


Rancang Bangun Celengan *Modern* Berbasis *IoT* untuk Pemantauan Tabungan Secara *Real-Time*

Jefri Setiyawan¹, Heru Supriyono²

^{1,2}Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura, Sukoharjo 57102, Indonesia

 Email korespondensi: jefristw123@gmail.com

Abstrak. Menabung adalah kebiasaan sederhana yang berdampak besar dalam mengelola keuangan, namun sistem tabungan konvensional sering kali tidak efisien dalam memantau jumlah simpanan secara akurat. Penelitian ini mengkaji solusi otomatisasi tabungan yang mampu mendeteksi nominal uang secara otomatis menggunakan sensor warna dan dapat penyimpanan uang sesuai nominalnya, serta menghadirkan sistem pemantauan jarak jauh berbasis *Internet of Things* (IoT). Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem celengan digital yang dapat memberikan pengalaman menabung yang lebih aman, rapi, dan transparan bagi pengguna. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor warna TCS3200, motor servo, OLED display, RFID, dan ESP32-CAM. Sistem ini dilengkapi dengan fitur utama seperti klasifikasi uang berdasarkan nominal, dokumentasi dan notifikasi *real-time*, serta kontrol penuh melalui bot Telegram menggunakan perintah `/saldo`, `/reset`, `/foto`, dan `/buka`. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mengenali nominal uang dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi pada bagian sisi yang di kalibrasi, memberikan respons cepat terhadap perintah, serta menjalankan autentikasi RFID dengan baik. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu memberikan solusi praktis dan inovatif untuk meningkatkan keamanan serta kenyamanan dalam menabung di era digital.

Kata kunci: Autentikasi; ESP32; ESP32-CAM; *Internet of Things*; RFID



PENDAHULUAN

Masyarakat Indonesia masih memiliki kebiasaan konsumtif yang tinggi serta kesulitan dalam menabung, terutama dengan metode konvensional. Celengan tradisional tidak memberikan transparansi dalam pemantauan jumlah uang yang telah ditabung, sehingga pengguna sulit mengetahui total tabungan mereka [8]. Selain itu, celengan konvensional juga memiliki risiko kehilangan atau pencurian karena tidak dilengkapi dengan fitur keamanan yang memadai. Oleh karena itu, diperlukan inovasi celengan *modern* yang dapat memberikan transparansi dalam pemantauan tabungan serta meningkatkan keamanan penyimpanan uang.

Penelitian sebelumnya telah mengembangkan celengan berbasis *IoT* yang dilengkapi dengan teknologi RFID untuk memastikan bahwa hanya pengguna terdaftar yang dapat mengakses celengan. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan keamanan tabungan, dengan menambahkan fitur notifikasi ke aplikasi Telegram yang menginformasikan pengguna setiap kali terjadi aktivitas pada celengan. Melalui notifikasi ini, pengguna dapat memantau kondisi tabungan mereka secara *real-time*, sehingga mengurangi risiko kehilangan atau penyalahgunaan. Namun, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan seperti tidak terdapat fitur untuk menyortir uang berdasarkan nominal dan kurangnya keamanan saat membuka celengan.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem celengan *modern* berbasis *IoT* yang tidak hanya memungkinkan pemantauan jumlah tabungan secara *real-time*, tetapi juga mampu mengidentifikasi nominal uang yang dimasukkan serta menyortirnya ke dalam kompartemen yang sesuai [3]. Sistem ini menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali, sensor warna TCS3200 untuk mendeteksi nominal uang, serta motor servo untuk mengarahkan uang berdasarkan nilai nominalnya. Selain itu, untuk meningkatkan keamanan, sistem ini juga dilengkapi dengan modul RFID dan ESP-CAM yang berfungsi untuk memantau aktivitas celengan secara lebih optimal dengan mengirimkan gambar ke perangkat *IoT* sebagai notifikasi kepada pemilik [1]. Sebagai tambahan pengamanan, *solenoid* digunakan untuk memastikan celengan tetap terkunci kecuali pengguna dengan akses yang *valid* membuka celengan melalui RFID yang terdaftar.

Dengan adanya sistem celengan *modern* berbasis *IoT* ini, diharapkan dapat meningkatkan kesadaran menabung dengan cara yang lebih interaktif dan aman, serta memberikan kemudahan dalam memantau tabungan secara transparan [9]. Inovasi ini juga dapat menjadi langkah awal dalam meningkatkan literasi keuangan di kalangan masyarakat, khususnya bagi generasi muda.



METODE

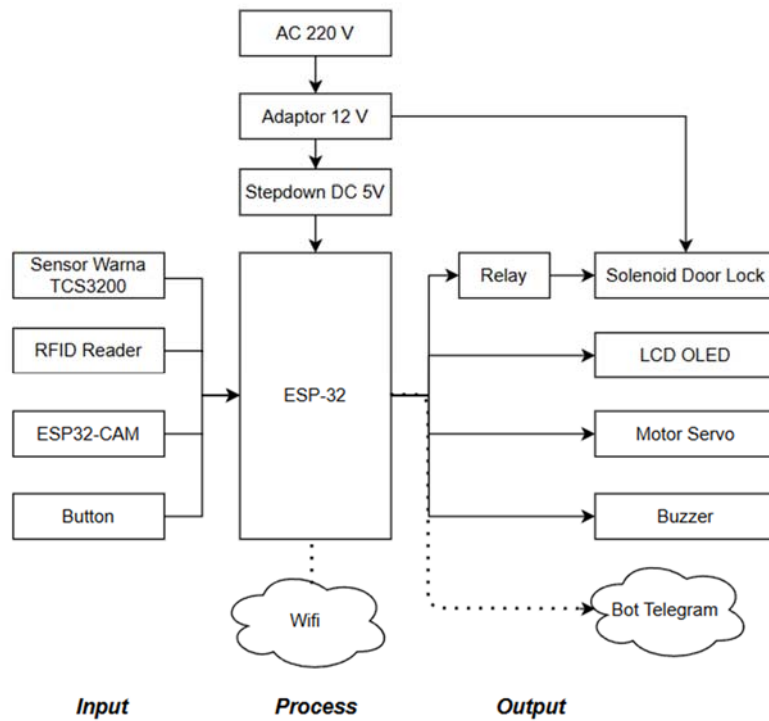
Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan dilakukan untuk menentukan spesifikasi sistem celengan *modern* berbasis *IoT* yang mampu mendeteksi nominal uang menggunakan sensor warna TCS3200, mengidentifikasi pengguna melalui modul RFID RC522, serta mengamankan celengan dengan sistem pengunci otomatis berbasis *solenoid* dan *relay*. Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang mengatur logika, aktuator, dan komunikasi dengan bot Telegram untuk pemantauan jarak jauh secara *real-time*, serta ESP32-CAM untuk mengambil gambar saat aktivitas tertentu terdeteksi. Adaptor 12V digunakan sebagai sumber daya utama dan disesuaikan dengan modul *step-down* agar aman bagi seluruh komponen elektronik. Tampilan status sistem disajikan melalui layar OLED, sedangkan *buzzer* berfungsi sebagai indikator suara. Motor servo digunakan untuk mekanisme input otomatis, dan bahan kayu dipilih sebagai material fisik karena kekuatan dan kemudahannya dalam pembentukan desain. Pengembangan sistem ini didukung perangkat lunak Arduino *IDE* untuk pemrograman, Telegram untuk antarmuka komunikasi pengguna, Autodesk Inventor untuk desain 3D, dan Fritzing untuk perancangan diagram rangkaian. Kombinasi komponen dan perangkat lunak ini dirancang secara integratif untuk menghasilkan sistem celengan yang aman, interaktif, dan mendukung pemantauan tabungan secara efisien dan *real-time*.

Perancangan Sistem:

Celengan Modern Berbasis IoT untuk Pemantauan Tabungan Secara Real-Time terdiri dari tiga bagian utama yaitu input, proses, dan output. Bagian input menggunakan sensor warna TCS3200 untuk mendeteksi nominal uang berdasarkan spektrum warna, modul RFID RC522 untuk mengidentifikasi pengguna, dan ESP32-CAM untuk mengambil gambar saat terjadi aktivitas. Semua data input dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai pusat pengendali sistem. ESP32 disuplai daya dari adaptor 12V yang diturunkan menjadi 5V melalui modul step-down DC-DC agar sesuai dengan kebutuhan komponen. ESP32 juga terhubung ke internet melalui koneksi WiFi sehingga dapat mengirimkan data dan notifikasi ke bot Telegram secara *real-time*. Pada bagian output, saat sensor warna mendeteksi uang, ESP32 memproses data dan menggerakkan motor servo agar uang masuk ke kompartemen sesuai nominal. Informasi nominal uang ditampilkan di layar OLED. ESP32 mengaktifkan *relay* untuk mengontrol *solenoid door lock* sebagai pengunci otomatis, ketika kunci yang diberikan salah maka *buzzer* akan berbunyi. Sistem juga mengirimkan gambar dan status tabungan ke Telegram sehingga dapat dipantau jarak jauh. Blok diagram sistem ditampilkan pada Gambar 1.



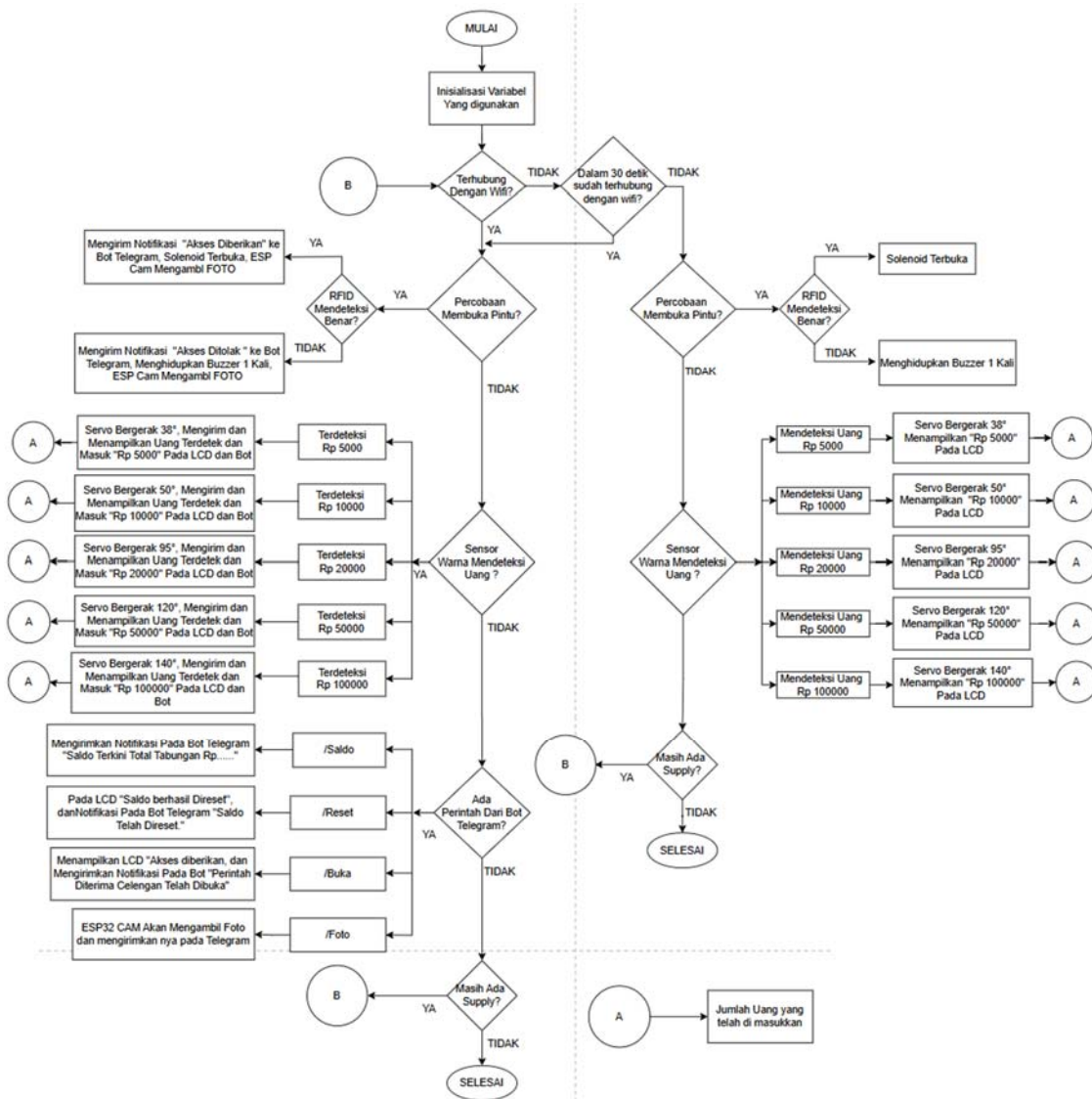


Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Perancangan Perangkat Lunak

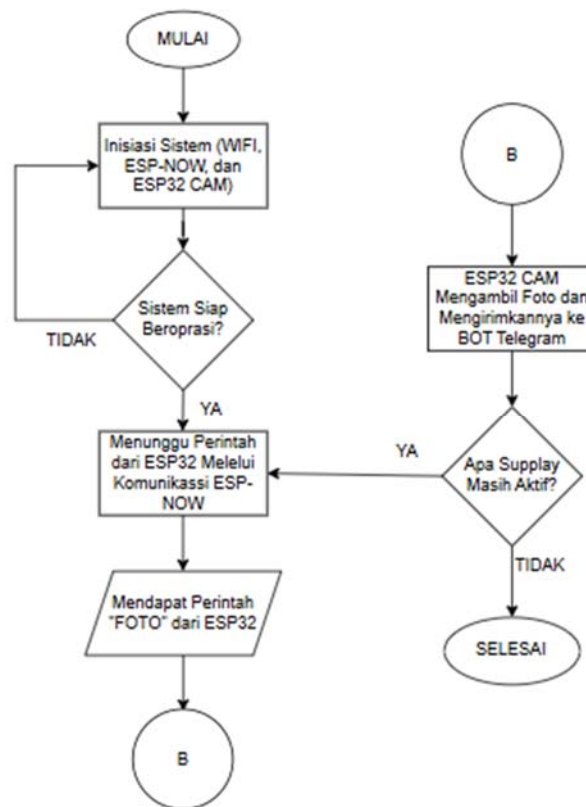
Flowchart System ini terbagi menjadi dua bagian utama: ESP32 dan ESP32-CAM. Pada bagian ESP32, Gambar 2a merupakan flowchart dari mikrokontroler ESP32, sedangkan Gambar 2b merupakan flowchart dari modul ESP32-CAM.





2a. Flowchart ESP32





2b. Flowchart ESP32-CAM

Gambar 2. Flowchart System

Tampilan pada sistem rancang bangun celengan *modern* berbasis *iot* untuk pemantauan tabungan secara *real-time*, alur kerja perangkat berbasis ESP32 digambarkan melalui *flowchart* yang menjelaskan proses otomatisasi tabungan. Proses dimulai dengan inialisasi variabel yang digunakan, dilanjutkan dengan pengecekan konektivitas WiFi. Apabila sistem berhasil terhubung ke WiFi, maka sistem akan memproses permintaan pembukaan pintu dengan otentikasi kartu RFID. Jika kartu terdeteksi valid, maka solenoid akan terbuka, sistem mengirimkan notifikasi “Akses Diberikan” ke bot Telegram, dan ESP32-CAM akan mengambil foto sebagai dokumentasi. Sebaliknya, jika kartu tidak valid, sistem akan mengaktifkan buzzer sekali dan tetap mengambil foto sebagai bukti upaya akses tidak sah. Bila tidak ada percobaan membuka pintu, sistem akan memeriksa pendeteksian uang dengan sensor warna. Jika terdeteksi, servo akan bergerak sesuai nominal uang (Rp 5.000 s.d. Rp 100.000), menampilkan nominal di LCD, serta mengirimkan data tersebut ke bot Telegram. Sistem juga dapat menerima perintah dari Telegram seperti pengecekan saldo, reset, membuka celengan, atau mengambil foto.

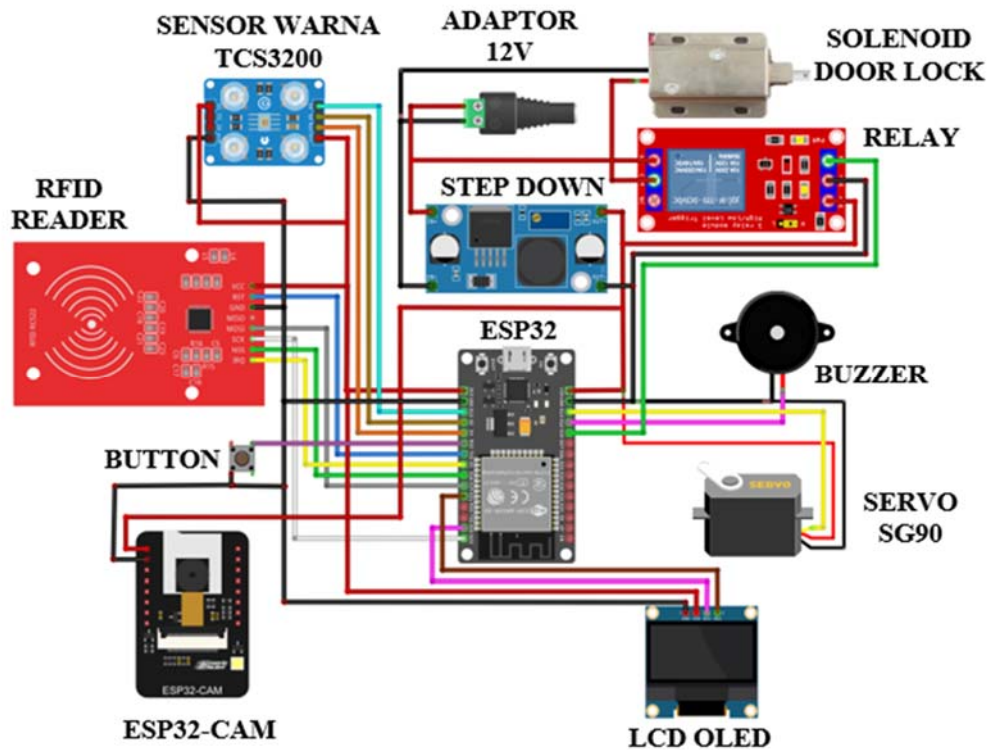


Namun, jika WiFi tidak terhubung, maka ESP32 akan mencoba menghubungkan ulang setiap 30 detik. Selama belum terhubung, sistem tetap dapat melakukan pembacaan kartu RFID dan membuka solenoid jika kartu valid, namun tidak dapat mengirimkan notifikasi maupun mengambil foto karena tidak terkoneksi dengan internet. Jika kartu tidak valid, buzzer berbunyi tetapi tidak ada dokumentasi atau notifikasi. Begitu pula pada deteksi uang, sistem tetap mengidentifikasi nominal dan menggerakkan servo serta menampilkan data pada LCD, tetapi tidak dapat mengirimkan ke Telegram. Pada kondisi tanpa koneksi, perintah dari bot juga tidak bisa dijalankan. Seluruh proses ini akan terus berulang selama suplai daya masih tersedia, sehingga memungkinkan sistem untuk tetap berfungsi secara lokal dan melakukan pemantauan tabungan secara real-time ketika koneksi internet aktif. *Flowchart* pada Gambar 2b menunjukkan proses kerja ESP32-CAM sebagai bagian integral dari sistem celengan *modern* berbasis *IoT* yang saling terhubung melalui komunikasi ESP-NOW. Setelah proses inisialisasi ESP32-CAM yang mencakup pengaktifan WiFi, ESP-NOW, dan modul kamera, perangkat akan memasuki kondisi siaga dan menunggu perintah dari ESP32 utama. Komunikasi antar kedua mikrokontroler ini berlangsung secara nirkabel menggunakan protokol ESP-NOW. Ketika ESP32 utama mengirimkan perintah "FOTO", ESP32-CAM akan segera menangkap gambar dan mengirimkannya secara otomatis ke bot Telegram yang telah terhubung. Proses ini berjalan secara berulang selama suplai daya masih aktif. Integrasi ini memungkinkan sistem untuk mendokumentasikan aktivitas celengan secara visual dan *real-time*, mendukung aspek keamanan serta pemantauan tabungan secara jarak jauh melalui media sosial.

Perancangan Elektronika

Perancangan wiring keseluruhan dari sistem celengan *modern* berbasis *IoT* yang dirancang untuk menghubungkan semua komponen elektronik dalam satu kesatuan sistem, dapat dilihat pada Gambar 3.

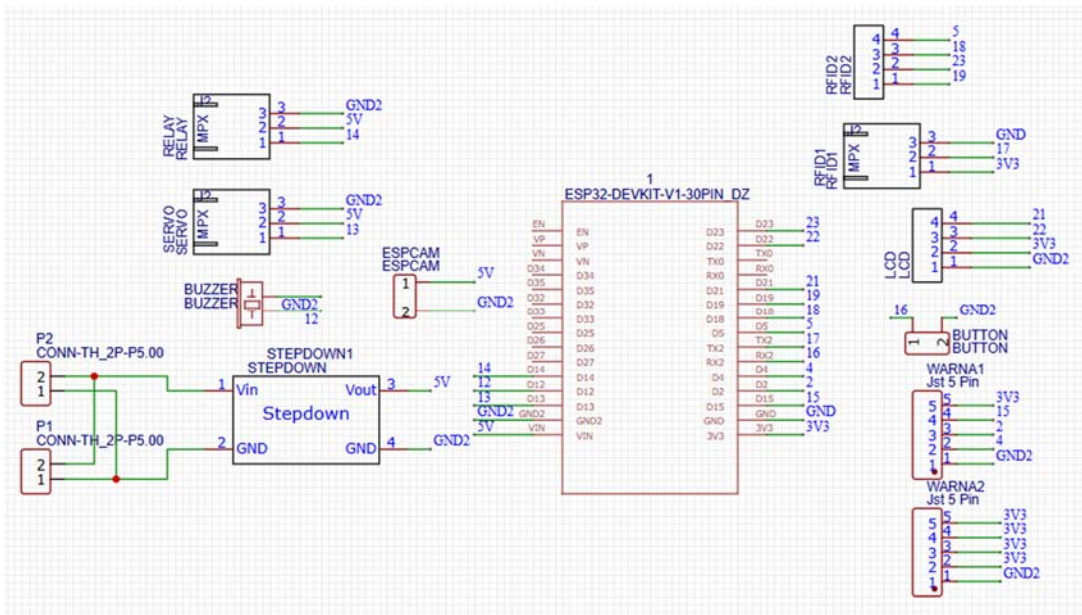




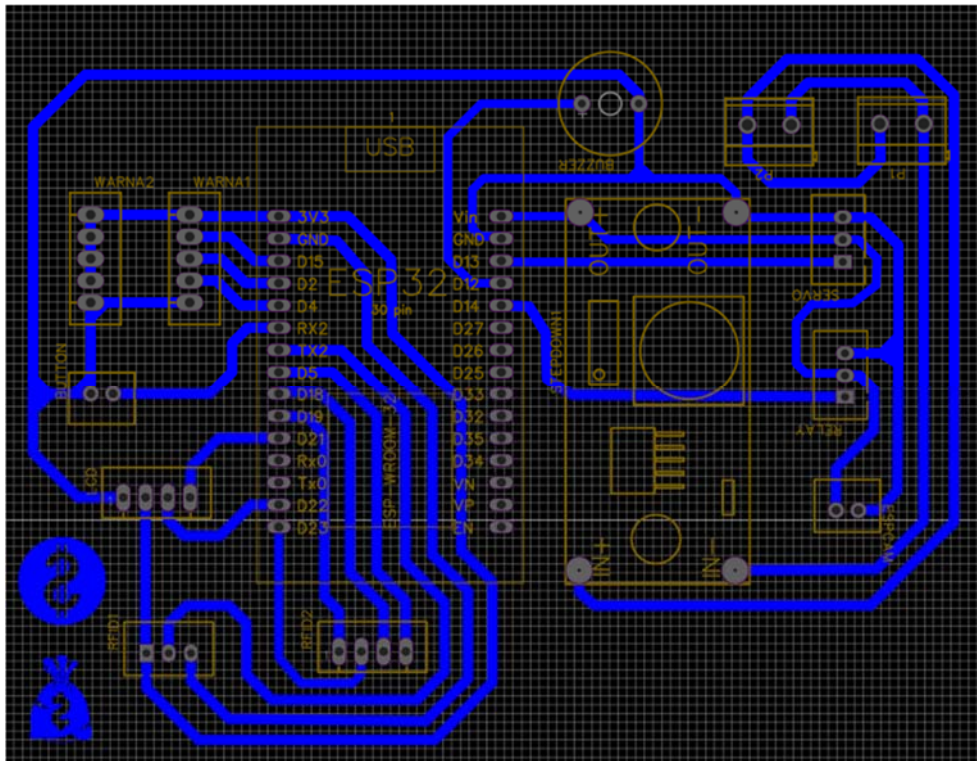
Gambar 3. *Wiring Diagram System*

Pada Gambar 3 terlihat bahwa mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pusat kendali utama yang terhubung dengan berbagai sensor dan aktuator, seperti modul RFID RC522 untuk membaca kartu, sensor warna TCS3200 untuk mendeteksi nominal uang, serta OLED display untuk menampilkan informasi tabungan. Selain itu, terdapat servo motor untuk mengatur posisi masuk uang, *solenoid* untuk membuka kunci celengan, dan *buzzer* sebagai penanda suara. Push button digunakan untuk reset sistem secara manual, dan *relay* untuk mengatur arus ke *solenoid*. Modul ESP32-CAM yang terhubung secara terpisah berfungsi untuk mengambil gambar ketika ada aktivitas tertentu dan mengirimkannya ke bot Telegram melalui komunikasi ESP-NOW. Seluruh perangkat ini mendapat suplai daya dari sumber tegangan terpusat sehingga sistem dapat bekerja secara otomatis dan saling terintegrasi untuk memantau dan mengelola tabungan secara *real-time*.





4a. Schematic PCB



4b. Board PCB

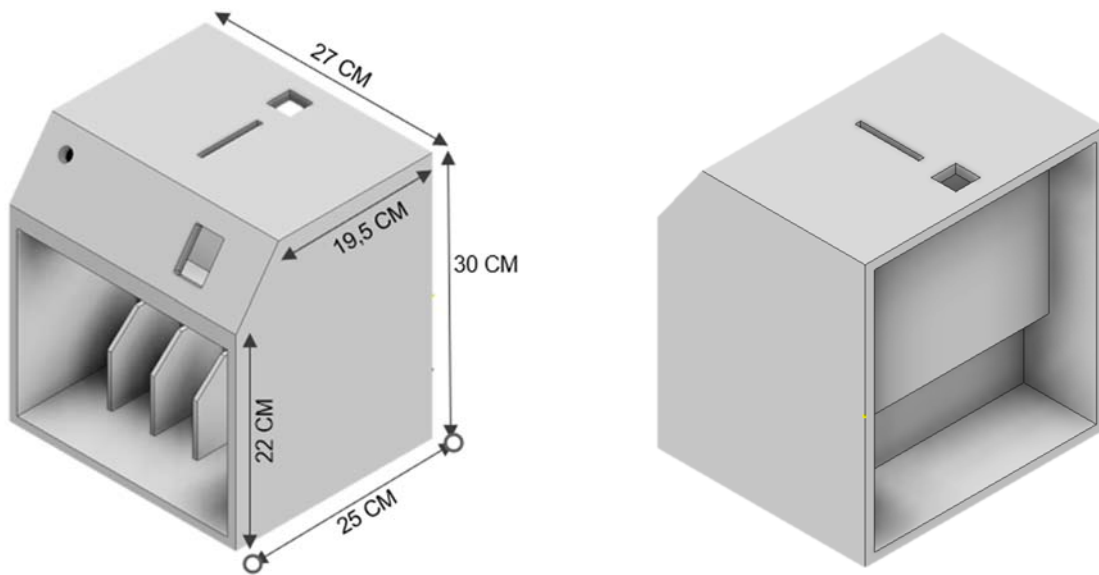
Gambar 4. Desain Layout PCB



Perancangan layout rangkaian elektronik dilakukan menggunakan perangkat lunak EasyEDA. Gambar 4a menunjukkan hasil desain berupa skematik rangkaian PCB dan tata letak jalur pada papan PCB ditunjukkan pada Gambar 4b. Desain ini dibuat untuk mempermudah pengaturan koneksi antar komponen serta memastikan sambungan antara pin mikrokontroler ESP32 dan komponen lainnya tersusun secara efisien dan akurat. Penempatan jalur dan koneksi pada layout PCB dirancang secara sistematis agar mendukung kelancaran alur kerja sistem secara keseluruhan.

Perancangan Mekanik

Berikut merupakan rancangan mekanik dari sistem celengan *modern* berbasis *IoT* yang dibuat dalam bentuk desain 3D pada Gambar 5.



5a. Tampak depan

5b. Tampak belakang

Gambar 5. Desain 3D

Pada Gambar 5a ditampilkan tampak depan dari desain 3D celengan yang menunjukkan pintu utama tempat uang masuk serta kompartemen dalam yang terdiri dari beberapa bilah pemisah untuk mengarahkan posisi uang. Terdapat juga beberapa lubang untuk pemasangan sensor dan aktuator seperti Push Button, LCD Oled, dan kamera. Sedangkan Gambar 5b menampilkan tampak belakang dari desain, yang memperlihatkan ruang penyimpanan elektronika sehingga dapat lebih leluasa dalam pemasangan serta perawatan rangkaian elektronika.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan *Charity Box Security System* berbasis *IoT*

Hardware sistem ini menggunakan bahan dasar kayu jati dengan ukuran 25 cm x 27 cm x 30 cm seperti pada Gambar 6.



6a. Rangkaian Elektronika



6b. Tampak Depan



6c. Tampak Depan (Terbuka)





6d. Tampak Belakang



6e. Tampak Belakang (Terbuka)

Gambar 6. Hardware Celengan

Pada Gambar 6a merupakan pusat peletakan rangkaian elektronika seperti PCB, ESP32, *relay* dan komponen lainnya. Gambar 6b merupakan penampakan alat dari depan pada saat pintu tertutup sehingga hanya menampilkan tombol reset, tempat untuk menempelkan kartu dan kamera. Gambar 6c menunjuk bilah bilah kayu yang berfungsi untuk memisahkan uang dan terdapat *solenoid door lock* sebagai pengunci. Gambar 6d menunjukkan penampakan alat dari belakang pada saat pintu tertutup yang hanya menampilkan lubang untuk sumber 12V. Gambar 6e menunjukkan alat dari posisi belakang pada saat pintu terbuka dan memperlihatkan peletakan komponen elektronika yang digunakan.

Pada tahap pengujian ini hanya menggunakan uang rupiah dengan nominal Rp.5.000 hingga Rp.100.000 edisi terakhir yang dirilis oleh Bank Indonesia di dalam ruangan yang cukup cahaya. Kondisi semua uang yang digunakan dalam tahap pengujian kali ini merupakan uang yang baru atau belum kusut serta tidak rusak seperti yang terlihat pada Gambar 7.





Gambar 7. Nominal Uang yang Digunakan

Pada pengujian dilakukan dengan kondisi uang seperti gambar 8a kemudian dilipat ke dalam secara horizontal sehingga membentuk Gambar 8b supaya warna yang dikalibrasi dan dideteksi oleh sensor dapat dibaca lebih akurat dikarenakan warna pada uang kertas rupiah memiliki warna yang cukup kontras. Sehingga bagian yang terkena sensor adalah bagian belakang yang *solid* seperti pada Gambar 8b.



8a. Kondisi Awal Uang



8b. Kondisi Uang Setelah Dilipat





9a. Kondisi Awal Bot Telegram



9b. Kondisi saat menerima uang



9c. Kondisi saat UID benar



9d. Kondisi saat UID salah

Gambar 9. Tampilan Bot Telegram



Pada Gambar di atas memperlihatkan tampilan bot Telegram yang digunakan sebagai antarmuka *monitoring* pada sistem celengan *modern* berbasis *IoT*. Gambar 9a menunjukkan kondisi awal saat sistem aktif, di mana bot menampilkan informasi status koneksi dan menyediakan tombol perintah seperti `/saldo`, `/reset`, `/buka`, dan `/foto`. Gambar 9b memperlihatkan respons bot saat sistem mendeteksi uang masuk, dengan menampilkan nominal uang yang terdeteksi secara otomatis. Gambar 9c menunjukkan kondisi saat kartu RFID yang digunakan memiliki UID yang sesuai, sehingga sistem memberikan akses, membuka celengan, dan mengirimkan foto sebagai bukti. Sementara itu, Gambar 9d menunjukkan saat kartu RFID tidak dikenali (UID salah), sistem menolak akses dengan mengirimkan notifikasi (Akses Ditolak) dan tetap mengirimkan foto sebagai bentuk pengamanan. Tampilan ini membuktikan bahwa bot Telegram berfungsi efektif sebagai alat komunikasi *real-time* antara pengguna dan sistem.

Hasil Pengujian

Pengujian Autentikasi dengan RFID

Berikut peletakan kunci untuk autentikasi menggunakan modul RFID MFRC522 dengan frekuensi 13.56 MHz pada celengan *modern* berbasis *IoT*, yang dapat dilihat dalam Gambar 10.



10a. RFID Tag Key



10b. Kartu Proximity





10c. Brizzi



10d. KTP

Tabel 1. Pengujian Autentikasi dengan *Keypad*

No	Input RFID	Kondisi Solenoid	Kondisi Buzzer	Notifikasi Bot Telegram	Response time (detik)
1.	RFID Tag Key (b221831a)	Terbuka	Tidak Berbunyi	Akses Diberikan	1,09
2.	RFID Tag Key (b221831a)	Terbuka	Tidak Berbunyi	Akses Diberikan	1,05
3.	RFID Tag Key (b221831a)	Terbuka	Tidak Berbunyi	Akses Diberikan	1,07
4.	Kartu Proximity (85afa7ac)	Terkunci	Berbunyi	Akses Ditolak	1,4
5.	Kartu Proximity (85afa7ac)	Terkunci	Berbunyi	Akses Ditolak	2,1
6.	Brizzi (040a6df2915c80)	Terkunci	Berbunyi	Akses Ditolak	1,42
7.	Brizzi (040a6df2915c80)	Terkunci	Berbunyi	Akses Ditolak	1,01
8.	KTP (0466111620e6680)	Terkunci	Berbunyi	Akses Ditolak	1
9.	KTP (0466111620e6680)	Terkunci	Berbunyi	Akses Ditolak	0,9



Rata-rata *response time* Pembacaan Kartu (detik)

1,004

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian sistem dalam membedakan berbagai jenis kartu RFID berdasarkan respons perangkat output seperti solenoid door lock, buzzer, notifikasi dari bot Telegram, serta waktu respons (*response time*) sistem terhadap setiap input. Pengujian dilakukan terhadap sembilan jenis kartu berbeda, seperti RFID Tag Key, kartu proximity, Brizzi, KTP, dan beberapa kartu lain untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam melakukan autentikasi pengguna. Hasil menunjukkan bahwa hanya RFID Tag Key yang dikenali sistem sebagai kartu yang valid. Hal ini ditandai dengan solenoid yang membuka kunci, buzzer yang tidak berbunyi sebagai tanda akses diterima, serta munculnya notifikasi “Akses Diberikan” di aplikasi Telegram. Waktu respons pembacaan untuk kartu valid ini rata-rata sebesar 1,07 detik, yang menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara cepat dan efisien dalam memberikan akses. Sebaliknya, seluruh kartu lainnya yang tidak terdaftar, seperti proximity card, Brizzi, dan KTP, ditolak oleh sistem. Penolakan ini ditandai dengan solenoid yang tetap terkunci, buzzer yang berbunyi sebagai peringatan, serta munculnya notifikasi “Akses Ditolak” pada Telegram. Rata-rata waktu respons keseluruhan pengujian tercatat sebesar 1,004 detik, menunjukkan konsistensi kecepatan sistem dalam memproses input valid maupun tidak valid. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi antara modul RFID RC522 dengan mikrokontroler ESP32 mampu menjalankan proses autentikasi secara akurat, cepat, dan responsif, sekaligus meningkatkan keamanan sistem dengan hanya mengizinkan akses dari kartu yang telah terdaftar sebelumnya.






Pengujian Nominal Uang Dengan Sensor Warna (TCS3200)

Berikut merupakan hasil pengujian sistem dalam mendeteksi berbagai nominal uang kertas menggunakan sensor warna TCS3200 yang terintegrasi dalam celengan modern berbasis IoT. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi tingkat akurasi dan respons waktu sensor dalam mengenali nominal uang berdasarkan karakteristik warna masing-masing pecahan. Uang yang diuji terdiri dari pecahan Rp100.000, Rp50.000, Rp20.000, Rp10.000, dan Rp5.000.

Tabel 2. Pengujian Nominal Uang Rp 100.000 Dengan Sensor Warna
(Centang (✓) = Terbaca Benar, Silang (✗) = Terbaca Salah, Strip (-) = Tidak Terbaca)

Kondisi Uang	Pengujian ke -										Response Time (detik)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	








	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2,51
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2,7
	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	2,62
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	2,56
Rata-rata <i>response time</i> Pembacaan uang (detik)											2,59

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian pembacaan uang pecahan Rp100.000 menggunakan sensor warna dengan metode pengujian sebanyak 10 kali untuk masing-masing dari lima lembar uang yang berbeda. Lembar pertama dan kedua merupakan data acuan kalibrasi, sehingga menghasilkan deteksi yang cukup akurat, ditandai dengan simbol centang pada seluruh percobaan dan response time sebesar 2,51 dan 2,7 detik. Lembar ketiga memiliki warna yang mirip dengan hasil kalibrasi, menghasilkan kesalahan deteksi pada seluruh percobaan, ditunjukkan dengan simbol silang dan waktu respons 2,62 detik. Sementara, lembar keempat yang memiliki perbedaan warna cukup jauh dari data kalibrasi tidak terbaca oleh sensor sama sekali, ditunjukkan dengan simbol strip. Selanjutnya, lembar kelima merupakan sebuah kertas yang memiliki kemiripan warna dengan data kalibrasi, namun bukan uang asli. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor tetap mendeteksi kertas yang bukan uang sebagai pecahan Rp5.000 pada seluruh percobaan, dengan response time sebesar 2,56 detik.

Tabel 3. Pengujian Nominal Uang Rp 50.000 Dengan Sensor Warna



(Centang (✓) = Terbaca Benar, Silang (✗) = Terbaca Salah, Strip (-) = Tidak Terbaca)

Kondisi Uang	Pengujian ke -										Response Time (detik)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2,33
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2,62
	-	✗ 10	✗ 10	✗ 10	-	-	-	-	-	-	2,65
	✗ 20	-	✗ 20	-	-	✗ 20	✗ 20	-	-	✗ 20	2,7
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2,48
Rata-rata <i>response time</i> Pembacaan Uang (detik)											2,55






Tabel 3 menyajikan hasil pengujian pembacaan uang pecahan Rp50.000 menggunakan sensor warna. Pengujian dilakukan pada lima lembar dengan kondisi yang berbeda, masing-masing diuji sebanyak 10 kali. Lembar pertama dan kedua merupakan data acuan hasil kalibrasi, sehingga menghasilkan pembacaan yang cukup akurat dengan seluruh percobaan terdeteksi benar, ditandai dengan simbol centang dan response time sebesar 2,33 dan 2,62 detik. Sebaliknya, lembar ketiga dan keempat yang tidak disertakan dalam proses kalibrasi menunjukkan penurunan akurasi yang cukup signifikan. Pada lembar ketiga, sebagian kecil percobaan berhasil terbaca, namun dengan hasil deteksi yang salah sebagai nominal Rp10.000, sementara sisanya tidak terbaca, ditunjukkan dengan simbol silang dan strip, serta response time sebesar 2,65 detik. Lembar keempat bahkan menunjukkan kecenderungan terbaca salah sebagai pecahan Rp20.000, meskipun



warna uang sebenarnya berbeda, dengan rata-rata waktu respon sebesar 2,7 detik, yang juga merupakan waktu respon tertinggi dalam tabel ini. Selanjutnya, lembar kelima merupakan sebuah kertas berwarna yang menyerupai warna dominan uang Rp50.000. Meskipun bukan uang asli, sensor mendeteksinya dengan tingkat akurasi penuh sebagai nominal Rp50.000 dalam seluruh percobaan, ditandai dengan simbol centang dan response time sebesar 2,48 detik.

Tabel 4. Pengujian Nominal Uang Rp 20.000 Dengan Sensor Warna

(Centang (✓) = Terbaca Benar, Silang (✗) = Terbaca Salah, Strip (-) = Tidak Terbaca)

Kondisi Uang	Pengujian ke -										Response Time (detik)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2,48
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2,67
	✗ 10	✗ 10	✗ 10	✗ 10	✗ 10	✗ 10	✗ 10	✗ 10	✗ 10	✗ 10	2,53
	✓	✓	✓	✗ 10	✓	✓	✓	✗ 10	✗ 10	✓	2,79
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2,5
Rata-rata <i>response time</i> Pembacaan Uang (detik)											2,59





Tabel 4 menyajikan hasil pengujian pembacaan uang pecahan Rp20.000 menggunakan sensor warna. Pengujian dilakukan pada lima lembar dengan kondisi yang berbeda, masing-masing diuji sebanyak 10 kali. Hasil pada sisi pertama dan kedua



menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik, dengan seluruh percobaan menghasilkan deteksi yang benar, ditandai dengan simbol centang dan response time masing-masing sebesar 2,48 dan 2,67 detik. Hal ini dapat dikaitkan dengan fakta bahwa proses kalibrasi warna dilakukan hanya pada sisi-sisi tersebut. Sebaliknya, sisi ketiga secara konsisten mengalami kesalahan deteksi, di mana seluruh percobaan terbaca sebagai nominal Rp10.000, yang ditandai dengan simbol silang dan keterangan nilai salah baca, dengan waktu respon sebesar 2,53 detik. Sisi keempat menunjukkan hasil yang bervariasi, sebagian pengujian terbaca benar, sementara sebagian lainnya salah terbaca sebagai Rp10.000, mengindikasikan adanya kemiripan warna yang menyebabkan ambiguitas pembacaan. Response time pada sisi keempat tercatat paling tinggi, yaitu 2,79 detik. Selanjutnya, lembar kelima berupa selembar kertas polos dengan warna yang menyerupai uang pecahan Rp20.000. Meskipun bukan merupakan uang asli, seluruh percobaan berhasil terbaca oleh sensor sebagai nominal Rp20.000, dengan response time sebesar 2,5 detik.

Tabel 5. Pengujian Nominal Uang Rp 10.000 Dengan Sensor Warna

(Centang (✓) = Terbaca Benar, Silang (✗) = Terbaca Salah, Strip (-) = Tidak Terbaca)





Kondisi Uang	Pengujian ke -										Response Time (detik)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	✓	✓	✓	✓	✓	✗ 100	✓	✓	✓	✓	2,82
	✓	✓	✗ 100	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	3,08
	✗ 5	✗ 5	✗ 5	✗ 5	✗ 5	✗ 5	✗ 5	✗ 5	✗ 5	✗ 5	2,94
	✗ 100	✗ 100	✗ 100	✗ 100	✗ 100	✗ 100	✗ 100	✗ 100	✗ 100	✗ 100	2,89
Rata-rata response time Pembacaan Uang (detik)											2,93



Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian pembacaan uang pecahan Rp10.000 menggunakan sensor warna, yang dilakukan terhadap empat lembar uang yang berbeda dengan masing-masing diuji sebanyak 10 kali. Hasil menunjukkan bahwa lembar pertama dan kedua yang digunakan sebagai acuan kalibrasi memberikan hasil deteksi yang tinggi hingga 90% dan response time masing-masing sebesar 2,82 dan 3,08 detik. Hal ini menunjukkan bahwa proses kalibrasi yang hanya dilakukan pada lembar pertama dan kedua menghasilkan akurasi deteksi yang baik pada lembar yang memiliki warna serupa. Sebaliknya, lembar ketiga dan keempat menunjukkan performa yang kurang baik. Lembar ketiga selalu terdeteksi namun salah dikenali sebagai nominal Rp5.000, sedangkan lembar keempat secara konsisten dikenali sebagai nominal Rp100.000. Meskipun semua sisi terbaca oleh sensor.

Tabel 6. Pengujian Nominal Uang Rp 5.000 Dengan Sensor Warna

(Centang (✓) = Terbaca Benar, Silang (✗) = Terbaca Salah, Strip (-) = Tidak Terbaca)

Kondisi Uang	Pengujian ke -										Response Time (detik)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2,6
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2,89
	✗ 100	✗ 100	✗ 100	✗ 100	✗ 100	✗ 100	✗ 100	✗ 100	✗ 100	✗ 100	2,74
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rata-rata <i>response time</i> Pembacaan uang (detik)											2,74

Tabel 6 menyajikan hasil pengujian pembacaan uang pecahan Rp5.000 menggunakan sensor warna. Uji dilakukan pada empat lembar uang, masing-masing



diuji sebanyak 10 kali. Hasil pada lembar pertama dan kedua menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dengan seluruh percobaan menghasilkan deteksi yang benar, yang ditandai dengan simbol centang dan response time sebesar 2,6 dan 2,89 detik. Hal ini disebabkan karena proses kalibrasi warna hanya dilakukan pada sisi lembar pertama dan kedua. Sementara itu, lembar ketiga yang memiliki kemiripan warna dengan pecahan Rp100.000 selalu terdeteksi, namun salah terbaca sebagai nominal Rp100.000, yang ditandai dengan simbol silang. Sedangkan lembar keempat dengan perbedaan warna yang cukup mencolok tidak terbaca oleh sensor sama sekali, ditandai dengan simbol strip. Temuan ini kembali menegaskan bahwa akurasi pembacaan sensor sangat bergantung pada data warna hasil kalibrasi awal. Warna yang tidak termasuk dalam data tersebut cenderung terbaca salah atau bahkan tidak terdeteksi sama sekali.

KESIMPULAN

Berdasarkan Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa prototipe celengan *modern* berbasis IoT ini berhasil menjalankan seluruh fungsi utamanya dengan baik, yaitu mendeteksi nominal uang secara otomatis menggunakan sensor warna TCS3200, mempermudah pemantauan tabungan secara *real-time* melalui bot Telegram, serta meningkatkan aspek keamanan dengan sistem autentikasi berbasis RFID. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi nominal uang dengan tingkat akurasi cukup tinggi pada sisi-sisi yang telah melalui proses kalibrasi, seperti terlihat pada pengujian uang pecahan Rp100.000, Rp50.000, Rp20.000 dan Rp5.000 yang mencapai tingkat keberhasilan 100% pada sisi pertama dan kedua, pada uang pecahan Rp10.000 tingkat keberhasilan 90% pada sisi pertama dan kedua. Sebaliknya, pada sisi yang ketiga dan empat yang memiliki warna yang tidak sesuai dengan data kalibrasi menunjukkan penurunan akurasi, dengan beberapa kasus salah deteksi atau bahkan gagal terbaca. Sistem keamanan menggunakan RFID juga berhasil diuji dengan hasil autentikasi yang akurat, di mana hanya kartu RFID yang terdaftar yang dapat membuka celengan, sementara kartu lain seperti KTP, Brizzi, dan proximity *card* ditolak secara konsisten, dengan rata-rata response time sebesar 1,004 detik. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi antara sistem deteksi warna, autentikasi RFID, dan pemantauan melalui Telegram menjadikan alat ini unggul dari segi efisiensi, kemudahan pemantauan, serta keamanan, dan dapat menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan kebiasaan menabung secara lebih cerdas dan aman di era digital.

Saran-saran untuk pengembangan alat ini agar menjadi lebih baik adalah sebagai berikut :



1. Sistem sebaiknya dilengkapi dengan fitur *image processing* agar pembacaan nominal uang lebih akurat dan dapat mengenali warna serta pola uang secara lebih detail.
2. Tambahkan sensor ultraviolet (UV) untuk mendeteksi keaslian uang, sehingga sistem bisa membedakan uang asli dan palsu secara otomatis dan lebih aman.
3. Menambahkan fitur mekanisme pengeluaran uang secara otomatis menggunakan servo apabila sensor tidak berhasil mendeteksi nominal uang.
4. Gunakan bahan filamen seperti PLA atau ABS dengan cetakan 3D agar desain celengan lebih menarik, kokoh, dan mudah disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.
5. Ganti kamera dengan resolusi lebih tinggi agar foto yang diambil saat celengan dibuka terlihat lebih jelas dan memudahkan identifikasi jika terjadi penyalahgunaan

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT., karena atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Celengan *Modern* Berbasis *IOT* Untuk Pemantuan Tabungan Secara *Real-Time*” dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Strata 1 (S1) pada Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Saya menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan dapat terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua dan keluarga tercinta atas segala doa, kasih sayang, dan dukungan yang tak ternilai selama proses studi dan penyusunan karya ini.
2. Bapak Heru Supriyono, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan motivasi yang diberikan selama proses penelitian hingga penulisan artikel ini.
3. Seluruh dosen dan staf pengajar di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta atas ilmu, pengalaman, dan fasilitas yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
4. Saudara Helmi Hidayatullah, Hafizh Izzudin, Tegar Eko Alfajar, Satria Ananta, Harry Budi S., Ilham Aziz, Pratama Cahya Febrianova, Dwiki Aji, dan Faza Rizqy atas bantuan teknis, kerja sama, serta semangat yang diberikan selama proses perancangan, pengujian alat, dan penyusunan artikel ini, khususnya dalam kebersamaan di kos Pandawa dan Al-Huda.



5. Teman-teman di komunitas Robot Research UMS atas kolaborasi, dukungan, dan inspirasi yang membangun semangat penelitian.
6. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro angkatan 2021 atas kebersamaan, semangat belajar, dan dukungan yang diberikan selama masa studi.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, Saya sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi kontribusi kecil dalam pengembangan teknologi di bidang keuangan dan otomasi sistem berbasis IoT.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anugrah, F. (2023, November 10). Sistem Kontrol dan Pengamanan Kotak Penyimpanan Uang Menggunakan Aplikasi Telegram Berbasis Arduino. *SNASTIKOM*.
<https://prosiding.snastikom.com/index.php/SNASTIKOM2020/article/view/64>
- [2] Fadliandi, & Kusnoto. (2023). Rancang Bangun dan Implementasi Alat Pendeteksi Nilai Uang untuk Tuna Netra Menggunakan Mikrokontroler Arduino. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 6(1).
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/resistor/article/view/16480>
- [3] Hasrudianto, A. (2022). Rancang Bangun Sistem Penghitung Jumlah Uang Kertas Pada Brankas Berbasis Arduino Uno. *JURNAL MOSFET*, 2(1), 2775–5274.
<http://jurnal.umpar.ac.id/indeks/jmosfet>•15
- [4] Komarudin, R. M., Suteddy, W., & Agustini, D. A. R. (2024). Rancang Bangun Celengan Pintar Berbasis IoT Menggunakan RFID dan Notifikasi Telegram IoT-based Smart Piggy Bank Design Implementation Using RFID and Telegram Notification. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 6.
<https://ejournal.ung.ac.id/index.php/jjee/article/viewFile/26179/8978>
- [5] Kunanti, A., & Setialoka, Y. (2024). Celengan Uang Koin Berbasis Arduino. *Polman Babel Repository*. 2(1), 1-57.
<http://repository.polmanbabel.ac.id/id/eprint/1159/1/Laporan%20Akhir%20Celengan%20Uang%20Koin%20Berbasis%20Arduino.pdf>.
- [6] Muzaki, I., Amal, M. I., & Alfarisi, M. (2024). Smart Lock Door Menggunakan RFID RC522 Berbasis Microcontroller Arduino Nano. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 13(2), 2685–0206. <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- [7] Pratama, A. A., Maulana, R., & Primananda, R. (2021). Implementasi Sistem Pendeteksi Uang pada Celengan Pintar menggunakan Metode Jaringan Syaraf



- Tiruan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 5(5), 1695–1705. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [8] Putri, N. A. D., Nirmala, I., & Rismawan, T. (2024). Implementasi Sistem Celengan Elektronik Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor Berbasis Arduino MEGA 2560. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika*, 10(2). <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jepin/article/view/81315>
- [9] Trisnoyo, K. R., & Ferdian, R. (2020). Tabungan Pintar Berbasis Single Board Computer. *CHIPSET*, 1(02), 53–60. <https://doi.org/10.25077/chipset.1.02.53-60.2020>
- [10] Wei, E. Y., & Lin, W. B. (2021). IoT Piggy Bank for Money Saving Habit Instillation. In *Journal of IT in Asia* (Vol. 09). https://www.researchgate.net/publication/356674774_IoT_Piggy_Bank_for_Money_Saving_Habit_Instillation

