
Pengukuran Nilai Keseimbangan Gerakan Manusia terhadap Dataset Tari Remo dengan *High-level Matrix/Array Language*

Shierly Kartika Salim^{1*}, Lukman Zaman², Endang Setyati³

^{1,2,3}*Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya, Fakultas Sains dan Teknologi, Departemen Informatika*

Informasi Artikel

Diterima: 05-04-2023
Direvisi: 14-09-2023
Diterbitkan: 22-12-2023

Kata Kunci

Keseimbangan; Biomekanika; Tari; Tari Remo

***Email Korespondensi:**

skartikasalim@gmail.com

Abstrak

Tari Remo sebagai salah satu tari tradisional dari Jawa Timur perlu dilestarikan dan hal ini sudah mulai terlihat dengan digelarnya Tari Remo massal di Surabaya pada tahun 2022 sebagai upaya yang sudah dilakukan oleh lingkup masyarakat dan Pemerintah Daerah yang berhasil memenangkan salah satu kategori rekor MURI. Penelitian ini bertujuan untuk mendukung upaya-upaya yang ada dengan cara melakukan perhitungan salah satu aspek biomekanika yaitu keseimbangan. Biomekanika merupakan cabang ilmu yang mempelajari gerak pada organisme hidup. Perhitungan keseimbangan sebagai kemampuan organisme mempertahankan posisinya dalam perubahan gerak ditujukan untuk menganalisa gerakan mana yang memiliki tingkat kesulitan tertinggi dan terstabil dari beberapa potongan gerakan dari data yang didapat dari *motion capture*. Pengolahan komputasi dilakukan dengan *high-level matrix/array language* dan dalam bentuk *biovision hierarchy file* (BVH). Visualisasi data yang didapat dari komputasi menunjukkan bahwa 'ucek-ucek' adalah gerakan yang paling stabil, sedangkan gerakan putaran 360 derajat adalah gerakan yang sulit (paling tidak seimbang).

Abstract

Remo Dance is one of Indonesia's traditional dance that originated from East Java and need to be preserved. The preservation act from collaboration of the Government and the Society started with a mass Remo Dance at Surabaya city on the year of 2022 that successfully granted a MURI record. This research is meant to support all the effort by calculating balance of the movements as one of the aspect of biomechanics. Biomechanics it self is a branch of study that learns about movement mechanism of living organism. The calculation of balance as an ability to keep a position on the change of movements is aim to analyze which movements has the most difficulty in balance and which one is the most stable from the chunk of motion capture data. Computation is done with high-level matrix/array language and the data form is a biovision hierarchy file (BVH). The Visualization of data shows that 'ucek-ucek' motion is the most stable movements, while 360 degree spin motion is a difficult movements and require great balance.

1. Pendahuluan

Tari Remo merupakan tari tradisional yang berasal dari Indonesia tepatnya provinsi Jawa Timur. Tari yang telah banyak dikembangkan jenisnya dan memiliki ciri khas di tiap daerahnya ini sedang dalam upaya pelestarian. Salah satu bentuk pelestarian besar yang dicapai tahun 2022 yang lalu adalah dengan pemecahan Rekor MURI kategori superlatif yang diikuti oleh 65.945 pelajar dari jenjang pendidikan Sekolah Dasar dan Sekolah Menengah Pertama di Kota Surabaya, dimana Tari Remo ditarikan secara serentak di situs budaya dan ikon kota Surabaya lainnya seperti Jembatan Surabaya. Dalam upaya pelestariannya dan mendukung pengembangan tarian ini tercetus ide perhitungan kesetimbangan yang diharap dapat membantu untuk analisa gerakan mana yang paling stabil dan gerakan mana yang paling sulit (tidak seimbang).

Menurut Rubiono, keseimbangan adalah bagian dari salah satu faktor penyusun Biomekanika. Dimana biomekanika merupakan cabang ilmu yang membahas aplikasi mekanika pada sistem biologi. Ilmu biomekanika membantu dalam pencegahan cedera pada kegiatan olah raga termasuk tari. Rubiono, Finahari, dan Qiram, mengungkapkan bahwa analisa biomekanika melibatkan sistem rangka, sendi, dan sistem otot pada manusia sebagai faktor penyusun yang mempengaruhi gerakan manusia. Salah satu hal yang dipelajari atau menjadi parameter biomekanika adalah keseimbangan. Sebagai kemampuan yang ditujukan sebagai pertahanan kesetimbangan tubuh di berbagai posisi dengan tujuan melawan gravitasi dengan menyanggah tubuh dan menjaga pusat massa badan sehingga seimbangan dengan bidang tumpuannya, keseimbangan didukung sistem muskuloskeletal serta bidang tumpu dengan melibatkan gerakan di berbagai bagian tubuh, menurut pemaparan Irfan (2016). Respon sinergis dari otot-otot postural, kekuatan otot, sistem informasi sensoris, *range of motion* dari sendi, serta sistem adaptif menjadi pengontrol keseimbangan. Pusat dan garis gravitasi hingga bidang tumpu menjadi beberapa faktor yang memberi pengaruh pada keseimbangan.

Sebelumnya penelitian tentang keseimbangan pernah dilakukan di Indonesia oleh peneliti dari Universitas Muhammadiyah Malang, Yuliadarwati et al. dengan latihan menggunakan metode Feldenkrais yang dilakukan pada lansia dan berhasil menyimpulkan bahwa latihan dengan metode tersebut mempengaruhi kedinamisan keseimbangan lansia. Metode Feldenkrais sendiri merupakan suatu gerakan yang dipengaruhi oleh proprioceptif yang mempengaruhi input gerak dari sistem motorik, dilakukan berulang guna menekankan kontrol dan koordinasi sehingga hasil maksimal dapat diperoleh dengan sedikit usaha untuk bergerak. Penelitian lain oleh Ryan et al. terkait keseimbangan pernah dilakukan diluar Indonesia, tepatnya di Amerika Serikat dan dilakukan terhadap orang lanjut usia dengan etnis Afrika-Amerika dengan dan tanpa infeksi HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) dengan tujuan mengkaji batas keseimbangan antara orang berusia lanjut dengan dan tanpa infeksi HIV.

Penelitian tentang keseimbangan yang berhubungan dengan tari juga pernah dilakukan oleh Huh pada tahun 2016. Penelitian tersebut melibatkan jenis sepatu juga posisi dari penari yang memiliki keterlibatan dengan pertunjukan tari guna mengetahui kontrol keseimbangan yang berbeda dengan jenis tarian yang lain. Penelitian yang berkaitan dengan keseimbangan juga dilakukan oleh Watson et al. yang memanfaatkan latihan pusat tubuh (*core training*) yang dilakukan oleh 24 mahasiswa dalam kelompok tari. Pengujian dilakukan dengan metode ANOVA secara berulang. Penelitian Watson et al. menghasilkan kesimpulan bahwa latihan stabilitas pusat tubuh meningkatkan pirouette ability, keseimbangan, dan perhitungan performa otot.

File *biovision hierarchy* dipilih karena bentuknya yang berupa teks dapat diproses dengan lebih mudah. Data yang digunakan merupakan hasil dari *motion capture* dari tari Remo. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membantu pelestarian Tari Remo dengan membuat perhitungan keseimbangan biomekanika agar dapat memberi gambaran gerakan yang mungkin sulit dilakukan dari sudut pandang faktor keseimbangannya. Berdasarkan pertimbangan diatas terbentuklah judul "Pengukuran Nilai Keseimbangan pada Gerakan Manusia terhadap Dataset Tari Remo dengan Pemrograman High-level Matrix/array Language".

2. Metode Penelitian

Penelitian bertujuan untuk memberi gambaran penelitian salah satu aspek biomekanika yaitu keseimbangan pada Tari Remo. Dataset yang akan diolah dalam pembahasan ini memiliki format biovision hierarchy (BVH) file. Format BVH adalah salah satu bentuk file yang bisa digunakan untuk menyimpan model dengan bentuk kerangka tulang selain format FBX. Langkah-langkah penelitian yang telah ditempuh adalah sebagai berikut.

2.1 Studi Literatur

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui apa itu keseimbangan dan penelitian apa yang telah dilakukan sebelumnya. Langkah ini dilakukan untuk mengokohkan pondasi penelitian dan pertimbangan akan seperti apa penelitian akan berjalan. Beberapa cuplikan literatur antara lain.

2.1.1 Keseimbangan

Menurut Swift Dance, keseimbangan adalah kemampuan tubuh untuk mempertahankan titik pusat massa serta equilibrium atau yang biasa dikenal sebagai pemerataan fungsi antara otak kanan dan kiri serta hubungannya dengan gaya dan sebaran massa tubuh dalam aktivitas. Sistem dalam tubuh manusia yang menjadi kunci keseimbangan adalah sistem proprioseptif, visual, serta sistem vestibular yang bersama bekerja untuk memberi gambaran pada otak tentang pemetaan dimana kita dalam sebuah ruang agar kita dapat bergerak dan seimbang. Selain itu hal lainnya yang dapat mempengaruhi keseimbangan adalah keselarasan, kekuatan, dan koordinasi.

Stabilitas adalah kemampuan dasar motorik yang ditunjukkan dengan kesanggupan seseorang ketika berada dalam posisi tidak imbang namun bisa tetap bertahan dalam keseimbangannya. Salah satu faktor kunci stabilitas pada objek adalah ukuran dari bidang tumpunya. Selain itu massa atau berat dari objek, posisi garis gravitasi, serta tinggi titik berat badan dari tanah berpengaruh dalam perhitungan keseimbangan.

2.1.2 Tari Remo

Tari Remo merupakan salah satu tarian yang berasal dari Jawa Timur dan sudah berusaha dilestarikan oleh banyak pihak. Tari Remo memiliki berbagai variasi yang berbeda di tiap daerahnya, Remo Munalifatah adalah Tari Remo yang berasal dari Surabaya dan memiliki ciri sikap adeg dengan tumpuan ke kedua kaki dan ada unsur kekuatan pencak di tekanan gerak yang cukup mencerminkan Suroboyoan, gerak iket dengan gerakan kaki spesifik seperti: memutar, menapak maju, mengangkat kaki, menghentakkan kaki, menendang (menyepak), menapak maju, dan mundur.

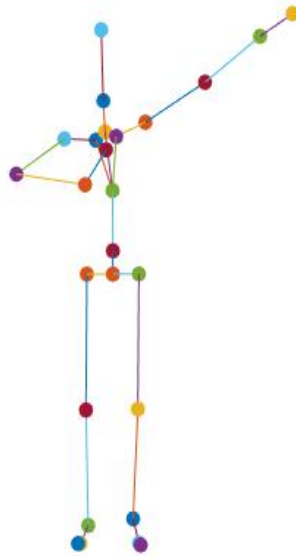
2.2 Penentuan Dataset dan Perhitungan Matematis

Perhitungan matematis dan penentuan dataset dilakukan pada langkah kedua untuk mengetahui model perhitungan apa yang akan di implementasikan pada program dan rumus apa saja yang sekiranya perlu disiapkan untuk mengolah dataset.

2.2.1 Dataset

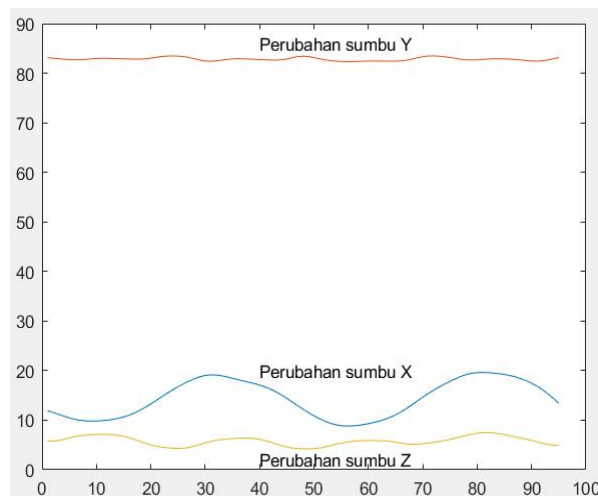
Format BVH dipilih karena mudah untuk diolah karena tersimpan dalam teks. Salah satu hasil dari visualisasi format BVH dapat kita lihat pada Gambar 1. Hirarki serta jumlah dan ukuran tulang pada BVH tersimpan pada header sebagai deskripsi bentuk kerangka.

Dataset yang digunakan merupakan hasil dari karya seni digital gerakan Tari Remo berdasar hasil tangkapan *motion capture OptiTrack* dengan banyak kamera yang digunakan sejumlah 8 kamera [7]. Tari Remo memiliki beberapa gerakan dasar yang menyusun rangkaian tarian, namun yang akan dibahas dan dicari keseimbangannya pada penelitian ini akan berfokus pada gerakan *tindak* (berjalan) dan *gejug kaki, tindak* (gerakan menghentak kaki kemudian berjalan memutar).

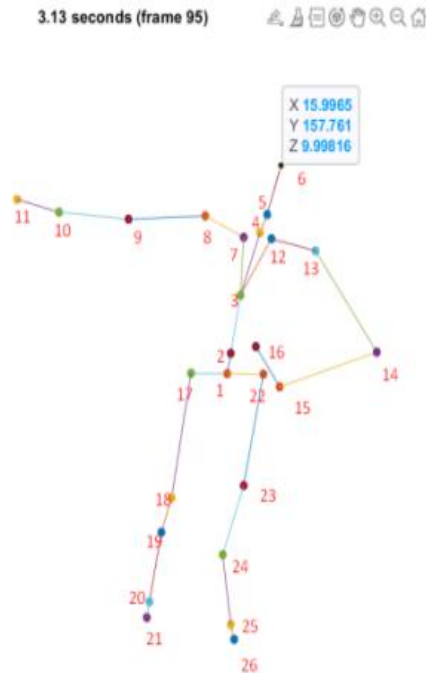


Gambar 1. Visualisasi BVH dengan MatLab

Pergerakan Kerangka direkam per-frame dan perpindahan antar titik di koordinat dicatat dalam bentuk rotasi. Pencatatan posisi berdasar sumbu hanya untuk *root* dalam hal ini *hips*. Perhitungan dilakukan di Matlab untuk mendapat posisi setelah rotasi dari tiap titik di kerangka[8]. Visualisasi pergeseran posisi dalam bentuk grafik dari salah satu potongan BVH file dapat kita lihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Visualisasi Pergerakan Posisi Kerangka per Waktu



Gambar3. Tangkapan Layar Kerangka dan Penomoran

Kerangka yang tersimpan di file BVH memiliki index, dimana index dan posisinya dapat kita lihat pada Gambar 3. Keadaan rangka tidak tegak lurus, dimiringkan sedikit untuk bisa memperlihatkan seluruh titik pada rangka. Pemaparan tiap titik dari kerangka dapat kita lihat pada Tabel 1. Untuk bagian yang dijelaskan sebagai kosong, seperti index 11, 6, dan 16 adalah bagian yang tidak diperhitungkan pergerakannya. Hal ini disebabkan salah satunya karena marker tidak menunjukkan spesifik perpindahan posisi jari-jari.

2.2.2 Center of Mass

Dalam mengamati *center of mass*, perlu fokus ke titik tertentu yang berhubungan dengan center of mass saat ada gerakan pada objek. Lokasi titik berat tidak akan berubah bila bentuk dan posisinya tidak mengalami perubahan. Hal yang membuat center of mass special adalah massa pada titik ini sama dengan jumlah semua massa partikel yang ada pada sistem.

Rumus (1) pada *center of mass* dapat diaplikasikan untuk bagian pada sistem maupun bisa diterapkan secara individual di tiap sumbu. Pusat gravitasi dan pusat massa (*center of mass*) memiliki konsep yang berbeda dan hanya bernilai sama saat seluruh sistem menjadi subjek untuk bidang gravitasi yang seragam.

$$x_{com} = \frac{\sum_{n=0}^{i=0} m_i x_i}{M}$$

$$y_{com} = \frac{\sum_{n=0}^{i=0} m_i y_i}{M}$$

$$z_{com} = \frac{\sum_{n=0}^{i=0} m_i z_i}{M}$$

(1)

2.2.3 Center of Pressure Calculation

Pengertian *Center of Pressure* secara umum adalah titik yang menunjukkan posisi rata-rata gaya terhadap bidang tempat objek berada. Rumus yang dapat digunakan untuk menghitung *Center of Pressure* dengan

asumsi terhadap 4 titik di bidang gaya (*force plate*) dengan definisi, $MY = (F1 + F2 - F3) * \frac{1}{2}$ sebagai momen sumbu Y dimana sama dengan CoP X koordinat X dan penjumlahan gaya dari sumbu $Z = F1 + F2 - F3 - F4$.

Terhadap sumbu x

$$X_{cop} = \frac{(F1 + F2 - F3 - F4) l/2}{F1 + F2 + F3 + F4}$$

Terhadap sumbu y

$$Y_{cop} = \frac{(F2 + F3 - F1 - F4) l/2}{F1 + F2 + F3 + F4}$$

Hubungan antara *Center of Pressure* dan *Center of Mass* adalah dalam perpindahannya *Center of Pressure* menyebabkan perubahan *Center of Mass*. Jika *Center of Mass* berada diatas *Center of Pressure* maka individu bisa tetap berdiri, tetapi jika *Center of Mass* sudah berada diluar batas dari dasar tumpuannya, individu akan mulai jatuh.

2.2.4 Vector

Sebagaimana vektor dianggap entitas geometri yang memiliki jarak dan arah serta dapat direpresentasikan sebagai garis dengan arah berupa tanda panah yang menunjuk ke arah tertentu, vektor dapat digunakan untuk sarana perhitungan dalam penelitian ini. Vektor memiliki asal dan tujuan, biasa digunakan untuk merepresentasikan kuantitas fisika seperti kecepatan, perpindahan, dan percepatan. Berdasar Cuemath, Panjang vektor dapat dihitung dengan Rumus Panjang Vektor yang dapat dilihat pada (2).

$$|A| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (2)$$

2.2.5 Body Mass

Perhitungan keseimbangan juga dipengaruhi oleh massa objek yang pada penelitian ini adalah manusia. Tubuh manusia memiliki berat yang berbeda-beda tiap elemennya yang perlu diketahui proporsinya untuk menghitung keseimbangan dari perpindahan komponen lainnya. Penelitian mengenai persentase massa tubuh tiap bagian terhadap keseluruhan pernah diteliti oleh Dempster dan Gaughran pada tahun 1967 dan didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 1. Persentase Massa Anggota Tubuh

Anggota Tubuh	Persentase
Kepala dan badan tanpa bahu	46.02
Kepala dan leher	7.92
Bahu	5.27
Rongga dada	10.97
Rongga Abdominal	26.39
Lengan	2.64
Lengan bawah	1.531
Tangan	0.612
Paha	10.008
Tulang kering	4.612
Kaki	1.431

2.3 Pembuatan Program

Pembuatan program dilakukan dengan High-level Matrix/Array Language. Dimulai dengan inisialisasi dataset yang kemudian diproses dengan pengolahan matematis selaras dengan langkah 'Penentuan Dataset dan Perhitungan Matematis' pada metodologi penelitian. Diawali dengan pembacaan dataset dan menampuny dataset dalam sebuah variabel, lalu komputasi dilanjutkan dengan pengambilan posisi kaki kiri dan kanan yang masing-masing ditampung dalam satu variabel. Setelah mendapatkan posisi-posisi dari anggota tubuh yang diperlukan untuk perhitungan lebih lanjut, komputasi dilanjutkan dengan menghitung titik tumpu, pusat massa, dan arah keseimbangan menggunakan pengolahan vektor.

2.4 Analisa Hasil dan Kesimpulan

Setelah mendapatkan hasil dari komputasi langkah ketiga, analisa dilakukan berdasarkan data yang sudah didapat. Data visualisasi dan rerata kemiringan diamati dan dijadikan acuan untuk analisa hasil dan dirangkum dalam sebuah kesimpulan.

3. Hasil dan Pembahasan

Keseimbangan dipengaruhi oleh berbagai aspek dalam gerakan tari. Titik-titik yang terlibat dalam hal ini adalah titik tumpu dan titik pusat massa. Titik tumpu didapat dari komputasi titik dari kedua kaki, dimana titik tumpu merupakan titik tengah dari posisi tiga sumbu X, Y, dan Z dari kaki kiri dan kanan. Sedangkan titik pusat mata dalam hal ini didapat dari hasil perkalian massa dengan masing-masing anggota tubuh dan dihitung rata-rata posisi sumbu X, Y, dan Z.

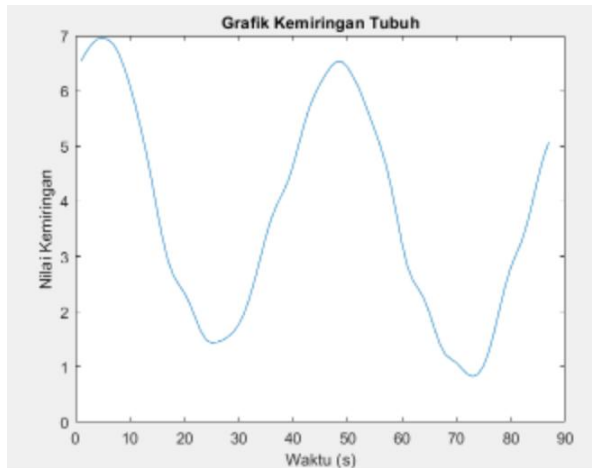
Titik tumpu dan titik pusat massa digunakan dalam menentukan vektor keseimbangan dari tumpuan kaki ke pusat massa. Cara yang dilakukan adalah dengan mengurangi posisi dari pusat massa dengan titik tumpu. Setelah mendapat arah vektor, berikutnya dilakukan komputasi untuk kemiringan relatif dari vektor yang merupakan panjang proyeksi vektor ke lantai. Hal ini dilakukan untuk mendapat jarak titik tumpu ke arah condong badannya berdasarkan *pythagoras* di lantai yang terdiri dari sumbu X dan Z. Gerakan yang akan dicermati pada penelitian ini dipilih dari potongan dataset motion capture sesuai dengan sub-bab dataset.

Setelah mendapatkan nilai kemiringan yang dihasilkan oleh komputasi, penelitian dilanjutkan dengan menghitung rata-rata kemiringan untuk melihat rata-rata kemiringan mana yang terbesar dan terkecil. Asumsi dari penentuan rata-rata ini adalah untuk mengamati apakah hal ini dapat menentukan keseimbangan suatu gerakan atau tidak. Pengamatan dilakukan dengan melihat nilai kemiringan di grafik gerakan tersebut dan rata-ratanya. Berikut daftar dari gerakan yang di proses:

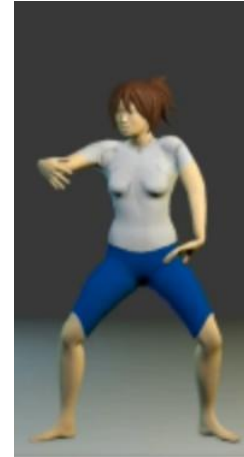
3.1 Ucek-ucek

Ucek-ucek adalah gerakan yang menggambarkan perpindahan tangan penari mirip dengan sedang mencuci atau *mengucek* pakaian. Paling seimbang dari rata-rata kemiringan bernilai 3,7607 yang didapat dari hasil perhitungan. Hal ini sesuai dengan visualisasi yang memang badan dari penari tidak banyak berubah kemiringannya, tetap di tempat sama, statis.

Bila diperhatikan tidak ada perpindahan posisi dari titik tumpu yang signifikan karena tidak ada perpindahan posisi dan langkah dari penari (posisi kaki sedang kuda-kuda). Gerakan tangan yang dilakukan pada posisi ini juga tidak sampai merentang lebar, hanya tangan kanan dan kiri bergerak menyerong antara kanan dan kiri seperti orang yang sedang mencuci pakaian.



Gambar 4. Grafik gerakan Ucek-ucek

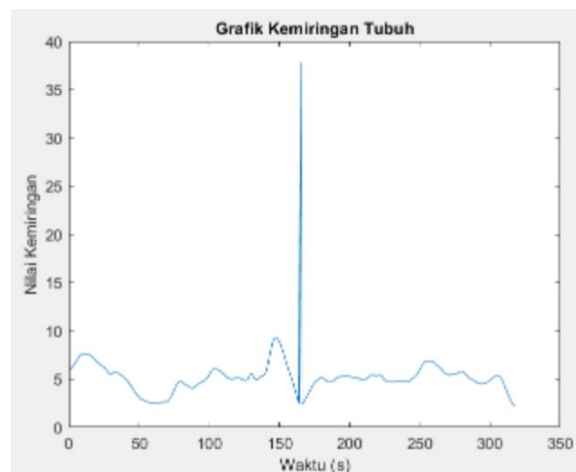


Gambar 5. Hasil Render 3D Gerak Ucek-ucek

3.2 Bumi Langit Kuda-kuda

Gerakan Kuda kuda bumi langit dapat dikatakan salah satu yang cukup stabil karena perubahan angka kemiringan tidak terlalu signifikan kecuali saat ada gerakan sedikit mengatupkan kaki. Walau kemiringannya kecil memang ada perubahan nilai kemiringan karena gerakan kuda-kuda yang dilakukan penari bersamaan dengan gerakan tangan bumi langit dan kondisi kaki tidak statis. Ada gerakan mengetuk-ketukkan telapak kaki. Nilai rerata yang dihasilkan dari gerakan ini adalah 5,2254. Hasil Visualisasi dari gerakan ini dapat dilihat dari Gambar 6 dan Gambar 7.

Pada Gambar 7 dapat terlihat pergantian gerakan saat kedua tangan diangkat, kaki sedikit dikatupkan dan hal itulah yang membuat lonjakan perubahan kemiringan. Perpindahan posisi kaki mempengaruhi keseimbangan penari. Dari awalnya beban tubuh dibagi bebannya pada dua kaki lalu harus disebar lagi beban ke seluruh tubuh saat kaki mengatup, menyebabkan perubahan nilai yang signifikan karena usaha penyesuaian dari tubuh dan hal ini dapat dilihat pada lonjakan nilai kemiringan pada Gambar 6.



Gambar 6. Gerak Bumi Langit Kuda-Kuda

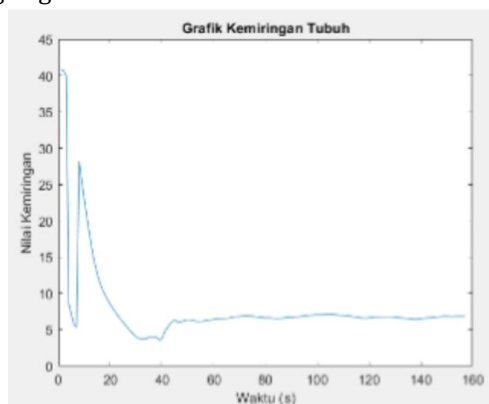


Gambar 7. Hasil Render 3D Gerak Bumi Langit Kuda-Kuda

3.3 Gerak Kaki Angkat Diam

Perubahan kemiringan yang cukup signifikan dan menyebabkan ketidak seimbangan di awal adalah saat Penari mengangkat kakinya. Saat kaki sudah diangkat dan badan tidak melakukan gerakan-gerakan lagi, tubuh penari dalam keadaan yang cukup seimbang. Kaki diangkat menuju ke pusat massa tubuh, jadi Penari dalam kondisi seimbang. Perubahan titik tumpu yang besar seharusnya terjadi saat kaki diangkat satu karena alokasi beban semua bertumpu pada 1 kaki saja dan menghasilkan grafik perubahan kemiringan seperti Gambar 8. Pada awal grafik ada lonjakan besar pada nilai kemiringan karena saat itu Penari mengangkat satu kakinya, mengakibatkan tubuh tidak seimbang sesaat.

Meski tampak ada lonjakan di awal, rerata dari nilai kemiringan gerakan ini terbilang tidak besar dengan nilai 7,8315. Namun tetap, perpindahan titik tumpu tubuh dari 2 kaki ke 1 kaki lebih besar dari gerakan Bumi Langit Kuda-kuda, karena bumi langit kuda-kuda masih membagi tumpuannya ke 2 kakki walau ada sebaran titik tumpun massa di tengah tengah gerakan.

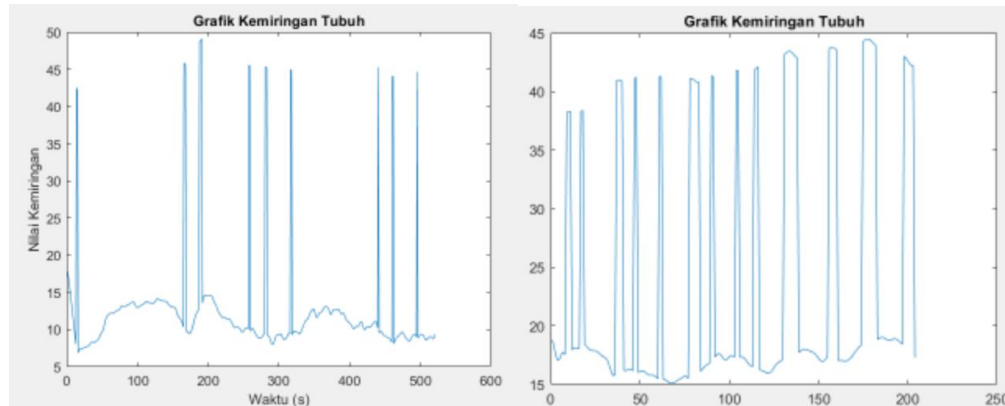


Gambar 8. Gerak mengangkat kaki lalu diam

3.4 Hentakan Tangan

Gerak hentakan tangan cenderung memiliki postur tidak seimbang karena hentakan yang berbeda arah dapat menyebabkan perubahan kemiringan badan berlawanan dengan arah hentaknya. Ketika penari mengulurkan tangan dan menghentak tangan kiri, tubuh penari terhentak ke kanan. Sebaliknya bila yang direntang tangan kanan maka tubuh penari mengalami perubahan kemiringan condong ke kiri. Besar rerata kemiringan gerakan ini adalah 12,3078. Ketidak seimbangan juga dapat dilihat pada Gambar 9. Terlihat banyak lonjakan

pada grafik yang menggambarkan perubahan kemiringan yang terjadi beberapa kali dengan frekuensi cukup besar.



Gambar 9. Gerak Hentakan Tangan

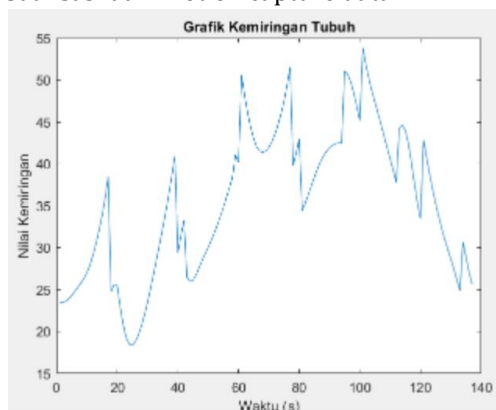
Gambar 10. Gerak Langit Bumi Kanan

3.5 Langit Bumi Kanan

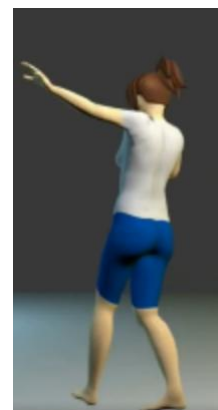
Gerakan langit bumi kanan cenderung tidak stabil karena bagian tubuh kemiringannya berbeda terutama saat tangan Penari diangkat dan kaki dihentakkan. Dengan mengangkat hanya tangan kanan ke atas maka tubuh penari makin condong ke kiri, besarnya perubahan kemiringan juga disebabkan oleh hentak hentak kaki yang hanya dilakukan pada kaki bagian kanan. Bila diamati lebih dalam gerakan-gerakan yang dibuat juga menggeser titik tumpu serta massa akibat perpindahan bagian tubuh yang digerakan. Gambaran perubahan kemiringan dapat diamati pada Gambar 10.

3.6 Putaran 360 derajat

Gerakan ini menjadi yang paling tidak seimbang jika dilihat dari rata-rata kemiringannya dengan nilai 35,512. Hal ini diperkirakan karena gerakan memutar yang dilakukan penari mengakibatkan perpindahan lokasi (ada Pergeseran tempat) dan posisi tangan yang melebar ke samping membuat tubuh cenderung condong ke arah lain. Perpindahan posisi dan kecepatan serta tumpuan menjadi penyebab paling jelas dari cuplikan gambar dan video visualisasi dari motion capture data.



Gambar 11. Putaran 360 derajat



Gambar 12. Visualisasi 3D Gerakan Putaran 360 derajat

4. Kesimpulan

Perpindahan titik tumpu mempengaruhi kemiringan tubuh yang berdampak pada keseimbangan. Semakin gerakan mengandung banyak gerakan mengatupkan kaki, semakin sering kenaikan kemiringan dan gerakan makin membutuhkan keseimbangan yang baik. Hasil grafik menunjukkan bahwa gerakan yang perubahan kemiringan tubuhnya paling sedikit dari penelitian ini terhadap Tari Remo adalah gerakan 'ucek-ucek'

menandakan gerakan tersebut cukup stabil. Sedangkan gerakan yang paling padat perubahan kemiringannya adalah gerakan 'langit bumi kanan'.

5. Referensi

- Center of mass formula - definition, equations, examples - TOPPR-guides.* (n.d.). Retrieved March 30, 2023, from <https://www.toppr.com/guides/physics-formulas/center-of-mass-formula/>
- Vectors - definition, properties, types, examples, faqs.* Cuemath. (n.d.). Retrieved March 31, 2023, from <https://www.cuemath.com/geometry/vectors/>
- Zaman, L., Sumpeno, S., Hariadi, M., Kristian, Y., Setyati, E., & Kondo, K. (2020). Modeling Basic Movements of Indonesian Traditional Dance Using Generative Long Short-Term Memory Network. *IAENG International Journal of Computer Science*, 47(2).
- Rubiono. 2019. *Biomekanika Sepakbola*. Yogyakarta. K-Media.
- Rubiono, Finahari, dan Qiram. (2019). *Biomekanika Tari*. Yogyakarta. K-Media
- Yuliadarwati, Nungki Marlian, Auliya Vanissa, and Septiyorini Septiyorini. "Terapi Latihan dengan Metode Feldenkrais Berpengaruh Terhadap Keseimbangan Dinamis pada Lansia." *Jurnal Sport Science* 9.2 (2019): 120-124.
- Ryan, Alice S., Anindo Roy, and Krisann K. Oursler. "Gait and balance biomechanics in older adults with and without human immunodeficiency virus." *AIDS research and human retroviruses* 35.11-12 (2019): 1089-1094.
- Irfan. (2016). *Keseimbangan Pada Manusia*. Publikasi Ilmiah. Retrieved March 31, 2023, from <https://ifi.or.id/artikel02.html>
- Watson, T., Graning, J., McPherson, S., Carter, E., Edwards, J., Melcher, I., & Burgess, T. (2017). Dance, balance and core muscle performance measures are improved following a 9-week core stabilization training program among competitive collegiate dancers. *International journal of sports physical therapy*, 12(1), 25.
- Roberson, W and the University of Adelaide. (2012). *WSPR/BVH-MATLAB: Parse BVH files (Biovision) for MATLAB*. GitHub. Retrieved March 31, 2023, from <https://github.com/wspr/bvh-matlab>
- Dempster, W. T., & Gaughran, G. R. (1967). Properties of body segments based on size and weight. *American journal of anatomy*, 120(1), 33-54.