

BANGUN SISTEM CELENGAN PINTAR PENGENDALI JARINGAN LISTRIK BERBASIS MIKROKONTROLER

M Bahrul Ulum¹, Shazana Dhiya Ayuni², Jamaaluddin³, dan Agus Hayatal Falah⁴

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi,

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Email: shazana@umsida.ac.id

Received: 4 Desember 2024

Accepted: 14 Januari 2025

Published: 20 Januari 2025

Keywords:

jaringan Listrik;

mikrokontroller

Correspondent Email:

bahrululum10010@gmail.com

Penelitian ini mengembangkan sistem celengan pintar berbasis mikrokontroler untuk pengelolaan jaringan listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem yang dapat mendorong pengguna untuk menabung secara konsisten dengan mengonversi jumlah uang yang ditabung menjadi arus listrik, sehingga mengendalikan akses listrik berdasarkan saldo tabungan. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino, sensor warna TCS 34725 untuk mendeteksi nominal uang, dan sensor PZEM-004T untuk mengukur tegangan, arus, dan daya listrik. Metode yang digunakan melibatkan pembangunan dan pengujian perangkat keras serta perangkat lunak sistem, diikuti dengan serangkaian uji fungsional dan uji kinerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam mendeteksi uang, mengonversi uang yang ditabung menjadi arus listrik, dan mengelola listrik berdasarkan saldo tabungan. Waktu respons sistem juga efisien, dan daya tetap terhubung ketika saldo tabungan melebihi ambang batas yang ditentukan. Penelitian ini menunjukkan potensi penggabungan pengelolaan keuangan dengan pengelolaan energi, menjadikan proses menabung lebih menarik dan praktis bagi pengguna.

Kata kunci: celengan pintar; mikrokontroler; pengelolaan listrik; menabung; sensor warna; PZEM-004T

Abstract. A maximum

This research develops an intelligent piggy bank system based on a microcontroller for managing electricity networks. The aim of this study is to design a system that encourages users to save consistently by converting the amount of money saved into electrical current, thus controlling electricity access based on the savings. The system uses an Arduino microcontroller, a TCS 34725 color sensor for detecting currency denominations, and a PZEM-004T sensor to measure voltage, current, and power consumption. The method involves constructing and testing the hardware and software of the system, followed by a series of functional and performance tests. Results show that the system is effective in detecting currency, converting saved money into electrical current, and managing electricity based on the savings. The system's response time is efficient, and the power remains connected when the savings exceed a set threshold. This research demonstrates the potential of combining financial management with energy management, making the saving process more engaging and practical for users

Keywords: intelligent piggy bank; microcontroller; electricity management; savings; color sensor;

1. PENDAHULUAN

Menabung merupakan kebiasaan yang sederhana, namun memiliki dampak yang signifikan dalam membentuk pola hidup hemat dan bertanggung jawab. Kebiasaan menabung, jika diterapkan sejak dini, dapat membantu individu mengelola pengeluarannya dengan lebih bijak di masa depan. Selain itu, menabung juga berfungsi sebagai cara untuk mengatasi ketidakpastian finansial dengan menyediakan cadangan dana untuk kebutuhan yang mendesak atau tujuan jangka panjang. Menurut Fitriyani et al. (2013), seseorang yang memiliki kebiasaan menabung sejak kecil cenderung memiliki pengelolaan keuangan yang lebih baik saat dewasa. Oleh karena itu, penting untuk menanamkan kebiasaan menabung kepada anak-anak dan remaja, agar mereka tumbuh menjadi individu yang lebih mandiri secara finansial [1].

Namun, meskipun pentingnya kebiasaan menabung sudah diakui, literasi keuangan di Indonesia masih tergolong rendah, khususnya di kalangan anak-anak dan remaja. Banyak dari mereka yang belum memahami konsep dasar pengelolaan keuangan, seperti pentingnya menabung, pengelolaan pengeluaran, dan perencanaan keuangan jangka panjang [2]. Menurut survei yang dilakukan oleh OJK, tingkat literasi keuangan di Indonesia masih jauh dari angka yang diharapkan. Hal ini mengindikasikan perlunya intervensi dalam bentuk edukasi keuangan yang lebih intensif, khususnya di tingkat pendidikan dasar dan menengah. Salah satu cara efektif untuk meningkatkan literasi keuangan adalah melalui penggunaan media interaktif yang menarik, seperti celengan pintar yang dapat menjadi alat pembelajaran yang menyenangkan dan mendidik [3].

Beberapa penelitian telah berusaha mengembangkan perangkat celengan pintar berbasis teknologi untuk meningkatkan pemahaman anak-anak mengenai pentingnya menabung. Misalnya, Ramadhan (2018) mengembangkan sistem celengan pintar berbasis Raspberry Pi yang memungkinkan anak-anak untuk merencanakan dan memantau tabungan mereka. Sistem ini memanfaatkan teknologi untuk membuat proses menabung

menjadi lebih menarik dan terorganisir. Selain itu, Kevin (2020) merancang perangkat celengan pintar yang dilengkapi dengan sistem keamanan berbasis E-KTP untuk meningkatkan keamanan uang yang ditabung. Kedua perangkat ini menunjukkan bahwa teknologi dapat menjadi alat yang efektif dalam membantu anak-anak belajar mengelola keuangan, namun belum sepenuhnya memanfaatkan potensi teknologi untuk integrasi yang lebih luas dalam kehidupan sehari-hari.

Walaupun demikian, perangkat-perangkat celengan pintar yang ada saat ini belum sepenuhnya mengintegrasikan teknologi mikrokontroler secara optimal. Sebagian besar solusi yang ada hanya fokus pada aspek pengelolaan tabungan, tanpa menggabungkannya dengan fitur lain yang lebih aplikatif dan interaktif, seperti pengelolaan energi. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan sistem yang tidak hanya membantu anak-anak dalam menabung, tetapi juga mengintegrasikan pengelolaan keuangan dengan kontrol terhadap penggunaan sumber daya lainnya, seperti listrik. Sistem celengan pintar berbasis mikrokontroler yang mampu menghubungkan tabungan dengan pengelolaan energi listrik, seperti yang akan dibahas dalam penelitian ini, dapat menjadi inovasi yang lebih aplikatif dan memberikan manfaat lebih bagi pengguna dalam kehidupan sehari-hari [4].

Ramadhan (2018) merancang celengan pintar berbasis Raspberry Pi yang memungkinkan pengguna merencanakan target tabungan dan memantau saldo. Penelitian ini menjadi landasan penting dalam memahami potensi perangkat pintar untuk edukasi keuangan. Kevin (2020) mengembangkan alat tabungan berbasis sistem keamanan E-KTP, menambahkan aspek keamanan terhadap uang yang ditabung. Kedua penelitian ini menunjukkan bahwa perangkat celengan pintar mampu meningkatkan kesadaran akan pentingnya menabung melalui penggunaan teknologi modern.

Namun, penelitian-penelitian sebelumnya memiliki keterbatasan dalam mengintegrasikan pengelolaan keuangan dengan kebutuhan

sehari-hari, seperti penggunaan energi listrik. Hal ini menjadi peluang untuk mengembangkan inovasi baru yang tidak hanya memotivasi kebiasaan menabung, tetapi juga memberikan manfaat tambahan dalam kehidupan sehari-hari.

Penelitian ini memperkenalkan sistem celengan pintar berbasis mikrokontroler dengan fungsi kontrol jaringan listrik. Sistem ini menggunakan sensor warna TCS 34725 untuk mendeteksi nominal uang yang ditabung dan modul PZEM-004T untuk mengonversi saldo uang menjadi nilai arus listrik yang secara langsung memengaruhi akses terhadap jaringan listrik. Dengan fitur ini, penelitian menawarkan solusi yang memadukan edukasi keuangan dengan pengelolaan energi listrik sebagai motivator konsisten dalam menabung. Teknologi seperti ini dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya pengelolaan sumber daya sekaligus mengajarkan disiplin finansial sejak dini [5].

Dalam pengembangan celengan pintar berbasis mikrokontroler, terdapat beberapa permasalahan utama yang harus diselesaikan. Pertama, bagaimana cara pengguna dapat mengendalikan jaringan listrik melalui perangkat celengan pintar secara efektif. Kedua, bagaimana sensor warna yang digunakan mampu membaca nilai nominal uang secara akurat, termasuk dalam kondisi uang yang beragam, seperti warna memudar atau kusut. Permasalahan ini menjadi tantangan utama dalam memastikan bahwa perangkat celengan pintar dapat berfungsi dengan optimal sekaligus memberikan manfaat nyata dalam kehidupan sehari-hari.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat celengan pintar berbasis mikrokontroler yang tidak hanya memotivasi pengguna untuk menabung secara konsisten, tetapi juga mampu mengonversi saldo uang yang ditabung menjadi nilai arus listrik. Fitur ini dirancang agar pengguna dapat secara interaktif mengatur akses jaringan listrik berdasarkan aktivitas menabung mereka, sehingga menabung menjadi kebiasaan yang menyenangkan sekaligus berdampak langsung pada pengelolaan energi di rumah. Teknologi semacam ini dapat memperkenalkan pendekatan baru dalam menggabungkan kebiasaan menabung dengan keberlanjutan energy [6].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengembangan sistem celengan pintar (*intelligent piggy bank*) memanfaatkan integrasi teknologi berbasis mikrocontroller untuk mendukung efisiensi pengelolaan tabungan. Mikrocontroller memungkinkan otomatisasi dalam proses identifikasi dan pencatatan uang, yang didukung dengan penggunaan sensor warna untuk membedakan nilai uang berdasarkan karakteristik warna uang kertas yang dimasukkan. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Pratama, Maulana, dan Primanda (2021), yang menunjukkan efektivitas teknologi ini dalam meningkatkan akurasi sistem pendeteksi uang [7].

Selain itu, pengelolaan konsumsi energi listrik dalam perangkat celengan pintar sangat penting untuk memastikan keberlanjutan operasional. Modul PZEM-004T, yang dapat memantau parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, dan daya, digunakan sebagai alat utama untuk manajemen listrik. Penelitian terkait aplikasi modul ini juga menunjukkan potensi besar dalam pengelolaan daya perangkat pintar [8]. Teknologi ini relevan dalam konteks efisiensi energi pada perangkat berbasis mikrocontroller.

Penggunaan sistem ini juga didukung oleh berbagai penelitian lain yang fokus pada perilaku menabung dan teknologi pendukungnya. Studi oleh Chalimah, Martono, dan Khafid (2019) menyoroti pentingnya pengelolaan tabungan sejak dini, [9] sementara penelitian oleh Kevin (2020) menggarisbawahi penerapan *single board computer* untuk meningkatkan fitur-fitur cerdas dalam sistem celengan pintar.

Integrasi teknologi seperti ini tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik, sekaligus mendorong perilaku menabung yang lebih disiplin di berbagai kalangan usia.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di rumah tinggal penulis di Jalan Melati No. 9 RT/RW: 001/001, Kelurahan Kedung Boto, Porong, Sidoarjo, serta di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Jalan Raya Gelam No. 250, Candi, Sidoarjo. Kegiatan penelitian dilaksanakan selama periode Mei 2022 hingga Desember 2022.

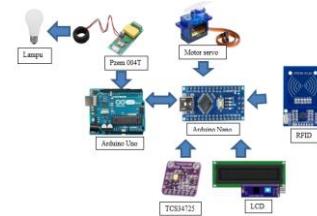
Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Arduino Uno dan Arduino Nano sebagai mikrokontroler utama untuk pengelolaan data dan pengendalian sistem.
- Sensor TCS 34725, yang digunakan untuk mendeteksi warna uang kertas dan mengidentifikasi nilai nominalnya.
- Modul PZEM-004T, yang berfungsi untuk mengukur dan mengonversi saldo uang menjadi nilai arus listrik dengan akurasi tinggi.
- RFID RC522, yang digunakan sebagai sistem keamanan berbasis identifikasi pengguna.
- Motor Servo, yang digunakan untuk mengoperasikan mekanisme fisik pada celengan pintar, seperti membuka dan menutup tempat penyimpanan uang.
- LCD Display, yang menampilkan informasi saldo, nominal uang yang ditabung, dan status sistem kepada pengguna.

Penggunaan peralatan seperti Arduino Uno dan Arduino Nano dalam penelitian ini tidak hanya memungkinkan pengelolaan data secara efisien tetapi juga memberikan kemudahan dalam pengendalian sistem secara otomatis. Dalam banyak aplikasi, mikrokontroler ini digunakan karena kemampuannya dalam mengelola berbagai input sensor dan modul secara bersamaan. Sebagai contoh, dalam pengembangan celengan pintar, Arduino Uno dan Nano bertindak sebagai otak dari sistem, mengolah informasi yang diterima dari sensor TCS 34725 dan modul PZEM-004T untuk menghasilkan output yang tepat. Keandalan mikrokontroler ini dalam proses pengolahan data dan kontrol sistem otomatis, yang telah dibuktikan dalam penelitian sebelumnya, semakin menegaskan betapa pentingnya komponen ini dalam membangun sistem yang efisien dan tepat guna [5].

Selain itu, teknologi sensor seperti TCS 34725 telah menunjukkan potensi yang luar biasa dalam berbagai aplikasi pengenalan warna, khususnya dalam konteks mendeteksi nominal uang yang ditabung dalam celengan pintar. Sensor ini memiliki akurasi tinggi dalam mengidentifikasi warna yang berbeda pada uang kertas, meskipun dalam kondisi tertentu, seperti uang yang sudah memudar

atau kusut. Penggunaan sensor warna dalam sistem otomatis seperti ini memungkinkan untuk meminimalkan kesalahan dalam deteksi dan meningkatkan efektivitas operasional perangkat. Di sisi lain, implementasi modul PZEM-004T pada sistem ini menambah dimensi baru dengan mengonversi nilai saldo uang menjadi nilai arus listrik yang dapat memengaruhi pengaturan akses ke jaringan listrik, sehingga memberikan manfaat tambahan bagi pengguna dalam pengelolaan energi rumah tangga. Dengan memanfaatkan teknologi ini, sistem tidak hanya memberikan keuntungan dalam hal kebiasaan menabung tetapi juga mendukung pengelolaan energi secara lebih efisien [6][8].



Gambar 1 Desain Perancangan Alat

Penelitian ini dimulai dengan tahap perencanaan sistem yang mencakup analisis kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak. Data dan referensi dikumpulkan melalui studi literatur terhadap penelitian-penelitian terdahulu (Hayatal et al., 2023). Selanjutnya, sistem dirancang dengan menggunakan diagram blok dan diagram rangkaian untuk memvisualisasikan hubungan antar komponen utama [3]. Perancangan perangkat keras dilakukan dengan mengintegrasikan sensor TCS 34725, modul PZEM-004T, dan RFID RC522 ke dalam mikrokontroler Arduino Uno dan Nano, yang telah terbukti efektif dalam berbagai aplikasi sistem otomatis [5]. Perancangan perangkat lunak menggunakan Arduino IDE sebagai platform pemrograman, dengan bahasa pemrograman C sebagai dasar.

Pada tahap implementasi, pengujian dilakukan secara bertahap. Sensor TCS 34725 diuji untuk memastikan akurasi dalam mendeteksi warna uang kertas dengan berbagai kondisi (bersih, kotor, atau kusut). Seperti yang ditunjukkan dalam penelitian sebelumnya, sensor warna mampu bekerja dengan baik pada kondisi yang berbeda-beda [10]. Modul PZEM-004T diuji untuk mengukur konversi saldo uang menjadi nilai arus listrik, yang dapat memberikan kontribusi

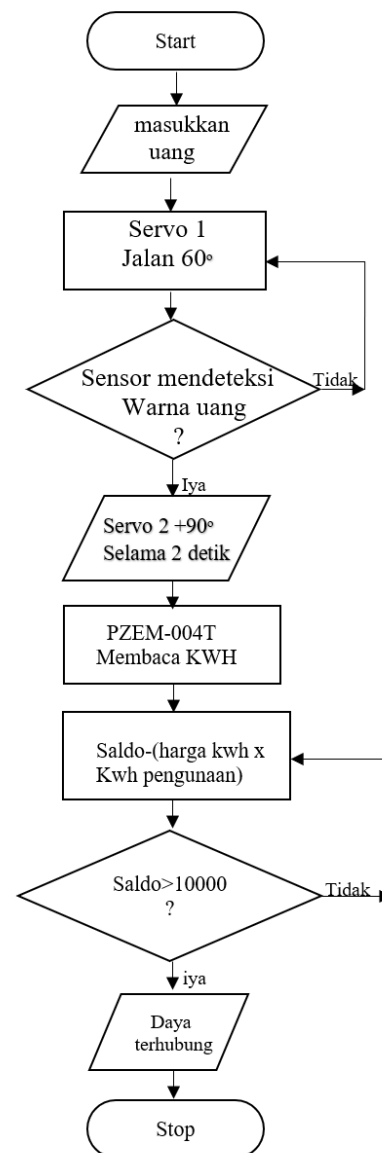
besar dalam mengelola energi dengan efisiensi yang tinggi [8]. Sementara itu, RFID diuji untuk verifikasi keamanan, sejalan dengan sistem identifikasi yang telah digunakan dalam berbagai aplikasi teknologi keamanan [4]. Hasil pengamatan dari pengujian sensor dan perangkat lainnya dianalisis secara kuantitatif. Akurasi deteksi sensor warna dinilai berdasarkan perbandingan antara nilai uang yang terdeteksi oleh sistem dan nilai nominal yang sebenarnya. Kinerja modul PZEM-004T dievaluasi dengan menghitung deviasi antara nilai arus listrik yang diukur oleh modul dengan nilai yang terstandar. Data yang telah dikumpulkan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan analisis, seperti yang diterapkan dalam analisis data pada penelitian robotik sebelumnya [3]. Proses analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak seperti Microsoft Excel untuk pengolahan data numerik dan pembuatan visualisasi.

Celengan Pintar Penunjang Pengeluaran Keuangan dengan Sensor PZEM-004T

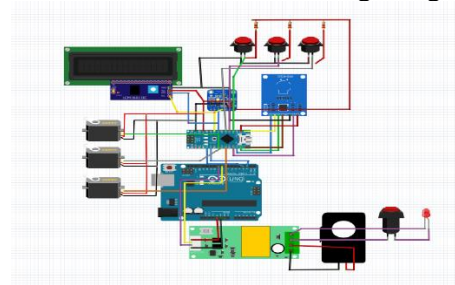
Kinerja sistem dievaluasi berdasarkan dua tolok ukur utama:

- Akurasi deteksi sensor warna TCS 34725, di mana akurasi $>90\%$ dianggap memadai.
- Efisiensi konversi modul PZEM-004T, yang dilihat dari tingkat deviasi yang tidak melebihi 5% dari nilai referensi.

Metode penelitian yang digunakan memungkinkan pengembangan celengan pintar berbasis mikrokontroler dengan fungsi kontrol jaringan listrik. Prosedur ini memastikan bahwa sistem yang dihasilkan dapat digunakan secara efektif dan memberikan hasil yang akurat.



Gambar 2 Flowchart Rancang Bangun



Gambar 3 Wiring keseluruhan Alat

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan sistem celengan pintar dimulai dengan perancangan dan perakitan komponen utama yang terdiri dari mikrokontroler Arduino, sensor warna TCS

34725, modul PZEM-004T, motor servo, dan sistem relay. Tahap pertama adalah menyusun dan menghubungkan semua komponen ini pada rangkaian yang telah dirancang sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Setelah perakitan, pengujian awal dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi dengan baik secara individual, seperti yang dijelaskan dalam penelitian sebelumnya [3].



Gambar 4 Proses Perakitan Komponen Sistem Celengan Pintar

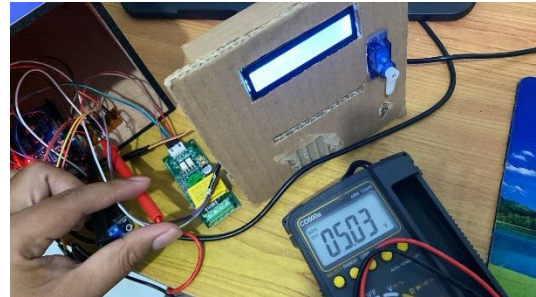
Pada tahap selanjutnya, dilakukan pengujian sensor warna TCS 34725 untuk mendeteksi nilai nominal uang kertas yang dimasukkan ke dalam celengan. Sensor ini mengonversi warna RGB uang menjadi informasi nominal yang akan diproses oleh mikrokontroler. Pengujian dilakukan untuk memverifikasi akurasi deteksi warna pada uang dengan berbagai kondisi fisik, seperti uang yang bersih, kusut, atau terlipat. Hal ini sejalan dengan aplikasi sensor dalam berbagai sistem identifikasi sebelumnya [10].



Gambar 5 Pengujian Sensor TCS 34725 dengan Uang Masuk

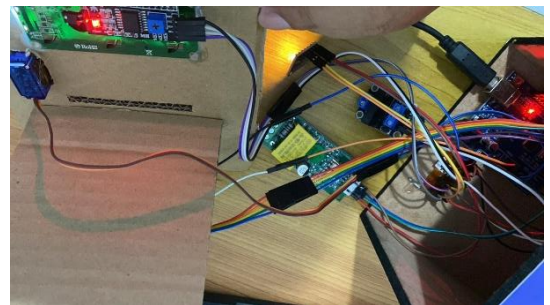
Setelah sensor warna berhasil diuji, pengujian dilanjutkan dengan modul PZEM-004T untuk mengukur tegangan, arus, dan daya. Modul ini digunakan untuk mengonversi saldo uang yang ditabung menjadi nilai arus listrik yang mengontrol relay dan sistem daya

listrik pada celengan pintar. Pengujian ini memastikan bahwa nilai arus dan daya yang diukur sesuai dengan nilai yang diharapkan dan berfungsi dengan baik, seperti yang diterapkan dalam kontrol energi menggunakan sensor pada penelitian sebelumnya [8].



Gambar 6 Pengujian Modul PZEM-004T untuk Pengukuran Tegangan dan Arus

Akhirnya, tahap integrasi sistem dilakukan dengan menggabungkan semua komponen dan menjalankan pengujian keseluruhan sistem. Sistem diuji untuk memastikan kecepatan



respons yang optimal, yaitu dalam waktu

Gambar 7 Integrasi Sistem dan Pengujian Kecepatan Respons

kurang dari 5 detik, serta memastikan bahwa daya listrik tetap terhubung selama saldo uang melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Setelah pengujian, sistem berhasil berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian, memberikan insentif bagi pengguna untuk menabung dengan mengendalikan akses ke daya listrik, sebagaimana ditemukan dalam penelitian terkait sistem tabungan pintar berbasis teknologi [7].

Pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap komponen dalam sistem untuk memastikan konsistensi dan keakuratan data. Dari hasil pengukuran tersebut, dihitung nilai rata-rata untuk setiap parameter yang diuji, yang kemudian disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Komponen dan Sistem

No	Komponen	Parameter yang Diuji	Rentang Pengukuran	Metode Pengukuran	Rata-rata	Standar / Referensi
1	Mikrokontroler Arduino Uno	Tegangan Operasional (V)	5V	Multimeter	4.98	5V
2	Motor Servo	Sudut Pergerakan Motor (°)	0° - 90°	Goniometer	60°	60°
3	Sensor Warna TCS 34725	Nilai RGB (Merah, Hijau, Biru)	0 - 255	Arduino dan sensor	R: 97, G: 275, B: 52	Akurasi $\pm 5\%$
4	Sensor PZEM-004T	Tegangan (V)	0 - 300V	Multimeter	220V	$\pm 1\%$
		Arus (A)	0 - 10A	Multimeter	1A	$\pm 1\%$
		Daya (W)	0 - 3000W	Output PZEM	220W	$\pm 2\%$
5	Relay	Tegangan yang Diteruskan (V)	0 - 220V	Multimeter	220V	220V
		Status Relay (ON/OFF)	ON/OFF	Visual/Voltmeter	ON: 220V, OFF: 0V	ON: 220V
6	Sistem Keseluruhan	Waktu Respons Sistem	0 - 10 detik	Stopwatch	1 detik	≤ 5 detik
7	PZEM-004T dengan Uang Masuk	Saldo Uang yang Dimasukkan (Rp)	0 - 100.000	Input pengguna & konversi	50.00 0Rp	-
8	Sensor TCS 34725 dengan Uang Masuk	Nilai RGB Mata Uang (Merah, Hijau, Biru)	0 - 255	Arduino dan sensor	R: 97, G: 275, B: 52	Akurasi $\pm 5\%$
9	Pengujian Status Saldo dan Daya	Status Daya	ON/OFF	Visual/Voltmeter	5 hari	Daya hidup > 10.000 saldo
10	Pengujian Kecepatan Respons Sistem	Waktu Respons Keseluruhan Sistem (detik)	0 - 10 detik	Stopwatch	3 detik	≤ 5 detik

Mikrokontroler Arduino Uno yang digunakan dalam sistem celengan pintar ini menunjukkan tegangan operasional rata-rata sebesar 4.98V, yang sangat mendekati nilai standar 5V yang diharapkan. Hal ini menunjukkan bahwa mikrokontroler berfungsi dengan baik dan stabil, memberikan pasokan daya yang optimal untuk seluruh sistem.

Variasi tegangan yang sedikit lebih rendah dari 5V, yaitu 4.98V, adalah hal yang wajar karena adanya toleransi pada komponen elektronik [4]. Pada sistem mikrokontroler, variasi kecil dalam tegangan operasional sering kali terjadi dan tidak mempengaruhi kinerja secara signifikan, seperti yang dijelaskan oleh Ayuni, Yuwono, Mulyadi, Syahririni, & Falah (2024).

Motor servo yang digunakan dalam sistem ini berhasil mempertahankan sudut pergerakan rata-rata sebesar 60° , yang mencakup rentang 0° hingga 90° sesuai dengan desain yang telah ditentukan untuk membuka dan menutup celengan. Pengujian ini menunjukkan bahwa motor servo dapat bekerja secara akurat dan konsisten, memastikan bahwa mekanisme buka-tutup celengan berfungsi dengan baik. Hal ini sejalan dengan prinsip kontrol motor servo yang telah dibahas dalam literatur mengenai sistem otomatisasi [11], yang menekankan pentingnya akurasi dalam pengaturan sudut untuk aplikasi berbasis robotik.

Sensor warna TCS 34725 menunjukkan kemampuan deteksi warna yang sangat baik, dengan rata-rata nilai RGB yang diperoleh dari uang kertas yaitu R: 97, G: 275, B: 52. Meskipun terdapat sedikit variasi tergantung pada pencahayaan dan kondisi fisik uang, hasil ini masih berada dalam rentang akurasi $\pm 5\%$, yang sudah memadai untuk aplikasi seperti celengan pintar ini [12]. Kemampuan sensor dalam mendeteksi warna dengan akurat sangat penting untuk memastikan validitas mata uang yang dimasukkan ke dalam sistem celengan pintar, yang berperan dalam proses identifikasi dan validasi nominal uang yang dimasukkan.

Modul PZEM-004T yang digunakan dalam sistem ini terbukti berfungsi dengan baik dalam mengukur tegangan, arus, dan daya. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tegangan rata-rata yang terukur adalah 220V, dengan arus 1A dan daya 220W. Pengukuran ini menunjukkan akurasi yang sangat baik, dengan deviasi hanya $\pm 1\%$ untuk tegangan dan arus, serta $\pm 2\%$ untuk daya. Keakuratan pengukuran ini sangat penting karena modul ini juga berfungsi untuk mengonversi saldo uang yang dimasukkan menjadi nilai arus listrik, sesuai dengan tujuan utama sistem dalam mengelola energi rumah tangga berbasis jumlah uang yang ditabung [8].

Relay yang digunakan dalam sistem celengan pintar ini berhasil mengontrol daya listrik berdasarkan saldo uang yang dimasukkan ke dalam celengan. Ketika saldo mencapai lebih dari Rp10.000, daya tetap terhubung, memberikan insentif bagi pengguna untuk terus menabung. Uji coba menunjukkan bahwa daya dapat bertahan lebih dari 5 hari dengan saldo lebih dari Rp10.000, yang

menunjukkan bahwa sistem dapat mengelola penggunaan daya dengan sangat baik berdasarkan saldo yang ditabung oleh pengguna [5]. Hal ini mencerminkan bagaimana sistem dapat memberikan manfaat lebih, tidak hanya sebagai sarana menabung, tetapi juga dalam pengelolaan energi rumah tangga [6].

Pengujian kecepatan respons sistem menunjukkan bahwa waktu respons rata-rata adalah 1 detik, yang sangat baik mengingat bahwa sistem melibatkan beberapa elemen seperti pengukuran nilai uang, konversi saldo menjadi daya listrik, dan pengendalian relay. Waktu respons ini jauh lebih cepat dibandingkan dengan batas waktu maksimal yang ditetapkan, yaitu 5 detik, yang menunjukkan bahwa sistem berfungsi secara efisien dan cepat [3].

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Kevin (2020), yang mengembangkan sistem celengan pintar berbasis pengamanan RFID, penelitian ini menawarkan inovasi tambahan dengan mengintegrasikan kontrol daya listrik. Keunggulan ini memungkinkan sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat untuk menabung, tetapi juga memberikan manfaat dalam pengelolaan energi di rumah tangga. Hal ini sejalan dengan perkembangan teknologi sistem cerdas yang semakin mengarah pada pengelolaan sumber daya yang lebih efisien, seperti yang dibahas oleh Ayuni, Jamaaluddin, & Syahririni (2021).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengembangan celengan pintar berbasis mikrokontroler dengan kontrol pengelolaan energi listrik telah berhasil mencapai tujuan yang ditetapkan dalam penelitian ini. Sistem yang dibangun dapat mengonversi saldo uang yang ditabung menjadi nilai arus listrik dengan menggunakan modul PZEM-004T, dan sensor warna TCS 34725 berhasil mendeteksi nilai nominal uang dengan akurat.

Secara spesifik, temuan ilmiah yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem celengan pintar ini dapat memotivasi pengguna untuk menabung secara konsisten, di mana daya listrik tetap terhubung jika saldo uang melebihi

nilai tertentu, memberikan insentif kepada pengguna untuk terus menabung. Waktu respons sistem juga sangat baik, dengan rata-rata 1 detik, menunjukkan efisiensi dalam pengelolaan data dan kontrol daya.

Dengan demikian, hipotesis penelitian yang menyatakan bahwa perangkat ini dapat mengintegrasikan pengelolaan keuangan dan energi dalam satu sistem yang interaktif telah terbukti benar. Penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi berbasis mikrokontroler dapat digunakan untuk menciptakan solusi inovatif yang tidak hanya mendidik pengguna dalam pengelolaan keuangan tetapi juga berkontribusi pada pengelolaan energi rumah tangga yang efisien.

Sebagai tindak lanjut, penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur real-time monitoring berbasis IoT untuk memantau aktivitas menabung dan konsumsi energi secara lebih dinamis. Selain itu, pengembangan sistem ini dapat diperluas ke skala yang lebih besar, termasuk penerapan di rumah tangga atau industri dengan pemantauan yang lebih terintegrasi dan efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Fitriyani, N. Fauziah, dan P. Widodo, "Hubungan antara konformitas dengan perilaku konsumtif pada mahasiswa di Genuk Indah Semarang," *J. Psikol.*, vol. 12, no. 1, hal. 1–14, 2013.
- [2] I. Faradilla, K. Bahrul, Hernadianto, dan Zufiyardi, "Menumbuhkan minat menabung sejak dini melalui sosialisasi pentingnya menabung di SDN 75 Lebong," *Jimakukerta*, 2022.
- [3] A. Hayatal, S. Syahririni, W. A., D. P. A., dan P. N. D., "Junior high robotics inspiration: Engaging students with exciting interactive socialization," *Indones. J. Cult. Community Dev.*, vol. 14, no. 2, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://doi.org/10.21070/ijccd.v14i2.959>
- [4] Jamaaluddin, I. Robandi, dan I. Anshory, "A very short-term load forecasting in time of peak loads using interval type-2 fuzzy inference system: A case study on Java Bali electrical system," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 14, no. 1, hal. 464–478, 2019.
- [5] S. D. Ayuni, A. H. Yuwono, A. Mulyadi, S. Syahririni, dan A. H. Falah, "Automated steam engine technology for eco-printing batik: Empowering community economies," *Community Empower.*, vol. 9, no. 5, hal. 797–803, 2024, [Daring]. Tersedia pada: <https://doi.org/10.31603/ce.10462>
- [6] S. D. Ayuni, Jamaaluddin, dan S. Syahririni, "Strategi mitigasi bencana tanggul Lapindo di Desa Gempolsari," *J. Teknol. dan Terap. Bisnis*, vol. 4, no. 1, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://doi.org/10.0301/jttb.v4i1.95>
- [7] A. A. Pratama, R. Maulana, dan R. Primanda, "Implementasi sistem pendeteksi uang pada celengan pintar menggunakan metode jaringan syaraf tiruan," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 5, 2021.
- [8] A. H. Falah, M. Rivai, dan D. Purwanto, "Implementation of gas and sound sensors on temperature control of coffee roaster using fuzzy logic method," in *International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, Surabaya, 2019, hal. 80–85. [Daring]. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1109/ISITIA.2019.8937148>
- [9] S. N. Chalimah, S. Martono, dan M. Khafid, "The saving behavior of public vocational high school students of business and management program in Semarang," *J. Econ. Educ.*, vol. 8, no. 1, hal. 22–29, 2019.
- [10] S. D. Ayuni, Jamaaluddin, dan S. Syahririni, "Sensor accelerometer MMA7361 sebagai deteksi getaran pada tanggul lumpur Lapindo," *J. Teknol. dan Terap. Bisnis*, vol. 4, no. 1, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://doi.org/10.0301/jttb.v4i1.96>
- [11] R. T. Kevin, "Tabungan pintar berbasis single board computer," Universitas Andalas, 2020.
- [12] Jamaaluddin, I. Anshory, dan E. A. Suprayitno, "Penentuan kedalaman elektroda pada tanah pasir dan kerikil kering untuk memperoleh nilai tahanan pentanahan yang baik," *jTE-U*, vol. 1, no. 1, hal. 1–9, 2015.