

Rancang Bangun Celengan Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Sensor Warna TCS3200 dan Notifikasi Telegram

M. Mubiin Ben Prayoga-1^{a*}, Nailah Ayu Savitri-2^a, Iin Handayani-3^a, Fiqrul-4^a, Istnan Hidayat Ramadhan-5^a, Wahyu Ramadhani Gusti-6^a

^aProdi Elektronika, Universitas Negeri Makassar,
Jalan Daeng Tata Raya, Kota Makassar, Indonesia

*Email : benprayoga45@gmail.com, nailahayusavitri@gmail.com,
iinhandayani66@gmail.com, fikrulikku74@gmail.com, istnanhidayat755@gmail.com,
wahyuramadhani.2021@student.uny.ac.id

Abstrak

Menabung merupakan salah satu kebiasaan finansial krusial yang perlu ditanamkan sejak dini. Namun, metode menabung konvensional menggunakan celengan fisik seringkali kurang memotivasi karena keterbatasan transparansi, di mana pengguna tidak dapat mengetahui total saldo secara real-time tanpa harus membongkarnya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah prototipe celengan pintar berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mendeteksi nominal uang kertas Rupiah secara otomatis dan dinamis. Sistem kendali utama pada perangkat ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan modul sensor warna TCS3200. Sensor ini bertugas memindai dan mengidentifikasi nilai RGB (*Red, Green, Blue*) guna menentukan warna dominan dari uang kertas yang dimasukkan. Sebagai media interaksi pengguna, layar OLED 0.96 inch diintegrasikan pada fisik celengan sebagai penampil lokal untuk informasi saldo terkini. Selain itu, sistem ini memanfaatkan bot Telegram sebagai media komunikasi nirkabel berbasis cloud untuk mengirimkan notifikasi instan ke smartphone pengguna. Dalam proses pengembangannya, metode kalibrasi batas minimum (*minimum threshold*) diterapkan pada algoritma pemrograman untuk meminimalisasi kesalahan baca dan meningkatkan akurasi pengenalan terhadap pecahan Rp20.000, Rp50.000, dan Rp100.000. Hasil pengujian fungsionalitas menunjukkan bahwa prototipe celengan pintar ini berhasil mengidentifikasi variasi uang kertas dengan tingkat akurasi rata-rata mencapai 90%. Kegagalan pembacaan sebesar 10% umumnya dipengaruhi oleh faktor intensitas cahaya eksternal dan kondisi fisik uang yang lusuh. Di sisi lain, integrasi bot Telegram terbukti sangat efektif dalam memberikan pembaruan informasi saldo secara langsung, serta mendukung fitur reset saldo jarak jauh secara aman. Melalui implementasi teknologi IoT ini, sistem tabungan mandiri menjadi jauh lebih transparan, interaktif, dan mampu meningkatkan motivasi menabung masyarakat di era digital.

Kata Kunci: *Bot Telegram, Celengan Pintar, Internet of Things (IoT), ESP32, Sensor TCS3200*

1. Latar Belakang

Menabung merupakan salah satu kebiasaan penting dalam membangun ketahanan finansial individu. Di era modern, kemampuan mengelola keuangan

secara disiplin menjadi keterampilan yang perlu ditanamkan sejak dini. Perkembangan digitalisasi pengelolaan keuangan juga mulai diterapkan dalam lingkungan pendidikan, salah satunya melalui

pengelolaan sistem pembayaran non-tunai pada koperasi sekolah [1].

Celengan konvensional yang umum digunakan memiliki beberapa keterbatasan. Pengguna tidak dapat mengetahui jumlah tabungan tanpa membuka celengan, sehingga perkembangan tabungan sulit dipantau. Kondisi ini dapat menurunkan motivasi menabung karena tidak adanya penghargaan langsung atas setiap transaksi. Selain itu, celengan konvensional juga tidak mampu mencatat riwayat penyimpanan uang secara otomatis sehingga pengguna kesulitan mengevaluasi dan memantau pencapaian target tabungan.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang untuk mengatasi permasalahan tersebut. IoT memungkinkan perangkat fisik terhubung ke internet sehingga mampu mengumpulkan, mengolah, dan mengirimkan data secara otomatis. Implementasi IoT yang mengintegrasikan sensor warna TCS3200, penyimpanan data daring, dan Telegram juga telah diterapkan pada kotak donasi untuk mendukung proses deteksi dan pemantauan uang secara otomatis [2].

Pengembangan teknologi tabungan pintar juga relevan dengan upaya peningkatan literasi keuangan karena perangkat tabungan yang interaktif dapat menjadi salah satu media untuk mengenalkan aktivitas menabung sejak usia dini [3]. Sistem smart savings bahkan telah dikembangkan dengan kemampuan pemantauan celengan uang kertas melalui perangkat Android sehingga informasi tabungan dapat diakses secara lebih praktis [4]. Upaya tersebut sejalan dengan kegiatan edukasi literasi keuangan melalui gerakan menabung dan penggunaan celengan sebagai media untuk membangun kebiasaan mengelola uang [5].

Berdasarkan perkembangan tersebut, penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih sederhana dengan memanfaatkan karakteristik warna dominan uang kertas Rupiah sebagai dasar identifikasi nominal. Uang kertas

Rp20.000, Rp50.000, dan Rp100.000 memiliki karakteristik warna yang dapat dimanfaatkan sebagai parameter awal proses identifikasi menggunakan sensor warna.

Sistem dirancang menggunakan sensor warna TCS3200 yang mampu membaca karakteristik komponen warna RGB untuk diproses oleh mikrokontroler ESP32. ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan pemrosesan yang baik serta konektivitas Wi-Fi bawaan sehingga sistem dapat terhubung langsung ke internet. Informasi saldo ditampilkan melalui layar OLED 0,96 inch, sedangkan notifikasi dan pemantauan tabungan dilakukan melalui aplikasi Telegram sehingga pengguna dapat mengetahui perkembangan tabungan secara real-time melalui smartphone.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan metode kalibrasi dinamis berbasis nilai ambang batas minimum (minimum threshold) yang disesuaikan dengan karakteristik warna uang kertas Rupiah. Berbeda dengan metode kalibrasi statis, algoritma yang digunakan melakukan perbandingan ketiga komponen warna RGB secara bersamaan sehingga diharapkan lebih adaptif terhadap variasi pembacaan warna di dalam celengan.

Selain itu, sistem dilengkapi dengan penyimpanan data persisten menggunakan memori internal ESP32 sehingga saldo tabungan tetap tersimpan meskipun terjadi pemadaman listrik atau perangkat dimatikan. Dengan demikian, celengan pintar yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai tempat menyimpan uang, tetapi juga sebagai sistem pengelolaan tabungan yang cerdas, praktis, dan terintegrasi.

2.Literature Review

Sensor Warna TCS3200

Sensor warna TCS3200 merupakan sensor yang dapat digunakan untuk membedakan karakteristik warna suatu objek berdasarkan komponen *Red*, *Green*, dan *Blue* (RGB). Penggunaan sensor TCS3200 untuk mendeteksi keaslian dan

nominal uang telah diterapkan dengan memanfaatkan perbedaan karakteristik warna uang kertas sebagai salah satu parameter identifikasi [6].

Tabel 1. Kalibrasi Nilai Sensor TCS3200

Nominal Uang	Warna Dominan	Syarat R	Syarat G	Syarat B
Rp20.000	Hijau	> G	< 80	> G
Rp50.000	Biru	> B	> B	< 80
Rp100.000	Merah	< 80	> R	> R

Tabel 1 menguraikan parameter logika pemrograman berbasis algoritma interlock atau perbandingan nilai minimum dinamis pada mikrokontroler ESP32 untuk memproses data frekuensi sensor TCS3200. Sistem menetapkan batas toleransi maksimal pada angka 80, sehingga objek uang kertas baru mulai dideteksi jika salah satu frekuensi warna dominannya bernilai kurang dari 80 (< 80). Setelah batas tersebut terpenuhi, mikrokontroler melakukan komparasi silang untuk memastikan warna dominan memiliki nilai yang memenuhi karakteristik nominal yang telah ditetapkan.

Mikrokontroler ESP32 dan OLED 0.96 Inch

Mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pusat kendali utama sistem karena memiliki kemampuan pemrosesan dan fasilitas komunikasi yang mendukung pengembangan perangkat elektronik terkoneksi [7]. Dalam pengembangan sistem IoT, perangkat seperti ESP32 dapat ditempatkan sebagai unit pemrosesan yang menghubungkan komponen penginderaan dengan jaringan komunikasi dan aplikasi pengguna dalam suatu arsitektur IoT [8].

Penggunaan ESP32 dalam sistem tabungan juga telah dikembangkan dengan mengintegrasikan coin acceptor dan RFID untuk mendukung pencatatan tabungan secara otomatis pada lingkungan sekolah dasar [9]. Selain itu, pemanfaatan mikrokontroler untuk proses penghitungan uang secara otomatis juga telah diterapkan

pada sistem penghitung jumlah uang kertas berbasis Arduino Uno [10].

Pemilihan ESP32 pada penelitian ini didukung oleh kemampuannya untuk dikembangkan sebagai perangkat IoT yang mengintegrasikan fungsi pengolahan data dan komunikasi jaringan dalam satu mikrokontroler [11]. Pada aplikasi pengenalan uang, penggunaan mikrokontroler bersama sensor UV, sensor cahaya, dan sensor warna juga menunjukkan bahwa beberapa karakteristik fisik uang dapat diproses secara otomatis untuk mendukung proses identifikasi [12].

Dalam penelitian ini, ESP32 menerima data frekuensi dari sensor TCS3200, menjalankan logika identifikasi berdasarkan threshold, menyimpan nilai saldo, serta mengirimkan hasil pemrosesan menuju layar OLED dan Telegram. OLED 0.96 Inch digunakan untuk menampilkan nominal uang yang terdeteksi dan total saldo secara lokal sehingga pengguna memperoleh feedback visual langsung dari perangkat.

Telegram Bot

Telegram Bot digunakan sebagai media notifikasi real-time sekaligus antarmuka kontrol jarak jauh. Pemanfaatan Telegram pada sistem penghitung uang otomatis telah diterapkan untuk mengirimkan informasi dari perangkat kepada pengguna tanpa harus melakukan pengecekan secara langsung pada perangkat fisik [13].

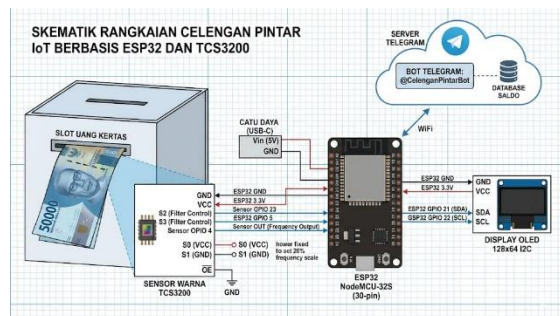
Integrasi Telegram juga telah digunakan dalam pengembangan celengan pintar berbasis IoT yang memanfaatkan RFID sebagai bagian dari sistem identifikasi dan Telegram sebagai media penyampaian notifikasi kepada pengguna [14]. Selain dalam sistem IoT, Telegram Bot telah dimanfaatkan sebagai media penyampaian informasi karena mampu mendukung proses distribusi informasi secara otomatis kepada pengguna [15].

Pada sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini, ESP32 dapat mengirimkan pesan otomatis setiap kali uang berhasil

teridentifikasi serta menerima perintah /reset dari pengguna untuk mengosongkan data saldo.

Perancangan Sistem

Perancangan sistem celengan pintar menggunakan arsitektur IoT yang terdiri dari *perception layer*, *network layer*, dan *application layer*. Sensor TCS3200 berfungsi sebagai perangkat penginderaan untuk mendeteksi warna uang kertas, sedangkan ESP32 mengolah data dan menghubungkan sistem ke internet melalui Wi-Fi. Antarmuka pengguna diwujudkan melalui bot Telegram sebagai media pemantauan, notifikasi, dan kontrol jarak jauh.

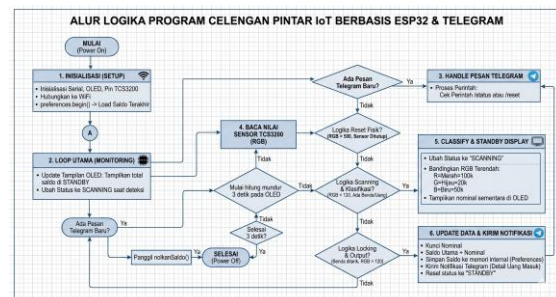


Gambar 1. Skematik Rangkaian Celengan Pintar

Berdasarkan gambar 1, konfigurasi struktural dan interkoneksi perangkat keras pada sistem celengan pintar ini mengintegrasikan beberapa komponen utama berbasis IoT. Sistem ini dirancang secara spesifik untuk mengidentifikasi tiga variasi nominal uang kertas Rupiah, yaitu pecahan Rp20.000, Rp50.000, dan Rp100.000, dengan memanfaatkan pemindaian karakteristik warna dominan dari masing-masing jenis pecahan. Pendekatan berbasis sensor warna ini dipilih karena menawarkan efisiensi komputasi yang tinggi serta implementasi yang relatif sederhana, sehingga sistem dapat bekerja secara optimal tanpa memerlukan algoritma *machine learning* yang kompleks pada mikrokontroler.

Secara teknis, arsitektur perangkat keras ini berpusat pada mikrokontroler NodeMCU ESP32 (30-pin) sebagai unit

pemroses utama. ESP32 tersebut terhubung langsung dengan sensor warna TCS3200 yang diletakkan pada celah (*slot*) masuknya uang kertas untuk mendeteksi komposisi warna objek. Sebagai media interaksi lokal, sebuah layar display OLED berukuran 0,96 inch dengan antarmuka I2C diintegrasikan guna menampilkan informasi saldo secara langsung. Sementara itu, untuk fungsionalitas nirkabel dan kendali jarak jauh, mikrokontroler memanfaatkan koneksi Wi-Fi untuk terhubung secara dua arah dengan server bot Telegram dan database saldo, sehingga pengguna dapat menerima notifikasi instan secara *real-time*.



Gambar 2. Flowchart Program ESP32

Berdasarkan gambar 2, alur logika pemrograman celengan pintar ini diatur secara sistematis melalui beberapa tahapan utama yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Proses dimulai dari tahapan inisialisasi (*setup*) yang mengaktifkan komunikasi serial, layar OLED, pin sensor TCS3200, dan koneksi Wi-Fi, serta memuat data saldo terakhir dari memori persisten memanfaatkan fungsi *Preferences*. Ketika memasuki siklus loop utama (*monitoring*), sistem secara kontinu membaca nilai RGB dan memperbarui tampilan status *standby* pada OLED sembari memeriksa ada tidaknya pesan masuk dari bot Telegram untuk memproses perintah jarak jauh.

Saat objek uang kertas dimasukkan, status sistem berubah menjadi *scanning* dan data frekuensi warna yang ditangkap oleh sensor TCS3200 akan dievaluasi berdasarkan batas ambang (*threshold*) hasil kalibrasi. Jika salah satu kondisi nominal tervalidasi, sistem akan mengaktifkan

logika penguncian (*locking mechanism*) untuk mencegah terjadinya pembacaan ganda sebelum mengkonfirmasi nominal akhir. Setelah nilai nominal dikunci, saldo utama langsung diakumulasikan, disimpan kembali ke dalam memori internal perangkat, dan secara simultan dikirimkan sebagai notifikasi instan ke akun Telegram pengguna melalui jaringan Wi-Fi sebelum sistem kembali ke status *standby*.

Guna mengukur efektivitas dan performa dari arsitektur program tersebut, evaluasi sistem dilakukan secara komprehensif dengan menitikberatkan pada tiga aspek utama, yaitu tingkat akurasi deteksi nominal, kecepatan respons atau latensi notifikasi, serta stabilitas komunikasi data IoT. Pengujian eksperimental diterapkan pada berbagai skenario operasional yang melibatkan variasi kondisi fisik uang kertas (mulai dari kondisi baru hingga lusuh), fluktuasi intensitas pencahayaan lingkungan sekitar sensor, serta stabilitas koneksi internet. Melalui pendekatan evaluasi berlapis ini, karakteristik performa prototipe dapat dipetakan secara objektif guna memastikan bahwa sistem celengan pintar mampu beroperasi secara akurat, responsif, dan andal untuk penggunaan jangka panjang.

3. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) yang berfokus pada perancangan, implementasi, dan pengujian sistem secara empiris. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian fungsional, serta analisis hasil. Secara garis besar, metodologi penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian utama sebagai berikut:

Implementasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Tahap implementasi dimulai dengan perakitan komponen perangkat keras berdasarkan skematik rangkaian yang telah dirancang. Sensor TCS3200 dihubungkan ke pin GPIO ESP32 yang telah ditentukan

sesuai dengan pemetaan sinyal output (S0, S1, S2, S3, dan OUT). Layar OLED 0.96 inch dihubungkan melalui antarmuka I2C menggunakan pin SDA dan SCL pada ESP32. Seluruh komponen ditempatkan di dalam wadah celengan yang dirancang khusus dengan slot masuk uang yang memposisikan uang kertas tepat di atas area pembacaan sensor.

Pada sisi perangkat lunak, program ditulis menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Implementasi mencakup beberapa modul utama:

- modul pembacaan sensor TCS3200 yang mengambil nilai frekuensi RGB secara periodic.
- modul logika identifikasi nominal yang mengimplementasikan algoritma interlock threshold.
- modul penyimpanan persisten menggunakan library Preferences ESP32 untuk menjaga data saldo.
- modul tampilan OLED menggunakan library Adafruit SSD1306 untuk menampilkan informasi secara local.
- modul komunikasi Telegram menggunakan library *Universal Telegram Bot* untuk mengirim notifikasi dan menerima perintah dari pengguna.

Kalibrasi sensor dilakukan sebelum sistem dijalankan secara penuh. Proses kalibrasi melibatkan pembacaan nilai RGB dari masing-masing nominal uang kertas pada kondisi pencahayaan ruang tertutup di dalam wadah celengan. Nilai-nilai threshold yang diperoleh kemudian dikodekan ke dalam program sebagai konstanta yang digunakan oleh algoritma identifikasi. Proses kalibrasi diulang beberapa kali untuk memastikan konsistensi nilai yang diperoleh.

Pengujian Fungsional Sistem

Pengujian fungsional bertujuan untuk memverifikasi bahwa setiap komponen dan modul sistem bekerja sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan. Pengujian dilakukan secara bertahap, dimulai dari pengujian komponen individual hingga

pengujian sistem secara keseluruhan (end-to-end testing).

Pengujian komponen individual mencakup:

- verifikasi output sensor TCS3200 menggunakan Serial Monitor Arduino IDE untuk memastikan nilai RGB yang terbaca konsisten dan sesuai dengan ekspektasi pada masing-masing nominal uang.
- verifikasi tampilan OLED untuk memastikan teks dan angka ditampilkan dengan benar dan terbaca jelas.
- verifikasi koneksi Telegram Bot dengan mengirim pesan uji coba dan memastikan pesan diterima oleh akun Telegram pengguna tanpa delay yang berarti.

Setelah seluruh komponen diverifikasi berfungsi dengan baik secara individual, pengujian dilanjutkan ke tahap integrasi di mana seluruh komponen dijalankan bersama-sama sebagai satu sistem yang utuh. Pada tahap ini, skenario penggunaan nyata disimulasikan untuk mengidentifikasi potensi masalah yang mungkin muncul dari interaksi antar komponen.

Pengujian Akurasi melalui Trial and Error

Untuk mengevaluasi keandalan dan akurasi sistem dalam kondisi nyata, dilakukan pengujian berulang secara sistematis dengan pendekatan trial and error. Setiap nominal uang kertas (Rp20.000, Rp50.000, dan Rp100.000) diujicobakan sebanyak 10 kali percobaan secara bergantian. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan kondisi fisik uang kertas yang digunakan, mulai dari uang kertas baru yang masih crisp hingga uang kertas yang sudah beredar cukup lama dan mengalami sedikit pemudaran warna, guna mendapatkan gambaran performa sistem yang representatif terhadap kondisi uang di dunia nyata.



Gambar 3. Tampilan Layar Ketika Terdeteksi Uang

Berdasarkan gambar 3, implementasi pengujian fisik dilakukan secara langsung untuk mengevaluasi respons fungsional perangkat saat berinteraksi dengan objek uang kertas. Seluruh data hasil eksperimen didokumentasikan secara komprehensif ke dalam tabel pengujian yang memuat parameter nominal sampel, status identifikasi oleh sistem (kategori berhasil atau gagal), serta catatan mengenai karakteristik spesifik pada setiap percobaan yang mengalami kegagalan deteksi. Data kuantitatif yang telah dihimpun tersebut kemudian diolah lebih lanjut untuk mengkalkulasi persentase tingkat akurasi pada masing-masing pecahan nominal sekaligus menentukan nilai akurasi rata-rata dari sistem celengan pintar secara keseluruhan.

Selain melakukan perhitungan akurasi, analisis mendalam terhadap pola kegagalan pembacaan juga diterapkan guna memetakan berbagai faktor penentu yang memicu terjadinya kesalahan deteksi. Beberapa variabel utama yang berhasil diidentifikasi antara lain adalah kondisi fisik uang kertas sampel yang terlalu lusuh, adanya interferensi pencahayaan dari lingkungan luar (*ambient light*) yang bocor ke dalam wadah kompartemen sensor, serta keterbatasan inheren yang bersumber dari algoritma pemrograman *threshold* yang diimplementasikan. Temuan serta hasil evaluasi kritis dari pola kesalahan ini selanjutnya digunakan sebagai landasan

objektif dalam merumuskan rekomendasi perbaikan serta pengembangan sistem pada bagian saran laporan penelitian.

4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian Sensor Warna

Berdasarkan hasil kalibrasi dan pengujian lapangan, sensor TCS3200 terbukti mampu mengenali perbedaan warna dominan antara uang kertas Rp20.000 (hijau), Rp50.000 (biru), dan Rp100.000 (merah) dengan konsistensi yang memadai. Pembatasan pada tiga nominal uang kertas ini secara sengaja dilakukan untuk mempercepat waktu respons pembacaan sistem dan mengurangi beban komputasi pada mikrokontroler ESP32.

Tabel 2. Hasil Pengujian Akurasi

Nominal	Jumlah Uji	Berhasil	Gagal	Akurasi (%)
Rp20.000	10 kali	9	1	90%
Rp50.000	10 kali	10	0	100%
Rp100.000	10 kali	8	2	80%
Rata-Rata	30 kali	27	3	90%

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 2, diperoleh hasil analisis kuantitatif mengenai performa dan akurasi sensor warna TCS3200 dalam mengidentifikasi nominal uang kertas Rupiah. Secara keseluruhan, eksperimen dilakukan melalui total 30 kali uji coba yang didistribusikan secara merata, yaitu masing-masing sebanyak 10 kali pengujian untuk setiap pecahan nominal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pecahan Rp50.000 memiliki performa paling optimal dengan tingkat keberhasilan mutlak mencapai 100% tanpa adanya kegagalan pembacaan. Karakteristik spektrum warna biru dominan pada pecahan tersebut terbukti sangat konsisten sehingga dapat didefinisikan secara presisi oleh algoritma *minimum threshold* pada mikrokontroler ESP32.

Sementara itu, pengujian pada pecahan Rp20.000 menghasilkan tingkat akurasi sebesar 90% dengan rincian 9 kali pembacaan sukses dan 1 kali kegagalan. Di sisi lain, tingkat akurasi terendah

ditemukan pada pengujian pecahan Rp100.000, yang mencatatkan nilai akurasi sebesar 80% akibat terjadinya 2 kali kesalahan identifikasi oleh sistem. Secara akumulatif, dari keseluruhan 30 kali interaksi pengujian, sistem berhasil mengenali data secara valid sebanyak 27 kali dan mengalami kegagalan sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh nilai rata-rata akurasi sistem sebesar 90%.

Evaluasi terhadap kegagalan pembacaan yang terjadi pada pecahan Rp20.000 dan Rp100.000 mengindikasikan adanya pengaruh dari variabel eksternal dan fisik objek saat pengujian lapangan. Inkonsistensi pembacaan nilai RGB (Red, Green, Blue) oleh sensor TCS3200 umumnya dipicu oleh fluktuasi intensitas pencahayaan lingkungan (*ambient light*) yang masuk ke dalam kompartemen sensor, serta kondisi fisik uang kertas sampel yang telah lusuh, terlipat, atau mengalami penurunan saturasi warna. Meskipun terdapat margin kesalahan (*error rate*) sebesar 10%, capaian rata-rata akurasi sebesar 90% ini mengkonfirmasi bahwa prototipe celengan pintar berbasis IoT ini telah memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi dan layak digunakan untuk pemrosesan saldo secara otomatis.

Performa Sistem

Secara kualitatif, performa sistem celengan pintar dievaluasi berdasarkan tiga aspek utama, yaitu akurasi deteksi, responsivitas sistem, dan kemudahan penggunaan (*usability*). Selain fungsi teknis, keberadaan perangkat tabungan yang menarik dan mudah digunakan mempunyai relevansi dengan upaya membangun motivasi menabung, khususnya ketika kebiasaan tersebut diperkenalkan sejak usia dini [16].

Nominal Rp50.000 menunjukkan performa terbaik dengan akurasi 100% pada seluruh 10 percobaan. Berdasarkan hasil observasi selama pengujian, karakteristik warna biru pada sampel Rp50.000 menghasilkan pembacaan yang lebih konsisten dibandingkan kedua

nominal lainnya. Penggunaan TCS3200 untuk membedakan karakteristik uang juga telah diterapkan dalam pengembangan alat pendeteksi keaslian dan nominal uang yang mengkombinasikan sensor UV dan sensor warna [17].

Sebaliknya, nominal Rp100.000 mengalami penurunan akurasi hingga 80% dengan dua kali kegagalan pembacaan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kegagalan lebih sering ditemukan pada uang yang mengalami pemudaran warna serta ketika terdapat cahaya ambient yang masuk ke dalam kompartemen sensor. Temuan ini menunjukkan bahwa kestabilan kondisi pembacaan perlu diperhatikan untuk meningkatkan konsistensi identifikasi nominal.

Dari sisi responsivitas, delay antara pendeteksian nominal hingga munculnya pesan notifikasi pada smartphone berada pada rentang 1–3 detik. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa integrasi perangkat fisik dan jaringan internet mampu mendukung pemantauan transaksi secara jarak jauh. Pendekatan pengintegrasian perangkat penyimpanan uang dengan teknologi IoT juga telah diterapkan pada pengembangan smart donation box berbasis IoT [18].

Dari aspek kemudahan penggunaan, antarmuka berbasis Telegram Bot memungkinkan pengguna memperoleh informasi saldo dan menjalankan fungsi kendali melalui smartphone. Fitur /reset dapat digunakan dari jarak jauh sehingga pengguna tidak harus melakukan interaksi langsung dengan tombol fisik pada perangkat. Penggunaan perangkat penyimpanan uang berbasis IoT juga telah dikembangkan dalam konteks peningkatan akuntabilitas dan kemudahan pengumpulan dana melalui sistem kotak amal cerdas [19].

Integrasi IoT dan Telegram Bot

Setiap transaksi menabung berhasil dilaporkan secara otomatis ke smartphone pengguna dengan delay yang sangat minimal. Fitur reset melalui perintah /reset dari aplikasi Telegram terbukti efektif

untuk menghapus riwayat saldo digital secara praktis tanpa harus menekan tombol fisik pada perangkat keras.



Gambar 4. Kondisi Ketika Perintah /reset Diterapkan di Telegram

Berdasarkan gambar 4, integrasi bot Telegram tidak hanya berfungsi sebagai media monitoring pasif, tetapi juga sebagai antarmuka kendali interaktif dua arah antara pengguna dan sistem celengan pintar. Sistem mampu mengirimkan rincian nominal uang yang masuk beserta akumulasi total saldo serta menjalankan perintah penghapusan saldo dari jarak jauh.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi sensor warna, mikrokontroler, dan komunikasi IoT dapat digunakan untuk membangun prototipe penyimpanan uang yang mampu melakukan identifikasi nominal sekaligus pencatatan saldo secara otomatis. Pendekatan berbasis sensor warna untuk sistem penyimpanan uang juga telah diterapkan sebelumnya pada prototipe berbasis mikrokontroler Arduino Uno, sehingga hasil penelitian ini memperlihatkan pengembangan lebih lanjut melalui penggunaan ESP32, konektivitas Wi-Fi, penyimpanan saldo persisten, dan integrasi Telegram [20].

5. Kesimpulan

Prototipe celengan pintar berbasis Internet of Things (IoT) berhasil dikembangkan dengan mengintegrasikan sensor warna TCS3200, mikrokontroler ESP32, layar OLED, dan bot Telegram

untuk mendeteksi nominal uang, mencatat saldo, serta menyampaikan informasi tabungan secara real-time. Dalam ruang lingkup pengujian yang terbatas pada uang kertas Rp20.000, Rp50.000, dan Rp100.000, sistem memperoleh akurasi rata-rata sebesar 90%. Pecahan Rp50.000 menunjukkan akurasi tertinggi sebesar 100%, sedangkan Rp20.000 dan Rp100.000 masing-masing mencapai 90% dan 80%.

Kegagalan deteksi yang ditemukan selama pengujian terindikasi berkaitan dengan kondisi fisik uang yang mengalami pemudaran warna serta variasi pencahayaan di sekitar sensor. Oleh karena itu, hasil penelitian ini belum dapat digeneralisasikan untuk seluruh pecahan Rupiah maupun berbagai kondisi lingkungan penggunaan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi sensor warna dan IoT berpotensi mendukung pengembangan media menabung yang mampu memberikan informasi saldo secara otomatis dan memudahkan pemantauan jarak jauh. Namun, penelitian ini masih terbatas pada tiga nominal uang kertas, jumlah pengujian yang terbatas, serta penggunaan metode identifikasi berbasis warna yang sensitif terhadap kondisi uang dan pencahayaan. Penelitian selanjutnya disarankan memperluas jenis nominal yang diuji, menambah jumlah dan variasi sampel, menerapkan pencahayaan sensor yang lebih terkontrol, serta mengembangkan metode identifikasi yang lebih adaptif untuk meningkatkan akurasi dan keandalan sistem.

Daftar Pustaka

- [1] Anggi, Siminto, and R. Irawan, "Pengelolaan sistem pembayaran non tunai di Koperasi Sekolah Dasar Islam Terpadu Mujahidul Amin Palangka Raya," *Jurnal Sains Komputer dan Teknologi Informasi*, vol. 7, no. 2, 2025, <https://doi.org/10.33084/jsakti.v7i2.9422>
- [2] N. Anggraini and M. A. Shaeku, "Implementasi IoT pada kotak donasi dengan sensor TCS3200 untuk deteksi uang kertas menggunakan Firebase dan Bot Telegram," *Jurnal Informatika*, vol. 9, no. 4, 2024, <https://doi.org/10.32493/informatika.v9i4.45280>
- [3] F. A. Arlika, "Analisis preferensi anak usia dini terhadap tabungan pintar dalam mengembangkan literasi keuangan di TK-IT Wildani 6 Desa Menongo Kec. Sukodadi Kab. Lamongan," *Academic Journal of Educational Research*, vol. 1, no. 3, 2025, <https://doi.org/10.52166/ajer.v1i3.11086>
- [4] N. Azizah, F. C. Chasanah, W. E. Nugroho, and P. Wibowo, "Rancang bangun sistem monitoring smart savings pada celengan uang kertas berbasis Android," *Journal of Mechanical Engineering and Information System*, vol. 1, no. 2, 2023, <https://doi.org/10.52330/jmeis.v1i2.177>
- [5] I. K. Bagiana, N. Yudiarini, N. M. E. Wedayanti, and K. D. Natalia, "Edukasi literasi keuangan melalui gerakan menabung dan pembuatan celengan," *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 6, no. 1, 2025, <https://doi.org/10.36733/jadma.v6i1.11808>
- [6] A. Bahri and Harmadi, "Sistem pendeteksi keaslian dan nominal uang untuk penyandang tunanetra menggunakan sensor UV GYML8511 dan TCS3200," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 12, no. 2, pp. 316–321, 2023, <https://doi.org/10.25077/jfu.12.2.316-321.2023>
- [7] N. Cameron, *ESP32 Microcontroller*, 1st ed. Apress, 2023, pp. 1–15, https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9376-8_1

- [8] B. B. Gupta and M. Quamara, "An overview of Internet of Things (IoT): Architectural aspects, challenges, and protocols," *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, vol. 32, no. 21, Art. no. e4946, 2020, <https://doi.org/10.1002/cpe.4946>
- [9] T. Hariono and M. M. Surur, "Pengembangan sistem tabungan otomatis menggunakan ESP32, sensor coin acceptor, dan RFID untuk lingkungan sekolah dasar," *Jurnal Informatik dan Teknologi*, vol. 13, no. 3, 2025, <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3S1.7884>
- [10] A. Hasrudianto, "Rancang bangun sistem penghitung jumlah uang kertas pada brankas berbasis Arduino Uno," *Journal of Micro System, IoT and Electrical Technology*, vol. 2, no. 1, 2022, <https://doi.org/10.31850/jmosfet.v2i1.1571>
- [11] D. Hercog, T. Lerher, M. Truntiĉ, and O. Težak, "Design and implementation of ESP32-based IoT devices," *Sensors*, vol. 23, no. 15, 2023, <https://doi.org/10.3390/s23156739>.
- [12] M. U. Hidayat and M. Iqbal, "Alat pendeteksi uang palsu portabel dengan menggunakan sensor UV, sensor cahaya dan sensor warna berbasis mikrokontroler," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 6, no. 1, 2022, <https://doi.org/10.31000/jte.v6i1.6962>.
- [13] N. S. Hidayatullah and D. Irawan, "Sistem penghitung uang kotak amal otomatis berbasis Telegram," *Jurnal Informatik dan Teknologi*, vol. 13, no. 2, 2025, <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i2.6387>.
- [14] R. M. Komarudin, W. Suteddy, and D. A. R. Agustini, "Rancang bangun celengan pintar berbasis IoT menggunakan RFID dan notifikasi Telegram," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 6, no. 2, 2024, <https://doi.org/10.37905/jjee.v6i2.26179>.
- [15] A. D. Mulyanto, "Pemanfaatan Bot Telegram untuk media informasi penelitian," *Matics: Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, vol. 12, no. 1, 2020, <https://doi.org/10.18860/mat.v12i1.8847>.
- [16] D. R. Pulungan, L. Khairani, M. Arda, M. Koto, and E. Kurnia, "Memotivasi anak usia dini menabung demi masa depan," *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan*, vol. 1, no. 1, 2019, <https://doi.org/10.30596/snk.v1i1.3631>.
- [17] S. Purwo, M. Reynaldi, and L. Aditya, "Rancang bangun alat pendeteksi keaslian dan nominal uang menggunakan sensor UV GYML8511 dan TCS3200," *Jurnal Informatik dan Teknologi*, vol. 13, no. 1, 2025, <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5967>.
- [18] D. Setiawan and T. Hariono, "Design of a smart donation box based on IoT," *Newton: Journal of Innovative Engineering*, vol. 3, no. 2, 2024, <https://doi.org/10.32764/newton.v3i2.4951>.
- [19] J. Simorangkir and I. Gea, "Implementasi kotak amal cerdas berbasis IoT dalam meningkatkan akuntabilitas dan kemudahan pengumpulan dana," *Indonesian Journal of Media Informatics*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2025, <https://doi.org/10.61674/7ccmd934>.
- [20] Zulkarnaen, Y. Sutaryana, and Suryati, "Prototype kotak penyimpanan uang menggunakan sensor warna berbasis mikrokontroler Arduino Uno," *Jurnal Teknimedia*, vol. 6, no. 1, 2025, <https://doi.org/10.46764/teknimedia.v6i1.287>.