

Dinamika Perubahan Beban Tumpuan Pijakan Kaki Pada Penari Bapang Malangan

(The Dynamics of Footrest Load Change in Bapang Malangan Dancer)

Sindhu Amrita Putra¹, Muhammad Agus Sahbana², Nurida Finahari^{3,*}

^{1,2,3}Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang

*Email korespondensi: nfinahari@widyagama.ac.id

Abstract

Biomechanics is defined as the application of mechanics to biological systems. Understanding the basic sciences will play a major role in studying biomechanics as a whole. Biomechanics can be used to analyze dance movements. This study analyzes the change in the position of the dancers' footrests. Footrest on a surface is a common phenomenon studied in sports and dance, in relation to the potential for foot injury. The purpose of this study was to obtain the results of a biomechanical analysis of changes in the load of the footrest. The research was conducted by recording dancers dancing on a dynamometer platform with coordinate grids. Dancers are recorded dancing without and in costumes. Video recordings are converted into still images with a resolution of 25 fps (frames per second), namely 25 still photos produced from 1 second video recording. The data is taken from the first 4 second video recording on the 10th motion and its multiples. This data is then analyzed using ImageJ ver 153 application and manual measurement based on runway nets, to obtain coordinate points. Load readings are taken directly from the dynamometer display on the data photo. The results showed that there were differences between readings using ImageJ ver. 153 and manual. This is because the reading of the application cannot be verified by reading the other 2 sides of the view. The load readings differed between the dressed and un-costume dancing conditions with an average difference of 5.18 kg, in contrast to the costume load of 7.1 kg. This difference is thought to be due to the time lag from the sensor reading to the display display. In addition, this measurement only reads the total load, does not read the difference in the position of the pedestal. It is recommended to establish a measurement system that can detect loads directly at the point of support for the left and right feet.

Keywords: dancer, costume, footstool, dynamometer, load change.

Abstrak

Biomekanika didefinisikan sebagai bidang ilmu aplikasi mekanika pada sistem biologi. Pemahaman ilmu-ilmu dasar akan sangat berperan dalam mempelajari biomekanika secara keseluruhan. Biomekanika dapat digunakan untuk menganalisis gerak tari. Penelitian ini menganalisis perubahan posisi pijakan kaki penari. Pijakan kaki di suatu permukaan merupakan fenomena umum yang dikaji dalam bidang olahraga, dan tari, dalam kaitannya dengan potensi cedera kaki. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil analisis biomekanika perubahan beban tumpuan pijakan kaki. Penelitian dilakukan dengan merekam penari yang menari di atas landasan dinamometer berjala-jala koordinat. Penari direkam dalam kondisi menari tanpa dan dengan menggunakan kostum. Hasil rekaman video diubah menjadi gambar diam dengan resolusi 25 fps (frame per second) yaitu 25 foto diam dihasilkan dari rekaman video 1 detik. Data diambil dari rekaman video 4 detik pertama pada gerak ke-10 dan kelipatannya. Data ini kemudian dianalisis menggunakan aplikasi ImageJ ver 153 dan pengukuran manual berdasarkan jala-jala landasan, untuk mendapatkan titik koordinat. Pembacaan beban diambil langsung dari displai dinamometer pada foto data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada perbedaan antara pembacaan dengan menggunakan *ImageJ* ver. 153 dan manual. Hal ini karena pembacaan aplikasi tidak bisa diverifikasikan dengan pembacaan 2 sisi pandang lainnya. Pembacaan beban berbeda antara kondisi menari dengan kostum dan tanpa kostum dengan nilai selisih rata-rata 5.18 kg, berbeda dengan beban kostum 7.1 kg. Perbedaan ini diduga disebabkan adanya waktu jeda dari pembacaan sensor dengan tampilan displai. Selain itu, pengukuran ini hanya membaca beban total, tidak membaca

perbedaan posisi tumpuan. Disarankan untuk membuat sistem pengukuran yang bisa mendeteksi beban langsung di titik tumpuan kaki kiri dan kanan.

Kata kunci: penari, kostum, tumpuan kaki, dinamometer, perubahan beban.

I. Pendahuluan

Gerak makhluk hidup dapat dipelajari dengan pendekatan cabang ilmu mekanika yang disebut dengan ilmu biomekanika. Biomekanika adalah ilmu yang mempelajari gaya internal dan gaya eksternal yang bekerja pada tubuh manusia serta efek dari gaya-gaya tersebut. Gaya-gaya yang bekerja pada sistem organ gerak tubuh manusia dalam ilmu biomekanika antara lain gaya gravitasi, gaya reaksi tubuh, dan gaya otot [1]. Umumnya, aplikasi bidang ilmu biomekanika dalam mempelajari gerak tubuh manusia menggunakan bantuan ilmu anatomi yang mempelajari struktur tubuh manusia.

Kajian gerak makhluk hidup dilakukan dengan menerapkan teori-teori dan hukum-hukum tentang gerak [2]. Hukum yang digunakan dalam analisa ini adalah hukum Newton II tentang gerak dimana gaya yang bekerja di suatu benda berbanding lurus dengan massa dan percepatan benda tersebut. Berkaitan dengan adanya gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut maka analisa dilakukan menggunakan hukum Newton III tentang aksi reaksi dimana jika suatu gaya dikenakan pada suatu benda maka akan timbul reaksi yang sama besar tetapi arahnya berlawanan.

Tari Bapang adalah tari khas daerah Malang yang menggambarkan polah salah satu tokoh drama tari topeng [3]. Tokoh ini dikenal dengan sebutan Jayasentiko, salah seorang bupati dari Kadipaten Banjarpatoman. Sebuah kadipaten yang berada di bawah kekuasaan raja Klono Sewandono. Tarian ini menggambarkan tokoh yang berkarakter gagah, ditandai dengan gerakan tangan yang lebar, merentang ke kiri dan ke kanan, mengangkat salah satu kaki dan dengan topeng yang memiliki mata lebar. Mata lebar ini disebut *telengan*. Mengacu pada gerakan tarinya, tumpuan kaki menjadi penting karena dengan adanya gerakan-gerakan dinamis pada tumpuan salah satu kaki, sendi kaki berpotensi mengalami cedera. Penelitian ini diarahkan pada tema biomekanika tumpuan kaki pada penari bapang. Hal ini mengacu pada penelitian Astuti [4] bahwa gerakan tari merupakan gerakan kontraksi otot pada tubuh tiap bagian tertentu. Untuk mengoptimalkan bakat menari perlu adanya suatu penelitian gerak sebagai penunjang keterampilan gerak yang dihasilkan dari kontraksi kekuatan dan kelenturan otot pada tubuh serta perluasan gerak pada sendi.

Tari merupakan salah satu cabang kesenian yang berkaitan dengan unsur gerak tubuh manusia. Gerak ritmis dari anggota tubuh sebagai ekspresi dan pengungkapan perasaan dari penari yang diikuti alunan musik yang fungsinya memperkuat maksud yang ingin disampaikan [5]. Jadi, seni tari tidak hanya asal menggerakkan anggota tubuh, akan tetapi memiliki maksud dan makna tertentu yang ingin disampaikan penari bagi yang melihat. Makna tersebut dapat berupa filosofis, keagamaan, pendidikan, kepahlawanan dan lain-lain. Gerak tari secara umum bermanfaat bagi perkembangan dan kebugaran fisik.

Tari tradisional adalah sebuah budaya yang unik bagi suatu daerah, sebagai salah satu dari perwujudan ungkapan perasaan jiwa yang harmonis dari manusia yang diwujudkan melalui suatu gerakan-gerakan tubuh yang ritmis [6]. Tari tradisional memiliki dampak positif bagi generasi penerus dalam hal pentingnya mempelajari sejarah dan budaya lokal. Materi budaya lokal ini diharapkan mampu melestarikan dan menjaga budaya lokal yang dimiliki suatu daerah [4]. Gerak tari tradisional pun bisa disamakan atau disetarakan dengan tari atau olahraga pada umumnya [7]. Aktifitas fisik pada kegiatan menari menjadi indikator penting gerak fisik siswa. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan tingkat fisik atau kesegaran jasmani antara siswa Sekolah Dasar putra dan putri

yang mengikuti dengan yang tidak mengikuti sanggar tari. Tingkat kebugaran siswa putra dan putri sekolah dasar (SD) yang mengikuti kegiatan sanggar tari relatif lebih baik sehingga cenderung akan menjadi lebih sehat.

Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa gerak dasar tari Minang dapat meningkatkan kecerdasan kinestetik siswa untuk meningkatkan aktifitas fisik secara optimal [8]. Pada saat anak melakukan gerak dasar tari Minang dengan rasa senang, akan menghasilkan proses kecerdasan kinestetik pada anak. Ditinjau dari aspek pertumbuhan dan perkembangan jasmani anak, kegiatan gerak dasar tari Minang secara tidak langsung bermanfaat melatih segenap fungsi tubuh anak, seperti koordinasi, keseimbangan, kekuatan dan kelenturan.

Salah satu kegiatan untuk mengembangkan motorik kasar yaitu aktivitas bergerak (gerak fisik), salah satunya menari. Menari sendiri merupakan perpaduan antara gerak fisik dengan nyanyian atau lagu yang dilakukan anak atau gerakan-gerakan anak mengikuti musik atau lagu yang telah ditetapkan. Dalam teori seni tari (keterampilan gerak), menari relatif mudah jika guru dapat memahami kemampuan menari setiap anak dan setiap anak berlatih menari sejak dini. Dengan dilatihnya anak dalam kemampuan menari tentunya perkembangan kelenturan otot tubuh anak akan meningkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gerak tari Kuda Lumping dapat meningkatkan motorik kasar anak didik [9].

Aktivitas menari Tari Legong Keraton Lasem dapat menjadi upaya dalam meningkatkan level aktivitas fisik selain olahraga modern. Pertiwi dan Muliarta [10] meneliti persentase *heart rate reserve* (%HRR) penari Legong Keraton Lasem pada mahasiswi Program Studi Seni Tari Institut Seni Indonesia Denpasar tahun 2014. Penelitian ini adalah penelitian deskriptif *cross-sectional* dengan menggunakan teknik *consecutive sampling*. Didapatkan 49 orang sampel penelitian berjenis kelamin perempuan yang memenuhi kriteria inklusi, dengan satu orang subjek *drop out*. Hasil penelitian ini mendapatkan rerata denyut nadi istirahat, denyut nadi kerja, dan nadi kerja sampel adalah 77,74 denyut/menit, 129,37 denyut/menit, dan 51,89 denyut/menit. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan persentase *heart rate reserve* (%HRR) penari Legong Keraton Lasem pada mahasiswi Program Studi Seni Tari Institut Seni Indonesia Denpasar Tahun 2014 adalah sebesar 50,31%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan menari Tari Legong Keraton Lasem dalam durasi 20 menit sebanyak 3-5 kali per minggu, Tari Legong Keraton Lasem dapat dikategorikan sebagai bentuk olahraga untuk meningkatkan kebugaran fisik.

Analisis kuantitatif gerakan kaki dan sinyal EMG dikaji untuk penari tradisional Jepang [11]. Dua penari gaya *Hanayagi* menjadi subyek penelitian dimana penari pertama memiliki pengalaman empat puluh tahun (*Expert D*) dan penari yang lain memiliki pengalaman dua puluh tahun (*Skilled S*). Dalam penelitian ini, pengukuran dilakukan untuk tarian tradisional Jepang bernama *Hokushu* dengan menggunakan sebuah sistem yang dibangun khusus. Di *Hokushu*, seorang penari memainkan beberapa peran seperti prajurit, tamu, kusir, pedagang, dan lain-lain, dan berakting total dua puluh satu pertunjukan sendirian. Dalam penelitian ini, pengukuran dilakukan untuk delapan dari dua puluh satu penampilan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa subyek *Expert D*, yang memiliki karir empat puluh tahun sebagai penari tradisional Jepang, memiliki ko-kontraksi efektif otot antagonis dari lutut dan pergelangan kaki, dan pergeseran pusat gravitasi yang lebih kecil dibanding *Skilled S*, yang hanya memiliki karir dua puluh tahun. Karena itu, *Expert D* dapat secara efisien melakukan gerakan kaki menari dengan aktivitas EMG yang lebih sedikit daripada *Skilled S*. Penelitian ini dapat membantu penari dan peneliti tari dengan memberikan informasi baru tentang gerakan tarian yang tidak bisa dianalisis melalui sistem penangkapan gerak saja.

Penelitian lainnya dilakukan dengan tujuan untuk mengembangkan dan memahami karakteristik keseimbangan tarian dari berbagai jenis tarian, posisi terkait dan jenis sepatu yang berkontribusi pada pertunjukan tari dan untuk memahami kontrol keseimbangan yang berbeda dalam berbagai kelompok [12]. Penelitian pertama dilakukan untuk menguji keseimbangan posisi 2 kelompok penari balet yang menggunakan sepatu *Ballet* dan sepatu *Pointe*. Delapan penari melakukan lima kondisi berbeda di posisi-posisi balet *Balet Flat*, *Balet Demi*, *Pointe Flat*, *Pointe Demi*, dan *Pointe Toe*. Pusat tekanan (*centre of pressure = COP*) digunakan untuk menilai keseimbangan. Studi kedua menguji kontrol keseimbangan dan respon terhadap gangguan sementara saat berdiri pada posisi tari dua kaki menggunakan landasan *platform* bergerak. Empat posisi tarian dilakukan oleh delapan subjek yaitu posisi *Normal Flat*, *Turnout Flat*, *Normal Demi*, dan *Turnout Demi*. Landasan dipindahkan dalam dua arah yang berbeda (maju - mundur) dan pada dua kecepatan berbeda (lambat - cepat). Data kinetika, kinematika, dan EMG diambil dari penelitian ini. Studi ketiga diambil untuk membandingkan kontrol keseimbangan dan respon terhadap gangguan pada posisi dansa satu kaki antara delapan penari dan delapan pesenam. Subyek melakukan keseimbangan tungkai tunggal statis di *Normal Flat*, *Turnout Flat*, *Normal Demi* dan *Turnout Demi*. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa penari bergerak di arah medial - lateral lebih banyak daripada di arah anterior - posterior pada *Demi-pointe* dan *Toe*, berdiri dengan melakukan plantar fleksi selama posisi 2 balet. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penari dan pesenam memiliki kontrol keseimbangan yang berbeda karena cara mereka berlatih. Penari umumnya bereaksi lebih cepat dengan gangguan lambat dalam posisi *turnout* dari pesenam karena ini adalah kondisi khusus yang dilatih pada penari.

Penelitian lain dilakukan untuk lompat tombak (*jump piked*). Siswa ($n = 8$) dari departemen seni koreografi universitas budaya dan seni nasional Kiev mengambil bagian dalam melakukan analisis biomekanika dengan pelaksanaan lompat tombak ke atas [13]. Hasil analisis biomekanika menunjukkan karakteristik kinematika (cara, kecepatan, akselerasi, usaha) dari pusat berat umum dan pusat berat dari *biolink* tubuh pelaksana (kaki, tulang kering, pinggul, bahu, lengan bawah, tangan). Model biokinematika (fase) dibangun. Karakteristik daya didefinisikan sebagai kerja mekanis dan energi kinetik dari hubungan kaki dan tangan pada pelaksanaan lompatan ke atas. Penelitian ini telah menetapkan bahwa teknik pelaksanaan lompatan ke atas sangat mempengaruhi tingkat teknis pelatihan olahragawan yang memenuhi syarat dalam senam (olahraga), senam aerobik (aerobik), olahraga selam dan menari. Penelitian terhadap dinamika perubahan beban tumpuan pada pijakan kaki penari Bapang diharapkan dapat memberikan kontribusi pada hal tersebut, mengingat setiap gerakan senam, dan tari, atau olahraga pada umumnya, banyak melakukan gerak yang bertumpu pada kaki. Hasil penelitian akan secara khusus bermanfaat bagi proses pembelajaran tari Bapang Malang sebagai ikon tradisional.

II. Metode Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental biomekanika non destruktif yang menggunakan data dari hasil rekaman gerak tari Bapang Malang. Penelitian dilakukan dengan variabel-variabel sebagai berikut:

- a. Variabel Bebas meliputi :
 - Kostum penari, yaitu penari direkam dalam kondisi berkostum lengkap dan berpakaian biasa
 - Perubahan posisi kaki kiri dan kanan selama menari (mm), diukur dari titik pusat sumbu landasan gerak (ditetapkan lebih dulu).

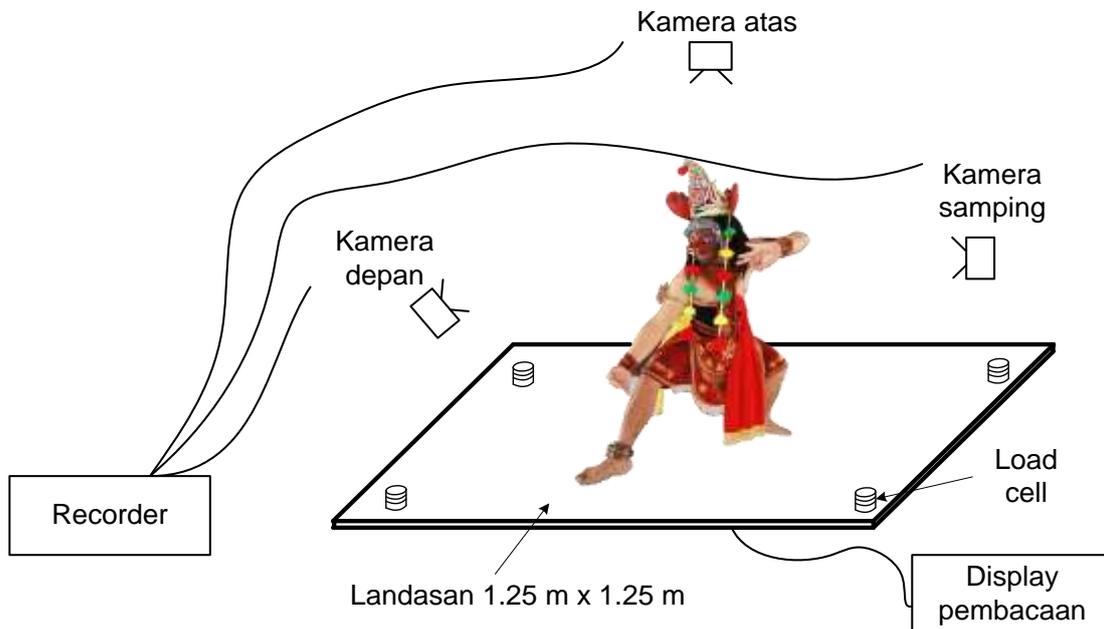
b. Variabel Terikat

Variabel terikat meliputi:

- perubahan beban penari selama bergerak (kg).

Obyek penelitian adalah penari profesional Bapak Malangan, dipilih dari jenis lelaki dewasa untuk mendapatkan gambaran lengkap gerak tari sesuai karakteristik tarinya yang bersifat gagah. Skema pengambilan data penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Pengambilan data penelitian dilakukan mengikuti langkah-langkah berikut :

- Melakukan penataan sistem sumbu pada landasan dinamometer dengan cara membuat garis-garis jaring (*meshing*) yang menandai landasan menjadi grid-grid lokasi untuk memudahkan pengukuran data.
- Melakukan uji kalibrasi pembacaan hasil pengukuran beban
- Melakukan penataan posisi kamera yang ditetapkan merekam penari dari arah samping dan atas.
- Penari dipersiapkan untuk melakukan tarian tanpa kostum
- Penari ditimbang dalam kondisi statis (diam)
- Semua kamera dan displai perekam dihidupkan
- Penari dipersilakan menari
- Menyimpan data rekaman
- Pengambilan data selesai
- Penari dipersilakan menggunakan kostum
- Langkah e-i diulangi untuk kondisi berkostum



Gambar 1. Dinamometer biomekanik, yang berprinsip sama dengan timbangan badan skala besar. Alat ini memiliki 4 *loadcell* yang merupakan sensor berat, terletak di 4 titik tumpuan landasan. Luasan landasan adalah 1.25 x 1.25 m, diberi garis-garis jala sebagai penanda jarak langkah gerakan [14]

Rancangan percobaan ditunjukkan pada **Tabel 1**. Data tersebut didapatkan dari pengukuran posisi kaki penari pada video hasil rekaman yang diubah menjadi gambar foto per 10 frame rekaman. Pengukuran posisi didapatkan dari analisis program aplikasi *ImageJ ver. 153*, dibandingkan dengan pengukuran manual dari jala-jala landasan. Data hasil

pengukuran beban didapat dari rekaman displai pengukuran beban yang terbaca pada dinamometer. Data-data tersebut kemudian digrafikkan sebagai grafik berbasis waktu (*time series*) yang menunjukkan karakteristik perubahan beban tumpuan kaki penari.

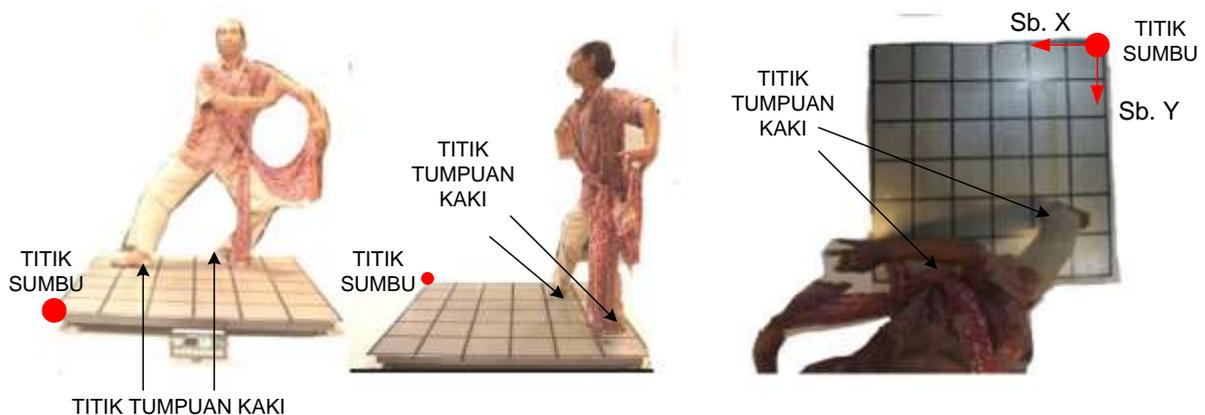
III. Hasil dan Pembahasan

Data beban pengukuran kaki diperoleh dari pengolahan data rekaman video penari di atas landasan dinamometer. Rekaman video tersebut berkualitas 25 fps (*frame per menit*), meliputi 3 arah pandangan, yaitu depan, samping dan atas (**Gambar 2**).

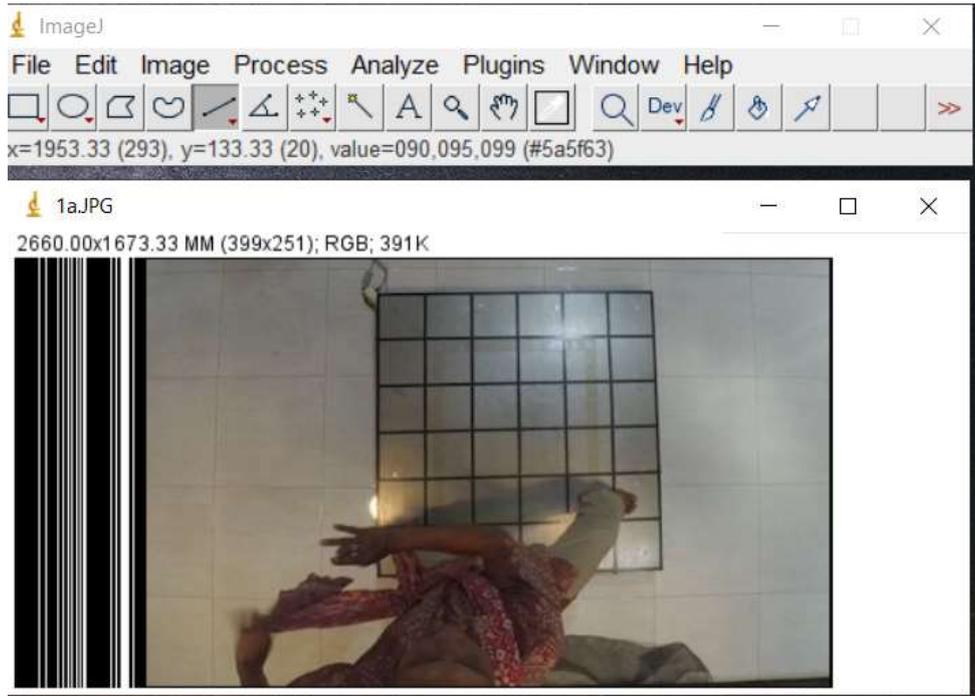


Gambar 2. Gambar perekaman video (dari kiri ke kanan) arah depan, samping, dan atas (Dokumentasi Tim)

Kualitas video 25 fps dan durasi rekaman sepanjang 6.32 menit, *rendering* (proses pengubahan file video menjadi foto) menggunakan aplikasi *Adobe Premiere Pro CC 2017*, menghasilkan 9800 data foto untuk tiap sisi. Dari kumpulan foto tersebut, diambil 10 sampel per pandangan yang menunjukkan perubahan gerak berurutan dalam rentang 100 frame awal tarian, untuk dianalisis dengan menggunakan aplikasi *ImageJ ver. 153*. Analisis ditujukan untuk mendapatkan perubahan koordinat titik tumpuan kaki kiri dan kanan (**Gambar 3 - 5**). Hasil pembacaan perubahan posisi ditampilkan pada Tabel 1 dan 2. Tabel 3 dan 4 menampilkan hasil pembacaan manual menggunakan acuan jala-jala landasan.



Gambar 3. Penentuan titik-titik ukur dan acuan sumbu koordinat (Dokumen Analisis)



Gambar 5. Penentuan titik sumbu pengukuran pada ImageJ ver. 153. Terbaca koordinat titik sumbu adalah $x = 295, y = 20$ (Dokumen Analisis)

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Kaki Kiri Pada *ImageJ* ver. 153

Sumbu	Koordinat kaki pada posisi ke-								
	Kiri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	105	103	109	114	114	101	114	106	106 m
Y	162	111	165	156	156	139	156	149	149 m
Tanpa kostum (kg)	53,5	54,1	54,1	55,5	55,5	55,8	56	59,6	56,8
Dengan kostum (kg)	59	60	60.1	60.5	60.5	61.3	62,4	64.6	61.8

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Kaki Kanan Pada *ImageJ* ver. 153

Sumbu	Koordinat kaki pada posisi ke-									
	Kanan									
	1	2	3	7	8	6	7	8	9	10
X	31	31	41	41 m	41 m	139	114	72	8	56
Y	122	112	121	121 m	121 m	116	156	106	161	152
Tanpa kostum (kg)	53,5	54,1	54,1	53,5	53,5	55,8	56	59,6	56,8	56,5
Dengan kostum (kg)	59	60	60.1	60.5	60.5	61.3	62,4	64.6	61.8	59

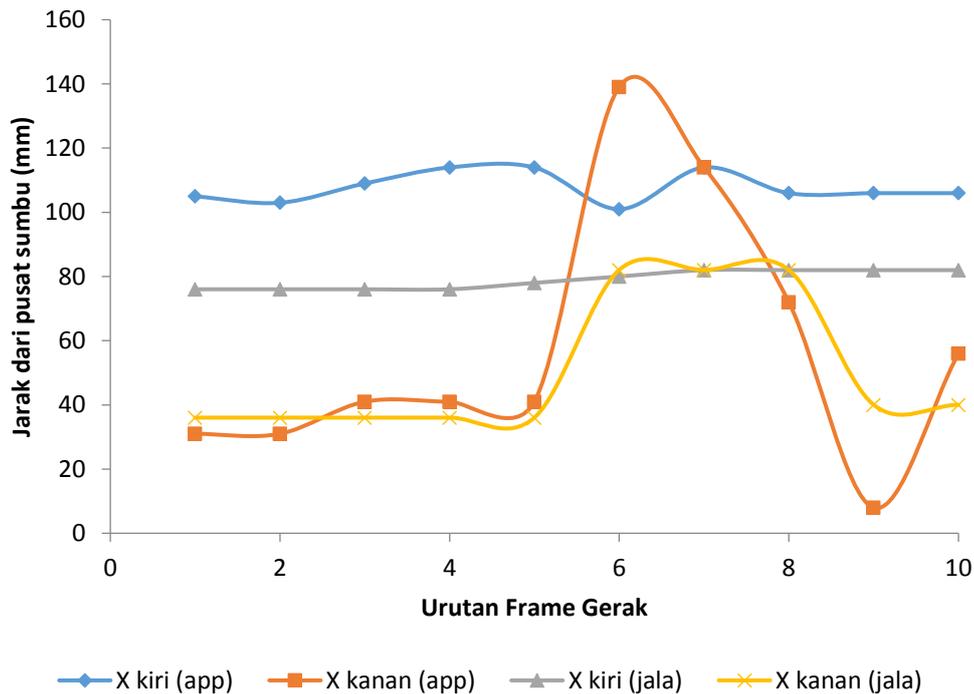
Catatan : m = posisi kaki melayang

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Koordinat Kaki Kiri Manual

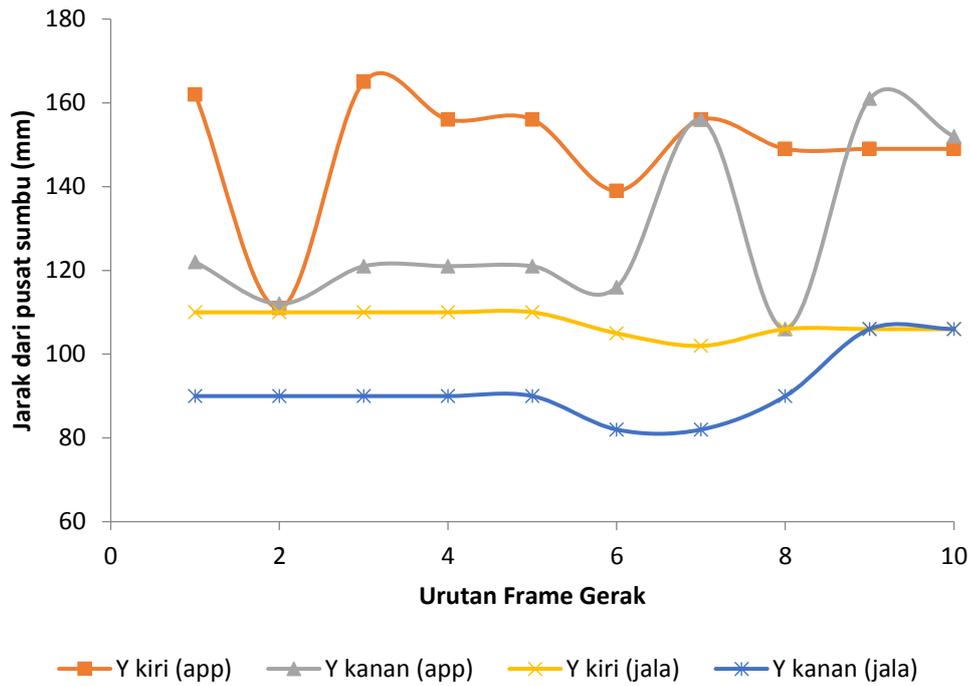
Sumbu	Koordinat kaki pada posisi ke-									
	Kiri									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	76	76	76	76	78	80	82	82	82 m	82 m
Y	110	110	110	110	110	105	102	106	106 m	106 m

Tabel 4. Data Hasil Pengukuran Koordinat Kaki Kanan Manual

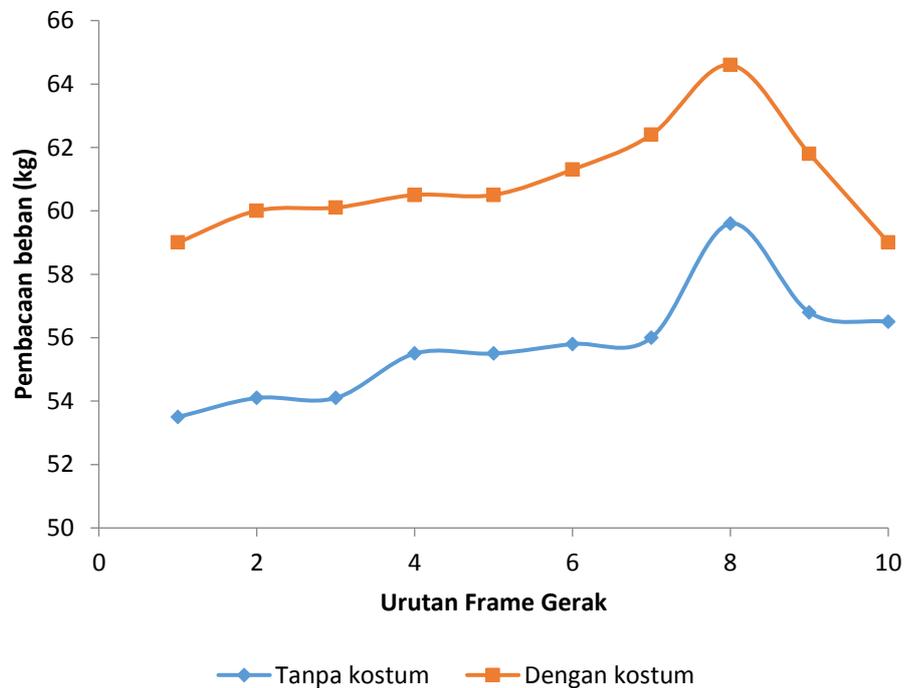
Sumbu	Koordinat kaki pada posisi ke-									
	Kanan									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	36	36	36	36 m	36 m	82	82 m	82 m	40	40
Y	90	90	90	90 m	90 m	82	82 m	90	106	106



Gambar 6. Perubahan posisi koordinat X tumpuan kaki yang terbaca dengan menggunakan *ImageJ* ver. 153 dan pengukuran manual jala-jala landasan



Gambar 7. Perubahan posisi koordinat Y tumpuan kaki yang terbaca dengan menggunakan *ImageJ* ver. 153 dan pengukuran manual jala-jala landasan



Gambar 8. Perubahan beban pada tumpuan kaki yang terbaca pada displai.

Gambar 6 – 8 menunjukkan karakteristik perubahan posisi tumpuan kaki dan beban pada tumpuan. Mengacu pada grafik tersebut di atas, tampak bahwa hasil pembacaan perubahan posisi koordinat kaki kiri dan kanan, untuk sistem sumbu X menunjukkan pola grafik yang mirip, nyaris identik baik menggunakan aplikasi *ImageJ* ver. 153 maupun

menggunakan pengukuran manual berdasarkan ukuran jala-jala landasan. Hal ini tidak terjadi pada sistem sumbu Y, yang menunjukkan perbedaan cukup jauh. Perbedaan ini disebabkan proses identifikasi titik tumpu pada gambar yang dianalisis menggunakan ImageJ ver. 153 semata didasarkan pembacaan pada 1 arah kamera saja, yaitu arah atas, tanpa bisa diverifikasi dengan gambar-gambar dari samping dan dari depan. Pembacaan manual dilakukan dengan sistem verifikasi 3 arah pandangan. Dengan demikian bisa dikatakan bahwa jika menggunakan aplikasi *ImageJ* ver. 153 untuk alat pengukuran, dibutuhkan gambar yang jelas dan terverifikasi.

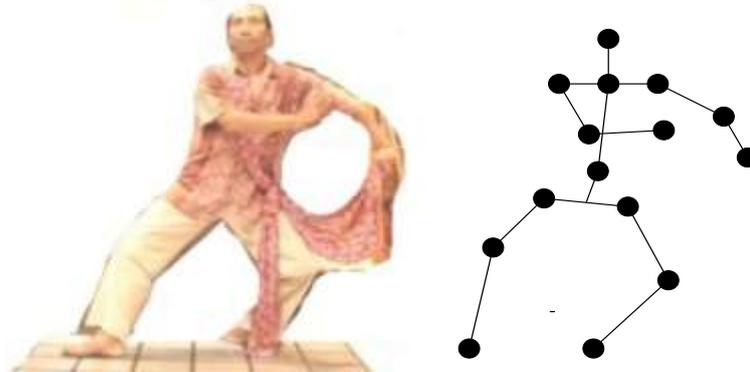


Gambar 9. Beban awal penari tanpa kostum dan dengan kostum

Hasil pembacaan beban dari kondisi penari tidak berkostum dan berkostum seharusnya hanya terselisih oleh berat kostum saja, yaitu 7.1 kg (**Gambar 9**). Pada hasil tampilan grafik tampak bahwa ada perbedaan pola grafik meskipun kecil dari tampilan tidak berkostum dan menggunakan kostum. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh beban kostum terhadap beban total tubuh saat menari juga mengalami variasi. Terhitung bahwa rata-rata pembacaan beban saat menari dengan kostum lebih berat 5.18 kg dengan berat menari tanpa kostum.

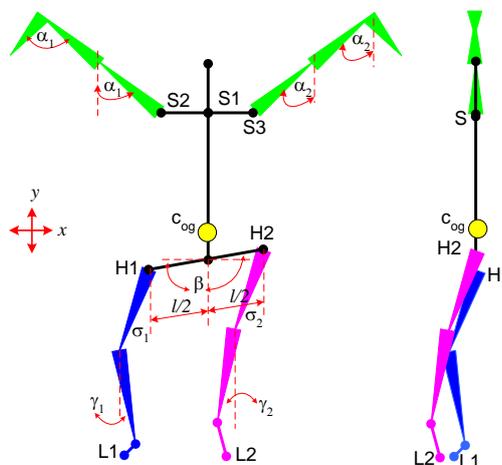
Penari yang tidak menggunakan kostum memiliki berat awal 49,4 kg, dengan kostum 56,5 kg. Beban kostum teridentifikasi 7,1 kg. Dengan akurasi 98,36% maka berat penari standar tanpa kostum adalah 48,59 kg, dengan kostum adalah 55,57 kg, berat kostum adalah 6 kg. Hal ini sesuai dengan keterangan dari pemilik kostum. Dengan rata-rata selisih pembacaan beban saat bergerak dinamis (menari) antara penari tanpa kostum dan menggunakan kostum sebesar 5,18 kg, dapat dikatakan bahwa kondisi menari menghasilkan perubahan titik pusat berat yang berakibat pada perubahan beban yang terbaca pada displai dinamometer. Ada gaya-gaya sesaat yang luput dari pengukuran, atau proses pembacaan beban tidak benar-benar mewakili kondisi gerak yang tertangkap kamera. Artinya ada jeda waktu antara pembacaan sensor dan tampilan displai.

Alur analisis beban statis penari dapat dilakukan dengan mengubah pose diam dari salah satu ragam gerak penari menjadi skema kinematis (**Gambar 10**) yang menunjukkan titik-titik tumpu utama dari pembebanan terhadap tubuh penari. Titik-titik tumpu pada diagram kinematis itu digunakan untuk analisis transfer gaya berat dari kepala hingga tumpuan kaki [15].

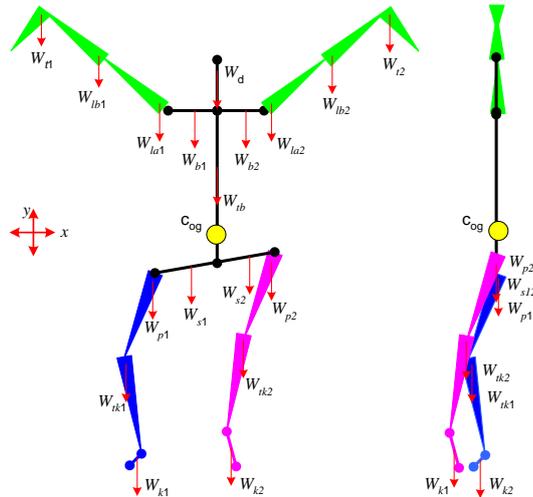


Gambar 10. Posisi tubuh penari diskemakan menjadi diagram kinematis

Analisis pembebanan ini mengikuti kerangka pikir pada Finahari et al [15] untuk Tari Gandrung posisi *Ngeber* (**Gambar 11 dan 12**). Dalam hal ini diambil 5 titik tumpuan, yaitu pangkal leher (S1), tumpuan bahu (S2 dan S3), tumpuan panggul (H1 dan H2), serta tumpuan kaki (L1 dan L2). Titik tumpuan tersebut dianalisis urut dari atas ke bawah, yaitu kelompok titik tumpuan S, H, dan terakhir L. Titik tumpuan S1 hanya akan mengakomodasi beban dari kepala. Tumpuan S2 dan S3 dipandang sebagai tumpuan gelagar dengan beban kepala dan lengan. Kelompok tumpuan H mengakomodasi beban dari area tubuh di atasnya melalui gaya reaksi pada S1, S2, dan beban tubuh di antara kelompok tumpuan S dan H. Tumpuan L mengakomodasi beban seluruh tubuh melalui gaya-gaya reaksi pada kelompok tumpuan H dan area kaki di bawahnya. Mengingat kondisi statis yang diacu hanya terjadi dalam jangka waktu yang relatif singkat pada rentang periode tarian, perubahan titik berat tubuh dianggap tidak terlalu jauh pergeserannya dan tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan momen.



Gambar 11. Diagram skematis kerangka tubuh penari Gandrung posisi *ngeber*. Kiri: sumbu 2D bidang frontal, Kanan: sumbu 2D bidang mid-sagital [15].



Gambar 12. Diagram skematis gaya-gaya yang bekerja pada kerangka tubuh penari Gandrung posisi *ngeber* [15].

Model matematis reaksi-reaksi tumpuan yang diperoleh dengan menggunakan prinsip keseimbangan linear dan momen adalah sebagai berikut [15]:

Gaya reaksi tumpuan S (garis bahu) didapatkan sebagai:

$$R_{S2} = (W_{t1} + W_{lb1} + W_{la1}) \cos \alpha_1 \quad (1)$$

$$R_{S3} = (W_{t2} + W_{lb2} + W_{la2}) \cos \alpha_2 \quad (2)$$

Beban tubuh di atas panggul dihitung :

$$W_{ta} = \sum W_t + \sum W_{lb} + \sum W_{la} + \sum W_b + W_{tb} + W_d \quad (3)$$

Gaya reaksi tumpuan H (garis panggul) diperoleh sebagai :

$$R_{H1} = \frac{1}{4} \cos \beta \cos \sigma_1 (4W_{p2} + 6W_{s2} + 2W_{ta} + W_{s1}) \quad (4)$$

$$R_{H2} = \frac{1}{4} \cos \beta \cos \sigma_2 (4W_{p1} + 6W_{s1} + 2W_{ta} + W_{s2}) \quad (5)$$

Gaya reaksi tumpuan L (ujung kaki) diperoleh sebagai :

$$R_{L1} = (W_{tk1} + R_{H1} \cos \sigma_1) \cos \gamma_1 - W_{k1} \quad (6)$$

$$R_{L2} = (W_{tk2} - R_{H2} \cos \sigma_2) \cos \gamma_2 - W_{k2} \quad (7)$$

Dimana :

R = gaya reaksi tumpuan

s = notasi jarak

W_t = berat telapak tangan

W_{la} = berat lengan atas

W_{lb} = berat lengan bawah

W_b = berat tulang bahu

W_d = berat kepala

W_{tb} = berat tulang belakang di bawah bahu

W_s = berat tulang panggul

W_p = berat paha

W_{tk} = berat tulang kering

W_k = berat kaki

$\alpha, \beta, \gamma, \sigma$ menunjukkan notasi sudut

Model matematis Tari Bapang Malangan mengikuti nomenklatur tersebut diatas, namun penurunan model matematisnya di luar pembahasan penelitian ini.

IV. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Penelitian ini menemukan perbedaan antara pengukuran menggunakan ImageJ ver.153 dan pengukuran manual berdasarkan jala-jala landasan. Hal ini disebabkan hasil pembacaan aplikasi ImageJ ver. 153 tidak bisa diverifikasikan dengan gambar dari dua sisi rekaman lainnya, sementara pengukuran manual bisa, meskipun pembacaan koordinat titik X menunjukkan pola yang sama.

Terjadi kemiripan pola grafik pembacaan beban menari tanpa kostum dan dengan kostum meskipun nilainya berbeda dengan selisih rata-rata 5.18 kg dari beban statis kostum 7.1 kg. Perbedaan nilai beban kostum ini diduga diakibatkan waktu jeda antara pembacaan sensor dan tayangan displai.

4.2. Saran/Rekomendasi

Perlu dilakukan sistem pengukuran langsung yang menggambarkan beban sesungguhnya pada kaki kiri dan kanan sehingga bisa dijadikan dasar analisis pembebanan kritis sesungguhnya. Analisis itu sebaiknya digabungkan dengan analisis pemodelan matematis dari diagram kinematis penari.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian dosen dalam skema Penelitian Dasar Hibah Kompetitif Nasional DRPM DIKTI tahun anggaran 2020 yang telah dijadikan skripsi dan lulus diujikan untuk level Sarjana (S1)

Daftar Pustaka

- [1]. Ilham, D., Yusuf, Y., *Analisa Gaya dalam Keadaan Statis pada Sistem Muskuloskeletal Tangan-Lengan Manusia*, in Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI, 2012: 73-76.
- [2]. Finahari, N., Rubiono, G., *Analisis Biomekanika Pengaruh Sudut Pijakan Kaki Terhadap Gaya Reaksi Tumpuan*, in Prosiding Seminar Nasional IPTEK Olahraga, 2018, p. BIO-OR 11-15.
- [3]. Fauzia, I., *Temu Topeng Malang, Tari Topeng Bapang Diperdebatkan*, Akurat.co, 2018
- [4]. Astuti, D., *Fungsi Kinestetik Tari Rantaya Alus Gaya Surakarta Sebagai Terapi Talenta Menari*, Universitas Negeri Yogyakarta, 2014.
- [5]. Hidayah, A., *Kreativitas Franky Penari Hip Hop di Kota Semarang*, Universitas Negeri Semarang, 2016.
- [6]. Finahari, N., Rubiono, G. Qiram, I., *Biomekanika Tari*. Yogyakarta: K-Media, 2019.
- [7]. Setyaningsih, P., Yuliandi, R., *Studi Perbandingan Tingkat Kebugaran Siswa Sekolah yang Mengikuti dan Tidak Mengikuti Kegiatan Sanggar Tari di Daerah Banyuwangi*, in Prosiding Seminar Nasional IPTEK Olahraga, 2018, p. KEP-OR 45-49.
- [8]. Yuningsih, R., *Peningkatan Kecerdasan Kinestetik Melalui Pembelajaran Gerak Dasar*

- Tari Minang (Penelitian Tindakan Kelompok B1 di TK Negeri 01 Sungai Pagu Kabupaten Sosok Selatan, J. Pendidik. Usia Dini, 2015, 9(2): 233–250*
- [9]. Suryaningsih, A. *Meningkatkan Motorik Kasar Melalui Gerak Tari Kuda Lumping pada Anak Kelompok B di TK Chinta Ananda Mojolaban Kabupaten Sukoharjo Tahun Ajaran 2015/2016*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- [10]. Pertiwi, N. L. T, Muliarta, I. M., *Persentase Heart Rate Reverse Penari Legong Keraton Lasem pada Mahasiswi Program Studi Seni Tari Institut Seni Indonesia Denpasar Tahun 2014*, E-Jurnal Med., 2017, **6(9)**: 14–17
- [11]. Choi, W., Isaka, T., Sekiguchi, H., Hachimura, K., *Quantitative Analysis of Leg Movement and EMG Signal in Expert Japanese Traditional Dancer*, Intechopen, 2009. www.intechopen.com (accessed Apr. 29, 2019).
- [12]. Huh, E., *Balance Control in Dance Position*, Loughborough University, 2016.
- [13]. Batiieva, N., Kyzim, P., *Technique of the Biomechanical Analysis of Execution of Upward Jump Piked*, Slobozhanskyi Her. Sci. Sport, 2016, **6(56)**: 13–18
- [14]. Finahari, N., Rubiono, G., Qiram, I., *Studi Potensi Resistensi dan Rapid Recovery Penari Terhadap Paparan Covid-19 Sebagai Wujud Respon Psikoakustik Kumulatif dari Sinyal Kombinasi Suara Gending dan Gerak Tari*, Malang, 2020.
- [15]. Finahari, N., Rubiono, G., Qiram, I., *Laporan Penelitian Kajian Biomekanika Tari Gandrung Banyuwangi : Memahami Alur Respon Sinyal Kombinasi Suara Gending dan Gerak Tari Terhadap Perubahan Fisiologi Tubuh Penari*, Malang, 2019.