

## **PENDEKATAN BIOMEKANIKA PADA ANALISA PENGARUH USIA TERHADAP KARAKTERISTIK GERAK BERJALAN UNTUK INDIVIDU USIA LANJUT**

**Irma Nur Afiah<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia  
Jalan Urip Sumoharjo KM. 5, Makassar, Sulawesi Selatan 90231  
E-mail: afiah.irma@gmail.com

### **Abstrak**

Tren perkembangan penelitian dari keilmuan Teknik Industri saat ini tidak hanya terfokus pada sektor manufaktur, pengembangan desain produk, ataupun sistem rekayasa. Hal ini dapat dilihat pada tren perkembangan penelitian dari salah satu lingkup keilmuan Teknik Industri, yakni Ergonomi dan Biomekanika, yang saat ini banyak berkontribusi pada bidang kedokteran, khususnya yang berkaitan dengan berkurangnya kemampuan fisik dalam aktifitas sehari-hari atau yang lebih dikenal dengan istilah ADLs (*Activities of Daily Living*). Sebagai bentuk penerapan teknologi, penilaian karakteristik berjalan pada lansia juga dituntut untuk menggunakan teknologi yang tepat guna. Salah satu bentuk penggunaan teknologi yang menerapkan kaidah esensial dari ilmu Ergonomi dan Biomekanika adalah *three-dimensional (3D) motion analysis system*. *3D motion analysis system* dapat digunakan untuk menganalisa parameter-parameter yang berbeda dari gerak berjalan dan parameter-parameter ini dapat dipengaruhi oleh kecepatan berjalan. Oleh karena itu, untuk mengembangkan penilaian dari gerak berjalan, sangatlah penting untuk mengukur beberapa parameter dari gerak berjalan tersebut. Pada penelitian ini, parameter dasar dan parameter siklus dari gerak berjalan dianalisa untuk mendapatkan karakteristik dasar dari gerak berjalan bagi individu usia lanjut.

**Kata Kunci :** Biomekanik, analisa gerak berjalan, lansia, karakteristik gerak berjalan.

### **Abstract**

*The development of scientific study of engineering industry is not currently only focus on the manufacturing sector , the development of the product design , or engineering system .This can be seen in the research development of one scope of science technique industry , namely ergonomics and biomekanika , currently widely contribute to medicine, Especially with regard to a reduced ability physical in daily activities which is known more with the term ADLs ( Activities of Daily Living ) .sebagai the form of application of technology , Assessment characteristic of running at elderly must be to using technology proper to .One form of the use of technology who apply essential rules of the ergonomics and biomekanika is three-dimensional ( 3D ) motion analysis sytem. 3D motion analysis system can be used to analyze parameters different of the motion walk and parameters this can be influenced by the speed of walking.Hence, to develop assessment of the motion walk, are important for some measure the parameters of motion walk tesebut.In penilitian this, parameter primary and parameter cycle of motion walk were analysed to get characteristic of the basis of motion in place for individual age.*

**Keywords :** *Biomekanik, motion walk analysis, old persons, motion walk characteristic.*

## PENDAHULUAN

Tren perkembangan penelitian dari keilmuan Teknik Industri saat ini tidak hanya terfokus pada sektormanufaktur, pengembangan desain produk, ataupun sistem rekayasa. Hal ini dapat dilihat pada tren perkembangan penelitian dari salah satu lingkup keilmuan Teknik Industri, yakni Ergonomi dan Biomekanika, yang saat ini sebanyak berkontribusi pada bidang kedokteran (Gefen *et al* (2001), Dirgantara *et al* (2012), Afiah *et al* (2016), Endo dan Herr (2014), dan Schulz (2012)), khususnya yang berkaitan dengan berkurangnya kemampuan fisik dalam aktifitas sehari-hari atau yang lebih dikenal dengan istilah *ADLs*(*Activities of Daily Living*). Berjalan merupakan aktivitas fundamental dalam kehidupan sehari-hari. Penurunan kemampuan berjalan sangat erat kaitannya dengan proses penuaan, yang merupakan isu paling utama terkait berkurangnya kemampuan independen seseorang dalam melakukan aktivitas harian (Kirkwood (2007), Kimura *et al* (2007), Demura *et al* (2013)). Sehingga, keterlibatan ilmu Ergonomi dan Biomekanika menjadi terobosan baru dari kontribusi teknologi dalam bidang kedokteran.

Proporsi jumlah penduduk usia lanjut di dunia tumbuh dengan pesat, baik di negara maju maupun negara berkembang (Afiah *et al*, 2016), dan Jepang merupakan negara dengan populasi lansia aktif yang representatif. Di tahun 2012, persentasi penduduk perempuan dan laki-laki Jepang berturut-turut dengan usia  $\geq 65$  tahun mencapai 28,3% dan 22,5% dari total populasi (MIAC Japan, 2014). Tambahan pula, di tahun yang sama, Jepang tercatat sebagai negara dengan tingkat pengharapan hidup tertinggi di dunia, terkhusus pada perempuan Jepang dengan rata-rata tingkat pengharapan hidup mencapai 85.9 tahun (ILC Japan, 2013).

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menilai karakteristik gerak berjalan pada dua kondisi kecepatan yang berbeda pada lansia perempuan Jepang. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa hubungan antara usia lanjut dan parameter gerak berjalan.

## TINJAUAN PUSTAKA

Berjalan merupakan aktifitas manusia yang sangat fundamental dalam kehidupan sehari-hari, dan perubahan pola berjalan berasosiasi dengan proses penuaan (Kerrigan *et al* (1998), Perry and Burnfield (2010), dan Baker (2013)). Kemampuan berjalan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor penting, diantaranya; perbedaan jenis kelamin, kondisi fisik, dan juga aktifitas rutin harian ((Afiah *et al*, 2016) dan Whittle (2007)). Dengan demikian, penilaian pola berjalan dipandang perlu sebagai tindakan pencegahan dari penurunan drastis kemampuan berjalan yang disebabkan oleh proses penuaan (Afiah *et al*, 2016). Hal ini diperkuat dengan penemuan dari Callisaya *et al*. (2010) bahwa kemampuan berjalan yang efisien dan aman dipandang sangat penting bagi individu usia lanjut untuk menjaga independensi mereka dalam beraktifitas dan menghindari potensi terjatuh. Beberapa penelitian sebelumnya pun menekankan pentingnya mendefinisikan karakteristik berjalan dengan penerapan teknologi berkelanjutan yang sesuai dengan kaidah Ergonomi dan Biomekanika ((Hageman dan Blanke (1986), Nigg *et al* (1994), Watelain *et al* (2000)).

Sebagai bentuk penerapan teknologi, penilaian karakteristik berjalan pada lansia juga dituntut untuk menggunakan teknologi yang tepat guna. Salah satu bentuk penggunaan teknologi yang menerapkan kaidah esensial dari ilmu Ergonomi dan Biomekanika adalah *three-dimensional(3D) motion analysis system*. *3D motion analysis system* dapat digunakan untuk menganalisa parameter-parameter yang berbeda dari gerak berjalan dan parameter-parameter ini dapat dipengaruhi oleh kecepatan berjalan. Oleh karena itu, untuk

mengembangkan penilaian dari gerak berjalan, sangatlah penting untuk mengukur beberapa parameter dari gerak berjalan tersebut. Pada penelitian ini, parameter dasar dan parameter siklus dari gerak berjalan dianalisa untuk mendapatkan pemahaman dari karakteristik gerak berjalan pada lansia perempuan Jepang.

## METODE PENELITIAN

### *Pengambilan Data*

Data partisipan dikumpulkan dari 40 lansia perempuan Jepang yang dikategorikan sehat dengan rata-rata usia adalah  $73.9 \pm 4.8$  tahun. Karakteristik dari partisipan dijabarkan pada Tabel 1. Pemeriksaan kesehatan awal dan wawancara dilakukan sebelum pengambilan data untuk menjamin bahwa partisipan tidak memiliki cedera atau gangguan pada sistem muskuloskeletal dan dapat berjalan independen tanpa menggunakan alat bantu.

**Tabel 1.** Karakteristik partisipan

<b>Usia (tahun)</b>	$73.9 \pm 4.8$
<b>Tinggi badan (cm)</b>	$151.2 \pm 5.4$
<b>Berat badan (cm)</b>	$49.7 \pm 7.7$
<b>Panjang <i>lower-limb</i> (cm)</b>	$68.3 \pm 3.4$

### *Prosedur*

Keseluruhan pengukuran dilakukan di *Experimental house* dari Universitas Kyushu, Jepang. Data kinematik tiga dimensi didapatkan dengan menggunakan *3D motion analysis system*; termasuk di dalamnya adalah 9 kamera infra-merah dan perangkat lunak Cortex (*Motion Analysis Corporation*, Santa Rosa, CA, USA).

Untuk mendapatkan data yang tepat, partisipan diharuskan mengenakan pakaian khusus dengan bahan pakaian yang menempel dengan kulit. 31 penanda khusus dipasangkan pada beberapa segmen utama dari tubuh partisipan.

### *Eksperimen*

Partisipan diminta untuk berjalan di atas lintasan sepanjang 10 meter yang telah disediakan dengan menggunakan dua kecepatan berjalan yang berbeda; kecepatan normal yang dipilih sendiri dan kecepatan ketika berjalan cepat pada aktivitas harian. Sebelum pelaksanaan eksperimen, partisipan diminta latihan terlebih dahulu. Dalam eksperimen ini, setiap kecepatan berjalan diulangi sebanyak 3 kali untuk mendapatkan rata-rata kecepatan yang handal.

### *Parameter Pola Gerak Berjalan*

Seluruh parameter yang digunakan dalam eksperimen penelitian ini menggunakan standar parameter yang dituliskan oleh Afiah *et al.* (2016). 9 parameter dasar (kecepatan berjalan, panjang langkah rata-rata, panjang langkah kaki kiri, panjang langkah kaki kanan, perbedaan panjang langkah kaki kiri dan kaki kanan, rasio dari panjang langkah dan tinggi badan, rasio dari panjang langkah dan panjang *lower-limb*, *cadence* atau ritme langkah, dan rasio berjalan) dan 5 parameter siklus berjalan (durasi fase ayun, durasi fase langkah, durasi 1 siklus, persentase fase ayun, dan persentase fase langkah) diukur dalam penelitian ini.

Kecepatan berjalan dihitung dari ritme langkah dan panjang langkah. Panjang langkah kaki kiri dan kaki kanan dihitung dari jarak antara posisi kontak dari satu kaki dan

posisi kontak dari kaki yang berlawanan, dan kemudian dihitung rata-rata panjang langkah kaki kiri dan kaki kanan. Selanjutnya, rasio panjang langkah dan tinggi badan serta panjang langkah dan panjang *lower-limb* dihitung dengan membandingkan panjang langkah dengan tinggi badan dan juga panjang langkah dengan panjang *lower-limb*, secara berurutan.

Sementara itu, durasi fase ayun dikalkulasikan sebagai durasi rata-rata saat kaki kiri dan kaki kanan tidak menyentuh lantai (terayun) dan durasi fase sentuh merupakan rata-rata dari durasi saat kaki terpijak di lantai. Kemudian, durasi 1 siklus berjalan dihitung sejak pertama kali tumit mulai berpijak, berayun, hingga kembali melakukan kontak dengan landasan berjalan. Persentase fase ayun dikalkulasikan menggunakan durasi fase ayun dan durasi 1 siklus berjalan sementara persentase fase langkah dikalkulasikan menggunakan durasi fase langkah dan durasi 1 siklus berjalan.

**Analisa Statistik**

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak SPSS versi 21.0 (IBM SPSS, Chicago, IL, USA). Keseluruhan data ditampilkan sebagai rata-rata dan standar deviasi. Untuk analisa, digunakan *paired t-test* untuk membandingkan parameter berjalan antara dua kecepatan yang berbeda. Selanjutnya, dilakukan analisa korelasi *Pearson* untuk mengetahui hubungan antara usia lanjut dan parameter berjalan. Kedua analisa statistik menggunakan signifikansi  $p < 0.05$ .

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisa Parameter pada Dua Kecepatan Berjalan**

Untuk semua parameter, kondisi kecepatan berjalan yang cepat secara signifikan lebih cepat dari kecepatan berjalan normal yang dipilih sendiri, kecuali pada parameter perbedaan antara panjang langkah kaki kiri dan kanan serta parameter rasio berjalan (Tabel 2).

**Tabel 2.** Perbandingan Parameter Berjalan pada Dua Kondisi Kecepatan Berjalan

Parameter Berjalan	Berjalan normal	Berjalan cepat	t	p-value
Kecepatan berjalan(m/min)	72.7 ± 8.0	88.6 ± 9.4	17.08	<0.05
Panjang langkah kaki kanan(cm)	58.3 ± 4.1	63.4 ± 5.7	8.69	<0.05
Panjang langkah kaki kanan(cm)	58.6 ± 4.1	64.1 ± 5.9	9.43	<0.05
Rata-rata panjang langkah(cm)	58.4 ± 4.0	63.6 ± 5.7	9.06	<0.05
Perbedaan antara panjang langkah kaki kiri dan kaki kanan(cm)	1.4 ± 1.5	1.6 ± 1.5	0.72	NS
Rasio panjang langkah dan tinggi badan	0.39 ± 0.03	0.43 ± 0.04	9.45	<0.05
Rasio panjang langkah dan panjang <i>lower-limb</i>	0.87 ± 0.07	0.94 ± 0.09	9.31	<0.05
<i>Cadence</i> atau ritme langkah( <i>langkah/min</i> )	122.7 ± 9.3	137.5 ± 13.5	9.86	<0.05
Rasio berjalan	0.48 ± 0.04	0.47 ± 0.07	1.37	NS
Durasi fase ayun ( <i>detik</i> )	0.40 ± 0.03	0.37 ± 0.03	10.01	<0.05
Durasi fase langkah ( <i>detik</i> )	0.58 ± 0.06	0.51 ± 0.06	8.35	<0.05
Durasi 1 siklus berjalan( <i>detik</i> )	0.98 ± 0.07	0.88 ± 0.08	12.31	<0.05
Persentasi fase ayun(%)	40.4 ± 2.7	42.3 ± 2.8	9.20	<0.05
Persentase fase langkah(%)	59.5 ± 2.8	57.7 ± 2.9	8.69	<0.05

**Parameter Dasar dari Pola Gerak Berjalan**

Hasil dari analisa korelasi antara parameter-parameter dasar gerak berjalan dan usialanjut pada dua kecepatan berjalan yang berbeda diperlihatkan pada Tabel 3. Panjang langkah kaki kiri, panjang langkah kaki kanan, dan rata-rata panjang langkah memperlihatkan korelasi negatif dengan usia lanjut ( $p < 0.05$  dan  $p < 0.01$ ).

**Tabel 3.** Koefisien Korelasi antara Parameter Dasar dari Pola Gerak Berjalan dan Usia Lanjut

Parameter Dasar	Berjalan Normal	Berjalan Cepat
Kecepatan berjalan	-0.293	-0.263
Panjang langkah kaki kanan	-0.496**	-0.497**
Panjang langkah kaki kiri	-0.345*	-0.383*
Rata-rata panjang langkah	-0.420**	-0.414**
Perbedaan antara panjang langkah kaki kiri dan kaki kanan	0.060	0.222
Rasio panjang langkah dan tinggi badan	-0.050	-0.124
Rasio panjang langkah dan panjang <i>lower-limb</i>	-0.007	-0.085
Ritme langkah	-0.166	0.042
Rasio berjalan	-0.184	-0.308

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$

**Parameter Siklus dari Pola Gerak Berjalan**

Selanjutnya, Tabel 4 memperlihatkan hasil dari analisa korelasi antara parameter-parameter siklus dan usia lanjut pada dua kecepatan berjalan yang berbeda. Untuk seluruh parameter siklus, tidak ditemukan korelasi yang signifikan antara parameter siklus dan usia lanjut.

**Tabel 4.** Koefisien Korelasi antara Parameter Siklus dari Pola Gerak Berjalan dan Usia Lanjut

Parameter Siklus	Berjalan Normal	Berjalan Cepat
Durasi fase ayun	-0.001	-0.113
Durasi fase langkah	0.270	0.022
Durasi 1 siklus berjalan	-0.086	-0.033
Persentasi fase ayun	-0.126	-0.085
Persentasi fase langkah	0.122	0.078

**KESIMPULAN**

Penelitian ini memperlihatkan perbedaan yang signifikan dari kecepatan berjalan pada dua kondisi yang berbeda. Hasil ini berada dalam kesimpulan yang sama dengan beberapa penelitian sebelumnya bahwa kecepatan berjalan sangat dipengaruhi oleh perubahan kondisi kecepatan berjalan (Kirtley *et al* (1985) dan Callisaya *et al* (2008).

Pada dua kondisi kecepatan yang berbeda, beberapa parameter dari pola gerak berjalan memperlihatkan korelasi signifikan dengan usia lanjut. Hal ini berkaitan dengan hasil penelitian dari Bohannon (1997), Schulz (2012), dan Afiah et al. (2015). bahwa panjang langkah akan berkurang seiring dengan usia yang semakin tua, yang mengindikasikan bahwa kemampuan berjalan dari lansia perempuan Jepang telah menurun. Panjang langkah yang pendek pada lansia perempuan Jepang disebabkan oleh kemampuan untuk membawa badan sembari melangkah ke depan sudah mulai menurun dan juga dapat diindikasikan sebagai akibat menghindari risiko terjatuh. Tambahan pula, langkah yang pendek bisa juga diakibatkan oleh berat badan yang lebih ringan pada lansia perempuan Jepang. Hasil ini sama dengan yang dituliskan oleh Afiah *et al* (2015) bahwa panjang langkah sangat dipengaruhi oleh tinggi badan. Selain itu, hal ini juga disebabkan karena lansia perempuan Jepang membutuhkan langkah yang lebih banyak untuk menyamai jarak tempuh dengan perempuan yang lebih muda dalam eksperimen ini.

Dalam penelitian ini, karakteristik dasar yang utama pada perubahan kemampuan berjalan terkait usia pada lansia perempuan Jepang dapat difokuskan untuk penilaian panjang langkah kaki kiri, panjang langkah kaki kanan, dan rata-rata panjang langkah. Namun, penelitian lebih lanjut dibutuhkan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik dan mendalam dari karakteristik pola berjalan dalam kaitannya dengan usia lanjut. Penelitian selanjutnya sebaiknya melakukan investigasi terhadap parameter-parameter pola berjalan lainnya yang lebih lanjut, seperti *joint angle* ataupun akselerasi dalam berjalan. Sehingga kelak teknologi yang akan digunakan lebih tepat pada sasaran dalam kaitannya dengan kontribusi Ergonomi terhadap peran teknologi dalam proses rehabilitasi medis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afiah, I. N., Nakashima, H., Loh, P. Y. dan Muraki, S. 2016. An exploratory investigation of changes in gait parameters with age in elderly Japanese women. *Springerplus Vol. 5, No. 1*. p. 1069.
- Afiah, I. N., Nakashima, H. dan Muraki, S. 2015. Age-related changes in walking motion of Japanese females : Basic analysis of gait motion. *Proceeding of the 1st Asian Conference on Ergonomics and Design*. pp. 1–5.
- Baker, R. W. 2013. *Measuring walking: A handbook of clinical gait analysis*. UK: Mac Keith Press.
- Bohannon, R. W. 1997. Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: Reference values and determinants. *Age Ageing, Vol. 26, No. 1*, pp. 15–19.
- Callisaya, M. L., Blizzard, L., Schmidt, M. D., McGinley, J. L. dan Srikanth, V. K. 2010. Ageing and gait variability-a population-based study of older people. *Age Ageing, Vol. 39, No. 2*, pp. 191–197.
- Callisaya, M. L., Blizzard, L., Schmidt, M. D., McGinley, J. L. dan Srikanth, V. K. 2008. Sex modifies the relationship between age and gait: a population-based study of older adults., *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci., Vol. 63, No. 2*, pp. 165–170.
- Demura, S., Shin, S., Takahashi, S. dan Yamaji, S. 2013. Relationships between gait properties on soft surfaces, physical function, and fall risk for the elderly. *Adv. Aging Res., Vol. 02, No. 2*, pp. 57–64.
- Dirgantara, T., Mahyuddin, A. I., dan Mihradi, S. 2012. Development of Affordable Optical Based Gait Analysis Systems. *ASEAN Engineering Journal Part A, Vol. 2, No.1*. pp. 12–29.
- Endo, K. dan H. Herr. 2014. A model of muscle-tendon function in human walking at self-selected speed. *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng. Vol. 22, No. 2*, pp. 352–

- 362 Gefen, A., M., Megido-Ravid, dan Y., Itzhak. 2001. In vivo biomechanical behavior of the human heel pad during the stance phase of gait. *J. Biomech.*, Vol. 34, No. 12. pp. 1661–1665.
- Hageman, P. A. dan Blanke, D. J. 1986. Comparison of gait of young women and elderly women,” *Phys. Ther.*, Vol. 66, No. 9, pp. 1382–1387.
- ILC Japan. 2013. *A profile of older Japanese 2013*. [Online]. Available: <http://www.ilcJapan.org/agingE/POJ13.html> .
- Kerrigan, D. C., Todd, M. K., Croce, U D. dan Lipsitz, L. A. and Collins, J. J. 1998. Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: Evidence for specific limiting impairments. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, Vol. 79, No. 3, pp. 317–322.
- Kimura, T., Kobayashi, H., Nakayama, E. dan Hanaoka., M. 2007. Effects of aging on gait patterns in the healthy elderly. *Anthropol. Sci.*, Vol. 115, No. 1, pp. 67–72.
- Kirkwood, R. N., Gomes, H. A., Sampaio, R. F., Culham, E. dan Costigan, P. 2007. Biomechanical analysis of hip and knee joints during gait in elderly subjects. *Acta Ortopédica Bras.*, Vol. 15, No. 5, pp. 267–271.
- Kirtley, C., Whittle, M. W. dan Jefferson, R. J. 1985. Influence of walking speed on gait parameters. *J. Biomed. Eng.*, Vol. 7, No. 4, pp. 282–288.
- MIAC Japan. 2014. *Population Estimated by Age (5-Year Group) and Sex*. Japan Statistics Bureau, [Online]. Available: <http://www.stat.go.jp/english/data/jinsui/tsuki/index.htm>.
- Nigg, B. M., Fisher, V. dan Ronsky, J. L. 1994. Gait characteristics gender,” *Gait Posture*, Vol. 2, pp. 213–220.
- Perry, J. dan Burnfield, J. M. 2010. *Gait analysis: Normal and pathological function*, 2nd ed. USA: SLACK Incorporated.
- Schulz, B. W. 2012. Healthy younger and older adults control foot placement to avoid small obstacles during gait primarily by modulating step width, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, Vol. 9, No. 69.
- Watelain, E. Barbier, F., Allard, P. Thevenon, A. dan Anguè, J. C. 2000. Gait pattern classification of healthy elderly men based on biomechanical data. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, Vol. 81, No. 5, pp. 579–586.
- Whittle, M. W. 2007. *Gait analysis: An introduction*, 4th ed. UK: Butterworth Heinemann Elsevier.