

Perancangan Alat Klasifikasi Tingkat Keahlian Pemain Badminton dengan Metode Hjorth Parameters, Feature Selection dan Decision Tree

Designing Tools for Classifying the Skill Level of Badminton Players using the Hjorth Parameters, Feature Selection and Decision Tree Methods

Muhammad Fahmi Nur Fajri¹, Fazmah Arif Yulianto², Aji Gautama Putrada³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

¹fahminurfajri@students.telkomuniversity.ac.id, ²fazmaharif@telkomuniversity.ac.id,

³ajigps@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Olahraga badminton merupakan salah satu olahraga yang sangat populer di Indonesia. Banyaknya atlet berprestasi dari Indonesia membuat tidak sedikit juga penggemar olahraga badminton ingin belajar teknik dalam olahraga badminton. Kurang luasnya informasi terkait pelatihan badminton membuat beberapa penggemar badminton tidak mengetahui cara untuk mengikuti pelatihan. Selain faktor penggemar olahraga badminton, faktor pelatihan juga penting dalam pengembangan skill dalam olahraga badminton. Oleh karena itu, diperlukan alat untuk membantu proses pelatihan dan pengembangan dalam olahraga badminton. Alat tersebut menggunakan teknologi berupa mikrokontroler NodeMCU yang digabungkan dengan modul MPU-6050 sebagai sensor *gyroscope* untuk merekam gerakan dari teknik – teknik olahraga badminton yang dilakukan pemain. Perangkat tersebut akan diletakkan pada raket pemain untuk merekam pergerakan raket. Gerakan yang direkam oleh sensor *gyroscope* kemudian akan diklasifikasi menjadi dua tingkat keahlian yaitu tingkatan ahli dan tingkatan pemula, klasifikasi dilakukan untuk mengetahui tingkatan pemain badminton dan membantu pemain badminton untuk berlatih. Klasifikasi tersebut dilakukan menggunakan metode decision tree dan menghasilkan akurasi 81.25%

Kata kunci : Badminton, Skill Badminton, Klasifikasi, Decision tree, gyroscope

Abstract

Badminton is a popular in Indonesia. The number of outstanding athletes from Indonesia makes not a few badminton fans want to learn badminton techniques. The lack of information related to badminton training makes some badminton fans not know how to take part in the training. Besides the badminton fans, training factors are also important in developing skills in badminton. Therefore, tools are needed to help the training and development process in badminton. The tool uses technology of a NodeMCU microcontroller which is combined with the MPU-6050 module as a gyroscope sensor to record the movements of badminton techniques performed by players. The device will be placed on the player's racket to record the racket's movements. The movements recorded by the gyroscope sensor will then be classified into two skill levels, the expert skill and the beginner skill, the classification is done to determine the skill level of badminton players and help badminton players to practice. The classification is done using the decision tree method and got 81.25% accuracy

Keywords: Badminton, Badminton Skills, Classification, Decision tree, gyroscope

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Badminton merupakan olahraga yang sangat populer di Indonesia, prestasi yang diraih pada olahraga para pemain badminton Indonesia juga sangat beragam. Prestasi terbaru yang diraih dari para pemain badminton Indonesia ialah juara 1 pagerlaran All England Open pada 15 Maret 2020 oleh ganda campuran Indonesia yaitu Praveen Jordan dan Melati Daeva Oktaviati [1] serta juara 2 yang diraih oleh ganda putra Kevin Sanjaya Sukamuljo dan Marcus Fernaldi Gideon [2]. Prestasi – prestasi yang diraih oleh pemain badminton professional Indonesia, membuat tidak sedikit juga anak di Indonesia yang sudah mulai latihan badminton sejak usia dini yaitu 8 tahun agar bisa menggapai cita – citanya yaitu menjadi pemain badminton professional [3]. Faktor – faktor tersebut merupakan alasan mengapa olahraga badminton merupakan salah satu olahraga yang begitu diminati oleh orang di Indonesia.

Teknologi yang telah berkembang dengan pesat juga bisa membantu para pemula untuk berlatih teknik pada olahraga badminton tanpa harus mengikuti pelatihan badminton sekalipun. Salah satu pemanfaatan teknologi untuk membantu para pemula yaitu menganalisis perbedaan gerakan antara para ahli dengan pemula [4]. Untuk

menganalisis perbedaan gerakan tersebut maka sensor gyroscope dan accelerometer digunakan untuk merekam gerakan yang dilakukan oleh para ahli dan pemula.

Penggunaan sensor untuk membaca gerakan bekerja lebih baik daripada pelacakan menggunakan video [5]. Sensitivitas sensor pembaca gerakan juga lebih tinggi daripada metode pelacakan video karena sensitivitas dengan metode video bergantung pada jumlah piksel yang ada pada rekaman video [5]. Penggunaan sensor pembaca gerakan seperti sensor gyroscope dan accelerometer dipilih dibandingkan dengan sensor lainnya karena memberikan hasil yang lebih akurat. Sensor tersebut dipasang pada NodeMCU yang kemudian diletakkan pada raket pemain untuk membaca pergerakan yang dilakukan oleh pemain. Gerakan yang direkam adalah gerakan dasar pada badminton yaitu *Service*, *Smash* dan *Netting*. Setelah gerakan direkam, gerakan antara ahli dan pemula dibandingkan dan dilakukan klasifikasi berdasarkan keahlian yang dimiliki pemain.

Topik dan Batasannya

Pada tugas akhir ini berikut adalah daftar perangkat yang digunakan, terdiri dari :

1. Modul sensor *MPU6050*.
2. *Node MCU*.
3. Raket Badminton.
4. *Node red*.
5. *Laptop*
6. *Mosquitto*.
7. *Powerbank*

Batasan lingkup pada tugas akhir ini adalah:

1. Metode klasifikasi yang digunakan adalah *Decision tree*.
2. Modul sensor *MPU6050* digunakan untuk merekam perubahan kecepatan
3. *NodeMCU* digunakan sebagai mikrokontroler sekaligus untuk mentransmisikan data ke server *node-red*
4. Server *node-red* digunakan untuk menerima data berupa perubahan kecepatan dan percepatan serta menyimpannya dalam bentuk file *txt*.
5. Alat diletakkan di raket badminton .

Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah untuk membangun sistem yang bisa mengklasifikasi tingkat keahlian pemain badminton berdasarkan gerakan dasar pada olahraga badminton yaitu *netting*, *smash* dan *service* dengan metode *horth parameters*, *feature selection* dan metode klasifikasi *decision tree*

Organisasi Tulisan

Penulisan jurnal ini disusun dengan bab pertama yang menjelaskan latar belakang, topik dan batasan dan tujuan. Kemudian bab kedua menjelaskan studi terkait seputar tugas akhir yang dilakukan. Bab ketiga menjelaskan perihal sistem yang dibangun untuk tugas akhir ini. Bab keempat menjelaskan evaluasi hasil tugas akhir. Bab kelima menjelaskan kesimpulan dari tugas akhir ini.

2. Studi Terkait

Berdasarkan penelitian yang berjudul "Evaluation of Real-Time Motion Tracking Accuracy of Customised IMU Sensor for Application in a Mobile Badminton Virtual Reality Training System", peneliti membandingkan dua metode untuk melakukan perekaman gerakan dalam olahraga badminton. Metode yang dibandingkan adalah perekaman gerakan dengan sensor Inertial Measurement Unit (IMU) dan perekaman gerakan dengan Microsoft Kinect. Hasil yang diperoleh dari penggunaan sensor IMU menunjukkan akurasi yang lebih baik dan latency yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan Microsoft Kinect. [5]

Berdasarkan penelitian yang berjudul "Analysis of Movement Effectiveness in Badminton Strokes with Accelerometers", peneliti menggunakan sensor IMU yang diletakkan pada raket untuk mendapatkan perubahan akselerasi pada sumbu x, sumbu y dan sumbu z. Peneliti membandingkan perubahan akselerasi dari teknik clear pada badminton yang dilakukan oleh beberapa pemain badminton dengan tingkatan yang berbeda. Hasil mean dari perubahan akselerasi yang dilakukan oleh pemain menunjukkan perbedaan antara pemain dari tingkatan yang rendah dengan pemain dari tingkatan yang lebih tinggi. [6]

Berdasarkan penelitian yang berjudul "Activity Recognition of a Badminton Game Through Accelerometer and Gyroscope", peneliti menggunakan sensor gyroscope dan accelerometer untuk mendapatkan 6 buah data yaitu 3 data titik gyroscope (titik x, y dan z) dan 3 data akselerasi (titik x, y dan z). Data – data tersebut di ekstraksi menjadi 8 fitur per data, jadi terdapat 48 nilai yang kemudian diklasifikasi dengan dua metode yaitu metode K-Nearest Neighbors dan Support Vector Machines untuk mengklasifikasi gerakan menjadi 3 kelas yaitu Smash, Serve dan Backhand. Nilai akurasi antara metode K-Nearest Neighbors dan Support Vector Machines menunjukkan hasil yang berbeda dimana metode Support Vector Machines memberikan nilai akurasi yang lebih tinggi.[7]

Berdasarkan jurnal penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dalam tugas akhir ini akan dirancang sebuah sistem yang dapat mengklasifikasikan seorang pemain badminton berdasarkan tingkatan keahliannya menggunakan metode decision tree. Tugas akhir ini juga menggunakan metode *hjorth parameters* untuk mengekstraksi data gerakan yang diambil menggunakan sensor *gyroscope* dan *accelerometer* yang kemudian hasil ekstraksi tersebut digunakan untuk melakukan klasifikasi dengan metode *decision tree* yang akan menghasilkan 2 tingkat keahlian yaitu tingkatan ahli dan pemula

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Hjorth Parameters

Hjorth Parameters adalah metode ekstraksi fitur yang dapat menunjukkan properti statistik dari sebuah sinyal. *Hjorth Parameters* terdiri atas 3 macam parameter berdomain waktu yaitu: Aktivitas, Mobilitas dan Kompleksitas. Parameter aktivitas merupakan varian dari fungsi waktu yang dapat menunjukkan permukaan spectrum. Parameter mobilitas didefinisikan sebagai akar kuadrat dari rasio varians dari turunan pertama dari sinyal, dan sinyal parameter ini memiliki proporsi standar deviasi spektrum daya. Parameter kompleksitas menunjukkan bagaimana bentuk sinyal mirip dengan gelombang sinus murni. Nilai Kompleksitas konvergen ke 1 ketika bentuk sinyal menjadi lebih mirip dengan gelombang sinus murni. Persamaan (1, 2, 3) adalah persamaan dari *Hjorth Parameters*. [8]

$$Activity = var(y(t)) \quad (1)$$

$$Mobility = \sqrt{\frac{var(y'(t))}{var(y(t))}} \quad (2)$$

$$Complexity = \frac{mobility(y'(t))}{mobility(y(t))} \quad (3)$$

Dalam permasalahan ini, $y(t)$ pada persamaan (1) adalah hasil dari perekaman gerakan badminton yang didapatkan dari sensor *gyroscope*. *Activity* dapat dikaitkan dengan amplitudo dari sebuah gelombang yang berarti melambangkan besarnya nilai suatu gerakan. *Mobility* dapat dikaitkan dengan frekuensi yang berarti melambangkan banyaknya gerakan yang terjadi. *Complexity* dapat dikaitkan dengan perubahan frekuensi yang artinya perubahan banyaknya gerakan.

2.1.2 Feature Selection

Feature selection atau seleksi fitur adalah teknik memilih fitur-fitur dalam data yang berkontribusi paling besar ke variabel target. Dengan kata lain memilih prediktor terbaik untuk variabel target. Keuntungan menggunakan *feature selection* adalah bisa meminimalisasi *overfitting* yang mengakibatkan model tidak bisa memprediksi dengan benar. Memperbaiki akurasi model dan mengurangi waktu model mempelajari *data training* [11]. Metode perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai fitur pada algoritma *feature selection* ini adalah metode *chi squared* yang ada pada persamaan (4)

$$\chi^2 c = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (4)$$

Di mana O_i adalah observasi pada kelas i dan E_i adalah observasi yang diharapkan pada kelas i apabila tidak ada hubungan antara fitur dengan target [13].

2.1.3 Decision Tree

Decision Tree adalah salah satu metode untuk membangun sistem klasifikasi berdasarkan beberapa kovariat atau untuk mengembangkan algoritma prediksi target. Metode ini mengklasifikasikan populasi menjadi segmen seperti cabang yang membangun pohon terbalik dengan simpul akar (root node), simpul internal (internal nodes), dan simpul daun (leaf nodes). Algoritma ini adalah algoritma non-parametrik dimana dapat secara efisien menangani dataset yang besar dan rumit tanpa memaksakan struktur parametrik yang rumit. Ketika ukuran sampel cukup besar, data studi dapat dibagi menjadi set data pelatihan dan validasi. Menggunakan dataset pelatihan untuk membangun model pohon keputusan dan dataset validasi untuk memutuskan ukuran pohon yang sesuai yang diperlukan untuk mencapai model akhir yang optimal [9]. Metode perhitungan yang digunakan untuk melakukan *splitting* pada algoritma *decision tree* ini adalah metode perhitungan dengan gini index yang ada pada persamaan (5).

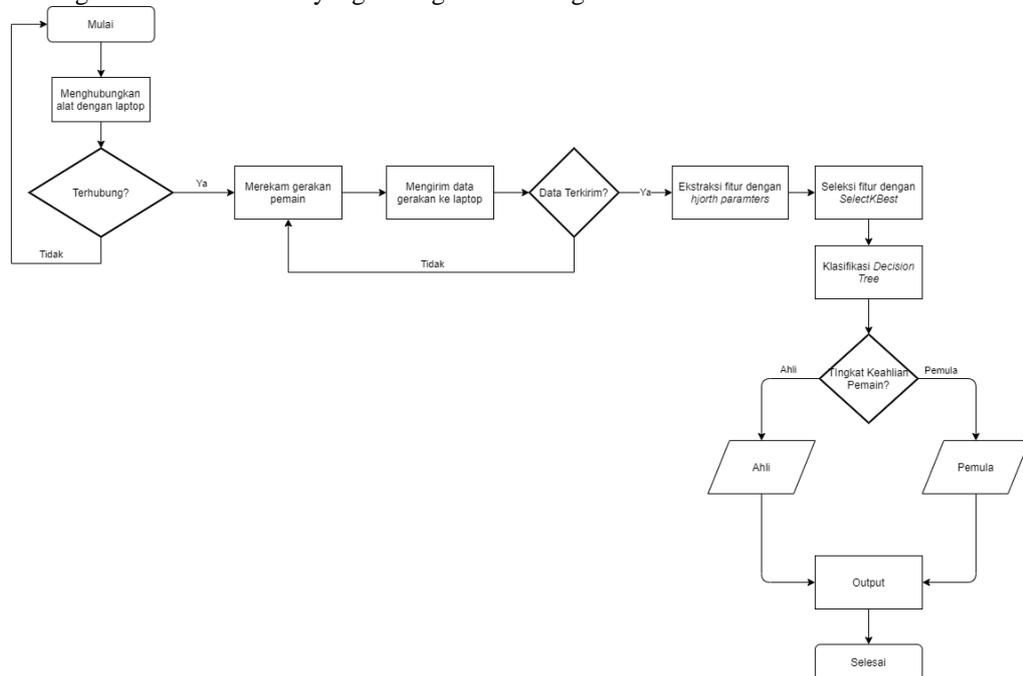
$$Gini(D) = 1 - \sum_{i=1}^m p_i^2 \quad (5)$$

Di mana, p_i adalah probabilitas bahwa sebuah tuple dalam D milik kelas C_i . [12]

3. Sistem yang Dibangun

3.1 Alur Sistem

Sistem yang dibangun dalam tugas akhir ini adalah sistem klasifikasi gerakan pada olahraga badminton untuk mengelompokkan pemain badminton apakah ia seorang pemula atau ahli. Gambar 1 menjelaskan gambar umum sistem yang dibangun dalam tugas akhir ini.

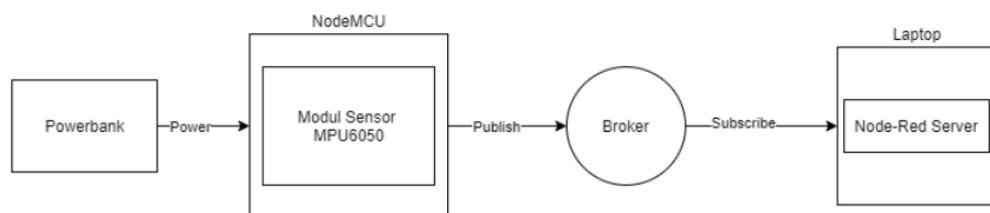


Gambar 1. Diagram Alur Sistem

Gambar 1 menjelaskan bahwa alat harus dihubungkan dengan laptop dengan wifi agar data bisa diambil dan disimpan. Pemain menggerakkan raket untuk melakukan gerakan *netting*, *service* dan *smash* untuk kemudian disimpan. Data yang telah diambil kemudian di ekstraksi menjadi 9 fitur dengan *Hjorth Parameters* lalu dilakukan klasifikasi *decision tree* untuk mengetahui keahlian pemain apakah ahli atau pemula

3.2 Rangkaian Alat

Gambar 2 menjelaskan gambaran umum rangkaian alat yang ada pada sistem. Sistem menggunakan NodeMCU sebagai mikrokontrolernya. Modul sensor MPU6050 digunakan untuk merekam gerakan pemain badminton. Data kemudian dikirimkan dengan protokol MQTT ke server node-red untuk disimpan dan kemudian diolah.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

3.3 Spesifikasi Sistem

Spesifikasi sistem yang dibangun pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Perangkat Keras

1. NodeMCU (ESP8266) sebagai mikrokontroler.
2. MPU-6050 sebagai sensor accelerometer dan gyroscope untuk merekam gerakan.
3. Raket Badminton
4. Powerbank sebagai sumber daya untuk mikrokontroler.

3.3.2 Perangkat Lunak

1. Arduino IDE untuk memprogram NodeMCU.
2. Node-red untuk menerima data perekaman gerakan.
3. Jupyter Notebook untuk melakukan komputasi hasil perekaman.

3.4 Skenario Sistem

Dalam tugas akhir ini terdapat 3 skenario pengujian yaitu : Pengambilan data, ekstraksi fitur dengan metode *hjorth paramters* dan klasifikasi dengan metode *decision tree*.

3.4.1 Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan dengan prototipe yang telah dibuat sebelumnya. Data yang diambil merupakan data gerakan yang didapatkan dari modul sensor *accelereometer* dan *gyroscope* MPU-6050. Data yang didapatkan dari sensor tersebut kemudian dikirimkan ke server dengan *WiFi* yang ada pada NodeMCU menggunakan protokol MQTT agar data yang didapatkan bisa langsung disimpan.

3.4.2 Ekstraksi fitur dengan metode Hjorth Parameters

Data gerakan dari sensor *gyroscope* kemudian diekstraksi menggunakan metode *hjorth parameters* untuk mendapatkan total dari 9 fitur yaitu *activity*, *mobility* dan *complexity* dari masing – masing sumbu pada sensor *gyroscope* menggunakan *python 3.7.3*

3.4.3 Pemilihan fitur dengan metode SelectKBest

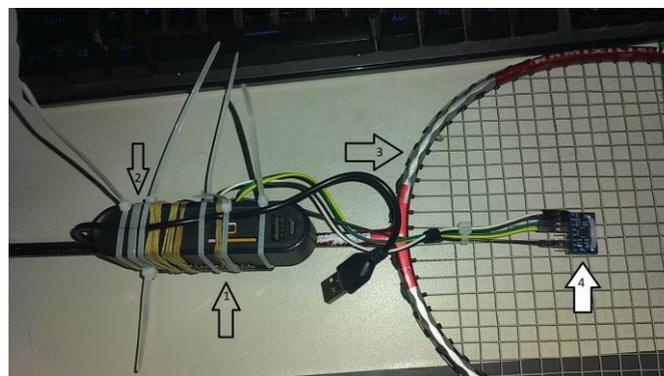
Data *hjorth parameters* yang telah didapatkan kemudian digunakan terlebih dahulu untuk pemilihan fitur terbaik. Setelah mendapatkan fitur terbaik, maka fitur bisa digunakan untuk klasifikasi. Proses ini dilakukan menggunakan *python 3.7.3*.

3.4.4 Klasifikasi dengan metode Decision tree

Data *hjorth parameters* yang telah didapatkan kemudian diklasifikasi menggunakan metode *decision tree* untuk menentukan tingkat keahlian pemain ahli atau pemula menggunakan *python 3.7.3*.

3.5 Prototipe Alat

Keterangan pada gambar 3 adalah sebagai berikut; (1) NodeMCU; (2) Powerbank; (3) Raket Badminton; (4) Modul Sensor MPU6050



Gambar 3. Desain Alat

4. Evaluasi

4.1 Pemisahan dataset

Tabel 1. Tabel Dataset

	Service	Smash	Netting	Keterangan
Jumlah total: 2 Orang	Masing masing orang melakukan 20 sample gerakan sevice = 40 sample data	Masing masing orang melakukan 20 sample gerakan smash = 40 sample data	Masing masing orang melakukan 20 sample gerakan netting = 40 sample data	Sample data dipisahkan 16 sample masing-masing gerakan untuk menjadi data testing

Ahli :1 Orang	Mendapatkan 20 sample data service ahli	Mendapatkan 20 sample data smash ahli	Mendapatkan 20 sample data netting ahli	Masing – masing sample data gerakan dipisahkan 8 data untuk menjadi data testing ahli
Pemula: 1 Orang	Mendapatkan 20 sample data service pemula	Mendapatkan 20 sample data smash pemula	Mendapatkan 20 sample data netting pemula	Masing – masing sample data gerakan dipisahkan 8 data untuk menjadi data testing ahli

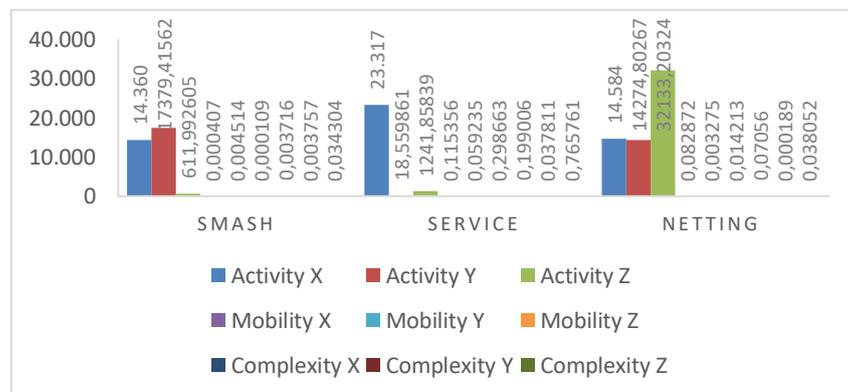
Pada tabel 1 batasan orang yang ahli adalah yang bermain badminton lebih dari atau sama dengan 5 kali dalam sebulan sedangkan yang pemula adalah yang bermain badminton kurang dari 3 kali dalam sebulan.

4.2 Hasil pengujian *hjorth parameters*

Data hasil perekaman gerakan badminton yang didapatkan dari sensor *gyroscope* kemudian di ekstraksi menggunakan metode *hjorth parameters* untuk mendapatkan fitur berupa *activity*, *mobility* dan *complexity*. Fitur *hjorth parameters* didapatkan dari 3 sumbu pada sensor *gyroscope* yaitu sumbu x, y dan z sehingga menghasilkan total 9 fitur baru.

4.3 Hasil pengujian *feature selection*

Sebelum melakukan klasifikasi perlu dilakukan seleksi fitur untuk dapat memilih fitur terbaik agar proses klasifikasi menghasilkan akurasi yang optimal. Metode seleksi fitur yang digunakan adalah metode *K-Best*. Fitur – fitur *hjorth parameters* dari gerakan *smash*, *service* dan *netting* diolah terlebih dahulu dengan metode *K-Best* untuk menemukan fitur terbaik. Gambar 4 merupakan hasil dari seleksi fitur yang telah dilakukan terhadap fitur *hjorth parameters*.



Gambar 4. Hasil Pengujian Feature Selection

4.4 Hasil pengujian Metode

Hasil pengujian klasifikasi *decision tree* dengan *data training* menghasilkan sebuah model yang digunakan untuk mengklasifikasi tingkat keahlian pemain badminton berdasarkan ahli atau pemula. Tabel 2 adalah hasil pengujian model *decision tree* terhadap *data testing*.

Tabel 2. Hasil pengujian model *decision tree* terhadap *data testing*.

(a) *Smash*

<i>Smash</i>	<i>Pred Pemula</i>	<i>Pred Ahli</i>	<i>Class Recall</i>
<i>True. Pemula</i>	6	2	75%
<i>True Ahli</i>	1	7	88%
<i>Class Precision</i>	86%	78%	

(b) *Service*

Service	Pred Pemula	Pred Ahli	Class Recall
True. Pemula	7	1	88%
True Ahli	1	7	88%
Class Precision	88%	88%	

(c) Netting

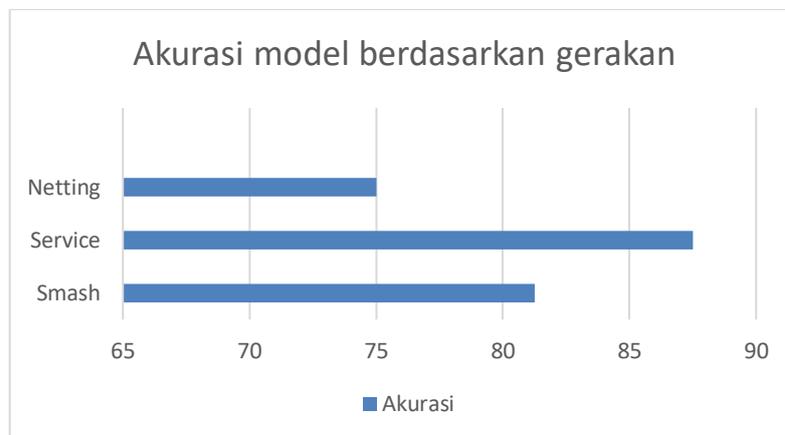
Netting	Pred Pemula	Pred Ahli	Class Recall
True. Pemula	7	1	88%
True Ahli	3	5	62%
Class Precision	70%	83%	

Berdasarkan hasil klasifikasi pada tabel 2 maka diketahui nilai *precision* dan *recall* dari masing masing model terhadap *data testing*. Nilai *precision* adalah rasio prediksi benar positif dibandingkan dengan keseluruhan hasil yang diprediksi positif, sedangkan *recall* adalah rasio prediksi benar positif dibandingkan dengan keseluruhan data yang benar positif.[10]

Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan 16 data *data testing* dari masing – masing gerakan. Model yang digunakan juga ada 3 model berdasarkan gerakan badminton yaitu model untuk gerakan *smash*, model untuk gerakan *service* dan model untuk gerakan *netting*.

Model *decision tree* untuk gerakan *smash* yang menggunakan 9 fitur menghasilkan 7 prediksi tingkatan pemula dimana terdapat 6 prediksi benar dan 1 prediksi salah, sedangkan tingkatan ahli mendapatkan 9 prediksi dimana 7 prediksi benar dan 2 prediksi salah. Model untuk gerakan *service* yang menggunakan 7 fitur menghasilkan 8 prediksi tingkatan pemula dengan 7 prediksi benar dan 1 prediksi salah, sedangkan tingkatan ahli menghasilkan 8 prediksi juga dimana terdapat 7 prediksi benar dan 1 prediksi salah. Model untuk gerakan *netting* yang menggunakan 9 fitur dapat memprediksi 10 tingkatan pemula dimana 7 prediksi benar dan 3 prediksi salah, untuk tingkatan ahli menghasilkan 6 prediksi dengan 5 prediksi benar dan 1 prediksi salah

Masing – masing model mempunyai akurasi masing – masing. Gambar 5 menampilkan akurasi terbaik dari 10 kali eksekusi program.



Gambar 5. Akurasi model berdasarkan gerakan

Gambar 5 menunjukkan akurasi dari masing – masing model berdasarkan gerakan pada badminton, sehingga akurasi rata – rata yang didapatkan adalah 81.25%

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari pengujian yang telah dilakukan adalah metode *hjorth parameters*, metode *feature selection* dan klasifikasi *decision tree* dapat dipadukan untuk dapat menganalisis gerakan pada olahraga badminton dengan akurasi rata – rata dari setiap gerakan adalah 81.25%. Data perlu disesuaikan untuk klasifikasi agar model *decision tree* tidak terjadi *overfitting* atau bahkan *underfitting* yang menyebabkan model tidak dapat mengklasifikasi dengan baik. Penting juga diketahui bahwa data gerakan tidak begitu seragam karena gerakan yang dilakukan bisa berbeda setiap kali dilakukan. Prototipe yang dibuat juga dapat diimplementasikan untuk mengambil data gerakan yang dibutuhkan.

Saran yang dapat disampaikan adalah perlunya dibuat sistem yang terintegrasi antara prototipe dan proses komputasi agar data gerakan yang dilakukan bisa langsung diklasifikasi. Prototipe juga perlu dirapikan agar pengguna tidak terganggu dan bisa melakukan gerakan dengan baik. Selain dari sisi prototipe, perlu diperhatikan juga dari sisi pengguna agar pengguna bisa melakukan gerakan dengan baik. Lingkungan untuk pengujian juga perlu diperhatikan agar data yang dihasilkan merupakan data yang baik dan lebih seragam lagi.

Daftar Pustaka

- [1] M, Nafielah (2020, 15 Maret). (All England Open 2020) Luar Biasa! Praveen/Melati Rebut Gelar Juara. Diakses 29 Juni 2020 dari <https://badmintonindonesia.org/app/information/newsDetail.aspx?/9061>
- [2] M, Nafielah (2020, 16 Maret). (All England Open 2020) Kevin/Marcus Finis Di Posisi Dua. Diakses 29 Juni 2020 dari <https://badmintonindonesia.org/app/information/newsDetail.aspx?/9062>
- [3] Saefullah, D (2019, 20 Oktober). Audisi Umum Beasiswa Bulu Tangkis Surabaya: Rela Tempuh Perjalanan Jauh Demi Cita-Cita. Diakses 21 oktober 2019 dari <https://www.liputan6.com/bola/read/4090864/audisi-umum-beasiswa-bulu-tangkis-surabaya-rela-tempuh-perjalanan-jauh-demi-cita-cita>
- [4] Tunjang, Idzar Andalan., Abdurohman, M., & Putrada, Aji Gautama (2019). Analisis Pergerakan Futsal Menggunakan gyroscope dan accelerometer dengan Metode decision tree
- [5] Zahari, T., Wong, Y., Abdullah, Muhammad Amirul., Jen, Yap Hwa & Yeo, Wee Kian (2018). EVALUATION OF REAL-TIME MOTION TRACKING ACCURACY OF CUSTOMISED IMU ENSOR FOR APPLICATION IN A MOBILE BADMINTON VIRTUAL REALITY TRAINING SYSTEM
- [6] Wang, Wen-Fong., Yang, Ching-Yu., & Wang, Deng-Yi (2016) Analysis of Movement Effectiveness in Badminton Strokes with Accelerometers
- [7] Anik, Md. Ariful Islam., Hassan, M., Mahmud, H., & Hasan, Md Kamrul (2016) Activity Recognition of a Badminton Game Through Accelerometer and Gyroscope
- [8] Oh, Seung-Hyeon., Lee, Yu-Ri., & Kim, Hyoung-Nam. (2014) A Novel EEG Feature Extraction Method Using Hjorth Parameter
- [9] Song, Yan-Yan., Lu, Y., (2015) Decision tree methods: applications for classification and prediction
- [10] Nugroho, Kuncahyo Setyo (2019, 13 November). Confusion Matrix untuk Evaluasi Model pada Supervised Learning. Diakses 24 Juli 2020 dari <https://medium.com/@ksnugroho/confusion-matrix-untuk-evaluasi-model-pada-unsupervised-machine-learning-bc4b1ae9ae3f>
- [11] Brownlee, J. (2016, 19 Desember). Feature Selection For Machine Learning in Python. Diakses 25 Juli 2020 dari <https://machinelearningmastery.com/feature-selection-machine-learning-python/>
- [12] Navlani, A. (2018, 29 Desember). Decision Tree Classification in Python. Diakses 2 Agustus 2020 dari <https://www.datacamp.com/community/tutorials/decision-tree-classification-python>
- [13] Albon, C. (2017, 20 Desember). Chi-Squared For Feature Selection. Diakses 2 Agustus 2020 dari https://chrisalbon.com/machine_learning/feature_selection/chi-squared_for_feature_selection/