

Rancang Bangun Alat Tes Buta Warna Digital Metode Ishihara Berbasis Mikrokontroler ESP32

¹Yoga Dwi Prasetya, ²Desriyanti, ³rhesma Intan Vidyastari
^{1, 2, 3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah, Ponorogo
Jl. Budi Utomo No 10, Ponorogo 63471, Jawa Timur, Indonesia
yprasetya526@gmail.com, desri77@umpo.ac.id, rhesma@umpo.ac.id

Abstract

Color blindness testing is generally performed using the Ishihara book, where assessment, recording, and reporting are carried out manually. This approach increases examination time and may lead to recording errors. This study aims to develop a digital color blindness testing device based on an ESP32 microcontroller and TFT touchscreen using the Ishihara method for preliminary color vision screening. The research method consisted of field studies, literature review, system design, hardware implementation, and system performance evaluation. The developed device displays Ishihara plates digitally, receives user responses through a touchscreen, automatically calculates the score, percentage of correct answers, completion time, and color vision classification, and stores the examination results through a Wi-Fi-based web server. Performance testing was conducted on 30 respondents, consisting of 22 respondents with normal color vision, 5 respondents with partial color blindness, and 3 respondents with total color blindness. Comparison with the conventional Ishihara book showed identical classification results for all respondents, resulting in a 100% agreement between the proposed system and the manual examination method. These findings demonstrate that the developed device can perform preliminary color blindness screening accurately, efficiently, and reliably while simplifying data recording and reporting.

Keywords— Color blindness, Ishihara method, ESP32, touchscreen, Web server.

Abstrak

Pengujian buta warna umumnya dilakukan menggunakan buku Ishihara, di mana proses penilaian, pencatatan, dan pelaporan dilakukan secara manual. Pendekatan ini memperlama waktu pemeriksaan dan berpotensi menyebabkan kesalahan pencatatan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan alat tes buta warna digital berbasis mikrokontroler ESP32 dan layar sentuh TFT dengan metode Ishihara sebagai media skrining awal penglihatan warna. Metode penelitian meliputi studi lapangan, studi literatur, perancangan sistem, implementasi perangkat keras, dan evaluasi kinerja sistem. Sistem yang dikembangkan mampu menampilkan pelat Ishihara secara digital, menerima jawaban melalui layar sentuh, menghitung skor, persentase jawaban benar, waktu pengerjaan, serta menentukan klasifikasi penglihatan warna secara otomatis. Selain itu, hasil pemeriksaan disimpan dan ditampilkan melalui web server berbasis Wi-Fi. Pengujian dilakukan terhadap 30 responden yang terdiri atas 22 responden dengan penglihatan warna normal, 5 responden buta warna parsial, dan 3 responden buta warna total. Hasil perbandingan dengan pemeriksaan menggunakan buku Ishihara menunjukkan bahwa seluruh klasifikasi yang dihasilkan alat sesuai dengan metode manual sehingga diperoleh tingkat kesesuaian sebesar 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan mampu melakukan skrining awal buta warna secara akurat, efisien, dan andal serta mempermudah proses pencatatan dan pelaporan hasil pemeriksaan.

Kata kunci— Buta warna, metode Ishihara, ESP32, layer sentuh, server web.

I. PENDAHULUAN

Mata merupakan organ penglihatan yang memiliki peran penting dalam menerima dan mengolah informasi visual, termasuk kemampuan mengenali dan membedakan warna. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh fungsi sel kerucut pada retina yang bertanggung jawab terhadap persepsi warna merah, hijau, dan biru. Apabila fungsi sel kerucut mengalami gangguan, seseorang dapat mengalami buta warna, yaitu kondisi ketika kemampuan membedakan warna

tidak berlangsung secara normal. Berdasarkan tingkat keparahannya, buta warna dibedakan menjadi buta warna parsial dan buta warna total. Kondisi ini umumnya disebabkan oleh faktor genetik yang diwariskan melalui kromosom X, meskipun juga dapat dipengaruhi oleh penyakit mata, gangguan saraf optik, proses penuaan, maupun efek samping penggunaan obat-obatan tertentu [1], [2].

Pemeriksaan buta warna menjadi salah satu prosedur penting dalam proses skrining kesehatan karena kemampuan membedakan warna merupakan persyaratan pada beberapa bidang pendidikan dan profesi tertentu. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mendeteksi gangguan persepsi warna adalah metode Ishihara. Metode ini menggunakan kumpulan plate yang terdiri atas titik-titik berwarna membentuk angka atau pola tertentu untuk mengidentifikasi kemampuan penglihatan warna seseorang. Metode Ishihara dikenal memiliki tingkat kepraktisan dan akurasi yang baik sehingga masih menjadi standar pemeriksaan awal buta warna di berbagai institusi kesehatan maupun pendidikan [3], [4].

Pelaksanaan tes buta warna pada umumnya masih menggunakan buku Ishihara sehingga proses pemeriksaan, penilaian hasil, dan pencatatan data dilakukan secara manual. Kondisi tersebut menyebabkan proses pemeriksaan memerlukan waktu yang lebih lama, berpotensi menimbulkan kesalahan pencatatan, serta menyulitkan proses dokumentasi apabila jumlah peserta pemeriksaan cukup banyak. Selain itu, hasil pemeriksaan belum tersimpan secara digital sehingga membutuhkan proses pencatatan ulang ketika akan dilakukan rekapitulasi atau pencetakan hasil pemeriksaan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merancang alat tes buta warna berbasis mikrokontroler ESP32 dengan antarmuka TFT touchscreen sebagai media pemeriksaan digital menggunakan metode Ishihara. Sistem yang dikembangkan mampu menampilkan plate Ishihara secara digital, menerima jawaban pengguna melalui layar sentuh, menghitung skor secara otomatis, menentukan klasifikasi hasil pemeriksaan, serta menyimpan data hasil tes melalui web server berbasis Wi-Fi. Dengan adanya sistem ini diharapkan proses pemeriksaan menjadi lebih cepat, efisien, serta mampu mengurangi kesalahan pencatatan dibandingkan metode pemeriksaan konvensional [5]. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada pengembangan alat tes buta warna digital yang mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, TFT touchscreen, penyimpanan hasil pemeriksaan berbasis web server, serta pencetakan laporan digital dalam satu sistem yang terintegrasi. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya berfokus pada digitalisasi media pemeriksaan atau penyimpanan data, sistem yang dikembangkan tidak hanya menampilkan plate Ishihara secara digital, tetapi juga melakukan penilaian otomatis, menghitung persentase jawaban benar, menentukan klasifikasi penglihatan warna, merekam waktu pemeriksaan, serta menyimpan hasil yang dapat diakses melalui jaringan Wi-Fi. Pengujian terhadap 30 responden menunjukkan tingkat kesesuaian klasifikasi sebesar 100% dibandingkan metode Ishihara konvensional sehingga sistem memiliki potensi sebagai alternatif skrining awal buta warna yang lebih praktis dan efisien.

II. METODE PENELITIAN

A. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan di Klinik Pratama Al-Manar Universitas Muhammadiyah Ponorogo untuk memperoleh informasi mengenai prosedur pemeriksaan buta warna yang diterapkan di fasilitas pelayanan kesehatan. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan wawancara dengan petugas klinik guna mengetahui alur pemeriksaan, media yang digunakan, serta mekanisme penilaian hasil pemeriksaan. Hasil studi menunjukkan bahwa pemeriksaan masih menggunakan buku Ishihara sebagai media utama, di mana peserta diminta mengidentifikasi angka atau pola pada setiap *plate*, kemudian jawaban dibandingkan dengan kunci jawaban untuk menentukan kondisi penglihatan warna.

Berdasarkan hasil observasi, proses penilaian dan pencatatan hasil pemeriksaan masih dilakukan secara manual sehingga memerlukan waktu lebih lama dan berpotensi menimbulkan kesalahan pencatatan. Informasi yang diperoleh dari studi lapangan selanjutnya dijadikan sebagai dasar dalam perancangan alat tes buta warna berbasis mikrokontroler ESP32 dan TFT touchscreen. Sistem yang dikembangkan mampu menampilkan *plate* Ishihara secara digital, melakukan penilaian secara otomatis berdasarkan jumlah jawaban benar, serta menyimpan hasil pemeriksaan dalam memori ESP32 sehingga data dapat diakses kembali saat diperlukan.

B. Studi Literatur

Studi literatur di gunakan penulis untuk memahami dan menguasai teori-teori serta mengkaji penelitian sebelumnya, berikut ini studi literatur terkait penelitian tentang Rancang Bangun Alat Tes Buta Warna Dengan Metode Ishihara Berbasis Mikrokontroler dan Touchscreen :

1. Penelitian pertama membahas penerapan metode Ishihara sebagai media skrining untuk mengetahui kondisi penglihatan warna pada mahasiswa baru Universitas Halu Oleo yang diterima melalui jalur SNMPTN. Pemeriksaan dilakukan menggunakan buku Ishihara yang terdiri atas 38 plate kepada 1.896 responden. Berdasarkan hasil pemeriksaan, hanya sebagian kecil mahasiswa yang mengalami gangguan buta warna, dengan jumlah penderita pada laki-laki lebih banyak dibandingkan perempuan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode Ishihara memiliki efektivitas yang baik sebagai pemeriksaan awal gangguan penglihatan warna serta dapat dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan dalam penentuan bidang pendidikan maupun pekerjaan yang mensyaratkan kemampuan membedakan warna [6].
2. Penelitian kedua mengembangkan sistem pemeriksaan buta warna berbasis Virtual Reality (VR) pada perangkat Android dengan memanfaatkan plate Ishihara sebagai media pengujian. Sistem tersebut menghadirkan tampilan tiga dimensi sehingga pengguna memperoleh pengalaman pemeriksaan yang lebih interaktif dibandingkan penggunaan media cetak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi mampu mengidentifikasi kondisi penglihatan normal, buta warna parsial, maupun buta warna total dengan tingkat keberhasilan yang baik. Penelitian ini membuktikan bahwa pemanfaatan teknologi digital dapat meningkatkan kemudahan dan daya tarik proses pemeriksaan buta warna tanpa mengubah prinsip metode Ishihara [7].
3. Penelitian ketiga mengusulkan alat tes buta warna berbasis *Internet of Things (IoT)* dengan menerapkan sistem bank soal acak untuk meminimalkan kemungkinan pengguna menghafal urutan plate. Alat ini menggunakan NodeMCU ESP32, LCD Nextion, serta sistem penyimpanan berbasis web server untuk merekam hasil tes secara otomatis. Dari hasil pengujian terhadap sejumlah responden, alat menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dalam mengklasifikasikan penglihatan warna. Namun, penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan, antara lain jumlah plate yang digunakan belum menyerupai buku Ishihara secara penuh dan ketergantungan terhadap koneksi jaringan yang dapat memengaruhi kelancaran proses pemeriksaan [8], [9].
4. Penelitian keempat melakukan pemeriksaan buta warna pada siswa sekolah dasar menggunakan metode Ishihara sebagai upaya deteksi dini gangguan penglihatan warna. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa mayoritas siswa memiliki kemampuan membedakan warna secara normal, sedangkan sebagian kecil lainnya teridentifikasi mengalami buta warna parsial dan tidak ditemukan kasus buta warna total. Penelitian tersebut memperlihatkan bahwa metode Ishihara merupakan metode skrining yang sederhana, mudah diterapkan, dan cukup efektif untuk mendeteksi gangguan persepsi warna sejak usia dini [10]. Berdasarkan hasil kajian penelitian terdahulu, masih diperlukan pengembangan sistem yang mampu mengintegrasikan proses pemeriksaan digital, penilaian otomatis, penyimpanan hasil, serta penyajian laporan berbasis web server dalam satu perangkat. Oleh karena itu, penelitian ini dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut sekaligus meningkatkan efisiensi proses skrining buta warna.

C. Perencanaan Alat

Tahap perencanaan alat mencakup gambaran visual dari pembuatan alat yang akan digunakan untuk menyusun perangkat tersebut. Data yang diperoleh dalam tahap ini harus didasarkan pada teori-teori yang relevan. Terdapat empat aspek utama, yaitu perencanaan desain alat, diagram blok, diagram wiring dan *Flowchart* alat tes buta warna digital.

1. Perencanaan Desain Alat

Perencanaan desain alat dilakukan untuk menghasilkan sistem tes buta warna digital yang mampu mengintegrasikan seluruh komponen perangkat keras secara optimal. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali, TFT touchscreen sebagai media tampilan dan input pengguna, serta buzzer sebagai indikator proses pemeriksaan. Selain itu, sistem dilengkapi dengan koneksi Wi-Fi yang memungkinkan hasil pemeriksaan ditampilkan melalui web server dan disimpan dalam bentuk digital. Tata letak setiap komponen disusun berdasarkan kebutuhan fungsional agar proses pemeriksaan dapat berlangsung secara otomatis, mulai dari penampilan *plate* Ishihara, penerimaan jawaban pengguna, pengolahan hasil, hingga penyimpanan data. Hasil perancangan

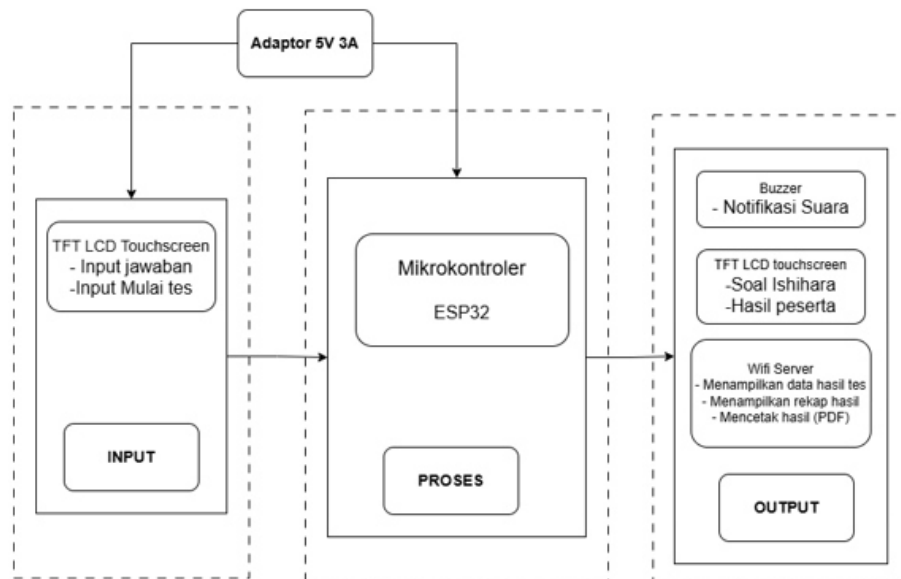
kemudian divisualisasikan dalam bentuk model tiga dimensi (3D) yang digunakan sebagai acuan pada tahap fabrikasi dan perakitan alat.



Gambar 1 Perencanaan Desain Alat Tes Buta Warna Digital

2. Diagram Blok Sistem

Pada setiap blok, terdapat garis yang menggambarkan arah kerja perangkat secara sistematis. Dalam perancangan sistem, terdapat tiga blok utama, yaitu Blok Masukan (Input), Blok Proses (Proses) dan Blok Keluaran (Output). Setiap blok memiliki peran khusus dalam mengatur alur sistem secara efektif.



Gambar 2 Diagram Blok Sistem Alat Tes Buta Warna Digital

Berdasarkan gambar 2 diagram blok system dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Power Suply

Adaptor 5 V 3 A berfungsi sebagai sumber catu daya utama yang menyuplai tegangan ke mikrokontroler ESP32, *TFT LCD touchscreen*, serta komponen pendukung lainnya sehingga seluruh sistem dapat beroperasi dengan baik.

b. Blok Input

1. *TFT LCD Touchscreen*

TFT LCD touchscreen berfungsi sebagai antarmuka pengguna yang digunakan untuk memasukkan data peserta, memulai proses pengujian, serta memilih jawaban pada setiap plate Ishihara melalui sentuhan pada layar.

c. Blok Proses

1. Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 merupakan pusat pengendali sistem yang bertugas mengolah seluruh data masukan dari touchscreen. ESP32 menampilkan plate Ishihara, membaca jawaban pengguna, menghitung skor, menentukan klasifikasi hasil pemeriksaan, menyimpan data, serta mengirimkan hasil ke web server.

d. Blok Output

1. TFT LCD touchscreen

TFT LCD touchscreen berfungsi sebagai media keluaran visual yang menampilkan menu utama, plate Ishihara, pilihan jawaban, serta hasil pemeriksaan kepada pengguna.

2. Buzzer

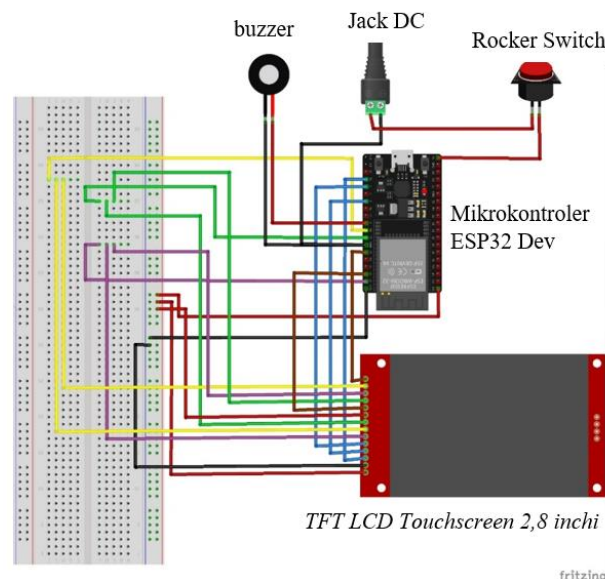
Buzzer berfungsi sebagai indikator suara untuk memberikan notifikasi kepada pengguna, seperti penanda awal tes, perpindahan plate, atau selesainya proses pengujian.

3. Wifi Server

WiFi Server digunakan sebagai media untuk menampilkan hasil pemeriksaan melalui browser pada laptop maupun smartphone yang terhubung ke jaringan WiFi sehingga hasil individu maupun rekap data dapat disimpan atau dicetak dalam format PDF [11].

3. Diagram Wiring

Diagram wiring adalah gambar teknis yang menunjukkan hubungan antar komponen elektronik melalui kabel atau jalur koneksi. Diagram ini digunakan untuk membantu proses perakitan alat elektronik.



Gambar 3 Diagram Wiring

Pada gambar 3 penjelasan diagram wiring sebagai berikut :

a. Mikrokontroler ESP32

ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama yang mengatur seluruh proses kerja sistem, termasuk membaca data citra dari modul MicroSD, mengendalikan tampilan pada TFT touchscreen, memproses jawaban pengguna, serta mengelola penyimpanan dan pengiriman data hasil pemeriksaan melalui jaringan Wi-Fi.

b. TFT Touchscreen

TFT touchscreen digunakan sebagai media antarmuka antara sistem dan pengguna. Komponen ini menampilkan plate Ishihara, menu pengoperasian, serta menerima masukan pengguna melalui fitur layar sentuh selama proses pemeriksaan berlangsung.

c. Buzzer

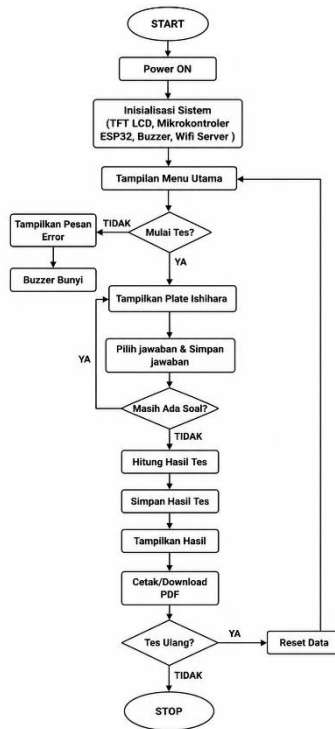
Buzzer digunakan sebagai indikator suara untuk memberikan notifikasi pada kondisi tertentu, seperti saat proses pemeriksaan dimulai, selesai, atau ketika pengguna melakukan interaksi dengan sistem.

d. Catu daya

Catu daya menyediakan tegangan yang dibutuhkan oleh seluruh komponen agar sistem dapat beroperasi secara stabil selama proses pemeriksaan berlangsung.

4. Flowchart Sistem Alat Tes Buta Warna Digital

Perencanaan software meliputi perencanaan cara kerja sistem alat tes buta warna digital yang dituangkan dalam bentuk *flowchart* pada gambar 4 dibawah :

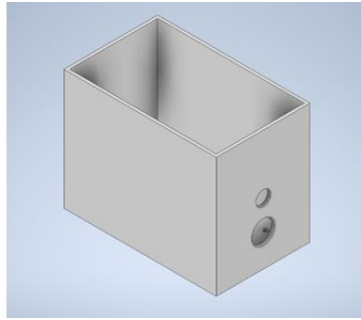


Gambar 4 Flowchart Sistem Alat Tes Buta Warna Digital

Gambar 4 flowchart sistem menggambarkan alur kerja alat tes buta warna berbasis ESP32 yang dimulai saat perangkat dinyalakan (power on), kemudian sistem melakukan inisialisasi seluruh komponen, meliputi TFT LCD, ESP32, buzzer, dan koneksi Wi-Fi. Setelah inisialisasi berhasil, menu utama ditampilkan dan pengguna dapat memulai proses pemeriksaan. Sistem kemudian menampilkan plate Ishihara secara berurutan, sedangkan setiap jawaban yang dipilih melalui layar sentuh akan disimpan dan diproses hingga seluruh soal selesai dikerjakan. Selanjutnya, ESP32 menghitung jumlah jawaban benar untuk menentukan klasifikasi hasil pemeriksaan, kemudian menyimpan dan menampilkan hasil kepada pengguna. Hasil pemeriksaan juga dapat dicetak atau diunduh dalam format PDF melalui web server. Apabila pengguna memilih melakukan pemeriksaan ulang, sistem akan menghapus data sebelumnya (reset data) dan kembali ke menu utama, sedangkan jika tidak, proses akan diakhiri.

D. Perancangan Alat

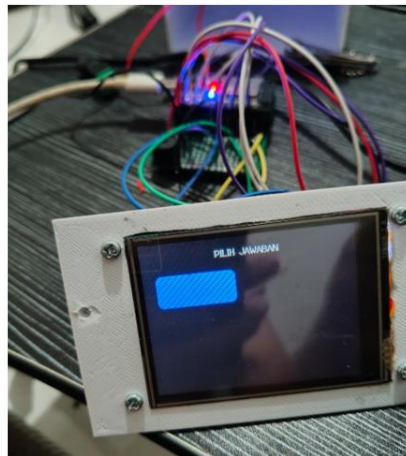
1. Proses Perancangan dan Perakitan Casing Alat



Gambar 5 Hasil Desain Casing

Perakitan alat diawali dengan perancangan casing sebagai wadah seluruh komponen elektronik sekaligus pelindung perangkat dari benturan dan debu selama proses penggunaan. Casing dibuat menggunakan material akrilik dengan ukuran yang disesuaikan terhadap dimensi TFT LCD touchscreen 2,8 inci, mikrokontroler ESP32, buzzer, sensor pulse, baterai, serta sakelar daya. Tata letak setiap komponen dirancang agar terpasang secara optimal, dengan menyediakan bukaan pada bagian tertentu untuk pemasangan layar, sakelar ON/OFF, port pengisian baterai, dan sensor pulse sehingga memudahkan pengoperasian maupun proses pemeliharaan. Hasil perakitan menghasilkan perangkat yang terintegrasi, ringkas, dan mendukung kinerja sistem tes buta warna secara optimal.

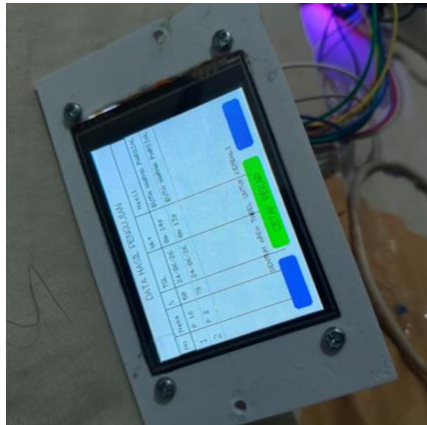
2. Proses Perakitan Sistem Rangkaian Elektronik



Gambar 6 Perakitan Rangkaian Elektronik

Perakitan rangkaian elektronik dilakukan setelah proses pembuatan casing selesai dengan mengacu pada wiring diagram yang telah dirancang sebelumnya. Mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang mengoordinasikan seluruh proses sistem, mulai dari menerima masukan melalui TFT LCD touchscreen, menjalankan pengujian metode Ishihara, mengolah serta menyimpan hasil pemeriksaan, hingga mengirimkan data melalui jaringan Wi-Fi untuk ditampilkan pada browser [12]. TFT LCD touchscreen berfungsi sebagai antarmuka pengguna dalam mengoperasikan sistem. Selain itu, buzzer dimanfaatkan sebagai indikator suara untuk memberikan notifikasi selama pengoperasian alat. Seluruh komponen memperoleh catu daya dari baterai melalui sakelar utama sehingga perangkat dapat digunakan secara portabel.

3. Proses Pengujian Fungsi Setiap Komponen



Gambar 7 Pengujian Fungsi Komponen

Sebelum alat digunakan secara keseluruhan, dilakukan pengujian terhadap masing-masing komponen untuk memastikan seluruh sistem bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan pada layar TFT untuk memastikan tampilan menu dan soal Ishihara dapat muncul dengan benar. Selanjutnya dilakukan pengujian *touchscreen* guna memastikan setiap sentuhan dapat dibaca secara akurat. Buzzer diuji untuk memastikan indikator suara bekerja ketika tombol disentuh maupun saat pengujian selesai. Selain itu dilakukan pengujian koneksi WiFi pada ESP32 untuk memastikan halaman hasil pengujian dan rekap data dapat diakses melalui browser menggunakan alamat IP yang diberikan oleh perangkat. Penyajian hasil pemeriksaan dalam bentuk digital melalui web server memberikan kemudahan dalam proses penyimpanan, pengelolaan, dan dokumentasi hasil pemeriksaan dibandingkan pencatatan secara manual. Selain meningkatkan efisiensi, penyimpanan data secara digital juga mempermudah proses penelusuran kembali hasil pemeriksaan apabila diperlukan pada waktu berikutnya [13].

4. Proses Perakitan akhir Alat



Gambar 8 Hasil Akhir Alat

Tahap akhir merupakan proses penyatuan seluruh komponen yang telah diuji ke dalam casing sehingga membentuk alat pendeteksi buta warna berbasis metode Ishihara yang siap digunakan. Pada tahap ini dilakukan penataan kabel agar lebih rapi, pemasangan seluruh komponen pada posisi yang telah ditentukan, serta pemeriksaan kembali seluruh koneksi listrik. Setelah seluruh komponen terpasang, dilakukan pengujian menyeluruh mulai dari proses menyalakan alat, memilih identitas peserta, menjalankan tes Ishihara, menghitung skor, menyimpan hasil pemeriksaan, hingga mencetak laporan melalui jaringan WiFi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat bekerja secara terintegrasi sehingga alat mampu melakukan pemeriksaan awal buta warna sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan menggunakan metode rekayasa eksperimental (experimental engineering), yaitu pendekatan penelitian yang berfokus pada proses perancangan, implementasi, dan pengujian alat untuk mengevaluasi kinerja sistem yang dikembangkan. Pada penelitian ini, metode tersebut diterapkan melalui perancangan alat tes buta warna berbasis mikrokontroler ESP32 dan TFT touchscreen, kemudian dilakukan serangkaian pengujian terhadap setiap fungsi sistem, meliputi tampilan plate Ishihara, respons layar sentuh, proses pengolahan data, klasifikasi hasil pemeriksaan, serta penyimpanan dan penyajian data melalui web server. Hasil pengujian digunakan untuk menilai kesesuaian fungsi dan kinerja alat dengan rancangan yang telah ditetapkan.

B. Metode Pengujian

1. Hubungkan ESP32 dengan sumber tegangan melalui kabel USB hingga sistem aktif.
2. Pastikan TFT LCD menampilkan halaman utama aplikasi dengan baik.
3. Hubungkan ESP32 ke jaringan WiFi yang telah ditentukan.
4. Pilih menu Mulai Tes, kemudian lakukan pemeriksaan dengan menjawab seluruh soal Ishihara melalui *touchscreen*.
5. Amati respons *touchscreen* dan buzzer pada setiap proses pemilihan jawaban.
6. Setelah seluruh soal selesai dijawab, amati hasil pemeriksaan yang ditampilkan, meliputi skor, persentase, waktu pengerjaan, dan kategori hasil.
7. Periksa apakah data peserta tersimpan pada menu Hasil Peserta.
8. Lakukan pencetakan hasil pemeriksaan melalui browser menggunakan alamat IP yang ditampilkan pada TFT LCD.
9. Ulangi pengujian pada beberapa responden untuk memastikan sistem bekerja secara konsisten.

C. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem tes buta warna berbasis ESP32 yang telah dikembangkan. Pengujian bertujuan untuk memastikan seluruh proses pemeriksaan, mulai dari penampilan *plate* Ishihara, penerimaan jawaban melalui TFT *touchscreen*, pengolahan data, penentuan klasifikasi hasil, hingga penyimpanan hasil pemeriksaan, dapat berjalan sesuai dengan rancangan. Pengujian dilakukan menggunakan beberapa responden dengan prosedur pemeriksaan yang sama pada setiap pengujian. Hasil pengujian alat disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Alat

Klasifikasi	Jumlah responden
Normal	22
Buta Warna Parsial	5
Buta Warna Total	3
Total	30

Berdasarkan Tabel 1, pengujian alat terhadap 30 responden menghasilkan 22 responden dengan klasifikasi normal, 5 responden buta warna parsial, dan 3 responden buta warna total. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemeriksaan dan mengklasifikasikan kondisi penglihatan warna sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan.

D. Pengujian Manual

Pengujian manual dilakukan menggunakan buku Ishihara sebagai metode pembandingan terhadap sistem yang dikembangkan. Setiap responden menjalani pemeriksaan sesuai prosedur standar, kemudian hasilnya dicatat sebagai data acuan. Hasil pengujian manual disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Manual

Klasifikasi	Jumlah responden
Normal	22
Buta Warna Parsial	5
Buta Warna Total	3
Total	30

Berdasarkan Tabel 2, pemeriksaan menggunakan buku Ishihara terhadap 30 responden menghasilkan 22 responden dengan klasifikasi normal, 5 responden buta warna parsial, dan 3 responden buta warna total. Hasil tersebut digunakan sebagai acuan dalam membandingkan kinerja alat yang dikembangkan terhadap metode pemeriksaan konvensional.

E. Perbandingan Hasil Pengujian Alat dan Manual

Perbandingan dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara hasil pemeriksaan menggunakan alat yang dikembangkan dengan metode Ishihara konvensional. Analisis dilakukan berdasarkan hasil klasifikasi yang diperoleh dari masing-masing responden sehingga dapat diketahui tingkat keandalan sistem dalam mendeteksi kondisi penglihatan warna. Hasil perbandingan disajikan pada tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan Hasil Alat dan Manual

Klasifikasi	Alat	Manual	Kesesuaian
Normal	22	22	Sesuai
Buta Warna Parsial	5	5	Sesuai
Buta Warna Total	3	3	Sesuai

Berdasarkan Tabel 3, perbandingan hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa klasifikasi yang dihasilkan oleh alat identik dengan hasil pemeriksaan menggunakan buku Ishihara. Kesesuaian tersebut terlihat pada seluruh kategori penglihatan warna, yaitu normal, buta warna parsial, dan buta warna total. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki tingkat kesesuaian yang baik terhadap metode pemeriksaan konvensional sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pemeriksaan awal buta warna [14]. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penerapan sistem tes buta warna berbasis digital mampu meningkatkan efisiensi proses pemeriksaan, mempermudah penyimpanan data hasil tes, serta mengurangi proses pencatatan manual [15].

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan alat tes buta warna berbasis mikrokontroler ESP32 dengan antarmuka TFT LCD touchscreen yang mampu melakukan pemeriksaan secara digital menggunakan metode Ishihara. Sistem dapat menampilkan *plate* Ishihara, menerima masukan pengguna, mengolah hasil pemeriksaan, menentukan klasifikasi penglihatan warna, serta menyimpan dan menampilkan data melalui web server dalam bentuk

laporan digital. Berdasarkan pengujian terhadap 30 responden, alat mampu mengklasifikasikan kondisi penglihatan warna menjadi normal, buta warna parsial, dan buta warna total. Hasil perbandingan dengan pemeriksaan manual menggunakan buku Ishihara menunjukkan kesesuaian pada seluruh klasifikasi, sehingga alat yang dikembangkan memiliki tingkat kesesuaian sebesar 100% dan berpotensi digunakan sebagai alternatif media skrining buta warna yang lebih praktis, efisien, dan terdokumentasi secara digital.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Agung Haryawan and P. Studi Kesehatan dan Keselamatan, "Rancang Bangun Alat Tes Buta Warna Metode Ishihara Berbasis Arduino Uno I Made Ananta Widyadnyana 1 , I Made Agus Mahardiananta 2 , I."
- [2] D. Arthama, "RANCANG ALAT TES BUTA WARNA DIGITAL DENGAN METODE ISHIHARA BERBASIS MIKROKONTROLER RASPBERRY PI ZERO 2 W."
- [3] S. Saini, E. Febriani Dungga, and I. Sulistiani, "Evaluasi Pemeriksaan Tes Buta Warna Menggunakan Metode Ishihara Berbasis Google Form Menggunakan Buku Ishihara," *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, vol. 2, no. 1, pp. 42–51, Aug. 2022, doi: 10.37311/ijpe.v2i1.15855.
- [4] Y. Ardiyanto and M. Y. Mustar, "Color Blindness Testing Using A Client-Server Based on The Ishihara Method," *Journal of Electrical Technology UMY*, vol. 4, no. 2, pp. 59–66, 2020.
- [5] D. Magfira et al., "Penerapan Aplikasi WarnaLyze sebagai Sarana Identifikasi Dini Gangguan Persepsi Warna pada Siswa," *Indonesia Berdaya*, vol. 6, no. 4, 2025.
- [6] O. Nina Indriyani Nasruddin *et al.*, "DETEKSI BUTA WARNA DENGAN METODE ISHIHARA PADA MAHASISWA BARU JALUR PENERIMAAN SNMPTN UNIVERSITAS HALU OLEO," *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 2, no. 11, 2023, [Online]. Available: https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/1387/buta-warna.
- [7] M. Alek Mustofa, "Aplikasi Tes Buta Warna Berbasis Virtual Reality."
- [8] W. Tada Bale, I. Tri Harsoyo, J. Teknik Elektromedik, and S. Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang, "Penerapan Sistem Bank Soal dengan Metode Ishihara Berbasis IoT Pada Alat Tes Buta Warna," 2025.
- [9] D. W. Ningrum, A. Mulyani, and E. P. Sari, "Perancangan Sistem Aplikasi Color and Blindness Detection dengan Metode Ishihara Berbasis Android," *Journal of Information System, Applied, Management, Accounting and Research (JISAMAR)*, vol. 3, no. 4, 2019.
- [10] Jusuf Leiwakabessy, Farah Ch. Noya, Johan B. Hutagalung, Gustino Anjelo Bastian, Reka Febriani, and Carl Hein Huwaa, "Deteksi Dini Tingkat Risiko Buta Warna dengan Metode Ishihara pada Anak SDN 191 Maluku Tengah," *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 4, no. 2, pp. 726–733, Oct. 2025, doi: 10.30640/abdimas45.v4i2.5244.
- [11] Y. N. N. Dopo and I. T. Harsoyo, "Rancang Bangun Alat Buta Warna Dengan Desain Ishihara Digital Menggunakan LCD Nextion," *SemanTIK: Teknik Informasi*, vol. 10, no. 2, pp. 87–94, 2024, doi:10.55679/semantik.v10i2.86.
- [12] D. Fareza and R. Toyib, "Analisis dan Implementasi Citra Digital pada Buku Ishihara untuk Melihat Tingkat Buta Warna," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 5, 2024.
- [13] D. R. Lestari, R. A. Putri, and M. F. Hidayat, "Inovasi Website Screening Kesehatan Tes Buta Warna Berbasis Digital Sebagai Deteksi Dini Pada Remaja," *Jurnal Ilmu Psikologi dan Kesehatan*, vol. 2, no. 4, pp. 1719–1728, 2026.
- [14] R. H. Putra, D. S. Wibowo, and M. R. Nugroho, "Development of a Digital Ishihara Test System for Color Vision Screening," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 15, no. 3, pp. 615–622, 2024.

- [15] C. Ayala et al., "Validation of a New Digital and Automated Color Perception Test," *Diagnostics*, vol. 14, no. 4, 2024.