

# Gait Analysis Study of Runner Using Force Plate

Flaviana\*, Risti Suryantari

Program Studi Fisika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung

\*Email: flaviana@unpar.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.13057/ijap.v6i02.2394>

## ABSTRACT

Humans do regular physical activities such as running. Gait is forward propulsion of the human body using lower extremities as a thrust. Humans gait pattern is characterized by their limbs movement in terms of velocity, ground reaction force, work, kinetic energy and potential energy cycle. Human gait analysis is used to assess, to plan, and to deliver the treatment for individuals based on the conditions that affect their ability to move. Gait analysis is commonly used in running sport to improve the efficiency of athletes in running and to identify problems related to their posture or movement. The aim of this research is to do running gait analysis study of human, using force plate which equipped by track board. The benefit of this study is to provide information, ideas and new perspectives about running and its prevention over an injury. The main method that will be discussed in this study is system design of gait analysis with specific setting, hardware and software, in order to acquire data(s).

Keyword: force, gait analysis, gait, force plate, running.

## ABSTRAK

Manusia melakukan aktivitas sehari-hari seperti berlari. Gerakan maju tubuh yang tegak, dengan menggunakan tulang gerak bawah tenaga penggeraknya disebut dengan istilah *gait*. Pola *gait* pada setiap manusia ditandai oleh gerak tungkai yang berbeda dari segi kecepatan, gaya reaksi tanah, kerja, siklus energi kinetik dan energi potensialnya. Analisis terhadap *gait* manusia digunakan untuk menilai, merencanakan dan memberikan perlakuan terhadap individu berdasarkan kondisi yang mempengaruhi kemampuan mereka untuk bergerak. Analisis *gait* sering digunakan dalam olahraga lari untuk membantu atlet berlari lebih efisien dan untuk mengidentifikasi masalah yang berkaitan dengan postur atau gerakan atlet tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi analisis *gait* orang, yaitu saat berlari menggunakan instrumentasi *force plate* yang dilengkapi papan jalur lari. Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi, gagasan dan perspektif baru terkait dengan peningkatan efisiensi saat berlari serta pencegahan faktor risiko cedera. Metode penelitian yang digunakan adalah perancangan sistem analisis *gait* dengan spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak tertentu untuk pengambilan data.

Kata kunci: gaya, analisis *gait*, *gait*, *force plate*, berlari.

## PENDAHULUAN

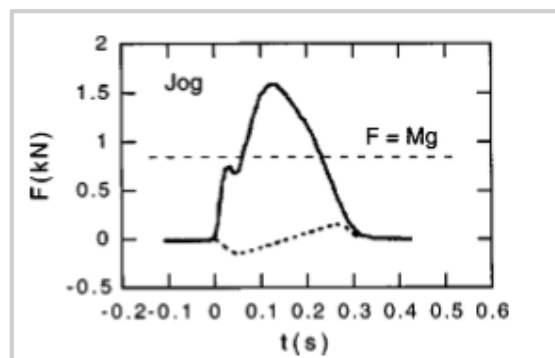
Analisis terhadap *gait* manusia digunakan untuk menilai, merencanakan dan memberikan perlakuan terhadap individu atas kondisi yang mempengaruhi kemampuan mereka untuk bergerak. Sebagai salah satu contoh, cabang olahraga atletik melakukan analisis *gait* untuk membantu atlet berlari lebih efisien dan untuk mengidentifikasi masalah yang berkaitan dengan postur atau gerakan atlet tersebut. Pada umumnya analisis *gait* dilakukan dengan melacak pergerakan manusia melalui sistem analisis berbasis kinetika (dinamika) maupun kinematikanya <sup>[1]</sup>.

Siklus *gait* adalah aktivitas yang terjadi antara satu kaki menyentuh tanah dan kaki pada sisi yang sama kembali menyentuh tanah. Satu siklus *gait* terdiri dari dua buah fase yaitu, fase *stance* (pada saat salah satu kaki menyentuh tanah) dan fase *swing* (pada saat salah satu kaki

mengayun atau tidak mengalami kontak dengan tanah). Umumnya bagian kaki yang menyentuh tanah terlebih dulu adalah tumit<sup>[2]</sup>.

Perkembangan teknologi kesehatan saat ini memungkinkan analisis terhadap *gait* digunakan pada hampir semua bidang yang mencakup rehabilitasi medis, ortopedi, kinesiologi, ilmu pengetahuan olahraga, dan bidang lainnya yang terkait<sup>[3]</sup>. Teknik analisis *gait* yang terus berkembang, diperlukan dalam penanganan masalah yang berkaitan dengan postur atau gerakan pada orang berlari khususnya yang berisiko mengalami cedera. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi melalui pengambilan data orang berlari guna memberikan informasi, gagasan dan perspektif baru terkait dengan peningkatan efisiensi saat berlari serta pencegahan faktor risiko cedera.

Penelitian-penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait dengan analisis *gait*. Parikesit, E. pada tahun 2012 mengembangkan sistem instrumentasi analisis *gait* menggunakan sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*) dan sensor tekanan dengan beberapa keunggulan yaitu, pemasangan peralatan yang relatif mudah, tidak memerlukan ruangan khusus, serta harga yang terjangkau<sup>[4]</sup>. Penelitian serupa dikembangkan yang melakukan *review* keterkaitan antara cedera berupa fraktur tungkai bawah yang dialami pelari dengan gaya reaksi tanah yang dialami kaki pelari<sup>[5]</sup>.



Gambar 1. Grafik gaya reaksi tanah terhadap waktu lari<sup>[5]</sup>

Tahun 1999, Cross, R. melakukan penelitian menggunakan *force plate* untuk mengukur gaya reaksi tanah yang terlibat saat pergerakan tubuh manusia. Pengukuran tersebut dilakukan pada tiga jenis aktivitas, berdiri, berjalan, dan lompat<sup>[6]</sup>. Gambar 1 menunjukkan grafik gaya reaksi tanah (GRF) terhadap waktu yang dialami pelari, diukur menggunakan *Force Plate*. Berdasarkan ketiga penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, sebuah penelitian analisis *gait* dilakukan untuk mengukur GRF menggunakan *force plate*.

Salah satu instrumentasi berbasis kinetika yang sering digunakan dalam analisis *gait* adalah *force plate* (Gambar 2). Cara kerja instrumentasi yang menggunakan sensor *piezoelectric* tersebut adalah berdasarkan prinsip fisika dalam mengukur gaya dan momen gaya. Sensor ini bersifat sebagai transduser, yaitu mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Melalui *force plate*, dapat dilakukan pengukuran, pemrosesan, dan interpretasi gaya total yang timbul akibat kontak antara tubuh dengan tanah selama proses bergerak<sup>[7]</sup>.



Gambar 2. Force Plate 0364BT<sup>[8]</sup>

Saat seseorang sedang berjalan, kakinya yang mengalami kontak dengan tanah akan memberikan sejumlah gaya tertentu secara vertikal ke bawah menuju tanah. Menurut Hukum Newton III, sejumlah gaya yang sama namun arahnya berlawanan diberikan oleh tanah ke kaki orang tersebut, yang disebut sebagai gaya reaksi tanah (GRF).

Besar GRF yang dialami seseorang saat berlari dapat diukur menggunakan alat *force plate*. *Output* yang dihasilkan oleh *force plate* yaitu grafik GRF terhadap waktu. Dengan merancang suatu jalur lari yang dilengkapi *force plate*, aktivitas berlari antara satu individu dengan individu yang lain dapat dikarakterisasi. Salah satunya yaitu melalui besaran GRF tertentu dalam fase *stance* maupun *swing* saat berlari.

Selain itu diketahui bahwa posisi telapak kaki saat fase *stance*, memiliki risiko tertentu untuk mengalami cedera akibat mengalami akumulasi GRF. Dalam studi ini, penelitian dilakukan untuk melihat seberapa besar pengaruh alas kaki yang digunakan orang saat berlari. Model sol sepatu dilihat dari tingkat kekerasannya, menjadi salah satu variabel yang diamati dalam penelitian ini, yaitu untuk mengukur efek kekerasan sol sepatu terhadap kekakuan yang dialami sendi tumit dan kaitannya dengan GRF<sup>[9]</sup>.

## METODE

Proses perekaman data dilakukan di area *rooftop* Gedung 10, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung dengan melakukan penarikan sampel sejumlah empat subjek pelari. Cara melakukan penarikan sampel dalam penelitian ini, yaitu dengan membuat sistem analisis *gait* (Gambar 3) yang terdiri dari peralatan utama berupa dua buah *force plate*. *Force plate* tipe 0364BT berukuran (28 x 32 x 5) cm<sup>3</sup> dengan gaya kompresi maksimum 4500 N. Coach Lab II<sup>+</sup> digunakan sebagai perangkat antar muka yang menghubungkan kedua *force plate* dengan Laptop. *Force plate* 1 dan *force plate* 2 terhubung dengan Coach Lab II<sup>+</sup> melalui BT (*British Telecom*) *plug*.

Sebagai papan jalur lari, dibuat dua buah papan kayu yang masing-masing memiliki panjang 2 meter, lebar 60 cm, dan tebal 5 cm. Kedua *force plate* diletakkan secara mendatar dan tingginya sejajar dengan papan jalur, di kedua tempat yang berbeda dan terpisah oleh papan jalur sejauh 2 meter, yaitu di tengah antara kedua papan jalur, dan di ujung papan jalur lari (Gambar 3). Subjek mengambil posisi lari dimulai dari titik awal, kemudian berlari di sepanjang jalur lari yang telah disediakan, termasuk mengalami kontak dengan kedua *force plate*.



**Gambar 3.** (Colour Online) Sistem gait lari menggunakan *force plate*

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini yaitu CMA CoachLab II Data masukan yang terekam oleh perangkat ini dapat menghasilkan data keluaran berupa tabel serta grafik gaya terhadap waktu. Data keluaran tersebut kemudian dianalisis untuk mengamati besar GRF serta impuls yang dialami kaki pelari selama fase *stance*.

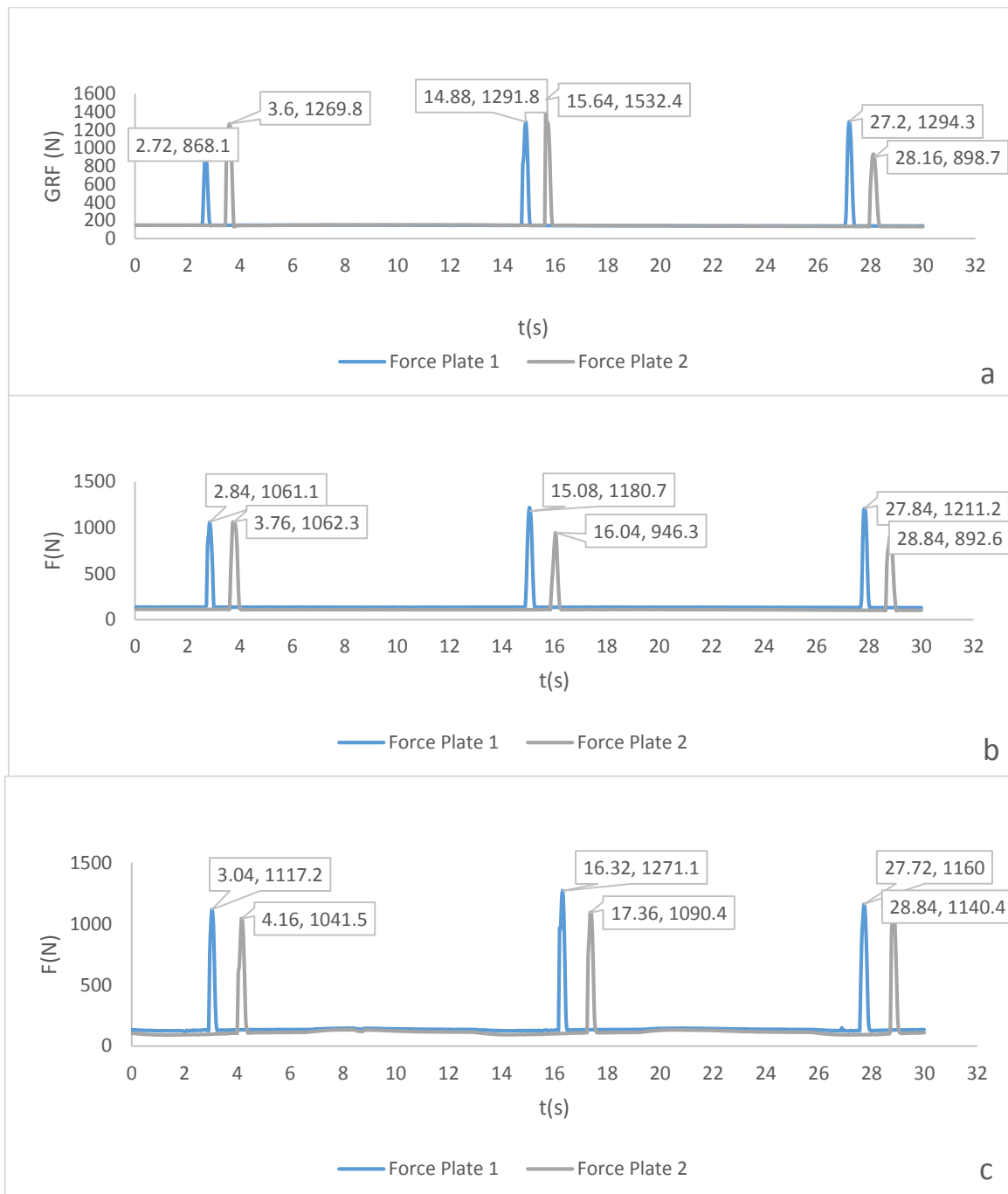
Selanjutnya pengambilan data berlari terhadap empat subjek dilakukan dengan menggunakan tiga jenis alas kaki, yaitu:

1. Sepatu lari menggunakan sol sepatu reguler (R) bermerk Adidas Adizero.
2. Sepatu lari menggunakan sol sepatu tebal (M) namun memiliki fleksibilitas tinggi bermerk Nike *air max*.
3. Tanpa menggunakan alas kaki, *barefoot* (B).

Masing-masing subyek berlari sebanyak 9 set, yaitu 3 set menggunakan alas kaki R (set R1, R2, R3), 3 set alas kaki M (set M1, M2, M3), dan 3 set alas kaki B (B1, B2, B3). Satu set lari berdurasi 30 detik. Data yang telah direkam oleh perangkat lunak CMA CoachLab, disimpan untuk selanjutnya diolah menggunakan Microsoft Excel. Pengolahan data dilakukan untuk menghasilkan variasi gaya reaksi tanah (GRF) terhadap waktu pada fase *stance* dengan tiga set alas kaki R, M, B. Data GRF yang telah diperoleh, digunakan untuk menganalisis ada atau tidaknya kaitan antara alas kaki yang digunakan pelari terhadap keefektifan berlari maupun risiko cedera kaki saat berlari.

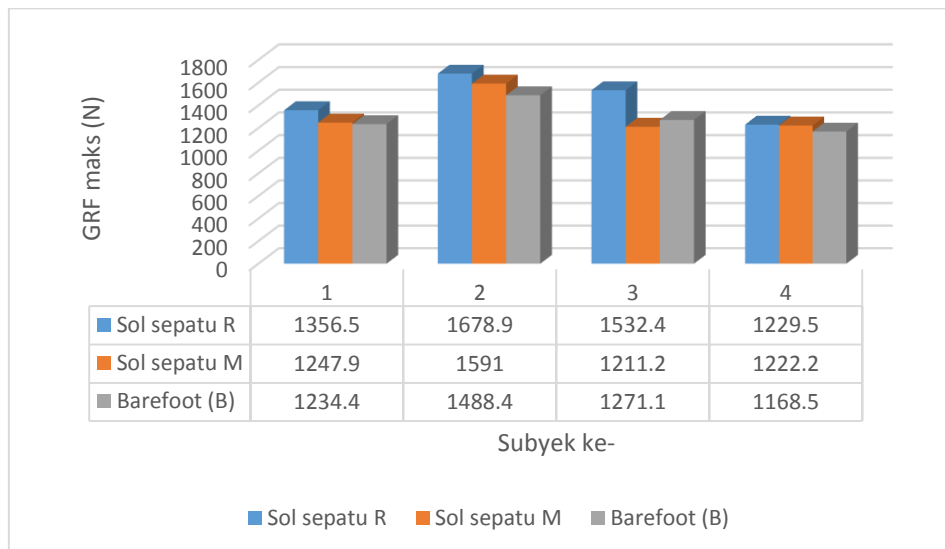
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data GRF terhadap waktu lari untuk tiga set alas kaki R, M, dan B menunjukkan hasil yang cukup beragam selama fase *stance*. Gambar 4 menunjukkan grafik GRF terhadap waktu lari subjek ke-3 untuk set R1, M1, dan B1. Masing-masing set lari memiliki durasi waktu 30 detik. Dari Gambar 4 (a) terlihat bahwa gaya reaksi tanah yang diterima subjek, sewaktu memakai sepatu bersol R, meningkat secara signifikan dengan gaya GRF paling besar 1532,4 N. Ketika menggunakan sepatu bersol M, subjek mengalami gaya paling besar akibat kontak dengan tanah sebesar 1211,2 N (Gambar 4 (b)). Saat tidak menggunakan alas kaki saat berlari (Gambar 4 (c)), subjek mengalami GRF maksimum hanya sedikit lebih besar nilainya dibandingkan menggunakan sol sepatu M, yaitu 1271,1 N.



**Gambar 4.** (Colour Online) Grafik GRF terhadap waktu,  $t$  selama 30 detik (a) set R1, (b) set M1, dan (c) set B1 subjek ke-3

Jika diamati dari diagram batang nilai GRF maksimum terhadap waktu keempat subjek dengan menggunakan masing-masing sol sepatu R, M, dan B (Gambar 5), terlihat kecenderungan bahwa saat keempat subjek menggunakan alas kaki dengan sol sepatu R, subjek mengalami gaya paling maksimum dibandingkan ketika menggunakan sol sepatu M, atau tidak menggunakan alas kaki (B). Sedangkan ketika subjek tidak menggunakan alas kaki (B), gaya yang dialaminya tidak mengalami perbedaan yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan subjek memakai alas kaki menggunakan sol sepatu M.



**Gambar 5** (Colour Online) Grafik GRF terhadap waktu set R1, set M1, dan set B1 pada keempat subjek

Hal lain yang cukup penting diamati adalah rasio kenaikan gaya yang dialami subjek ketika berlari dibandingkan ketika berdiri. Ketika subjek ke-1 berdiri diam di atas alat *force plate*, alat tersebut menghasilkan keluaran gaya sebesar gaya berat atau berat badan subjek tersebut (BB rata-rata subjek ke-1 590,4 N). Rasio kenaikan gaya yang dialami kaki subjek ke-1 saat fase *stance* adalah dapat mencapai hingga 2,9 kali lipat dibandingkan ketika subjek tersebut berdiri diam.

## KESIMPULAN

Dalam penelitian ini telah diamati kaitan antara jenis sol sepatu lari yang digunakan pelari dengan gaya reaksi tanah (GRF) saat fase *stance* yang dialaminya. Dari analisis dan pembahasan pertama, terlihat kecenderungan bahwa subjek mengalami GRF paling maksimum ketika menggunakan sepatu olahraga yang memiliki sol sepatu reguler (R), dibandingkan ketika berlari menggunakan sepatu bersol tebal namun memiliki fleksibilitas tinggi (M), atau tidak menggunakan alas kaki sama sekali (B). Ketika subjek tidak menggunakan alas kaki (B), gaya yang dialaminya tidak mengalami perbedaan yang cukup signifikan jika dibandingkan saat subjek memakai alas kaki menggunakan sepatu bersol tebal (M) tersebut. Besar GRF yang dialami kaki seorang pelari memang berperan penting sebagai daya dorong tungkai bawah dalam berlari. Namun akumulasi GRF secara kontinu dapat memberikan risiko cedera yang lebih besar pada kaki, terutama jika alas kaki yang digunakan memiliki sifat yang cukup kaku.

Agar dapat memperoleh basis data yang lebih menyeluruh mengenai analisis *gait* pelari, maka penelitian sebaiknya dilakukan terhadap grup umur dan grup aktivitas tertentu (misalnya, grup pelari dan non pelari). Kendala lain yang ditemui saat melakukan penelitian ini adalah adanya keterbatasan dana untuk membeli peralatan sepatu dengan beberapa variasi nomor sepatu. Hal ini mengakibatkan sampel penelitian terbatas untuk beberapa subjek saja dengan nomor sepatu yang relatif sama. Selain itu, ukuran alat *force plate* yang tersedia memang cukup kecil. Dimensi panjang x lebar sebesar 32 cm x 28 cm hanya baik untuk pengambilan data statis seperti berdiri atau meloncat di tempat saja. Ketika digunakan untuk pengambilan data berlari, subjek perlu mengatur langkah larinya agar fase *stance* tertentu jatuh tepat di atas *force plate*.

**DAFTAR PUSTAKA**

- 1 Vaughan, Cristopher L., Brian L. Davis, Jeremy C. O'Connor (1999). *Dynamics of Human Gait*. 2<sup>nd</sup> ed. Kiboho Publishers.
- 2 Knudson, Duane (2007). *Fundamentals of Biomechanics 2<sup>nd</sup>*. Springer.
- 3 Winter, David A (2009). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement 4<sup>th</sup> ed.* John Wiley and Sons.
- 4 Parikesit, Elang (2012). Master Tesis: Pengembangan Modul *Wearable Gait Analysis* Berbasis Sensor IMU dan Sensor Tekanan. Institut Teknologi Bandung.
- 5 Zadpoor A., Nikooyan A. (2010). *The Relationship between Lower-extremity Stress Fractures and the Ground Reaction Force: A Systematic Review*. Elsevier, Clinical Biomechanics Journal 26 (2011) p 23-28.
- 6 Cross, Rod (1999). *Standing, Walking, Running, and Jumping on a Force Plate*. American Association of Physics Teachers, Vol 67 (4).
- 7 Medved, Vladimir (2001). *Measurement of Human Locomotion*. CRC Press.
- 8 Centre for Microcomputer Applications. Force Plate 0364BT User's Guide. <http://www.cma-science.nl>.
- 9 Bramble, Dennis M., Daniel E. Lieberman (2004). *Endurance of Running and the Evolution of Homo*. Nature 432, 345:352