

SKRIPSI

**ANALISIS KINEMATIKA DAN KINETIKA
GERAK BERJALAN MANUSIA DENGAN
VARIASI *FRAME RATE* MENGGUNAKAN
SOFTWARE BLENDER UNTUK SISTEM
*MOTION CAPTURE***



Oleh :

FAUZAN RAKA MAWANDI

NPM.21036010021

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2026**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS KINEMATIKA DAN KINETIKA GERAK BERJALAN MANUSIA
DENGAN VARIASI *FRAME RATE* MENGGUNAKAN *SOFTWARE BLENDER*
UNTUK SISTEM *MOTION CAPTURE***

Disusun oleh:
FAUZAN RAKA MAWANDI
NPM. 21036010021

Telah diuji, dipertahankan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Hari Senin, 24 Februari 2026

Dosen Penguji 1



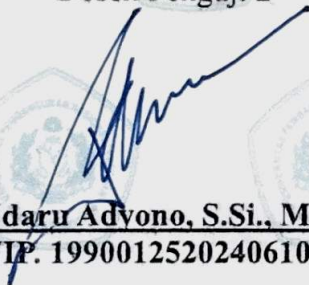
Dr.T.Ir. Luluk Edahwati, M.T.
NIP. 196406111992032001

Pembimbing



Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT.
NIP. 199101142025062005

Dosen Penguji 2



Ndaru Advono, S.Si., M.T.
NIP. 199001252024061001

Koordinator Program Studi Teknik Mesin



Dr.T.Ir. Luluk Edahwati, MT.
NIP. 196406111992032001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur



Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 196504031991032001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294 Telp. 031-8782179
Email: teknikmesin@upnjatim.ac.id , Laman : http://tekmesin.upnjatim.ac.id/

KETERANGAN BEBAS REVISI

Mahasiswa di bawah ini:


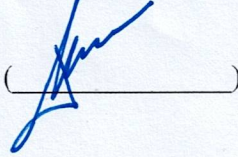
Nama : Fauzan Raka Mawandi
NPM : 21036010021
Program Studi : Teknik Mesin
Tanggal Sidang Semhas : 24 Februari 2026

Telah mengerjakan revisi / tidak ada revisi *) ~~PRA RENCANA (DESAIN) / SEMINAR PROPOSAL /~~
SKRIPSI /TUGAS AKHIR Ujian Lisan Periode I, TA . 2025/2026.

Dengan judul :

ANALISIS KINEMATIKA DAN KINETIKA GERAK BERJALAN MANUSIA DENGAN VARIASI
FRAME RATE MENGGUNAKAN SOFTWARE BLENDER UNTUK SISTEM MOTION CAPTURE

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi:

1. Dr.T.Ir. Luluk Edahwati, M.T. ()
2. Ndaru Adyono, S.Si., M.T. ()

Surabaya, 25 Februari 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT.

NIP. 199101142025062005

Catatan: *) coret yang tidak perlu

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fauzan Raka Mawandi
NPM : 21036010021
Program : Sarjana(S1)/Magister (S2) / Doktor (S3)
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Desertasi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 20 Mei 2026

Yang Membuat pernyataan



Nama Fauzan Raka Mawandi
NPM 21036010021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Surabaya Telp.(031) 870 6369
Laman: <https://upnjatim.ac.id>, Email: humas@upnjatim.ac.id

SURAT KETERANGAN
HASIL PEMERIKSAAN TINGKAT PLAGIARISME
NOMOR : 0714/UN63/SISANTIK/FT/III/2026

Yang bertanda-tangan di bawah ini,

Nama : Dr. FARIDA PULANSARI, S.T., M.T.
NI P3K : 197902032021212007
Jabatan : Wakil Dekan Bidang Akademik - Fakultas Teknik Dan Sains

dengan ini menerangkan bahwa telah dilakukan pemeriksaan tingkat kesamaan (plagiarisme) menggunakan software Turnitin terhadap dokumen dalam daftar di bawah ini :

Judul Karya Tulis : ANALISIS KINEMATIKA DAN KINETIKA GERAK BERJALAN MANUSIA
DENGAN VARIASI FRAME RATE MENGGUNAKAN SOFTWARE BLENDER
UNTUK SISTEM MOTION CAPTURE_FAUZAN RAKA MAWANDI
Jenis Publikasi : Skripsi
Penulis : FAUZAN RAKA MAWANDI (21036010021)
Tingkat Kesamaan (%) : 10 %
Operator Pemeriksa : ANISAH NURUL IZZAH S.T., M.T.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat dengan sebenarnya, agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 09 Maret 2026

Wakil Dekan Bidang Akademik - Fakultas
Teknik Dan Sains



Dr. FARIDA PULANSARI, S.T., M.T.
NI P3K 197902032021212007

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul: “Analisis Kinematika dan Kinetika Gerak Berjalan Manusia Dengan Variasi *Frame rate* Menggunakan *Software* Blender Untuk Sistem *Motion Capture*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P**, Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. **Ibu Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, M.T.** Ketua Program Studi Teknik Mesin.
3. **Ibu Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT.** yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
4. **Ibu Dr.T.Ir. Luluk Edahwati, M.T.** dan **Bapak Ndaru Adyono, S.Si., M.T.** yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh dosen dan staf pengajar di Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan.
6. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin angkatan [tahun], atas dukungan, kebersamaan, dan motivasinya.
7. Teman – teman seluruh angkatan Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan dukungan selama pelaksanaan pengerjaan Tugas Akhir.
8. Kedua orang tua dan keluarga tercinta, atas doa, kasih sayang, serta dukungan moral dan materi yang tiada henti.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan karya ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta menjadi tambahan wawasan dan referensi dalam bidang ilmu teknik mesin.

Penulis

Fauzan Raka Mawandi
NPM. 21036010021

ABSTRAK

Dalam beberapa dekade terakhir, analisis kinematika dan kinetika gerak berjalan manusia telah banyak dilakukan. Namun, penelitian mengenai gerak berjalan manusia di Indonesia masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian pendahuluan perlu dilakukan untuk memberikan metode penelitian yang murah dan mudah dilakukan. Metode penelitian ini menggunakan sistem *motion capture* dengan menempelkan 8 marker di beberapa sendi tubuh. *Software open source* “Blender” dan kamera GoPro Hero 9 digunakan dalam sistem *motion capture* dengan variasi *frame rate* 30, 60, dan 120 fps. *force plate* “AMTI” digunakan untuk mengambil data GRF pada frekuensi 1000 Hz. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa penggunaan frekuensi pengambilan sampel yang lebih rendah menghasilkan kurva yang lebih halus, sedangkan frekuensi yang lebih tinggi memberikan detail data yang lebih tinggi. Analisis dua dimensi menggunakan Blender menunjukkan tingkat pengulangan dan kelayakan yang baik meskipun menggunakan *software open source* dan kamera komersial. Oleh karena itu, metode dengan sistem *motion capture* menggunakan Blender direkomendasikan untuk diterapkan dalam analisis gaya berjalan manusia.

Kata Kunci: *Force plate*, *Gait Movement*, *Motion Capture*, *Software Blender*

ABSTRACT

In recent decades, numerous studies have been conducted on the kinematics and kinetics of human walking. However, research on human walking in Indonesia remains limited. Therefore, preliminary research is needed to provide a research method that is inexpensive and easy to implement. This research method uses a motion capture system by attaching 8 markers to several joints of the body. The open source software “Blender” and GoPro Hero 9 cameras are used in the motion capture system with frame rates of 30, 60, and 120 fps. The “AMTI” force plate is used to collect GRF data at a frequency of 1000 Hz. The results of the study show that the use of a lower sampling frequency produces a smoother curve, while a higher frequency provides higher data detail. Two-dimensional analysis using Blender shows a good level of repeatability and feasibility despite using open source software and commercial cameras. Therefore, the method with a motion capture system using Blender is recommended for application in human *gait* analysis.

Keywords: *Force plate, Gait Movement, Motion Capture, Blender Software*

DAFTAR ISI

COVER	
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR BEBAS REVISI.....	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
DAFTAR ISTILAH.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Penelitian Terdahulu.....	6
2.2. Biomekanika <i>Gait movement</i>	8
2.3. Analisis Kinematika dalam Gerak Berjalan.....	10
2.2.1. Posisi.....	11
2.2.2. Kecepatan.....	11
2.2.3. Percepatan.....	12
2.4. Analisis Kinetika dalam Gerak Berjalan.....	13
2.3.1. Teknologi <i>Force plate</i>	14
2.3.2. Gaya Normal (VGRF).....	14
2.3.3. Gaya Geser (APGRF dan MLGRF).....	15
2.3.4. Momen Gaya.....	15
2.5. Teknologi <i>Motion Capture</i>	15

2.4.1. Penempatan <i>Marker Analisis Gait movement</i>	16
2.4.2. Perangkat Lunak <i>Motion Capture</i>	18
2.4.3. Kamera <i>Motion Capture</i>	18
2.6. Penerapan Analisis Kinematika dan Kinetika di Bidang Biomekanika	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	21
3.2 Desain Penelitian	21
3.1.1 Variabel Bebas	21
3.1.2 Variabel Terikat	21
3.1.3 Variabel Kontrol.....	22
3.3 Peralatan.....	22
3.4 Sampel.....	23
3.5 Diagram Alir	24
3.6 Prosedur Penelitian	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Analisis Pengaruh Variasi <i>Frame rate</i> Pada <i>Gait movement</i>	28
4.2 Standar Deviasi Variasi <i>Frame rate</i> Pada <i>Gait movement</i>	32
4.3 RM Anova Analisis Pengaruh Variasi <i>Frame rate</i> Pada <i>Gait movement</i>	33
4.4 Hubungan GRF Pada Fase <i>Gait Movement</i>	35
4.3.1 Hubungan GRF Pada Fase <i>Gait Movement</i> Kaki Kanan	35
4.3.2 Hubungan GRF Pada Fase <i>Gait Movement</i> Kaki Kiri	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram <i>Gait cycle</i>	9
Gambar 2.2 Proses <i>Tracking Gait movement</i> di Blender.....	10
Gambar 2.3 <i>Force plate</i> AMTI Multi-Axis	14
Gambar 2.4 Penempatan <i>marker</i>	17
Gambar 2.5 Hasil Foto Sebelum Kalibrasi (a), Sesudah Kalibrasi (b).....	19
Gambar 2.6 Foto untuk Proses Kalibrasi Kamera	19
Gambar 3.1 Skema Penelitian Tampak Depan (a), Tampak Samping (b)	21
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengambilan Video.....	26
Gambar 4.1 Ilustrasi pengelompokan data (a) Kaki Kanan, (b) Kaki Kiri.....	28
Gambar 4.2 Grafik Sudut <i>Foot</i> Pada Variasi <i>Frame rate</i> yang Berbeda Selama 1 <i>Gait</i> Cycle.(a) Kaki kanan, (b) Kaki Kiri	28
Gambar 4.3 Grafik Kecepatan Sudut <i>Foot</i> Pada Variasi <i>Frame rate</i> yang Berbeda Selama.. 1 <i>Gait Cycle</i> (a) Kaki kanan, (b) Kaki Kiri	30
Gambar 4.4 Grafik Percepatan Sudut <i>Foot</i> Pada Variasi <i>Frame rate</i> yang Berbeda Selama.. 1 <i>Gait Cycle</i> (a) Kaki kanan, (b) Kaki Kiri	31
Gambar 4.5 Grafik Mean dan Standar Deviasi Kecepatan Sudut Segmen <i>Foot</i> Kaki..... Kanan pada (a) 30 fps, (b) 60 fps, (c) 120 fps	32
Gambar 4.5 Grafik RM Anova Efek Perbedaan Variasi <i>Frame rate</i> pada Kecepatan Sudut.. <i>Foot</i> saat <i>Heel Contact</i> (a) Kaki kanan, (b) Kaki Kiri.....	34
Gambar 4.6 Grafik Nilai Sudut Segmen <i>Foot</i> dan Nilai Gaya Reaksi Tanah Kaki Kanan .	35
Gambar 4.7 Grafik Nilai Sudut Segmen <i>Foot</i> dan Nilai Reaksi Momen Gaya Reaksi..... Tanah Kaki Kanan	37
Gambar 4.8 Grafik Nilai Sudut Segmen <i>Foot</i> dan Nilai Reaksi Momen Gaya (a), gaya (b).. Reaksi Tanah Kaki Kiri	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu terkait <i>Motion Capture</i> dan <i>Force Plate</i>	6
Tabel 3.1 Peralatan Penelitian	22
Tabel 3.2 Kriteria Sampel.....	23
Tabel 4.1 Standar Deviasi Variasi <i>Frame rate</i> pada <i>Foot</i>	33
Tabel 4.1 RM Anova Efek Variasi <i>Frame Rate</i> pada <i>Foot</i> saat HC	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Pengambilan Data Kinematika dan Kinetika.....	46
Lampiran 2. Pengambilan Data GRF padan <i>Force plate</i> AMTI	47
Lampiran 3. <i>Tracking</i> Data Posisi <i>marker</i> di <i>Software</i> Blender	49
Lampiran 4. Membuat <i>Script</i> Matlab Pengolahan Data Kinematika dan Kinetika	51
Lampiran 5. Menjalankan Pengolahan Data Kinematika dan Kinetika	54
Lampiran 6. <i>Script</i> Matlab Pengolahan Data Kinematika dan Kinetika	56
Lampiran 7. Grafik Kinematika 1 <i>Gait Movement Motion Capture 2D</i>	57
Lampiran 8. Grafik 1 <i>Gait Movement</i> GRF.....	58

DAFTAR NOTASI

V	= Kecepatan linier (m/s),
ω	= Kecepatan sudut (deg/s, rpm),
R	= Vektor posisi (m),
θ	= Sudut (<i>degree</i> , radian),
t	= Waktu (s),
r	= Jarak dari pusat rotasi ke titik dalam garis (m),
A	= Percepatan linier (m/s ²),
α	= Percepatan Sudut (deg/s ²),
m	= Massa tubuh (kg),
g	= Percepatan gravitasi (9.81 m/s ²),
N	= Gaya normal (N),
F	= Gaya (N),
μ	= Koefisien gesekan,
τ	= Momen gaya torsi (Nm).

DAFTAR ISTILAH

- FPS : *Frame Rate per Second* atau banyaknya frame (gambar) yang diambil per detik pada video.
- Fx : Gaya yang diberikan kaki ke *force plate* pada sumbu x (depan dan belakang sampel).
- Fy : gaya yang diberikan kaki ke *force plate* pada sumbu y (samping kanan dan kiri sampel).
- Fz : gaya normal atau gaya yang diberikan kaki ke *force plate* pada sumbu z (atas dan bawah sampel).
- GRF : *Ground Reaction Force* atau gaya reaksi yang terjadi saat kaki menapak ke tanah.
- HCR : *Heel Contact* dari kaki kanan ke tanah.
- HCL : *Heel Contact* dari kaki kiri ke tanah.
- Mx : Momen gaya yang diberikan kaki ke *force plate* pada sumbu x.
- My : Momen gaya yang diberikan kaki ke *force plate* pada sumbu y.
- Mz : Momen gaya yang diberikan kaki ke *force plate* pada sumbu z.
- TOR : *Toe Off* dari kaki Kanan ke tanah.
- TOL : *Toe Off* dari kaki Kiri ke tanah.