

Prototype Tas Cerdas Berbasis Mikrokontroler Untuk Tuna Netra Dalam Deteksi Jarak Dan Uang

Muh. Iqra Ramadhan Hidayat, Naifah Dwi Avila, Muh. Syukri Mustafa*, Joseph Tumiwa.
Teknik Informatika, Universitas Dipa Makassar
e-mail: ¹miqrrah41@gmail.com, ²dwiavilan@gmail.com, ³syukri@undipa.ac.id,
tumiwajoseph@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang Prototype Tas Cerdas Berbasis Mikrokontroler guna mendukung kemandirian penyandang tuna netra dalam mendeteksi rintangan serta mengenali nominal uang. Sistem ini mengintegrasikan sensor ultrasonik untuk identifikasi hambatan dan sensor warna TCS3200 untuk membedakan nilai uang, dengan output suara yang dihasilkan melalui modul DFPlayer Mini. Pendekatan penelitian mencakup desain perangkat keras dan lunak berbasis mikrokontroler ESP32, serta serangkaian uji coba untuk memastikan keakuratan dan keandalannya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa deteksi rintangan memiliki akurasi penuh dalam rentang 0-250 cm, sedangkan sistem pengenalan uang berhasil mengidentifikasi nominal dengan tingkat ketepatan 60%. Evaluasi yang dilakukan untuk tuna netra mengonfirmasi bahwa alat ini mampu meningkatkan kemandirian mereka dalam aktivitas sehari-hari, terutama dalam mendeteksi rintangan. Dengan hasil yang diperoleh, tas cerdas ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut melalui peningkatan presisi sensor dan integrasi dengan aplikasi seluler guna memberikan pengalaman yang lebih optimal bagi penggunaannya. Pengujian dilakukan melalui simulasi langsung oleh peneliti dengan mata tertutup untuk teleskop kondisi pengguna tuna netra, guna menilai efektivitas sistem awal dalam memberikan umpan balik suara tanpa menggunakan penglihatan.

Kata kunci—Penyandang Tuna Netra, Tas Pintar, Deteksi Rintangan, Pengenalan Uang, Mikrokontroler ESP32.

Abstract

This study aims to design a Smart Bag Prototype based on a microcontroller to support the independence of visually impaired individuals in detecting obstacles and recognizing currency denominations. The system integrates an ultrasonic sensor for obstacle identification and a TCS3200 color sensor to distinguish currency values, with audio output generated through the DFPlayer Mini module. The research approach includes the design of both hardware and software based on the ESP32 microcontroller, as well as a series of tests to ensure accuracy and reliability. The test results indicate that obstacle detection achieves full accuracy within a range of 0–250 cm, while the currency recognition system successfully identifies denominations with an accuracy rate of 60%. Evaluations conducted with visually impaired individuals confirm that this device enhances their independence in daily activities, particularly in obstacle detection. Based on these findings, this smart bag is expected to be further developed by improving sensor precision and integrating it with a mobile application to provide a more optimal user experience. Testing was conducted through live simulation by researchers with their eyes closed for the telescope conditions of blind users, to assess the effectiveness of the initial system in providing voice feedback without the use of sight.

Keywords—Visually Impaired, Smart Bag, Obstacle Detection, Currency Recognition, ESP32 Microcontroller.

1. PENDAHULUAN

Penyandang tuna netra menghadapi berbagai kesulitan dalam kehidupan sehari-hari, terutama dalam hal mobilitas dan transaksi keuangan. Ketidakmampuan untuk melihat rintangan di sekitar dapat meningkatkan risiko kecelakaan, sedangkan kesulitan dalam mengenali nominal uang menyebabkan mereka bergantung pada orang lain dalam melakukan transaksi. Ketergantungan ini tidak hanya membatasi kemandirian mereka tetapi juga meningkatkan risiko terjadinya kesalahan atau penipuan dalam transaksi keuangan [2] [3]. Oleh karena itu, diperlukan solusi teknologi yang dapat membantu mereka menjalani kehidupan dengan lebih mandiri dan aman.

Perkembangan teknologi dalam bidang mikrokontroler dan sensor telah membuka peluang untuk menciptakan alat bantu yang lebih efektif. Salah satu teknologi yang banyak digunakan adalah sensor ultrasonik, yang mampu mendeteksi rintangan dengan mengukur pantulan gelombang ultrasonik. Selain itu, sensor warna TCS3200 dapat dimanfaatkan untuk mengenali nominal uang berdasarkan warna yang khas pada setiap pecahan uang kertas. Dengan mengintegrasikan teknologi ini ke dalam sebuah tas cerdas berbasis mikrokontroler ESP32 [6], diharapkan penyandang tuna netra dapat lebih mudah mengenali lingkungan sekitar dan melakukan transaksi keuangan secara mandiri [5].

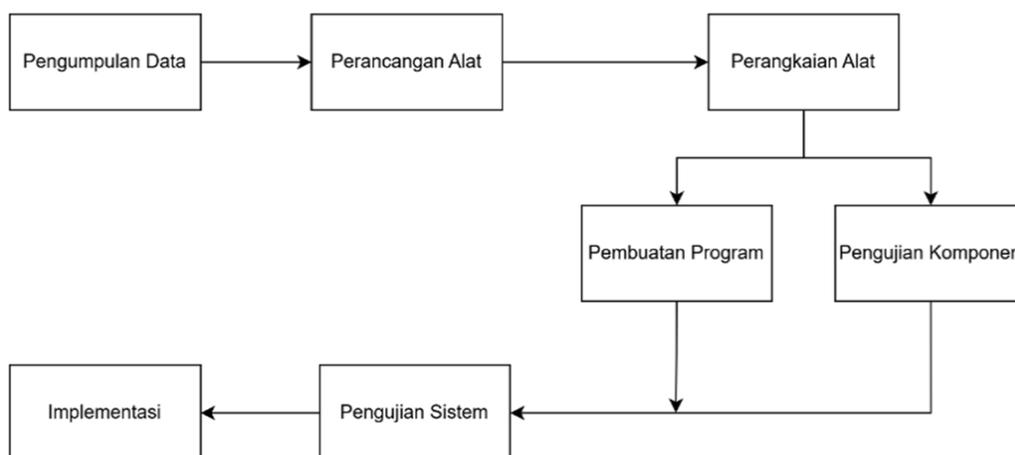
Beberapa alat bantu mobilitas seperti tongkat elektronik dan aplikasi pembaca uang berbasis ponsel telah dikembangkan sebelumnya [4]. Meskipun demikian, banyak dari alat tersebut hanya berfungsi tunggal, tidak mengintegrasikan fitur deteksi rintangan dan pengenalan uang dalam satu perangkat. Hal ini menjadi dasar pengembangan sistem tas cerdas yang lebih terintegrasi dan portabel [7].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan tas cerdas berbasis mikrokontroler yang dapat membantu penyandang tuna netra dalam dua aspek utama, yaitu deteksi rintangan dan pengenalan nominal uang. Sistem ini dirancang untuk memberikan peringatan suara kepada pengguna ketika terdapat rintangan di jalur mereka serta menyebutkan nominal uang yang terdeteksi. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kualitas hidup penyandang tuna netra dengan membantu mereka menjadi lebih mandiri dalam aktivitas sehari-hari [1].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang terstruktur, dimulai dari pengumpulan data hingga implementasi perangkat. Tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1 Tahapan Penelitian

2.1.1 Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui studi pustaka dan observasi langsung terkait teknologi sensor dan sistem serupa untuk menentukan fitur tas cerdas.

2.1.2 Perancangan Alat

Proses pemilihan dan desain komponen seperti sensor ultrasonik untuk deteksi rintangan serta sensor warna untuk mengenali nominal uang, dengan memperhatikan kemudahan penggunaan bagi tuna netra.

2.1.3 Perangkaian Alat

Sensor dan komponen lainnya dihubungkan ke mikrokontroler untuk memastikan data dapat diproses dengan akurat dan menghasilkan output suara bagi pengguna.

2.1.4 Pengujian Komponen

Setiap komponen diuji secara individu untuk memastikan kinerja optimal sebelum sistem dirakit sepenuhnya.

2.1.5 Pembuatan Program

Kode dikembangkan menggunakan Arduino IDE untuk mengendalikan sensor dan perangkat keras, memastikan pemrosesan data berjalan dengan baik.

2.1.6 Pengujian Sistem

Sistem diuji secara keseluruhan dalam berbagai kondisi untuk menilai keakuratan deteksi rintangan dan pengenalan nominal uang. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk masing-masing fungsi, yaitu: deteksi rintangan pada berbagai jarak (0–250 cm), pengenalan nominal uang dengan kondisi uang cerah dan buram, serta pengujian tombol dan aplikasi. Jumlah total uji coba yang dilakukan oleh peneliti adalah sekitar 80 kali dari seluruh kombinasi pengujian.

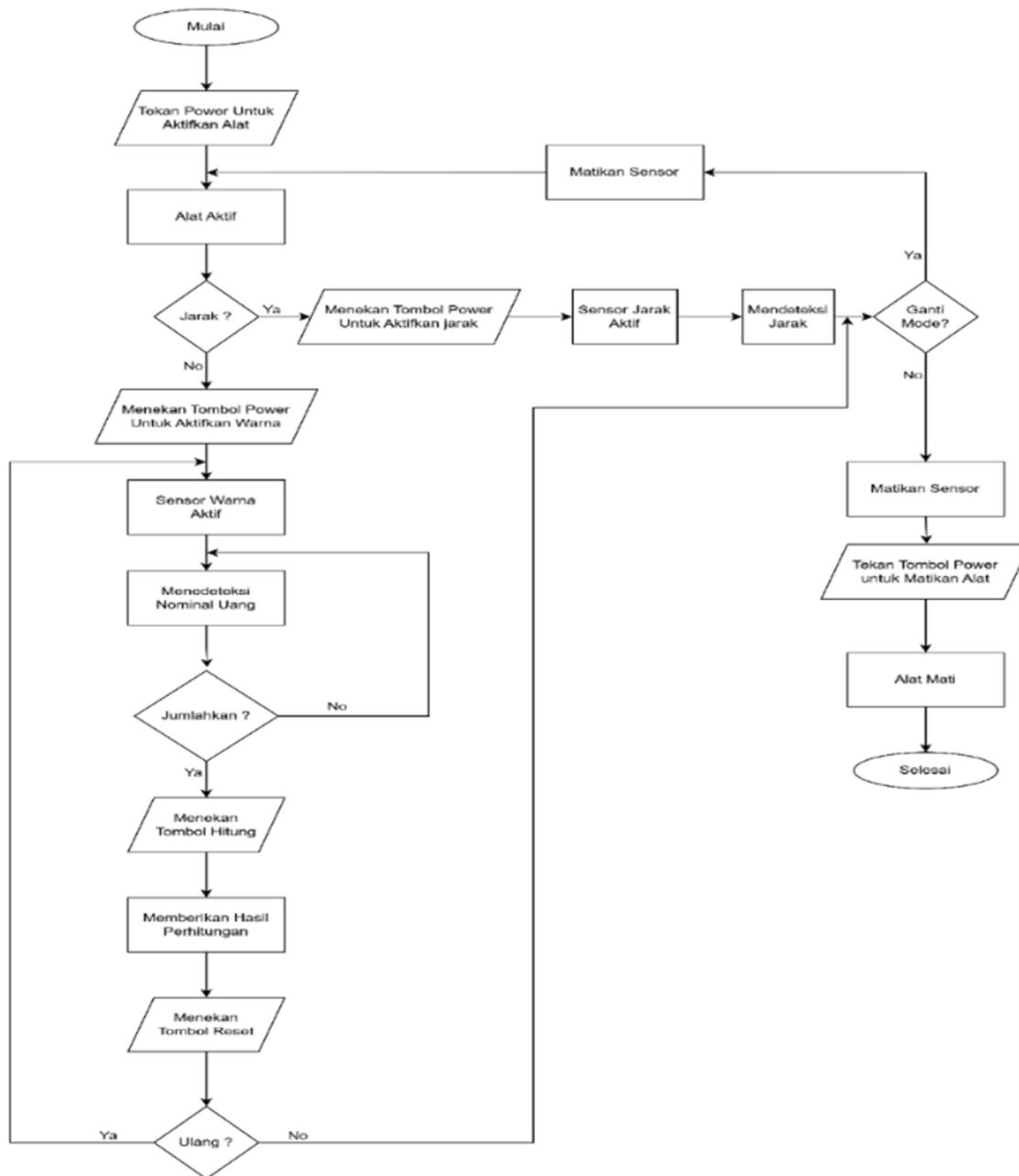
2.1.7 Implementasi

Tas cerdas diuji langsung oleh penyandang tuna netra untuk mengevaluasi efektivitasnya, dengan hasil yang digunakan untuk perbaikan lebih lanjut.

2.2 Perancangan Sistem

2.2.1 Flowchart Sistem

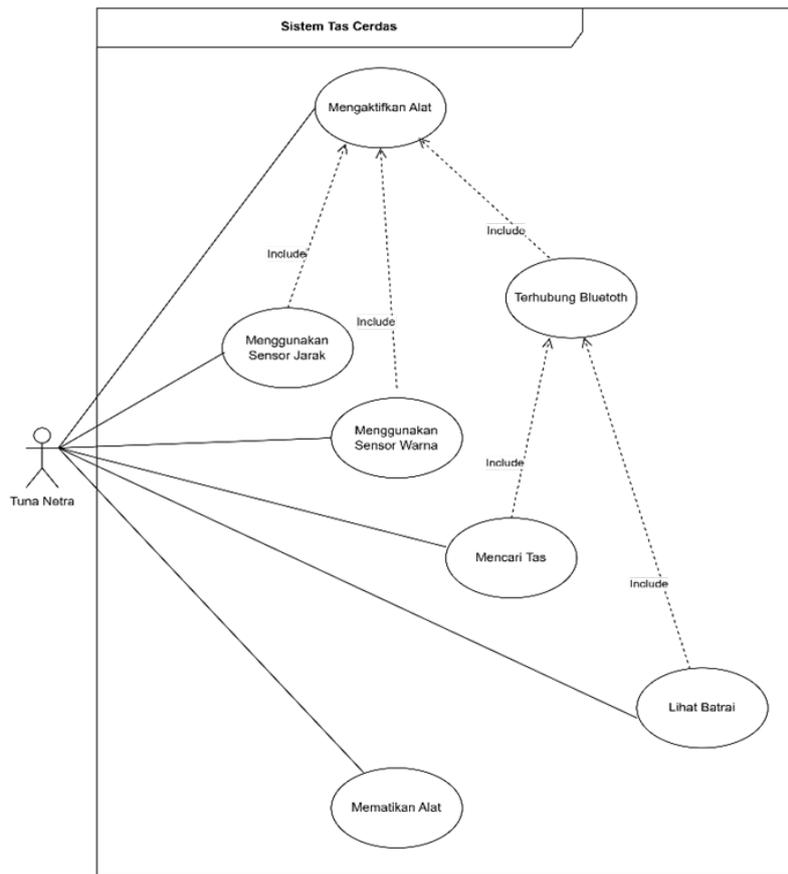
Flowchart sistem dirancang untuk menggambarkan alur kerja sistem tas cerdas secara keseluruhan, alurnya dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2 Flowchart Sistem

2.2.2 Use Case Diagram

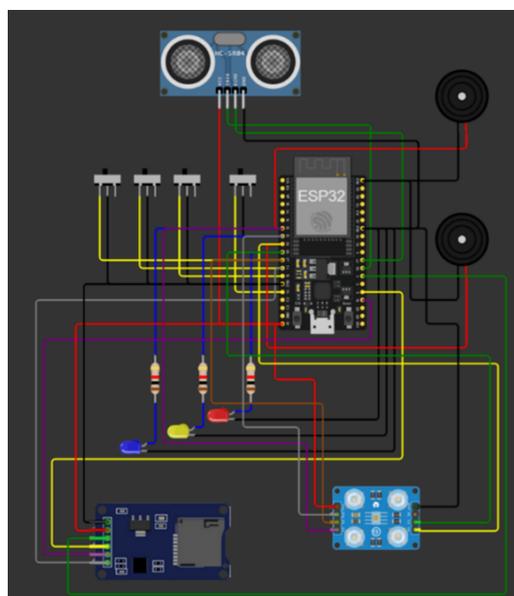
Use case diagram pada Gambar 3 berikut, digunakan untuk menunjukkan hubungan antara pengguna dan sistem tas cerdas. Diagram ini mengilustrasikan peran utama penyandang tuna netra sebagai pengguna.



Gambar 3 Use Case Diagram

2.2.3 Perancangan Perangkat Keras

Adapun alur dan rangkaian sistem yang dirancang untuk perangkat keras tas cerdas ini dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar tersebut menggambarkan bagaimana setiap komponen, seperti mikrokontroler, sensor ultrasonik, sensor warna dan modul lainnya, saling terhubung untuk membentuk sistem yang bekerja secara terpadu.



Gambar 4 Perancangan Perangkat Keras

Jenis jenis komponen yang digunakan dalam rangkaian sistem perangkat keras ini, dapat lihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Jenis Komponen

No	Komponen	Pin Komponen	Pin ESP 32	Fungsi
1	Sensor Ultrasonic	VCC	5 V	Untuk mendeteksi rintangan di sekitar pengguna pada jarak tertentu.
		TRIG	5	
		ECHO	18	
		GND	GND	
2	Sensor Warna TCS3200	VCC	5 V	Untuk mendeteksi rintangan di sekitar pengguna pada jarak tertentu.
		S0	25	
		S1	26	
		S2	27	
		S3	14	
		OUT	12	
3	Modul DFPlayer Mini	VCC	5 V	Untuk menyimpan data hasil pengolahan sistem, seperti hasil pengenalan uang.
		RX	17	
		TX	16	
		SPK 1	+	
		SPK 2	-	
4	Potensiometer	VCC	5 V	Mengatur besar dan kecilnya volume yang keluar
		1	34	
		-	GND	
5	Buzzer	+	2	Menghasilkan suara sebagai bentuk alarm atau notifikasi.
		-	GND	
6	Speaker	+	SPK 1	Menghasilkan suara dari output modul DFPlayer Mini.
		-	SPK 2	
7	Headset	+	SPK 1	Memberikan output berupa suara kepada pengguna tentang hasil deteksi.
		-	SPK 2	
8	Tombol Scan	+	32	Mengaktifkan fungsi scan sensor warna.
		-	GND	
9	Tombol Deteksi	+	33	Memberikan hasil deteksi setelah melakukan dua kali scan
		-	GND	
10	Tombol Simpan	+	22	Menyimpan data hasil deteksi atau konfigurasi ke memori.
		-	GND	
11	Tombol Jumlah	+	21	Menghitung jumlah uang yang telah dideteksi.
		-	GND	
12	Tombol Reset	+	23	Mengatur ulang perangkat ke kondisi awal.
		-	GND	
13	Sensor INA	VCC	VCC	Untuk mengukur tegangan pada alat agar daya alat di ketahui
		SCL		
		SDA		
		GND	GND	
		+	+ DAYA	
-	- DAYA			

No	Komponen	Pin Komponen	Pin ESP 32	Fungsi
14	Saklar Jarak	+	VCC ESP	Mengontrol aktif dan tidaknya sensor jarak
		-	VCC Jarak	
15	Saklar Uang	+	VCC ESP	Mengontrol aktif dan tidaknya sensor warna
		-	VCC Uang	
16	Saklar Speaker	+	SPK 1	Mengontrol aktif dan tidaknya speaker
		-	SPK 1	
17	Saklar Tas Cerdas	+	+ DAYA	Mengontrol aktif dan tidaknya keseluruhan tas cerdas
		-	+ DAYA	

2.2.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dikembangkan untuk memastikan fungsi perangkat keras dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan. Mikrokontroler ESP32 diprogram menggunakan Arduino IDE, sementara aplikasi pendukung berbasis Android dirancang dengan Android Studio. Tampilan rancangan aplikasi tas cerdas dapat lihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5 Perancangan Perangkat Lunak

Pada Tabel 2 berikut dapat melihat fitur dan fungsi dari aplikasi tas cerdas ini.

Tabel 2 Fitur dan Fungsi

No	Fitur	Fungsi
1	Tombol Koneksi Bluetooth	Memungkinkan pengguna untuk menghubungkan perangkat dengan aplikasi melalui koneksi Bluetooth. Tombol ini akan memulai proses pencarian dan penyambungan perangkat.
2	Tombol Cari Tas	Menyediakan tombol untuk mencari dan mendeteksi smart bag yang terhubung dengan aplikasi.
3	Tombol Cek Daya	Mengaktifkan fungsi untuk memeriksa status daya dari perangkat.

No	Fitur	Fungsi
4	Teks View Koneksi Bluetooth	Menampilkan status koneksi Bluetooth pada layar, apakah perangkat sudah terhubung atau belum.

2.3 Simulasi Penggunaan

Karena keterbatasan akses terhadap pengguna tuna netra secara langsung, pengujian dilakukan oleh satu orang peneliti dengan menutup mata selama proses uji coba. Simulasi ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam kondisi pengguna tidak dapat melihat. Jumlah responden dalam simulasi ini adalah 2 orang ($n = 2$).

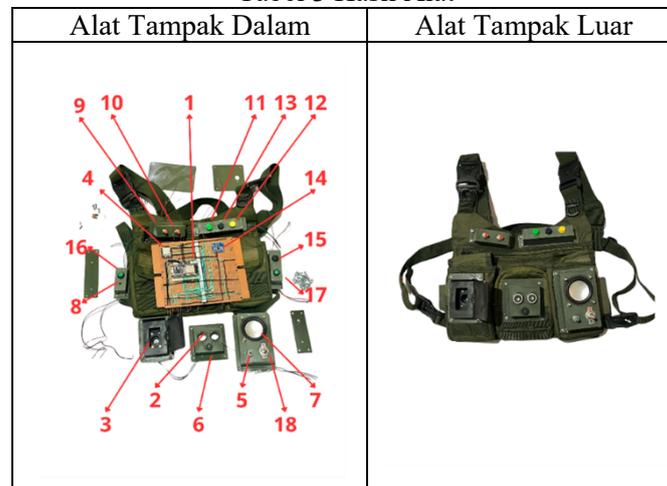
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Alat dan Aplikasi

3.1.1 Hasil Alat

Rangkaian alat terdiri dari berbagai komponen yang saling terhubung dan membentuk sistem yang terintegrasi. Komponen utama meliputi mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor ultrasonik untuk deteksi rintangan, dan sensor warna TCS3200 untuk identifikasi nominal uang, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3 Hasil Alat



Keterangan setiap komponen dari rangkaian alat secara keseluruhan dapat lihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4 Komponen Alat

No	Keterangan Komponen
1	ESP 32
2	Sensor Ultrasonic
3	Sensor Warna TCS3200
4	Modul DFPlayer Mini
5	Potensiometer
6	Buzzer
7	Speaker
8	Headset
9	Tombol Scan
10	Tombol Deteksi
11	Tombol Simpan

No	Keterangan Komponen
12	Tombol Jumlah
13	Tombol Reset
14	Sensor INA
15	Saklar Jarak
16	Saklar Uang
17	Saklar Speaker
18	Saklar Tas Cerdas

3.1.2 Hasil Aplikasi

Aplikasi pendukung yang dirancang menggunakan Android Studio memiliki antarmuka sederhana dan ramah pengguna. Tampilan aplikasi dirancang untuk memberikan informasi real-time terkait status tas cerdas, seperti jarak rintangan yang terdeteksi atau nominal uang yang dikenali. Elemen-elemen pada aplikasi, seperti tombol dan teks, dirancang dengan ukuran dan warna yang kontras agar mudah digunakan oleh pengguna dengan keterbatasan visual. Hasil tampilan aplikasi dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5 Hasil Aplikasi Jumlah Halaman



Keterangan setiap fitur dari tampilan aplikasi tas cerdas secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6 Fitur Aplikasi

No	Keterangan Tampilan
1	Tombol Koneksi Bluetooth
2	Tombol Cari Tas
3	Tombol Cek Daya
4	Teks View Koneksi Bluetooth

3.2 Hasil Pengujian

Pengujian perangkat keras bertujuan untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi dengan baik sesuai dengan spesifikasi. Berikut adalah hasil pengujian komponen perangkat keras.

3.2.1 Sensor Ultrasonic

Pengujian sensor ini dilakukan sebanyak sepuluh kali, dalam setiap rentang jarak yang berbeda beda, rentang jarak untuk setiap output dapat dilihat pada Tabel 7, dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 8 berikut:

Tabel 7 Rentang Jarak

No	Jarak Rintangan (cm)	Output
1	0 - 130	Awas Nabrak
2	131 - 180	Waspada
3	181 - 250	Hati - Hati
4	≥ 251	-

Tabel 8 Hasil Pengujian Jarak

No	Jarak Rintangan (cm)	Output	Hasil Pengujian										Rata-rata
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1 - 30	Awas Nabrak	√	×	√	√	√	√	×	√	√	√	8/10
2	31 - 60	Awas Nabrak	√	√	×	√	√	√	√	√	√	√	9/10
3	61 - 90	Awas Nabrak	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	10/10
4	91 - 130	Awas Nabrak	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	10/10
5	131 - 150	Waspada	√	√	√	×	√	×	√	√	√	√	8/10
6	151 - 180	Waspada	√	√	√	√	√	√	×	√	√	√	9/10
7	181 - 220	Hati-hati	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	10/10
8	221 - 250	Hati-hati	√	√	√	√	√	√	×	√	√	√	9/10
9	≥ 251	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	10/10
Rata – Rata Keberhasilan 92.22%													

Keterangan Output:

√ : Sesuai atau berhasil mendeteksi

× : Tidak sesuai atau tidak berhasil mendeteksi

3.2.1 Sensor Warna TCS3200

Pengujian sensor ini dilakukan sebanyak sepuluh kali dalam setiap jenis nominal uang, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9 Hasil Pengujian Warna

No	Jenis Uang	Kondisi Uang	Output	Hasil Pengujian										Rata-rata
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1,000	Cerah	Satu Ribu Rupiah	√	√	×	√	√	√	×	√	×	×	6/10
		Buram	Satu Ribu Rupiah	√	√	×	√	×	×	√	×	√	√	6/10
2	2,000	Cerah	Dua Ribu Rupiah	√	√	√	√	×	√	√	×	√	√	8/10
		Buram	Dua Ribu Rupiah	√	√	×	×	√	×	√	√	√	√	7/10
3	5,000	Cerah	Lima Ribu Rupiah	√	√	√	×	√	√	√	√	√	×	8/10
		Buram	Lima Ribu Rupiah	√	×	√	√	√	×	√	×	×	√	6/10
4	10,000	Cerah	Sepuluh Ribu Rupiah	√	√	×	√	√	×	√	√	√	×	7/10
		Buram	Sepuluh Ribu Rupiah	√	×	√	√	√	√	×	√	√	√	8/10
5	20,000	Cerah	Dua Puluh	√	×	√	×	√	√	√	√	×	√	7/10
		Buram	Dua Puluh	√	√	×	√	√	√	×	×	√	×	6/10

			Ribu Rupiah											
6	50,000	Cerah	Lima Puluh Ribu Rupiah	×	√	×	√	×	√	√	√	√	√	7/10
		Buram	Ribu Rupiah	√	√	×	√	×	√	×	√	×	√	6/10
7	100,000	Cerah	Seratus Ribu Rupiah	×	√	√	×	√	√	√	√	×	√	7/10
		Buram	Ribu Rupiah	√	√	×	×	√	×	√	×	√	×	5/10
Rata - Rata Keberhasilan 60 %														

Keterangan Output:

√ : Sesuai atau berhasil mendeteksi

× : Tidak sesuai atau tidak berhasil mendeteksi

3.2.2 Pengujian Tombol

Pengujian Tombol dilakukan sebanyak sepuluh kali, dalam setiap tombol. Tombol tombol ini merupakan bagian dari rangkaian sensor warna, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 10 berikut:

Tabel 10. Hasil Pengujian Tombol

No	Jenis Tombol	Output	Hasil Pengujian										Rata-rata
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Scan 1	Scan Satu	√	×	√	√	√	√	×	√	√	√	8/10
2	Scan 2	Scan Dua	√	√	×	√	√	√	√	×	√	√	8/10
3	Tombol Deteksi	Lima Ribu Rupiah	√	√	×	√	√	√	√	√	√	√	9/10
4	Tombol Simpan	Uang Disimpan	√	√	√	√	√	√	×	√	√	√	9/10
5	Tombol Jumlah	Total Uang Dua Ribu Rupiah	√	√	√	×	√	√	√	√	√	√	9/10
6	Tombol Reset	Data Direset	√	√	√	√	√	√	×	√	√	√	9/10
Rata – Rata Keberhasilan 86.66%													

Keterangan Output :

√ : Sesuai atau berhasil mendeteksi

× : Tidak sesuai atau tidak berhasil mendeteksi

3.2.3 Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak dilakukan sebanyak sepuluh kali, dalam setiap fitur untuk mengevaluasi program yang berjalan di mikrokontroler dan aplikasi pendukung. Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan output dari sistem sesuai dengan input yang diberikan. Pada Tabel 11 berikut, ialah hasil pengujian yang dilakukan pada perangkat lunak:

Tabel 11 Pengujian Perangkat Lunak

No	Fitur Aplikasi	Output	Hasil Pengujian										Rata-rata
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Koneksi	Connected	√	×	√	√	√	√	×	√	√	√	8/10
2	Cari Tas	Buzzer Bun	√	√	×	√	√	√	√	×	√	√	8/10

		yi											
3	Cek Daya	80 %	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	1/10
Rata – Rata Keberhasilan 56.66%													

Keterangan Output:

√ : Sesuai atau berhasil mendeteksi

× : Tidak sesuai atau tidak berhasil mendeteksi

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa rata-rata keberhasilan yakni 75.51%. untuk sensor jarak ialah 92.22% hal ini menunjukkan bahwa tas cerdas ini baik digunakan untuk pengguna penyandang tuna Netra, tetapi tingkat keberhasilan untuk sensor warnanya hanya 60%, ini menunjukkan bahwa alat ini masih butuh perbaikan agar bisa di gunakan dengan baik. Dapat disimpulkan bahwa alat ini dapat digunakan oleh pengguna penyandang tuna netra dalam mobilitas sehari-hari baik itu mendeteksi rintangan, tetapi masi kurang baik dalam mendeteksi uang, jadi tas ini kurang baik digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Aplikasi ini berfungsi dengan baik pada fitur koneksi dan cari tas, karena memiliki tingkat keberhasilan mencapai 80%, tetapi kurang baik dalam mendeteksi daya alat, karena tingkat keberhasilannya hanya 10%. Dapat disimpulkan bahwa aplikasi ini dapat digunakan dengan baik oleh pengguna penyandang tuna netra dalam mendeteksi tas tetapi kurang baik dalam mendeteksi jumlah dayanya.

3.3 Evaluasi Simulasi

Simulasi penggunaan oleh peneliti menunjukkan bahwa sistem dapat memberikan umpan balik suara yang cukup jelas, terutama dalam deteksi rintangan. Namun, beberapa tantangan teridentifikasi, seperti posisi tombol yang sulit dijangkau tanpa pelatihan awal, dan perlu adanya umpan balik tambahan seperti getaran. Simulasi ini memberikan gambaran awal efektivitas sistem, namun belum sepenuhnya mewakili pengalaman pengguna tuna netra sesungguhnya, khususnya dari segi adaptasi sensorik dan kebiasaan motorik mereka. Simulasi dilakukan oleh peneliti sendiri (n = 2), sehingga hasilnya memberikan gambaran awal tentang efektivitas sistem, namun belum mewakili pengalaman nyata dari penyandang tuna netra.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan tas cerdas berbasis mikrokontroler ESP32 untuk membantu penyandang tuna netra dalam mendeteksi rintangan dan mengenali nominal uang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem deteksi rintangan memiliki akurasi 92,22%, sedangkan sistem pengenalan nominal uang memiliki akurasi 60%. Evaluasi yang dilakukan dengan pengguna tuna netra mengonfirmasi bahwa perangkat ini dapat meningkatkan kemandirian dan keamanan dalam mobilitas serta transaksi keuangan.

Meskipun telah menunjukkan hasil yang cukup baik, sistem masih memiliki keterbatasan dalam akurasi deteksi uang, terutama untuk uang yang dalam kondisi buram. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan performa sistem.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, pengujian hanya dilakukan melalui simulasi oleh peneliti dengan mata tertutup, sehingga belum mencerminkan sepenuhnya kondisi penggunaan oleh penyandang tuna netra yang sesungguhnya. Kedua, pengenalan uang masih bergantung pada warna dominan, yang sensitif terhadap kondisi cahaya dan kualitas fisik uang. Ketiga, fitur cek daya belum berfungsi optimal akibat gangguan pada pembacaan sensor tegangan.

5. SARAN

Beberapa rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini meliputi:

- a. Meningkatkan akurasi pengenalan uang dengan algoritma pemrosesan gambar atau penggunaan sensor tambahan.
- b. Menambahkan fitur getaran sebagai umpan balik tambahan untuk pengguna yang memiliki keterbatasan dalam mendengar.
- c. Mengoptimalkan koneksi Bluetooth agar interaksi dengan aplikasi lebih responsif dan stabil.
- d. Mengembangkan integrasi dengan aplikasi seluler untuk meningkatkan aksesibilitas dan fitur tambahan, seperti pencatatan transaksi otomatis.
- e. Dianjurkan agar pengujian tahap selanjutnya melibatkan secara langsung penyandang tuna netra sebagai responden untuk memperoleh hasil evaluasi yang lebih representatif. Uji usability berbasis pengalaman pengguna akhir akan sangat membantu dalam menilai kenyamanan, efisiensi penggunaan, dan kejelasan instruksi suara dalam situasi nyata..

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas rahmat-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Terima kasih kepada Universitas Dipa Makassar, dosen pembimbing, keluarga, serta teman-teman yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan motivasi. Penulis juga menghargai semua pihak yang berkontribusi dalam penelitian ini, khususnya penyandang tuna netra yang telah berpartisipasi dalam pengujian perangkat. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi perkembangan teknologi asistif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. M. Ari, "Landasan Teori JAVA," *um-surabaya.ac.id*, p. 5–18, 2015.
- [2] C. Setiawan, "Prototype Alat Bantu Tuna Netra Berupa Tongkat Menggunakan Arduino dan Sensor Ultrasonik," *J-INTECH (Journal of Information and Technology)*, pp. 82-90, 2017.
- [3] K. S. Y. & F. F. Priadinata, "RANCANG TONGKAT PENDETEKSI JARAK BERBASIS SENSOR SEBAGAI MOBILITAS TUNANETRA," *Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)*, pp. Vol. 7, No. 1, 2023.
- [4] A. N. a. S. Santoso, "Perancangan Blind Stick Berbasis ESP32 dengan Sensor Ultrasonik untuk Membantu Mobilitas Penyandang Tunanetra," *Jurnal Uranus*, Vols. vol. 3, no. 2, p. 2024, 45–52.
- [5] V. A. M. K. V. a. G. R. G. R. P. Vennila, "Smart IoT Navigation System for Visually Impaired Individuals: Improving Safety and Independence with Advanced Obstacle Detection," *Int. J. Comput. Res. Develop*, Vols. vol. 10, no. 1, p. 17–23, 2025.
- [6] M. M. a. H. Hambali, "Rancang Bangun Tongkat Tunanetra Berbasis ESP32," *J. Kajian Tek. Elektro*, Vols. vol. 7, no. 2, p. 88–95, 2022.
- [7] M. A. Syakuro, "Implementasi Alat Bantu Tunanetra dengan Sensor Ultrasonik dan GPS (IoT)," *J. Tek. Rekayasa Ritel*, Vols. vol. 6, no. 1, pp. 14-21, 2024.