

Pengenalan Seseorang Berbasis Skoring Data Trayektori Gaya Berjalan (Gait) Menggunakan *Naïve Bayesian*

Ashafidz Fauzan Dianta¹⁾, Adhi Dharma Wibawa²⁾, Mauridhi Hery Purnomo³⁾

¹⁾²⁾³⁾Jaringan Cerdas Multimedia, Teknik Elektro, ITS Surabaya Indonesia
email : ashafidz.fauzan@gmail.com¹⁾, adhiosa@ee.its.ac.id²⁾, hery@ee.its.ac.id³⁾

Abstraksi— Gaya berjalan seseorang adalah sangat unik, sebab cara berjalan seseorang sangat tergantung pada anggota tubuh bagian bawah seseorang seperti struktur tulang, otot, ligament dan tendon orang tersebut, hal itulah yang menjadikan gaya berjalan seseorang menjadi unik. Penelitian ini bermaksud, dapatkan kita mengenali seseorang dari gaya berjalannya. Data lintasan marker / marker trajectory digunakan sebagai input sistem biometrik. Dalam penelitian ini, diukur 8 orang sehat dan subjek tersebut diarahkan untuk berjalan secara normal di lintasan berjalan di laboratorium motion capture, dengan kecepatan jalan sesuai kenyamanan masing-masing subjek. Pada kaki kanan dan kiri, subjek tersebut ditempelkan marker sebanyak 16 buah (lower limbs). Setiap marker akan memiliki data lintasan 3D, yaitu lintasan pada sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z. Data marker trayektori diskoringkan, dan Naive Bayesian Algorithm digunakan untuk mengenali seseorang melalui gaya berjalannya. Jumlah keseluruhan data marker yang dianalisis sebanyak 50 data skoring marker trayektori gaya berjalan. Setiap satu data skoring trayektori marker gaya berjalan terdapat data trayektori marker selama satu gait cycle. Untuk uji coba, pada penelitian ini digunakan 16 data trayektori marker gaya berjalan untuk dijadikan data training ke dalam sistem pengenalan, dan sebanyak 34 data trayektori marker gaya berjalan digunakan sebagai data uji sistem biometrik. Dari hasil uji coba tersebut, 98,24% data uji dapat dikenali oleh sistem siapa pemilik gaya berjalan tersebut, dan 1,76% sistem tidak tepat dalam mengenali pemilik gaya berjalan tersebut, dengan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa data marker trayektori dapat dijadikan salah satu alternatif untuk proses mengenali sistem biometrik seseorang.

Kata Kunci — Marker Base Biometric, Gait Analysis, System Biometric Gait, Marker Trajectory Data, dan Naïve Bayesian

I. PENDAHULUAN

Berjalan merupakan aktifitas seseorang untuk berpindah tempat, tanpa kita sadari dalam sehari-hari kita dapat berjalan sangat jauh. Sebuah penelitian menyebutkan Gaya berjalan (gait) dapat diartikan sebagai pola atau ragam berjalan berpindah tempat dan mengandung pertimbangan yang detail dan rinci yang terkait dengan sendi dan otot [1]. Untuk meneliti gaya berjalan seseorang dibutuhkan sebuah perangkat teknologi, contohnya menggunakan kamera (berbasis video) atau menggunakan marker (berbasis marker). Penelitian tentang analisis gaya berjalan berbasis video memang sudah banyak, penelitian berbasis video sendiri memiliki beberapa kelemahan, salah satunya adalah kurang detailnya data

gerakan kaki yang didapat, dikarenakan data pergerakan kaki yang dihasilkan dalam video hanya didapat 2 sumbu yaitu sumbu X dan sumbu Y. Salah satu referensi menyebutkan bahwa penelitian berbasis video dengan menggunakan satu kamera, pada saat proses pengambilan data apabila kecepatan subjek semakin cepat, semakin sedikit frame yang dapat dianalisa [2]. Untuk itu dibutuhkan sebuah penelitian mengenali seseorang melalui gaya berjalan meskipun subjek berjalan cepat atau lambat. Dengan data trayektori gaya berjalan berbasis marker, sistem dapat mengenali gaya berjalan seseorang dengan baik karena detail semua gerakan kaki dapat terlihat di trayektori. Seperti gambar 1.2 dimana subjek berjalan di sebuah platform dengan sensor GRF (Ground Reaction Force). Marker yang ditempelkan dapat mengeluarkan data trayektori lintasan 3D, yaitu sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z.

Salah satu teknik klasifikasi adalah menggunakan metode Algoritma Naive Bayes. Naive Bayes merupakan pengklasifikasian dengan metode probabilitas dan statistik yang dikemukakan oleh ilmuwan Inggris Thomas Bayes, yaitu memprediksi peluang dimasa depan berdasarkan pengalaman dimasa sebelumnya sehingga dikenal sebagai Teorema Bayes. Teorema tersebut dikombinasikan dengan Naive dimana diasumsikan bahwa ada atau tidak ciri tertentu dari sebuah kelas tidak ada hubungan dengan ciri dari kelas lainnya. Metode Naive bayes memiliki beberapa karakteristik, seperti yang dijabarkan oleh pada papernya, Metode Bayes dapat mengatasi segala atribut meskipun atribut tersebut tidak relevan, Naive Bayes juga dapat mengatasi nilai atribut yang salah dengan mengabaikan data latih selama proses prediksi, karena naive bayes memiliki performa under zero - one loss [3]. Fungsi tersebut tidak memberi kesalahan perhitungan peluang, selama peluang maksimum di beri nilai maksimum.

II. GAIT CYCLE

Merujuk sebuah penelitian terdahulu, berjalan adalah dimana posisi tubuh tegak dan kedua tungkai berpindah dari satu titik ke titik berikutnya, dimana paling tidak salah satu kaki menyentuh tanah [4]. Berjalan merupakan suatu rangkaian dari gait cycle, dimana satu gait cycle dikenal dengan sebutan langkah (stride). Sedangkan menurut penelitian yang lain, definisi siklus gait terdiri dari dua bagian, yaitu berdiri (stance) dimana kaki mengenai landasan dan bagian mengayun (swing) dimana kaki tidak mengenai landasan [5]. Pada gambar 1 dapat dijelaskan, untuk setiap

tahap ada beberapa fase, seperti pada tahapan stance, ada 5 fase yaitu initial contact, loading response, midstance, terminal stance, pre swing. Sedangkan pada tahapan swing ada 3 fase yaitu initial swing, mid swing, dan terminal swing. Dalam satu gait cycle dibutuhkan waktu 60% untuk melakukan tahap berdiri (stance phase) dan tahap mengayun (swing phase) membutuhkan waktu 40% [6].



Gambar 1. Siklus gait normal pada anak berusia 8 tahun.

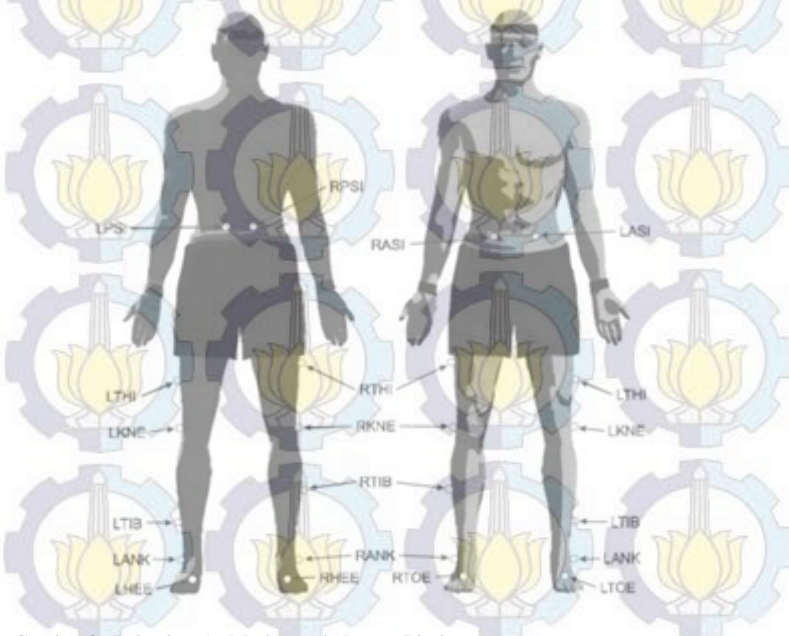
III. METODE PENELITIAN



Gambar 2. Bagan desain sistem pengenalan seseorang berbasis skoring data trayektoris gaya berjalan.

A. Data C3D Normal Walking

Data yang didapat dari penelitian ini adalah data C3D normal walking dari penelitian sebelumnya, penelitian tersebut dilakukan oleh Wibawa [7]. Gambar 3.2 adalah proses pengambilan data, dimana subjek sehat pada kedua kakinya (Lower Limbs) ditempel marker berjalan normal diatas sebuah platform dengan sensor GRF (Ground Reaction Force), subjek dalam satu kali jalan pada lintasan dapat melakukan gait cycle sekitar 2 sampai 3 kali gait cycle. Marker yang digunakan pada penelitian ini ada 16 marker, dimana marker tersebut ditempelkan pada kaki kanan berjumlah 8 dan kaki kiri juga berjumlah 8. Penempatan marker tersebut merujuk pada aturan Davis [8].



Gambar 3. Peletakan 16 Marker pada Lower Limbs.

B. Ekstraksi Data C3D



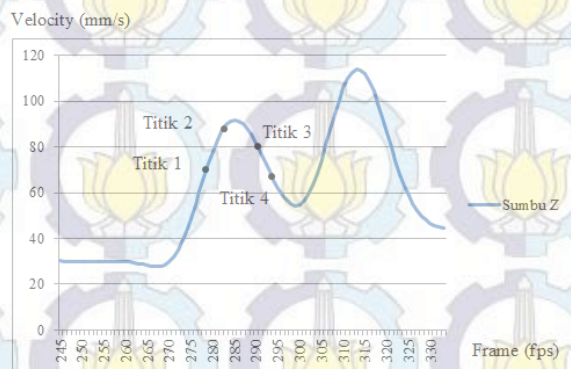
Gambar 4. Ekstraksi data marker ke dalam biner menggunakan software Visual Basic.

Tahap awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengamati file C3D kedalam perangkat lunak Mokka. Perangkat lunak ini dapat menampilkan secara rinci pergerakan yang terjadi pada setiap marker. Dibagian bawah simulasi terdapat indikator frame, sehingga saat subjek melakukan pergerakan tertentu, dapat dilihat pergerakan

tersebut berada di frame berapa. Pengamatan ini dilakukan untuk menentukan batas frame awal dan frame akhir dalam satu gait cycle. Data C3D diekstraksi untuk mendapatkan nilai tiap sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z pada setiap marker dari 16 marker. Dalam gambar 4 dapat dilihat hasil ekstraksi data C3D dimana marker tersebut diletakkan pada tulang lutut sebelah kiri (LKNE), garis merah adalah trayektori lintasan dari sumbu X, garis hijau adalah trayektori lintasan dari sumbu Y, dan trayektori lintasan sumbu Z ditunjukkan dalam garis biru. Data trayektori marker tersebut dilakukan oleh subjek yang melakukan 3 kali gait cycle.

C. Skoring Data Trayektori Gaya Berjalan

Untuk pengambilan nilai atau skoring pada tiap marker dalam satu gait cycle, dalam penelitian ini mengadopsi metode Pearson Correlation. Apabila nilai dari frame pertama ke frame berikutnya bernilai positif (grafik naik) maka di beri skor 2, dan apabila antara frame pertama dan frame kedua bernilai negatif (grafik turun) maka di skor 1. Ilustrasi skoring dapat dilihat pada gambar 2, dapat dilihat dari grafik tersebut pada titik 1 ke titik 2, grafiknya naik, maka setiap frame akan diskor 2. Apabila dari titik 3 ke titik 4 grafiknya turun, maka tiap frame akan diskor 1. Dalam satu gait cycle tiap subyek memiliki banyaknya jumlah frame yang berbeda-beda, hal ini dikarenakan semakin cepat gaya berjalan subjek, semakin sedikit frame yang dihasilkan, dan apabila subjek berjalan dengan ritme lambat maka jumlah frame nya akan sedikit lebih banyak. Setelah proses skoring tiap frame selesai, langkah selanjutnya adalah menjumlahkan nilai-nilai tiap skoring. Sebagai ilustrasi, jika antara titik 1 ke titik 2 ada 5 frame, maka jumlah nilai skoring dari titik 1 ke titik 2 adalah 2 dikali 5 sama dengan 10. dan jika dari titik 3 ke titik 4 terdapat 4 frame, maka didapat jumlah nilai, satu dikali 4 sama dengan 4. Awal gait cycle terjadi pada frame ke 245 dan akhir gait cycle terjadi pada frame ke 332, jadi ada 88 frame dalam satu gait cycle. Setelah didapat semua nilai skoring pada setiap frame, maka nilai tersebut dijumlahkan. Tabel 1 adalah hasil penjumlahan skoring dari 16 marker.



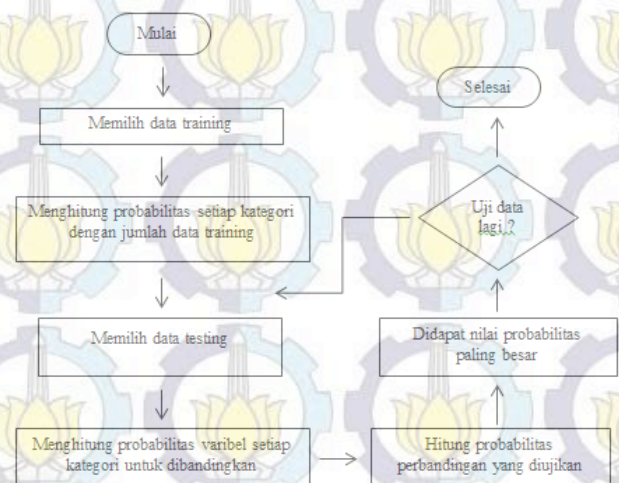
Gambar 2. Ilustrasi Skoring Data

TABEL 1

Nilai penjumlahan skoring untuk 16 marker dalam 1 gait cycle.

Marker	Total Skoring		
	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z
RTOE	137	176	124
RHEE	151	176	138
RANK	141	177	136
RTIB	135	177	145
RKNE	133	177	144
RTHI	141	177	131
RPSI	136	177	137
RASI	119	177	139
LTOE	136	177	109
LHEE	139	169	165
LANK	145	177	148
LTIB	149	177	145
LKNE	130	177	136
LTHI	125	177	130
LPSI	135	177	138
LASI	121	177	128

D. Sistem Pengenalan dengan Metode Naïve Bayesian



Gambar 5. Flowchart Sistem pengenalan dengan metode Naïve Bayesian

Flowchart sistem pengenalan gaya berjalan menggunakan algoritma Naïve Bayesian seperti gambar 5, langkah pertama dari 50 data marker trayektori, memilih data training untuk diinputkan ke dalam algoritma naive bayessian, data training dihitung nilai probabilitas pada setiap class atau kategori (dalam penelitian ini bisa dikatakan subjek). Langkah ketiga memilih data testing, yang diasumsikan tidak diketahui data marker trayektori tersebut milik subjek siapa. Berikutnya dihitung probabilitas variabel setiap kategori antara data testing dengan data training yang sudah dibuat. Variabel yang dimaksud disini adalah, jumlah nilai skoring marker tiap koordinat sumbu, variabel yang digunakan dalam penelitian ada 48 variabel. Langkah ke lima adalah menghitung probabilitas perbandingan pada setiap kategori atau setiap

subjek. Dari perhitungan tersebut didapat nilai probabilitas yang paling besar, dan dapat diartikan data testing tersebut masuk kedalam kategori atau class tersebut.

TABEL 2
Data Training.

No.	Data Gait	RTOE (1)			LASI (16)		
		X	Y	Z		X	Y	Z
	Subyek 1							
1.	Gait 1	137	176	124		121	177	128
2.	Gait 3	121	167	121		106	167	123
3.	Gait 4	150	177	121		125	177	128
	Subyek 2							
4.	Gait 1	139	171	123		116	171	126
5.	Gait 5	115	177	123		146	177	128
6.	Gait 6	139	177	123		161	177	126
	Subyek 3							
7.	Gait 1	101	150	110		96	153	110
8.	Gait 3	105	149	108		96	153	110
9.	Gait 7	117	146	102		102	147	106
	Subyek 4							
10.	Gait 1	126	171	127		103	164	119
11.	Gait 5	126	161	126		103	176	119
12.	Gait 6	142	165	127		127	179	135
	Subyek 5							
13.	Gait 1	146	195	139		136	195	138
14.	Gait 2	149	201	142		150	205	155
15.	Gait 5	141	203	136		146	203	152
	Subyek 6							
16.	Gait 3	172	207	141		147	207	148
17.	Gait 4	166	201	136		149	205	148
18.	Gait 5	166	203	141		150	203	148
	Subyek 7							
19.	Gait 3	127	155	116		111	165	121
20.	Gait 4	111	166	118		134	165	123
21.	Gait 5	130	170	118		114	175	121
	Subyek 8							
22.	Gait 2	150	174	121		130	181	124
23.	Gait 3	130	174	125		120	181	132
24.	Gait 6	130	172	125		117	177	131
	??????	170	207	138		153	209	154

Berdasarkan acuan tabel 2, terdapat 24 data training, dan satu data dilakukan untuk pengujian dimana data marker trayektorinya tidak diketahui milik subjek siapa. Data training tersebut dipilih secara manual, dimana setiap subjek memiliki tiga data marker trayektorinya untuk dijadikan pembandingan. Maka untuk mengenali data uji tersebut dilakukan langkah sebagai berikut :

1. Menghitung jumlah class atau kategori (subjek), berdasarkan klasifikasi yang terbentuk (prior probability),

dalam contoh kasus pada tabel 3.5 ada delapan class atau kategori, Hasil probabilitas dapat dilihat pada tabel 3

TABEL 3
Hasil perhitungan prior probability class.

No.	Subyek	=(banyak data class / jmlh total data training)	Jumlah
1.	Class Subyek 1	=3/24	0,125
2.	Class Subyek 2	=3/24	0,125
3.	Class Subyek 3	=3/24	0,125
4.	Class Subyek 4	=3/24	0,125
5.	Class Subyek 5	=3/24	0,125
6.	Class Subyek 6	=3/24	0,125
7.	Class Subyek 7	=3/24	0,125
8.	Class Subyek 8	=3/24	0,125

2. Membandingkan jumlah kecocokan data yang sama dengan pada setiap atribut delapan class berdasarkan data testing. Jika nilai variabel pada data uji tidak ada disetiap class atau kategori pada data training, maka diberi nilai 0,1. Pada tahap ini menghitung variabel dari marker RTOE sumbu X. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.

TABEL 4
Hasil perhitungan prior probability Marker RTOE sumbu X.

No.	Subyek	=(banyaknya kecocokan data / jmlh data training pada class)	Jumlah
1.	Class Subyek 1	=0,1/3	0,033
2.	Class Subyek 2	=0,1/3	0,033
3.	Class Subyek 3	=0,1/3	0,033
4.	Class Subyek 4	=0,1/3	0,033
5.	Class Subyek 5	=0,1/3	0,033
6.	Class Subyek 6	=2/3	0,666
7.	Class Subyek 7	=0,1/3	0,033
8.	Class Subyek 8	=0,1/3	0,033

Langkah berikutnya menghitung jumlah perbandingan dengan semua variabel, dimana dalam penelitian ini ada 48 variabel, terdiri dari 16 marker, dan disetiap marker ada 3 sumbu.

5. Mengkalikan semua hasil perhitungan prior probability variabel dengan class atau kategori yang sama. Hasil perkalian dapat dilihat pada tabel 5.

TABEL 5
Hasil perkalian semua variabel dengan class yang sama.

No.	Subyek	=Perkalian 48 variabel dari class yang sama	Jumlah
1.	Class Subyek 1	=0,033 X X 0,033	0,0000000001567

2.	Class Subyek 2	$=0,033 \times \dots \times 0,033$	0,00000000001567
3.	Class Subyek 3	$=0,033 \times \dots \times 0,033$	0,00000000001567
4.	Class Subyek 4	$=0,033 \times \dots \times 0,033$	0,00000000001567
5.	Class Subyek 5	$=0,033 \times \dots \times 0,033$	0,00000156707501
6.	Class Subyek 6	$=0,033 \times \dots \times 0,033$	0,10029280097095
7.	Class Subyek 7	$=0,033 \times \dots \times 0,033$	0,00000000001567
8.	Class Subyek 8	$=0,033 \times \dots \times 0,033$	0,00000000001567

6 Dari delapan class didapatkan nilai probabilitas paling tinggi, mengacu pada tabel 3.11 nilai probabilitas yang paling besar adalah milik subjek 6. Sehingga dapat disimpulkan data marker trayektori subjek tersebut dikenali milik class atau kategori dari subjek 6.

Apabila nilai probabilitas antar class ada yang sama, maka data marker trayektori tersebut tidak dapat dikenali.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

TABEL 6

Perbandingan hasil akurasi tingkat keberhasilan mengenali seseorang dengan jumlah data training, menggunakan 16 marker.

No.	Data	16 Data Training (Random)	16 Data Training (Manual)	24 Data Training (Random)	24 Data Training (Manual)
1.	Percobaan 1	85.29%	100.00%	100.00%	96.15%
2.	Percobaan 2	100.00%	100.00%	96.15%	100.00%
3.	Percobaan 3	97.06%	91.18%	96.15%	96.15%
4.	Percobaan 4	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
5.	Percobaan 5	88.24%	94.12%	100.00%	100.00%
	Rata-rata	94.12%	97,06%	98.46%	98.46%

Mengacu pada tabel 6, dari lima kali percobaan didapat rata-rata keberhasilan sistem dalam mengenali seseorang melalui gaya berjalannya didapat prosentase sebesar 98,46%. Banyaknya jumlah data yang ditrainingkan sangat berpengaruh terhadap tingkat keberhasilan. Selain melakukan eksperimen uji coba dengan banyaknya data training, pada penelitian ini juga dilakukan eksperimen, dengan mengurangi jumlah marker yang digunakan oleh subjek. Tabel 7 adalah perbandingan hasil akurasi tingkat keberhasilan sistem dalam mengenali seseorang dengan jumlah marker.

TABEL 7

Perbandingan hasil akurasi tingkat keberhasilan mengenali seseorang dengan jumlah marker

No.	Data	6 Marker	10 Marker	16 Marker
1.	Percobaan 1	92.31%	92.13%	96.15%

2.	Percobaan 2	100.00%	100.00%	100.00%
3.	Percobaan 3	84.62%	96.15%	96.15%
4.	Percobaan 4	100.00%	96.15%	100.00%
5.	Percobaan 5	88.46%	100.00%	100.00%
	Rata-rata	93.08%	96.92%	98.46%

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari penelitian ini telah dilakukan pengujian pengenalan melalui data marker trayektori gaya berjalan menggunakan metode Naive Bayesian, tingkat akurasi dalam mengenali seseorang berbasis skoring data trayektori gaya berjalan didapat prosentase rata-rata keberhasilan sebesar 98,46%. Dapat disimpulkan bahwa dengan data skoring trajektori Marker dapat digunakan sebagai alternatif untuk proses mengenali seseorang, karena data lintasan gaya berjalan subjek satu dengan subjek yang lain tidak sama. Sedangkan selain itu untuk meningkatkan akurasi dapat dilakukan menggunakan data training setiap subjek yang lebih banyak.

B. Saran

Diperlukan pengujian lebih lanjut untuk dapat melakukan klasifikasi pada marker yang ditempelkan pada tangan, apakah saat berjalan pergerakan tangan tersebut juga unik antara subyek satu dengan yang lain, sebagaimana pergerakan kaki. Untuk penelitian selanjutnya penggunaan metode klasifikasi lain mungkin dapat dijadikan pertimbangan untuk mendapatkan tingkat kecocokkan yang lebih maksimal.

REFERENSI

- [1] Trew M., Everett T., "Human Movement An Introductory Text. Fourth Edition, Churchill Livingstone, 2001.
- [2] Ariano D. Harjoko A., "Sistem Pendeteksian Marker pada Analisis Gait Menggunakan Pengolahan Citra Digital", Universitas Gajah Mada Yogyakarta, 2013.
- [3] Domingos P., Pazzani M., On the optimality of the simple Bayesian classifier under zero-one loss. *Machine Learning*, 1997,29:103-130.
- [4] Knusel, Heidi, Influence of Swing Leg Movement on Stability of Running. Master Thesis Department of Biology, Jena University, 2006.
- [5] Vaughan C.L., Davis B.L., O'Connor J.C., Dynamics of Human Gait Second Edition, Kiboho Publishers, 1999.
- [6] Swilling B.J. "Human Walking Adaptations to Distal Limb Mass Disturbances: Investigating Biomimetic Performance Objectives", Massachusetts Institute of Technology, 2005.
- [7] Wibawa A. D., "Lower Limb Musculoskeletal Modeling During Normal Walking, One-Legged Forward Hopping, Side Jumping and Knee Flexion", University of Groningen The Netherlands, 2014.
- [8] Davis, R.B III, Ounpuu, S, Tyburski, D, and Gage, JR, "A gait data collection and reduction technique. *Human Movement Sciences*" 1991, p. 575-587.
- [9] Jain A.K., Bolle R., Pankanti S., "Biometrics: Personal Identification in Networked society", Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [10] Wibawa A., D., N. Verdonschot., J.P.K. Halbertsma., M.S. Andersen., R.L. Diercks., G.J. Verkerke, "Validating Numerical Simulation of Lower Limbs muscle activity during Normal walking and Side Jumping. *Journal of Biomechanics*" Volume 45, Supplement 1, Page S486, 2012.