

ABSTRAK

Taekwondo merupakan seni bela diri yang memerlukan evaluasi gerakan secara presisi. Namun, pengamatan manual oleh pelatih seringkali bersifat subjektif dan kurang akurat, terutama saat mengevaluasi atlet dalam jumlah masif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem otomatisasi analisis gerakan tendangan Taekwondo berbasis *pose estimation*, serta mengkomparasikan efektivitas arsitektur *Convolutional Neural Network* yang terintegrasi dengan *Long Short-Term Memory* (CNN-LSTM) melawan algoritma *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost). Pengembangan sistem ini berpedoman pada metodologi CRISP-DM. Dataset primer yang digunakan berjumlah 500 video dari 10 atlet yang memperagakan lima jenis tendangan (*Dolyo Chagi*, *Dwi Chagi*, *Jumping Yeop Chagi*, *Up Chagi*, dan *Yeop Chagi*). Proses ekstraksi fitur spasial dilakukan menggunakan kerangka kerja MediaPipe Pose untuk melacak 33 titik sendi tubuh secara berurutan. Koordinat mentah tersebut direkayasa menjadi fitur biomekanik yang direpresentasikan dalam dua format: matriks sekuensial berdimensi (30×26) sebagai masukan CNN-LSTM, dan larik 260 fitur statistik deskriptif untuk masukan XGBoost. Guna mencegah kebocoran data (*data leakage*), dataset dipartisi dengan rasio 65:15:20, di mana augmentasi data diterapkan secara eksklusif hanya pada himpunan data latih. Untuk memastikan evaluasi yang objektif, masing-masing algoritma diuji melalui tiga skenario *hyperparameter tuning*, di mana model terbaik dipilih berdasarkan akurasi validasi tertinggi. Hasil pengujian komparatif tahap akhir menunjukkan bahwa arsitektur CNN-LSTM (Skenario Agresif) mendemonstrasikan keunggulan absolut dengan capaian akurasi pengujian (*testing*) sebesar 97,00%, membuktikan kemampuannya yang luar biasa dalam mengenali urutan momentum temporal secara berkesinambungan. Sementara itu, algoritma XGBoost (Skenario Agresif) mencatatkan akurasi sebesar 91,00%, yang menunjukkan adanya fenomena kehilangan informasi kronologis akibat peringkasan fitur statistik statis. Kesimpulannya, CNN-LSTM terbukti lebih superior, presisi, dan stabil untuk analisis deret waktu gerakan beladiri, sedangkan XGBoost direkomendasikan sebagai alternatif yang efisien untuk implementasi pada perangkat komputasi terbatas.

Kata Kunci: Taekwondo, *Pose Estimation*, *MediaPipe*, CNN-LSTM, *XGBoost*, CRISP-DM.

ABSTRACT

Taekwondo is a martial art that requires precise movement evaluation. However, manual observation by coaches is often subjective and lacks accuracy, particularly when evaluating multiple athletes. This study aims to develop an automated system for analyzing Taekwondo kicking movements based on pose estimation and to compare the effectiveness of a Convolutional Neural Network integrated with Long Short-Term Memory (CNN-LSTM) architecture against the Extreme Gradient Boosting (XGBoost) algorithm. System development followed the CRISP-DM methodology. The primary dataset consisted of 500 videos featuring 10 athletes performing five types of kicks (Dolyo Chagi, Dwi Chagi, Jumping Yeop Chagi, Up Chagi, and Yeop Chagi). Spatial feature extraction was performed using MediaPipe Pose to sequentially track 33 body joint landmarks. These raw coordinates were then engineered into biomechanical features represented in two formats: a (30×26) dimensional sequential matrix for CNN-LSTM input, and a flattened array of 260 dense descriptive statistical features for XGBoost input. To prevent data leakage, the dataset was partitioned using a 65:15:20 ratio, with data augmentation applied exclusively to the training set. To ensure an objective evaluation, each algorithm was tested through three hyperparameter tuning scenarios, where the best model was selected based on the highest validation accuracy. The final comparative test results demonstrated that the CNN-LSTM architecture (Aggressive Scenario) achieved absolute superiority with a testing accuracy of 97.00%, proving its outstanding stability in recognizing continuous temporal momentum flow. Meanwhile, the XGBoost algorithm (Aggressive Scenario) recorded an accuracy of 91.00%, indicating temporal information loss due to static statistical feature summarization. In conclusion, CNN-LSTM proved to be more superior, precise, and stable for martial arts time-series analysis, whereas XGBoost is recommended as a highly efficient alternative for implementation on devices with limited computational power.

Keywords: Taekwondo, Pose Estimation, MediaPipe, CNN-LSTM, XGBoost, CRISP-DM.