

PENGEMBANGAN ALAT PENGUMPUL BOLA TENIS BERBASIS ANDROID DAN ESP 32 BLUETOOTH UNTUK PENYANDANG DISABILITAS

Ready Tri Defani Khudaedi, Akhmad Fadjeri

Teknik Informatika, Universitas Ma'arif Nahdlatul Ulama Kebumen
Jalan Raya Kutoarjo km 05 Jatisari, Kebumen
deffani002@gmail.com

ABSTRAK

Olahraga merupakan hal penting dari kehidupan manusia yang tidak hanya memberikan manfaat fisik, tetapi juga berkontribusi pada kesejahteraan mental dan sosial. Salah satu olahraga yang cukup populer baik nasional maupun internasional adalah tenis. Dalam permainannya, ketahanan fisik merupakan hal yang sangat penting untuk kelancaran bermain. Namun tenis, seperti olahraga lainnya, memiliki tantangan tersendiri, terutama bagi individu dengan keterbatasan mobilitas. Salah satu tantangan terbesar adalah pengumpulan bola tenis selama pertandingan atau latihan. Aktivitas ini sering kali memerlukan kelincahan dan kemampuan fisik yang baik, yang menjadi kendala bagi penyandang disabilitas dengan keterbatasan fisik. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pengumpul bola tenis berbasis Android dan ESP32 *bluetooth* yang dirancang untuk membantu penyandang disabilitas dalam mengumpulkan bola secara lebih mudah dan mandiri. Metode yang digunakan adalah V-Model yang melibatkan fase verifikasi dan fase validasi untuk memastikan sistem dikembangkan secara terstruktur dan memenuhi kebutuhan pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap komponen berfungsi dengan baik pada unit testing, meskipun konsumsi daya robot masih tinggi. Integration testing membuktikan bahwa ESP32 dapat berkomunikasi dengan aplikasi Android, serta motor servo dan roda beroperasi dengan baik. Berdasarkan kuisioner pengguna, alat ini dikategorikan efektif dengan skor 80% dalam aspek kemudahan penggunaan, perawatan, dan kenyamanan.

Kata kunci : Pengumpul Bola, Tenis, ESP32, Android, Disabilitas

1. PENDAHULUAN

Olahraga adalah bagian integral dari kehidupan manusia yang tidak hanya memberikan manfaat fisik, tetapi juga berkontribusi pada kesejahteraan mental dan sosial[1].

Melalui kegiatan olahraga, individu dapat menjaga kebugaran tubuh, meningkatkan kemampuan bersosialisasi, dan mengurangi tingkat stress. Melalui kegiatan olahraga, individu dapat menjaga kebugaran tubuh, meningkatkan kemampuan bersosialisasi, dan mengurangi tingkat stres. Olahraga memiliki banyak manfaat yang telah dibuktikan secara ilmiah. Secara fisik, olahraga dapat membantu mengontrol berat badan, memperkuat jantung, meningkatkan stamina, dan memperbaiki kesehatan paru-paru. Secara mental, meningkatkan stamina, dan memperbaiki kesehatan paru-paru. Selain itu, berolahraga juga mendukung interaksi sosial, yang penting untuk membangun hubungan yang sehat dan mengurangi rasa kesepian[2].

Ada banyak jenis olahraga yang melibatkan koordinasi tangan dan kaki, seperti sepak bola, bola basket, voli, bulu tangkis, tenis meja, dan tenis. Salah satu olahraga yang sangat populer di seluruh dunia adalah tenis. Olahraga ini tidak hanya menarik karena strategi permainannya yang kompleks, tetapi juga karena fleksibilitasnya untuk dimainkan oleh berbagai kelompok, baik secara profesional maupun rekreasi[3].

Dalam tenis, koordinasi tangan dan kaki sangat penting untuk mengayun raket, bergerak cepat di lapangan, dan menjaga keseimbangan, sehingga

olahraga ini bermanfaat untuk melatih kelincahan dan kekuatan tubuh secara keseluruhan.

Namun tenis, seperti olahraga lainnya, memiliki tantangan tersendiri, terutama bagi individu dengan keterbatasan mobilitas. Salah satu tantangan terbesar adalah pengumpulan bola tenis selama pertandingan atau latihan. Aktivitas ini sering kali memerlukan kelincahan dan kemampuan fisik yang baik, yang menjadi kendala bagi penyandang disabilitas dengan keterbatasan fisik[4].

Kondisi ini tidak hanya memengaruhi pengalaman mereka dalam berolahraga tetapi juga dapat menurunkan kualitas hidup mereka secara keseluruhan. Selain itu, alat bantu yang tersedia untuk memudahkan pengumpulan bola tenis sering kali memiliki harga yang mahal, sehingga sulit diakses oleh sebagian besar penyandang disabilitas.

Tenis sering dilombakan baik lomba regional, umum, internasional, ataupun bagi orang sehat atau penyandang disabilitas. Penyandang disabilitas sering kali menghadapi kesulitan untuk berpartisipasi aktif dalam olahraga, yang dapat menyebabkan isolasi sosial dan minimnya dukungan dari komunitas. Dalam konteks tenis, atlet penyandang disabilitas sering mengalami kendala, terutama saat harus mengambil bola tenis selama latihan. Berdasarkan pernyataan [5], IoT dapat memberikan solusi yang terjangkau dan mudah diakses dalam kehidupan sehari-hari, termasuk dalam bidang kesehatan dan otomasi rumah tangga.

Teknologi *Internet of Things* (IoT) telah banyak diterapkan untuk menciptakan solusi inovatif dan efisien yang dapat mengatasi berbagai tantangan ini.

IoT memungkinkan integrasi antara perangkat keras dan lunak, memberikan kendali otomatis, serta meningkatkan kenyamanan pengguna[6].

Dalam konteks pengumpulan bola tenis, IoT dapat menjadi solusi yang memungkinkan perangkat untuk bekerja secara otomatis tanpa perlu intervensi manusia secara langsung. Dengan memanfaatkan IoT, sistem pengumpul bola tenis dapat dioperasikan dari jarak jauh menggunakan aplikasi Android, sehingga pengguna, terutama penyandang disabilitas lebih mudah mengontrol alat tersebut tanpa harus membungkuk atau bergerak secara manual.

Salah satu perangkat IoT yang populer adalah ESP32, sebuah mikrokontroler yang dilengkapi dengan fitur *Wi-Fi* dan *Bluetooth Low Energy* (BLE). ESP32 memungkinkan koneksi nirkabel dengan konsumsi daya yang rendah, yang sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan efisiensi daya. ESP32 sangat ideal untuk pengembangan aplikasi IoT yang membutuhkan integrasi dengan perangkat pintar seperti aplikasi Android. Kemampuannya untuk menangani berbagai input dan output juga membuatnya menjadi pilihan tepat untuk menciptakan alat bantu dalam olahraga[7].

Keterbatasan aksesibilitas dalam olahraga bagi penyandang disabilitas sering kali memerlukan solusi inovatif yang dirancang secara spesifik untuk mendukung kebutuhan mereka. Salah satu inovasi yang dapat dikembangkan adalah Alat Pengumpul Bola Tenis Berbasis Android dan ESP32 BLE. Alat ini dirancang agar pengguna dapat mengontrol alat melalui aplikasi Android yang terhubung menggunakan teknologi *Bluetooth Low Energy* (BLE). Dengan desain yang sederhana, efisien, dan mudah dioperasikan, alat ini diharapkan dapat menjadi solusi inklusif yang memungkinkan penyandang disabilitas untuk lebih mudah menikmati olahraga tenis tanpa hambatan.

Dengan adanya alat pengumpul bola tenis ini, diharapkan partisipasi penyandang disabilitas dalam olahraga tenis dapat meningkat. Mereka dapat menikmati pengalaman berolahraga yang lebih baik dan tanpa hambatan. Selain itu, sistem ini juga dapat meningkatkan kualitas hidup penyandang disabilitas melalui peningkatan aksesibilitas dan interaksi sosial. Dengan memberikan solusi yang efektif, kita dapat membantu mengurangi stigma dan meningkatkan kesadaran tentang pentingnya olahraga bagi semua individu, tanpa terkecuali.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tenis

Tenis adalah sebuah olahraga yang melibatkan pergerakan dan aktivitas fisik, maka dalam penerapannya harus mempunyai kecepatan, kekuatan, tenaga, dan daya tahan [8].

Kecepatan dalam tenis sangat penting karena pemain harus bergerak cepat dalam mencapai bola, sementara untuk menjaga performa sepanjang pertandingan diperlukan ketahanan yang kuat. Dalam

olahraga tenis, kecepatan dan daya tahan fisik merupakan 2 elemen yang harus dikembangkan melalui program latihan yang tepat[9].

2.2. Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah sebuah board mikrokontroler berdaya rendah yang sudah tertanam *Wi-Fi* dan *Bluetooth Low Energy* (BLE) yang mempunyai banyak fungsi [10].

Esp32 merupakan pengembangan dari mikrokontroler sebelumnya, yaitu Esp8266 yang dibuat oleh perusahaan *Espressif Systems*. Pada penerapannya, ESP32 ini banyak digunakan dalam proyek pintar seperti, *smart home*, *smart farming*, *smart parking* dan masih banyak lagi yang memerlukan adanya koneksi internet.

Papan ESP32 ada dua versi, yaitu 36 *General Purpose Input Output* (GPIO) dan 30 GPIO. Keduanya memiliki fungsi yang sama tetapi jumlah pin GND yang membedakan dari kedua versi tersebut. Untuk setiap pin diberi tanda pada bagian atasnya dengan tujuan untuk mempermudah mengenali pin tersebut [11].

2.3. Bahasa C++

C++ adalah bahasa pemrograman yang umum digunakan dalam pembuatan perangkat lunak, aplikasi desktop, game, dan sistem terintegrasi. C++ memiliki sintaks yang sama dengan bahasa C, tetapi memiliki fitur baru yang memungkinkan programmer membuat program yang lebih kompleks dan efisien [12].

Selain itu, keunggulan C++ juga terletak pada kemampuannya untuk mendukung pemrograman berorientasi objek (OOP), yang memudahkan pengembangan perangkat lunak yang modular. Dengan berbagai pustaka dan komunitas yang besar, C++ terus menjadi pilihan populer untuk pengembangan perangkat lunak skala besar. Bahkan, banyak sistem operasi modern dan mesin game yang mengandalkan C++ karena efisiensinya dalam pengelolaan memori dan kinerja tinggi.

2.4. Android

Android merupakan sistem operasi berbasis kernel linux yang dibuat untuk perangkat *mobile*, seperti *smartphone* dan tablet. Android menawarkan lingkungan yang fleksibel dan mendukung berbagai fungsi perangkat keras, seperti gps, kamera, dan sensor. Sebagai *platform open source*, Android terus berkembang, dengan peningkatan arsitektur dan proses manajemen sumber daya yang signifikan dari setiap versi yang dirilis[13].

Android juga memungkinkan fleksibilitas yang tinggi dengan menyediakan alat pengembangan lengkap dan dokumentasi yang membantu pengembang dalam menciptakan aplikasi inovatif. Popularitas Android terus meningkat berkat sifatnya yang terbuka dan fleksibel [14].

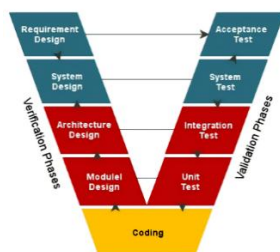
2.5. Disabilitas

Penyandang disabilitas adalah orang yang memiliki keterbatasan fisik, mental, intelektual, atau sensorik dalam jangka waktu yang lama. Pemerintah Indonesia telah meratifikasi Convention On The Rights Of Persons With Disabilities, atau disingkat CPRD. Ratifikasi CPRD menunjukkan adanya komitmen pemerintah Indonesia untuk melindungi, memajukan, dan memenuhi hak penyandang disabilitas yang pada akhirnya akan mampu mewujudkan kemandirian dan kesejahteraan bagi penyandang disabilitas[15].

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Research and Development* (R&D). *Research and Development* (R&D) merupakan proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada. Penelitian pengembangan merupakan salah satu jenis penelitian yang dapat menjadi penghubung atau pemutus kesenjangan antara penelitian dasar dengan penelitian terapan[16].

Dalam perancangan sistemnya menggunakan V-Model. Model ini merupakan pengembangan dari model *Waterfall* yang memiliki perbedaan pada cara keduanya mengelola proses pengembangan. Pada V-Model, ada hubungan langsung antara tahapan pengembangan perangkat lunak dengan pengujian yang dilakukan pada setiap tahap, memastikan bahwa produk diuji secara menyeluruh seiring dengan proses pengembangan yang berlangsung [17].



Gambar 1. Metode V Model

Dari gambar 1 dapat diketahui bahwa Model V mempunyai beberapa langkah, diantaranya:

a. Requirement Analysis

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi kebutuhan sistem dan masalah yang dihadapi. Penyandang disabilitas sering mengalami kesulitan dalam mengumpulkan bola tenis secara manual setelah bermain.

b. System Design

Tahap ini berfokus pada perancangan keseluruhan sistem, baik hardware maupun software. Desain meliputi struktur fisik alat seperti mekanisme roda dan mekanisme pendorong untuk bola. Selain itu, aplikasi Android juga digunakan untuk mendukung kontrol menggunakan bluetooth.

c. Architecture Design

Desain arsitektur sistem mencakup bagaimana semua komponen berinteraksi. Misalnya, desain komunikasi antara aplikasi Android dan ESP32 bluetooth untuk mengontrol alat dan menghubungkan sistem mekanik pengumpul bola.

d. Module Design

Pada tahap ini, setiap modul dirancang secara terpisah dengan rincian spesifikasi. Misalnya, desain untuk modul penggerak roda, modul pengumpul bola, dan modul aplikasi Android.

e. Coding

Pada tahap ini, proses pengembangan perangkat lunak dimulai dengan pengkodean untuk sistem ESP32 dan aplikasi Android. Setiap modul dikembangkan dan diprogram untuk menjalankan fungsi spesifikasinya, seperti penggerakan roda, pengumpulann bola, dan komunikasi bluetooth dengan aplikasi.

f. Unit Testing

Pengujian dilakukan untuk setiap modul secara individu untuk memastikan bahwa setiap bagian dari sistem berfungsi sesuai dengan desain dan dapat memenuhi kebutuhan yang telah ditentukan.

g. Integration Testing

Tahap ini bertujuan untuk menguji interaksi antar modul atau komponen dalam sistem secara bersamaan. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa modul yang terpisah dapat berfungsi dengan baik saat digabungkan, seperti aplikasi Android yang mengontrol sistem penggerak roda dan mekanisme pengumpul bola.

h. System Testing

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa semua bagian sistem berfungsi dengan baik secara keseluruhan. Ini termasuk pengujian integrasi antara aplikasi Android dan perangkat keras untuk memastikan komunikasi yang lancar dan alat berfungsi seperti yang diinginkan.

i. Acceptance Testing

Setelah pengembangan selesai, alat diuji oleh pengguna akhir (penyandang disabilitas) untuk memastikan alat memenuhi kebutuhan mereka dan memberikan kepuasan. Feedback dari pengguna digunakan untuk menilai apakah produk akhir memenuhi ekspektasi dan tujuan awal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Requirement Analysis

Hasil *analysis*, ditemukan bahwa penyandang disabilitas kesulitan dalam mengumpulkan bola tenis secara manual yang berserakan di lapangan. Solusi yang diusulkan adalah alat pengumpul bola yang dikontrol melalui aplikasi Android menggunakan koneksi bluetooth.

4.2. System Design

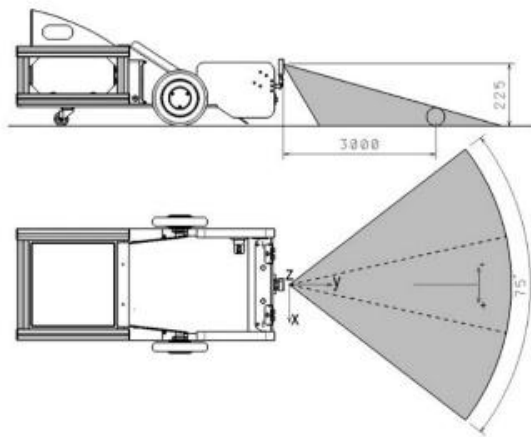
Berikut komunikasi dan alat yang digunakan pada tahapan ini, antara lain:

- ESP32 sebagai kontrol utama yang menerima perintah dari aplikasi Android.

- Motor Dc yang dikontrol driver L298N untuk menggerakkan robot maju, mundur, dan berbelok.
- Servo MG995 digunakan untuk mekanisme pengambilan bola ke dalam wadah.
- Aplikasi android sebagai alat yang digunakan user untuk berkomunikasi dengan ESP32.
- Komunikasi antara Android dengan ESP32 menggunakan komunikasi bluetooth serial.

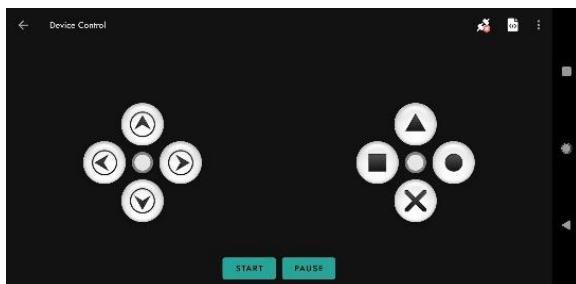
4.3. Architecture Design

Berikut adalah desain dari robot dan software untuk mengontrolnya berupa aplikasi Android. Gambar 1, yaitu ESP32 menerima perintah dari aplikasi android melalui komunikasi bluetooth untuk mengontrol motor DC melalui driver L298N dan mengontrol motor servo.



Gambar 1. Desain robot

Pada gambar 2 merupakan tampilan dari aplikasi android yang digunakan untuk berkomunikasi dengan esp 32 bluetooth. Terdapat tombol-tombol yang berfungsi untuk mengontrol robot.

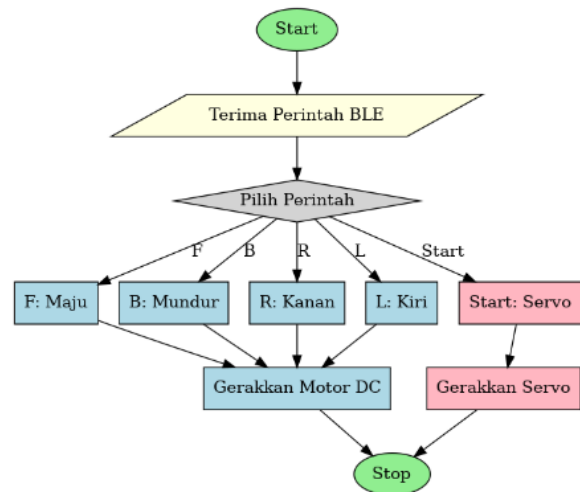


Gambar 2. Aplikasi pengontrol

4.4. Module Design

Gambar 3 adalah diagram alur robot pengumpul bola yang memiliki beberapa perintah antara lain:

- F - untuk mengontrol robot maju.
- B - untuk mengontrol robot mundur.
- R - untuk mengontrol robot belok kanan.
- L - untuk mengontrol robot belok kiri.
- Start - untuk mengontrol motor servo.



Gambar 3. Diagram alur robot pengumpul bola

4.5. Coding

```
#include <ESP32Servo.h>
#include "BluetoothSerial.h"
```

Gambar 4. Library yang digunakan

Gambar 4 menunjukkan *library* yang digunakan dalam robot pengumpul bola tenis, yaitu *ESP32Servo* untuk mengontrol servo dan *BluetoothSerial* untuk komunikasi *Bluetooth*.

```
void loop() {
    // Membaca data dari Bluetooth
    while (SerialBT.available()) {
        char command = SerialBT.read();
        handleCommand(command);
    }
}
```

Gambar 5. Membaca kode bluetooth

Gambar 5 merupakan salah satu fungsi utama dalam kode, yaitu membaca data dari *Bluetooth* yang dikirim oleh aplikasi Android.

```
case 'F': // Maju ditekan
    data.majuState = true;
    break;
case 'f': // Maju dilepas
    data.majuState = false;
    break;
```

Gambar 6. Kode perintah manuver robot

Gambar 6 adalah kode yang memungkinkan robot bergerak maju saat ada perintah "F" dan berhenti saat menerima perintah "f".

4.6. Unit Testing

Pada tahap ini dilakukan pengtesan baik dari *hardware* maupun *software* untuk memastikan bahwa setiap bagian berfungsi dengan yang diharapkan. Beberapa pengujian yang dilakukan antara lain:

- Menguji respon motor servo dalam membuka dan menutup.
- Menguji ESP32 dalam menerima dan mengirim data ke aplikasi Android.
- Menguji konsumsi daya dari robot selama beroperasi.

Hasil dari pengujian software dan hardware pada *unit testing* menunjukkan bahwa setiap komponen berfungsi dengan baik, namun untuk konsumsi daya robot sangat besar.

4.7. Integration Testing

Pada tahapan ini dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa modul dapat bekerja secara bersama dengan sistem. Beberapa aspek yang diuji dalam proses ini meliputi:

- Menguji kestabilan koneksi *Bluetooth* serta kecepatan respons antara perintah dari aplikasi dan eksekusi pada robot.
- Menguji pergerakan motor servo dan roda dari robot apakah sesuai dengan perintah dari aplikasi Android.

Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa integrasi antara komponen berhasil, di mana ESP32 dapat berkomunikasi dengan baik dengan aplikasi Android serta pengujian pergerakan motor servo dan roda dapat berfungsi dengan baik.

4.8. System Testing

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi performa keseluruhan dari robot pengumpul bola tenis dalam berbagai kondisi operasional. Pengujian yang dilakukan meliputi:

- Pengujian robot dengan berbagai manuver seperti maju, mundur, berbelok, dan berhenti untuk memastikan bahwa pergerakan dapat dikontrol dengan baik.
- Pengujian robot dalam mengumpulkan bola tenis dan menyimpannya ke dalam wadah.
- Menguji kestabilan koneksi *Bluetooth* pada berbagai jarak.
- Mengamati durasi penggunaan robot dalam satu kali pengisian baterai.

Kesimpulan dari *system testing* menunjukkan bahwa robot dapat beroperasi dengan baik dalam hal pergerakan dan pengumpulan bola, namun masih terdapat beberapa kendala seperti bola yang terkadang keluar dari wadah, koneksi *Bluetooth* yang tidak stabil pada jarak lebih dari 25 meter, serta daya tahan baterai yang perlu dioptimalkan.

4.9. Acceptance Testing

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem tersebut telah memenuhi kebutuhan pengguna. Dalam pengujian ini menggunakan skala likert dengan instrumen 1-5 (1 = Sangat Tidak Setuju, 2 = Tidak Setuju, 3 = Netral, 4 = Setuju, 5 = Sangat Setuju) untuk setiap pertanyaan.

Tabel 1. Kuesioner terhadap pengguna

Pertanyaan	Skor
Apakah robot mampu mengumpulkan bola	4
Apakah navigasi robot presisi	5
Apakah sistem mudah dikontrol melalui remote	4
Apakah robot tahan lama dilapangan luar ruangan	2
Apakah waktu pengisian daya robot efisien	3
Apakah robot mampu menghindari rintangan	4
Apakah robot kompatibel dengan bluetooth	5
Apakah sistem robotika sesuai kebutuhan pengguna	5
Apakah performa robot stabil dalam berbagai kondisi	3
Apakah robot mudah dirawat dan diperbaiki	5

Berdasarkan nilai yang diperoleh dari kuesioner didapatkan kriteria efektifitas sebagai berikut:

$$D = \frac{40}{50} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan

D: Nilai Efektivitas

B: Skor yang Diperoleh

C: Skor Maksimum

Dari rumus 1 diperoleh hasil skor 80% dan dapat dikategorikan bahwa alat tersebut tergolong efektif.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan Penelitian yang telah dilakukan, alat dapat berfungsi dengan baik dengan memperoleh skor 80% yang dikategorikan efektif melalui kuesioner kepada pengguna. Pengujian menunjukkan bahwa alat mampu menjalankan fungsinya sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Namun, terdapat kekurangan pada daya tahan baterai, di mana konsumsi daya yang tinggi menyebabkan baterai cepat habis saat digunakan di lapangan. Selain itu, jangkauan koneksi *Bluetooth* masih terbatas pada jarak 25 meter. Pada penelitian selanjutnya diharapkan bisa mengatasi permasalahan konsumsi daya yang tinggi dan dapat meningkatkan jangkauan koneksi *Bluetooth*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Azmi, M. R. Illahi, and R. S. Ramadhani, "Menggali Hikmah Olahraga dalam Kehidupan Beragama Islam," vol. 3, pp. 304–315, 2024.
- [2] E. BURHAEIN, A. FADJERI, and I. P. WIDIYONO, "Application of Naive Bayes Algorithm for Physical Fitness Level Classification," *Int. J. Disabil. Sport. Heal. Sci.*, vol. 7, no. July 2023, pp. 178–187, 2023, doi: 10.33438/ijds.1330745.
- [3] A. Fadjeri, E. Burhaein, I. P. Widiyono, R. Tri, and D. Khudaedi, "Pengembangan Teknologi AI berbasis Computer Vision dan Robotika untuk Latihan Akurasi Olahraga Tennis Lapangan Duduk bagi Atlet Disabilitas Fisik," no. 1, pp. 65–76, 2025.
- [4] C. D. Journal *et al.*, "Pemanfaatan Energi Terbarukan Berbasis Solar Cell," vol. 5, no. 6,

