

PERANCANGAN DAN REALISASI PENGENALAN POLA GERAKAN TANGAN MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE* PADA ALAT *DUMBBELL* BERBASIS *RASPBERRY PI ZERO W*

William Eka Jaya NRP: 1522029

e-mail : william.ej20@gmail.com

ABSTRAK

Menjaga kesehatan dengan ber-olahraga dapat dilakukan di mana saja dengan menggunakan alat sederhana seperti *dumbbell*. Latihan yang dilakukan harus sesuai dengan usia dan kondisi kesehatan secara umum. Jika dirancang dengan tepat, program latihan beban untuk lansia dapat meningkatkan kekuatan tubuh, keseimbangan dan stabilitas sendi. Sebuah sistem diperlukan untuk mendeteksi gerakan sehingga dapat membantu pemakai dalam menggunakan *dumbbell*.

Pada Tugas Akhir ini telah dibuat *dumbbell* pendeteksi gerakan olahraga. *Dumbbell* dilengkapi oleh sensor *Innertial Measurement Unit* (IMU), *single board computer Raspberry Pi Zero W* dan LED RGB. Gerakan akan dideteksi oleh sensor *Innertial Measurement Unit* (IMU) yang membaca nilai *accelerometer* dan *gyroscope*. Data gerakan dikirim ke *Raspberry Pi Zero W* yang selanjutnya dilakukan *preprocessing data* dan pemodelan algoritma *Support Vector Machine* untuk mendapatkan model pendeteksi gerakan olahraga pada *dumbbell*. Bila gerakan terdeteksi maka *Raspberry Pi Zero W* akan memberi perintah LED RGB untuk menyalakan warna tertentu sesuai dengan deteksi gerakan.

Penggunaan metode *Support Vector Machine* dalam pengolahan data dari sensor IMU dapat mendeteksi jenis gerakan olahraga. Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan kepada 5 orang dengan gerakan yang dideteksi sebanyak 6 gerakan, *dumbbell* pendeteksi gerakan memiliki tingkat keberhasilan sebesar 90%-94%.

Kata kunci: *dumbbell*, deteksi gerakan, *Single Board Computer Raspberry Pi Zero W*, *Support Vector Machine*

DESIGN AND REALIZATION OF HAND GESTURE RECOGNITION USING SUPPORT VECTOR MACHINE ON RASPBERRY PI ZERO W BASED DUMBBELL

William Eka Jaya NRP: 1522029

e-mail : william.ej20@gmail.com

ABSTRACT

Maintaining health by exercising can be done anywhere using simple tools such as dumbbells. The exercise that is done must be in accordance with the age and general health condition. If designed properly, weight-training programs for the elderly can improve strength, balance and joint stability. A system that can detect this movement is needed so that it can assist the user in using dumbbells.

In this final project, a sports motion recognition dumbbell has been made. Dumbbell is equipped with an Inertial Measurement Unit (IMU) sensor, a single board computer Raspberry Pi Zero W and an RGB LED. Movement will be detected by the Inertial Measurement Unit (IMU) sensor and read the accelerometer and gyroscope values. Movement data is sent to the Raspberry Pi Zero W, which is then carried out with data preprocessing and modeling of the Support Vector Machine algorithm to obtain a sports motion recognition model for dumbbells. When motion is recognized, the Raspberry Pi Zero W will give the RGB LED command to turn on a certain color according to motion recognition.

The use of the Support Vector Machine method in processing data from the IMU sensor can detect the type of sports movement. Based on the results of trials conducted on 5 people with 6 movements detected, motion recognition dumbbells have a success rate of 90% -94%.

Keywords: *dumbbell, motion recognition, Single Board Computer Raspberry Pi Zero W, Support Vector Machine*

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | |
| SURAT PERNYATAAN | |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR | |
| KATA PENGANTAR | i |
| ABSTRAK | iii |
| <i>ABSTRACT</i> | iv |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiii |
| BAB I..... | 1 |
| I.1 Latar Belakang | 1 |
| I.2 Rumusan Masalah | 2 |
| I.3 Tujuan | 2 |
| I.4 Pembatasan Masalah | 2 |
| I.5 Sistematika Penulisan..... | 3 |
| BAB II..... | 5 |
| II.1 Jenis-jenis Gerakan..... | 5 |
| II.2 Single Board Computer Raspberry Pi Zero W | 8 |
| II.3 Sensor IMU GY-BNO055 | 11 |
| II.4 Modul Komunikasi I2C | 14 |
| II.5 LED RGB | 15 |
| II.6 <i>Machine Learning</i> | 17 |
| II.6.1 <i>Supervised Learning</i> | 17 |

| | |
|---|----|
| II.6.2 <i>Unsupervised Learning</i> | 18 |
| II.6.3 <i>Reinforced Learning</i> | 19 |
| II.7 <i>Algoritma Machine Learning</i> | 19 |
| II.7.1 <i>Decision Tree</i> | 19 |
| II.7.2 <i>Naïve Bayes Classifier</i> | 20 |
| II.7.3 <i>Support Vector Machine</i> | 21 |
| II.8 <i>Data Preprocessing</i> | 24 |
| II.8.1 <i>Normalize Data</i> | 25 |
| II.8.2 <i>Feature Extraction</i> | 25 |
| II.9 <i>Pembagian Data</i> | 26 |
| II.10 <i>Confusion Matrix</i> | 27 |
| II.11 <i>Modul Pickle</i> | 28 |
| II.12 <i>Grid Search & Cross Validation</i> | 28 |
| BAB III..... | 30 |
| III.1 <i>Perancangan Sistem Pendeteksi Gerakan</i> | 30 |
| III.2 <i>Perancangan Perangkat Keras</i> | 31 |
| III.3 <i>Perancangan Perangkat Lunak</i> | 34 |
| III.3.1 <i>Algoritma Proses Perancangan Perangkat Lunak Pada Sistem</i> <i>Pendeteksi Gerakan</i> | 35 |
| III.3.2 <i>Data Preprocessing</i> | 39 |
| III.3.3 <i>Pemodelan Algoritma SVM</i> | 42 |
| III.3.4 <i>Realisasi Deteksi Gerakan</i> | 43 |
| III.4 <i>Realisasi Alat</i> | 45 |
| BAB IV | 47 |
| IV.1 <i>Pengujian Nilai Akselerasi dan Kecepatan Sudut Pada Sensor IMU GY-</i> <i>BNO055 Untuk Setiap Gerakan Olahraga</i> | 47 |

| | |
|---|----|
| 1. Data Gerakan Dumbbell Curl | 47 |
| 2. Data Gerakan Lateral Raise | 48 |
| 3. Data Gerakan Overhead Press | 50 |
| 4. Data Gerakan Seated Rows..... | 51 |
| 5. Data Gerakan Tricep Extension..... | 52 |
| 6. Data Gerakan Forward Punch..... | 53 |
| 7. Data Negative | 55 |
| IV.2 Pengujian Tahap Data Preprocessing Untuk Setiap Gerakan | 56 |
| 1. Normalize Data Gerakan Dumbbell Curl | 56 |
| 2. Normalize Data Gerakan Lateral Raise | 57 |
| 3. Normalize Data Gerakan Overhead Press | 58 |
| 4. Normalize Data Gerakan Seated Rows..... | 60 |
| 5. Normalize Data Gerakan Tricep Extension..... | 61 |
| 6. Normalize Data Gerakan Forward Punch..... | 62 |
| 7. Normalize Data Negative..... | 63 |
| IV.3 Pengujian Kernel dan Parameter pada Model Algoritma SVM..... | 64 |
| IV.4 Pengujian Dumbbell Pendeteksi Gerakan Dalam Mendeteksi Gerakan Olahraga | 68 |
| IV.5 Pengujian Dumbbell Pendeteksi Gerakan Dalam Mendeteksi Gerakan Olahraga Menggunakan Tangan Kiri | 69 |
| BAB V..... | 70 |
| V.1 Simpulan..... | 70 |
| V.2 Saran | 70 |
| DAFTAR REFERENSI | 71 |
| LAMPIRAN A | 74 |
| LAMPIRAN B | 76 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar II.1(a) Gerakan <i>Dumbbell Curl</i> | 6 |
| Gambar II.1(b) Gerakan <i>Lateral Raise</i> | 6 |
| Gambar II.1(c) Gerakan <i>Overhead Press</i> | 6 |
| Gambar II.1(d) Gerakan <i>Seated Rows</i> | 7 |
| Gambar II.1(e) Gerakan <i>Tricep Extension</i> | 7 |
| Gambar II.1(f) Gerakan <i>Forward Punch</i> | 7 |
| Gambar II.2 <i>Single Board Computer Raspberry Pi Zero W</i> | 9 |
| Gambar II.3 Konfigurasi pin GPIO <i>Raspberry Pi Zero W</i> | 9 |
| Gambar II.4 Ilustrasi dari sensor IMU 9-DOF..... | 11 |
| Gambar II.5 Sensor IMU GY-BNO055 | 12 |
| Gambar II.6 Sistem Arsitektur Sensor GY-BNO055..... | 13 |
| Gambar II.7 Diagram Waktu Validitas Data Protokol I2C..... | 15 |
| Gambar II.8 Type P dan type N pada LED..... | 15 |
| Gambar II.9 Konfigurasi Pin LED RGB..... | 16 |
| Gambar II.10 <i>Supervised Learning Model</i> | 17 |
| Gambar II.11 Model <i>Unsupervised Learning</i> | 18 |
| Gambar II.12 Masalah <i>Classification Tree</i> | 19 |
| Gambar II.13 Konsep dasar <i>Support Vector Machine</i> | 21 |
| Gambar II.14 (a) <i>linearly separable data</i> dengan <i>margin</i> yang lebar..... | 22 |
| Gambar II.14 (b) <i>non-linearly separable data</i> | 22 |
| Gambar II.15(a) SVM dengan kernel <i>linear</i> | 23 |
| Gambar II.15(b) SVM dengan kernel RBF | 23 |
| Gambar II.15(c) SVM kernel <i>Polynomial deg=2</i> | 24 |

| | |
|---|----|
| Gambar II.15(d) SVM kernel <i>Polynomial deg=3</i> | 24 |
| Gambar II.16 Pembagian data menjadi <i>training</i> dan <i>testing</i> | 26 |
| Gambar III.1 Blok Diagram Sistem Pendeteksi Gerakan | 29 |
| Gambar III.2 Perancangan Peletakan <i>Hardware</i> Sistem Pendeteksi Gerakan pada <i>Dumbbell</i> | 30 |
| Gambar III.3. Rangkaian skematik sistem pendeteksi gerakan | 31 |
| Gambar III.4 Algoritma Proses Perancangan Perangkat Lunak | 36 |
| Gambar III.5 Diagram Alir Pengambilan Data | 15 |
| Gambar III.6 Data <i>accelerometer x,y,z</i> gerakan <i>dumbbell-curl</i> | 15 |
| Gambar III.7 Sampel data <i>gyroscope x,y,z</i> gerakan <i>dumbbell curl</i> | 15 |
| Gambar III.8 Diagram Alir <i>Preprocessing Data</i> | 15 |
| Gambar III.9 Contoh data <i>accelerometer</i> gerakan <i>dumbbell-curl</i> sebelum <i>normalize data</i> | 15 |
| Gambar III.10 Contoh data <i>accelerometer</i> gerakan <i>dumbbell-curl</i> sesudah <i>normalize data</i> | 15 |
| Gambar III.11 Contoh fitur yang telah diekstraksi | 15 |
| Gambar III.12 Diagram Alir Pemodelan Algoritma SVM..... | 15 |
| Gambar III.13 Diagram Alir Realisasi Sistem Pendeteksi Gerakan | 15 |
| Gambar III.14 Realisasi Perangkat Keras Sistem Pendeteksi gerakan | 15 |
| Gambar III.15 <i>Dumbbell</i> Pendeteksi Gerakan | 15 |
| Gambar IV.1 Grafik Nilai Akselerasi Gerakan <i>Dumbbell Curl</i> | 15 |
| Gambar IV.2 Grafik Nilai Kecepatan Sudut Gerakan <i>Dumbbell curl</i> | 15 |
| Gambar IV.3 Nilai kecepatan sudut gerakan <i>lateral raise</i> | 15 |
| Gambar IV.4 Nilai Kecepatan Sudut gerakan <i>lateral raise</i> | 15 |
| Gambar IV.5 Nilai Akselerasi gerakan <i>overhead press</i> | 15 |
| Gambar IV.6 Grafik Nilai Kecepatan Sudut arah x,y,z gerakan <i>overhead press</i> .. | 15 |

| | |
|---|----|
| Gambar IV.7 Grafik nilai akselerasi gerakan <i>Seated Rows</i> | 15 |
| Gambar IV.8 Grafik nilai kecepatan sudut gerakan <i>Seated Rows</i> | 15 |
| Gambar IV.9 Grafik nilai akselerasi gerakan <i>Tricep Extension</i> | 15 |
| Gambar IV.10 Grafik nilai kecepatan sudut gerakan <i>Tricep Extension</i> | 15 |
| Gambar IV.11 Grafik nilai akselerasi gerakan <i>Forward Punch</i> | 15 |
| Gambar IV.12 Grafik nilai kecepatan sudut pada gerakan <i>Forward Punch</i> | 15 |
| Gambar IV.13 Grafik Nilai <i>Accelerometer Data Negative</i> | 15 |
| Gambar IV.14 Grafik Nilai <i>Gyroscope Data Negative</i> | 15 |
| Gambar IV.15 Grafik nilai akselerasi dan kecepatan sudut yang telah dinormalkan untuk gerakan <i>Dumbbell Curl</i> | 15 |
| Gambar IV.16 Grafik nilai akselerasi dan kecepatan sudut yang telah dinormalkan untuk gerakan <i>Lateral Raise</i> | 15 |
| Gambar IV.17 Grafik nilai akselerasi dan kecepatan sudut yang telah dinormalkan untuk gerakan <i>Overhead Press</i> | 15 |
| Gambar IV.18 Grafik nilai akselerasi dan kecepatan sudut yang telah dinormalkan untuk gerakan <i>Seated Rows</i> | 15 |
| Gambar IV.19 Grafik nilai akselerasi dan kecepatan sudut yang telah dinormalkan untuk gerakan <i>Tricep Extension</i> | 15 |
| Gambar IV.20 Grafik nilai akselerasi dan kecepatan sudut yang telah dinormalkan untuk gerakan <i>Forward Punch</i> | 15 |
| Gambar IV.19 Hasil Pelatihan Model SVM Menggunakan <i>Training Data</i> | 15 |
| Gambar IV.20 Tabel <i>Confusion Matrix</i> dari Pelatihan Model SVM Menggunakan <i>Training Data</i> | 15 |
| Gambar IV.21 Grafik Nilai Akselerasi dan Kecepatan Sudut yang Telah Dinormalkan Untuk Data <i>Negative</i> | 15 |
| Gambar IV.22 Pemilihan Fungsi Kernel dan Parameter Menggunakan <i>Grid Search CV</i> | 15 |
| Gambar IV.23 Hasil Pelatihan Model SVM Menggunakan <i>Training Data</i> | 15 |

| | |
|--|----|
| Gambar IV.24 Tabel <i>Confusion Matrix</i> dari Pelatihan Model SVM Menggunakan <i>Training Data</i> | 15 |
| Gambar IV.25 Hasil Pengujian Model SVM Menggunakan <i>Test Data</i> | 15 |
| Gambar IV.26 Tabel <i>Confusion Matrix</i> dari Pengujian Menggunakan <i>Test Data</i> 15 | |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel II. 1 Fitur-fitur <i>Raspberry Pi Zero W</i> | 10 |
| Tabel II.2 Konfigurasi pin GY_BNO055..... | 14 |
| Tabel II.3 Karakteristik <i>Electrical & Optical</i> LED RGB | 16 |
| Tabel II.4 <i>Confusion Matrix</i> | 27 |
| Tabel III.1 Daftar Indikator Warna LED RGB | 7 |
| Tabel IV.1 Fitur Gerakan <i>Dumbbell Curl</i> | 7 |
| Tabel IV.2 Fitur Gerakan <i>Lateral Raise</i> | 7 |
| Tabel IV.4 Fitur Gerakan <i>Seated Rows</i> | 7 |
| Tabel IV.5 Fitur Gerakan <i>Tricep Extension</i> | 7 |
| Tabel IV.6 Fitur Gerakan <i>Forward Punch</i> | 7 |
| Tabel IV.7 Hasil pengujian pemilihan kernel dan parameter model SVM..... | 7 |
| Tabel IV.10 Hasil <i>Dumbbell</i> Dalam Mendeteksi Gerakan Benar..... | 7 |
| Tabel IV.11 Hasil <i>Dumbbell</i> Menggunakan Tangan Kiri Dalam Mendeteksi Gerakan Benar..... | 7 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|-----|
| LAMPIRAN A PROGRAM PENGAMBILAN DATA | A-1 |
| LAMPIRAN B PROGRAM <i>PREPROCESSING DATA</i> & PEMODELAN SVM | B-1 |
| LAMPIRAN C PROGRAM DETEKSI GERAKAN REALTIME | C-1 |

