

Personal Training with Tai Chi: Classifying Movement using Mediapipe Pose Estimation and LSTM

Vartin Suhandi^{1*}, Handri Santoso²

¹ Departement of Informatics, Faculty of Science and Technology, Pradita University, Tangerang, Indonesia

² Information technology, Faculty of Science and Technology, Pradita University, Tangerang, Indonesia

Email: ¹vartin.suhandi@student.pradita.ac.id, ²handri.santoso@pradita.ac.id

Email Penulis Korespondensi: vartin.suhandi@student.pradita.ac.id

Submitted: 10/07/2024; Accepted: 08/09/2024; Published: 09/09/2024

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan dalam praktik Tai Chi Bafa Wubu (BWTC), di mana akses terbatas terhadap instruktur terlatih dan kesibukan sehari-hari membatasi konsistensi latihan. Pendekatan yang diusulkan menggabungkan teknologi Human Pose Estimation menggunakan Mediapipe dengan model Long Short-Term Memory (LSTM) untuk mengklasifikasikan gerakan BWTC. Metode ini menggunakan dataset video yang dikumpulkan dari internet dan di-augmentasi untuk melatih model LSTM, dengan fokus pada gerakan An, Ji, dan Zhou. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model dapat memprediksi gerakan dengan tingkat akurasi yang tinggi dalam pelatihan dan uji coba langsung dengan pengguna. Pengembangan teknik ini dalam memfasilitasi latihan mandiri yang lebih efektif dalam Tai Chi, memanfaatkan kecanggihan teknologi AI untuk meningkatkan pengawasan gerakan dan akurasi interpretasi gerakan pengguna. Penelitian ini bukan hanya menyediakan solusi praktis untuk meningkatkan efisiensi dan aksesibilitas latihan Tai Chi, tetapi juga membuka potensi penerapan teknologi pose estimation dan machine learning dalam pemantauan dan evaluasi gerakan olahraga secara luas. Diharapkan bahwa hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam bidang kesehatan dan kebugaran dengan memungkinkan individu untuk melatih Tai Chi secara mandiri dengan bimbingan teknologi, mempromosikan kesehatan mental dan fisik yang lebih baik di kalangan masyarakat umum.

Kata Kunci: Human Pose Estimation; Machine Learning; Long Short Term Memory(LSTM); Media Pipe; Pelatih Pribadi; Tai Chi Bafa Wubu

Abstract—This research aims to tackle challenges in the practice of Tai Chi Bafa Wubu (BWTC), where limited access to trained instructors and daily schedules hinder training consistency. The proposed approach combines Human Pose Estimation technology using Mediapipe with Long Short-Term Memory (LSTM) models to classify BWTC movements. This method utilizes video datasets collected from the internet and augmented to train LSTM models, focusing on An, Ji, and Zhou movements. Experimental results show that the model can predict movements with high accuracy in training and direct user trials. The development of these techniques facilitates more effective self-training in Tai Chi, leveraging advanced AI technology to improve movement supervision and user movement interpretation accuracy. This study not only offers a practical solution to enhance Tai Chi training efficiency and accessibility but also explores the potential application of pose estimation technology and machine learning in broader sports movement monitoring and evaluation. It is expected that this research will make a significant contribution to health and fitness by enabling individuals to independently practice Tai Chi with technological guidance, promoting better mental and physical health among the general public.

Keywords: Human Pose Estimation; Machine Learning; Long Short Term Memory(LSTM); MediaPipe; Personal Training; Tai Chi Bafa Wubu

1. PENDAHULUAN

Seseorang membutuhkan beberapa faktor yang harus diperhatikan untuk mencapai latihan dengan hasil terbaik ada beberapa faktor penting yang harus diperhatikan pertama gerakan tai chi harus dilakukan oleh instruktur terlatih untuk memastikan gerakan dilakukan dengan baik dan benar, kedua frekuensi latihan untuk mencegah jatuh pada orang dewasa yang lebih tua oleh karena itu dianjurkan untuk latihan dengan teratur[1]. Menurut studi yang sudah dilakukan untuk mendapatkan hasil yang paling sedikit membutuhkan latihan selama 60 menit dalam 1 minggu[2]. Dengan memaksimalkan latihan Penelitian menunjukkan bahwa Tai Chi dapat meningkatkan fungsi kognitif secara signifikan pada orang dewasa yang lebih tua dengan Type 2 Diabetes (T2D) dan Mild Cognitive Impairment (MCI) [3]. Oleh karena itu untuk mencapai hasil yang maksimal muncul sebuah masalah dimana tidak semua orang memiliki akses untuk dapat mempelajari gerakan taichi dari instruktur dan juga keterbatasan waktu dimana semua manusia memiliki waktu yang sama tetapi kesibukan yang berbeda.

Kecerdasan buatan (AI), khususnya machine learning (ML), telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir dalam konteks analisis data dan komputasi yang umumnya memungkinkan aplikasi untuk berfungsi secara cerdas[22]. Machine learning (ML) umumnya memberikan sistem kemampuan untuk belajar dan meningkatkan diri dari pengalaman secara otomatis tanpa perlu diprogram secara spesifik[23]. Supervised learning adalah sebuah tugas dalam machine learning yang bertujuan untuk mempelajari fungsi yang memetakan input ke output dengan menggunakan pasangan input-output yang telah diberi label pada data pelatihan. Dengan kata lain, supervised learning berusaha untuk menyimpulkan suatu fungsi berdasarkan data yang telah diketahui labelnya.[24].

Tai Chi merupakan praktik kuno Tiongkok yang berakar dalam pengobatan tradisional Tiongkok, seni bela diri, pada abad ke-17[13]. Bafa Wubu merupakan Jenis baru Tai Chi yang disederhanakan cocok untuk praktik oleh orang awam. Dimana dasar dari gerakannya berasal dari tai chi. Jenis ini mencakup lima jenis gerakan kaki yang disebut Jin, Tui, Gu, Pan, dan Ding, yang masing-masing berarti bergerak ke depan, ke belakang, ke kiri, ke kanan,

dan berdiri diam[14] dan delapan metode Peng, Lu, Ji, An, Cai, Lie, Zhou, Kao yang masing-masing berarti mengangkat dan menahan lawan, menggulung mundur, menekan dengan kedua tangan, mendorong dengan kedua tangan, mencabut atau menarik, memisahkan menyerang dengan siku, dan menyerang dengan bahu[15]. Zeng dan yang lainnya membuktikan bahwa Tai Chi jenis bafa wubu atau BWTC dapat menurunkan kecemasan dan depresi[16]. Dikarenakan gerakan-gerakan dapat merangsang konektivitas fungsional dan aktivitas saraf dari daerah otak terkait. Selain itu latihan BWTC dapat meningkatkan fungsi jantung dan paru-paru[17].

Olahraga taichi sudah dilakukan secara *pose evaluation*. Penelitian tersebut menggunakan modul evaluasi yang terdiri dari kamera *eksternal*, sepatu khusus dengan kompas digital, dan server jarak jauh. Data gambar dan pengukuran dikirim ke server untuk merekonstruksi pose manusia dan menghitung kesamaan gerakan pengguna dengan pelatih yang digunakan sebagai standar kebenaran[7].

Pada penelitian sebelumnya penggunaan *human pose estimation* dengan mediapipe sudah diterapkan di beberapa olahraga seperti angkat beban untuk menghitung pengulangan yang sudah dilakukan[4] dan yoga untuk melakukan *validasi* satu gerakan yang dilakukan pengguna[5], [6]. Adanya beberapa penelitian lain menggunakan mediapipe untuk pengenalan postur tubuh. *Yoga posture estimation and correction* menggunakan mediapipe untuk ekstraksi titik-titik kunci pada postur yoga dan mengoreksi postur dengan jaringan syaraf tiruan (ANN) untuk meningkatkan akurasi pengenalan postur[11]. Selain itu penerapan lainnya digunakan untuk memprediksi struktur tubuh dalam tarian mediapipe dan *Dynamic Time Warping* (DTW) untuk memprediksi postur tubuh dalam pelatihan tari Remo[12].

Kebutuhan untuk mendapatkan estimasi pose tubuh manusia dapat dipersingkat dengan menggunakan mediapipe. Tidak ada penelitian sebelumnya yang menggunakan mediapipe sebagai prediktor pose manusia atau struktur tubuh dalam olahraga Tai Chi. Mediapipe belum digunakan untuk mempelajari gerakan-gerakan dalam Tai Chi. Mediapipe memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan *open pose*, dimana media pipe berjalan dengan sangat cepat dikarenakan efisiensi pemrosesannya dan hal lainnya mediapipe dirancang untuk menjalankan *inferensi* pada waktu nyata (*real-time*) [9][10].

Mediapipe pose (MPP), suatu kerangka kerja lintas *platform* yang bersifat *open-source* yang disediakan oleh Google, digunakan untuk mendapatkan perkiraan koordinat sendi manusia dalam setiap frame gambar[18]. HPE atau Human Pose Estimation dapat menentukan koordinat tubuh dapat memberikan struktur tubuh untuk dapat dianalisis[19]. Estimasi pose manusia (*human pose estimation*) metode komputasi untuk mendeteksi dan menentukan lokasi sendi-sendi dan bagian tubuh manusia dalam gambar atau video, dengan efektif merekonstruksi pose manusia dalam ruang 2D atau 3D[20], [21]. Mediapipe belum digunakan untuk mempelajari gerakan-gerakan dalam Tai Chi yang nantinya Mediapipe digunakan untuk mendeteksi 32 titik kunci pada tubuh kemudian sudut antara titik-titik ini dihitung dan dibandingkan menggunakan DTW dengan gerakan referensi (master).

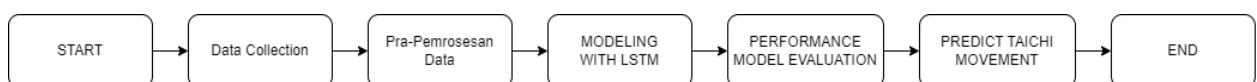
Pada penelitian ini digunakan *Long short term memory* untuk melakukan prediksi untuk menentukan gerakan pada tai chi bafa wubu dikarenakan pada satu gerakan tai chi terdapat beberapa rentetan posisi yang harus diikuti sehingga model LSTM sangat cocok karena menggunakan *sequential* data untuk melatih model. *Model Long Short Term Memory* (LSTM) sangat cocok untuk memodelkan data *sequential* dan deret waktu karena kemampuannya untuk mengingat *dependensi* jangka panjang[25].

Dengan menggunakan HPE mediapipe dan machine learning untuk mengklasifikasikan estimasi *sequential* posenya sehingga dapat dikembangkan untuk memprediksi keakuratan gerakan postur tubuh pengguna dengan gerakan pelatih profesional. Yang diharapkan penelitian ini dapat membantu pengguna untuk dapat mengetahui gerakan yang dilakukan sudah benar atau belum dengan tolak ukur tubuh instruktur. Khususnya pada taichi untuk meningkatkan efektivitas latihan dengan personal training dengan instruktur terlatih untuk mendapatkan hasil yang maksimal dan meningkatkan frekuensi latihan untuk lebih konsisten.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Tahapan Penelitian

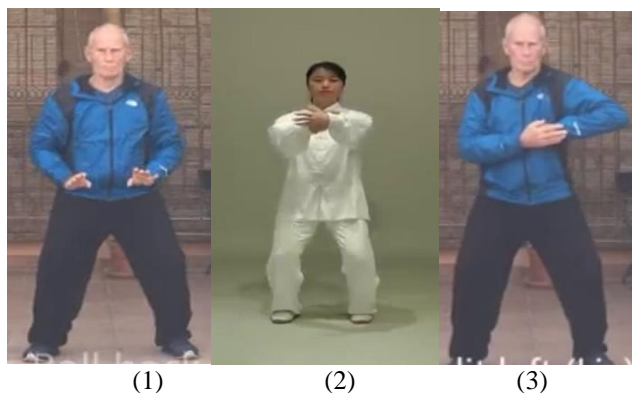
Gambar 1 menunjukkan serangkaian tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini untuk mengklasifikasikan gerakan Tai Chi Bawa Wubu. Tahapan ini mencakup pengumpulan data gerakan, analisis pose menggunakan Mediapipe untuk mengekstraksi fitur-fitur penting dari gerakan, dan kemudian klasifikasi gerakan tersebut menggunakan model Long Short-Term Memory (LSTM). Proses ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi pengenalan gerakan Tai Chi dengan memanfaatkan kekuatan metode analisis pose canggih dan teknik pembelajaran mesin yang mampu menangani data urutan seperti LSTM. Rincian setiap tahap dapat dilihat secara lebih jelas pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.2. Data Collection

Peneliti ini menggunakan data yang berasal dari internet berupa sebuah video mengenai gerakan taichi yang dilakukan oleh seorang instruktur. Gerakan dari video tersebut akan menjadi dataset untuk dilatih agar mendapatkan sebuah model yang dapat digunakan untuk mengklasifikasi postur tubuh pengguna untuk dapat menentukan posisi gerakan taichi yang maximal. Penelitian ini akan menggunakan melakukan pengujian terhadap 3 gerakan dasar yaitu An (mendorong dengan kedua tangan), ji (menekan), Zhou (menyerang dengan siku)[15] Seperti pada gambar 2.



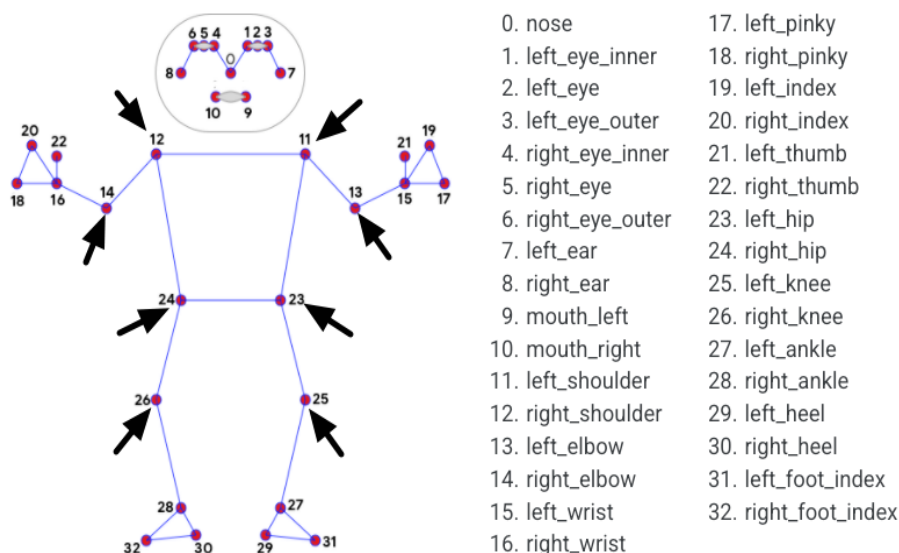
Gambar 2. (1)Gerakan An, (2)Gerakan Ji, (3)Gerakan Zhou

Target video akan dilakukan inter-frame difference method dimana teknik deteksi gerakan yang memanfaatkan perbedaan antara dua atau lebih frame yang berurutan dalam sebuah video. Metode ini sederhana dan efektif untuk mendeteksi objek bergerak dengan cara membandingkan perubahan intensitas piksel dari frame ke frame[26]. lalu frame-frame tersebut akan disimpan.

2.3. Pre-processing Data

Pada penelitian ini Video yang sudah dibagi menjadi frame-frame dikumpulkan untuk satu gerakan. masing-masing gerakan didapatkan 13 video dengan masing-masing video memiliki 30 frame. Dilakukan augmentasi yang merupakan suatu teknik yang fundamental dalam pengolahan citra dan pembelajaran mesin yang bertujuan untuk memperluas variasi dataset pelatihan. Dengan menerapkan transformasi seperti pembalikan horizontal, rotasi, peningkatan kecerahan, dan blur Gaussian, teknik ini bertujuan untuk meningkatkan generalisasi model terhadap data baru[20]. Untuk memperbanyak dataset dimana satu video akan menjadi 10 video. dengan masing-masing gerakan memiliki 13 video akan menjadi 130 video atau 3900 frame.

Media pipe sebuah kerangka kerja yang dikembangkan oleh google untuk dapat menganalisis koordinat postur tubuh manusia menjadi titik koordinat[18]. Output dari media pipe adalah daftar titik-titik kunci yang sesuai dalam koordinat kartesius X, Y, dan Z. Titik-titik kunci ini dapat digunakan untuk mendapatkan perkiraan kasar struktur dan orientasi tubuh manusia dalam gambar atau video secara real time[27]. Penelitian ini menggunakan 8 titik sendi seperti Gambar 3 untuk menentukan postur tubuh antara lain *left shoulder, left elbow, left wrist, right shoulder, right elbow, right wrist, left hip, left knee, left ankle, right hip, right knee, right ankle*.



Gambar 3. Landmark untuk Tubuh pada Media pipe

Koordinat yang sudah didapatkan akan dihubungkan untuk menjadi sebuah vektor. dengan menggunakan 3 vektor kita dapat mengambil sebuah sudut. Dari penelitian sebelumnya dapat dipelajari menggunakan perhitungan radian untuk mendapatkan sudut[28] dan pada penelitian ini maka didapatkan perhitungan seperti ini. untuk mendapatkan sudut antara vektor maka akan koordinat landmark A,B dan C dijadikan dua vektor yaitu dan (1)

$$\begin{aligned} \vec{BA} &= (x_1 - x_3, y_1 - y_3, z_1 - z_3) \\ \vec{BC} &= (x_2 - x_3, y_2 - y_3, z_2 - z_3) \end{aligned} \tag{1}$$

Untuk mendapatkan sudut dapat didapatkan dari rumus internal vektor. maka untuk mendapatkan sudut dari tiga poin dapat didefinisikan seperti (2).

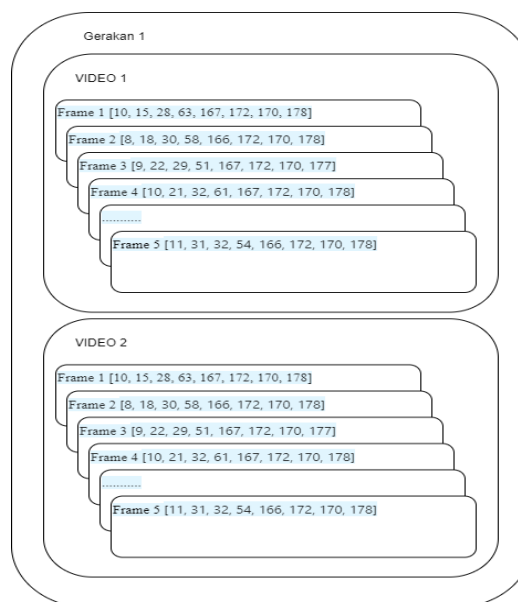
$$\theta = \cos^{-1} \frac{\vec{BA} \times \vec{BC}}{|\vec{BA}| |\vec{BC}|} \tag{2}$$

Rangkaian frame gambar yang telah diambil akan di extract setiap landmark sudutnya untuk dijadikan sebagai dataset untuk mentraining model agar mendapatkan akurasi yang baik.

Data splitting merupakan metode dalam machine learning yang dipakai untuk memisahkan dataset menjadi dua bagian atau lebih. Saat melakukan data splitting, dataset akan dipisahkan menjadi data training dan data testing[15]. Rasio pembagian data di penelitian ini adalah sebanyak 80:20 yang artinya terdapat 80% data training dan 20% data testing.

2.4. Modeling with LSTM

Long Short-Term Memory (LSTM) adalah jenis Recurrent Neural Network (RNN) yang dirancang untuk menangani masalah vanishing gradient dan untuk mengingat informasi jangka panjang.LSTM merupakan supervised learning yang memiliki metode pembelajaran mesin di mana algoritma dilatih menggunakan data yang diberi label untuk memprediksi atau mengklasifikasikan output berdasarkan input yang diberikan. Proses ini melibatkan penggunaan pasangan input-output untuk membangun model yang dapat memetakan input baru ke output yang diharapkan[29]. LSTM sangat efektif dalam memproses dan memprediksi data urutan (*sequence* data) yang memerlukan pemahaman konteks dari urutan waktu yang panjang[30]. model yang digunakan untuk memprediksi serangkaian data yang berhubungan seperti video, pembicaraan atau kalimat. model akan mengingat beberapa data dengan satu labeling seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Arsitektur Seq2Seq LSTM

2.5. Performance model evaluation

Model akan diuji dengan dataset yang diawal sudah dipisah 80:20. dimana 20% dari dataset akan dicoba diprediksi dimana label dari data sudah diketahui. Dan akan didapatkan nilai keakuratan dari keseluruhan dataset. Penelitian ini menggunakan performance model evaluation menggunakan confusion matrix dengan mencatat mencatat jumlah true positives (TP), true negatives (TN), false positives (FP), dan false negatives (FN). Dari matriks ini, metrik seperti akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score*[20]. Untuk mendapatkan hasil akurasi yang akurat dilakukan pengujian confusion matrix sebanyak 10 kali dengan mengumpulkan *f1-score* dari setiap pengujian dan diambil rata-ratanya. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan populasi akurasi dari dataset yang dipakai pada penelitian ini

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Video dilakukan *inter frame method* atau memecah video menjadi frame by frame, frame tersebut akan Video akan dilakukan augmentasi data, dimana lakukan perubahan transformasi seperti pembalikan horizontal, rotasi, peningkatan kecerahan, dan blur Gaussian untuk membuat dataset menjadi beragam dimana satu video akan di augmentasi menjadi 10 video seperti pada Tabel 1. Video dilakukan *inter frame method* atau memecah video menjadi frame by frame, frame tersebut akan dikelompokkan menjadi gerakan-gerakan yang sama dengan panjang 30 frame dalam satu video seperti pada tabel 1. Setelah dilakukan *inter frame method*, video akan berubah menjadi frame dan salah satu contoh hasilnya ditunjukkan pada Gambar 5, dimana frame tersebut merupakan video yang dibelah dari durasi yang Panjang.

Tabel 1. Dataset video setelah di augmentasi

Nama Gerakan	Video	Frame
Gerakan An	130	3900
Gerakan Ji	130	3900
Gerakan Zhou	130	3900
Gerakan Normal	130	3900

Setelah melalui proses augmentasi di mana setiap frame mengalami modifikasi, setiap frame akan mengalami transformasi bentuk yang berbeda-beda serta variasi augmentasi untuk meningkatkan keragaman data, sebagaimana yang tergambar dalam ilustrasi pada Gambar 5.



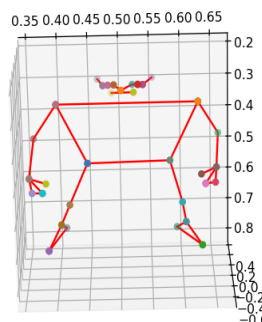
Gambar 5. Frame setelah di augmentasi

Contoh frame pada Gambar 5 akan diekstraksi untuk mendapatkan koordinat Human Pose Estimation (HPE) dari tubuh target. Gambar 3 akan dimasukkan ke dalam Mediapipe untuk mengolahnya dan menghasilkan koordinat yang kemudian dijadikan sebagai data input, seperti yang terperinci dalam Tabel 2.

Tabel 2. Sample Koordinatif target

Landmark	X	Y	Z
1	0.5052292	0.22925496	-0.47380707
2	0.522835	0.21734233	-0.43237725
3	0.5315452	0.2176145	-0.43246758
4	0.53910065	0.21842746	-0.4324058
5	0.49447632	0.2177194	-0.4323102
6	0.48545423	0.2182993	-0.43226814
7	0.47758776	0.21915066	-0.4322984
8	0.5536415	0.22572753	-0.205474
...

Pada Tabel 2 dijelaskan bahwa landmark 1 memiliki nilai x,y dan z. jika divisualisasikan datanya secara tiga dimensi maka akan membentuk seperti Gambar 6.



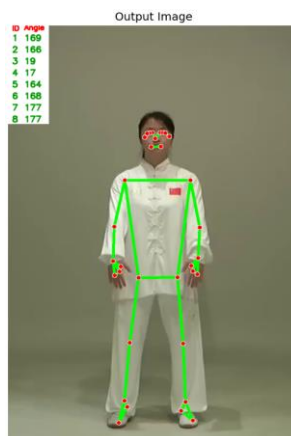
Gambar 6. Visualisasi 3D koordinat Target

Dengan menggunakan koordinat yang disajikan pada Tabel 2, dapat dihitung sudut pada 8 titik landmark yang digunakan dalam penelitian ini. Proses perhitungan ini melibatkan metode geometri analitik untuk menentukan sudut di antara titik-titik tersebut. Setelah perhitungan selesai, hasil sudut pada masing-masing titik landmark disajikan secara rinci dalam Tabel 2, yang menunjukkan distribusi sudut dan membantu dalam analisis gerakan lebih lanjut. Tabel 3 memberikan gambaran lengkap mengenai sudut-sudut yang relevan, yang merupakan dasar penting untuk evaluasi dan klasifikasi gerakan.

Tabel 3. Sudut landmark

Landmark	Angle
<i>right elbow</i>	169
<i>left elbow</i>	166
<i>right shoulder</i>	19
<i>left shoulder</i>	17
<i>right hip</i>	164
<i>left hip</i>	168
<i>right knee</i>	177
<i>left knee</i>	177

Pada Table 3 dijelaskan bahwa masing-masing titik landmark memiliki nilai sudut seperti *right shoulder* yang memiliki sudut 19 derajat. jika dimasukkan ke dalam gambar target untuk pengguna pada menyesuaikan postur tubuhnya seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Visualisasi 3D koordinat Target

Masing-masing dari frame didapatkan 8 feature yang digunakan untuk melakukan modeling dengan LSTM. dataset akan disiapkan menjadi array 3D dimana satu gerakan akan memiliki 130 video dan masing-masing vidio memiliki 30 frame dan setiap frame akan memiliki 8 feature. Bentuk array seperti pada Gambar 8.

```

X_train
array([[170, 176, 12, ..., 172, 176, 177],
       [175, 168, 16, ..., 175, 179, 177],
       [178, 166, 15, ..., 176, 177, 177],
       ...,
       [176, 172, 11, ..., 177, 176, 174],
       [175, 174, 11, ..., 177, 178, 173],
       [174, 177, 13, ..., 168, 176, 177]],

      [[ 12,  7, 32, ..., 174, 170, 179],
       [  2,  9, 33, ..., 163, 179, 171],
       [  9,  6, 27, ..., 173, 170, 177],
       ...,
       [123, 140, 21, ..., 164, 179, 170],
       [125, 139, 20, ..., 164, 177, 171],
       [119, 136, 15, ..., 172, 170, 179]],

      [[ 6, 72, 25, ..., 169, 169, 175],
       [ 71,  0,  5, ..., 170, 176, 173],
       [ 49,  2,  6, ..., 168, 176, 170],
       ...,
       [ 11, 27, 53, ..., 170, 169, 176],
       [ 14, 21, 55, ..., 169, 169, 176],
       [ 16, 10, 28, ..., 171, 174, 172]],

      ...
    
```

Gambar 8. Koordinat dalam Array

Dataset akan dibagi menjadi data training dan data test, dengan alokasi data test sebesar 20% dan data training sebesar 80% dari keseluruhan dataset. Pembagian ini bertujuan untuk memastikan model dapat dilatih secara efektif dan dievaluasi secara akurat. Rincian pembagian dataset dapat dilihat pada Gambar 9.

```
[15600 rows x 4 columns]
X_train shape: (416, 30, 8)
y_train shape: (416, 4)
X_test shape: (104, 30, 8)
y_test shape: (104, 4)
```

Gambar 9. Pembagian data test dan data train

Setelah itu, proses pelatihan (training) dilakukan dengan jumlah epoch sebanyak 50 untuk memastikan model LSTM dapat belajar dengan baik dari data yang ada. Kinerja model kemudian dievaluasi melalui rata-rata hasil dari 10 kali pelatihan dan pengujian (training dan testing) yang berbeda untuk mendapatkan gambaran yang lebih akurat mengenai performa model. Hasil skor kinerja model, termasuk metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, dan recall, dapat dilihat secara rinci pada Gambar 10.

	Run	Accuracy
0	1	1.000000
1	2	1.000000
2	3	1.000000
3	4	1.000000
4	5	0.987179
5	6	1.000000
6	7	1.000000
7	8	0.961538
8	9	1.000000
9	10	1.000000
10	Average	0.994872

Gambar 10. Rata-rata performance model

Untuk menguji model penelitian ini melakukan test secara langsung dengan kamera *real-time* dengan cara kerja menangkap 30 frame yang langsung di *extract* dengan mediapipe dan didapatkan sudutnya. Dijadikan dalam satu *array* kemudian dilakukan prediksi dengan LSTM yang sudah dilatih seperti Gambar 11.

```
[[167, 27, 20, 57, 178, 173, 178, 177], [
77, 174, 179, 179], [167, 40, 20, 71, 177
[166, 40, 21, 71, 178, 173, 177, 179], [1
8, 173, 177, 178], [164, 48, 20, 80, 179,
[160, 84, 23, 128, 179, 173, 177, 179], [
45, 178, 174, 179, 179], [159, 65, 25, 14
1/1 ----- 0s 24ms/step
Predicted Label: Gerakan_JI
```

Gambar 11. data real dan diprediksi

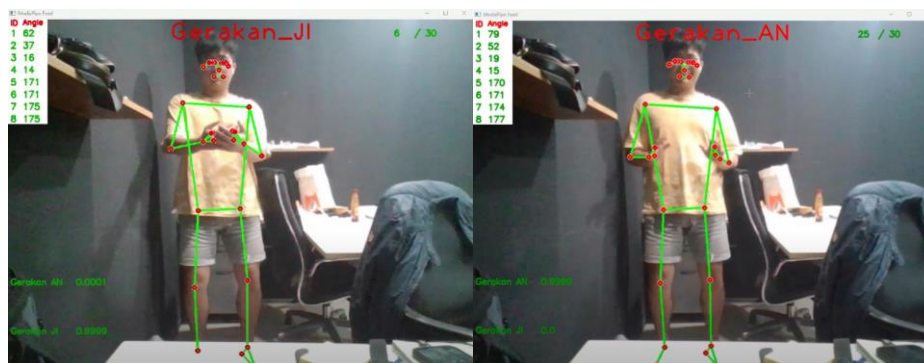
Dilakukan uji langsung dengan pengguna yang melakukan masing-masing gerakan sebanyak 10 kali untuk prediksi gerakannya. Hasil dari prediksi gerakan ini disajikan dalam Tabel 5. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi akurasi dan konsistensi model dalam kondisi nyata serta untuk memastikan bahwa model dapat mengenali gerakan dengan baik ketika digunakan oleh pengguna.

Tabel 5. Hasil Percobaan Secara Langsung

Gerakan	Benar	Salah
Gerakan An	10	0
Gerakan Ji	10	0
Gerakan Zhou	10	0
Normal	10	0

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5, dilakukan percobaan di mana masing-masing gerakan dicoba oleh pengguna sebanyak 10 kali, dan hasilnya semua gerakan dapat diprediksi dengan benar. Hasil percobaan ini menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dari model yang digunakan. Visualisasi hasil prediksi dapat dilihat pada

Gambar 12, yang menggambarkan kemampuan model dalam mengenali dan mengklasifikasikan gerakan dengan tepat.



Gambar 12. Sample gambar saat uji coba

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, penggunaan Mediapipe untuk analisis pose tubuh dengan model Long Short-Term Memory (LSTM) untuk mengklasifikasikan gerakan Tai Chi Bawa Wubu telah berhasil. Hasilnya menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif dalam mengenali dan memprediksi gerakan dengan tingkat akurasi yang tinggi, seperti yang dibuktikan melalui uji coba langsung dengan pengguna. Penulis menyadari bahwa pengumpulan lebih banyak dataset video gerakan Tai Chi sangat diperlukan untuk meningkatkan akurasi hasil. Perlunya perhitungan sudut pada sendi tubuh untuk mendapatkan estimasi yang konsisten pada semua postur tubuh manusia juga menjadi penting. Penggunaan model sequential seperti LSTM terbukti efektif dalam mengklasifikasikan Gerakan An, Ji, Zhou, dan gerakan normal dengan akurasi mencapai 99%. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan terkait variasi gerakan dan dataset yang terbatas. Oleh karena itu, untuk pengembangan selanjutnya, diperlukan uji coba yang melibatkan lebih banyak variasi postur tubuh dan pengguna untuk memastikan model dapat digunakan secara luas dan akurat dalam konteks pengajaran dan analisis gerakan Tai Chi.

REFERENCES

- [1] Y. Du, P. Roberts, and W. Liu, "Facilitators and Barriers of Tai Chi Practice in Community-Dwelling Older Adults: Qualitative Study," *Asian Pacific Island Nursing Journal*, vol. 7, 2023, doi: 10.2196/42195.
- [2] S. Lyu *et al.*, "Comparative study of physiologic characteristics between the newly compiled Bafa Wubu of tai chi and 24 form simplified tai chi," *BMC Sports Sci Med Rehabil*, vol. 12, no. 1, Jul. 2020, doi: 10.1186/s13102-020-00192-x.
- [3] Y. Chen *et al.*, "Effects of Tai Chi Chuan on Cognitive Function in Adults 60 Years or Older With Type 2 Diabetes and Mild Cognitive Impairment in China: A Randomized Clinical Trial," *JAMA Netw Open*, vol. 6, no. 4, p. E237004, Apr. 2023, doi: 10.1001/jamanetworkopen.2023.7004.
- [4] V. S. P. Bhamidipati, I. Saxena, D. Saisanthiya, and M. Retnadhas, "Robust Intelligent Posture Estimation for an AI Gym Trainer using Mediapipe and OpenCV," in *Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Networking and Communications 2023, ICNWC 2023*, 2023. doi: 10.1109/ICNWC57852.2023.10127264.
- [5] C. Anilkumar, R. Jyothisna, S. V. Sree, and E. Gothai, "Deep Learning-Based Yoga Posture Specification Using OpenCV and Media Pipe," *Applied and Computational Engineering*, vol. 8, no. 1, pp. 80–86, Aug. 2023, doi: 10.54254/2755-2721/8/20230085.
- [6] R. Gajbhiye, S. Jarag, P. Gaikwad, and S. Koparde, "AI Human Pose Estimation: Yoga Pose Detection and Correction," 2022.
- [7] Y.-F. Jan, K.-W. Tseng, P.-Y. Kao, and Y.-P. Hung, "Augmented Tai-Chi Chuan Practice Tool with Pose Evaluation," 2021. doi: 10.1109/MIPR51284.2021.00013.
- [8] X. Q. Cai, Y. Q. Huo, F. J. Li, and H. Y. Sun, "Human pose estimation and similarity calculation for Tai Chi learning," *Journal of Graphics*, vol. 43, no. 4, pp. 695–706, Aug. 2022, doi: 10.11996/JG.j.2095-302X.2022040695.
- [9] C. Lugaresi *et al.*, "MediaPipe: A Framework for Building Perception Pipelines," Jun. 2019, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1906.08172>
- [10] Z. Cao, G. Hidalgo, T. Simon, S.-E. Wei, and Y. Sheikh, "OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields," Dec. 2018, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1812.08008>
- [11] N. Singla, "Motion Detection Based on Frame Difference Method," 2014.
- [12] K. K. Devyanti, "Pembelajaran Tari Remo Bolet Melalui Metode Drill and Practice Pada Ekstrakurikuler Tari Di Smpn 43 Surabaya," *Jurnal Pendidikan Sendoratik*, vol. 12, no. 1, 2023.
- [13] Health Research Institute, "TAI CHI-A THERAPEUTIC OUTLINE." Western Sydney University, 2021
- [14] H. Li, F. Peng, S. Lyu, Z. Ji, X. Li, and M. Liu, "Newly compiled Tai Chi (Bafa Wubu) promotes lower extremity exercise: a preliminary cross sectional study," *PeerJ*, vol. 11, 2023, doi: 10.7717/peerj.15036.
- [15] J. Zhang *et al.*, "The effect of Bafa Wubu of Tai Chi on college students' anxiety and depression: A randomized, controlled pilot study," *Front Physiol*, vol. 14, Jan. 2023, doi: 10.3389/fphys.2023.1036010.



- [16] J. Zhang *et al.*, “The effect of Bafa Wubu of Tai Chi on college students’ anxiety and depression: A randomized, controlled pilot study,” *Front Physiol*, vol. 14, Jan. 2023, doi: 10.3389/fphys.2023.1036010.
- [17] D. Liu and J. Liu, “EFFECT OF TAI-JI PRACTICE ON THE HEALTH OF THE ELDERLY,” *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, vol. 29, 2023, doi: 10.1590/1517-8692202329012022_0707.
- [18] J. W. Kim, J. Y. Choi, E. J. Ha, and J. H. Choi, “Human Pose Estimation Using MediaPipe Pose and Optimization Method Based on a Humanoid Model,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 13, no. 4, Feb. 2023, doi: 10.3390/app13042700.
- [19] H. U. R. Siddiqui *et al.*, “Enhancing Cricket Performance Analysis with Human Pose Estimation and Machine Learning,” *Sensors*, vol. 23, no. 15, Aug. 2023, doi: 10.3390/s23156839.
- [20] R. C. Chen, C. Dewi, S. W. Huang, and R. E. Caraka, “Selecting critical features for data classification based on machine learning methods,” *J Big Data*, vol. 7, no. 1, 2020, doi: 10.1186/s40537-020-00327-4.
- [21] P. Y. Simard, D. Steinkraus, and J. C. Platt, “Best practices for convolutional neural networks applied to visual document analysis,” in *Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition, ICDAR*, 2003. doi: 10.1109/ICDAR.2003.1227801.
- [22] I. Rodríguez-Rodríguez, J. V. Rodríguez, N. Shirvanizadeh, A. Ortiz, and D. J. Pardo-Quiles, “Applications of artificial intelligence, machine learning, big data and the internet of things to the COVID-19 pandemic: A scientometric review using text mining,” 2021. doi: 10.3390/ijerph18168578.
- [23] I. H. Sarker, M. M. Hoque, M. K. Uddin, and T. Alsanoosy, “Mobile Data Science and Intelligent Apps: Concepts, AI-Based Modeling and Research Directions,” *Mobile Networks and Applications*, vol. 26, no. 1, pp. 285–303, Feb. 2021, doi: 10.1007/s11036-020-01650-z.
- [24] I. H. Sarker, “Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions,” May 01, 2021, *Springer*. doi: 10.1007/s42979-021-00592-x.
- [25] H. Abbasimehr and R. Paki, “Improving time series forecasting using LSTM and attention models,” *J Ambient Intell Humaniz Comput*, vol. 13, no. 1, 2022, doi: 10.1007/s12652-020-02761-x.
- [26] T. B. de G. Lafayette *et al.*, “Validation of Angle Estimation Based on Body Tracking Data from RGB-D and RGB Cameras for Biomechanical Assessment,” *Sensors*, vol. 23, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.3390/s23010003.
- [27] S. Sajjan and A. Anilkumar, “Pose Estimated Yoga Monitoring System.” 2021, [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=3882498>
- [28] Y. Kwon and D. Kim, “Real-Time Workout Posture Correction using OpenCV and MediaPipe,” *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, vol. 20, no. 1, pp. 199–208, Jan. 2022, doi: 10.14801/jkiit.2022.20.1.199.
- [29] D. W. Apley and J. Zhu, “Visualizing the effects of predictor variables in black box supervised learning models,” *J R Stat Soc Series B Stat Methodol*, vol. 82, no. 4, 2020, doi: 10.1111/rssb.12377.
- [30] A. Muthalib, “Implementation of Human Pose Estimation Using Angle Calculation Logic on The Elder of The Hands as a Fitness Repetition” 2022, doi: 10.52088/ijesty.v1i4.346.