

## EFEK MODIFIKASI BERJALAN PADA TEKANAN DAN SPATIOTEMPORAL DENGAN PASIEN DISABILITAS: LITERATUR REVIEW

<sup>1</sup>Muhammad Tasa Kasumbung\*, <sup>2</sup>Umi Budi Rahayu

<sup>1</sup>Program Studi Magister Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
[J128230007@student.ums.ac.id](mailto:J128230007@student.ums.ac.id)

<sup>2</sup>Program Studi Magister Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
[ubr155@ums.ac.id](mailto:ubr155@ums.ac.id)

\*Penulis Korespondensi

### ABSTRAK

*Pendahuluan: Berjalan merupakan suatu aktivitas dasar dan penting yang dilakukan oleh setiap manusia. Karakteristik biomekanik dari gaya berjalan seseorang merupakan alat klinis yang penting untuk mengevaluasi pola gerak normal dan patologis dan telah digunakan dalam proses pengambilan keputusan untuk meresepkan pengobatan serta untuk mengevaluasi hasil intervensi. Tujuan: meninjau apakah efek modifikasi berjalan dapat memengaruhi tekanan berupa ground reaction force dan spatiotemporal pada pasien disability. Metode: yang digunakan studi ini ialah menggunakan studi literatur review pada studi yang berkaitan dengan ground reaction force pada subjek disabilitas. Hasil: berdasarkan 13 artikel 4 artikel yang dilakukan literatur review dalam beberapa modifikasi gaya berjalan mendapatkan hasil yang mempengaruhi perubahan pada ground reaction force dan spatiotemporal serta fungsi keseimbangan. Kesimpulan: modifikasi gaya berjalan kaki secara signifikan mempengaruhi ground reaction force dan parameter spatiotemporal, yang sangat penting untuk menilai efisiensi gaya berjalan, stabilitas, dan mobilitas secara keseluruhan. Oleh karena itu penting untuk mengetahui karakteristik gaya berjalan disetiap subjek dengan disabilitas yang berbeda agar dapat memberikan.*

**Kata Kunci :** *Ground reaction force, disabilitas, spatiotemporal, dan berjalan,*

### ABSTRACT

*Introduction: Walking is a basic and important activity carried out by every human being. The biomechanical characteristics of a person's gait are an important clinical tool for evaluating normal and pathological movement patterns and have been used in decision-making processes to prescribe treatment as well as to evaluate the outcomes of interventions. Objective: To review whether the effects of walking modification can affect pressure in ground reaction force in patients with disability. Method: The study used a literature review study on studies related to ground reaction force in subjects with disabilities. Results: based on 13 articles, 4 articles conducted by literature review in several gait modifications, results that affect changes in ground reaction force and spatiotemporal as well as balance function were obtained. Conclusion: gait modification significantly affects ground reaction force and spatiotemporal parameters, which are crucial for assessing overall gait efficiency, stability, and mobility. Therefore, it is important to know the gait characteristics of each subject with a different disability in order to provide it.*

**Keyword :** *Ground reaction force, disability, spatiotemporal, and walking*

### PENDAHULUAN

Bagian Berjalan merupakan suatu aktivitas dasar dan penting yang dilakukan oleh setiap manusia. Karakteristik biomekanik dari gaya berjalan seseorang merupakan alat klinis yang penting untuk mengevaluasi pola gerak normal dan patologis (Phinyomark *et al.*, 2016; Smith, Louw and Brink, 2016) dan telah digunakan dalam proses pengambilan keputusan untuk meresepkan pengobatan serta untuk mengevaluasi hasil intervensi (Simon, 2004; Naili *et al.*, 2017). Misalnya, kecepatan berjalan dianggap sebagai penentu utama perubahan kinematik dan kinetik pada anak-anak (Stansfield *et al.*, 2001). Faktanya, kecepatan berjalan seseorang mempengaruhi variabel biomekanik seperti kinematika sendi, tekanan berupa *Ground Reaction Force* (GRF), dan parameter gaya berjalan spatiotemporal pada anak (Stansfield *et al.*, 2001; Schwartz, Rozumalski and Trost, 2008; John *et al.*, 2012; Tirosh *et al.*, 2013), dewasa muda (Lelas *et al.*, 2003; Nymark *et al.*, 2005; Stoquart, Detrembleur and Lejeune, 2008; Bovi *et al.*, 2011;

Murley, Menz and Landorf, 2014), dan dewasa tua (Swinnen *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2017). Namun, masih jarang penelitian yang mempertimbangkan variabel disabilitas sedangkan eksistensi olahraga yang berkaitan dengan penyandang disabilitas mulai menjadi perhatian di semua kalangan.

Ground Reaction Force (GRF) adalah parameter penting dalam memahami dan meningkatkan gaya berjalan individu penyandang disabilitas. Asimetri dan kekuatan puncak yang berubah di GRF menyoroti tantangan yang dihadapi oleh individu-individu ini, tetapi dengan intervensi yang ditargetkan seperti prosedur bedah, perangkat ortotik, dan program rehabilitasi khusus, peningkatan signifikan dalam mobilitas, keseimbangan, dan kualitas hidup secara keseluruhan dapat dicapai (Bovi *et al.*, 2011; Alizadeh and Mattes, 2019; Fukuchi, Fukuchi and Duarte, 2019). Penilaian rutin dan rencana perawatan yang dipersonalisasi sangat penting untuk mengoptimalkan hasil dan mempromosikan kemandirian fungsional (Herssens *et al.*, 2018; Hmida *et al.*, 2023). Sedangkan parameter spatiotemporal memberikan informasi penting tentang pola berjalan individu penyandang cacat. Kelainan umum termasuk berkurangnya kecepatan berjalan, perubahan panjang langkah, dan peningkatan waktu siklus, yang mencerminkan tantangan mendasar seperti kelemahan otot, masalah keseimbangan, dan defisit koordinasi (Fukuchi, Fukuchi and Duarte, 2019; Hmida *et al.*, 2023; Alghamdi *et al.*, 2024).

Analisis gaya berjalan yang khas, pola gaya berjalan individu yang patologis dibandingkan dengan kelompok individu sehat yang berjalan dengan kecepatan nyaman mereka. Namun, karena individu patologis cenderung berjalan lebih lambat dan mempertimbangkan kelompok umur yang berbeda, tanpa mengetahui variabel biomekanik mana yang lebih dipengaruhi oleh kecepatan berjalan, perbandingan ini mungkin tidak tepat. Dengan demikian, untuk meningkatkan pengetahuan tentang pengaruh kecepatan berjalan pada variabel biomekanik adalah hal yang sangat penting untuk memberikan manfaat bagi fisioterapi dan tenaga kesehatan lainnya yang umumnya mengandalkan hasil analisis gaya berjalan untuk mengoptimalkan perawatan pasien atau atlet penyandang disabilitas (Tucker *et al.*, 2011; Smith, Louw and Brink, 2016; Fukuchi, Fukuchi and Duarte, 2019; Dehghani *et al.*, 2023).

Meskipun ada beberapa penelitian, termasuk beberapa ulasan (Telfer, Lange and Sudduth, 2017; Herssens *et al.*, 2018) yang meneliti pengaruh kecepatan berjalan pada biomekanik gaya berjalan, tetapi belum ada penelitian yang secara sistematis mengkaji efek berjalan yang lebih komprehensif pada pasien memiliki disabilitas. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan tinjauan sistematis terhadap penelitian yang telah menyelidiki pengaruh beberapa modifikasi berjalan pada parameter spatiotemporal dan GRF pada individu disabilitas.

## **METODE**

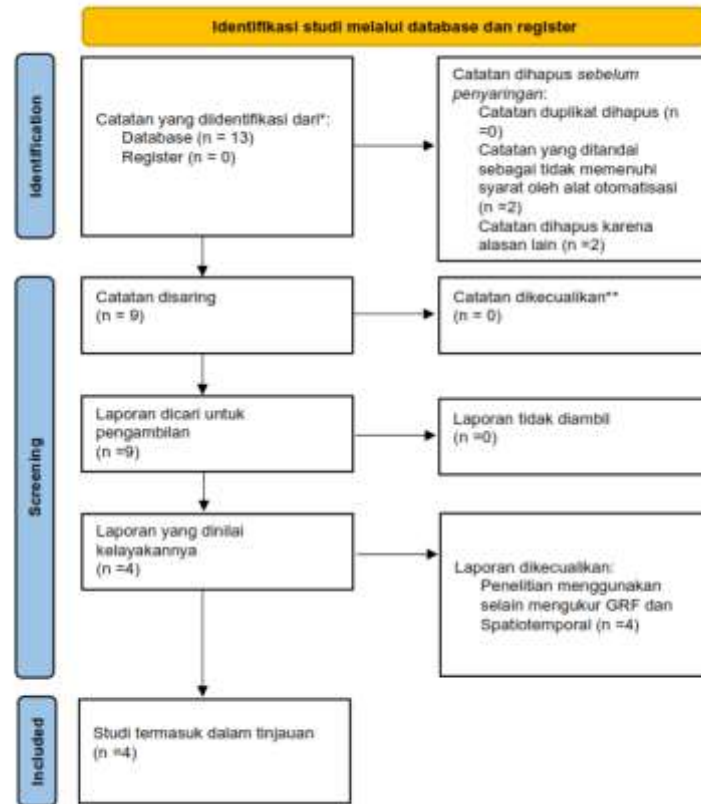
Literatur review merupakan teknik analisis dan evaluasi beberapa artikel yang terdapat di suatu jurnal. Studi literatur review dalam penelitian ini berupa jenis studi experimental dan observasional. Studi ini dilakukan melalui evaluasi dengan cara memberikan pemahaman secara teks melalui analisis suatu tujuan dan strukturnya, kemudian memberikan penilaian kesesuaian artikel dengan berbagai kriteria tertentu.

Strategi pencarian artikel didapatkan dengan pencarian literatur melalui situs seperti Scopus dengan jenis studi RCT melalui kata kunci "walking" kemudian dikombinasikan dengan kata kunci lain berupa "Ground Reaction Force" AND "Spatiotemporal" AND "Disability". Setelah itu pengecekan Quartile (Q) dengan rentang Q1 – Q4 dari jurnal, menggunakan situs Scimago Journal and Country Rank (SJR). kriteria inklusi yang digunakan ialah subjek dengan disabilitas dengan segala usia, semua artikel yang berkaitan dengan keyword, artikel yang digunakan berbahasa Inggris, artikel terbit sekurang-kurangnya tahun 2019, menggunakan alat ukur yang berkaitan dan ground reaction force dan spatiotemporal dan kriteria eksklusi yang digunakan ialah subjek non disabilitas.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil**

Hasil Literatur review adalah metode meringkas, mengevaluasi ataupun menganalisis sebuah artikel ilmiah yang didapat dari berbagai search engine seperti: SCOPUS Berikut adalah diagram alir proses pencarian artikel studi ini:



Gambar 1. Pencarian Artikel

Berdasarkan penelusuran melalui search engine diatas diperoleh 13 artikel yang berhubungan dengan tema studi ini. Artikel–artikel tersebut dipilih, mana yang sesuai dengan tema walking" kemudian dikombinasikan dengan kata kunci lain berupa "Ground Reaction Force" AND "Spatiotemporal" AND "Disability" dan kriteria, kemudian diperoleh 13 artikel. Dari 13 artikel tersebut, disaring menjadi 4 artikel sesuai kriteria inklusi. Keempat artikel yang terpilih dijadikan sebagai landasan teori, selanjutnya dilakukan review dari masing-masing artikel tersebut untuk mengetahui jenis dan detail latihan yang digunakan. Berikut tabel review dari keempat artikel terpilih.

Tabel 1. Review Artikel

Artikel	Metode	Intervensi	Alat ukur	Temuan utama
Effect of sacroiliac fusion on gait, standing balance, and pelvic mobility for unilateral sacroiliac joint dysfunction	- Prospective, cohort study design - Pasien operasi SIF unilateral dan kontrol asimtomatik yang cocok	Operasi fusi sakroiliaka unilateral (SIF)	Gait measures (spatiotemporal parameters, joint range-of-motion, gait deviation index) dan balance measures (center of pressure	- Pasien unilateral menunjukkan defisit fungsional yang signifikan dalam gaya berjalan dan keseimbangan dibandingkan dengan kontrol

Artikel	Metode	Intervensi	Alat ukur	Temuan utama
(Mar <i>et al.</i> , 2023)			characteristics, vertical ground reaction force ratio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>sebelum operasi.</li> <li>Setelah operasi SIF unilateral, pasien SIJD menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam gaya berjalan dan keseimbangan, tetapi tidak sepenuhnya normal dibandingkan dengan kontrol.</li> <li>Kurangnya normalisasi kinematika panggul setelah operasi SIF mungkin disebabkan oleh kesulitan dalam membedakan antara perilaku penghindaran nyeri pra-operasi dan efek fusi itu sendiri.</li> </ul>
Effects of an 8-week multimodal exercise program on ground reaction forces and plantar pressure during walking in boys with autism spectrum disorder (Dehghani <i>et al.</i> , 2023)	randomized controlled trial di mana 24 anak laki-laki dengan gangguan spektrum autisme berusia 7-11 tahun	Intervensi adalah program latihan multimodal 8 minggu yang disebut <i>Sports, Play,</i> dan <i>Active Recreation for Kids</i> (SPARK)	Peak vertical ground reaction force, time to peak vertical ground reaction force, vertical loading rate, and peak pressure di 10 daerah kaki yang berbeda	<ul style="list-style-type: none"> <li>Program latihan multimodal SPARK menyebabkan penurunan peak vertical ground reaction forces, loading rate, dan peak pressure dalam medial heel region selama berjalan di anak laki-laki dengan autism spectrum disorder, dibandingkan dengan kelompok kontrol.</li> <li>Program SPARK memiliki efek positif pada biomekanik berjalan anak laki-laki dengan autism spectrum disorder.</li> </ul>
Immediate and Short-Term Effects of In-Shoe Heel-Lift Orthoses on Biomechanical Outcomes in Patients with Insertional Achilles	- Prospective case series study design - Skrining kelayakan dan pemeriksaan klinis untuk memasukkan peserta dengan	Intervensinya adalah penggunaan lift heel 20 mm, yang dipasang secara bilateral di sepatu peserta. Para peserta mengenakan	Symptom severity (VISA-A), gait analysis dengan tes jalan kaki 10 m (kecepatan berjalan dan rasa sakit saat berjalan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Heel terangkat segera mengurangi rasa sakit selama gaya berjalan pada peserta dengan penyisipan Achilles tendinopathy.</li> <li>Heel mengangkat keparahan gejala yang membaik setelah 2 minggu</li> </ul>

Artikel	Metode	Intervensi	Alat ukur	Temuan utama
Tendinopathy (Alghamdi <i>et al.</i> , 2024)	penyisipan Achilles tendinopathy	lift heel selama 2 minggu setelah pemasangan awal.		penggunaan. - Heel lift memiliki dampak positif pada gaya berjalan dan kecepatan.
Effect of the short and intensive rehabilitation (SHAIR) program on dynamic alignment in patients with dropped head syndrome during level walking (Suzuki <i>et al.</i> , 2021)	- Experimental study - Penelitian ini melibatkan pasien DHS yang menjalani rawat inap 2 minggu SHAIR rehabilitation program, yang terdiri dari 40 menit per hari terapi fisik dan okupasi, termasuk latihan untuk serviks, batang, dan ekstremitas bawah, serta berjalan, instruksi postural, dan instruksi ADL.	Intervensinya adalah "program SHAIR", yang merupakan program rehabilitasi rawat inap 2 minggu yang mencakup terapi fisik dan okupasi selama 40 menit per hari, serviks dan latihan otot fleksor dalam, latihan angkat pinggul, latihan kemiringan panggul anterior, latihan berjalan, instruksi postural, dan instruksi ADL.	Chin Brow Vertical Angle (CBVA), Neck Disability Index (NDI), Numerical Rating Scale (NRS), spatiotemporal parameters, dan kinematic parameters (head, thorax, and pelvic angles)	- Program rehabilitasi SHAIR meningkatkan keselarasan kepala dan leher pada pasien dengan sindrom kepala jatuh selama tingkat berjalan, meningkatkan panjang langkah dan sudut ekstensi kepala tanpa mengubah sudut dada atau panggul secara signifikan.  - Ini menunjukkan program ini membantu memperpanjang tulang belakang leher tanpa seluruh tubuh bagian atas miring ke belakang, yang dapat mengoptimalkan input sensorik dan keseimbangan selama berjalan.

Unilateral sacroiliac joint fusion (SIF) secara signifikan meningkatkan gaya berjalan dan fungsi keseimbangan pada pasien dengan disfungsi sendi sakroiliaka unilateral (SIJD), meskipun normalisasi lengkap tidak tercapai karena faktor-faktor seperti perilaku penghindaran rasa sakit dan operasi SIF itu sendiri, menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut tentang dampak jangka panjang. Intervensi latihan SPARK menunjukkan janji dalam meningkatkan karakteristik gaya berjalan pada anak-anak dengan gangguan spektrum autisme dengan mengurangi gaya reaksi tanah vertikal puncak, tingkat pemuatan, dan tekanan puncak di daerah heel medial selama berjalan. Heel Lift direkomendasikan untuk pasien dengan tendinopati Achilles insersi karena efek positif langsungnya. Program rehabilitasi SHAIR meningkatkan keselarasan serviks dan sudut kepala selama berjalan pada pasien dengan sindrom kepala jatuh, kemungkinan karena perbaikan neurologis, peningkatan kekuatan otot, dan peningkatan umpan balik proprioseptif

### Pembahasan

Keempat artikel tersebut dijelaskan bahwasannya menganalisa suatu gaya berjalan sangat penting untuk kelompok disabilitas sehingga adanya berapa kondisi disabilitas yang diberikan intervensi seperti unilateral sacroiliac joint fusion (SIF) pada kondisi disfungsi sendi sakroiliaka unilateral, *Play* dan *Active Recreation for Kids* (SPARK) pada kondisi autisme dan Heel lift pada

kondisi tendinopati Achilles insersi sangat mempengaruhi perubahan pada *ground reaction force* dan spatiotemporal serta fungsi keseimbangan.

### Ground Reaction Force (GRF)

Parameter kunci dalam biomekanik, yang mencerminkan gaya yang diberikan oleh tanah pada tubuh selama berjalan. Berikut adalah gambaran rinci tentang apa yang terjadi pada GRF dalam konteks yang berbeda berdasarkan keempat artikel yang direview bahwasannya vertical GRF berupa Heel Strike dan Toe-Off Phases selama berjalan, GRF vertikal biasanya menunjukkan dua puncak. Puncak pertama terjadi pada serangan heel ketika kaki menyentuh tanah, menyerap berat badan. Puncak kedua terjadi saat toe-off, saat tubuh mendorong ke depan. Perubahan GRF Pada pasien dengan kondisi seperti *sacroiliac joint dysfunction* (SIJD), GRF vertikal bisa asimetris, dengan perbedaan mencolok antara sisi gejala dan asimtomatik, intervensi pasca bedah seperti *sacroiliac fusion* sering menghasilkan pola vGRF yang lebih simetris dan dinormalisasi (Mar *et al.*, 2023). Medial-Lateral dan Anterior-Posterior GRF Komponen ini mengukur kekuatan sisi-ke-sisi selama berjalan. Perubahan GRF medial-lateral dapat menunjukkan masalah dengan keseimbangan dan stabilitas. Pada pasien SIJD, GRF medial pada sisi gejala secara signifikan lebih rendah sebelum operasi tetapi membaik pasca operasi. GRF Anterior-Posterior ini termasuk gaya pengereman selama serangan heel dan gaya pendorong selama toe-off. Berjalan efisien membutuhkan GRF anterior-posterior yang seimbang, yang mungkin terganggu dalam kondisi patologis (Mar *et al.*, 2023).

Pada subjek *Sacroiliac Joint Dysfunction* (SIJD) Pasien dengan SIJD menunjukkan perbedaan GRF yang signifikan sebelum dan sesudah operasi fusi sakroiliaka. Sebelum operasi, rasio puncak GRF vertikal antara sisi bergejala dan tanpa gejala miring. Pasca operasi, rasio ini membaik, menunjukkan simetri dan gaya berjalan yang lebih baik. Pada subjek Anak-anak dengan Autisme Program SPARK menyebabkan pengurangan GRF vertikal puncak selama kontak heel, menunjukkan pola gaya berjalan yang lebih baik dan mengurangi kekuatan dampak pada anak-anak dengan gangguan spektrum autisme (Dehghani *et al.*, 2023). Pada kondisi tendinopati Achilles insersi efek pada GRF pada penggunaan orthosis heel in-shoe lift mengakibatkan perubahan pada GRF, terutama dengan mengurangi GRF vertikal puncak selama serangan heel. Intervensi ini membantu mengurangi tekanan pada tendon Achilles dan meningkatkan mekanika gaya berjalan pada pasien dengan tendinopati Achilles (Alghamdi *et al.*, 2024).

Berjalan secara signifikan mempengaruhi GRF, dengan variasi yang terlihat dalam kondisi dan intervensi yang berbeda. Kondisi permasalahan simetri seperti SIJD menyebabkan pola GRF asimetris, yang dapat diperbaiki melalui intervensi bedah, yang mengarah ke kekuatan yang lebih seimbang selama berjalan. Program seperti SPARK dan penggunaan orthosis dapat mengurangi GRF puncak, sehingga menurunkan dampak pada sistem muskuloskeletal dan meningkatkan efisiensi gaya berjalan. Perubahan komponen GRF mencerminkan perubahan dalam mekanika berjalan, menunjukkan peningkatan stabilitas, propulsi, dan kesehatan gaya berjalan secara keseluruhan.

Memahami perubahan GRF ini sangat penting untuk mendiagnosis kelainan gaya berjalan, merencanakan perawatan, dan menilai efektivitas intervensi yang bertujuan untuk meningkatkan pola berjalan dan mobilitas secara keseluruhan.

### Spatiotemporal

Dalam studi yang menilai efek dari program SHAIr pada pasien dengan sindrom kepala turun (DHS), perbaikan signifikan dalam parameter spatiotemporal diamati pasca intervensi kecepatan berjalan meningkat dari 0,75 m / s menjadi 0,83 m / s, meskipun perubahan ini tidak signifikan secara statistik ( $p = 0,077$ ), Waktu Siklus tetap konsisten pada 1,13 detik ( $p = 0,955$ ), dan panjang langkah mengalami meningkat dari 0,84 meter menjadi 0,93 meter, yang signifikan secara statistik ( $p = 0,038$ ) (Suzuki *et al.*, 2021). Dalam studi In-Shoe Heel Lift Orthoses Studi ini menguji efek

langsung dan jangka pendek dari ortosis pengangkat heel dalam sepatu pada parameter gaya berjalan spatiotemporal di antara peserta (Alghamdi *et al.*, 2024). Temuan utama meliputi Stride Length tidak ada perubahan signifikan antara pengukuran awal (1,45 m) dan pengukuran lanjutan (1,44 m), dengan nilai  $p = 0,363$ . Durasi Fase Ayunan: Tidak ada perubahan signifikan yang tercatat dalam durasi fase ayunan antara awal dan tindak lanjut ( $p = 0,444$ ). Studi tentang program latihan multimodal SPARK efek pada Anak dengan Autisme Program SPARK dievaluasi untuk dampaknya pada parameter spatiotemporal pada anak-anak dengan gangguan spektrum autisme pada fase footflat/inisial contact durasi fase ini tidak menunjukkan perubahan signifikan pasca intervensi ( $p = 0,764$ ). Fase Preswing: Sedikit perubahan yang diamati tetapi tidak signifikan secara statistik ( $p = 0,589$ ). Fase Swing: Durasi tetap konsisten tanpa perubahan signifikan ( $p = 0,444$ ). Fase Stance: Tidak ada perubahan durasi yang signifikan ( $p = 0,993$ ) (Dehghani *et al.*, 2023).

Studi-studi ini secara kolektif menggambarkan bahwa intervensi seperti program SHAiR dan In-Shoe Heel Lift Orthoses dapat memiliki dampak yang bervariasi pada parameter spatiotemporal, seringkali meningkatkan panjang langkah dan kecepatan berjalan, sementara parameter lain seperti waktu siklus dan durasi fase mungkin tidak menunjukkan perubahan signifikan.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil literatur review di atas berjalan kaki secara signifikan mempengaruhi ground reaction force dan parameter spatiotemporal, yang sangat penting untuk menilai efisiensi gaya berjalan, stabilitas, dan mobilitas secara keseluruhan. Memahami dan meningkatkan parameter GRF dan spatiotemporal sangat penting untuk meningkatkan mekanika gaya berjalan dan mengembangkan strategi pengobatan yang efektif untuk individu dengan kelainan gaya berjalan. Oleh karena itu penting untuk mengetahui karakteristik gaya berjalan di setiap subjek dengan disabilitas yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alghamdi, N.H. et al. (2024) 'Immediate and Short-Term Effects of In-Shoe Heel-Lift Orthoses on Clinical and Biomechanical Outcomes in Patients With Insertional Achilles Tendinopathy', pp. 1–16. doi:10.1177/23259671231221583.
- Alizadeh, S. and Mattes, K. (2019) 'Human Movement Science How anterior pelvic tilt affects the lower extremity kinematics during the late swing phase in soccer players while running: A time series analysis', *Human Movement Science*, 66(June), pp. 459–466. doi:10.1016/j.humov.2019.06.001.
- Bovi, G. et al. (2011) 'Gait & Posture A multiple-task gait analysis approach: Kinematic, kinetic and EMG reference data for healthy young and adult subjects', *Gait & Posture*, 33(1), pp. 6–13. doi:10.1016/j.gaitpost.2010.08.009.
- Dehghani, M. et al. (2023) 'Effects of an 8-week multimodal exercise program on ground reaction forces and plantar pressure during walking in boys with autism spectrum disorder', *Trials*, pp. 1–10. doi:10.1186/s13063-023-07158-7.
- Fukuchi, C.A., Fukuchi, R.K. and Duarte, M. (2019) 'Effects of walking speed on gait biomechanics in healthy participants: a systematic review and meta-analysis', pp. 1–11.
- Herssens, N. et al. (2018) 'Do spatiotemporal parameters and gait variability differ across the lifespan of healthy adults? A systematic review.', *Gait & Posture* [Preprint]. doi:10.1016/j.gaitpost.2018.06.012.
- Hmida, J. et al. (2023) 'Gait & Posture Relationship between foot pressure and spinal parameters in healthy adults – A systematic review', *Gait & Posture*, 103(April), pp. 126–132. doi:10.1016/j.gaitpost.2023.05.006.
- John, C.T. et al. (2012) 'Contributions of muscles to mediolateral ground reaction force over a range of walking speeds', *Journal of Biomechanics*, 45(14), pp. 2438–2443. doi:10.1016/j.jbiomech.2012.06.037.

- Lee, H. et al. (2017) 'Age-related differences in muscle co-activation during locomotion and their relationship with gait speed: a pilot study', *BMC Geriatrics*, pp. 1–8. doi:10.1186/s12877-017-0417-4.
- Lelas, J.L. et al. (2003) 'Predicting peak kinematic and kinetic parameters from gait speed', 17, pp. 106–112.
- Mar, D. et al. (2023) 'Effect of sacroiliac fusion on gait, standing balance, and pelvic mobility for unilateral sacroiliac joint dysfunction', *North American Spine Society Journal (NASSJ)*, 16(August), p. 100288. doi:10.1016/j.nxnsj.2023.100288.
- Murley, G.S., Menz, H.B. and Landorf, K.B. (2014) 'Gait & Posture Electromyographic patterns of tibialis posterior and related muscles when walking at different speeds', *Gait & Posture*, 39(4), pp. 1080–1085. doi:10.1016/j.gaitpost.2014.01.018.
- Naili, J.E. et al. (2017) 'Improved knee biomechanics among patients reporting a good outcome in knee-related quality of life one year after total knee arthroplasty', pp. 1–11. doi:10.1186/s12891-017-1479-3.
- Nymark, J.R. et al. (2005) 'Electromyographic and kinematic nondisabled gait differences at extremely slow overground and treadmill walking speeds', 42(4), pp. 523–534. doi:10.1682/JRRD.2004.05.0059.
- Phinyomark, A. et al. (2016) 'Gender differences in gait kinematics for patients with knee osteoarthritis', *BMC Musculoskeletal Disorders*, pp. 1–12. doi:10.1186/s12891-016-1013-z.
- Schwartz, M.H., Rozumalski, A. and Trost, J.P. (2008) 'The effect of walking speed on the gait of typically developing children', 41, pp. 1639–1650. doi:10.1016/j.jbiomech.2008.03.015.
- Simon, S.R. (2004) 'Quantification of human motion: gait analysis — benefits and limitations to its application to clinical problems', 37, pp. 1869–1880. doi:10.1016/j.jbiomech.2004.02.047.
- Smith, Y., Louw, Q. and Brink, Y. (2016) 'The three-dimensional kinematics and spatiotemporal parameters of gait in 6 – 10 year old typically developed children in the Cape Metropole of South Africa – a pilot study', *BMC Pediatrics*, pp. 1–10. doi:10.1186/s12887-016-0736-1.
- Stansfield, B.W. et al. (2001) 'Normalized Speed, Not Age, Characterizes Ground Reaction Force Patterns in 5- to 12-Year-Old Children Walking at Self-Selected Speeds', pp. 395–402.
- Stoquart, G., Detrembleur, C. and Lejeune, T. (2008) 'Effect of speed on kinematic, kinetic, electromyographic and energetic reference values during treadmill walking La marche sur tapis roulant: données cinématiques, cinétiques, électromyographiques et énergétiques normales spécifiques à la vitesse de marche'. doi:10.1016/j.neucli.2008.02.002.
- Suzuki, A. et al. (2021) 'Effect of the short and intensive rehabilitation (SHAiR) program on dynamic alignment in patients with dropped head syndrome during level walking', *Journal of Clinical Neuroscience*, 91, pp. 93–98. doi:10.1016/j.jocn.2021.06.011.
- Swinnen, E. et al. (2013) 'Clinical Biomechanics Walking more slowly than with normal velocity: The influence on trunk and pelvis kinematics in young and older healthy persons ☆', *JCLB*, 28(7), pp. 800–806. doi:10.1016/j.clinbiomech.2013.06.013.
- Telfer, S., Lange, M.J. and Sudduth, A.S.M. (2017) 'Gait & Posture Factors influencing knee adduction moment measurement: A systematic review and meta-regression analysis', *Gait & Posture*, 58(August), pp. 333–339. doi:10.1016/j.gaitpost.2017.08.025.
- Tirosh, O. et al. (2013) 'Walking speed effects on the lower limb electromyographic variability of healthy children aged 7 – 16 years', *JOURNAL OF ELECTROMYOGRAPHY AND KINESIOLOGY* [Preprint]. doi:10.1016/j.jelekin.2013.06.002.
- Tucker, C.A. et al. (2011) 'Gait & Posture Efficacy of clinical gait analysis: A systematic review', 34, pp. 149–153. doi:10.1016/j.gaitpost.2011.03.027.