

**MODEL HIBRIDA BERBASIS ESTIMASI POSE-GRU
DAN TRANSFORMER UNTUK PELACAKAN
PERFORMA JENIS GERAKAN BULUTANGKIS**

SKRIPSI SARJANA KOMPUTER

Oleh:

Fiby Naya Sari
227064516076



**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI KOMUNIKASI DAN
INFORMATIKA
UNIVERSITAS NASIONAL
2026**

**MODEL HIBRIDA BERBASIS ESTIMASI POSE-GRU
DAN TRANSFORMER UNTUK PELACAKAN
PERFORMA JENIS GERAKAN BULUTANGKIS**

SKRIPSI SARJANA

Karya ilmiah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Komputer dari Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika

Oleh:

Fiby Naya Sari
227064516076



**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI KOMUNIKASI DAN
INFORMATIKA
UNIVERSITAS NASIONAL
2026**

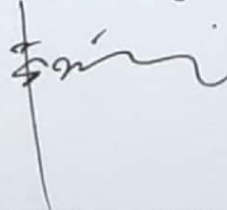
HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

MODEL HIBRIDA BERBASIS ESTIMASI POSE-GRU DAN
TRANSFORMER UNTUK PELACAKAN PERFORMA JENIS GERAKAN
BULUTANGKIS



Fiby Naya Sari
227064516076

Dosen Pembimbing



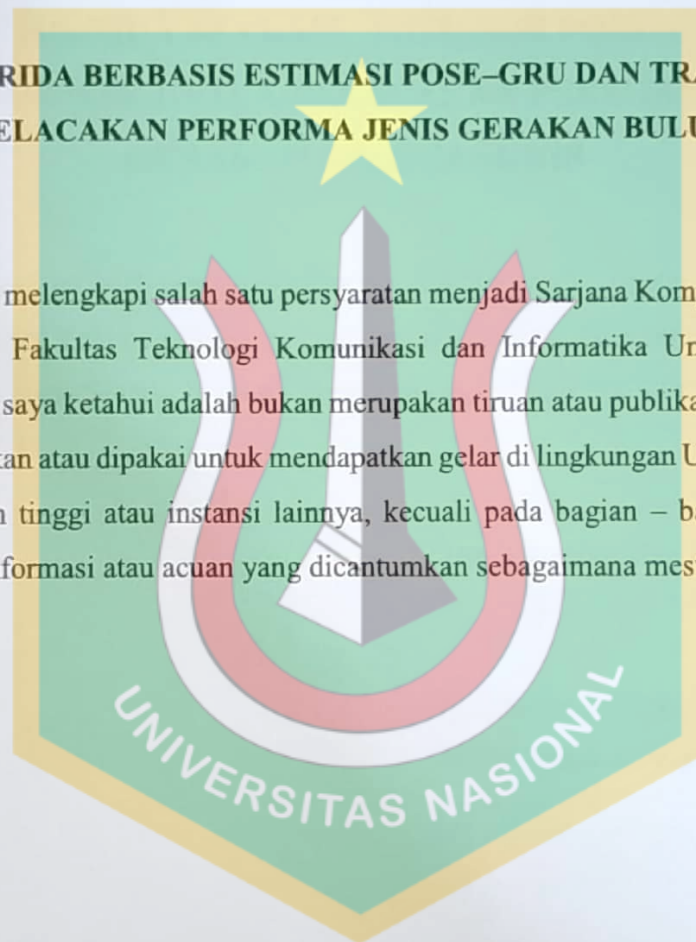
(Dr. Fauziah, S. Kom., M.M.S.I)

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul :

MODEL HIBRIDA BERBASIS ESTIMASI POSE-GRU DAN TRANSFORMER UNTUK PELACAkan PERFORMA JENIS GERAKAN BULUTANGKIS

Yang dibuat untuk melengkapi salah satu persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika Universitas Nasional, sebagaimana yang saya ketahui adalah bukan merupakan tiruan atau publikasi dari Tugas Akhir yang pernah diajukan atau dipakai untuk mendapatkan gelar di lingkungan Universitas Nasional maupun perguruan tinggi atau instansi lainnya, kecuali pada bagian – bagian tertentu yang menjadi sumber informasi atau acuan yang dicantumkan sebagaimana mestinya.



Jakarta,



Fiby Naya Sari

227064516076

LEMBAR PERSETUJUAN REVIEW AKHIR

Tugas Akhir dengan judul :

MODEL HIBRIDA BERBASIS ESTIMASI POSE-GRU DAN TRANSFORMER UNTUK PELACAKAN PERFORMA JENIS GERAKAN BULUTANGKIS

Dibuat untuk melengkapi salah satu persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika Universitas Nasional. Tugas Akhir ini diujikan pada Sidang Review Akhir Semester Ganjil 2025-2026 pada tanggal 25 Februari Tahun 2026

Dosen Pembimbing 1


Dr. Fauzrah, S. Kom., M.M.S.I.

NIDN. 0304107503

Ketua Program Studi


Ratih Titi Komala Sari, S.T., M.M., MMSI

NIDN. 0301038302

LEMBAR PERSETUJUAN JUDUL YANG TIDAK ATAU YANG DIREVISI

Nama : Fiby Naya Sari
NPM : 227064516076
Fakultas/Akademi : Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika
Program Studi : Informatika
Tanggal Sidang : Rabu, 25 Februari 2026

JUDUL DALAM BAHASA INDONESIA :

**MODEL HIBRIDA BERBASIS ESTIMASI POSE-GRU DAN TRANSFORMER
UNTUK PELACAKAN PERFORMA JENIS GERAKAN BULUTANGKIS**

JUDUL DALAM BAHASA INGGRIS :

**HYBRID MODEL BASED ON POSE ESTIMATION-GRU AND
TRANSFORMER FOR TRACKING THE PERFORMANCE OF BADMINTON
MOVEMENTS**

TANDA TANGAN DAN TANGGAL

Pembimbing 1	Prodi	Mahasiswa
TGL: 3/3 '2026	TGL: 3/3 2026	TGL: 3 mar 2026
 Dr. Fauziah, S.Kom, MMSI	 Pilih Tihi Kurniasari ST. MM. MMSI	 Fiby Naya Sari

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga skripsi yang berjudul **“Model Hibrida Berbasis Estimasi Pose–GRU dan Transformer Untuk Pelacakan Performa Jenis Gerakan Bulutangkis”** ini dapat diselesaikan dengan baik. Prosesnya tidak selalu mudah, tetapi setiap langkahnya membawa pelajaran berharga.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika, Universitas Nasional. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi analisis video, khususnya pada bidang olahraga bulutangkis.

Penulis menyadari bahwa Perjalanan penyusunan skripsi ini tidak mungkin dilalui sendirian. Banyak doa, dukungan, dan kebaikan yang hadir di setiap fase pengerjaannya. Dengan penuh rasa terima kasih, penulis ingin menyampaikan apresiasi kepada:

1. Allah SWT, yang selalu mendengarkan doa-doa penulis, menguatkan di saat lelah, menenangkan di saat cemas, dan perlahan mendekati penulis pada makna sabar serta ikhtiar.
2. Bapak Dr. Agung Triayudi, S.Kom., M.Kom., selaku Dekan Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika Universitas Nasional.
3. Ibu Ratih Titi Komalasari, S.T., M.M., MMSI., selaku Ketua Program Studi Informatika Universitas Nasional.
4. Ibu Dr. Fauziah, S.Kom., MMSI., selaku Dosen Pembimbing, yang dengan sabar membimbing, mengarahkan, serta memberikan masukan yang sangat berharga selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.

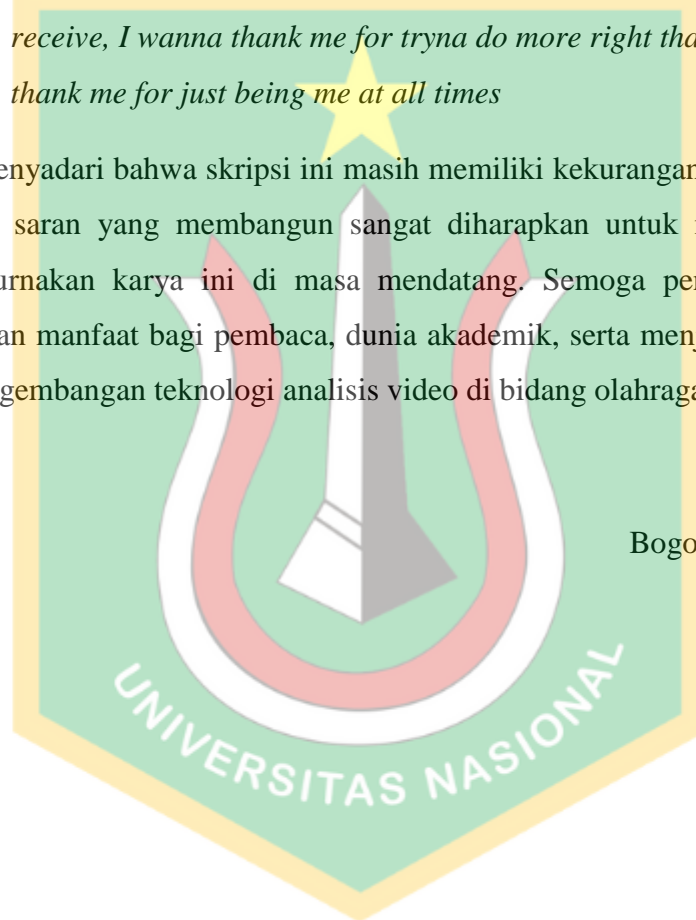
5. Kedua orang tua penulis, Muhamad Syaripudin dan Kasih Yati, meskipun Ayah, Mamah, dan penulis tidak terbiasa berbicara dari hati ke hati, penulis tahu bahwa disetiap keheningan terdapat doa dan harapan yang tak pernah putus untuk penulis. Penulis memahami dan merasakan bahwa cinta dan dukungan yang diberikan selalu hadir dalam bentuk yang berbeda, kalian mungkin tidak selalu mengungkapkan, tetapi tindakan dan keberadaan kalian selalu tersirat dan tak terhingga. Setiap langkah dan setiap pencapaian yang penulis raih, termasuk selesainya skripsi ini, adalah bagian dari doa dan harapan ayah dan mamah. Terima kasih atas segala pengorbanan, restu, dan kebahagiaan yang telah kalian berikan.
6. Kakak kandung satu satunya penulis Selvi Ayu Sari, dengan sifat asli anak pertama yaitu, galaknya dan selalu bikin kesel. Kakak adalah seseorang yang selalu menjadi panutan dan contoh untuk penulis, banyak hal yang sudah diberikan kepada penulis. Kakak menjadi salah satu batasan yang ingin penulis dapatkan dan lewati.
7. Salma Salsabila dan Nadya Mahza Khairani, dua orang sahabat penulis selama masa perkuliahan, yang selalu tau masalah dan hambatan penulis selama di perkuliahan ataupun pribadi, terima kasih selalu mengajak penulis maju dengan langkah yang sama dengan kecepatan yang sama dari awal hingga akhir masa perkuliahan. Kehadiran kalian merupakan hal yang berarti di masa Perjalanan ini.
8. Alya, Ghina, Pio, Pira, Andin, yang membersamai proses panjang skripsi ini dengan cerita, tawa, dan semangat yang tidak pernah habis.
9. Ka Ara dan Ka Bintang, teman rumah yang memahami segala resah dan dinamika Perjalanan akademik penulis.
10. Kopi Kenangan Ruko Tananima Parung, yang menjadi segala saksi diam dari banyaknya halaman yang ditulis, revisi yang dikerjakan, dan mimpi yang dikejar.

11. Untuk diri penulis sendiri, terima kasih karena tidak menyerah, tetap melanjutkan meski terpicu dan lelah, serta memilih untuk terus berjalan sampai di titik ini
12. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for... for never quitting, I wanna thank me for always being a giver and tryna give more than I receive, I wanna thank me for tryna do more right than wrong, I wanna thank me for just being me at all times*

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk memperbaiki dan menyempurnakan karya ini di masa mendatang. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, dunia akademik, serta menjadi langkah kecil dalam pengembangan teknologi analisis video di bidang olahraga.

Bogor, 1 Oktober 2025

Fiby Naya Sari

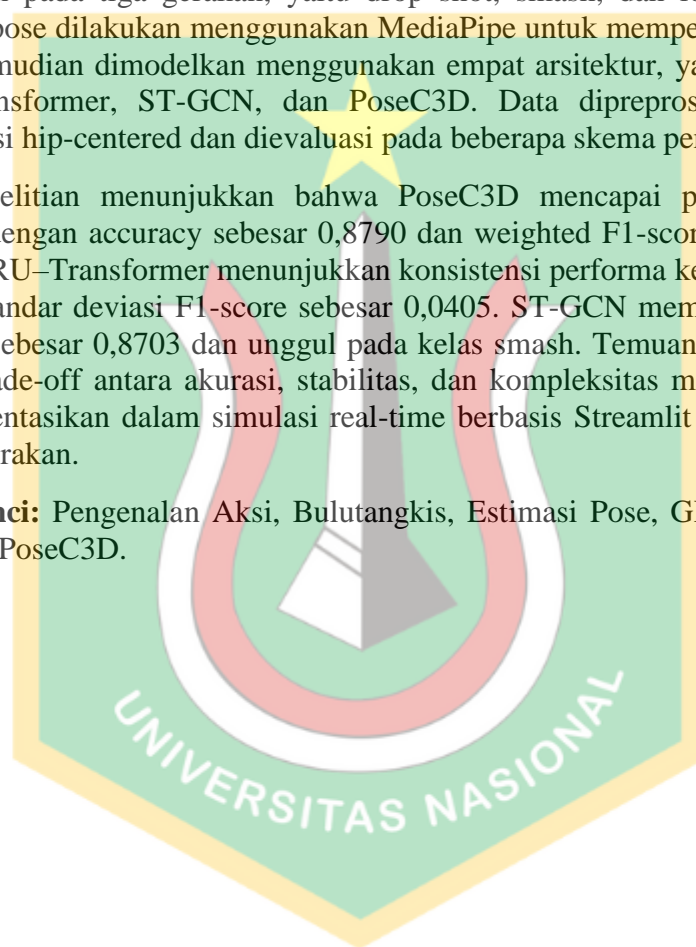


ABSTRAK

Evaluasi gerakan bulutangkis umumnya masih dilakukan secara manual sehingga berpotensi subjektif dan kurang konsisten. Penelitian ini bertujuan mengembangkan serta membandingkan model klasifikasi gerakan berbasis estimasi pose untuk mendukung analisis performa yang lebih objektif dan stabil. Dataset yang digunakan merupakan subset VideoBadminton sebanyak 2.624 klip video yang difokuskan pada tiga gerakan, yaitu drop shot, smash, dan long serve. Proses ekstraksi pose dilakukan menggunakan MediaPipe untuk memperoleh 33 keypoint tubuh, kemudian dimodelkan menggunakan empat arsitektur, yaitu GRU, Hybrid GRU–Transformer, ST-GCN, dan PoseC3D. Data dipreproses menggunakan normalisasi hip-centered dan dievaluasi pada beberapa skema pembagian data.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa PoseC3D mencapai performa rata-rata tertinggi dengan accuracy sebesar 0,8790 dan weighted F1-score sebesar 0,8804. Hybrid GRU–Transformer menunjukkan konsistensi performa keseluruhan terbaik dengan standar deviasi F1-score sebesar 0,0405. ST-GCN memperoleh weighted F1-score sebesar 0,8703 dan unggul pada kelas smash. Temuan ini menunjukkan adanya trade-off antara akurasi, stabilitas, dan kompleksitas model. Sistem juga diimplementasikan dalam simulasi real-time berbasis Streamlit sebagai prototipe analisis gerakan.

Kata Kunci: Pengenalan Aksi, Bulutangkis, Estimasi Pose, GRU, Transformer, ST-GCN, PoseC3D.

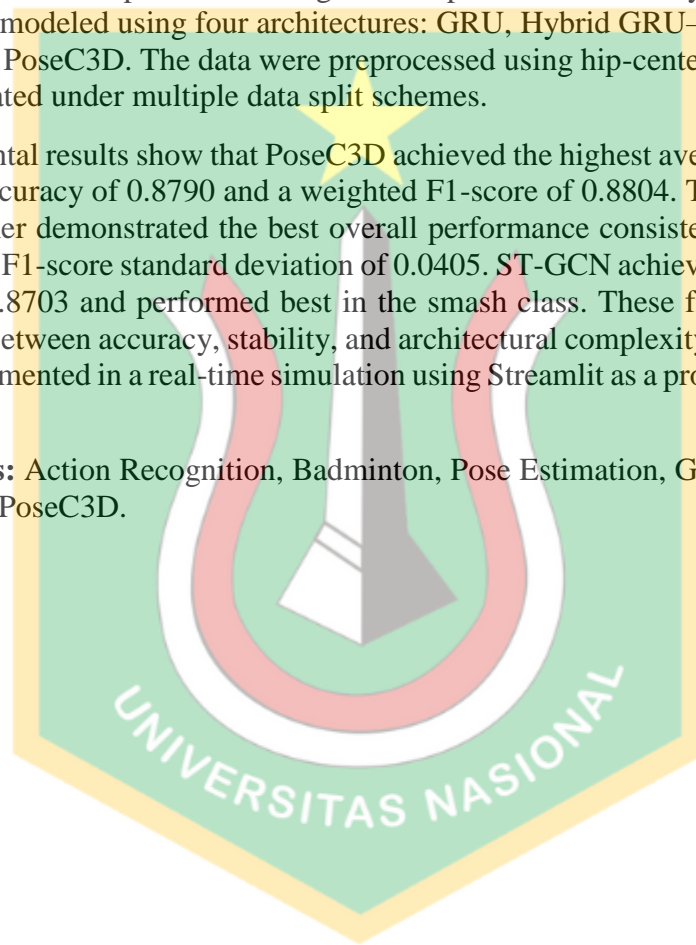


ABSTRACT

Badminton performance evaluation is commonly conducted manually, which may lead to subjectivity and inconsistency. This study aims to develop and compare pose-based classification models to support more objective and stable motion analysis. The dataset used is a subset of VideoBadminton consisting of 2,624 video clips focused on three fundamental movements: drop shot, smash, and long serve. Pose extraction was performed using MediaPipe to obtain 33 body keypoints, which were then modeled using four architectures: GRU, Hybrid GRU–Transformer, ST-GCN, and PoseC3D. The data were preprocessed using hip-centered normalization and evaluated under multiple data split schemes.

Experimental results show that PoseC3D achieved the highest average performance with an accuracy of 0.8790 and a weighted F1-score of 0.8804. The Hybrid GRU–Transformer demonstrated the best overall performance consistency, indicated by the lowest F1-score standard deviation of 0.0405. ST-GCN achieved a weighted F1-score of 0.8703 and performed best in the smash class. These findings indicate a trade-off between accuracy, stability, and architectural complexity. The system was also implemented in a real-time simulation using Streamlit as a prototype for motion analysis.

Keywords: Action Recognition, Badminton, Pose Estimation, GRU, Transformer, ST-GCN, PoseC3D.



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN REVIEW AKHIR	v
LEMBAR PERSETUJUAN JUDUL YANG TIDAK ATAU YANG DIREVISI	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR GAMBAR.....	xxii
DAFTAR RUMUS.....	xxiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxv
BAB I PENDAHULUAN.....	26
1.1 Latar Belakang.....	26
1.2 Identifikasi Masalah.....	28
1.3 Rumusan Masalah.....	29
1.4 Tujuan Penelitian.....	29
1.5 Manfaat Penelitian.....	29
1.5.1 Manfaat Teoretis	29
1.5.2 Manfaat Praktis	30
1.6 Batasan Masalah.....	30
1.7 Mata Kuliah.....	31

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	32
2.1 Penelitian Terdahulu	32
2.2 Landasan Teori.....	37
2.2.1 Konsep Dasar Bulutangkis	37
2.2.2 Computer Vision untuk Action Recognition.....	38
2.2.3 Pose Estimation	39
2.2.4 Gated Recurrent Unit (GRU)	40
2.2.5 Transformer	40
2.2.6 Model Hibrida	41
2.2.7 Perbandingan dan Evaluasi Model untuk Action Recognition	43
BAB III METODE PENELITIAN.....	45
3.1 Desain penelitian	45
3.2 Waktu Penelitian	46
3.3 Sumber Data	47
3.4 Fokus Penelitian	50
3.5 Alur Penelitian.....	50
3.5.1 Identifikasi Masalah	51
3.5.2 Studi Literatur	51
3.5.3 Persiapan Dataset	52
3.5.4 Ekstraksi Keypoint	52
3.5.5 Labeling & Mapping	52
3.5.6 Finalisasi Data	52
3.5.6.1 Normalisasi Berbasis Pinggul	52
3.5.6.2 Panjang Sequence.....	53
3.5.6.3 Visibility Score.....	53

3.5.7 Splitting Data.....	53
3.5.8 Implementasi ke 4 Model.....	53
3.5.9 Evaluasi Model.....	54
3.5.10 Simpan & Dokumentasi Hasil.....	54
3.5.11 Pemilihan Model Terbaik.....	54
3.5.12 Implementasi <i>Real-time</i>	54
3.5.13 Pengujian Sistem & Hasil Pengujian	55
3.6 Instrumen Penelitian.....	55
3.6.1 Perangkat Keras (Hardware).....	55
3.6.2 Perangkat Lunak (Software).....	56
3.6.3 Perangkat dan Alat Pendukung	56
3.7 Metrik Evaluasi Kinerja	56
3.7.1 Confusion Matrix	57
3.7.2 Akurasi (<i>Accuracy</i>)	57
3.7.3 Presisi (<i>Precision</i>).....	58
3.7.4 Recall (<i>Sensitivity</i>).....	58
3.7.5 F1-Score	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1 Implementasi dan Konfigurasi Eksperimen	59
4.1.1 Ekstraksi Keypoints Pose	59
4.1.2 Preprocessing Data.....	59
4.1.3 Normalisasi Data	60
4.1.4 Padding Sequence	60
4.1.5 Strategi Pembagian Data	60
4.1.6 Konfigurasi Hyperparameter Pelatihan.....	61

4.2 Hasil Evaluasi Model dan Analisis Komparatif.....	62
4.2.1 Model GRU Sederhana	63
4.2.1.1 Pembagian Data 80:20	63
4.2.1.2 Pembagian Data 80:10:10	66
4.2.1.3 Pembagian Data 70:30	68
4.2.1.4 Pembagian Data 70:20:10	70
4.2.1.5 Ringkasan dan Analisis Model GRU Sederhana.....	72
4.2.2 Model Hybrid (GRU + Transformer).....	73
4.2.2.1 Pembagian Data 80:20	73
4.2.2.2 Pembagian Data 80:10:10	75
4.2.2.3 Pembagian Data 70:30	78
4.2.2.4 Pembagian Data 70:20:10	80
4.2.2.5 Ringkasan dan Analisis Model Hybrid	82
4.2.3 Model ST-GCN.....	83
4.2.3.1 Pembagian Data 80:20	83
4.2.3.2 Pembagian Data 80:10:10	85
4.2.3.3 Pembagian Data 70:30	87
4.2.3.4 Pembagian Data 70:20:10	89
4.2.3.5 Ringkasan dan Analisis Model ST-GCN	91
4.2.4 Model PoseC3D	92
4.2.4.1 Pembagian Data 80:20	93
4.2.4.2 Pembagian Data 80:10:10	95
4.2.4.3 Pembagian Data 70:30	97
4.2.4.4 Pembagian Data 70:20:10	99
4.2.4.5 Ringkasan dan Analisis Model PoseC3D	101

4.3 Analisis Komparatif Komprehensif Antar Model.....	102
4.3.1 Performa Keseluruhan Model Berdasarkan Metrik Evaluasi.....	103
4.3.2 Analisis Performa per Kelas Gerakan Bulutangkis.....	104
4.3.3 Analisis Keunggulan Spesifik per Jenis Gerakan	107
4.3.4 Kesimpulan Analisis Komparatif	109
4.4 Implementasi Sistem Streamlit	110
4.4.1 Strategi Pemilihan Model.....	110
4.4.2 Arsitektur Sistem Streamlit Terintegrasi.....	111
4.4.3 Model Loading dan Switching Mechanism	112
4.4.4 Implementasi Pipeline <i>Real-time</i>	112
4.4.5 Height-Based Zone Detection Algorithm	112
4.4.6 Validasi Fungsionalitas Sistem	113
4.4.7 Demo Aplikasi dan Evaluasi Performa	113
4.4.8 Visualisasi Deteksi Gerakan.....	115
4.4.9 Integrasi Sistem dan Kinerja Operasional	116
4.4.10 Kesimpulan Implementasi.....	116
4.5 Perbandingan Hasil Perhitungan Manual dan Otomatis Google Colab	117
4.5.1 Metodologi Validasi Manual.....	117
4.5.2 Validasi pada Model GRU Sederhana	118
4.5.2.1 Skema Pembagian Data 80:20	118
4.5.2.2 Skema Pembagian Data 80:10:10	120
4.5.2.3 Skema Pembagian Data 70:30	123
4.5.2.4 Skema Pembagian Data 70:20:10	125
4.5.3 Validasi pada Model Hybrid (GRU + Transformer).....	128
4.5.3.1 Skema Pembagian Data 80:20	128

4.5.3.2 Skema Pembagian Data 80:10:10	130
4.5.3.3 Skema Pembagian Data 70:30	133
4.5.3.4 Skema Pembagian Data 70:20:10	135
4.5.4 Validasi pada Model ST-GCN	138
4.5.4.1 Skema Pembagian Data 80:20	138
4.5.4.2 Skema Pembagian Data 80:10:10	140
4.5.4.3 Skema Pembagian Data 70:30	143
4.5.4.4 Skema Pembagian Data 70:20:10	145
4.5.5 Validasi pada Model PoseC3D	148
4.5.5.1 Skema Pembagian Data 80:20	149
4.5.5.2 Skema Pembagian Data 80:10:10	151
4.5.5.3 Skema Pembagian Data 70:30	153
4.5.5.4 Skema Pembagian Data 70:20:10	156
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	159
5.1 Kesimpulan.....	159
5.2 Saran.....	160
DAFTAR PUSTAKA	161
LAMPIRAN	164

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	32
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	46
Tabel 3.2 Ringkasan Seleksi Dataset	49
Tabel 3.3 Confusion Matrix	57
Tabel 4.1 Konfigurasi Input dan Hyperparameter Pelatihan Model	61
Tabel 4.2 Distribusi Jumlah Data untuk Setiap Skema Pembagian Data.....	62
Tabel 4.3 Classification Report Model GRU (80:20)	64
Tabel 4.4 Classification Report Model GRU (80:10:10).....	66
Tabel 4.5 Classification Report Model GRU (70:30)	68
Tabel 4.6 Classification Report Model GRU (70:20:10).....	71
Tabel 4.7 Ringkasan Hasil Model Skema GRU Pembagian Data	72
Tabel 4.8 Classification Report Model Hybrid (80:20)	74
Tabel 4.9 Classification Report Model Hybrid (80:10:10)	76
Tabel 4.10 Classification Report Model Hybrid (70:30)	78
Tabel 4.11 Classification Report Model Hybrid (70:20:10)	80
Tabel 4.12 Ringkasan Hasil Model Skema Hybrid Pembagian Data	82
Tabel 4.13 Classification Report Model ST-GCN (80:20)	84
Tabel 4.14 Classification Report Model ST-GCN (80:10:10)	86
Tabel 4.15 Classification Report Model ST-GCN (70:30)	88
Tabel 4.16 Classification Report Model ST-GCN (70:20:10).....	90
Tabel 4.17 Ringkasan Hasil Model Skema ST-GCN Pembagian Data	91
Tabel 4.18 Classification Report Model PoseC3D (80:20).....	94
Tabel 4.19 Classification Report Model PoseC3D (80:10:10)	96

Tabel 4.20 Classification Report Model PoseC3D (70:30).....	98
Tabel 4.21 Classification Report Model PoseC3D (70:20:10)	100
Tabel 4.22 Ringkasan Hasil Model Skema PoseC3D Pembagian Data.....	101
Tabel 4.23 Ringkasan Performa Rata-rata Model Berdasarkan Metrik Evaluasi	103
Tabel 4.24 Performa Detail per Kelas Semua Model.....	105
Tabel 4.25 Analisis Konsistensi Model Berdasarkan Standar Dev F1-Score	105
Tabel 4.26 Analisis Keunggulan Model per Jenis Gerakan Bulutangkis.....	107
Tabel 4.27 Confusion Matrix Model GRU 80:20	118
Tabel 4.28 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model GRU (80:20).....	118
Tabel 4.29 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model GRU (80:20).....	119
Tabel 4.30 Confusion Matrix Model GRU 80:10:10	120
Tabel 4.31 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model GRU (80:10:10).....	121
Tabel 4.32 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model GRU (80:10:10).....	122
Tabel 4.33 Confusion Matrix Model GRU 70:30	123
Tabel 4.34 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model GRU (70:30).....	123
Tabel 4.35 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model GRU (70:30).....	124
Tabel 4.36 Confusion Matrix Model GRU 70:20:10	125
Tabel 4.37 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model GRU (70:20:10).....	125
Tabel 4.38 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model GRU (70:20:10).....	126
Tabel 4.39 Confusion Matrix Model Hybrid 80:20	128
Tabel 4.40 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model Hybrid (80:20).....	128
Tabel 4.41 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model Hybrid (80:20).....	129
Tabel 4.42 Confusion Matrix Model Hybrid 80:10:10	130

Tabel 4.43 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model Hybrid (80:10:10).....	131
Tabel 4.44 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model Hybrid (80:10:10).....	132
Tabel 4.45 Confusion Matrix Model Hybrid 70:30	133
Tabel 4.46 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model Hybrid (70:30).....	133
Tabel 4.47 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model Hybrid (70:30).....	134
Tabel 4.48 Confusion Matrix Model Hybrid 70:20:10	135
Tabel 4.49 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model Hybrid (70:20:10).....	135
Tabel 4.50 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model Hybrid (70:20:10).....	137
Tabel 4.51 Confusion Matrix Model ST-GCN 80:20	138
Tabel 4.52 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model ST-GCN (80:20).....	138
Tabel 4.53 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model ST-GCN (80:20).....	139
Tabel 4.54 Confusion Matrix Model ST-GCN 80:10:10	141
Tabel 4.55 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model ST-GCN (80:10:10).....	141
Tabel 4.56 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model ST-GCN (80:10:10).....	142
Tabel 4.57 Confusion Matrix Model ST-GCN 70:30	143
Tabel 4.58 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model ST-GCN (70:30).....	143
Tabel 4.59 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model ST-GCN (70:30).....	144
Tabel 4.60 Confusion Matrix Model ST-GCN 70:20:10	146
Tabel 4.61 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model ST-GCN (70:20:10).....	146
Tabel 4.62 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model ST-GCN (70:20:10).....	147
Tabel 4.63 Confusion Matrix Model PoseC3D 80:20.....	149
Tabel 4.64 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model PoseC3D (80:20)	149
Tabel 4.65 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model PoseC3D (80:20)	150

Tabel 4.66 Confusion Matrix Model PoseC3D 80:10:10	151
Tabel 4.67 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model PoseC3D (80:10:10).....	151
Tabel 4.68 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model PoseC3D (80:10:10)	152
Tabel 4.69 Confusion Matrix Model PoseC3D 70:30.....	153
Tabel 4.70 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model PoseC3D (70:30)	154
Tabel 4.71 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model PoseC3D (70:30)	155
Tabel 4.72 Confusion Matrix Model PoseC3D 70:20:10	156
Tabel 4.73 Rekapitulasi TP, FN, FP, dan TN Model PoseC3D (70:20:10).....	156
Tabel 4.74 Hasil Manual dan Otomatis untuk Model PoseC3D (70:20:10)	157



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Ilustrasi tahapan gerakan smash pada permainan bulutangkis.....	47
Gambar 3.2 Ilustrasi tahapan gerakan drop shot pada permainan bulutangkis.....	48
Gambar 3.3 Ilustrasi tahapan gerakan long serve pada permainan bulutangkis... ..	48
Gambar 3.4 Sampel Data Dari Dataset Videobadminton	49
Gambar 3.5 Diagram Alur Penelitian.....	51
Gambar 4.1 Learning Curves Model GRU (80:20).....	63
Gambar 4.2 Confusion Matrix Model GRU (80:20).....	65
Gambar 4.3 Learning Curves Model GRU (80:10:10)	66
Gambar 4.4 Confusion Matrix Model GRU (80:10:10).....	67
Gambar 4.5 Learning Curves Model GRU (70:30).....	68
Gambar 4.6 Confusion Matrix Model GRU (70:30).....	69
Gambar 4.7 Learning Curves Model GRU (70:20:10)	70
Gambar 4.8 Confusion Matrix Model GRU (70:20:10).....	71
Gambar 4.9 Learning Curves Model Hybrid (80:20).....	73
Gambar 4.10 Confusion Matrix Model Hybrid (80:20).....	75
Gambar 4.11 Learning Curves Model Hybrid (80:10:10).....	76
Gambar 4.12 Confusion Matrix Model Hybrid (80:10:10).....	77
Gambar 4.13 Learning Curves Model Hybrid (70:30).....	78
Gambar 4.14 Confusion Matrix Model Hybrid (70:30).....	79
Gambar 4.15 Learning Curves Model Hybrid (70:20:10).....	80
Gambar 4.16 Confusion Matrix Model Hybrid (70:20:10).....	81
Gambar 4.17 Learning Curves Model ST-GCN (80:20).....	83
Gambar 4.18 Confusion Matrix Model ST-GCN (80:20).....	85

Gambar 4.19 Learning Curves Model ST-GCN (80:10:10)	86
Gambar 4.20 Confusion Matrix Model ST-GCN (80:10:10).....	87
Gambar 4.21 Learning Curves Model ST-GCN (70:30).....	88
Gambar 4.22 Confusion Matrix Model ST-GCN (70:30).....	89
Gambar 4.23 Learning Curves Model ST-GCN (70:20:10)	90
Gambar 4.24 Confusion Matrix Model ST-GCN (70:20:10).....	91
Gambar 4.25 Learning Curves Model PoseC3D (80:20).....	93
Gambar 4.26 Confusion Matrix Model PoseC3D (80:20)	94
Gambar 4.27 Learning Curves Model PoseC3D (80:10:10).....	95
Gambar 4.28 Confusion Matrix Model PoseC3D (80:10:10).....	96
Gambar 4.29 Learning Curves Model PoseC3D (70:30).....	97
Gambar 4.30 Confusion Matrix Model PoseC3D (70:30).....	98
Gambar 4.31 Learning Curves Model PoseC3D (70:20:10).....	99
Gambar 4.32 Confusion Matrix Model PoseC3D (70:20:10).....	100
Gambar 4.33 Arsitektur Sistem Real-time Badminton Action Recognition.....	111
Gambar 4.34 Tampilan UI Streamlit (ver. web cam).....	114
Gambar 4.35 Tampilan UI Streamlit (ver. upload video)	114
Gambar 4.36 Deteksi Gerakan DropShot.....	115
Gambar 4.37 Deteksi Gerakan LongServe.....	115
Gambar 4.38 Deteksi Gerakan Smash.....	116

DAFTAR RUMUS

(1)	.....	39
(2)	.....	39
(3)	.....	40
(4)	.....	41
(5)	.....	41
(6)	.....	42
(7)	.....	57
(8)	.....	58
(9)	.....	58
(10)	.....	58



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Turnitin.....	164
Lampiran 2 AI Detection by QuillBot.....	165

