

LEBAR LANGKAH MEMENGARUHI KESEIMBANGAN DINAMIS LANSIA SAAT JALAN MENANJAK

Arvi Martarizeline Cossana KN^{1*}, I Gede Arya Sena², Luh Putu Ayu Vitalistyawati³

^{1,2,3} Program Studi Fisioterapi, Fakultas Kesehatan Sains dan Teknologi, Universitas Dhyana Pura

*Koresponden: aryasena@undhirabali.ac.id

Diajukan: 25 Agustus 2022 | Diterima: 31 Agustus 2022 | Diterbitkan: 15 Mei 2023

DOI: <https://doi.org/10.24843/MIFI.2023.v11.i02.p14>

ABSTRAK

Pendahuluan: Semakin bertambah usia sistem dan jaringan tubuh mengalami perubahan pada sistem sensoris, motorik dan pemrosesan pusat untuk mengontrol posisi tubuh saat bergerak. Penurunan pada salah satu sistem tersebut mengakibatkan kemampuan untuk mengontrol keseimbangan menjadi berkurang. Keseimbangan diperlukan dalam melakukan aktivitas sehari-hari seperti berjalan khususnya dipermukaan menanjak. Seiring bertambahnya usia sistem sensoris untuk menerima informasi mulai menurun, jumlah serat motorik berkurang, berkurangnya sel-sel otak dan perubahan neurotransmitter pada sistem saraf pusat menghasilkan penurunan fasilitas gerakan dan kontrol motorik salah satunya mengakibatkan perubahan pada pola berjalan. Lebar langkah merupakan salah satu parameter gaya berjalan untuk melihat keseimbangan saat berjalan. Beberapa penelitian telah menyelidiki bagaimana perubahan lebar langkah lansia saat berjalan dipermukaan mendatar tetapi tujuan penelitian ini untuk mengetahui lebar langkah memengaruhi keseimbangan dinamis lansia saat berjalan menanjak.

Metode: Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *cross sectional* dengan teknik pengambilan sampel *purposive sampling*.

Hasil: Uji normalitas pada penelitian diperoleh nilai signifikan pada lebar langkah yaitu 0,666 dan keseimbangan diperoleh nilai 0,259. Data pengukuran berdistribusi normal karena $p > 0,05$. Uji hipotesis pada penelitian ini menggunakan uji *pearson correlation* diperoleh hasil $p = 0,000$. Nilai $p < 0,05$ menunjukkan adanya korelasi antara keseimbangan dinamis dan lebar langkah saat berjalan menanjak dan memiliki korelasi yang kuat 0,933 dengan nilai positif yang mengindikasikan bahwa nilai lebar langkah dan keseimbangan lansia berbanding lurus. Semakin menurun keseimbangan lansia maka terjadi pelebaran lebar langkah yang mengindikasikan risiko jatuh yang lebih saat berjalan menanjak.

Simpulan: Lebar langkah berhubungan dengan keseimbangan berjalan pada lansia. Perubahan keseimbangan ketika berjalan dibidang menanjak meningkatkan risiko jatuh dengan ditandainya besarnya ukuran lebar langkah saat berjalan di permukaan menanjak.

Kata Kunci: Lansia, lebar langkah, keseimbangan, permukaan menanjak

PENDAHULUAN

Lanjut usia sudah berada pada proses yang ditandai dengan perubahan pada sistem dan jaringan tubuhnya. Sejumlah penelitian telah menemukan tentang kejadian jatuh saat berjalan pada lansia terkait dengan gangguan fungsi sistem sensorik, motorik, dan sistem integrasi yang berubah.¹ Penurunan sistem sensorik pada lansia telah berdampak pada berkurangnya kemampuan lansia untuk beradaptasi kepada perubahan lingkungan serta penjagaan terhadap keseimbangan tubuh yang diperlukan untuk mempertahankan postur serta terhadap reaksi gangguan eksternal sehingga mencegah terjadinya jatuh.² Kejadian jatuh pada lansia umumnya saat melakukan aktivitas sehari-hari yang bersifat dinamis, seperti saat berjalan.³

Kegiatan berjalan memerlukan kerjasama sistem tubuh untuk menghasilkan pola berjalan yang stabil, tetapi perubahan yang terjadi pada sistem dan jaringan tubuh lansia membuat adanya perubahan pada pola jalannya. Permukaan menanjak merupakan akses menantang ketika lansia melakukan aktivitas berjalan. Individu dengan sendirinya akan menyesuaikan diri terhadap tuntutan tugas ataupun kondisi lingkungannya sehingga dapat merubah biomekanik pola berjalan ataupun input sensoriknya. Peningkatan variabilitas gaya berjalan dapat menunjukkan ketidakstabilan sistem.⁴ Analisis gerak yang dilakukan dengan sudut kemiringan 10° menunjukkan *resultant hip force* meningkat secara signifikan menjadi 117,2% dan *resultant knee force* 133,5% dibandingkan jalan mendatar.⁵ Lingkungan seperti permukaan miring menanjak memainkan peran penting sebagai akses lingkungan yang akan dilalui lansia. Kegiatan berjalan di permukaan menanjak memiliki risiko jatuh yang lebih tinggi daripada berjalan pada tangga.⁶

Lebar langkah memiliki hubungan yang signifikan dengan risiko jatuh pada lansia di permukaan mendatar.⁷ Individu secara alami meningkatkan lebar langkah ketika dihadapkan pada tantangan permukaan jalan yang berbeda dengan langkah melebarkan lebar langkah sehingga dapat meningkatkan stabilitas lateral. Berjalan dengan langkah lebih lebar meningkatkan *Base Of Support* (BOS) di arah *mediolateral* tetapi jika lebar langkah lebih sempit akan mengurangi BOS.⁸ Namun ada perbedaan pendapat yang menyatakan bahwa lebar langkah yang besar dengan

bertambahnya usia dapat mengindikasikan gangguan keseimbangan dinamis saat berjalan. Bukti terbatas mengungkapkan bahwa variabilitas lebar langkah atau lebar langkah berlebihan dan tidak cukup dapat menjadi faktor risiko jatuh.⁹⁻¹¹ Perbedaan ukuran lebar langkah dapat mempengaruhi keseimbangan untuk mengatur posisi *Center of Mass* (CoM) dan menunjukkan perbedaan gaya berjalan lansia yang memiliki risiko jatuh dan tidak.¹² Penelitian-penelitian sebelumnya lebih banyak melihat perubahan lebar langkah pada permukaan mendatar selain itu masih adanya perbedaan pendapat dari penelitian sebelumnya mengenai perubahan lebar langkah dan keseimbangan lansia saat berjalan sehingga membuat peneliti tertarik untuk meneliti lebih lanjut mengenai lebar langkah terhadap risiko jatuh dengan kondisi lingkungan yang berbeda yaitu permukaan menanjak karena lebar langkah merupakan salah satu indikator dalam keseimbangan berjalan ditambah masih kurangnya data-data yang membahas lansia yang ada dimasyarakat dalam melakukan aktivitas berjalan melewati akses-akses menanjak.

METODE

Desain penelitian ini adalah *cross sectional*. Penelitian ini berlokasi di Desa Kelating, Kecamatan Kerambitan, Tabanan dan dilakukan pada bulan Mei 2022. Subjek penelitian ini dari Perkumpulan Lansia Segara Santhi Desa Kelating dengan jumlah 13 orang yang berusia 65 – 73 Tahun, dengan teknik pengambilan sampel *purposive sampling*. Kriteria inklusi pada penelitian ini yaitu lansia perempuan berusia 65-75 Tahun, bersedia mengisi *informed consent*, bisa berjalan tanpa alat bantu, tidak memiliki riwayat gangguan persendian di daerah panggul dan tungkai bawah, lansia yang mampu berjalan dipermukaan menanjak sepanjang 4 meter, dan sudah melakukan vaksin covid-19, sementara kriteria eksklusi pada penelitian ini yaitu lansia mengalami gangguan muskuloskeletal atau kelainan yang menyebabkan ketidakmampuan berjalan dan lansia mengalami gangguan neurologis (*stroke, Parkinson, neuropathy perifer*).

Lansia merupakan seseorang dengan usia yang mencapai 60 Tahun ke atas menurut Depkes RI pada tahun 2013.¹³ Keseimbangan berjalan diukur menggunakan *Timed Up and Go* Tes (TUG) yang dilakukan pada lintasan sepanjang 3 meter. Interpretasi hasil pengukuran TUG tes adalah $\geq 13,5$ detik menunjukkan risiko jatuh tinggi dan >30 detik menunjukkan kesulitan yang signifikan dalam melakukan aktivitas sehari-hari.^{14,15} Lebar langkah diukur menggunakan *footprint test* diatas jalan permukaan menanjak. Interpretasi nilai normal rata-rata lebar langkah berkisar 8-10 cm.^{11,16}

Penelitian ini dilengkapi protokol kesehatan yang dianjurkan oleh pemerintah. Penelitian diawali dengan pengambilan data dengan dilakukannya survey awal untuk mendapatkan informasi daerah yang memiliki area menanjak dengan kemiringan 10° . Kemudian pengisian kuesioner yang mencakup kriteria inklusi dan eksklusi dan mengisi *informed consent* dilanjutkan melakukan pengukuran keseimbangan dengan TUG tes dan lebar langkah menggunakan *footprint* tes. Data yang telah dikumpulkan peneliti untuk dianalisis dalam dengan teknik analisis statistik deskriptif pada software computer SPSS.

HASIL

Tabel 1. Distribusi Frekuensi berdasarkan umur

Usia (Tahun)	Jumlah (n)	Persentase (%)
65	1	7,7
66	1	7,7
67	2	15,4
68	3	23,1
69	2	15,4
70	1	7,7
72	2	15,4
73	1	7,7
TOTAL: 13 (100%)		

Berdasarkan Tabel 1. Didapatkan bahwa pada kategori usia, lansia terbanyak pada umur 68 Tahun dengan jumlah 3 orang dengan persentase (23,1%). Lansia termuda pada umur 65 Tahun dengan jumlah 1 orang dengan persentase (7,7%) dan lansia tertua pada umur 73 Tahun dengan jumlah 1 orang dengan persentase (7,7%).

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Berdasarkan Indeks Massa Tubuh (IMT)

Kategori	Jumlah (n)	Persentase (%)
Normal	7	53,8
Gemuk	2	15,4
Obesitas	4	30,8
TOTAL: 13 (100%)		

Tabel 2. Menunjukkan bahwa lansia dalam penelitian ini terbanyak memiliki IMT dalam kategori normal yang berjumlah 7 orang dengan persentase (53,8%). IMT kategori obesitas sebanyak 4 orang dengan persentase (30,8%) dan kategori gemuk dengan jumlah paling sedikit yaitu 2 orang dengan persentase (15,4%).

Tabel 3. Analisis Statistik Deskriptif Nilai Keseimbangan (TUG Tes) dan Lebar Langkah

	N	Min	Max	Mean	Std. Deviasi
TUG	13	8,45	15,89	12,0392	2,64026
Lebar Langkah	13	8,00	16,50	11,2308	2,96237

Berdasarkan Tabel 3. Data analisis deskriptif nilai TUG tes dan lebar langkah menunjukkan bahwa nilai minimum keseimbangan pada TUG adalah 8,45 detik kategori tidak berisiko jatuh dan nilai minimum pada lebar langkah 8 cm kategori normal, nilai maksimum pada TUG adalah 15,89 detik kategori risiko jatuh tinggi dan lebar langkah 16,5

cm kategori tidak normal dengan mean atau rata-rata nilai untuk TUG adalah 12,03 detik kategori tidak berisiko jatuh dan lebar langkah 11,23 cm kategori tidak normal.

Tabel 4. Uji Pearson Correlation Keseimbangan dan Lebar Langkah

Uji <i>Pearson Correlation</i>			
		Keseimbangan	Lebar Langkah
Keseimbangan	Pearson Correlation	1	0,933**
	Sig. (2-tailed)		0,000
	N	13	13
Lebar Langkah	Pearson Correlation	0,933**	1
	Sig. (2-tailed)	0,000	
	N	13	13

Tabel 4. Menunjukkan bahwa Sig. (2-tailed) $p=0,000$ ($p<0,05$) yang berarti nilai signifikansi kurang dari 0.05 yang menunjukkan adanya korelasi antara keseimbangan dinamis dan lebar langkah saat berjalan menanjak. Nilai korelasi yang kuat dimana nilai *Pearson Correlation* 0,933** dengan nilai positif mengindikasikan bahwa nilai lebar langkah dan keseimbangan lansia berbanding lurus. Sehingga semakin menurun keseimbangan lansia maka terjadi pelebaran lebar langkah yang mengindikasikan risiko jatuh yang lebih saat berjalan di permukaan menanjak.

DISKUSI

Karakteristik Responden Berdasarkan Usia

Rentang umur yang dipilih pada penelitian ini adalah 65-75 Tahun. Hal tersebut dikarenakan pada umur tersebut menunjukkan penurunan sistem tubuh yang mengatur proses keseimbangan yang dapat berisiko terjadinya jatuh pada lansia. Hasil penelitian berdasarkan umur menunjukkan sampel penelitian dengan umur termuda berada pada umur 65 Tahun dan sampel tertua pada umur 73 Tahun. Umur berkaitan dengan keseimbangan yang dapat dilihat dari hasil keseimbangan sampel termuda dengan umur 65 Tahun dan sampel tertua dengan umur 73 Tahun menunjukkan penurunan keseimbangan dengan interpretasi risiko jatuh pada hasil nilai TUG tes. Selaras dengan Riskesdas, 2013 menyatakan bahwa persentase lansia yang mengalami jatuh oleh karena gangguan keseimbangan yaitu 49,5% pada kelompok usia 55-64 tahun, 67,1% pada kelompok usia 65-74, dan 78,2% pada usia lebih dari 75 tahun yang menunjukkan semakin bertambahnya usia maka mengakibatkan penurunan keseimbangan.¹⁷ Umur juga terkait dengan perubahan pada lebar langkah saat berjalan khususnya pada permukaan menanjak. Hasil penelitian menunjukkan sampel termuda dengan umur 65 Tahun dan sampel tertua dengan umur 73 Tahun memiliki lebar langkah yang lebih besar atau tidak normal saat berjalan dipermukaan menanjak. Lebar langkah menunjukkan ketidakstabilan sampel saat berjalan khususnya dipermukaan menanjak. Hasil nilai keseimbangan sampel dapat dilihat dari nilai TUG tes yang dilakukan pada bidang mendatar menunjukkan interpretasi risiko jatuh sehingga saat berjalan pada permukaan menanjak lansia lebih berisiko jatuh dengan nilai lebar langkah yang besar dikarenakan saat berjalan dipermukaan menanjak membutuhkan tantangan yang lebih besar untuk menjaga kestabilan tubuh dibidang yang miring menanjak untuk melawan gravitasi.

Karakteristik Responden Berdasarkan Indeks Massa Tubuh (IMT)

Hasil penelitian ini menunjukkan keterkaitan keseimbangan dan lebar langkah dengan Indeks Massa Tubuh (IMT). Sampel penelitian dengan kategori IMT diatas normal menunjukkan penurunan keseimbangan dengan hasil nilai TUG tes berisiko jatuh dan ukuran lebar langkah yang besar atau tidak normal. Sampel dalam kategori obesitas dan gemuk memiliki keseimbangan yang buruk dengan hasil nilai TUG tes berisiko jatuh dan lebar langkah yang besar atau tidak normal sedangkan sampel IMT kategori normal menunjukkan keseimbangan yang lebih baik dibandingkan kategori obesitas dan gemuk dan ukuran lebar langkah yang tidak sebesar yang berisiko jatuh. IMT lansia wanita dalam kategori obesitas menunjukkan ketidakstabilan postur yang lebih besar dibandingkan dengan kategori gemuk dan normal.¹⁸ Hal tersebut dikarenakan kelebihan jumlah lemak pada tubuh yang akan mempengaruhi biomekanik dalam kegiatan berjalan sehingga kontrol keseimbangan menjadi menurun. Namun, penelitian ini menunjukkan sampel terbanyak memiliki IMT dalam kategori normal yang berjumlah 7 orang dari 13 orang. Sampel yang memiliki IMT dalam kategori normal 5 orang diantaranya menunjukkan keseimbangan dengan nilai TUG tes dalam interpretasi normal. Lebih banyaknya sampel IMT dalam kategori normal dan kecenderungan keseimbangan yang lebih baik pada sampel di Perkumpulan Lansia karena rata-rata sampel aktif bergerak dan melakukan aktivitas fisik. Hal tersebut berdasarkan hasil wawancara dengan Ketua Lansia Segara Santhi bahwa lansia aktif melakukan senam lansia 2-3 kali dalam seminggu dan hasil jawaban kuesioner menunjukkan 13 sampel aktif dalam melakukan aktivitas berjalan dan 6 sampel diantaranya aktif dalam melakukan aktivitas berjalan di permukaan menanjak. Sebaliknya sampel IMT dalam kategori obesitas rata-rata tidak aktif dalam melakukan aktivitas berjalan menanjak sehingga dari nilai lebar langkah menunjukkan ukuran lebar langkah yang besar atau tidak normal karena pada bidang mendatar nilai TUG tes juga telah menunjukkan keseimbangan yang buruk dan berisiko jatuh pada sampel kategori obesitas. Aktivitas fisik yang sedikit dan gaya hidup yang tidak aktif memiliki pengaruh pada hilangnya massa otot dan kekuatan otot pada lansia. Lansia obesitas akan mengalami penurunan dalam mengontrol keseimbangan dan penurunan kekuatan otot.¹⁹

Hubungan antara Lebar Langkah dengan Keseimbangan Lansia saat Berjalan di Permukaan Menanjak

Lebar langkah sebagai indikator keseimbangan lansia saat berjalan dipermukaan menanjak. Nilai rata-rata keseimbangan TUG tes dalam kondisi berjalan di bidang mendatar menunjukkan kategori normal sedangkan nilai rata-

rata lebar langkah di permukaan menanjak menunjukkan kategori tidak normal atau lebar langkah yang besar. Penelitian terdahulu yang dilakukan pada bidang mendatar mengenai lebar langkah terhadap risiko jatuh menunjukkan lebar langkah memiliki hubungan yang signifikan dengan risiko jatuh pada lansia.⁷

Berbeda dari penelitian tersebut penelitian ini dilakukan pada permukaan menanjak. Hasil keseimbangan yang terjadi di bidang datar dengan kategori baik bisa dilakukan di bidang menanjak dan setelah dilakukan pengukuran di bidang menanjak ternyata lebar langkahnya tidak seperti di bidang mendatar yang diakibatkan oleh kemiringan bidang 10°. Parameter gaya berjalan dan momen sendi ekstremitas bawah yang berubah dipengaruhi oleh kemiringan permukaan dengan menggunakan sudut inklinasi 10°. Perubahan sudut sendi ekstremitas bawah berubah selama berjalan di permukaan miring yang menyebabkan sendi *hip*, *knee* dan *ankle* menjadi lebih tertekuk untuk membantu menggerakkan tubuh ke atas melawan gravitasi.²¹

Lansia lebih mengandalkan kerja sendi *hip* dibandingkan sendi *ankle* saat berjalan di permukaan menanjak. Kelemahan otot distal menjadi salah satu kontributor yang membatasi kerja *ekstensor ankle* yang disebabkan oleh perubahan kontraktilitas otot seiring bertambahnya usia.^{22,23} Sehingga dari hal tersebut bidang yang harus dilalui di bidang miring menanjak tidak harus diatas 10° oleh karena setelah dilakukan pengukuran di bidang menanjak ternyata lebar langkahnya tidak seperti di bidang mendatar dan menunjukkan lebar langkah yang lebih besar sehingga sebaiknya dimulai dari derajat yang terendah agar dapat mempertahankan keseimbangan dan lebar langkah. Keseimbangan yang dimiliki baik saat berjalan di bidang mendatar akan berubah keseimbangannya saat berjalan di permukaan menanjak dan meningkatkan risiko jatuh yang lebih tinggi dengan ditandainya perubahan lebar langkah yang lebih besar. Saat berjalan di permukaan menanjak tubuh melawan gravitasi yang lebih besar sehingga untuk menjaga ketidakstabilan tersebut salah satu langkah dengan melebarkan langkah saat berjalan yang dilihat dari lebar langkahnya tidak seperti bidang mendatar dengan kemiringan bidang menanjak 10°.

Postur tubuh selama berjalan menentukan posisi dari *Center of Gravity* (COG) terhadap *Base of Support* (BOS) karena gravitasi merupakan tekanan dari luar yang melawan tubuh saat bergerak. Posisi horizontal dan vertikal dari COG terhadap BOS sangat penting dalam menentukan stabilitas atau mobilitas tubuh. Garis gaya gravitasi menentukan seberapa jauh beban harus digeser yang membuat seseorang tidak stabil. Jika garis gravitasi bergerak melewati BOS maka torsi gravitasi mengarahkan tubuh melewati tepi dasar tumpuan.²⁴ Saat berjalan di permukaan menanjak garis gravitasi bergeser melewati dasar tumpuan yang membuat tubuh menjadi tidak stabil. Hal tersebut dapat dilihat dari ukuran lebar langkah yang lebih besar saat berjalan di permukaan menanjak. Lebar langkah yang berubah dapat diindikasikan sebagai strategi perlindungan untuk mencegah terjadinya jatuh.²⁵ Saat melangkah kedepan melewati garis maka *Center Of Mass* (COM) bergeser keluar dari BOS selama periode *single-support* sehingga keseimbangan tetap terjaga maka langkah berikutnya dapat diatur kesamping dan kedepan. Lebar langkah yang besar pada sampel yang berisiko jatuh mengindikasikan adanya ketidakstabilan tubuh sehingga sampel melebarkan langkahnya untuk menjaga kestabilan tersebut berbeda dengan sampel yang memiliki keseimbangan yang baik menunjukkan lebar langkah yang normal atau tidak sebesar yang berisiko jatuh karena pada sampel tersebut memiliki keseimbangan baik sehingga menjaga tubuhnya agar tidak jatuh dan tidak melebarkan langkah sebesar yang berisiko jatuh.

Lebar langkah yang lebih besar pada lansia merupakan respon adaptif karena penurunan kekuatan otot yang terjadi pada lansia sehingga saat lebar langkah meningkat memberikan BOS yang lebih besar selama periode *double support* untuk meningkatkan keseimbangan lateral.²⁶ Selain itu, saat berjalan di permukaan miring, otot-otot tungkai bawah bekerja mempertahankan keseimbangan dengan menaikkan atau menurunkan *Center of Mass* (COM) tubuh.²⁷ Selama fase *push off* kekuatan ankle lansia bekerja lebih rendah dan kekuatan otot hip lebih besar. Lansia lebih mengandalkan otot fleksor hip untuk memulai ayunan kaki dikarenakan power pendorong ankle yang berkurang walaupun tetap ada. Power pendorong dari ankle selama *push off* mendorong COM tubuh kedepan dan memulai ayunan kaki. Kelemahan otot distal menjadi salah satu kontributor yang membatasi kerja *ekstensor ankle* yang disebabkan oleh perubahan kontraktilitas otot seiring bertambahnya usia.²² Tetapi, penelitian ini tidak dilakukan pengukuran lebih lanjut mengenai kekuatan otot pada sampel. Penelitian ini lebih melihat perubahan keseimbangan dan lebar langkah yang terjadi di permukaan menanjak yang berpengaruh dengan risiko jatuh pada lansia. Lebar langkah yang tidak normal atau lebar saat berjalan di permukaan menanjak menunjukkan risiko jatuh yang lebih besar pada lansia saat berjalan di permukaan menanjak. Sehingga peningkatan lebar langkah dilakukan sebagai strategi meningkatkan *Margin of Stability* (MoS) untuk mengatur posisi, kecepatan, dan kontrol dinamis COM untuk mengurangi risiko jatuh.²⁸ Lansia dengan lebar langkah yang lebih besar saat berjalan di permukaan menanjak menunjukkan adanya risiko jatuh yang lebih tinggi saat berjalan di permukaan menanjak untuk menghindari risiko jatuh strategi yang dilakukan dengan melebarkan lebar langkah untuk menjaga keseimbangan tetap stabil sehingga menghindari terjadinya jatuh pada lansia.

SIMPULAN

Lebar langkah berhubungan dengan keseimbangan berjalan pada lansia. perubahan keseimbangan berjalan di bidang menanjak meningkatkan risiko jatuh dengan ditandainya besarnya ukuran lebar langkah saat berjalan di permukaan menanjak. Sehingga semakin menurun keseimbangan lansia maka terjadi pelebaran lebar langkah yang lebih besar yang mengindikasikan risiko jatuh yang lebih saat berjalan di permukaan menanjak.

DAFTAR PUSTAKA

1. Lord SR, Sherrington C, Naganathan V. *Falls in Older People*. Cambridge University Press; 2021.
2. Osoba MY, Rao AK, Agrawal SK, Lalwani AK. Balance and gait in the elderly: A contemporary review. *Laryngoscope Investig Otolaryngol*. 2019;4(1):143-153.
3. Robinovitch PSN, Feldman F, Yang Y. Video capture of the circumstances of falls in elderly people residing in long-term care : an observational study. 2013;381(9860):47-54.

4. Cavanaugh JT, Stergiou N. *Gait Variability: A Theoretical Framework for Gait Analysis and Biomechanics*. INC; 2020.
5. Kawada M, Hata K, Kiyama R, Maeda T, Yone K. Biomechanical characterization of slope walking using musculoskeletal model simulation. *Acta Bioeng Biomech*. 2018;20(1):117-125.
6. Sheehan RC, Gottschall JS. At similar angles, slope walking has a greater fall risk than stair walking. *Appl Ergon*. 2012;43(3):473-478.
7. Abdullah MM, Rini I, Apriliani H. The Relationship Between Gait Patterns And Risk Of Falling During Walking In. *Rev Int Geogr Educ*. 2021;11.
8. McAndrew Young PM, Dingwell JB. Voluntary changes in step width and step length during human walking affect dynamic margins of stability. *Gait Posture*. 2012;36(2):219-224.
9. Callisaya ML, Blizzard L, Schmidt MD, McGinley JL, Srikanth VK. Ageing and gait variability-a population-based study of older people. *Age Ageing*. 2010;39(2):191-197.
10. Condrowati. Analisis pola jalan lanjut usia terhadap risiko jatuh di posyandu lansia wilayah surakarta naskah publikasi. *Skripsi Univ Muhammadiyah Surakarta*. Published online 2015.
11. Herrero-Larrea A, Miñarro A, Narvaiza L, et al. Normal limits of home measured spatial gait parameters of the elderly population and their association with health variables. *Sci Rep*. 2018;8(1):1-8.
12. Gervásio FM, Santos GA, Ribeiro DM, Menezes RL de. Medidas temporoespaciais indicativas de quedas em mulheres saudáveis entre 50 e 70 anos avaliadas pela análise tridimensional da marcha. *Fisioter e Pesqui*. 2016;23(4):358-364.
13. Sitanggang YF, Frisca S, Sihombing RM, et al. *Keperawatan Gerontik*. Yayasan Kita Menulis; 2021.
14. Dale RB. *Clinical Gait Assessment*. Fourth Edi. Elsevier Inc.; 2012.
15. Guccione AA, Wong RA, Avers D. *Geriatric Physical Therapy*. Elsevier/Mosby; 2012.
16. Mansfield PJ, Neumann DA. *Essentials of Kinesiology for the Physical Therapist Assistant - E-Book*. Elsevier Health Sciences; 2014.
17. Valentina N, Kurniawati PM, Maramis MM. Correlation of Lower Limb Muscles and Body Mass Index with Body Balance in the Elderly. *Folia Medica Indones*. 2021;55(1):58.
18. Dutil M, Handrigan GA, Corbeil P, et al. The impact of obesity on balance control in community-dwelling older women. *Age (Omaha)*. 2013;35(3):883-890.
19. Lee JJ, Hong DW, Lee SA, et al. Relationship Between Obesity and Balance in the Community-Dwelling Elderly Population. *Am J Phys Med Rehabil*. 2020;99(1):65-70.
20. Kling R, Chung A, Cox C, et al. Surface Inclination Influences Fall Risk and Lower Extremity Joint Moments During Walking. *Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet*. 2020;64(1):1416-1420.
21. Haggerty M, Dickin DC, Popp J, Wang H. The influence of incline walking on joint mechanics. *Gait Posture*. 2014;39(4):1017-1021.
22. Franz JR, Kram R. Advanced age and the mechanics of uphill walking: A joint-level, inverse dynamic analysis. *Gait Posture*. 2014;39(1):135-140.
23. Kuhman D, Willson J, Mizelle JC, DeVita P. The relationships between physical capacity and biomechanical plasticity in old adults during level and incline walking. *J Biomech*. 2018;69:90-96.
24. Knudson D. *Fundamentals of Biomechanics*. Third Edit. pringer Nature Switzerland AG 2021; 2021.
25. Lindemann U. Spatiotemporal gait analysis of older persons in clinical practice and research: Which parameters are relevant? *Z Gerontol Geriatr*. 2020;53(2):171-178.
26. Yamaguchi T, Masani K. Effects of age-related changes in step length and step width on the required coefficient of friction during straight walking. *Gait Posture*. 2019;69(December 2018):195-201.
27. Pickle NT, Grabowski AM, Silverman AK. HHS Public Access Author manuscript. 2016;(August).
28. Ferraro RA, Pinto-Zipp G, Simpkins S, Clark MA. Effects of an inclined walking surface and balance abilities on spatiotemporal gait parameters of older adults. *J Geriatr Phys Ther*. 2013;36(1):31-38.



Karya ini dilisensikan dibawah: [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).