

**VISUALISASI PERGERAKAN KERANGKA TUBUH MANUSIA
BERBASIS DATA KOORDINAT KINECT V2 MELALUI PLATFORM
PEMODELAN OPENSIM: STUDI KASUS ANALISIS PERGERAKAN
MENGAMBIL BARANG**

TUGAS AKHIR



Disusun Oleh :

**Nazla
1212003013**

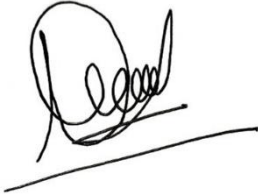
**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2025**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar

Nama : Nazla

NIM : 1212003013

Tanda Tangan : 

Tanggal : 20 Agustus 2025

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Nazla
NIM : 1212003013
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Visualisasi Pergerakan Kerangka Tubuh Manusia Berbasis Data Koordinat Kinect V2 melalui Platform Pemodelan OpenSim: Studi Kasus Analisis Pergerakan Mengambil Barang

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Edo Suryo Pratomo, S.T., M.Sc., PH.D.



Pembimbing 2 : Annissa Fanya, S.T., M.Sc.



Pembahas 1 : Ir. Invanos Tertiana, M.M. MBA



Pembahas 2 : Ir. Gunawarman Hartono, M.Eng., IPU, CEAP



Ditetapkan : Jakarta

Tanggal : 20 Agustus 2025

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, yang memungkinkan peneliti menuntaskan penyusunan Tugas Akhir berjudul **“Visualisasi Pergerakan Kerangka Tubuh Manusia Berbasis Data Koordinat Kinect V2 melalui Platform Pemodelan OpenSim: Studi Kasus Analisis Pergerakan Mengambil Barang”**. Karya ilmiah ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademis untuk meraih gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa keberhasilan penyelesaian Tugas Akhir ini tak lepas dari dukungan dan arahan berbagai pihak sejak awal perkuliahan hingga tahap akhir penyusunan. Oleh karena itu, ucapan terima kasih yang tulus peneliti sampaikan kepada:

1. Teristimewa kepada Allah SWT, atas anugerah kesehatan, pertolongan tak terhingga, kemudahan dalam setiap langkah, dan keselamatan yang senantiasa menyertai penulis selama pelaksanaan kerja praktik dan penyusunan laporan ini, sehingga keseluruhan proses dapat berjalan dengan baik.
2. Bapak Jamal Salim, Ibu Sanya, Saudara Nadia dan Syaugi selaku keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
3. Ibu Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D selaku Rektor Universitas Bakrie.
4. Bapak Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie.
5. Bapak Edo Suryo Pratomo, S.T., M.Sc., PH.D. (cand) selaku Kepala Program Studi Teknik Industri Universitas Bakrie.
6. Bapak Edo Suryo Pratomo, S.T., M.Sc., PH.D. (cand) dan Ibu Annissa Fanya, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa memberi masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Almino Vabiano selaku seseorang yang senantiasa membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir saya.
8. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie atas segala ilmu dan pelajaran yang diberikan selama masa perkuliahan.

9. Nadhirah Devona Dwigustira sebagai tempat berkeluh kesah selama menjalankan perkuliahan dan Tugas Akhir ini.
10. Dwi Nur Rahayu, Indah Pratiwi Rohaeli, Teguh Harsena Manegra, sebagai rekan diskusi dan teman dekat, berperan penting dalam memberikan dukungan emosional dan intelektual bagi penulis.
11. Penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada rekan-rekan Teknik Industri Universitas Bakrie Angkatan 2021, Dukungan dan kebersamaan kalian telah memberikan inspirasi dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Sekian ucapan syukur penulis, Tugas Akhir ini merupakan bentuk kegigihan dan keseriusan peneliti dalam mengemban amanat orang tua dan sebagai bentuk pengabdian seorang mahasiswa teladan. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik dalam materi maupun teknik penulisan, oleh karena itu, penulis mengharapkan bimbingan, saran maupun kritik yang bersifat membangun untuk dapat memperbaiki Tugas Akhir ini, sehingga dapat memberikan manfaat yang bersifat keilmuan bagi penulis dan pembaca.

Jakarta, 20 Agustus 2025



Nazla

1212003013

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nazla
NIM : 1212003013
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Visualisasi Pergerakan Kerangka Tubuh Manusia Berbasis Data Koordinat Kinect V2 melalui Platform Pemodelan OpenSim: Studi Kasus Analisis Pergerakan Mengambil barang”

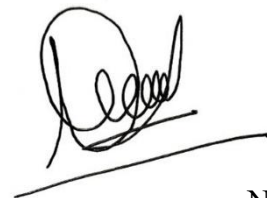
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya,

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 20 Agustus 2025

Yang Menyatakan



Nazla

1212003013

VISUALISASI PERGERAKAN KERANGKA TUBUH MANUSIA BERBASIS DATA KOORDINAT KINECT V2 MELALUI PLATFORM PEMODELAN OPENSIM: STUDI KASUS ANALISIS PERGERAKAN MENGAMBIL BARANG

Nazla

ABSTRACT

Human movement analysis is vital for preventing musculoskeletal injuries. This study combines markerless motion capture (Kinect V2) and musculoskeletal modeling (OpenSim) to analyze the squat movement, a part of the "picking up items from a low position" activity. Movement data was acquired and processed through Inverse Kinematic analysis to reconstruct motion, followed by Inverse Dynamics and muscle force analysis. The results show a non-linear relationship between the right knee flexion angle and the tendon force of the biceps femoris long head (bflh_r) muscle. The tendon force peaked at approximately 1275 N at a knee flexion angle of 90 degrees, a crucial transition point. This research demonstrates the feasibility of this non-invasive approach, although the limitation of not using a force plate restricts the interpretation to internal muscle dynamics.

Keywords: Kinect V2, OpenSim, Inverse Kinematic, Inverse Dynamics, Tendon Force.

VISUALISASI PERGERAKAN KERANGKA TUBUH MANUSIA BERBASIS DATA KOORDINAT KINECT V2 MELALUI PLATFORM PEMODELAN OPENSIM: STUDI KASUS ANALISIS PERGERAKAN MENGAMBIL BARANG

Nazla

ABSTRAK

Analisis gerak manusia vital untuk mencegah cedera *musculoskeletal*. Penelitian ini menggabungkan *markerless motion capture* (Kinect V2) dan pemodelan *musculoskeletal* (OpenSim) untuk menganalisis *squat* yang merupakan bagian dari aktivitas "mengambil barang dari posisi rendah". Data gerakan diakuisisi dan diproses melalui *Inverse Kinematic* untuk merekonstruksi gerakan, diikuti oleh *Inverse Dynamics* dan analisis gaya otot. Hasilnya menunjukkan hubungan non-linier antara sudut fleksi lutut kanan dan gaya tendon otot *biceps femoris long head (bflh_r)*. Gaya tendon mencapai puncaknya (sekitar 1275 N) pada sudut fleksi lutut 90 derajat, yang merupakan titik transisi krusial. Penelitian ini membuktikan kelayakan pendekatan non-invasif ini, meskipun keterbatasan tanpa *force plate* hanya memungkinkan interpretasi dinamika internal otot.

Kata Kunci: Kinect V2, OpenSim, *Inverse Kinematic*, *Inverse Dynamics*, Gaya Tendon.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
<i>ABSTRACT</i>.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1 Manfaat Bagi Penulis	3
1.5.2 Manfaat Bagi Universitas.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Literature Review</i>	6
2.2 Konsep Gerakan Manusia dan Biomekanika.....	6
2.2.1 Kinematika dan Kinematika Gerakan	6
2.2.2 Anatomi Kinematik Gerakan Mengambil Barang	7
2.2.3 Pentingnya Analisis Gerakan dalam Teknik Industri	7
2.3 Teknologi Skeletal Tracking dan Sensor Kinect V2	8
2.3.1 Prinsip Dasar Skeletal Tracking	9
2.3.2 Arsitektur dan Cara Kerja Kinect V2	9
2.3.3 Keunggulan dan Keterbatasan Kinect V2 untuk Analisis Gerakan.....	10
2.4 Platform Pemodelan Muskuloskeletal OpenSim	10
2.4.1 Arsitektur dan Fitur Utama OpenSim	11

2.4.2 Fungsi Utama dan <i>Workflow</i> Analisis di OpenSim	15
2.5 <i>Inverse Kinematic</i> (IK) dalam Biomekanika	16
2.5.1 Definisi dan Konsep <i>Inverse Kinematic</i>	16
2.5.2 Prinsip Kerja Algoritma IK di OpenSim	17
2.5.3 Penerapan IK untuk Rekonstruksi Gerakan Manusia	17
2.6 <i>Inverse Dynamic</i>	18
2.6.1 Prinsip Dasar dan Rumus <i>Inverse Dynamics</i>	18
2.6.2 <i>Input</i> dan <i>Output</i> Analisis <i>Inverse Dynamics</i>	20
2.6.3 Pentingnya <i>Inverse Dynamics</i> dalam Biomekanika	21
2.7 Penelitian Terdahulu	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Uraian Diagram Alir Penulisan	23
3.2 Tahapan Penelitian.....	24
3.2.1 Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, dan Batasan Masalah	24
3.2.2 Studi Literatur	24
3.2.3 Melakukan Pengambilan Data Kinect V2	24
3.2.4 Mengubah Data yang Kompatibel dengan OpenSim	25
3.2.5 Pemilihan Model OpenSim	27
3.2.6 Penyesuaian Model OpenSim (<i>Scaling</i>).....	27
3.2.7 Implementasi <i>Inverse Kinematic</i> (IK)	28
3.2.8 Analisis <i>Inverse Dynamics</i>	29
3.2.9 Kesimpulan dan Saran.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Akuisisi Data Gerakan dan Pra-pemrosesan.....	32
4.1.1 Hasil Data Kinect V2	32
4.1.2 Alur Pra-pemrosesan Data dan Konversi Format	33
4.2 Implementasi <i>Inverse Kinematic</i> (IK) di OpenSim	39
4.2.1 Pemilihan Model OpenSim	39
4.2.2 Pemetaan Sendi Kinect ke <i>Marker</i> OpenSim.....	40
4.2.3 <i>Scaling</i> Model <i>Musculoskeletal</i>	41
4.2.4 Implementasi <i>Inverse Kinematic</i> (IK)	42
4.3 Analisis <i>Inverse Dynamics</i>	43
4.3.1 Proses <i>Inverse Dynamics</i> dalam OpenSim.....	43
4.3.2 Proses Estimasi Gaya Otot (<i>Static Optimization</i>)	44

4.3.3 Visualisasi dan Pembahasan Hasil Gaya Tendon Otot <i>bflh_r</i>	46
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	22
Tabel 4.1 Hasil Pemetaan <i>Marker</i>	41
Tabel 4.2 Input, Proses dan Output <i>Inversse Dynamics</i>	45
Tabel 4.3 Input, Proses dan Output <i>Static Optimization</i>	46
Tabel 4.4 Analisis Biomekanik.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kerangka Konsep.....	1
Gambar 2.2 Kinect V2.....	8
Gambar 2.3 25 Titik Sendi Kinect V2	10
Gambar 2.4 Model Muskuloskeletal OpenSim	11
Gambar 3.1 Diagram Alir	23
Gambar 4.1 Visualisasi <i>skeletal tracking</i> yang dihasilkan Kinect V2.....	33
Gambar 4.2 Alur Pra-pemrosesan Data dan Konversi Format	40
Gambar 4.3 Akuisisi dan Ekspor Data Kinect V2 melalui TouchDesigner	35
Gambar 4.4 Hasil Data CSV yang sesuai	36
Gambar 4.5 Skrip Python.....	38
Gambar 4.6 Hasil Titik-titik Koordinat Sesuai File C3D Mokka.....	39
Gambar 4.7 File TRC yang Dihasilkan.....	40
Gambar 4.8 Model Rajagopal2016.....	41
Gambar 4.9 Hasil Visualisasi Model OpenSim setelah Proses <i>Scaling</i>	43
Gambar 4.10 Visualisasi Hasil <i>Inverse Kinematic</i> Gerakan Mengambil Barang pada Model OpenSim.....	44
Gambar 4.11 Kurva Hubungan antara Sudut Sendi Lutut Kanan dan Gaya Tendin Otot <i>bfl_r</i>	47
Gambar 4.12 Sudut Lutut Kanan Saat <i>Squat</i> Mengambil Barang.....	47