



P-ISSN : 2622-1276
E-ISSN: 2622-1284

The 8th Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH 2025)

Website Ciastech 2025 : <https://ciastech.widyagama.ac.id>
Open Conference Systems : <http://ocs.ciastech.widyagama.ac.id>
Proceeding homepage : <http://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/ciastech/index>

KAJIAN BEBAN KUDA-KUDA PEMAIN BANTENGAN AKIBAT PERUBAHAN SUDUT TUMPUAN PIJAKAN

Nurida Finahari^{1*)}, Gatot Soebiyakto²⁾, Emma Budi Sulistiarini³⁾, Cahaya Lunar Fitriainy⁴⁾

^{1*)2)} Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widya Gama Malang

³⁾ Program Studi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Widya Gama Malang

⁴⁾ Program Studi S1 Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Widya Gama Malang

INFORMASI ARTIKEL

Data Artikel :

Naskah masuk, 19 Oktober 2025
Direvisi, 10 November 2025
Diterima, 11 November 2025

*Email Korespondensi:

nfinahari@widyagama.ac.id

ABSTRAK

Kaki merupakan bagian penting untuk menjaga keseimbangan tubuh. Perubahan kecil anatomi fisiologi pada kaki dapat menyebabkan ketidakseimbangan postur. Pemahaman terhadap dinamika kaki sangat penting untuk kesehatan kaki, desain, dan konstruksi alas kaki. Gerak tari Bantengan merupakan gerak dinamis, banyak melibatkan hentakan kaki, memunculkan potensi cedera, khususnya pada titik-titik sendi tumpuan. Penelitian biomekanika beban tumpuan gerak kaki pemain Bantengan Malangan, belum pernah ada. Penelitian ini memodelkan pembebanan pada kuda-kuda pemain Bantengan Malangan. Pemodelan dilakukan untuk tumpuan satu dan dua kaki. Kajian pembebanan dilakukan secara *time series* dari gambar diskrit kuda-kuda *rendering* video rekaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa posisi kuda-kuda dimana paha membentuk sudut 90° terhadap tulang belakang merupakan posisi pembebanan maksimum pada tumit. Sebaliknya, jika tumit membentuk sudut 90° terhadap lantai (posisi *berjinjit*), beban pada tumit justru minimum. Hal ini mengikuti fenomena fisik dimana luas tumpuan yang makin memusat (tumpuan titik) justru menurunkan pembebanan, karena gaya beban ditransfer langsung ke landasan/lantai.

Kata Kunci : *Beban, Sendi, Kuda-kuda, Penari, Bantengan*

1. PENDAHULUAN

Bantengan merupakan salah satu kesenian tradisional di daerah Malang, Jawa Timur. Bantengan adalah kesenian yang memadukan beberapa varian kesenian, berawal dari pencak silat serta diikuti dengan tarian Bantengan [1]. Bantengan menggabungkan antara seni silat dan seni musik gamelan yang berpadu dengan kisah-kisah simbolik [2]. Seni tradisional Bantengan pada mulanya hanya hiburan bagi komunitas pemain pencak silat, untuk menghibur masyarakat. Pada mulanya, kesenian Bantengan ini terlahir dari komunitas pencak silat. Sekarang kesenian ini sudah berdiri sendiri sebagai salah satu aktifitas dan kebiasaan masyarakat tertentu [3].

Gerak tari merupakan gerak yang kompleks, karena melibatkan seluruh otot, sendi, dan tulang. Hasil analisis yang mendetail, yang dapat digunakan untuk menstrukturkan otot dan sendi yang diaktifkan saat melakukan teknik gerak, menyeragamkan gerak, dan menghindarkan penari dari cedera [4]. Demikian halnya posisi kuda-kuda dalam gerak tari yang beragam sesuai dengan ragam gerak tari. Posisi kuda-kuda merupakan hal yang lazim di sebuah tari seperti kuda-kuda pencak silat dalam penciptaan tari Ji [5].

Kaki merupakan bagian penting untuk menjaga keseimbangan tubuh dan bahkan perubahan kecil pada kaki dapat menyebabkan ketidakseimbangan postur [6]. Identifikasi jenis cedera pada pasien klinik massage menunjukkan bahwa cedera *ankle* atau sering disebut keseleo merupakan jenis yang banyak dialami pasien [7]. Memahami dinamika kaki sangat penting untuk kesehatan kaki, desain dan konstruksi alas kaki. Gerakan kaki termasuk lintasan gerak dan kaki berubah seiring waktu [8]. Penerapan yang baik dalam ilmu biomekanika akan meningkatkan pencegahan cedera olahraga dan menekan angka cedera yang terjadi pada peserta didik dan atlet [9].

Gerak tari Bantengan yang meniru hewan banteng dan adanya unsur pencak silat, salah satunya dapat dilihat pada posisi kuda-kuda pemain atau penari Bantengan. Gerak kaki yang cenderung menunjukkan kekuatan seperti hewan banteng memiliki potensi terjadinya cedera. Kajian biomekanika sangat diperlukan untuk mempelajari dinamika kaki pemain Bantengan, khususnya posisi kuda-kuda. Untuk itu perlu dilakukan penelitian yang mengkaji dinamika tumpuan kuda-kuda kaki pemain Bantengan sebagai dasar perspektif kesehatan dan keselamatan.

Analisis biomekanika banyak diterapkan untuk gerak kaki manusia. Penelitian telah dilakukan pada gerak jalan cepat terhadap rancangan *knee joint* sistem *energi storing* [10], dan karakteristik gerak berjalan untuk individu usia lanjut [11]. Kesejajaran kaki statis dan beban plantar dinamis pada pelari telah dihubungkan dengan cedera akut [12]. Gaya reaksi tumpuan berdasarkan sudut pijakan kaki [13], evaluasi struktur dinamika kaki untuk peningkatan keamanan sepatu [14], studi keseimbangan dinamis pada kaki datar dan kaki lengkung normal [6], analisis postur tubuh petani pada aktivitas penanaman padi [15], dinamika pengukuran bentuk kaki dengan penginderaan empat dimensi [16], perbandingan *center of pressure* pada penderita *flat foot* dan *normal foot* [17], dan model kaki dinamis untuk simulasi prediktif gaya berjalan manusia [18], adalah contoh-contoh lingkup riset khusus tentang biomekanika kaki.

Biomekanika juga dapat digunakan untuk menganalisis gerak tari [19]. Diperlukan penelitian tentang tari dan penari, karena sebagian besar informasi yang dipublikasikan berasal dari penelitian keolahragaan [20]. Secara internasional, penelitian terhadap tari tradisional telah dilakukan di beberapa negara. Penelitian tersebut antara lain dilakukan untuk keseimbangan dinamik penari Yuanji Cina dan merupakan tarian yang menggabungkan Chi-Gung, Tai-Chi, pengobatan, seni bela diri, dan juga musik Yuanji [21]. Penelitian tentang keseimbangan penari klasik India dilakukan untuk uji lompatan dinamik dan uji keseimbangan [22]. Hubungan deviasi kaki dengan aktivitas fungsional dan keseimbangan dinamis telah diteliti pada penari Kathak wanita India [23].

Penelitian biomekanika tari terhadap tari tradisional di Indonesia belum banyak dilakukan. Penelitian yang telah dilakukan adalah untuk dinamika perubahan beban tumpuan pijakan kaki pada penari Bapang Malang [19], analisis grafis gerakan sendi terhadap poros vertikal tulang belakang penari Bapang Malang [24], analisis komparasi aspek gerak dan biomekanika tari Gandrung Banyuwangi dan Balet Klasik [25]. Dalam hal ini, tari tradisional Bantengan, belum diteliti dari aspek perspektif biomekanika dan K3. Ini merupakan nilai kebaruan dari penelitian yang akan dilakukan.

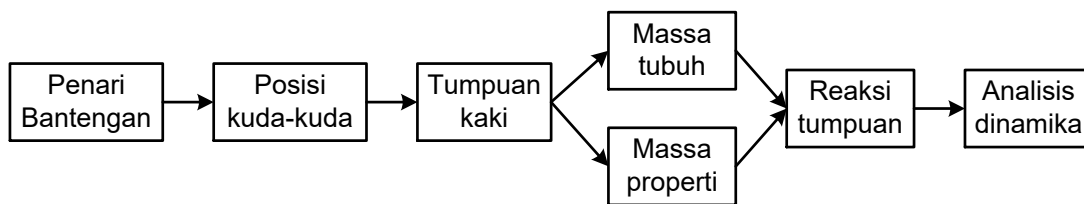
Secara observatoris, gerak dinamis kaki penari Bantengan mengandung unsur hentakan, loncatan, dan gerak ritmis yang dilakukan secara cepat. Dari perspektif biomekanika, gerakan-gerakan tersebut memberikan pembebanan dinamik pada sendi-sendi tumpuan. Hal ini menjadi permasalahan kesehatan dan keselamatan kerja penari. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah penggambaran dinamika pembebanan tumpuan kaki pemain Bantengan secara *time series*.

Secara ideal, beban dinamis bisa ditangkap melalui dinamometer yang mencatat beban tiap kali kaki penari memijak tumpuan. Dinamometer merupakan timbangan statis sehingga belum bisa merekam beban secara *real time*, mengikuti gerakan penari. Beban dinamis kaki pemain Bantengan bisa didekati dalam bentuk pemodelan statis dalam kerangka urutan waktu. Hasil hitungan statis pembebanan yang didapatkan, ditata kembali sebagai alur perubahan pembebanan dalam sumbu waktu. Model pendekatan ini memiliki tingkat akurasi yang cukup baik, mengikuti konsep kinematika dinamika grafis.

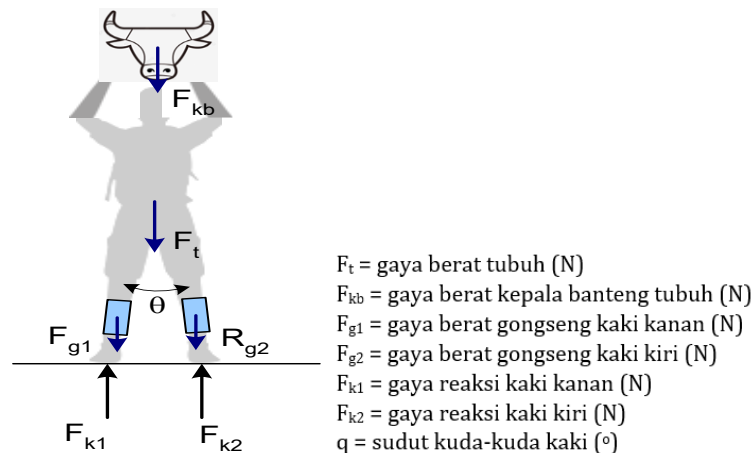
2. METODE PENELITIAN

2.1. Kerangka Pikir Penelitian

Ragam gerak Bantengan sangat variatif dimana posisi kuda-kuda kaki menjadi dasar gerakannya. Posisi kuda-kuda ini dipengaruhi oleh tumpuan kaki pemain. Pada posisi kuda-kuda ini, terdapat dua gaya yang bekerja pada pemain yaitu gaya berat (massa tubuh) dan gaya berat properti seni yaitu kepala banteng dan gongseng kaki. Gaya berat ini akan menyebabkan gaya reaksi di kaki tumpuan (**Gambar 1**). Analisis gaya-gaya yang terjadi ini merupakan analisis dinamika tumpuan kuda-kuda pemain Bantengan dimana sudut antara kedua kaki mempengaruhi gaya reaksi yang terjadi. Analisa dinamika kuda-kuda kaki dilakukan dengan mengambil posisi statis satu gerakan. Perhitungan dilakukan dengan memvariasikan nilai variabel (**Gambar 2**).



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 2. Skema gaya-gaya pemain Bantengan

2.2. Variabel Penelitian

Variabel bebas meliputi posisi kuda-kuda kaki yang berubah sesuai perubahan gerak pada kerangka urutan waktu (*time series*). Kuda-kuda kaki dibedakan:

- a. Tumpuan 2 kaki, lutut menekuk
- b. Tumpuan satu kaki

Variabel terikat yaitu gaya-gaya reaksi tumpuan kaki (satuan, kg) yang mengakibatkan beban kritis terhadap persendian kaki. Data penelitian diambil dari hasil rekaman pagelaran Bantengan, untuk mendapatkan gerak aktual, khususnya di sesi kalapan yang gerakan pemainnya bisa diamati tanpa penutup kain. Peralatan yang dibutuhkan adalah kamera. Data pendukung berupa berat badan dan tinggi badan penari, berat kepala banteng, dan gongseng, diukur secara terpisah. Data diambil sebagai contoh perhitungan analisa dinamika. Peralatan yang dibutuhkan adalah neraca digital dan meteran.

2.3. Prosedur Pengambilan dan Analisis Data

Pengambilan data dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menimbang kepala banteng dan gongseng kaki menggunakan neraca digital.
- b. Pengambilan data pemain meliputi tinggi dan berat badan.
- c. Melakukan rekaman pagelaran Bantengan. Pagelaran diambil dari satu kelompok yang sama untuk minimal 2 kali pagelaran sehingga terdapat perbandingan kondisi untuk posisi kuda-kuda kaki. Pemain yang diamati adalah 1 orang.
- d. Rekaman dilakukan dalam bentuk video.
- e. Video hasil rekaman dilakukan proses *rendering*, yaitu mengubah gambar bergerak menjadi gambar diam.
- f. Dilakukan pemilihan gambar yang menunjukkan posisi-posisi kuda-kuda kaki sesuai variabel yang dipilih.
- g. Mengubah gambar hasil *rendering* menjadi gambar skema
- h. Melakukan analisis dinamika terhadap gambar skema yang didapatkan.
- i. Analisis sudut kuda-kuda kaki dilakukan menggunakan aplikasi Kinovea versi 08.15. Demikian juga untuk pengukuran dimensi jarak untuk titik-titik gaya berat sesuai **Gambar 2**.
- j. Analisis berikutnya dilakukan untuk perhitungan gaya-gaya reaksi kaki tumpuan menggunakan prinsip keseimbangan gaya dimana jumlah gaya yang bekerja di suatu titik sama dengan nol. Rumus yang digunakan adalah $\Sigma F = 0$.

Hasil perhitungan beban dari gambar-gambar skema statis diurutkan sesuai urutan waktunya, dan ditabulasikan untuk membentuk grafik perubahan beban terhadap waktu di sendi-sendi kritis, sesuai jenis tumpuannya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Penelitian

Subyek pemain diambil 1 orang. Data hasil pengukuran alat dan subyek adalah sebagai berikut:

- a. Berat tubuh pemain: 45 kg
- b. Tinggi tubuh pemain: 161 cm
- c. Berat kepala banteng: 5,55 kg
- d. Berat gongseng
Kaki kiri: 906 gr, Kaki kanan: 914 gr

Hasil rekaman posisi kaki ditunjukkan pada **Gambar 3**. Tampak bahwa ragam pijakan satu kaki dilakukan dengan kaki lurus, meski kaki yang diangkat bisa berubah-ubah posisi tekukan lututnya. Posisi badan juga bisa tegak lurus, bisa membungkuk. Sudut badan pada poros pinggang bervariasi, demikian juga untuk sudut leher. Namun demikian, untuk bahasan ini, variasi tubuh bagian atas tidak diperhitungkan, dan analisis didasarkan pada sumbu dua dimensi. Posisi pijakan 2 kaki dilakukan bervariasi, dari posisi kaki lurus dan lutut menekuk. Tekukan lutut ekstrim terjadi saat garis kedua paha membentuk sudut lurus dari kiri ke kanan (sudut 180°), atau membentuk sudut 90° terhadap poros tulang belakang.



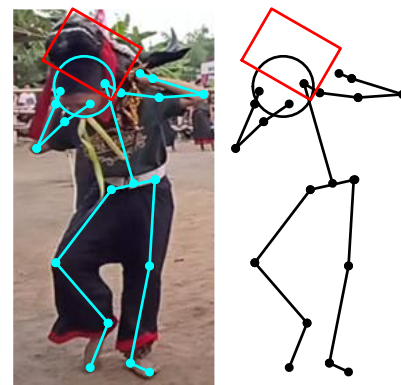
Gambar 3. Ragam posisi tumpuan satu (kiri) dan dua (kanan) kaki

3.2. Hasil Rendering Video Rekaman

Hasil rekaman video 1 sesi kalapan selama sekitar 8 menit di-render dengan *rate* 6 fps (*frames per second*) menghasilkan 6 gambar untuk setiap detik rekaman (**Gambar 4**), total didapat 4888 gambar. Gambar-gambar ini nantinya dijadikan acuan identifikasi parameter kinematis untuk tiap perubahan posisi yang signifikan (**Gambar 5**).



Gambar 4. Gambar-gambar hasil *rendering*

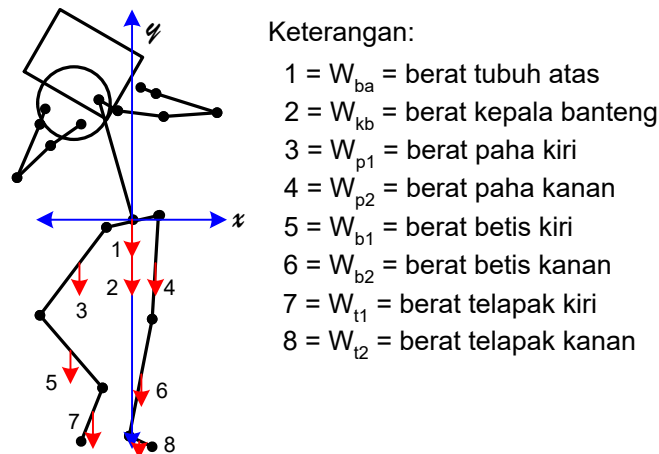


Gambar 5. Contoh pembuatan diagram skematis [26]

3.3. Kajian Gaya Statis Tumpuan Kaki

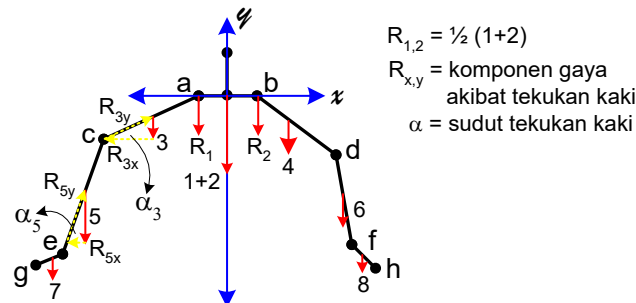
Dengan menggunakan acuan keseimbangan gaya, pembebanan pada titik tumpuan kaki dibedakan menjadi 3 (**Gambar 6**), yaitu:

- Tumpuan pinggul/pangkal paha (titik a dan b)
- Tumpuan lutut (titik c dan d)
- Tumpuan tumit (titik e dan f)



Gambar 6. Diagram kinematis posisi gaya pijakan satu kaki [26]

Pada kondisi pijakan satu kaki, pembebanan sisi kaki yang tidak menjadi tumpuan, berubah menjadi gaya resultan total yang menumpu pada titik pinggul dan momen terhadap tumit yang menumpu. Pada kondisi pijakan dua kaki, simetrisitas pembebanan pada kaki kiri dan kanan hanya dipengaruhi oleh perbedaan sudut tekukan kaki pada lutut dan tumit, dimana seluruh telapak kaki dianggap menapak pada tanah (**Gambar 7**).



Gambar 7. Analisis Pembebanan Tumpuan Kaki [26]

Diagram skematis dan kinematis posisi berpijak 2 kaki pada prinsipnya sama dengan berpijak 1 kaki. Yang menjadi beda adalah pada letak titik berat tumpuan telapak kaki. Pada tumpuan satu kaki, salah satu titik berat telapak kaki membentuk sudut terhadap garis tumpuan kaki (sumbu y), sementara di tumpuan 2 kaki, kedua titik berat telapak kaki tidak membentuk sudut. Titik berat telapak kaki yang membentuk sudut terhadap sumbu y, akan memunculkan komponen gaya berat F_x yang sejajar dengan sumbu x, dan menghasilkan gaya geser terhadap titik tumpuan tumit kaki, yang menjadi titik analisis beban tumpuan kaki.

3.4. Analisis Pembebanan Tumpuan Kaki

3.4.1. Tumpuan 2 kaki

Dengan acuan bahwa beban tubuh bagian atas terbagi merata, maka persamaan pembebanan pada tumpuan (R) dinyatakan sebagai berikut [26]:

a. Tumpuan pinggul

$$R_a = R_b = \frac{1}{2} (W_{ba} + W_{kb})$$

1)

b. Tumpuan lutut

$$R_c = R_d = \frac{1}{2} (W_{ba} + W_{kb}) + W_p \quad 2)$$

$$M_c = (\frac{1}{2}W_{p1} + R_a) \cdot l_p \cos a_3 \quad 3)$$

$$M_d = (\frac{1}{2}W_{p2} + R_b) \cdot l_p \cos a_4 \quad 4)$$

Untuk M adalah momen (gaya putar terhadap sumbu tumpuan)

l_p adalah panjang paha

c. Tumpuan tumit

$$R_e = R_f = \frac{1}{2} (W_{ba} + W_{kb}) + W_p + W_b + W_t \quad 5)$$

$$M_e = (W_{b1} \cdot \frac{1}{2} l_b \cos a_5) + W_{p1} (\frac{1}{2} l_p \cos a_3 + l_b \cos a_5) + R_a (l_p \cos a_3 + l_b \cos a_5) \quad 6)$$

$$M_d = (W_{b2} \cdot \frac{1}{2} l_b \cos a_6) + W_{p2} (\frac{1}{2} l_p \cos a_4 + l_b \cos a_6) + R_b (l_p \cos a_4 + l_b \cos a_6) \quad 7)$$

Untuk l_b adalah panjang betis

3.4.2. Tumpuan 1 kaki

Mengacu pada **Gambar 6** dapat dilihat bahwa pada kaki yang tidak menjadi tumpuan, titik pinggul akan menerima resultan gaya beban dan momen dari gaya berat paha, betis, dan telapak kaki [26].

a. Tumpuan pinggul

$$R_a = R_b = \frac{1}{2} (W_{ba} + W_{kb}) \quad 8)$$

$$M_a = (W_{p1} \cdot \frac{1}{2} l_p \cos a_3) + W_{b1} (\frac{1}{2} l_b \cos a_5 + l_p \cos a_3) + W_{t1} (\frac{1}{2} l_t \cos a_7 + l_p \cos a_3 + l_b \cos a_5) \quad 9)$$

Untuk a_7 adalah sudut tekukan tapak kaki

b. Tumpuan lutut

$$R_d = \frac{1}{2} (W_{ba} + W_{kb}) + W_p \quad 10)$$

$$M_d = (\frac{1}{2}W_{p2} + R_b) \cdot l_p \cos a_4 + R_a (l_{pg} + l_p \cos a_4) \quad 11)$$

Untuk l_{pg} adalah lebar pinggul

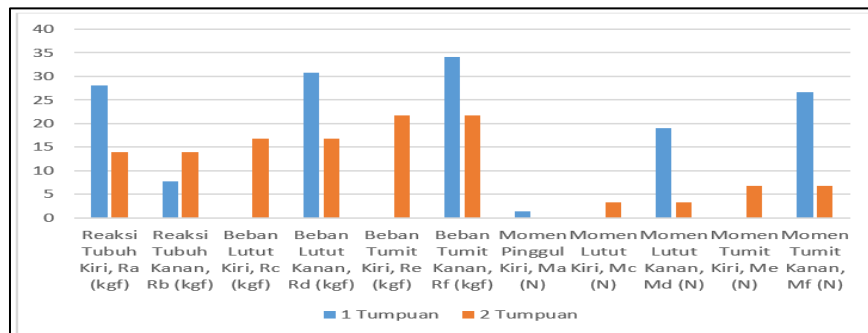
c. Tumpuan tumit

$$R_f = \frac{1}{2} (W_{ba} + W_{kb}) + W_p + W_b + W_t \quad 12)$$

$$M_d = (W_{b2} \cdot \frac{1}{2} l_b \cos a_6) + W_{p2} (\frac{1}{2} l_p \cos a_4 + l_b \cos a_6) + R_b (l_p \cos a_4 + l_b \cos a_6) + R_a (l_{pg} + l_p \cos a_4 + l_b \cos a_6) \quad 13)$$

3.5. Perbandingan Pembebanan 1 dan 2 Tumpuan

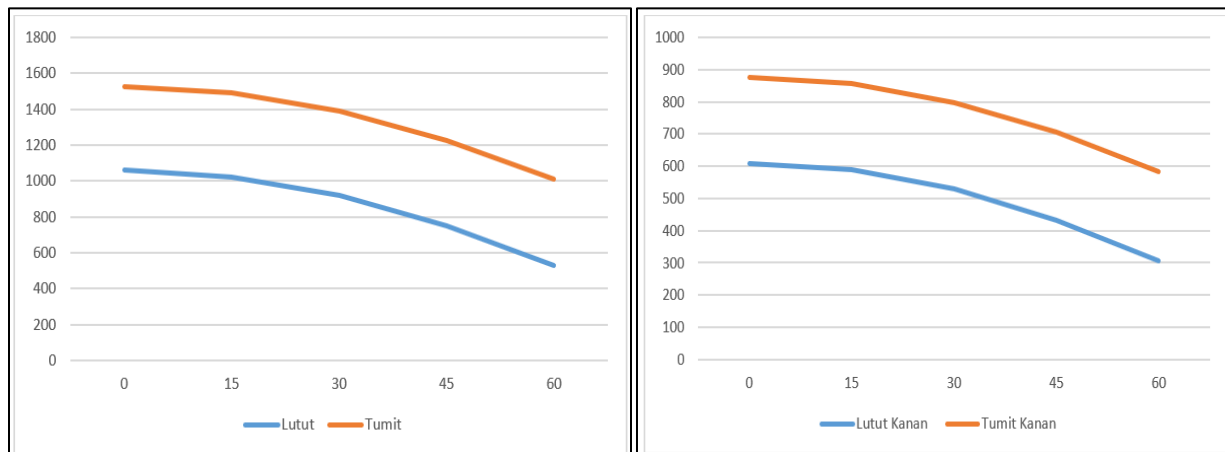
Dengan menggunakan data subyek dan perumusan gaya beban didapat hasil perhitungan yang digambarkan dalam bentuk grafik perbandingan beban tumpuan (**Gambar 8**). Hasil pemodelan beban untuk perubahan sudut tekukan paha ditunjukkan pada **Gambar 9** (kiri), sementara perubahan sudut tekukan tumit ditunjukkan pada **Gambar 9** (kanan).



Gambar 8. Perbandingan pembebanan 1 dan 2 tumpuan

Dari **Gambar 9** tampak bahwa perubahan tumpuan dari 1 menjadi 2 kaki menaikkan beban pada tiap persendian rata-rata 2 kali lipat, dengan tambahan momen pada satu sisi pinggul. Hal ini berpotensi meningkatkan potensi cedera pada persendian dan lemahnya keseimbangan tubuh. Potensi untuk jatuh menjadi lebih tinggi pada tumpuan 1 kaki, dengan resiko cedera yang meningkat, mengingat beban kepala banteng berpotensi menjadi bandul ayunan terhadap sumbu tubuh saat pemain terjatuh. Potensi fraktur terjadi pada area atas tubuh dan tumit kaki.

Pada hasil riset ini tumit menerima beban sekitar 83% berat total tubuh, kepala banteng, dan gongseng. Hal ini berbeda dengan hasil pengukuran Wibowo [27] yang menyebutkan bahwa beban pada tumit untuk tumpuan 2 kaki adalah 60% berat tubuh. Perbedaan ini disebabkan perbedaan konfigurasi tubuh, dimana perhitungan dilakukan dalam posisi kaki-kaki menekuk, sementara Wibowo mengukur beban saat berdiri tegak. Tubuh pemain bantengan dalam posisi terbebani menghasilkan kontraksi otot-otot tubuh yang diduga dapat menyebabkan pemadatan massa dan mengurangi rongga udara di dalam tubuh.



Gambar 9. Simulasi perubahan beban akibat perubahan sudut tekukan paha (kiri), dan tumit (kanan)

Gambar 9 (kiri) terjadi pada pembebanan dengan tumpuan 2 kaki, sedangkan yang kanan terjadi pada tumpuan 1 kaki. Pada kedua kondisi tersebut, tumit mengalami pembebanan yang lebih tinggi dari lutut. Beban semakin meningkat saat sudut paha maupun sudut tumit semakin rendah. Hal ini berarti, posisi kuda-kuda dimana paha membentuk sudut 90° terhadap tulang belakang merupakan posisi pembebanan maksimum pada tumit. Sebaliknya, jika tumit membentuk sudut 90° terhadap lantai (posisi *berjinjit*), beban pada tumit justru minimum. Hal ini mengikuti fenomena fisik dimana luas tumpuan yang makin memusat (tumpuan titik) justru menurunkan pembebanan, karena gaya beban ditransfer langsung ke landasan/lantai.

4. KESIMPULAN

Hasil analisis pembebanan kuda-kuda penari Bantengan untuk tumpuan satu dan dua kaki menunjukkan bahwa sudut tekukan sendi mempengaruhi pembebanan pada sendi tumit. Sudut siku-siku tekukan paha terhadap sumbu tulang belakang menghasilkan pembebanan maksimum pada tumit, untuk tumpuan dua kaki. Jika dilakukan tumpuan satu kaki, sudut tumit yang nyaris tegak lurus (*berjinjit*) justru menghasilkan pembebanan minimum. Hal ini kontras dengan fakta bahwa tumpuan satu kaki berpotensi menurunkan stabilitas tubuh. Fakta ini menarik untuk dikaji lebih lanjut.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai Hibah Riset Internal Perintis dari LPPM Universitas Widya Gama Malang Tahun Anggaran 2025.

6. REFERENSI

- [1] RM. B. K. Negoro and D. C. R. A, "Pendampingan masyarakat dalam pelestarian budaya bantengan di kabupaten mojokerto," *Jurnal Pengabdian Dharma Wacana*, vol. 1, no. 2, pp. 51–58, 2020.
- [2] R. D. Desprianto and A. Andayani, "Kesenian Bantengan Mojokerto Kajian Makna Simbolik Dan Nilai Moral," *AVATARA, e-Journal Pendidikan Sejarah*, vol. 1, no. 1, pp. 150–163, 2013.
- [3] A. Khoyyum, A. Faris, I. U. Thoriqoh, and L. Nisak, "Seni Tradisional Bantengan Di Dusun Boro Panggungrejo Gondanglegi Malang : Sebuah Kajian Etnografi," *Jurnal Penelitian Ilmiah Intaj*, vol. 1, no. 2017, pp. 49–76, 2017.
- [4] H. Mangoensong and S. Yanuartuti, "Analisis Teknik Gerak Tari Tradisional Dengan Menggunakan Ilmu Kinesiologi," *Jurnal Seni Tari*, vol. 9, no. 1, pp. 77–84, 2020, doi: <https://doi.org/10.15294/jst.v9i1.39181>.
- [5] G. P. Sari and M. W. Bantolo, "Kuda-Kuda Pencak Silat Dalam Penciptaan Tari Ji Karya Galuh Puspita Sari Pada Tahun 2018 Di Gedung Teater Besar Isi Surakarta," *Greget*, vol. 18, no. 2, pp. 131–139, 2020, doi: 10.33153/grt.v18i2.2869.
- [6] N. Parekh and S. Sudhakar, "Study on Dynamic Balance in College Students with Flat Foot and with Normal Arched Foot using Y- Balance Test," *J Pharm Res Int*, vol. 33, pp. 110–117, 2021, doi: 10.9734/jpri/2021/v33i62a35157.
- [7] M. Muhibbi, A. T. Ramadhan, H. hadi, S. Romadhoni, and A. Yogaswara, "Identifikasi Jenis Cedera pada Pasien Klinik Massage Seger Waras," *Journal of Sport Coaching and Physical Education*, vol. 8, no. 2, pp. 119–129, 2023.
- [8] Q. Feng, A. Luximon, B. Ganesan, and C. Kooi Chan, "Foot Dynamic Model for Investigate Foot Motion During Walking," *Applied Human Factors and Ergonomics International*, vol. 2, pp. 1–8, 2018, doi: 10.54941/ahfe100074.
- [9] M. Surur and R. Gustiawati, "Analisis penerapan biomekanika terhadap pencegahan cedera olahraga dalam pembelajaran Penjas," *Sriwijaya Journal of Sport*, vol. 2, no. 2, pp. 95–104, 2023, doi: 10.55379/sjs.v2i2.722.
- [10] L. Herdiman, R. W. Damayanti, and Z. M. Faiz, "Kajian Biomekanika Untuk Jalan Cepat Terhadap Rancangan Knee Joint Sistem Energy Storing Mekanisme 2 Bar Pada Kaki Prosthetic Endoskeletal Bagi Amputee Transfemoral," *Performa*, vol. 11, no. 2, pp. 127–134, 2012.
- [11] I. Nur Afiah, "Pendekatan Biomekanika Pada Analisa Pengaruh Usia Terhadap Karakteristik Gerak Berjalan Untuk Individu Usia Lanjut," *Jurnal PASTI*, vol. XI, no. 2, pp. 123–129, 2015.
- [12] A. P. Ribeiro, I. C. N. Sacco, R. C. Dinato, and S. M. A. João, "Relationships between static foot alignment and dynamic plantar loads in runners with acute and chronic stages of plantar fasciitis: A cross-sectional study," *Braz J Phys Ther*, vol. 20, no. 1, pp. 87–95, 2016, doi: 10.1590/bjpt-rbf.2014.0136.

- [13] N. Finahari and G. Rubiono, "Analisis Biomekanika Pengaruh Sudut Pijakan Telapak Kaki Terhadap Gaya Reaksi Tumpuan," in *Prosiding Seminar Nasional IPTEK Olahraga*, Banyuwangi: Fakultas Olahraga Kesehatan, Universitas PGRI Banyuwangi, 2018, pp. 11–15.
- [14] S. Grau and B. Barisch-Fritz, "Improvement of safety shoe fit - evaluation of dynamic foot structure," *Footwear Sci*, vol. 10, no. 3, pp. 179–187, 2018, doi: 10.1080/19424280.2018.1529062.
- [15] N. Ardhi, A. Kristanto, and W. Hariyono, "Analisis Postur Tubuh Petani Pada Aktivitas Penanaman Padi Menggunakan Metode Rapid Entire Body Assessment (REBA)," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 13, no. 1, pp. 45–53, 2023.
- [16] L. ying Zhang, K. lun Yick, M. jun Yue, J. Yip, and S. pui Ng, "An exploratory study of dynamic foot shape measurements with 4D scanning system," *Sci Rep*, vol. 13, no. 1, pp. 1–14, 2023, doi: 10.1038/s41598-023-35822-0.
- [17] A. M. Arif and M. W. Dewangga, "Perbandingan center of pressure pada penderita flat foot dan kaki normal," in *Prosiding Seminar Kesehatan Nasional*, Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Duta Bangsa Surakarta, 2024, pp. 49–53.
- [18] L. D'Hondt, F. De Groote, and M. Afschrift, "A dynamic foot model for predictive simulations of human gait reveals causal relations between foot structure and whole-body mechanics," *PLoS Comput Biol*, vol. 20, no. 6, pp. 1–25, 2024, doi: 10.1371/journal.pcbi.1012219.
- [19] S. A. Putra, M. A. Sahbana, and N. Finahari, "Dinamika Perubahan Beban Tumpuan Pijakan Kaki Pada Penari Bapang Malangan," *JUSTE : Journal of Science and Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 61–74, 2020.
- [20] Y. Koutedakis, "Biomechanics in Dance," *Journal of Dance Medicine and Science*, vol. 12, no. 3, pp. 73–74, 2008, doi: 10.1177/1089313X0801200301.
- [21] W. L. Wu, T. Sen Wei, S. K. Chen, J. J. Chang, L. Y. Guo, and H. T. Lin, "The effect of Chinese yuanji-dance on dynamic balance and the associated attentional demands in elderly adults," *J Sports Sci Med*, vol. 9, no. 1, pp. 119–126, 2010.
- [22] M. Tamilalagan, M. Premkumar, Pratheeksha, and P. K. Neha, "Balance in classical dancers using dynamic leap and balance test – A Cross sectional study," *Journal of Orthopaedic Reports*, vol. 2, no. 4, p. 100211, 2023, doi: 10.1016/j.jorep.2023.100211.
- [23] B. Salekar, R. Patil, and M. Patil, "Association of Foot Deviations with Foot Functional Activity and Dynamic Balance in Female Kathak Dancers," *Int J Health Sci Res*, vol. 14, no. 4, pp. 35–43, 2024, doi: 10.52403/ijhsr.20240406.
- [24] T. Sasmito, G. Soebiyakto, and N. Finahari, "Analisis Grafis Gerakan Sendi Terhadap Poros Vertikal Tulang Belakang Penari Bapang Malangan," 2021.
- [25] N. Finahari and G. Rubiono, "Analisis Komparasi Aspek Gerak dan Biomekanika Tari Gandrung Banyuwangi dan Balet Klasik," *Jurnal Panggung*, vol. 31, no. 1, pp. 133–148, 2021.
- [26] R. Pramono, N. Finahari, and A. Farid, "Dinamika Tumpuan Kuda-Kuda Kaki Pemain Bantengan Dasar Perspektif K3," Skripsi, Universitas Widya Gama Malang, Malang, 2025.
- [27] D. B. Wibowo, "Pengukuran Distribusi Beban Telapak Kaki Manusia Saat Berdiri Tegak Menggunakan Sensor FSR 402," *ROTASI*, vol. 20, no. 1, pp. 22–28, 2018, [Online]. Available: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>