

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 *Gait* atau Gaya Berjalan

Salah satu gerak tubuh yang dilakukan manusia setiap harinya adalah berjalan. Berjalan merupakan gerak lokomosi yang melibatkan dua kaki, untuk mendukung propulsi dengan salah satu kaki kontak atau bersentuhan dengan tanah. Berjalan meskipun terlihat sederhana namun melibatkan berbagai mekanisme yang bisa menimbulkan gerak kompleks. Gaya berjalan merupakan hasil integrasi antara tulang, sistem saraf (sistem saraf pusat dan perifer), otot, dan factor lingkungan (sepatu, permukaan tempat pijakan). Secara mekanis, gaya berjalan atau *gait* membutuhkan kerjasama antara ekstremitas atas dan bawah pada kedua sisi. Ketika satu kaki menyentuh tanah sebagai penahan, pendukung gerak, dan pendorong, kaki lainnya mengayun untuk membuat satu langkah. Hal tersebut menimbulkan *gait* / gaya berjalan sebagai gerakan bergantian yang ritmis antara kaki, lengan dan badan untuk membuat gerak maju. Syarat terbentuknya suatu *gait* adalah *balance* (keseimbangan), *weight bearing*, dan *forward propulsion* (dorongan kedepan).^{13,15,19}

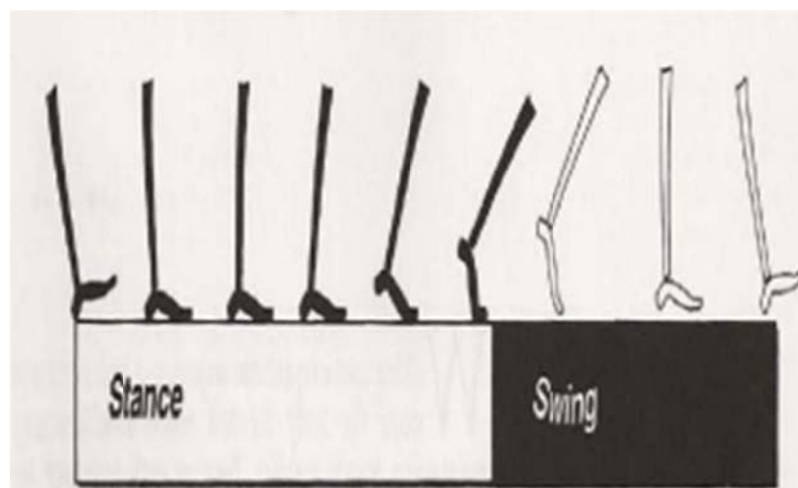
1.1.1 *Gait Cycle*

Gait atau gaya berjalan merupakan suatu fenomena siklik yang bisa dibagi dalam segmen atau fase. Berdasarkan terminologi tradisional, *gait* digambarkan sebagai proses *heelstrike*, *heel rise*, dan *toe off*. Sedangkan menurut terminologi *Rancho Los Amogis (RLA)* yang populer di awal 1990-an, lebih menekankan pada lamanya segmen atau proses, seperti *loading response*, *terminal stance*, dan *pre-swing*²⁰. saat berjalan salah satu ekstremitas akan berperan memberikan support bagi ekstremitas lainnya yang berpindah maju / berganti gerakan. Ekstremitas akan bergerak bergantian hingga seseorang mencapai tempat yang dituju. Urutan tunggal fungsi tersebut oleh satu ekstremitas disebut *gait cycle* yang diatur menjadi gerakan secara ritmik terjadi secara berurutan oleh sistem *reticulospinal*.

Siklus *gait* dimulai dari salah satu kaki bersentuhan tanah hingga diakhiri kontak lantai/tanah berikutnya oleh kaki yang sama. Ada beberapa parameter dalam analisis gaya berjalan / *gait*.

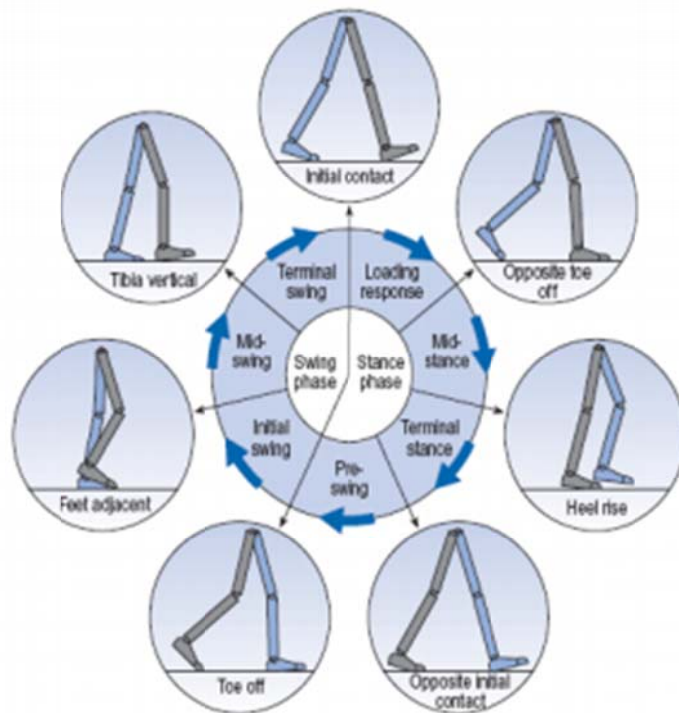
1. *Step length*, jarak kaki kontak dengan tanah dengan kaki lainnya, jarak normal kaki kanan dan kiri pada *gait* normal adalah sama.
2. *Stride length* adalah jarak antara kontak kaki dengan tanah dengan kaki yang sama berikutnya
3. *Cadence* atau irama jalan. Irama normal pada dewasa sekitar 101-120 langkah/menit.
4. *Walking velocity / gait speed* merupakan perkalian antara *cadence* dengan *step length*. Pada dewasa normal biasanya 1,5 m/s.^{13,17,18,21}

Satu *gait cycle* terdapat dua periode, *stance phase* dan *swing phase* (Gambar 1). *Stance* merupakan kondisi dimana kaki menyentuh lantai atau tanah dimulai dengan *initial contact*, sedangkan *swing* didefinisikan kaki mengayun dimulai dengan *toe-off*. Manusia memiliki dua ekstremitas bawah sehingga proses *stance* dan *swing* berlangsung bergantian (*contralateral*) kanan dan kiri. Karena hal tersebut, ada beberapa proses yang terjadi selama *gait cycle* (Gambar 2).



Gambar 1. Fase *gait*

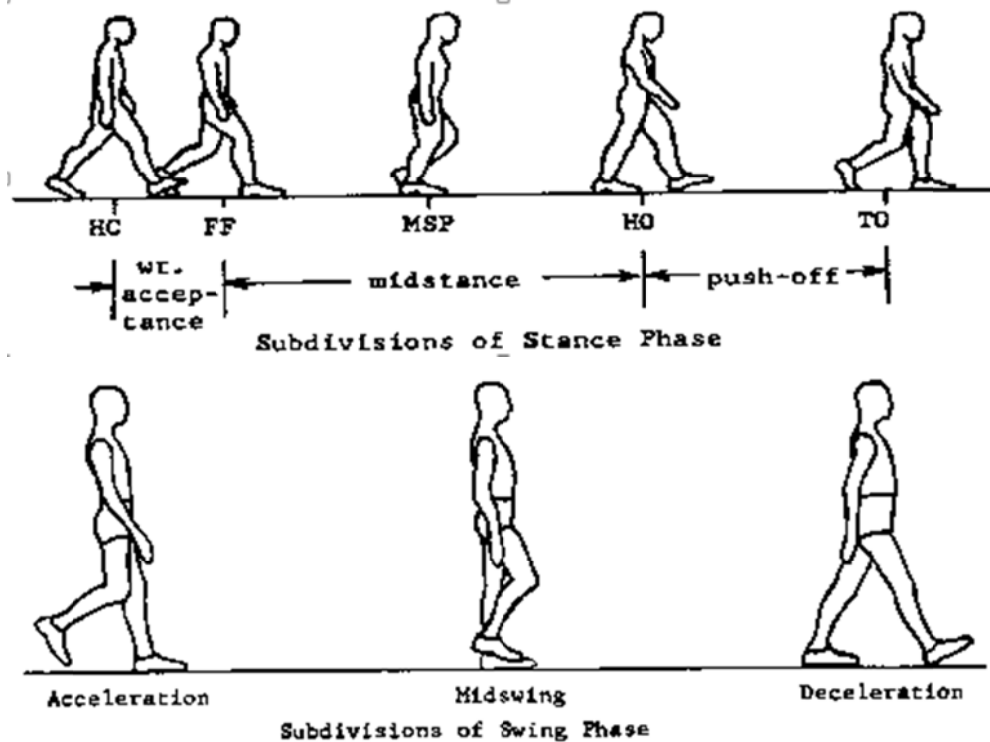
Sumber : Kharb, 2011²²



Gambar 2 : Event in a gait cycle

Sumber : Levine, 2012²¹

Dalam fase *stance* meliputi proses *heel contact/ initial contact*, *foot-flat* atau *loading response* yaitu permulaan kontak kaki dengan tanah, *midstance*, *heel-off* atau *terminal stance*, dan *toe-off* atau *pre -swing*. Sedangkan dalam fase *swing* terdapat proses *acceleration* atau *initial swing*, *midswing*, dan *deceleration* atau *terminal swing* (Gambar 3). Durasi terselesaikannya siklus *gait* dikenal dengan *gait time*, yang terbagi dalam *stance time* dan *swing time*.^{13,17,18}



Gambar 3 : Pembagian fase *stance* dan *swing*

Sumber : Mahmoud, 2005²³

1.1.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi *Gait*

Menurut Shruti, beberapa hal yang mempengaruhi *gait performance* antara lain usia, kecepatan, dan *gender* atau jenis kelamin

1. *Gender* / Jenis Kelamin

Meskipun beberapa peneliti melaporkan adanya perbedaan gaya berjalan/*gait* antara pria dan wanita, hanya sedikit studi menyatakan adanya perbandingan langsung. Wanita memiliki langkah kaki lebih pendek dibanding pria, *cadences* lebih tinggi dibanding pria dan *stride* yang lebih pendek. Studi yang dilakukan *Kerrigan* membandingkan 90 pria dan wanita dengan usia yang sama menunjukkan perbedaan *joint kinematics*, dan menunjukkan bahwa wanita memiliki momen ekstensi lutut lebih besar saat *initial contact* dan fleksi lebih besar saat *pre-swing*. Perbedaan kinematik ini menjelaskan adanya kejadian osteoarthritis lebih besar pada wanita. Adanya perbedaan *gait* yang

berhubungan dengan jenis kelamin diduga juga karena faktor perbedaan anatomi, tinggi badan maupun panjang kaki wanita biasanya lebih pendek daripada laki-laki^{8,24-26}

2. *Walking Speed*

Kecepatan berjalan mempengaruhi beberapa parameter *gait*, seperti *cadence*, *step length*, dan *stride*. Seiring bertambahnya kecepatan, parameter-parameter tersebut ikut meningkat, juga berubah seiring menurunnya kecepatan. Bertambahnya *walking speed* nampaknya juga mempengaruhi peningkatan *step width*. Hal lain yang ikut terpengaruh adanya perubahan kecepatan ini adalah *ground reaction activity*, pola aktivitas otot, *joint moment*, *joint reaction forces* yang ikut meningkat bersamaan dengan peningkatan *walking speed*.²⁴

3. Usia

Seiring bertambah usia, *gait* berkembang, mulai dari masa kanak-kanak hingga usia lanjut. Usia diatas 60 tahun samapi lebih dari 100 tahun menunjukkan perubahan *gait*. Umumnya semakin lanjut usia kecepatan berjalan juga berkurang, sementara menurunnya *walking speed* mengakibatkan berkurangnya *step length*, *joint excursion*, dan *ground reaction forces*. Oleh karena itu, perubahan *gait* yang terjadi karena usia umumnya sebagai efek sekunder turunnya *walking speed*. Selain itu, faktor usia berhubungan dengan berkurangnya kekuatan otot *quadriceps*, *m. Plantar flexors*, dan *hip flexor*, *range of motion*, dan *oxygen uptake* berhubungan dengan pengurangan *walking speed*. Usia juga berhubungan dengan ketajaman pengelihatan. Semakin tinggi usia, ketajaman pengelihatan akan berkurang, hal tersebut mempengaruhi *gait* pada lansia, selain karena pengaruh ekstensi lutut yang berkurang. Ekstensi lutut dan nyeri sendi lutut terutama mempengaruhi parameter *gait* dari segi jarak dan waktu.^{24,27}

4. BMI

Beberapa studi menunjukkan adanya hubungan antara obesitas dan kelainan spinal dengan kelemahan dan kekakuan otot lumbar yang

dapat mempengaruhi berdiri, berjalan, dan berlari. Pola *gait* pada orang obesitas perbedaannya mekanik gerak tubuh dibanding orang normal. Bentuk tubuh dipengaruhi oleh timbunan lemak. Orang obesitas memiliki *ground reaction forces*, *stance-phase sagittal-plane net muscle moment*, dan *step width* lebih besar dibanding orang tanpa obesitas. Kecepatan berjalan orang tanpa obesitas sekitar 1,4 m/s sedangkan pada obesitas sekitar 1,2 m/s, kecepatan berjalan berbanding terbalik dengan BMI. Pada anak-anak, *walking speed* tergantung pada usia, meskipun anak dengan obesitas memiliki kecepatan berjalan 10%-15% lebih lambat daripada anak tanpa obesitas. Pengaruh obesitas pada *walking speed* juga mempengaruhi peningkatan fase *stance* dan berkurangnya fase *swing*, *step width* juga meningkat.²⁸⁻³⁰

5. Jenis Sepatu

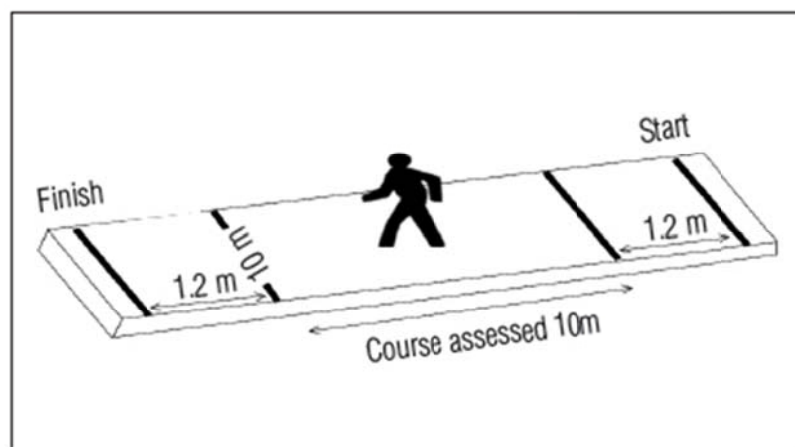
Jenis sepatu atau footwear juga bisa mempengaruhi *gait*. Pada anak-anak, sepatu dapat memperpanjang langkah dengan meningkatnya sudut dan gerak lutut serta meningkatnya aktivitas *tibialis anterior*. Saat berlari, sepatu mengurangi *swing phase*, meskipun belum diketahui dengan jelas pengaruh jangka panjangnya bagi pertumbuhan dan perkembangan. Sepatu dengan berbagai jenis ketinggian juga mempengaruhi *gait*. Sepatu hak tinggi meningkatkan plantarfleksi kaki, perubahan struktur tulang dari sendi *ankle*, *midtarsal*, dan *metatarsophalangeal*. Perubahan anatomi menimbulkan perubahan fungsional termasuk *ground reaction forces* telapak kaki medial, berkurangnya pronasi kaki saat *midstance*, dan meningkatnya *vertical ground reaction force* saat *heel strike*. Penelitian terhadap sepatu hak tinggi dengan dasar sol berbeda menunjukkan adanya perbedaan distribusi tekanan kaki. Semakin luas alas permukaan hak sepatu, tekanan tumit juga berkurang. Jika menggunakan sepatu hak tinggi, lebih baik menggunakan alas hak yang lebih lebar, karena tekanan kaki yang akan timbul lebih kecil dibanding alas runcing. Perbedaan distribusi tekanan plantar sering dikaitkan dengan keluhan pemakaian

sepatu hak tinggi dalam waktu yang lama seperti nyeri, *hallux valgus*, *calluses*. Distribusi tekanan plantar berhubungan dengan keseimbangan dan *gait*.³¹⁻³³

1.1.3 Penilaian Parameter *Gait*

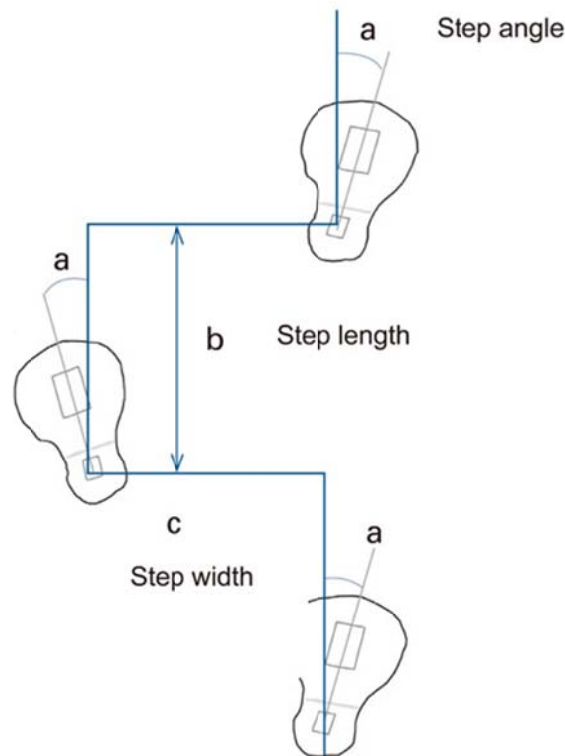
Penilaian parameter *gait* seperti *stride length*, *step length*, *step width*, *cadence*, dan kecepatan gaya berjalan yang akan dilakukan adalah *walk task*. 10 m *walk test* (10mWT) merupakan cara sederhana untuk mengetahui perubahan spatial, temporal, dan kinematik parameter *gait*, jika instrumen *motion analysis* kurang memadai.

- a. Prosedur kerja
 1. Partisipan diminta berjalan diatas kertas yang sudah ditandai dengan pita
 2. Untuk menghilangkan komponen percepatan dan perlambatan yang terjadi di awal dan di akhir berjalan, partisipan diminta berjalan 1,2 m sebelum tanda mulai dan berhenti 1,2 sesudah tanda *finish*
 3. Waktu berjalan dan jumlah langkah dicatat menggunakan stopwatch
 4. Parameter *gait* lain diukur dengan cat dari sepatu yang menempel di kertas.^{34,35}



Gambar 4 : Diagram 10-meter *walk test*

Sumber : Novaes, 2011³⁴



Gambar 5 : Parameter gait

Sumber : (Nishimura, 2015)³⁶

Dari prosedur diatas akan dilakukan beberapa modifikasi, diantaranya panjang langkah tidak 10 meter tetapi 5 meter, dan perhitungan pengukuran tidak dimulai dari jarak 1,2 meter tetapi dihitung setelah langkah ketiga.

1.2 Keseimbangan dan Faktor yang Mempengaruhinya

Balance atau keseimbangan digunakan profesi kesehatan di berbagai bidang. Keseimbangan adalah kemampuan untuk mempertahankan pusat gravitasi pada bidang tumpu terutama ketika posisi tegak. Kata keseimbangan sering dihubungkan dengan *stability* dan *postural control*. Secara mekanik, keseimbangan (*equilibrium*) didefinisikan sebagai keadaan dimana suatu benda memiliki resultan gaya sama dengan nol (hukum Newton I). *Human balance* merupakan konsep multidimensional yang menyangkut kemampuan seseorang agar tidak jatuh. Kontrol keseimbangan cukup kompleks dan melibatkan postur

facilitating movement, dan *recovering equilibrium*. *Stability* atau kestabilan berkaitan dengan keseimbangan, semakin besar gaya yang diberikan untuk menggeser benda, semakin besar pula *stability* nya. ^{37,38}

Keseimbangan adalah kemampuan untuk mempertahankan tubuh dalam posisi kesetimbangan dalam keadaan statis atau dinamis, dengan menggunakan aktivitas otot yang minimal. Keseimbangan berdiri adalah kemampuan untuk mempertahankan pusat massa tubuh berada dalam Base of Support/Bidang Tumpu. Keseimbangan berdiri merupakan prasyarat untuk banyak aktivitas fungsional seperti mobilitas dan penghindaran terhadap jatuh. Adanya integrasi kompleks dan koordinasi antara sistem tubuh meliputi sistem sensorik (vestibular, visual, dan somatosensorik termasuk proprioceptor) dan muskuloskeletal (otot, sendi, dan jar lunak lain) yang dimodifikasi / diatur dalam otak (kontrol motorik, sensorik, basal ganglia, cerebellum, area asosiasi) sebagai respon terhadap perubahan kondisi internal dan eksternal. Dari sistem sensori diinterpretasikan di sistem saraf pusat, untuk kemudian diproses suatu informasi dengan pergerakan kepala, mata, tubuh, dan ekstremitas untuk mencapai postur yang tepat. Kontrol keseimbangan sangat penting, tidak hanya diperlukan untuk menjaga kestabilan postur tapi juga keamanan gerak di setiap aktivitas sehari-hari, misalnya berdiri, berjalan, berputar, berjalan cepat dan menjaga postur. ³⁸

Keseimbangan melibatkan komponen proses sensori, motorik. Komponen sensori meliputi visual, proprioseptik, dan sistem vestibular. Sedangkan motor output melibatkan mata dan sistem otot tubuh.

1. Sistem informasi sensori

Mata, otot dan sendi, serta sistem vestibular mengatur masuknya informasi diterima oleh otak untuk menjaga keseimbangan. Otak menerima informasi dari sumber-sumber tersebut dari reseptor sensoris.

a. Input dari mata

Ketika cahaya jatuh di sensori retina, *rods* dan *cones*, impuls dikirim ke otak yang akan mengidentifikasi orientasi objek terhadap benda lain. Studi menyatakan hubungan unik antara sistem visual dengan keseimbangan. Ketika terjadi kesulitan membedakan antara *self-motion*

dan gerakan eksternal/lingkungan dapat terjadi ketidakseimbangan postur. Peningkatan *postural sway* karena melihat benda berputar dimana amplitudogoyangan/*sway* dipengaruhi frekuensi perputaran subjek.^{39,40}

b. Otot dan sendi

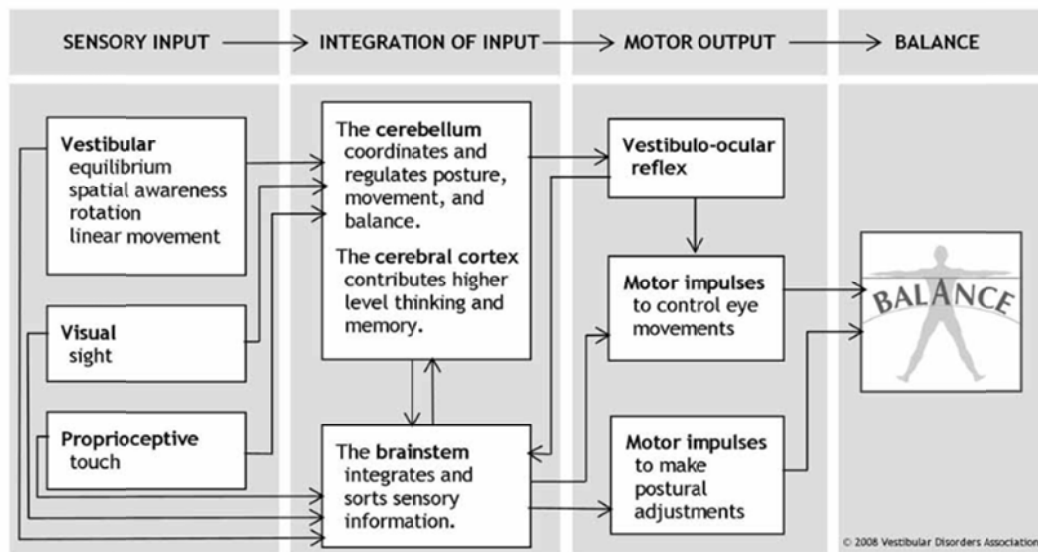
Informasi propioseptik dari kulit, otot, dan sendi melibatkan reseptor sensori yang peka terhadap tarikan atau tekanan jaringan. Contohnya pada peningkatan tekanan kaki bagian depan ketika berdiri condong kedepan. Impuls sensori dari kaki mengatur pergerakan kaki atau adaptasi terhadap permukaan lantai. Ketika terjadi penurunan propioseptif, misalnya pada kasus neuropati perifer, kontrol postural juga menurun.

c. Sistem vestibular

Utrikulus, Sacculus, dan Calanis semisirkularis mengatur informasi sensorik gerak, keseimbangan dan orientasi pasial..Utrikulus mendeteksi gerakan linear dan gravitasi (orientasi vertikal), kanalis semisirkularis mendeteksi gerakan rotasi.⁴⁰

2. Motorik

Impuls yang ditransmisikan ke otak akan dikirimkan ke otot untuk mengatur pergerakan kepala, leher, tubuh, ekstremitas, mata untuk menjaga keseimbangan. Komponen motorik melibatkan output otot dan sendi, dan output mata. Sistem vestibular mengirim sinyal ke otot mata yang dikenal vestibulo-ocular reflex. Impuls yang dikirim menyeimbangkan tubuh ketika pergerakan aktif misalnya saat berlari, dan pergerakan pasif misalnya saat duduk di mobil yang melaju.⁴⁰



Gambar 6. Skema komponen keseimbangan tubuh
Sumber Vestibular Disorders Association, 2008⁴⁰

Selain sistem sensori dan muskuloskeletal, keseimbangan dipengaruhi oleh faktor usia, jenis kelamin, dan bentuk alas kaki.

1. Usia

Penelitian mengenai keseimbangan yang membandingkan kemampuan dewasa muda dan tua dalam menjaga *equilibrium* saat berjalan menunjukkan tidak adanya perbedaan mencolok antara keduanya. *Stride width*, dan *double limb support duration* tidak menunjukkan variasi antara dewasa muda dan tua sehat, tapi pada orang tua dengan kelaianan patologis, perbedaan tersebut sangat terlihat.⁴¹

2. Jenis Kelamin

Berdasarkan percobaan *one leg standing balance* yang dilakukan pada 318 orang, ditemukan wanita memiliki hasil lebih buruk dibanding pria. Namun studi lain menunjukkan tidak adanya perbedaan goyangan saat berdiri pada jenis kelamin yang berbeda, tapi keseimbangan pada wanita tua lebih buruk dibandingkan laki-laki. Pada studi Gravante yang membandingkan *ground reaction force* pada obesitas dan normal saat

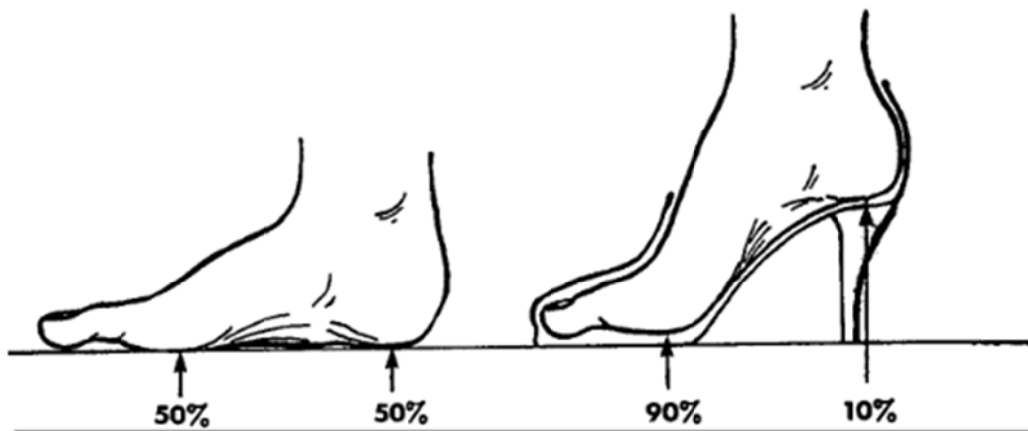
berdiri menggunakan *baropodometric platform* tidak menunjukkan hubungan jenis kealim dengan tekanan kaki.^{42,43}

3. Bentuk alas kaki

Penggunaan sepatu juga bisa mempengaruhi keseimbangan. Misalnya sepatu hak tinggi, semakin tinggi hak sepatu, keseimbangan semakin berkurang, hal ini sebagai akibat memburuknya *postural balance, stability* yang menurun. Sepatu hak tinggi juga meningkatkan kontarksi dari *calf muscle* (m. Gastrocnemius medialis, m gastrocnemius laneralis), m tibialis anterior, dan m vastus lateral. Padahak otot-otot tersebut berperan dalam keseimbangan. Selain ketinggian sepatu, ukuran *high heel base size (HBS)* juga memberikan pengaruh pada kestabilan berjalan saat menggunakan sepatu hak tinggi. Semakin lebar HBS support terhadap *stability* semakin meningkat juga. Pengaruh *high heel base size* ini pada keseimbangan diduga karena distribusi tekanan plantar yang berbeda. Pada Journal of American Society menunjukkan bahwa *bare feet* atau tanpa alas kaki dan sepatu dengan hat rendah (*walking shoes*) meningkatkan kesimbangan dibandingkan sepatu hak tinggi.^{41,44,45}

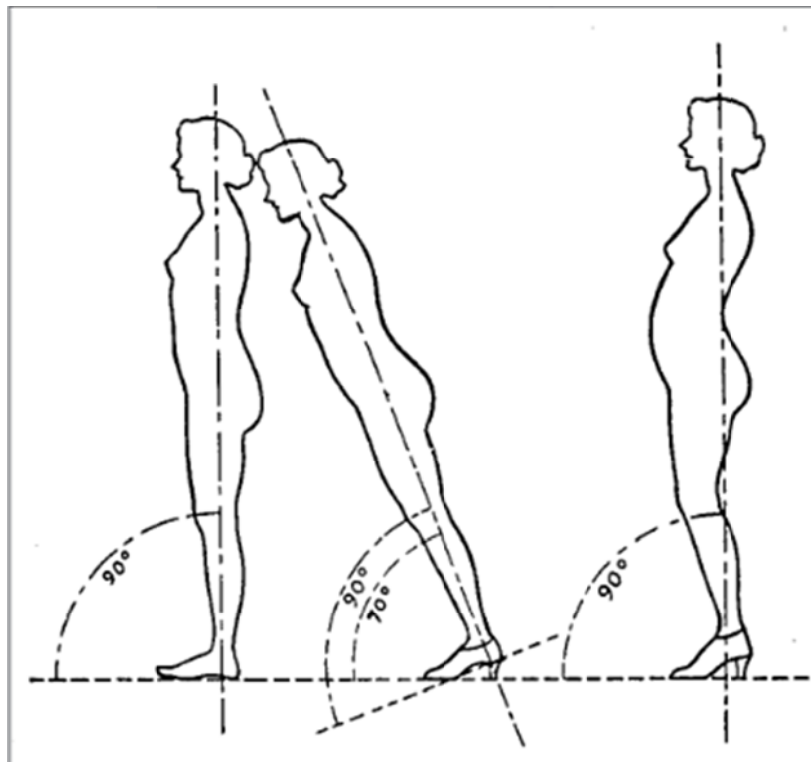
1.3 Distribusi Beban Tubuh

Penggunaan sepau hak tinggi selain mempengaruhi *gait* dan keseimbangan juga mempengaruhi distriusi berat badan. Posisi berdiri normal tanpa alas sepatu tegak lurus membentuk sudut 90° dengan sudut plantar 180° (Gambar 7). Berat tubuh terdistribusi 50 – 50 antara *heel/rearfoot* dan *forefoot* (Gambar 8). Jika menggunakan sepatu hak tinggi terjadi perubahan *body column*. Akibatnya, untuk menjaga keseimbangan, terjadi adaptasi dengan perubahan postur tubuh dan *center body gravity*. Perubahan *body colums* meliputi kaki, paha, pelvis, tulang belakang, dan kepala. Sudut pelvis berubah dari 30° saat menggunakan sepatu tanpa hak tinggi menjadi 45° pada pemakaian sepatu hak tinggidengan ketinggian 2 inch.⁴⁶



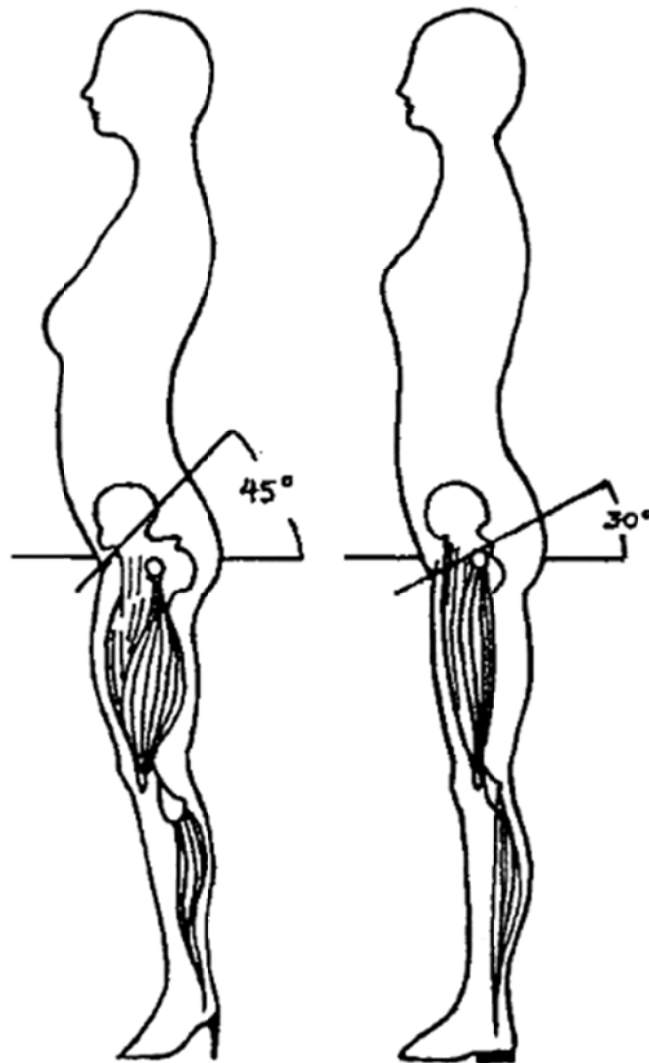
Gambar 7 : *Weight distribution on foot in standing, barefoot versus high heels*

Sumber : Rossi, 2001⁴⁶



Gambar 8 : *Body column stance*

Sumber : Rossi, 2001⁴⁶



Gambar 9 : *Angle of pelves*

Sumber : Rossi, 2001⁴⁶

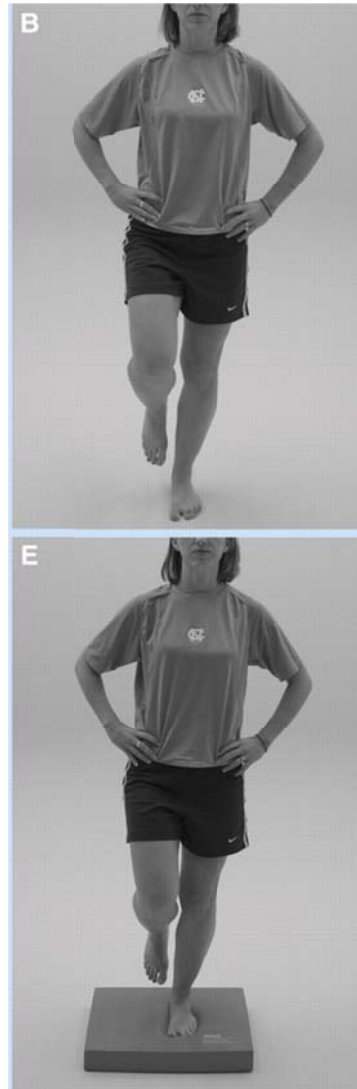
1.3.1 Penilaian Keseimbangan

Penilaian keseimbangan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *one leg* dan *Tandem stand*.

a. *One Leg Stand*

One leg stand merupakan cara mudah dan efektif untuk mengukur keseimbangan berdiri. Berdiri dengan satu kaki selama satu menit.

Pada tes ini akan dilakukan dengan dua keadaan yaitu mata terbuka dan mata tertutup.

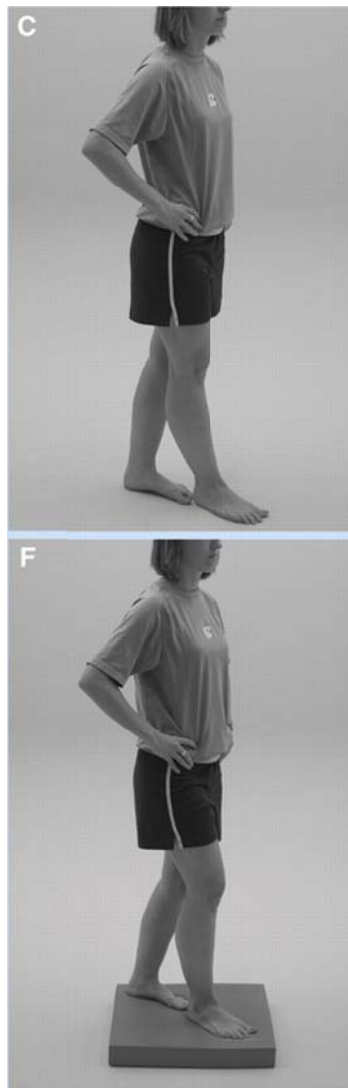


Gambar 10: One leg stand

Sumber : Bell, 2011⁴⁸

b. *Tandem Stand*

Tandem stand digunakan untuk mengukur kemampuan keseimbangan statis, yaitu kemampuan keseimbangan saat berdiri. Subyek diminta berdiri dengan kaki posisi. ^{49,50}



Gambar 11 : *Tandem stand*

Sumber : Bell, 2011⁴⁸

1.4 Jenis-Jenis Sepatu Hak Tinggi

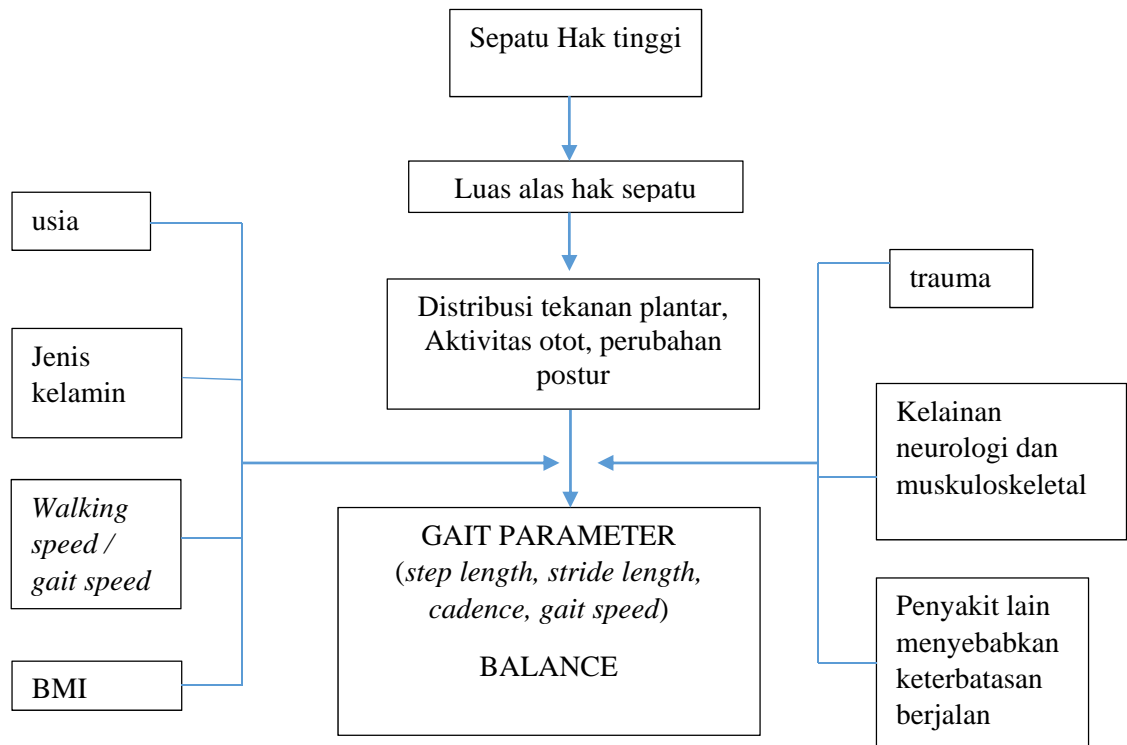
Jenis dan model sepatu berkembang sepanjang waktu terutama sepatu wanita. Hingga saat ini ada berbagai model sepatu hak tinggi yang semakin diminati kalangan wanita antara lain, *pump*, *stiletto*, *platform*, *kitten heel*, *wedges*, *sneakerwedge*, dan sebagainya. *Pump* merupakan sepatu yang menutupi semua area kaki kecuali punggung kaki. Jika *pump* disertai *starp* maka disebut model *Mary Jane*. *D'orsay* mirip seperti *pump* hanya saja bagian sampingnya terbuka. Umumnya *pump* memiliki HBS lebih besar dibandingkan *stiletto*. Model sepatu dengan hak tipis meruncing kebawah disebut *stiletto*. Diameter dasar hak sepatu ini bisa mencapai 0,5 inchi yang emnyebabkan *stiletto* cukup sulit untuk berajalan. *Platform* merupakan model sepatu dengan tambahan hak dibagian depan. Ketebalan sol tambahan di depan bisa mengurangi sudut *arch* dari sepatu, sehingga stabilitasnya lebih terjamin dibanding *stiletto*. Model sepatu hak tinggi yang memiliki hak dari ujung depan hingga kebelakang berbentuk segitiga dikenal sebagai *wedge*. *Wedge* membuat kontak lebih besar antara kaki dengan permukaan lantai sehingga meningkatkan stabilitas. Secara garis besarnya, sepatu hak tinggi berdasarkan *high heel base size* bisa dibagi dalam sepatu dengan *wedge* dan *non-wedge*.¹³



Gambar 12 : Sepatu hak tinggi dengan luas alas berbeda

Sumber : Guo, 2012¹⁴

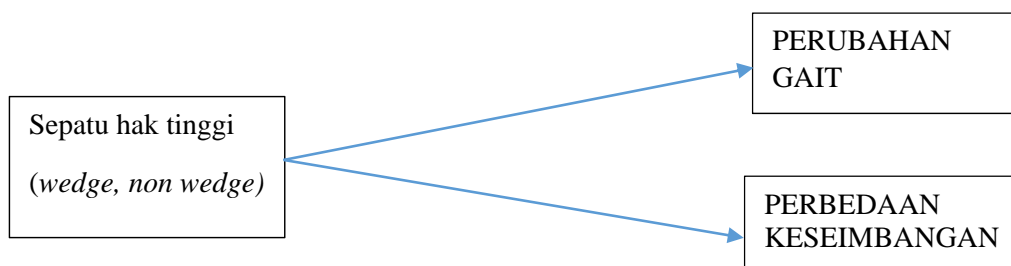
1.5 Kerangka Teori



Gambar 13. Bagan kerangka teori

1.6 Kerangka Konsep

Berdasarkan kerangka teori di atas, setelah peneliti menentukan kriteria inklusi dan eksklusi, maka variabel lain dapat dihilangkan sehingga kerangka konsep penelitian dapat digambarkan sebagai berikut



Gambar 14. Bagan kerangka konsep

1.7 Hipotesis

1.7.1 Hipotesis Mayor

Terdapat perbedaan *gait* dan keseimbangan antara penggunaan sepatu hak tinggi dengan *wedge* dan *non-wedge*

1.7.2 Hipotesis Minor

1. Sepatu hak tinggi *wedge* dan *non wedge* mengakibatkan perbedaan perubahan parameter *gait* yaitu *step length*, *stride length*, *step width*, *cadence*, dan *gait speed*
2. Sepatu hak tinggi *wedge* dan *non-wedge* mengakibatkan perbedaan perubahan keseimbangan