

## ANALISIS GRAFIS GERAKAN SENDI TERHADAP POROS VERTIKAL TULANG BELAKANG PENARI BAPANG MALANGAN

Teguh Sasmito<sup>1</sup>, Gatot Soebiyakto<sup>2</sup>, Nurida Finahari<sup>3\*</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang, Jl. Taman Borobudur Indah 3 Malang

\*Email: nfinahari@widyagama.ac.id

### ABSTRACT

*Injuries in dancing activities can occur while practicing or during performance. Repetitive movements can be a major cause of injury when dancing. One of the injuries that can be fatal is spinal cord injury. The clinical manifestations of injury to the spine arise based on the location of the trauma. This study aims to identify potential movements that can cause spinal cord injury from the Bapang Malangan Dance. This potential is viewed from the movements that have a rotational effect on the spinal cord. The research was conducted by imitating several dance movements that were considered to have the potential to cause rotational motion in the spine. The measurement results of the spine rotational angle are used as the basis for carrying out kinematic and dynamic analysis. The degree of potential injury arising from movement is referred to at the normal allowable angle. From the results of the study, it is known that the area of the neck segment from the spinal line of Bapang Malangan dancers is a potentially injury critical area. This is related to the rotation angle that occurs (50-60°) exceeds the maximum limit of normal rotation (45°). The load that works at the point of rotation is the weight of the head which act as pendulum with a combination of compressive effects. The development of research can be directed to the dynamic effects of dance movements, focusing on the study of modes of motion 2 that produce rotational changes in the entire spinal line, studying the combined effects of other body parts, and considering the dancer's skill.*

*Keywords: Bapang Malangan Dance, Rotational Angle, Spinal Line, Graphical Analysis*

### PENDAHULUAN

Menurut definisi Kuntjoro [1], biomekanika merupakan penerapan ilmu mekanika dalam sistem biologi. Biomekanika merupakan kombinasi dari ilmu mekanika, biologi serta fisiologi. Biomekanika mengambil obyek tubuh manusia dan hampir semua makhluk hidup lainnya. Dalam biomekanika, prinsip mekanika digunakan untuk merumuskan analisis, desain, dan konsep keteknikan untuk sistem-sistem biologi dan medis.

Biomekanika dalam seni tari dapat dijadikan sarana untuk mengendalikan kesehatan, kebugaran dan pelatihan. Selama ini untuk menganalisis teknik tari tradisional Indonesia masih digunakan teknik gerak sesuai karakter tarinya. Artinya, teknik tersebut memiliki standarnya masing-masing untuk setiap tarian. Salah satu bidang kajian *dance science*, yaitu kinesiologi, berusaha memberikan teknik analisis gerak tari berdasarkan ilmu medis [2].

Jika diacu pada bidang olah raga, gerakan dalam olah raga mencakup beberapa jenis. Untuk kemudahan penggunaan, gerakan dibedakan menjadi gerak maju, mundur, kiri, kanan, atas dan bawah, sedangkan menurut ilmu kinesiologi, sebutan gerakan-gerakan tersebut menjadi *anterior-posterior*, *medial-lateral*, dan *superior-inferior*. Gerak yang dimaksud untuk tujuan penelitian ini adalah gerak-gerak yang memiliki variasi tertentu [2]. Gerakan-gerakan tersebut dipadukan

dengan irama yang berasal dari berbagai sumber, yang sederhana seperti ketukan tangan atau hitungan suara mulut, hingga irama yang dikeluarkan oleh sumber perangkat audio. Untuk kajian tari, suara pengiring bersumber dari gending pengiring tarian. Jadi, menari merupakan kombinasi gerakan ritmik antara tangan, kaki, kepala, dan tubuh sebagai bagian dari media ekspresi.

Tari yang menjadi obyek kajian adalah Tari Bapang yang merupakan satu dari berbagai jenis Tari Topeng Malangan. Tari Topeng Malangan diciptakan oleh Airlangga (putra Darmawangsa Beguh) dari Kerajaan Kediri. Penyebaran tarian ini bermula dari kerajaan Singosari yang dipimpin oleh Ken Arok. Topeng Bapang menggambarkan seorang ksatria dan penyair, yang selalu mengekspresikan diri mereka secara unik dan khas. Tari Bapang jenis ini merupakan tarian yang sangat sulit, dan gerakannya dianggap sebagai simbol merayu perempuan dan melambangkan keinginan anak muda [3].

Tari Bapang diawali dengan gerakan *Gedruk Gawang*, yaitu menggunakan dua tangan menggunakan kelambu yang diikatkan pada pergelangan sebagai pintu masuk ke panggung, menekuk kaki dan menjejak (*gedruk*) tanah. Saat menjejakkan kaki, tali kerincing yang dikenakan di kaki akan berbunyi sesuai dengan irama

gamelan. Setelah itu penari melakukan aksi yang disebut *Gobesan* yaitu pola memutar kepala ke kiri dan ke kanan. Selain itu ada istilah *Grebeg* yang merupakan salah satu pola gerak dalam Tari Bapang yang menggambarkan emosi tinggi yang membanjiri akhir tarian. Jenis-jenis *solah* dalam gerak Tari Bapang mencerminkan gaya gerak alam yang sangat kompleks, antara lain *Kalong Mawas*, *Nawu*, *Gajah Meto*, *Jalak Kecet*, *Jipiran Emprit Nebo*, *Walang Angkup*, *Ngawe Rondo*, dan *Menjangan Dlusup*. Setelah menari, penari akan menarik diri dari gawang.

Penari bapang memakai topeng merah, hidung mancung, dengan detail kostum berupa *Jamang*, *Topeng*, *Kalung Kace*, *Kerat*, *Stagen*, *Sabuk timang*, *Kelat* depan dan belakang, *Pedangan*, *Gelang ganda*, *Kasut* (kaus kaki), *Gongseng* dan *Jamang* (mahkota) dipasangkan terbalik. Pemakaian *jamang* terbalik tersebut merupakan simbol arogansi, karakter lucu dan ugal-ugalan [3].

Dengan mengacu karakteristik gerakan Tari Bapang dapat dinilai bahwa Tari Bapang merupakan tarian yang melibatkan gerak dinamis. Tari ini merupakan wujud dari ekspresi, kehendak, pikiran, dan perasaan [4]. Gerak ekspresif yang dinamis, sebagaimana halnya dalam aktivitas olah raga, menyimpan potensi untuk terjadinya cedera. Cedera dalam aktivitas menari bisa terjadi saat berlatih ataupun dalam pementasan. Gerakan yang dilakukan secara berulang dapat menjadi penyebab utama terjadinya cedera ketika menari [5]. Hal ini dapat berpengaruh pada performa penari dan mentalnya. Cedera tersebut bisa meninggalkan luka traumatik. Salah satu cedera yang bisa berakibat fatal adalah cedera tulang belakang. Manifestasi klinis dari cedera pada tulang belakang timbul berdasarkan lokasi traumanya. Kerusakan pada anatomi memerlukan waktu yang cukup lama untuk pemulihan.

Kejadian cedera pada tulang belakang tercatat 40 kasus per 1 juta penduduk di USA. Ada sekitar 12.500 kasus baru per tahunnya. Di Indonesia belum terdapat pendataan seperti itu. Data dari NSCISC (*National Spinal Cord Injury Statistical Center*) tahun 2015 tentang penyebab dari cedera pada tulang belakang, diketahui karena kecelakaan kendaraan bermotor (38%), jatuh (30%), tindak kekerasan (14%) dan cedera olahraga (9%) [6]. Dari beberapa laporan kasus medis dan studi retrospektif disebutkan bahwa 70% pasien yang mengalami cedera tulang belakang ditangani melalui pembedahan intervensi pada minggu pertama setelah trauma, meskipun disebutkan bahwa tindakan tersebut harus dilakukan segera [7][8]. Kelambatan tindakan bisa menyebabkan defisit neurologis yang meningkatkan potensi morbiditas dan mortalitas yang cukup tinggi [9].

Menari, dengan acuan gerak dan aktivitasnya, tergolong dalam kategori aktivitas keolahragaan. Teknik pengukuran yang digunakan dalam penganalisisan kinerja keolahragaan telah berkembang pesat. Metode utama yang banyak digunakan adalah mempromosikan situs dengan sistem umpan balik, pemrosesan video dan umpan balik cepat, video teknik dengan basis data

gambar, uji kekuatan sendi atlet, serta penelitian biomekanika olahraga tentang teknologi baru dan sulit [10], berbasis sensor-sensor yang terpasang pada tubuh, kamera 3D *motion*, dan filterisasi data dengan *Butterworth*. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi potensi gerakan yang bisa mengakibatkan cedera tulang belakang dari Tari Bapang Malangan. Potensi tersebut ditinjau dari gerakan-gerakan yang mengakibatkan efek rotasional terhadap jalur tulang belakang.

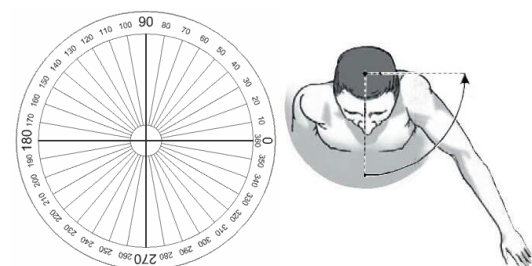
## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan cara menirukan beberapa gerakan tari (Gambar 1) yang dinilai berpotensi mengakibatkan gerak rotasional pada tulang belakang, di atas pola busur 360 derajat (Gambar 2). Dalam hal ini, gerakan tersebut dipilih dari rangkaian gambar hasil *rendering* video rekaman tari. Ini merupakan teknik *participant descriptive data*, dimana data gambar video dideskripsikan peneliti dalam bentuk *verbal instructions for movement assessments* pada pelaku peniru gerakan tari agar sesuai dengan gerakan tari yang dimaksudkan.

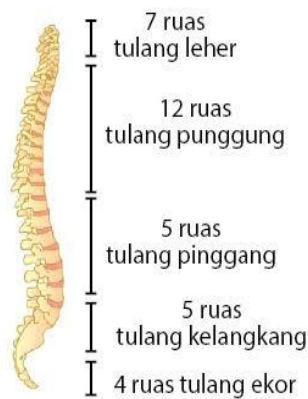
Gerakan tiruan tersebut dilakukan oleh peneliti dengan menggunakan bandul pada beberapa bagian tubuh. Bandul-bandul tersebut akan menunjukkan nilai sudut rotasi dari bagian-bagian tulang belakang sesuai klasifikasi Gambar 3. Nilai besaran sudut dicatat sebagai data putaran pada tulang belakang untuk posisi tersebut.



Gambar 1. Reka tiru gerakan tari



Gambar 2. Landasan busur dan arah ukur [11]



Gambar 3. Pembagian ruas tulang belakang [12].

Hasil pengukuran sudut rotasional pada tulang belakang tersebut dijadikan dasar untuk melakukan analisis kinematika dan dinamika terkait proses pembentukan gerak rotasi tersebut. Tingkat potensi cedera yang timbul dari gerakan diacukan pada sudut normal yang diijinkan terjadi pada ruas-ruas yang bersesuaian.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

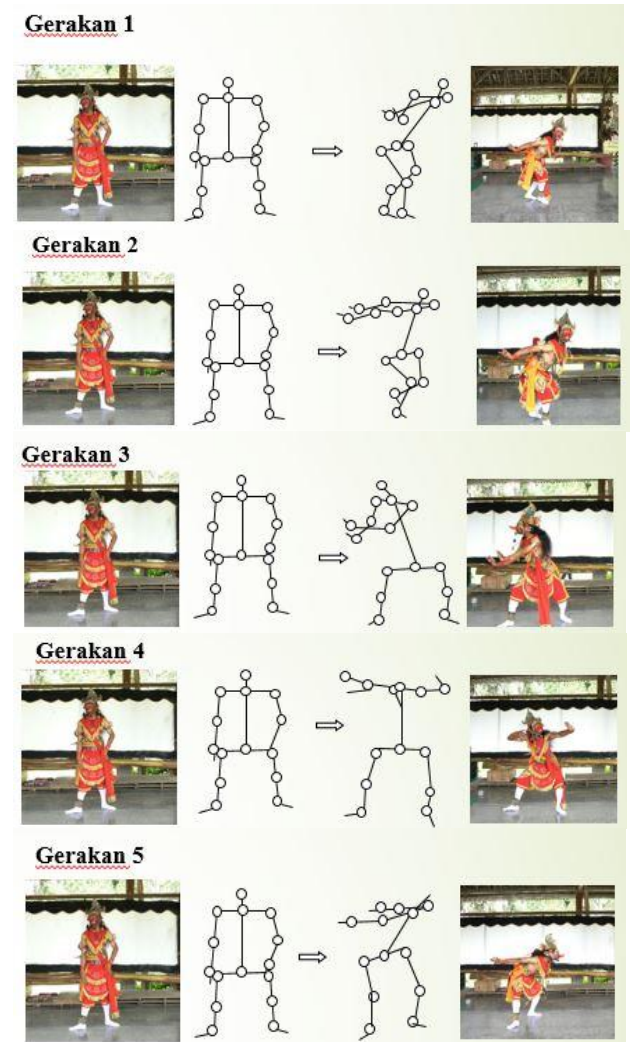
Gerakan-gerakan yang dipilih untuk proses pengukuran ditunjukkan pada Gambar 4. Gambar tersebut diambil dari hasil rekaman video di Padepokan Seni Mangun Dharma Tumpang, yang dilakukan oleh Tim Peneliti. Hasil pengukuran sudut rotasi berdasarkan area tinjauan ditunjukkan pada Tabel 1. Data ini diperoleh dari penunjukan bandul yang ditempatkan pada setiap area tulang yang diukur, pada lingkaran sudut, dibulatkan pada angka terdekat. Data pada Tabel 1 tersebut kemudian digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Sudut Rotasi

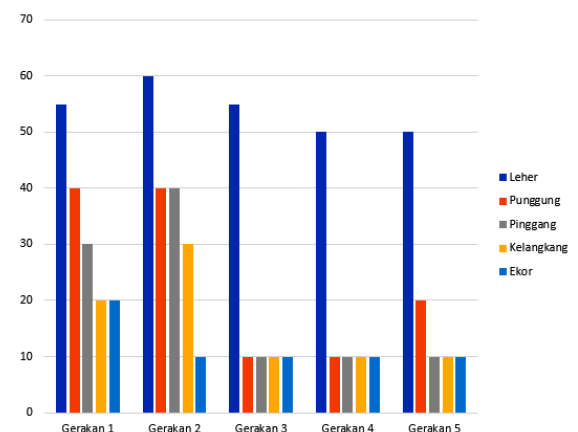
No	Area Tulang	Sudut Rotasi (°) pada Gerakan				
		1	2	3	4	5
1	Leher	55	60	55	50	50
2	Punggung	40	40	10	10	20
3	Pinggang	30	40	10	10	10
4	Kelanggang	20	30	10	10	10
5	Ekor	20	10	10	10	10

Perubahan gerak yang ditunjukkan pada Gambar 4 adalah perubahan stationer dalam arti dilakukan dari kondisi statis, bukan dalam rangkaian gerakan tari dinamis berkelanjutan. Pada faktanya gerakan-gerakan itu dilakukan secara simultan dimana dalam setiap perubahan gerak ada efek inersial. Hal ini berarti bahwa pengukuran sudut yang diperoleh juga hasil pengukuran statis yang tidak menunjukkan adanya ayunan pada titik pengukuran. Hal ini akan menghasilkan efek berbeda

saat dilakukan analisis gaya-gaya pembebanan mengikuti kerangka pikir dinamika.



Gambar 4. Gerakan yang dipilih dan proses transformasi gerak dari posisi awal, disertai diagram kinematisnya



Gambar 5. Grafik data sudut rotasi

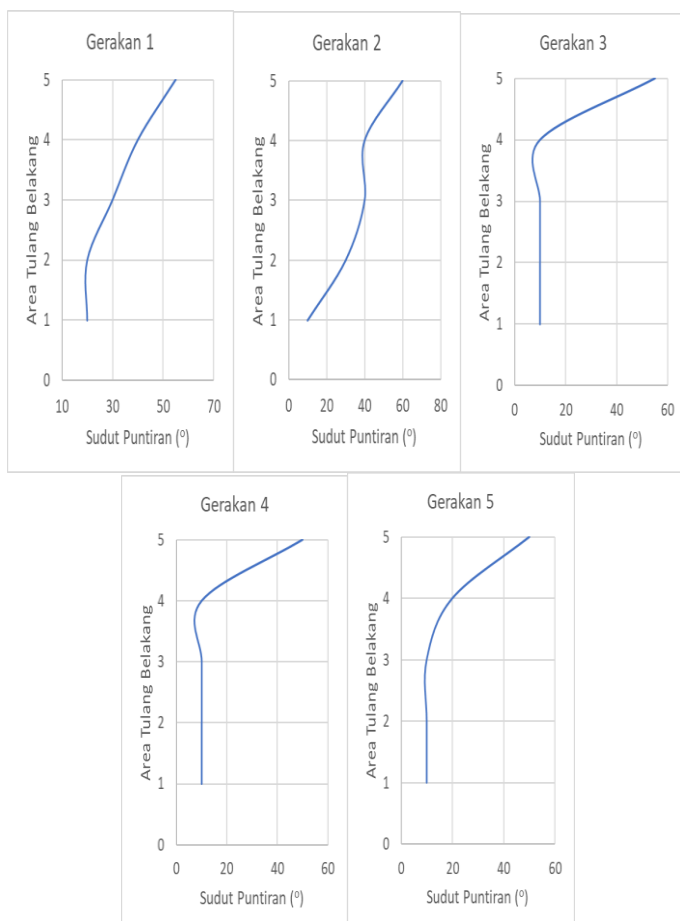
Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa area yang menghasilkan sudut rotasi terbesar adalah leher untuk semua gerakan terpilih. Gerak rotasional yang bersudut besar hanya terjadi hingga area ruas pinggang. Perlu diketahui bahwa gerakan-

gerakan yang dipilih, selain menunjukkan potensi gerak rotasional pada garis tulang belakang, juga merupakan gerakan yang banyak dilakukan di sepanjang tari. Gambar 4 dan 5 juga menunjukkan bahwa pada gerakan-gerakan yang tampak mirip, yaitu gerakan 1, 2, dan 5, sudut rotasional yang terukur bisa berbeda jauh. Ini menunjukkan bahwa meskipun ragam gerak tari mungkin sama, efek pada tubuh penari bisa berbeda. Dengan demikian kajian gerak tari juga dipengaruhi oleh keahlian, kesempurnaan, dan akurasi penari dalam melakukan tariannya.

Jika analisis data dilanjutkan pada analisis profil rotasional sepanjang tulang belakang, akan didapatkan Gambar 6. Gambar 6 merupakan tampilan grafik yang diputar 90° untuk memberikan gambaran puntiran pada garis tulang belakang. Sumbu vertikal yang menunjukkan area tulang belakang secara berurutan :

- Leher (5)
- Punggung (4)
- Pinggang (3)
- Kelangkang (2)
- Ekor (1)

(catatan : penamaan sudah sesuai istilah anatomi pada Gambar 3)

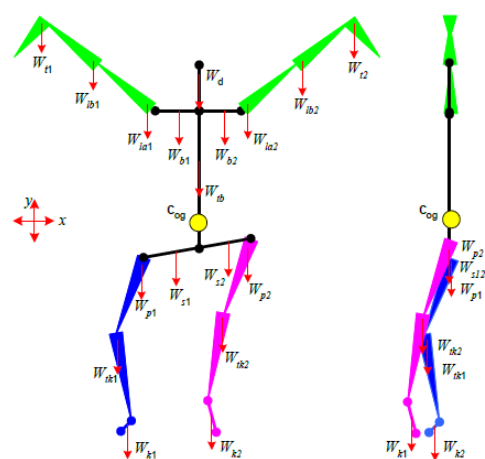


Gambar 6. Profil puntiran tulang belakang

Dari Gambar 6, mengacu pada kondisi ideal Gambar 3, tampak bahwa profil puntiran yang mungkin kritis adalah gerakan 3 dan 4 karena terjadi tekukan tajam pada peralihan area leher dan punggung. Tekukan

tajam tersebut berpotensi menyebabkan kerusakan pada sendi ruas dimana tekukan itu terjadi. Jika efek pembebanan diikutkan dengan mengacu pada penelitian Finahari et al. [13] tampak bahwa beban yang mengenai titik tekukan tersebut hanyalah beban kepala (Gambar 7), namun beban tersebut akan bersifat sebagai bandul dengan kombinasi efek tekan. Titik peralihan tekukan 2 menjadi titik yang rawan patah. Kondisi ini menjadi lebih parah jika diingat bahwa sudut rotasi maksimum area leher adalah 45° sementara pada semua gerakan yang diacu terjadi sudut rotasi 50-60° [11]. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Hadley et al. [9] yang menyatakan bahwa 20,8% dari seluruh trauma pada tulang belakang terjadi pada regio-servikal, yaitu kisaran leher. Juga disebutkan bahwa trauma tulang belakang memang bisa diakibatkan oleh faktor cedera otot (ligamen), selain juga karena cedera pada piringan sendi, badan-badan vertebral, dan elemen-elemen tulang [14].

Posisi yang juga berpotensi cedera adalah gerakan 2 dimana seluruh garis tulang belakang mengalami perubahan sudut rotasional. Perubahan rotasional pada garis tulang belakang ini jika dikombinasikan dengan posisi gerakan dari anggota tubuh lainnya, menunjukkan adanya kerumitan gerak dan posisi yang jauh dari kondisi gerakan normal keseharian. Efek gerak kombinasi ini khususnya akan berpengaruh pada tegangan otot-otot penggerak pada tubuh. Ini membutuhkan kajian yang lebih komprehensif untuk satu posisi itu saja tetapi melibatkan kajian anatomi dan fisiologi otot dan rangka dari sub disiplin osteokinematika (kinematika gerak tulang) dan artrokinematika (kinematika gerak sendi). Sekali lagi, dengan mengacu bahwa bahasan dalam artikel ini dilakukan untuk kondisi statis, efek inersia dari gerakan tari belum terliput dan belum bisa dianalisis dampaknya.



Gambar 7. Diagram skematis pembebanan tubuh penari [13]

Keterangan Gambar 7 :

- R = gaya reaksi tumpuan (N)
- s = notasi jarak (cm)
- $W_t$  = berat telapak tangan (kg)



$W_{1a}$  = berat lengan atas (kg)  
 $W_{1b}$  = berat lengan bawah (kg)  
 $W_b$  = berat tulang bahu (kg)  
 $W_d$  = berat kepala (kg)  
 $W_{tb}$  = berat tulang belakang di bawah bahu (kg)  
 $W_s$  = berat tulang punggung (kg)  
 $W_p$  = berat paha (kg)  
 $W_{tk}$  = berat tulang kering (kg)  
 $W_k$  = berat kaki (kg)  
 $\alpha, \beta, \gamma, \sigma$  menunjukkan notasi sudut ( $^\circ$ )

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diketahui bahwa area ruas leher dari garis tulang belakang pada penari Bapang Malangan merupakan area yang berpotensi kritis untuk mengalami cedera. Hal ini terkait dengan sudut rotasi yang terjadi ( $50-60^\circ$ ) melebihi batas maksimum rotasi normal ( $45^\circ$ ). Beban yang bekerja pada titik rotasi tersebut adalah beban berat kepala yang bersifat sebagai bandul dengan kombinasi efek tekan. Kajian belum melibatkan efek inersia dari pergerakan dinamis tarian. Juga diketahui bahwa keahlian penari mungkin adalah variabel yang perlu diperhitungkan dalam analisis biomekanika tari.

## SARAN

Saran pengembangan diarahkan pada efek dinamik gerak tarian, memfokuskan kajian pada ragam gerak 2 yang menghasilkan perubahan rotasional pada seluruh garis tulang belakang, mengkaji efek kombinasi dari bagian-bagian tubuh lainnya, dan mempertimbangkan keahlian penari. Kajian osteokinematika (kinematika gerak tulang) dan artrokinematika (kinematika gerak sendi) juga perlu dipertimbangkan untuk didalami.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bft. Kuntjoro, "Analisis Biomekanika pada Olahraga Renang 'Gaya Bebas,'" *Phedheral*, vol. 11, no. 2, pp. 1–15, 2015.
- [2] H. Mangoensong and S. Yanuartuti, "Analisis Teknik Gerak Tari Tradisional Dengan Menggunakan Ilmu Kinesiologi," *J. Seni Tari*, vol. 9, no. 1, pp. 77–84, 2020, doi: <https://doi.org/10.15294/jst.v9i1.39181>.
- [3] J. Oliver, "Tari Topeng Malang Sebagai Alternatif Wisata Budaya di Kota Malang," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [4] P. Widya, *Metode Pengembangan Seni*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka, 2014.
- [5] J. A. Russell, "Preventing Dance Injuries: Current Perspectives," *J. Sport. Med.*, vol. 4, pp. 199–201, 2013.
- [6] NSCISC, "Facts and Figures at a Glance," Birmingham, 2015.
- [7] M. Fehlings, A. Vaccaro, J. Wilson, A. Singh, D. Cadotte, and J. Harrop, "Early versus delayed decompression for traumatic cervical spinal cord injury: Results of the surgical timing in acute spinal cord injury study," *PLoS One*, vol. 7, no. 2, p. e32037, 2012.
- [8] M. Fehlings, L. Tetreault, J. Wilson, B. Aarabi, P. Anderson, and P. Arnold, "A clinical practice guideline for the management of patients with acute spinal cord injury and central cord syndrome: Recommendations on the timing ( $\leq 24$  hours versus  $> 24$  hours) of decompressive surgery," *Glob. Spine J.*, vol. 7, no. 3, pp. 195S–202S, 2017.
- [9] M. Hadley, B. Walters, B. Aarabi, S. Dhal, D. Gelb, and R. Hurlbert, "Clinical assessment following acute cervical spinal cord injury," *Neurosurgery*, vol. 72, no. 2, pp. 40–53, 2013.
- [10] S. Li and A. Dan, "The Application Status Quo of Sports Biomechanics in China's Gymnastics Training," in *Proceeding of International Conference on Education Technology and Economic Management (ICETEM 2015)*, 2015, pp. 661–664.
- [11] R. A. Musthofa, E. Utami, and S. Raharjo, "Analisis Penerapan Pemodelan Gerakan Karakter Manusia pada Animasi 3D dengan Menggunakan Metode Forward Kinematics," *Respati*, vol. 14, no. 3, pp. 33–38, 2019.
- [12] I. Sari, "Penatalaksanaan Fisioterapi pada Kasus Cervical Root Syndrome (CRS) dengan Metode Neuromuscular Taping (NMT) dan Modalitas Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) di RSUD Ibnu Sina Gresik," Universitas Muhammadiyah Gresik, 2019.
- [13] N. Finahari and G. Rubiono, "Kajian Biomekanika Model Matematis Tari Gandrung Banyuwangi (Biomechanical Study of Mathematical Model of Gandrung Dance Banyuwangi)," *J. Traksi*, vol. 20, no. 2, pp. 107–121, 2020, doi: <https://dx.doi.org/10.26714/traksi.20.2.2020.107-121>.
- [14] S. Chan and A. Chan, "One-year follow-up of Chinese people with spinal cord injury: A preliminary study," *J Spinal Cord Med*, vol. 36, no. 1, pp. 12–23, 2013.