangkaian

Untuk desain fisik, kotak amal dibuat dengan dimensi  $\pm 30 \text{ cm} \times 45 \text{ cm}$  menggunakan bahan kayu berwarna terang. Di bagian atas terdapat slot untuk memasukkan uang, sementara bagian depan dilengkapi dengan pegangan untuk membuka kotak. Kompartemen bagian bawah digunakan untuk menempatkan mikrokontroler dan seluruh sistem elektronik, sedangkan bagian atas berfungsi sebagai ruang penyimpanan uang. Penempatan sensor dan aktuator disesuaikan agar fungsional namun tetap rapi dan aman dari jangkauan pengguna umum. Desain 2D dari kotak amal yang menunjukkan dimensi dan tata letak komponen dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Desain 2d Kotak Amal

Hasil akhir dari perancangan ini adalah prototipe kotak amal cerdas yang berfungsi secara otomatis dalam mengenali nominal uang, memberikan akses terbatas kepada petugas, serta mendeteksi upaya pembobolan atau aktivitas tidak sah lainnya. Visualisasi hasil akhir perancangan dapat dilihat pada Gambar 6 yang menunjukkan tampilan luar kotak amal, Gambar 7 untuk bagian dalam kotak, serta Gambar 8 yang menampilkan area penempatan sistem elektronik dan penampung uang.



Gambar 6 Bagian luar kotak amal



Gambar 7 Bagian dalam kotak amal



Gambar 8 Bagian dalam Kotak Amal & Penampung Uang

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Sistem Keamanan

Pengujian sistem keamanan bertujuan untuk mengevaluasi respons sistem terhadap berbagai perlakuan fisik yang berpotensi menandakan upaya pencurian atau gangguan pada kotak amal. Sistem ini terdiri atas sensor getar SW-420 dan magnetic switch yang terhubung ke buzzer, alarm, serta sistem notifikasi berbasis Telegram. Ringkasan hasil pengujian sistem keamanan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Pengujian Sistem Keamanan

No	Jenis Perlakuan	Alarm Aktif	Keterangan
1	Diangkat perlahan	Tidak	Tidak cukup getaran terdeteksi
2-4	Diangkat cepat	Ya	Alarm aktif dalam semua pengujian
5-10	Dipukul 1-3 kali	Ya	Alarm aktif, intensitas pukulan meningkat
11-12	Dipindahkan	Ya	Alarm aktif saat kotak digeser



Pengujian dilakukan dengan cara mengangkat kotak secara perlahan dan cepat, memukul kotak dengan intensitas berbeda (satu hingga tiga kali), serta memindahkan kotak dari posisinya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu merespons dengan baik terhadap hampir semua bentuk perlakuan yang mencurigakan. Alarm aktif secara konsisten saat kotak dipukul, diangkat dengan cepat, maupun saat dipindahkan. Hanya pada perlakuan mengangkat secara perlahan, alarm tidak aktif, yang menunjukkan bahwa sistem cukup sensitif terhadap intensitas gerakan.

Selain aktivasi alarm, sistem juga mengirimkan pesan peringatan melalui Telegram setiap kali deteksi gangguan terjadi. Pesan tersebut berhasil terkirim dalam seluruh pengujian yang memicu alarm. Waktu pengiriman pesan mengalami sedikit variasi, yang kemungkinan disebabkan oleh kondisi jaringan internet. Meskipun demikian, sistem notifikasi tetap dapat memberikan informasi secara cepat dan berfungsi sebagaimana yang dirancang.

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem keamanan bekerja secara efektif dalam mendeteksi dan merespons ancaman terhadap kotak amal, baik melalui sinyal fisik (alarm) maupun notifikasi digital kepada pengelola.

### Hasil Pengujian Sistem Identifikasi Petugas

Pengujian sistem identifikasi dilakukan untuk menilai kemampuan sistem dalam mengenali kartu RFID petugas, membuka akses melalui solenoid door lock, serta mengirimkan notifikasi melalui Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua kartu yang terdaftar berhasil dikenali dengan baik, buzzer berbunyi sekali sebagai indikator validasi, dan solenoid terbuka sesuai perintah. Sistem juga mengirimkan notifikasi berisi nama petugas dan jumlah uang yang telah terdeteksi.

Namun, ditemukan adanya perbedaan antara jumlah yang tercatat di sistem dengan jumlah uang sebenarnya di kotak. Selisih nominal ini bervariasi, dari kecil hingga besar, yang menunjukkan bahwa keterbatasan utama terletak pada akurasi sistem penghitung uang, bukan pada fungsi identifikasi. Sistem juga berhasil menolak kartu yang tidak terdaftar: buzzer berbunyi dua kali, solenoid tetap tertutup, dan tidak ada notifikasi dikirimkan, menandakan mekanisme autentikasi bekerja dengan benar. Ringkasan hasil pengujian sistem identifikasi petugas disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan Pengujian Sistem Identifikasi Petugas

No	Nama Kartu	Solenoid	Telegram	Deteksi Sistem	Jumlah Sebenarnya	Selisih
1	Zuhri	Terbuka	Ya	Rp111.000	Rp7.000	Besar
2	Jaya	Terbuka	Ya	Rp131.000	Rp17.000	Besar
3	Zuhri	Terbuka	Ya	Rp5.000	Rp42.000	Sedang
...	...	...	...	...	...	...
9	Zuhri	Terbuka	Ya	Rp1.000	Rp1.000	Tidak ada
11	-(tidak sah)	Tertutup	Tidak	-	-	Ditolak

Catatan: Data pada baris 3-8 menunjukkan hasil serupa, dengan tingkat selisih sedang hingga besar, sebagaimana dijelaskan dalam narasi.

Pesan notifikasi terkirim dengan waktu tunda (delay) antara **7 hingga 32 detik**, tergantung kualitas jaringan. Meskipun tidak instan, notifikasi tetap diterima dalam rentang waktu yang dapat diterima secara praktis.



Fitur **push button** juga diuji dan menunjukkan hasil yang konsisten. Ketika tombol ditekan, sistem mengatur ulang jumlah infak menjadi nol dan mengirimkan pesan "Jumlah Uang Telah diReset" melalui Telegram. Fungsi ini bekerja secara stabil pada seluruh percobaan, dan hanya aktif jika tombol benar-benar ditekan.

### Hasil Pengujian Sistem Penghitung Uang Otomatis

Sistem penghitung uang otomatis dalam penelitian ini dirancang menggunakan sensor warna TCS3200 untuk mendeteksi nominal uang kertas berdasarkan nilai warna RGB yang terekam. Pengujian dilakukan untuk menilai tingkat akurasi sistem dalam mengidentifikasi berbagai pecahan uang rupiah dari dua edisi berbeda, yaitu emisi tahun 2016 dan 2022. Proses kalibrasi dilakukan pada enam titik posisi setiap lembar uang (kanan, tengah, kiri - depan dan belakang) guna memperoleh data warna yang lebih representatif.

Pengujian dilaksanakan dalam tiga tahap, masing-masing mencerminkan kondisi sistem pada fase pengembangan tertentu. Setiap tahap terdiri dari 10 percobaan untuk setiap kombinasi nominal dan edisi. Tahap pertama dilakukan sebelum ada revisi, tahap kedua dilakukan setelah penyesuaian rentang warna awal, dan tahap ketiga merupakan pengujian ulang setelah perbaikan lanjutan pada rentang frekuensi RGB.

Pada tahap pertama, hasil menunjukkan bahwa sistem hanya dapat mendeteksi nominal Rp1.000 dan Rp100.000 dengan akurasi tinggi (hingga 90%), sementara nominal lainnya memiliki tingkat keberhasilan sangat rendah bahkan hingga 0%. Hal ini mengindikasikan adanya overlapping data warna antar nominal, terutama pada pecahan kecil dan menengah, sehingga sistem kesulitan membedakan nilai uang secara konsisten.

Pada tahap kedua, dilakukan perbaikan pada rentang RGB berdasarkan hasil kalibrasi awal. Hasil menunjukkan perubahan distribusi deteksi yang lebih merata, meskipun rata-rata keberhasilan justru sedikit menurun menjadi 34%. Beberapa nominal seperti Rp2.000 dan Rp10.000 mulai terdeteksi lebih sering, namun nominal Rp20.000 dan Rp50.000 emisi 2016 masih gagal dikenali sama sekali. Overlapping warna tetap menjadi kendala utama dalam akurasi sistem.

Tahap ketiga merupakan pengujian lanjutan setelah revisi menyeluruh pada batas frekuensi RGB. Hasil menunjukkan peningkatan distribusi deteksi, dan tidak ada lagi nominal dengan tingkat keberhasilan 0%. Beberapa nominal menunjukkan peningkatan yang signifikan, seperti Rp5.000 emisi 2022 (50%) dan Rp2.000 emisi 2022 (60%). Meski demikian, rata-rata keberhasilan sistem tetap di angka 35%. Beberapa percobaan juga menunjukkan uang tidak terdeteksi sama sekali, dan kesalahan klasifikasi antar nominal masih terjadi. Hal ini menandakan perlunya pendekatan teknis lanjutan, seperti penggunaan kamera berbasis citra atau metode klasifikasi machine learning, untuk mencapai hasil yang lebih akurat dan andal. Ringkasan tingkat keberhasilan deteksi sistem penghitung uang otomatis dari ketiga tahap pengujian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Ringkasan Keberhasilan Deteksi Sistem Penghitung Uang Otomatis (3 Tahap)

Nominal	Emisi	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3
Rp1.000	2016	70%	50%	50%
Rp1.000	2022	90%	90%	30%
Rp2.000	2016	50%	20%	40%
Rp2.000	2022	10%	60%	60%
Rp5.000	2016	0%	30%	10%
Rp5.000	2022	20%	20%	50%



Nominal	Emisi	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3
Rp10.000	2016	10%	30%	20%
Rp10.000	2022	0%	30%	20%
Rp20.000	2016	0%	0%	30%
Rp20.000	2022	0%	30%	20%
Rp50.000	2016	30%	0%	30%
Rp50.000	2022	30%	10%	20%
Rp100.000	2016	90%	40%	50%
Rp100.000	2022	90%	60%	60%

### Hasil Uji Lapangan

Uji lapangan dilakukan selama dua hari (6 dan 13 Oktober 2024) dengan menempatkan kotak amal di mushola. Evaluasi mencakup performa tiga sistem utama: penghitung uang otomatis, identifikasi petugas, dan keamanan.

### Identifikasi Petugas & Penghitung Uang

Pada lima waktu salat, petugas membuka kotak amal dan sistem menghitung jumlah uang serta mengirim notifikasi ke Telegram. Sistem berhasil mencatat data dengan akurat pada beberapa sesi (misalnya Ashar dan Dzuhur), namun terdapat selisih besar pada sesi Subuh dan Maghrib. Contoh selisih terbesar terjadi pada sesi Maghrib (Hari ke-2) dengan deteksi Rp51.000, sedangkan jumlah sebenarnya Rp8.000. Hal ini menunjukkan akurasi sistem masih dipengaruhi oleh ketidaksesuaian deteksi nominal, terutama pada nominal menengah dan kecil.

### Push Button

Push button bekerja konsisten dalam dua hari pengujian. Setiap kali ditekan, sistem mengirimkan notifikasi reset ke Telegram dan buzzer berbunyi sebagai indikator. Delay pengiriman berkisar antara 20-48 detik, bergantung pada kualitas jaringan.

### Sistem Keamanan

Sistem alarm aktif sebanyak tiga kali selama dua hari, yaitu pada waktu Ashar dan Isya. Notifikasi "Ada upaya pencurian" berhasil dikirim ke Telegram dengan delay sekitar 19-29 detik. Pada waktu lain, sistem tetap dalam kondisi siaga tanpa kesalahan deteksi.

### Kesimpulan Uji Lapangan

Hasil uji menunjukkan sistem:

- Berfungsi baik pada push button dan sistem keamanan.
- Sistem identifikasi petugas berjalan sesuai harapan.
- Sistem penghitung uang masih perlu pengembangan lanjutan untuk meningkatkan akurasi dalam kondisi dunia nyata.

### KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan sistem kotak amal berbasis ESP32 yang mengintegrasikan tiga fitur utama: sistem keamanan, sistem identifikasi petugas, dan sistem penghitung uang otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

1. Sistem keamanan mampu merespons dengan baik terhadap upaya pemindahan dan getaran kotak, serta berhasil mengirimkan notifikasi ke Telegram secara real-time. Fitur ini menunjukkan keandalan tinggi dalam mendeteksi potensi pencurian.



2. Sistem identifikasi petugas bekerja secara akurat dalam mendeteksi kartu RFID yang terdaftar, mengaktifkan solenoid door lock, serta mengirimkan informasi transaksi ke Telegram. Fungsi reset melalui push button juga berjalan konsisten dalam berbagai kondisi.
3. Sistem penghitung uang otomatis menggunakan sensor warna TCS3200 untuk mendeteksi nominal uang. Meskipun sistem ini menunjukkan keberhasilan deteksi tinggi pada pecahan Rp1.000 dan Rp100.000, tingkat akurasi keseluruhan masih rendah, yakni rata-rata 35%. Kesalahan banyak disebabkan oleh overlapping warna antar nominal dan perbedaan emisi uang.
4. Hasil uji lapangan selama dua hari menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi dalam kondisi nyata. Sistem keamanan dan push button bekerja stabil, sementara sistem penghitung uang masih mengalami kendala pada deteksi nominal tertentu, terutama pada pecahan menengah.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan sudah dapat berfungsi dengan baik sebagai prototipe awal. Namun, untuk meningkatkan akurasi deteksi nominal uang, diperlukan pengembangan lanjutan, seperti penerapan metode berbasis citra atau integrasi dengan algoritma machine learning

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. I. Qalbi *et al.*, "Rancang Bangun Kotak Amal Cerdas Sebagai Solusi Ketidakefisienan Pendistribusi Kotak Amal Di Masjid," *J. Media Elektr.*, vol. 17, no. 2, pp. 25-32, 2020.
- [2] N. L. Husni, S. Rasyad, M. S. Putra, Y. Hasan, and J. Al Rasyid, "Pengaplikasian Sensor Warna Pada Navigasi Line Tracking Robot Sampah Berbasis Mikrokontroler," *J. Ampere*, vol. 4, no. 2, p. 297, 2020, doi: 10.31851/ampere.v4i2.3450.
- [3] K. Y. Pratiwi, S. Suprihatin, and P. Widhi Atmoko, "Pengembangan Sistem RFID dan Fingerprint Terintegrasi dengan Sistem Otomasi Layanan di Perpustakaan Universitas Brawijaya," *J. Pustaka Ilm.*, vol. 6, no. 1, p. 963, 2020, doi: 10.20961/jpi.v6i1.37882.
- [4] J. F. Saputra, M. Rosmiati, and M. I. Sari, "Pembangunan Prototype Sistem Monitoring Getaran Gempa Menggunakan Sensor Module SW-420," *eProceedings Appl. Sci.*, vol. 4, no. 2442-5826, p. 2055, 2018, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/appliedscience/article/view/7170>
- [5] S. Amini *et al.*, "Perancangan Keamanan Ruang Dengan Sensor Pir," vol. 4, no. 2, pp. 50-56, 2021.
- [6] J. Aldian Sakbani Nasution, "JUTSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)," vol. 1, no. 3, pp. 219-226, 2021.
- [7] A. Fitriansyah, Fifit, "Penggunaan Telegram Sebagai Media Komunikasi Dalam Pembelajaran Online," *J. Hum. Bina Sarana Inform.*, vol. 20, no. Cakrawala-Jurnal Humaniora, p. 113, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/cakrawala>