

## ANALISA GAIT UNTUK DESAIN KAKI PALSU BERBASIS KAMERA VIDEO

Victor Christandi<sup>1</sup>, Rita Magdalena<sup>2</sup>, Suryo Adhi Wibowo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

---

### Abstrak

Berjalan adalah berpindahnya tubuh dari satu titik ke titik berikutnya dengan cara menggunakan kedua tungkai. Tiap orang memiliki gait yang berbeda. Dalam bidang kedokteran, gait analisa sangat berguna untuk menentukan penanganan dan terapi terbaik bagi pasien rehabilitasi medik. Namun sebagian manusia memiliki kekurangan dalam hal berjalan, selama ini dokter rehabilitasi medik mengamati cara berjalan pasien secara manual dan kurangnya pemanfaatan teknologi dalam perancangan produk protesa kaki di Indonesia. Salah satu solusi yang bisa diterapkan yaitu menggunakan suatu alat bantu dalam analisa gait untuk menganalisa parameter-parameter gerak kaki dalam berjalan yang digunakan dalam proses desain kaki palsu.

Untuk menghasilkan parameter gait secara otomatis dan obyektif dari suatu proses perekaman gerak jalan, dibutuhkan suatu sistem perancangan dengan kamera video yang kemudian disimpan dalam bentuk citra digital lalu diolah dengan aplikasi sistem perancangan citra dua dimensi. Dalam perancangan aplikasi, untuk menganalisa parameter dari tiap marker yang dipasang pada objek, digunakan analisa centroid untuk menganalisa parameter dari tiap marker yang dipakai, kemudian untuk dideteksi posisinya dengan menggunakan metode image binarization lalu dilacak lokasinya dengan menggunakan metode jarak minimum (least distance method).

Sistem ini menggunakan parameter gait spatio-temporal yang hasilnya berupa empat macam parameter gait yaitu cadence, stride length, cycle time dan kecepatan. Tingkat akurasi terbaik pada sistem ini kecepatan kamera dipilih pada 90 gambar perdetik. Sistem ini diaplikasikan dengan panjang jalur berjalan perekaman sebesar 3,8 m, dan jarak kamera sebesar 4 m dari jalur berjalan.

Kata Kunci : gait, centroid, least distance method, protesa

---

Telkom  
University

### Abstract

Walking is the transfer of bodies from one point to another point by using both legs. Each person has a different gait. In the field of medicine, gait analysis is very useful to determine the best therapy for the treatment and medical rehabilitation patients. However, some people have a deficiency in terms of walking, as long as this physician medical rehabilitation patients observed gait manually and the lack of utilization of technology in the design of products in Indonesia leg prosthesis. One workable solution is to use a tool to analyze the gait analysis parameters in a walking motion of the foot that is used in prosthetic design process. Different frame method is one method of detecting motion-based video processing. This method can analyze the presence or absence of movement on the video by taking a few frames and calculate the difference. If there is a difference then it will be detected as a movement. Centroid is the position of the matrix obtained from the middle or center of gravity of an object passing through the labeling process.

To generate the gait parameters automatically and objectively recording the motion of a road, it takes a system design with a video camera which is then stored as digital images and then processed by the application of two-dimensional image of the system design. In designing an application, to analyze the parameters of each marker is attached to the object centroid analysis is used to analyze the parameters of each marker is used, then for the detected position by using the image binarization method and tracked its location by using the minimum distance method (least distance method).

This system using spatio-temporal gait parameters which results in four different parameters, namely gait cadence, stride length, cycle time and speed. The best accuracy rate in this system selected speed camera at 90 images per second. The system is applied with a long track record running at 3.8 m, and a camera distance of 4 m of running track.

Keywords : gait, centroid, least distance method, foot prosthetic

---

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia sangat dekat sekali dengan aktifitas berjalan. Walaupun demikian, tidak semua orang dapat melakukan aktifitas berjalan. Apabila proses berjalan dilakukan dengan pola yang tidak tepat, maka aktivitas berjalan menjadi sangat sulit. Dalam pembahasan mengenai berjalan, maka istilah *gait* merupakan istilah yang sering dimunculkan karena itu perlu mempelajari pola jalan yang benar, sehingga mampu melakukan koreksi dengan tepat.

Pada cabang ilmu biomekanika, terdapat kegiatan pengukuran dan analisa bagian tubuh makhluk hidup yang digunakan untuk berjalan disebut analisa *gait*. *Gait* adalah pola gerakan alat gerak atau kaki makhluk hidup yang digunakan untuk berjalan atau berpindah tempat. Pada penelitian ini, secara spesifik dibahas mengenai *gait* manusia pada saat berjalan..

Perkembangan teknologi pada bidang *video processing* sangat membantu untuk menghasilkan parameter analisa *gait* dan desain kaki palsu yang cukup sederhana, otomatis, tapi masih memiliki tingkat kehandalan yang cukup tinggi. Kemampuan video yang mampu melakukan proses *motion detection* dan *object tracking* sangat membantu didalam proses pendeteksiannya karena pada penelitian penelitian sebelumnya kehandalannya banyak dipengaruhi oleh faktor tersebut.

Pada tugas akhir ini, diaplikasikan suatu sistem yang dapat mengidentifikasi parameter *gait* dalam sebuah rekaman video dengan objek yang sebelumnya telah dipasang *marker* pada titik-titik tertentu dengan digunakan analisa *centroid* untuk menganalisa parameter dari tiap *marker* yang dipakai, kemudian untuk dideteksi posisinya dengan menggunakan metode *image binarization* lalu dilacak lokasinya dengan menggunakan metode jarak minimum (*least distance method*). Dari hal tersebut dilakukan penelitian mengenai analisa *gait* dengan pengukuran secara *spatio-temporal* sebagai dasar aplikasi proses pembuatan desain kaki palsu yang memenuhi syarat dan memadai.

## 1.2 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan dari penelitian pada tugas akhir ini yaitu :

1. Sistem menghasilkan parameter berdasarkan jumlah langkah (*cadance*) per menit.
2. Sistem menghasilkan parameter berdasarkan panjang langkah (*stride length*).
3. Sistem menghasilkan parameter berdasarkan waktu siklus (*cycle time*).
4. Sistem menghasilkan parameter berdasarkan kecepatan berjalan dalam meter per detik.
5. Menguji sistem dengan perbandingan parameter literature dan Negara lainnya.
6. Melihat performansi sistem berdasarkan *threshold*.
7. Menganalisa gaya gerak tubuh dan dapat diaplikasikan dalam proses desain kaki palsu yang memenuhi syarat dan memadai.

## 1.3 Rumusan Masalah

Berikut ini adalah perumusan masalah pada tugas akhir ini:

1. Bagaimana merancang sebuah sistem identifikasi parameter *gait* berdasarkan *spatio-temporal* yang dihasilkan dari pola berjalan tiap objek?
2. Bagaimana merancang sebuah sistem yang menggambarkan analisa *gait* untuk proses desain kaki palsu yang tepat dan memuaskan?
3. Bagaimana rancangan dan implemetnasi perangkat lunak sistem identifikasi pada komputer berdasarkan analisa *gait*?

## 1.4 Batasan Masalah

Dalam pembahasannya,tugas akhir ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Video diambil dengan menggunakan *high speed video camera* SentechSTC-CLC33A dengan resolusi 640×480.
2. *Video camera* tidak bergerak dan diletakan di depan dengan objek berjalan dari sisi kiri ke sisi kanan melalui garis lurus yang sudah di tentukan
3. *Background* dari objek yang diamati merupakan layar hitam agar sensitifitas penangkapan *marker* oleh webcam dapat lebih terbaca.
4. Sistem belum menentukan mekanik kerja otot dan mekanik kekuatan otot.

5. Hanya terdapat satu objek bergerak dalam satu file gambar, yaitu si penjalan kaki.
6. Objek tidak mengenakan jaket (dan sejenisnya), serta tidak membawa barang bawaan.
7. Masukan untuk perangkat lunak adalah file gambar yang berisi siluet *marker* dari individu yang sedang berjalan.
8. Tubuh dimodelkan sebagai benda jamak yang terdiri atas lima segmen, untuk mengamati gerakan dipasang lima *marker* pada kedua mata kaki, kedua lutut dan pinggul bagian kanan.
9. Penggunaan satu kamera menyebabkan analisa hanya dilakukan pada bidang *sagittal*.
10. Perancangan aplikasi ini menggunakan piranti lunak MATLAB R2009a.

### 1.5 Metodologi Penulisan

Metodologi penelitian tugas akhir ini meliputi beberapa tahapan, antara lain sebagai berikut:

1. Studi literatur : perumusan dan pengkajian masalah dengan menggunakan berbagai referensi yang mendukung dalam menganalisa permasalahan yang ada.
2. Observasi : berdiskusi dengan dosen pembimbing dan pihak lain yang berkompeten dalam bidang ini.
3. Perancangan dan implementasi : perancangan aplikasi Identifikasi variabel kinematika dan implementasi aplikasi Identifikasi variabel kinematika yang hasilnya mampu dianalisa untuk desain kaki palsu.
4. Pengujian dan analisa : pengujian dilakukan dengan format data yang ada dan perolehan parameter performansi.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun menurut sistematika penulisan terdiri dari atas lima bab yang disusun sebagai berikut:

### **Bab I : Pendahuluan**

Berisi latar belakang, tujuan penulisan, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi penulisan, hipotesa, dan sistematika penulisan.

### **Bab II : Landasan Teori**

Bab ini berisi teori gerak jalan, dan konsep apa saja yang akan digunakan dalam penelitian ini serta menjelaskan istilah-istilah yang ada dalam tugas akhir ini.

### **Bab III : Perancangan dan Implementasi Sistem**

Memuat tentang pemodelan sistem secara keseluruhan, yaitu sistem mulai dari proses ekstraksi ciri hingga didapatkan variabel kinematika dari tiap pola berjalan tiap individu.

### **Bab IV: Evaluasi dan Analisa Sistem**

Pada bab ini akan dilakukan pengujian sistem dan analisa serta optimasi hasil yang diperoleh dari tahap perancangan dan implementasi.

### **Bab V : Penutup**

Bab terakhir ini menyajikan kesimpulan dan saran terhadap sistem yang telah diimplementasikan.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa terhadap hasil pengujian yang dilakukan terhadap sistem gait program di dalam ruangan yang telah disusun dengan memperhatikan posisi kamera, marker, jumlah frame perdetik dan dengan menggunakan hasil perbandingan, dapat diambil kesimpulan beberapa hal di bawah ini :

1. Sistem telah dapat berhasil melacak penanda gerakan di dalam ruangan yang dapat disimpulkan sistem bekerja dengan baik dan dapat digunakan untuk mencari parameter gait analisa untuk pengambilan keputusan desain yang tepat untuk ahli kaki palsu.
2. Tingkat akurasi sistem dipengaruhi oleh kecepatan objek yang bergerak, kecepatan kamera yang digunakan dan berapa lamanya sistem telah dijalankan.
3. Berdasarkan tingkat *threshold* pada marker untuk pencarian *centroid* nilai *threshold* 0.2 – 0.5 tidak ada perbedaan yang signifikan
4. Sistem bisa memecahkan masalah tumpang tindih dengan teknik yang relatif sederhana.
5. Sistem analisa gerak dua dimensi yang terjangkau dan mudah digunakan sudah dapat menghasilkan data berupa irama, periode siklus, panjang langkah, kecepatan berjalan, serta kurva sudut pinggul dan lutut hasil normalisasi.
6. Sistem analisa gerak dua dimensi dan basis data awal karakteristik *gait* normal Indonesia dapat digunakan untuk analisa *gait* sederhana, terutama pada bidang kedokteran rehabilitasi medis.
7. Perbandingan data parameter *gait* normal Indonesia terjadi perbedaan yang signifikan antara panjang langkah subyek Indonesia dan Amerika (14% untuk pria dan 11,5% untuk wanita), sedangkan dengan korea, hal yang sama hanya terjadi pada perbandingan subyek pria (8%).

## 5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat memperbaiki beberapa kekurangan yang masih penulis temukan pada sistem ini. Untuk itu penulis menyarankan beberapa hal berikut untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Untuk penelitian selanjutnya proses pengambilan video dapat menggunakan menggunakan perangkat yang lebih baik dalam penggunaan video kamera dengan frame per second yang tinggi.
2. Untuk penelitian selanjutnya proses pengembangan lebih lanjut terhadap sistem analisa gerak dua dimensi menjadi 3 dimensi dengan konfigurasi marker yang lebih baik, agar parameter *gait* yang didapatkan bertambah.
3. Penelitian-penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengimplementasikan sistem dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi dengan rentang waktu sistem bekerja yang lebih lama.
4. Pengembangan lebih lanjut terhadap sistem analisa gerak dua dimensi menjadi 3 dimensi dengan konfigurasi *marker* yang lebih baik, agar parameter *gait* yang didapatkan bertambah.
5. Penelitian gerak orang berjalan pada tugas akhir ini terbatas pada sistem dua dimensi, sedangkan dalam kenyataanya gerak orang berjalan dilakukan pada sistem tiga dimensi sehingga perlu dilakukan analisa gerak orang berjalan sistem tiga dimensi

Telkom  
University

## DAFTAR PUSTAKA

1. A. I. Mahyuddin, S. Mihradi, T. Dirgantara, N. Juliyad, U. Purba, *Development of an Affordable System for 2D Kinematics and Dynamics Analysis of Human Gait*, 4<sup>th</sup> ICEM, Singapore, 2009.
2. A. Sukmajaya, T. Dirgantara, A. I. Mahyuddin, S. Mihradi, Robust Algorithms of Marker Image Processing in Automatic Human Gait Analysis, *Regional Conference on Mechanical and Aerospace Technology*, Bali, Indonesia, 2010.
3. C. C. Norkin dan D. J. White, *Measurement of Joint Motion: A Guide to Goniometry*, Edisi 4, F. A. Davis Company, 2009.
4. C. L. Vaughan, B. L. Davis, dan J. C. O'Connor, *Dynamics of Human Gait*, Edisi 2, Kiboho, Cape Town, 1999.
5. C. Nishida, *Appropriate Body-Mass Index for Asian Population and Its Implications for Policy and Intervention Strategies*, *The Lancet*, vol. 363, hal. 157-163, Januari 2004.
6. David J. Magee, *Orthopedic Physical Assessment*, Edisi 4, Saunders Elsevier, 2006.
7. D. J. Schneck dan J. D. Bronzino, *Biomechanics Principles and Applications*, CRC Press, Boca Raton, 2003.
8. D. Knudson, *Fundamentals of Biomechanics*, Edisi 2, Springer, New York, 2007.
9. J. Hamill dan K. M. Knutzen, *Biomechanical Basis of Human Movement*, Edisi 3, Lippincott Williams & Wilkins, 2009.
10. J. Perry, *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*, Slack Incorporated, USA, 1992.
11. I. Z. Sitalaksana, R. Anggawisastra, dan J. H. Tjakraatmadja, *Teknik Perancangan Sistem Kerja*, Edisi 2, Penerbit ITB, Bandung, 2006.
12. M. A. McDowell, C. D. Fryar, C. L. Ogden, dan K. M. Flegal, *Anthropometric Reference Data for Children and Adult: United States 2003-2006*, *National Health Statistic Reports*, No. 10, Oktober 2008.

13. M. P. Kadaba, H. K. Ramakrishnan, dan M. E. Wootten, Measurement of Lower Extremity Kinematics During Level Walking, *Journal of Orthopaedic Research*, **8**:383-392, 1989.
14. M. W. Whittle, *Gait Analysis: an Introduction*, Edisi 4, Butterworth Heinemann, Elsevier Ltd, 2007.
15. N. Juliyad, S. Mihradi, T. Dirgantara, A. I. Mahyuddin, 2D Experimental Motion Analysis of Human Gait, *Regional Conference on Mechanical and Aerospace Technology*, Bali, Indonesia, 2010.
16. N. Juliyad, *Pengembangan Metode Eksperimental Berbasis Citra Digital Untuk Analisis Gerak Manusia*, Tugas Sarjana, Teknik Penerbangan FTMD ITB, 2008.
17. N. M. Spencer, Pose Invariant Gait Analysis And Reconstruction, Phd. Thesis. Faculty of Engineering, Science and Mathematics, School of Electronics and Computer Science, University of Southamton, 2005.
18. Poynton, C. A.A Technical Introduction to Digital Video, John Wiley & Sons, Inc., 1996
19. R. Bartlet, *Introduction to Sports Biomechanics*, Edisi 2, Routledge, 2007.
20. R. L. Huston, *Principles of Biomechanics*, CRC Press, Boca Raton, 2009.
21. R. Walpole, R. H. Myers, S. L. Myers, dan K. Ye, *Probability & Statistic for Engineers & Scientists*, Edisi 8, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2007.
22. T. Ryu, H. S. Choi, H. Choi, dan M. K. Chung, A Comparison of Gait Characteristics Between Korean and Western People for Establishing Korean Gait Reference Data, *International Journal of Industrial Ergonomics*, **36**:1023-1030, 2006.
23. U. M. Purba, *Pengembangan Model Sistem Benda Jamak Untuk Gerak Berjalan Manusia*, Tugas Sarjana, Teknik Penerbangan FTMD ITB, 2008.
24. U. M. Purba, S. Mihradi, T. Dirgantara, A. I. Mahyuddin, An Inverse Dynamics of Human Walking Based on Experimental Motion Analysis, *Regional Conference on Mechanical and Aerospace Technology*, Bali, Indonesia, 2010
25. V. Medved, *Measurement of Human Locomotion*, CRC Press, Boca Raton, 2001.