

# Rancang Bangun Sistem Penilaian Otomatis Olahraga Taekwondo Berbasis Arduino

Arif Rahman Hasibuan\*, Ade Zulkarnain Hasibuan, Munjiat Setiani Asih

Fakultas Teknik dan Komputer, Teknik Informatika, Univeristas Harapan Medan, Medan  
Jalan H.M. Joni No. 70, Teladan Barat, Kec. Medan Kota, Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia

Email: <sup>1,\*</sup>arhsb777@gmail.com, <sup>2</sup>ade.stth@gmail.com, <sup>3</sup>munjiat.stth@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: arhsb777@gmail.com

Submitted: 21/09/2022; Accepted: 20/10/2022; Published: 31/10/2022

**Abstrak**—Taekwondo merupakan seni bela diri tanpa senjata yang menekankan pada teknik tendangan, pukulan lurus dan gerakan kaki yang dinamis. Saat ini, pertandingan taekwondo khususnya pada jenis kyorugi menerapkan sistem penjurian otomatis melalui Protector and Scoring System (PSS). PSS digunakan pertama kali untuk ajang olahraga internasional pada tahun 2012 di Olimpiade London dengan tujuan menghindari kesalahan penilaian akibat keterbatasan penglihatan manusia. Akan tetapi, perangkat ini masih sangat mahal sehingga dibutuhkan alternatif pilihan lain. Penggunaan Arduino dan sensor tekanan dapat menjadi alternatif yang lebih terjangkau. Arduino dan smartphone dapat diintegrasikan sebagai sistem monitoring untuk membuat perangkat ini menjadi alternatif penilaian otomatis yang dapat bekerja dengan lebih baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini dapat memberikan hasil penilaian yang akurat. Poin yang didapatkan atlet sesuai dengan jenis serangan yang dilakukan. Tendangan lurus pada pelindung badan menghasilkan poin bernilai dua, sedangkan pukulan menghasilkan poin bernilai satu. Tendangan berputar menghasilkan nilai empat poin dengan ketentuan dua poin dari penilaian otomatis dan penambahan dua poin secara manual melalui smartphone. Perangkat pelindung taekwondo dan smartphone dapat berkomunikasi hingga jarak 10 meter tanpa ada penghalang diantara perangkat.

**Kata Kunci:** Taekwondo; Protector and Scoring System; Penjurian Otomatis; Arduino; Sensor Tekanan.

**Abstract**—Taekwondo is an unarmed martial art that emphasizes kicks, straight punches, and dynamic leg movements. Currently, taekwondo matches, especially in the kyorugi type, apply an automatic judging system through the Protector and Scoring System (PSS). PSS was first used for international sporting events in 2012 at the London Olympics to avoid misjudgments due to human vision limitations. However, these devices are still costly, so alternative options are needed. Using an Arduino and a pressure sensor could be a more affordable alternative. Arduino and smartphones can be integrated as monitoring systems to make these devices a better choice for automated assessments. The test results show that this system can provide accurate assessment results. The points the athlete earns depend on the type of attack performed. A straight kick on the body armor earns two points, while a punch earns one point. The spinning kick earns four points with the provision of two points from automatic scoring and the addition of two point manually via smartphone. Taekwondo protective devices and smartphones can communicate up to a distance of 10 meters without any barriers between the devices.

**Keywords:** : Taekwondo; Protector and Scoring System; Automatic Assessments; Arduino; Pressure sensor.

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, perkembangan teknologi juga menjadi semakin maju. Salah satu teknologi yang terus dikembangkan adalah teknologi yang berhubungan dengan sistem otomatisasi. Sistem otomatisasi dapat memberikan berbagai manfaat pada manusia, seperti meningkatkan efektivitas, efisiensi dan dapat mengurangi kesalahan akibat kelalaian manusia. Sistem ini telah diterapkan di berbagai bidang kehidupan, seperti bidang kesehatan, industri, keamanan dan olahraga. Penerapan sistem otomatisasi di bidang olahraga dapat digunakan untuk membantu juri dalam mengambil keputusan dan menghindari kesalahan akibat keterbatasan kemampuan manusia seperti keterbatasan penglihatan, ketepatan dalam pengukuran serta keterbatasan lainnya yang dapat mempengaruhi penilaian dalam kompetisi olahraga. Olahraga yang membutuhkan sistem penjurian otomatis adalah taekwondo, karena pada olahraga ini dimungkinkan terjadi kesalahan penilaian akibat gerakan atlet yang terlalu cepat sehingga pengamatan dengan mata secara langsung menjadi tidak akurat.

Taekwondo merupakan olahraga bela diri yang mengutamakan teknik tendangan dan gerakan kaki yang dinamis [1], secara bahasa taekwondo dapat diartikan sebagai seni bela diri menggunakan tangan dan kaki [2]. Sistem otomatisasi olahraga taekwondo pertama kali dipekenalkan pada tahun 2009 dan untuk ajang Olimpiade pertama kali digunakan pada tahun 2012 di London dengan nama *Protector and Scoring System* (PSS) [3]. Sistem ini digunakan khusus pada pertandingan taekwondo jenis *kyorugi* yaitu pertarungan yang mengaplikasikan teknik gerakan dasar, dimana dua orang yang bertarung saling mempraktikkan teknik serangan dan teknik pertahanan kaki [4]. Pada perangkat PSS terdapat magnetometer dan sensor tekanan piezoelectric di pelindung badan dan kepala, pada kaki terdapat magnet sedangkan pada tangan tidak terdapat magnet ataupun sensor. Keberadaan magnet digunakan untuk membedakan asal serangan, apakah dari tendangan ataupun pukulan. Jika serangan berasal dari tendangan, maka sensor tekanan piezoelectric akan bekerja mengukur distorsi pada pelindung badan/kepala. Setelah tendangan terdeteksi maka data akan dikirimkan melalui radio frekuensi ke penerima sinyal yang kemudian akan diproses di dalam komputer [5]. Penilaian dengan PSS ini tidak sepenuhnya otomatis, untuk pukulan dan tendangan memutar poin diberikan secara manual melalui *wireless joystick* yang dipegang oleh juri [6]. Penggunaan PSS sangat membantu mengurangi kesalahan dalam penjurian, tetapi biaya penerapan alat ini

masih sangat mahal sehingga hanya dapat digunakan pada pertandingan besar saja. Oleh karena itu, perlu adanya alternatif yang lebih murah dan akurat untuk membantu penjurian dalam olahraga taekwondo.

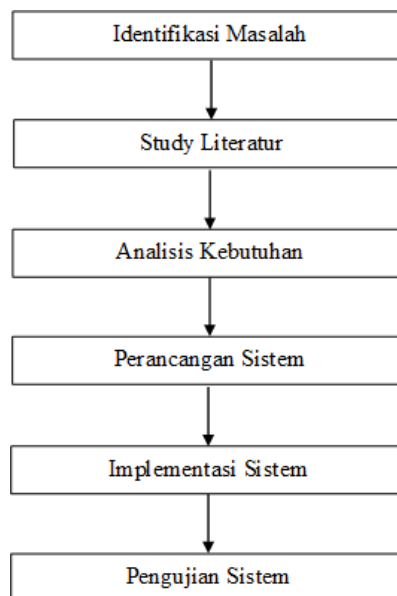
Penelitian terkait yang memanfaatkan teknologi komputer dan sistem otomatis dalam bidang olahraga taekwondo pernah dilakukan oleh Hidayat dan Iskandar dengan menggunakan *push button* pada pelindung badan sebagai indikator serangan masuk dan Arduino Pro Mini sebagai pengelolah data dan dibantu dengan modul radio frekuensi untuk komunikasi antar modul [7]. Penelitian lainnya dilakukan oleh Soraya dan Jabar dengan menggunakan Arduino Uno dan Borland Delphi 7 untuk membantu penilaian pada pertandingan taekwondo. Perolehan poin yang ditampilkan pada papan penilaian dilakukan menggunakan input dari tombol, dimana data yang telah diinputkan diproses terlebih dahulu pada Arduino Uno [4]. Penelitian yang dilakukan oleh Wintolo, dkk memanfaatkan penggunaan *smartphone* sebagai input nilai pengganti *wireless remote* pada penjurian taekwondo [8]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Lunissa, dkk didapatkan bahwa penggunaan *force sensing resistant* dan NodeMCU dapat mendeteksi dan menilai kekuatan dari jenis tendangan taekwondo [9]. Penelitian lainnya dilakukan oleh Jeong dengan memanfaatkan mikrokontroler dan sensor tekanan yang dipasang pada pelindung kepala untuk menilai serangan yang masuk pada olahraga kendo [10].

Tujuan dari penelitian ini adalah menciptakan alat penilaian otomatis pada olahraga taekwondo yang lebih terjangkau dari PSS. Alat yang diciptakan menggunakan Arduino dan sensor tekanan film fleksibel yang berfungsi sebagai pendeteksi serangan dan pemroses penilaian serangan secara otomatis. Alat juga dapat terhubung dengan *smartphone* sebagai penampil skor, pengendali waktu pertandingan dan *input* poin secara manual.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah yang harus diambil oleh peneliti untuk menyelesaikan penelitian, dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 1.** Tahapan Penelitian

Penjelasan dari tiap tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah  
Merupakan tahapan untuk mencari masalah dari sistem penilaian taekwondo yang telah ada terutama pada jenis pertandingan *kyorugi*.
2. Study Literatur  
Pengumpulan referensi terkait penelitian yang dilakukan, baik dari sumber jurnal, buku maupun artikel ilmiah yang dapat membantu mencari solusi dari masalah penelitian yang dihadapi.
3. Analisis Kebutuhan  
Merupakan tahapan mencari kebutuhan untuk membangun sistem penilaian otomatis olahraga taekwondo berbasis Arduino, baik dari perangkat keras ataupun perangkat lunak yang dibutuhkan.
4. Perancangan Sistem  
Perancangan sistem terdiri dari perancangan alat yang dapat menerima dan mendeteksi *input* serangan taekwondo secara otomatis serta perancangan aplikasi sebagai penampil papan skor digital dan pengendali skor secara manual.
5. Implementasi Sistem

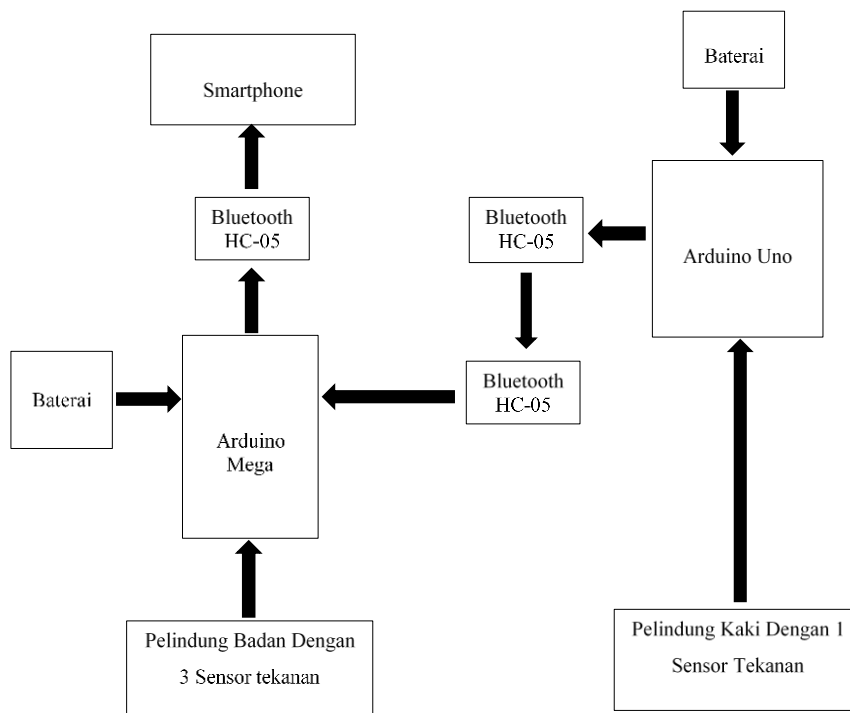
Merupakan tahap penerapan dari rancangan yang telah dibuat baik dari rancangan alat ataupun aplikasi, sehingga dapat saling terintegrasi dan dapat bekerja untuk menilai pertandingan taekwondo secara otomatis.

6. Pengujian Sistem

Merupakan tahapan penelitian terakhir yang bertujuan untuk melihat apakah sistem yang telah dibuat dapat menghasilkan *output* sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditentukan.

**2.2 Blok Diagram Sistem Penilaian Otomatis Taekwondo Berbasis Arduino**

Sistem yang dibuat menggunakan Arduino sebagai pengolah data dan pengendali semua komponen yang terhubung. Arduino adalah perangkat keras bersifat *open source* yang digunakan untuk membuat prototype rangkaian elektronik berbasis mikrokontroler dengan mudah dan cepat [11]. Rangkaian yang digunakan terdiri dari dua rangkaian utama, yaitu rangkaian Arduino Mega dan rangkaian Arduino Uno. Arduino Mega merupakan papan mikrokontroler yang memiliki 54 pin digital yang dapat digunakan sebagai *input* ataupun *output* dan bekerja pada tegangan 5V [12]. Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang terdiri dari 14 pin digital *input / output* yang dilengkapi dengan sebuah osilator Kristal 16 MHz, port USB, DC *power jack*, ICSP *header* dan tombol reset [13]. Blok diagram sistem penilaian otomatis taekwondo dapat dilihat pada gambar berikut.



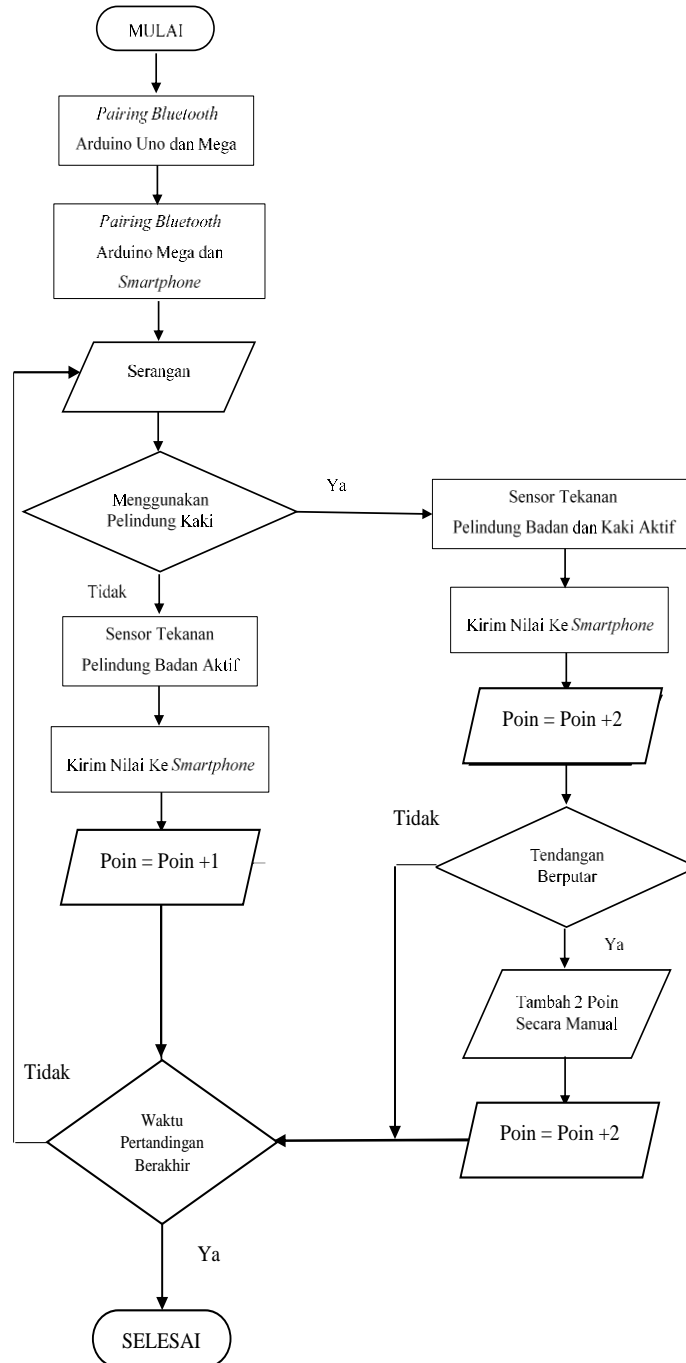
**Gambar 2.** Blok Diagram Sistem Penilaian Otomatis Taekwondo

Rangkaian Arduino Mega digunakan untuk memproses semua data yang diterima baik dari sensor tekanan maupun dari Arduino Uno. Arduino Mega terdiri dua *bluetooth* HC-05 yang digunakan untuk berkomunikasi dengan Arduino Uno dan *smartphone*. *Bluetooth* HC-05 merupakan suatu modul komunikasi nirkabel yang memiliki frekuensi 2,4GHz dan memiliki enam pin yaitu pin state, RX (receiver), TX (transmitter), VCC, GND dan Enable [14]. Jarak komunikasi antara *bluetooth* HC-05 dan *smartphone* memiliki jarak rata-rata 10 meter [15]. Arduino Mega dihubungkan dengan tiga sensor tekanan film fleksibel yang diletakkan di dalam pelindung badan, sedangkan Arduino Uno dihubungkan dengan satu *bluetooth* dan satu sensor tekanan yang diletakkan pada pelindung kaki. Catu daya pada rangkaian menggunakan baterai. Hasil *output* dapat dilihat pada aplikasi *smartphone* yang dibuat melalui App Inventor. App Inventor merupakan aplikasi *open source* berbasis web yang menggunakan *interface* secara grafis yang memungkinkan pengguna melakukan *drag and drop* untuk mengubah logika dalam bentuk objek visual sehingga dapat dijalankan dalam perangkat *smartphone* [16], sedangkan untuk program pada rangkaian menggunakan Arduino IDE, yaitu sebuah perangkat lunak yang berfungsi untuk mengembangkan aplikasi mikrokontroler dari proses pembuatan program, kompilasi dan upload [17].

**2.3 Flowchart Sistem Penilaian Otomatis Taekwondo Berbasis Arduino**

Flowchart sistem merupakan uraian lengkap cara kerja alat dari awal proses pengaktifan alat hingga output tercetak di papan skor digital. Proses awal adalah menghubungkan alat dengan *smartphone* pengguna. Ketika terjadi serangan ke pelindung badan yang digunakan atlet, maka Arduino Mega akan melakukan cek pada sensor. Jika hanya sensor pada pelindung badan yang mendapatkan tekanan, Arduino Mega akan mendeteksi serangan sebagai pukulan dan diberi tambahan satu poin. Nilai ini akan dikirimkan ke *smartphone* juri dan dapat dilihat pada papan

skor digital di *smartphone* nilai bertambah satu poin. Jika atlet menendang menggunakan pelindung kaki, maka kedua sensor akan mengalami aktivasi dan Arduino Uno mengirim data ke Arduino Mega bahwa sensor di kaki aktif, kemudian Arduino Mega melakukan cek pada sensor di pelindung badan, jika sensor juga aktif, maka serangan yang terdeteksi berupa tendangan dan nilai yang diberikan ditambahkan dua poin. Apabila atlet yang menendang melakukan tendangan berputar, nilai yang tercetak pada papan skor digital tetap bernilai dua, maka dari itu juri harus menambahkan dua poin lagi secara manual dari *smartphone* agar hasilnya menjadi valid. Jika pertandingan belum selesai maka proses akan kembali ke tahap inisiasi serangan, tetapi jika waktu habis maka proses selesai. Adapun prosesnya dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 3.** Flowchart Cara Kerja Sistem Penilaian Taekwondo Otomatis

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini berupa perangkat pelindung badan dan kaki olahraga taekwondo yang dapat mendeteksi serangan dan memberikan skor secara otomatis pada papan skor digital yang terdapat pada *smartphone* juri sesuai

dengan jenis serangan yang dilakukan. Bagian pelindung badan pada alat yang dibuat dihubungkan dengan Arduino Mega dan tiga sensor tekanan film fleksibel yang diletakkan pada bagian depan, samping kanan dan kiri. Sedangkan pada pelindung kaki dihubungkan dengan Arduino Uno dan satu sensor tekanan film fleksibel. Untuk melihat alat yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 4.** Tampilan Pelindung Badan

Pelindung badan yang digunakan terdiri dari tiga lapisan, yaitu lapisan kulit sintetis, lapisan busa dan lapisan *sponge*. Sensor yang dipasang pada pelindung badan diletakkan diantara lapisan busa dan *sponge*. Pelindung kaki yang digunakan terdiri dari tiga lapisan, yaitu kulit sintetis, busa dan lapisan kain. Sensor pada pelindung kaki diletakkan pada lapisan kain. Tampilan rangkaian pelindung kaki dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 5.** Tampilan Pelindung Kaki

### 3.1 Implementasi Sensor

Kalibrasi ulang pada sensor tekanan dilakukan sebelum melakukan pengujian. Kalibrasi dilakukan dengan melihat data nilai analog. Nilai analog pada sensor sebelum dipasang pada pelindung badan dan kaki adalah 0, setelah sensor dipasang pada pelindung badan ataupun kaki, maka nilai awal sensor sebelum mendapat tekanan dari pukulan atau serangan menjadi berbeda-beda, nilai ini akan menjadi nilai rujukan untuk melakukan kalibrasi ulang. Data nilai analog pada sensor tekanan film fleksibel setelah dipasang pada pelindung badan dan kaki dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 1.** Data Nilai Analog Sensor

Letak Sensor	Nilai Awal	Nilai Kalibrasi Baru
Depan Badan	<100	100
Kanan Badan	<200	200
Kiri Badan	<200	200

Letak Sensor	Nilai Awal	Nilai Kalibrasi Baru
Kaki	<100	100

### 3.2 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan memberikan pukulan dan tendangan secara langsung pada bagian pelindung badan. Poin yang akan dihasilkan bernilai satu jika pukulan mengenai pelindung badan. Serangan pada bagian pelindung badan dapat dilakukan pada sisi depan, kanan ataupun pada sisi kiri. Pengujian pukulan dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 6.** Pengujian Pukulan Pada Pelindung Badan

Setelah pukulan berhasil mengenai pelindung badan, maka sensor akan teraktivasi dan Arduino Mega akan mendeteksi apakah serangan berasal dari pukulan ataupun tendangan. Hasil deteksi serangan akan dikirimkan ke layar *smartphone* berupa poin 1, karena serangan berasal dari pukulan. Tampilan pada *smartphone* dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 7.** Tampilan Papan Skor Setelah Pukulan

Pengujian serangan melalui tendangan dengan pelindung kaki dapat dilakukan ke arah pelindung badan. Poin yang diterima akan ditambah secara otomatis sebanyak dua poin, karena serangan berasal dari tendangan. Pengujian tendangan dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 8.** Pengujian Tendangan Pada Pelindung Badan

Hasil pada papan skor digital menjadi tiga poin, berasal dari poin satu pukulan dan satu tendangan ke arah pelindung badan. Perubahan skor dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 9.** Tampilan Papan Skor Setelah Tendangan

Untuk tendangan memutar poin dihitung secara semi otomatis, dimana tendangan dihitung secara otomatis terlebih dahulu dengan nilai dua, lalu ditambahkan dua poin lagi secara manual agar menjadi empat poin. Sehingga poin tim merah sekarang berjumlah tujuh.



**Gambar 10.** Tampilan Papan Skor Setelah Tendangan Memutar

Pada aplikasi terdapat beberapa tombol, seperti tombol “+” yang digunakan untuk menambahkan poin sebanyak 1 poin secara manual, tombol “-” untuk mengurangi poin sebanyak 1 poin, tombol “>>” untuk mengubah ke ronde selanjutnya. Pada aplikasi juga terdapat *countdown* sebagai indikator waktu pertandingan. Hasil pengujian serangan secara berulang pada pelindung badan dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Pengujian Serangan Pada Pelindung Tendangan

Jenis Serangan	Poin Awal	Poin Pertama	Poin Kedua	Poin Ketiga	Poin Keempat
Pukulan	0	1	2	3	4
Tendangan Lurus	0	2	4	6	8
Tendangan Berputar	0	4	8	12	16

Hasil pengujian tendangan dan pukulan secara berulang sebanyak empat kali pengujian dengan jenis serangan yang berbeda menghasilkan nilai yang sesuai dengan peraturan pertandingan taekwondo jenis *kyorugi* pada ajang olimpiade. Pukulan langsung ke pelindung badan menghasilkan satu poin tiap serangan, pada tendangan lurus akan menghasilkan 2 poin tiap serangan, sedangkan tendangan berputar menghasilkan empat poin pada tiap serangan. Pengujian jarak komunikasi *bluetooth* antara perangkat pelindung badan dengan *smartphone* dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 3.** Pengujian Jarak Komunikasi Perangkat Pelindung Taekwondo

Jarak (Meter)	Hasil
1	Terhubung
2	Terhubung
3	Terhubung
4	Terhubung
5	Terhubung
6	Terhubung
7	Terhubung
8	Terhubung
9	Terhubung
10	Terhubung
11	Tidak Terhubung

Pengujian jarak komunikasi *bluetooth* dilakukan hingga jarak 11 meter dengan ketentuan pengujian tanpa ada halangan diantara *smartphone* dengan perangkat pelindung badan. Pada hasil pengujian didapatkan bahwa perangkat dapat saling terhubung dan melakukan komunikasi hingga jarak maksimal 10 meter.

#### 4. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian, didapatkan kesimpulan bahwa sistem yang dibangun dapat menilai tendangan dan pukulan secara otomatis dengan jumlah poin yang sesuai dengan jenis serangan yang dilakukan. Poin yang dihasilkan dari pukulan ke pelindung badan bernilai satu poin, pada tendangan lurus bernilai dua poin dan tendangan berputar bernilai empat poin dengan ketentuan dua poin dari hasil penilaian otomatis dan dua poin selanjutnya ditambahkan dari hasil *input* manual. Jarak komunikasi maksimal antara perangkat *smartphone* dengan pelindung badan adalah 10 meter, tanpa ada penghalang di antara perangkat tersebut. Aplikasi yang dibuat dapat menjadi papan skor digital yang dapat menampilkan poin sesuai dengan *input* yang diberikan. kontrol manual pada *smartphone* dapat berjalan dengan baik. Sensitivitas pembacaan pada sensor sangat dipengaruhi oleh kalibrasi dan nilai awal yang diberikan pada sensor. Pengembangan yang dapat dilakukan adalah penilaian pada tendangan berputar dapat dilakukan sepenuhnya secara otomatis.

#### REFERENCES

[1] A. Singh, A. Sathe, and J. Sandhu, “Effect of a 6-week agility training program on performance indices of Indian



- taekwondo players,” *Saudi J. Sport. Med.*, vol. 17, no. 3, p. 139, 2017, doi: 10.4103/sjssm.sjssm\_19\_17.
- [2] K. Darmayasa, I. Agung, and P. Rahardjo, “Rancang Bangun Scoring Board Menggunakan Joystick Berbasis Arduino yang Digunakan Pada Latih Tanding Taekwondo,” *J. Spektrum*, vol. 5, no. 2, pp. 278–284, 2018.
- [3] Worldtaekwondo, “PSS Donation Ceremony Takes Place at Olympic Museum,” 2017. <https://olympics.com/en/featured-news/know-your-sport-taekwondo-rules-scoring-equipment> (accessed Jun. 05, 2022).
- [4] D. U. Soraya and B. Jabar, “Pengembangan Kyorugi Scoring Display System Dengan Arduino Uno Dan Borland Delphi 7,” *Genta Mulia J. Ilm. ...*, vol. VIII, no. 1, 2018, [Online]. Available: <https://www.ejournal.stkipbbm.ac.id/index.php/gm/article/view/127%0Ahttps://www.ejournal.stkipbbm.ac.id/index.php/gm/article/download/127/116>.
- [5] E. Zou, C. Nord, J. Lim, and P. Tran, “Security Analysis of Taekwondo Sparring Gear,” pp. 1–13, 2019.
- [6] E. Watta, “Know your sport: Taekwondo rules, scoring and equipment.” <https://olympics.com/en/featured-news/know-your-sport-taekwondo-rules-scoring-equipment> (accessed Jun. 05, 2022).
- [7] R. M. I. Hidayat, “Rancangan Bangun Sistem Penilaian Elektronik Pada Pertandingan Taekwondo,” *jurnal SAINTIKS FTIK UNIKOM*. p. 71, 2015.
- [8] H. WINTOLO, H. AGUSTIAN, and R. ANDRIYANTO, “Penerapan Sistem Terdistribusi Berbasis Android pada Aplikasi Penjurian Pertandingan Taekwondo,” *J. Process.*, vol. 14, no. 1, pp. 14–23, 2019, [Online]. Available: <http://ejournal.stikom-db.ac.id/index.php/processor/article/view/570>.
- [9] U. Lunnisa, H. Pathoni, and Y. R. Hais, “Perancangan Alat Pengukur Kecepatan dan Kekuatan Tendangan Serta Pukulan pada Beladiri dengan Sensor Force Sensing Resistor (FSR) Dan Nodemcu ESP32,” *J. Electr. Power Control Autom.*, vol. 5, no. 1, p. 11, 2022, doi: 10.33087/jepca.v5i1.69.
- [10] K. Jeong, A. M. Tan, Y. Weizman, and F. K. Fuss, “Smart Headgear for Assessment of Auditory Response Reaction Time of Professional and Amateur Kendokas,” p. 93, 2020, doi: 10.3390/proceedings2020049093.
- [11] Kadir, *Simulasi Arduino*. Yogyakarta: ANDI, 2016.
- [12] N. D. Setiawan, “Otomasi Pencampur Nutrisi Hidroponik Sistem NTF (Nutrient Film Technique) Berbasis Arduino Mega 2560,” *J. Tek. Inform. Unika St. Thomas*, vol. 03, no. 2, pp. 78–82, 2018.
- [13] U. Latifa and J. S. Saputro, “PERANCANGAN ROBOT ARM GRIPPER BERBASIS ARDUINO UNO,” vol. 3, no. 2, pp. 138–141, 2018.
- [14] N. T. Wirawan, “Pemanfaatan Smartphone pada Robot Beroda untuk Monitoring Jarak Robot dengan Halangan Menggunakan Bluetooth Hc-05 Sebagai Media Komunikasi,” *J. KomtekInfo*, vol. 5, no. 1, pp. 110–121, 2018, doi: 10.35134/komtekinfo.v5i1.16.
- [15] M. B. Hendrawan and D. . Pratomo, “Rancang Bangun Sakelar Bluetooth Arduino Via Smartphone Pada Sepeda Motor Honda Rev0,” *STEAM Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 38–43, 2020.
- [16] K. S. Salamah, T. M. Kadarina, and Z. Iklima, “Pengenalan Mit Inventor Untuk Siswa/I Di Wilayah Kembangan Utara,” *J. Abdi Masy.*, vol. 5, no. 2, p. 5, 2020, doi: 10.22441/jam.2020.v5.i2.002.
- [17] R. P. Pratama, “APLIKASI WEBSEARVER ESP8266 UNTUK PENGENDALI PERALATAN LISTRIK,” *INVOTEK J. Inov. Vokasional dan Teknol.*, vol. 17, no. 2, pp. 39–44, 2017, doi: 10.24036/invotek.v17i2.87.