

PENGEMBANGAN MODEL CTGAN-LSTM BERBASIS *SEQUENTIAL PATTERN MINING* (SPADE) DALAM PREDIKSI PUKULAN BULU TANGKIS

JEFITA RESTI SARI



**PROGRAM STUDI MAGISTER STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pengembangan Model CTGAN-LSTM Berbasis *Sequential Pattern Mining* (SPADE) dalam Prediksi Pukulan Bulu Tangkis” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli Tahun 2026

Jefita Resti Sari
M0501241031

RINGKASAN

JEFITA RESTI SARI. Pengembangan Model CTGAN-LSTM Berbasis *Sequential Pattern Mining* (SPADE) dalam Prediksi Pukulan Bulu Tangkis. Dibimbing oleh SACHNAZ DESTA OKTARINA dan ERFIANI.

Bulu tangkis merupakan olahraga dengan rangkaian pukulan yang berurutan dalam setiap *rally*. Urutan pukulan tersebut membentuk pola sekuensial yang dapat digunakan untuk memahami strategi permainan dan memprediksi pukulan berikutnya. Penelitian sebelumnya telah memanfaatkan metode *sequential pattern mining*, seperti *Sequential Pattern Discovery using Equivalence Classes* (SPADE), untuk menemukan pola urutan pukulan yang sering muncul. Pendekatan tersebut masih bersifat deskriptif karena hanya melihat pola yang sering terjadi tanpa membangun model prediksi. Data pola pukulan bulu tangkis memiliki distribusi Tipe pukulan yang tidak seimbang, sehingga model prediktif dapat lebih dominan mengenali Tipe pukulan mayoritas dan kurang optimal dalam mengenali Tipe pukulan minoritas.

Penelitian ini dimulai dengan mengekstraksi urutan pukulan bulu tangkis menjadi *rules pattern* menggunakan SPADE. Membangun *Conditional Tabular Generative Adversarial Network* (CTGAN) untuk menghasilkan data sintesis yang menyerupai pola asli sekaligus menyeimbangkan Tipe pukulan data. Mengembangkan model *Long-Short Term Memory* (LSTM) *many-to-one* untuk memprediksi pukulan berikutnya, serta bertujuan untuk membandingkan pengaruh pemodelan LSTM sebelum dan sesudah augmentasi CTGAN. Data penelitian diperoleh dari dua pertandingan bulu tangkis tunggal putra tingkat dunia, yaitu BWF Championships dan Toyota Thailand Open pada *video Youtube* resmi. Data pukulan dicatat berdasarkan urutan dalam rally, kemudian diproses menjadi data sekuensial.

Evaluasi dilakukan pada dua skema klasifikasi, yaitu skema 5 Tipe pukulan dan 10 Tipe pukulan. Skema 5 Tipe pukulan membedakan target berdasarkan jenis pukulan, yaitu *Drive*, *Dropshot*, *Lob*, *Netting*, dan *Smash*, sedangkan skema 10 Tipe pukulan membedakan target berdasarkan kombinasi jenis pukulan dan kode pemain yaitu Anders Antonsen dan Kunlavut Vitidsarn. Kinerja model dievaluasi menggunakan *accuracy*, *balanced accuracy*, dan *F1-score* berdasarkan 10 kali pengulangan. Uji *t* dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kinerja antara model LSTM sebelum dilakukan CTGAN dan setelah dilakukan augmentasi dengan CTGAN signifikan secara statistik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa CTGAN mampu menyeimbangkan distribusi data latih dan menghasilkan data sintesis pada skema 5 Tipe pukulan maupun 10 Tipe pukulan dengan nilai kelayakan TabSynDex pada kisaran 0.70-0.76 berdasarkan nilai tertinggi dengan pelatihan dari beberapa *epoch*. Nilai tersebut menunjukkan bahwa data sintesis cukup layak digunakan sebagai data tambahan dalam proses pelatihan model. Namun salah satu komponen nilai TabSynDex yaitu ML *Efficacy* masih memiliki nilai yang rendah dimana yang berarti bahwa data sintesis belum sepenuhnya baik digunakan pada *machine learning*. Hasil pemodelan dengan menggunakan *5-fold cross validation* pada data *train* dan dilakukan 10 kali perulangan dengan *seed* yang berbeda-beda menunjukkan bahwa CTGAN-LSTM secara umum memberikan kinerja lebih baik



dibandingkan LSTM saja, terutama pada skema 5 Tipe pukulan meski belum sepenuhnya baik pada data gabungan 2 *match*.

Performa terbaik diperoleh pada data Toyota Thailand Open skema 5 Tipe pukulan dengan nilai rata-rata *accuracy* sebesar 0.8962, rata-rata *balanced accuracy* sebesar 0.8180, dan rata-rata *F1-score* sebesar 0.8259. Pada skema 10 Tipe pukulan, peningkatan performa lebih terbatas karena target klasifikasi lebih kompleks, yaitu menggabungkan jenis pukulan dan kode pemain. Hasil uji-*t* menunjukkan bahwa peningkatan CTGAN-LSTM paling kuat terjadi pada Toyota Thailand Open skema 5 Tipe pukulan sehingga ketiga metrik evaluasi diartikan terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan dari kedua model. Sedangkan pada BWF Championships hanya metrik evaluasi *accuracy* saja yang tidak signifikan atau tidak terdapat perbedaan rata-rata dari kedua model sedangkan untuk *balanced accuracy* dan *f1-score* signifikan. Pada data gabungan dua pertandingan, peningkatan performa belum signifikan secara statistik atau tidak terdapat cukup bukti adanya perbedaan rata-rata dari kedua model. Dikarenakan karakteristik yang semakin beragam dan dua distribusi yang berbeda dari kedua model digabungkan sehingga cukup kompleks dalam pemodelan. Pengembangan model CTGAN-LSTM berbasis *sequential pattern mining* (SPADE) dapat digunakan sebagai pendekatan prediksi pukulan berikutnya pada data bulu tangkis, terutama untuk membantu menangani ketidakseimbangan Tipe pukulan, meskipun efektivitasnya tetap dipengaruhi oleh kompleksitas Tipe pukulan, karakteristik data, dan kualitas data sintetis yang dihasilkan.

Kata kunci: Bulu tangkis, CTGAN, LSTM, SPADE, Prediksi Pukulan

SUMMARY

JEFITA RESTI SARI. Development of a SPADE-Based CTGAN-LSTM Model for Badminton Stroke Prediction. Supervised by SACHNAZ DESTA OKTARINA, and ERFIANI.

Badminton is a sport characterized by a series of consecutive shots in each rally. These shot sequences form sequential patterns that can be used to understand game strategies and predict the next shot. Previous research has utilized sequential pattern mining methods, such as Sequential Pattern Discovery using Equivalence Classes (SPADE), to identify frequently occurring stroke sequence patterns. These approaches remain descriptive because they only examine frequently occurring patterns without building predictive models. Badminton stroke pattern data has an imbalanced class distribution, so predictive models may be more dominant in recognizing the majority class and less optimal in recognizing the minority class. Therefore, this study develops an integrated approach combining SPADE, Conditional Tabular Generative Adversarial Network (CTGAN), and Long Short-Term Memory (LSTM) to predict the next shot based on sequential patterns.

This study began by extracting badminton shot sequences into rule patterns using SPADE, building a CTGAN to generate synthetic data that resembles the original patterns while balancing the data classes, developing a many-to-one LSTM model to predict the next shot, and aiming to compare the impact of modeling LSTM before and after CTGAN augmentation. The research data was obtained from two world-class men's singles badminton matches the BWF Championships and the Toyota Thailand Open with youtube video BWF. Shot data was recorded based on the sequence within the rally and then processed into sequential data.

The evaluation was conducted on two classification schemes: a 5-class scheme and a 10-class scheme. The 5-class scheme distinguishes targets based on shot type namely, Drive, Dropshot, Lob, Netting, and Smash while the 10-class scheme distinguishes targets based on a combination of shot type and player code, specifically Anders Antonsen and Kunlavut Vitidsarn. Model performance was evaluated using accuracy, balanced accuracy, and F1-score based on ten repetitions. Additionally, t-test were performed to determine whether there was a statistically significant difference in performance between the LSTM model before CTGAN and after augmentation with CTGAN.

The results of the study show that CTGAN is capable of balancing the distribution of training data and generating synthetic data in both 5-class and 10-class schemes, with TabSynDex validity scores ranging from 0.70 to 0.76 based on the highest values obtained after several epochs of training. These values indicate that the synthetic data is sufficiently valid for use as supplementary data in the model training process. However, one component of the TabSynDex score ML Efficacy still has a low value, which means that the synthetic data is not yet fully suitable for use in machine learning. Modeling results using 5-fold cross-validation on the training data, performed 10 times with different seeds, show that CTGAN-LSTM generally performs better than LSTM alone, especially in the 5-class scheme, although it is not yet fully effective on the combined 2-match data.

The best performance was achieved on the Toyota Thailand Open dataset using the 5-class scheme, with an average accuracy of 0.8962, an average balanced



accuracy of 0.8180, and an average F1-score of 0.8259. In the 10-class scheme, the improvement in performance was more limited because the classification target was more complex, combining shot type and player code. The results of the t-test show that the strongest improvement from CTGAN-LSTM occurred in the 5-class Toyota Thailand Open dataset, indicating that there were significant differences in the mean values of all three evaluation metrics between the two models. In contrast, for the BWF Championships dataset, only the accuracy metric showed no significant difference meaning there was no significant difference in the mean values between the two models while balanced accuracy and F1-score showed significant differences. In the combined data from the two tournaments, the performance improvement was not yet statistically significant or there was insufficient evidence of a mean difference between the two models due to increasingly diverse characteristics and the combination of two different distributions from the models, making the modeling process quite complex. The development of the CTGAN-LSTM model based on sequential pattern mining (SPADE) can be used as an approach to predict the next shot in badminton data, particularly to help address class imbalance, although its effectiveness remains influenced by class complexity, data characteristics, and the quality of the generated synthetic data.

Keywords: Badminton, CTGAN, LSTM, SPADE, Stroke Prediction

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PENGEMBANGAN MODEL CTGAN-LSTM BERBASIS *SEQUENTIAL PATTERN MINING (SPADE)* DALAM PREDIKSI PUKULAN BULU TANGKIS

JEFITA RESTI SARI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Statistika dan Sains Data

**PROGRAM STUDI MAGISTER STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
Dr. Septian Rahardiantoro, S.Stat, M.Si



Judul Tesis : Pengembangan Model CTGAN-LSTM Berbasis *Sequential Pattern Mining* (SPADE) dalam Prediksi Pukulan Bulu Tangkis
Nama : Jefita Resti Sari
NIM : M0501241031

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Sachnaz Desta Oktarina, S.Stat., M.Agr., Ph.D

Pembimbing 2:

Dr. Ir. Erfiani, M.Si

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Agus Mohamad Soleh, M.T.

NIP 197503151999031004

Dekan Sekolah Sains Data, Matematika dan Informatika:

Prof. Dr. Ir. Agus Bueno, M.Si., M.Kom.

NIP. 196607021993021001

Tanggal Ujian: 22 Juli 2026

Tanggal Pengesahan:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tesis ini dengan baik. Proposal tesis ini disusun yang merupakan bagian dari pemenuhan tugas akhir dengan judul: “Pengembangan Model CTGAN-LSTM Berbasis *Sequential Pattern Mining* (SPADE) dalam Prediksi Pukulan Bulu Tangkis”.

Dalam penyusunan proposal tesis ini tentu tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Sachnaz Desta Oktarina, S.Stat., M.Agr., Ph.D dan Ibu Dr. Ir. Erfiani, M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan serta memberi masukan kepada saya selama penyusunan proposal tesis ini.
2. Bapak Dr. Septian Rahardianto, S.Stat., M.Si., selaku peguji luar komisi ujian tesis yang telah memberikan banyak sekali masukan, saran, dan arahan yang sangat berarti dan membantu dalam penyusunan tesis ini.
3. Bapak Dr. Agus Mohamad Soleh, S.Si., M.T., selaku pimpinan sidang tesis yang telah memberikan masukan, saran, dan arahan selama proses sidang tesis berlangsung.
4. Seluruh Dosen Program Studi Statistika dan Sains Data IPB University, yang telah membekali penulis dengan ilmu dan wawasan selama masa perkuliahan magister ini.
5. Seluruh staf Tenaga Pendidik dan Kependidikan Program Studi Statistika dan Sains Data IPB University atas bantuan yang diberikan kepada penulis dalam menyempurnakan dan melancarkan berbagai proses administratif.
6. *Badminton World Federation* (BWF) melalui kanal *YouTube* resminya atas ketersediaan tayangan video pertandingan bulu tangkis yang digunakan sebagai sumber data dan dasar dalam proses anotasi data pada penelitian ini.
7. Kedua Orang Tua, Kakak, Abang, Adik, Keponakan, Nenek, dan keluarga yang selalu memberikan doa, optimisme dan dukungan dari awal perkuliahan sampai dengan penyelesaian tesis ini.
8. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman serta rekan rekan mahasiswa magister Statistika dan Sains Data 2024 yang selalu memberikan dorongan dan semangat sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik sedemikian rupa.
9. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri yang telah berusaha, semangat, dan penuh ikhtiar selama kurang lebih 2 tahun ini dalam mengejar impian semasa SMA untuk bisa menggapai gelar Magister.

Terakhir, penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan baik dari segi penulisan maupun penyajian, sehingga dengan rendah hati penulis memohon maaf atas hal tersebut. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan guna perbaikan. Semoga kedepannya tesis ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Jefita Resti Sari



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Association Rules Mining</i>	5
2.2 <i>Sequential Patterns</i>	7
2.3 <i>Algorithm Sequential Patterns Discovery using Equivalent Classes (SPADE)</i>	7
2.4 <i>Generative Adversarial Networks (GAN)</i>	9
2.5 <i>Conditional Tabular GAN (CTGAN)</i>	10
2.6 <i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i>	14
2.7 Ukuran Keakuratan Klasifikasi Multikelas	17
2.8 Uji- <i>t</i> Perbandingan Kinerja Pemodelan	20
2.9 Bulu Tangkis	20
III METODE	23
3.1 Data	23
3.2 Definisi Peubah Hasil Anotasi	23
3.3 Verifikasi Kualitas Data Anotasi dengan GPT 4.o	24
3.4 Prosedur Analisis	24
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Karakteristik Data Penelitian	31
4.2 Hasil Pemeriksaan Ulang Data Anotasi	32
4.3 Data Pra-pemrosesan	33
4.4 Hasil <i>Sequential Pattern with SPADE Algorithm</i>	35
4.5 Pembentukan Data Sintesis dengan CTGAN	43
4.6 Evaluasi Pemodelan dengan LSTM	52
V SIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Simpulan	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	64



DAFTAR TABEL

1	Peubah data	23
2	Struktur data untuk pemeriksaan ulang anotasi	24
3	Perubahan format peubah ke dalam format SPADE	26
4	Struktur awal hasil SPADE	27
5	Tabel contoh pembentukan beberapa kolom dari <i>rules antecedent</i>	27
6	Struktur data pemodelan	28
7	Pembagian skema tipe pukulan	28
8	Penentuan <i>hyperparameter training</i> model LSTM	29
9	Karakteristik data pertandingan bulu tangkis	31
10	Hasil pemeriksaan peubah tipe pukulan dengan GPT 4.o	32
11	Hasil pemeriksaan ulang berdasarkan tipe pukulan	33
12	Keputusan lebel akhir	33
13	Ilustrasi format algoritma SPADE pada data Toyota Thailand Open 2025	34
14	Ilustrasi format algoritma SPADE pada data BWF Championships 2025	34
15	Ilustrasi hasil <i>rules</i> SPADE algoritma BWF World Paris Championship	35
16	Pola 2- <i>sequence</i> dominan pada data BWF Championships	36
17	Kategori Nilai <i>Support</i> , <i>Confidence</i> , dan <i>Lift</i> pada Hasil Ekstraksi <i>Rules</i> SPADE pada data BWF Championships	37
18	Ilustrasi hasil <i>rules</i> SPADE algoritma TOYOTA Thailand Open	37
19	Pola 2- <i>sequence</i> dominan pada data TOYOTA Thailand Open	38
20	Kategori Nilai <i>Support</i> , <i>Confidence</i> , dan <i>Lift</i> pada Hasil Ekstraksi <i>Rules</i> SPADE pada data Toyota Thailand Open	39
21	Ilustrasi pemetaan hasil <i>rules</i> , <i>rally</i> dan poin pertandingan BWF Championships	41
22	Ilustrasi pemetaan hasil <i>rules</i> , <i>rally</i> dan poin pertandingan Toyota Thailand Open	41
23	Ringkasan jumlah baris data penelitian	42
24	Konfigurasi Hiperparameter CTGAN	43
25	Ringkasan nilai uji kelayakan TabSyndex pada data sintetis	50
26	Ringkasan jumlah data penelitian sebelum dan sesudah augmentasi CTGAN	51
27	Selisih nilai rata-rata pemodelan LSTM sebelum dan setelah augmentasi CTGAN	54
28	Hasil uji-t pada model LSTM dan CTGAN-LSTM pada 10 Kali Pengulangan	56



DAFTAR GAMBAR

1	Arsitektur <i>Conditional Tabular GAN</i> (CTGAN)	11
2	Arsitektur LSTM (Iswavigra <i>et al.</i> 2026)	15
3	<i>Confussion matrix</i> dengan lima tipe pukulan	19
4	<i>Confussion matrix</i> dengan sepuluh tipe pukulan	19
5	Gerakan pukulan <i>Smash</i>	20
6	Gerakan pukulan <i>Dropshot</i>	21
7	Gerakan pukulan <i>Drive</i>	21
8	Gerakan pukulan <i>Netting</i>	22
9	Gerakan pukulan <i>Lob</i>	22
10	Diagram alur analisis penelitian	25
11	Visualisasi Distribusi <i>Frequent-sequence rules</i> pada Toyota Thailand dan BWF Championships	40
12	Sebaran <i>Rules</i> berdasarkan <i>support</i> dan <i>confidence</i>	40
13	Distribusi data <i>train</i> 5 Tipe pukulan target sebelum dan sesudah dilakukan <i>balanced</i> oleh CTGAN pada data BWF Paris Championships	44
14	Distribusi data <i>train</i> 5 dan Tipe pukulan target sebelum dan sesudah dilakukan <i>balanced</i> oleh CTGAN pada data Toyota Thailand Open	45
15	Distribusi data <i>train</i> 5 dan 10 Tipe pukulan target sebelum dan sesudah dilakukan <i>balanced</i> oleh CTGAN pada data 2 Match	46
16	Hasil evaluasi data augmentasi CTGAN dengan TabSynDex pada data BWF Championships	47
17	Hasil evaluasi data augmentasi CTGAN dengan TabSynDex pada data Toyota Thailand Open	48
18	Hasil evaluasi data augmentasi CTGAN dengan TabSynDex pada data 2 Match	49
19	Perbandingan sebaran metriks evaluasi pemodelan LSTM pada skema 5 Tipe pukulan setiap data	52
20	Perbandingan sebaran metriks evaluasi pemodelan LSTM pada skema 10 Tipe pukulan setiap data	53



DAFTAR LAMPIRAN

1	Deskriptif informasi pertandingan TOYOTA Thailand Open 2025	65
2	Ilustrasi ampel data pertandingan TOYOTA Thailand Open 2025 setelah di anotasi manual	66
3	Ilustrasi sampel data pertandingan BWF World Championship Paris 2025 setelah dianotasi	67
4	Ilustrasi hasil perbedaan pelabelan manual dan GPT 4.o	68
5	Ilustrasi <i>sequence</i> umum pada Data BWF World Championships 2025	69
6	Ilustrasi <i>sequence</i> umum pada Data TOYOTA Thailand Open 2025	70
7	Ilustrasi struktur Data yang di <i>Genereate</i> oleh CTGAN	71
8	Ilustrasi data <i>input</i> ke pemodelan LSTM	72
9	Ringkasan Data Pengulangan 10 Kali pada Data BWF World Championships	73
10	Ringkasan Data Pengulangan 10 Kali pada Data TOYOTA Thailand Open	76
11	Ringkasan Data Pengulangan 10 Kali pada Data 2 Match	79

© Makalah ini adalah karya asli IPB University