

## **Analisis Kinematika dan Dinamika Sendi Lutut Penari Bapang Malangan**

*(Kinematic And Dynamic Analysis of Bapang Malangan Dancer's  
Knee Joint)*

Farisal Rosianto<sup>1</sup>, Gatot Soebiyakto<sup>2</sup>, Nurida Finahari<sup>3,\*</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang

\*Email korespondensi : nfinahari@widyagama.ac.id

### **Abstract**

*The beauty of dance is seen from the compilation and harmony of movements with music, and expressions in conveying the purpose of the dance. Dance is a form of human expression, will, thoughts, and feelings which are characterized by the medium of movement. Dancing is a combination of rhythmic movements between the hands, feet, head and body. To be able to perform expressive dances, dancers need a lot of practice. This makes the dancer very vulnerable to injury. Injuries that occur to dancers can occur during practice or during performance. Common dancer injuries to muscles and joints. Common joints that are injured are the ankle, knee and arm. Given the risk of injury, it is very important that dancers are equipped with knowledge that can minimize the occurrence of injuries. Knowledge about injuries can be obtained from the study of mechanics (kinematics and dynamics). This manuscript describes the results of research on the study of the knee joints of Bapang Malangan dancers while performing the dance. The results showed that the kinematics analysis describes a system of changes in position and load bearing on the bones and joints of the dancer. Knee joint kinematics produces an overview of the magnitude and direction of loading to the joint, namely radial and tangential directions. The direction of the loading is linear and the plane is two-dimensional, where the positions of the bending parts of the body form an angle. The potential for joint injury is greatest when the joint positions at an angle between the two bones. In the one-leg dancing position, there is a momentary static loading that can put almost all of the body weight on the knee joint, or create a combined radial, tangential and moment load. The position of bending the knee on one leg is the position most prone to injury.*

**Keywords:** *Dance Injuries, Biomechanics, Kinematics and Dynamics, Knee Joints, Bapang Malangan*

### **Abstrak**

Keindahan tari dilihat dari kompilasi dan keselarasan gerakan dengan musik, dan ekspresi dalam menyampaikan tujuan tarian tersebut. Tari merupakan wujud dari ekspresi, kehendak, pikiran, dan perasaan manusia yang ditandai dengan media gerakan. Menari merupakan kombinasi gerakan ritmik antara tangan, kaki, kepala, dan tubuh. Untuk dapat menampilkan tarian yang ekspresif, para penari membutuhkan banyak berlatih. Hal itu menyebabkan penari rentan sekali mengalami cedera. Cedera yang terjadi pada penari bisa terjadi saat latihan maupun ketika pementasan. Kasus cedera penari yang umum terjadi pada otot dan sendi. Sendi yang umum mengalami cedera adalah *ankle*, lutut dan lengan. Mengingat resiko atas terjadinya cedera, penting sekali penari dibekali dengan pengetahuan yang dapat meminimalisir terjadinya cedera. Pengetahuan tentang cedera bisa diperoleh dari kajian mekanika (kinematika dan dinamika). Naskah ini memaparkan hasil penelitian tentang kajian terhadap sendi lutut penari Bapang Malangan saat melakukan tarian itu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Analisa kinematika menggambarkan sistem perubahan posisi dan tumpuan beban pada tulang-tulang dan sendi penari. Kinematika sendi lutut menghasilkan gambaran besaran dan arah pembebanan terhadap sendi yaitu ke arah radial, dan tangensial. Arah pembebanan itu ada

yang linier dan bidang dua dimensi, dimana posisi-posisi bagian tubuh yang menekuk membentuk sudut. Potensi cedera sendi terjadi paling besar saat posisi sendi membentuk sudut antara dua tulang. Pada posisi menari satu kaki terjadi pembebanan statis sesaat yang bisa menumpukan hampir seluruh berat tubuh pada sendi lutut, atau memunculkan beban kombinasi radial, tangensial dan momen. Posisi menekuk lutut pada satu kaki adalah posisi paling rawan cedera.

**Kata kunci:** Cedera Tari, Biomekanika, Kinematika dan Dinamika, Sendi Lutut, Bapang Malangan

## **I. Pendahuluan**

Kota Malang Provinsi Jawa Timur masih melestarikan kebudayaan yang dilandasi oleh berbagai macam kepercayaan. Kesenian-kesenian yang masih hidup di Kota Malang adalah ludruk, jaran kepang, tayuban, wayang kulit versi Malang, dan seni topeng. Tari Topeng Malangan merupakan seni tari yang merepresentasikan kesenian topeng. Di Kota Malang, tari topeng sangatlah terkenal dan telah menjadi kebudayaan yang dibanggakan sebagai warisan dari para pendahulu yang masih eksis hingga sekarang, meskipun dianggap sudah mulai luntur [1]. Tari topeng ini hampir mirip dengan kesenian wayang orang (*Wayang Wong*), hanya saja terdapat perbedaan pada cerita yang dibawakan. Umumnya wayang orang membawakan cerita Mahabarata/Ramayana, sedangkan tari topeng (Malangan) mengekspresikan tokoh-tokoh kisah Panji. Salah satu tari topeng yang terkenal adalah Tari Bapang Malangan. Bapang merupakan salah satu tokoh dalam cerita panji. Menurut Pramono, Tari Bapang merupakan bagian dari Tari Topeng Malangan yang menjadi penjeda antar adegan, tetapi seiring perkembangannya, Tari Bapang Malangan bisa ditarikan sebagai tarian tunggal [2]. Saat ini Tari Bapang Malangan merupakan tari selamat datang di Kota Malang. Tari Topeng Malangan digunakan sebagai sarana untuk menyampaikan pesan atau cerita oleh penari [3].

Tari Bapang merupakan bentuk koreografi dari tokoh seni rakyat Bapang Malangan yang mempunyai karakter ugal-ugalan, lucu, gembira, juga memiliki sifat *brangasan*, yaitu galak tetapi sekaligus *gecul* (lucu) [4]. Gerakan Bapang identik dengan ketegasan, merupakan lambang kegagahan dari tokoh yang ditarikan. Ditandai gerakan tangan yang lebar, menyamping kiri dan kanan. Mengangkat salah satu kaki. Tanda dimulainya tarian Bapang Malangan adalah dengan menghentakkan kaki ke tanah sesuai iringan irama musik, lalu diikuti gerakan kepala menengok menyamping kanan dan kiri secara terus menerus [2].

Menari merupakan refleksi paling mendasar yang dilakukan dengan menggerakkan tubuh manusia sebagai respon instingtif terhadap alam dan sekitarnya. Menari merupakan kegiatan yang telah dilakukan sejak ribuan tahun yang lalu ketika tarian masih belum ada sebutannya [5]. Keindahan tari tidak dilihat hanya dari kompilasi dan keselarasan gerakan dengan iringan musik, melainkan ekspresi dalam menyampaikan maksud dan tujuan tarian tersebut. Tari itu sendiri didefinisikan sebagai perwujudan indah dari gerak tubuh yang mengikuti irama tertentu [6]. Dengan demikian tari merupakan wujud dari ekspresi, kehendak, pikiran, dan perasaan manusia yang ditandai dengan media gerakan [7]. Menari merupakan kombinasi gerakan ritmik antara tangan, kaki, kepala, dan tubuh sebagai bagian dari media ekspresi.

Untuk dapat menampilkan tarian yang ekspresif, para penari membutuhkan banyak berlatih. Artinya, menari merupakan kegiatan yang membutuhkan aktivitas latihan dengan intensitas tinggi [8]. Hal itu menyebabkan penari rentan sekali mengalami cedera yang dapat disebabkan oleh faktor dari dalam maupun faktor dari luar. Data menunjukkan bahwa dalam kurun waktu satu tahun, dilaporkan 50 dari 52 penari pernah mengalami cedera [9]. Cedera yang terjadi meliputi cedera ekstremitas atas, ekstremitas bawah, memar, dan lainnya. Intensitas durasi latihan menari yang tinggi menjadi penyumbang

utama sebab cedera terjadi. Rata-rata penari membutuhkan waktu 34 jam dalam satu minggu untuk berlatih.

Cedera yang terjadi pada penari bisa terjadi saat latihan maupun ketika pementasan. Tak jarang penari mengalami kasus cedera otot dan sendi. Sendi yang umum mengalami cedera adalah *ankle*, lutut dan lengan [10]. Selain itu, penari juga mengalami kelelahan, ketegangan otot, kram, atau bahkan cedera yang fatal. Cedera ringan atau berat karena penari lelah biasanya berujung pada salah penempatan posisi badan, yang akan berdampak pada kehidupan sehari-hari akibat rasa sakit yang menyertai. Gerakan yang dilakukan secara berulang dapat menjadi penyebab utama terjadinya cedera ketika menari saat latihan maupun saat pementasan [11]. Hal ini dapat berpengaruh pada performa penari dan mentalnya. Bisa saja cedera tersebut meninggalkan luka traumatik. Kerusakan pada anatomi memerlukan waktu yang cukup lama untuk *recovering*.

Terkait dengan cedera lutut, Astuti dalam [12] berpendapat bahwa seorang penari harus memiliki kemampuan otot-otot tungkai yang kuat untuk bergerak, kekuatan, daya tahan, kelenturan, keseimbangan, dan yang paling utama adalah koordinasi gerak tubuh. Organ tubuh dan otot harus sering dilatih agar selalu terjaga dalam kondisi baik untuk meningkatkan kualitas tarian. Kegagalan dalam menjaga daya prima otot-otot tungkai bisa berujung pada cedera, termasuk cedera lutut. Terdapat empat jenis cedera pada lutut yang terjadi ketika menari, yaitu terkilir atau *keseleo*, cedera bantalan sendi lutut, patah tulang, dan *overuse* [13].

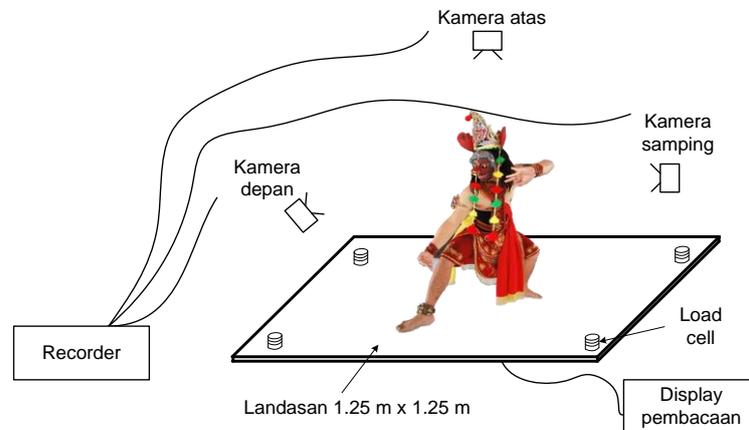
Cedera pada tulang *patella* (tulang pada lutut), yaitu patah tulang *patella*, paling sering terjadi sebagai akibat dari trauma langsung pada lutut. *Patella* juga dapat patah tulang dari kontraksi *quadriceps* yang sangat signifikan dan sering traumatis [14]. Namun demikian, nyeri sendi *patellofemoral* tidak terkait dengan lama waktu menari, khususnya untuk jenis tari balet [15]. Penyembuhan patah tulang *patella* diperkirakan akan terjadi selama periode 8-12 minggu. Selama waktu ini kekuatan otot *quadriceps* dan rentang lutut berkembang. Untuk kembali ke kegiatan olahraga sebelumnya atau melakukan hobi fisik, rehabilitasi selama 4-5 bulan diperlukan untuk mendapatkan kembali kekuatan yang cukup untuk anggota tubuh bagian bawah termasuk lutut, pinggul dan daerah lumbar panggul.

Mengingat resiko atas terjadinya cedera, penting sekali penari dibekali dengan pengetahuan yang dapat meminimalisir terjadinya cedera. Pengetahuan ini bisa diperoleh dari bidang ilmu mekanika. Mekanika adalah ilmu tentang gerakan yang terdiri dari dua bagian, yaitu kinematika dan dinamika [16]. Kinematika merupakan ilmu yang mempelajari gerakan benda tanpa melihat gaya penyebabnya. Dinamika mempelajari gaya-gaya terkait dengan pergerakan benda. Terkait dengan pergerakan manusia, cabang kinematika yang membahasnya disebut kinesiologi. Kajian kinesiologi memadukan ilmu mekanika dengan teori-teori anatomi dan fisiologi. Kinesiologi lebih menekankan pada cara menganalisis otot, tulang, dan persendian saat manusia bergerak. Ketiganya tidak dapat dipisahkan untuk mendukung gerak manusia. Naskah ini memaparkan hasil penelitian tentang kajian terhadap sendi lutut penari Bapang Malang saat melakukan tarian itu. Kajian diuraikan mengikuti kerangka pikir ilmu kinematika dan dinamika.

## **II. Metode Penelitian**

Penelitian yang telah dilakukan merupakan penelitian yang bersifat kajian dengan data berupa rekaman tari. Data penelitian didapatkan dari *rendering* rekaman video penari Tari Bapang Malang, mengikuti sketsa metode penelitian Finahari et al. [17], tetapi tidak menggunakan *floor scale* (**Gambar 1**). Dalam hal ini rekaman dilakukan di Joglo Padepokan Seni Mangun Dharma Tumpang Malang. Kualitas asli video adalah 25 fps (*frame per second*).

Hasil *rendering* adalah gambar diam sebanyak 25 kali durasi video dalam detik. Hasil *rendering* ini dipilih posisi paling ekstrem yang menunjukkan pembebanan maksimum pada sendi lutut. Foto pilihan tersebut kemudian dianalisis mengikuti kerangka pikir kinematika dan dinamika. Hal ini didasari kajian osteokinematika (kinematika gerak tulang) dan artrokinematika (kinematika gerak sendi) pada rangka manusia [18].



**Gambar 1.** *Floor scale* biomekanik untuk penelitian tari Bapang Malangan. 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 [17].

### III. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Data Penelitian

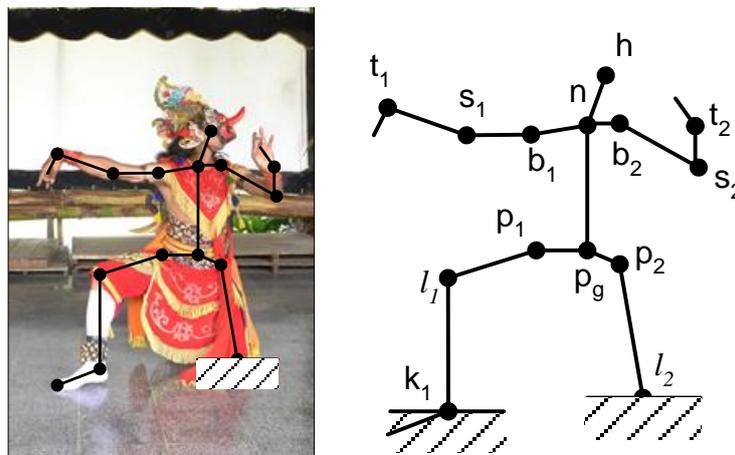
Hasil pilihan data dari proses *rendering* yang menunjukkan posisi paling ekstrem untuk pembebanan maksimum pada sendi lutut ditunjukkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Posisi yang sesuai untuk pembebanan lutut.

Keterangan gambar:

- Posisi ini hanya terjadi di awal-awal tarian. Pembebanan pada lutut utamanya terjadi di lutut kiri, yaitu diprediksi setengah beban tubuh tertumpu pada sendi lutut dalam bentuk gaya tekan.
- Posisi menumpu di satu sisi kaki. Semua beban tubuh tertumpu pada kaki tangan. Yang menjadi tumpuan utama adalah sendi tumit. Pembebanan pada lutut terjadi hanya kalau garis lutut dan tumit tidak lurus.
- Posisi seperti gambar b, ketika sendi lutut tidak lurus dengan sendi tumit kaki. Tumpuan seluruh beban tubuh dibagi 3 yaitu sendi pinggul, lutut dan tumit. Porsi pembebanan terbesar terjadi pada tumit, lalu lutut, dan terakhir pinggul sebagai perantara transfer beban tubuh. Posisi gambar b dan c terjadi bergantian antara kaki kiri dan kanan, dan terjadi hampir sepanjang tarian sekitar 6 menit.
- Posisi kedua kaki tertekuk membentuk sudut yang hampir sama di kanan dan kiri, dengan posisi tubuh atas lurus yang membuat pembebanan langsung terbagi rata ke dua sendi pinggul dan didistribusikan ke lutut tanpa adanya puntiran/momen. Posisi ini biasanya dilakukan agak lama. Ada beberapa bagian waktu dalam tarian yang merekam posisi ini lebih dari 10 frame tanpa berubah. Gerakan-gerakan lainnya rata-rata berubah dalam 3-5 frame.
- Sama dengan posisi gambar d tapi tubuh atas tertekuk membentuk sudut. Posisi ini menghasilkan momen terhadap sendi pinggul yang menjadi beban tambahan bagi sendi lutut.



**Gambar 3.** Cara membuat diagram kinematis posisi a menggunakan program Visio Ver. 2002

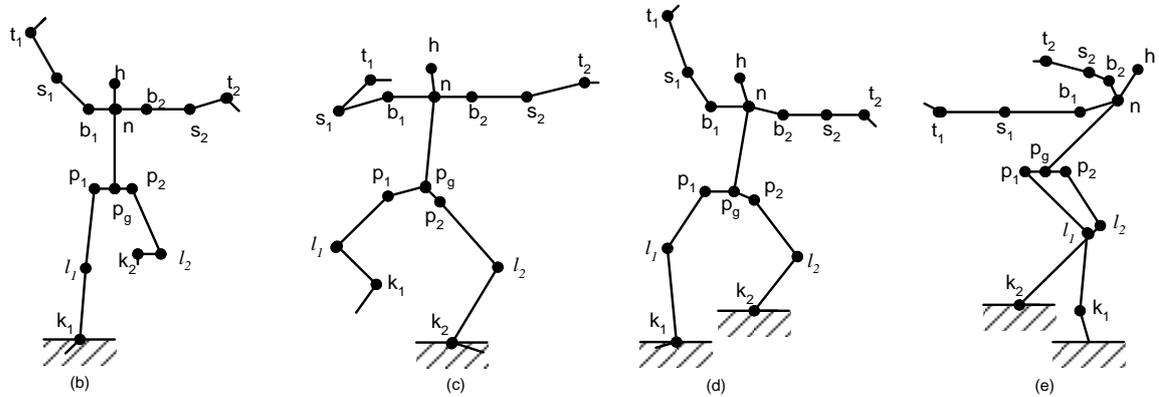
Keterangan gambar:

- |                |                |                |                      |
|----------------|----------------|----------------|----------------------|
| h              | = titik kepala | n              | = titik leher        |
| b <sub>1</sub> | = bahu kanan   | b <sub>2</sub> | = bahu kiri          |
| s <sub>1</sub> | = siku kanan   | s <sub>2</sub> | = siku kiri          |
| t <sub>1</sub> | = tangan kanan | t <sub>2</sub> | = tangan kiri        |
| p <sub>g</sub> | = pusat badan  | p <sub>1</sub> | = pinggul kanan      |
| p <sub>2</sub> | = pinggul kiri | l <sub>1</sub> | = lutut kanan        |
| l <sub>2</sub> | = lutut kiri   | k <sub>1</sub> | = kaki (tumit) kanan |

### 3.2. Diagram Kinematika

Gambar-gambar data posisi tarian yang dipilih dijadikan berbentuk diagram kinematika dengan menggunakan program Visio ver 2002 (**Gambar 3** untuk posisi a).

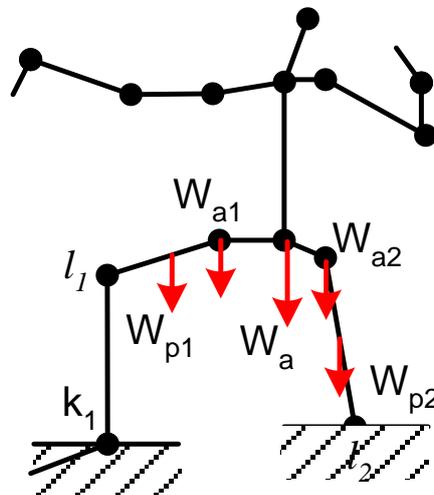
Diagram kinematika adalah diagram yang menunjukkan hubungan antara *link-link* gerak yang bersesuaian saja untuk kondisi tumpuan sesaat. Disebut tumpuan sesaat karena tarian ini adalah gerak dinamis yang berubah setiap detik. Jadi analisa ini diasumsikan dilakukan pada kondisi diam/statis. Posisi gambar lainnya dibuat skema dengan cara yang sama. Hasilnya ditunjukkan pada **Gambar 4**. Langkah selanjutnya adalah membuat analisis dinamika untuk pembebanan pada lutut dan konstruksi sendi.



**Gambar 4.** Diagram kinematis posisi (b), (c), (d), dan (e).

### 3.3. Analisis Pembebanan Lutut

Untuk melihat pembebanan yang terjadi pada sendi lutut, maka mengikuti acuan dari [19] didapatkan diagram seperti **Gambar 5**. Analisis menggunakan contoh posisi a.



**Gambar 5.** Analisis pembebanan lutut pada posisi a.

Keterangan gambar:

- $W_a$  = beban seluruh tubuh bagian atas yang terpusat pada pusat berat tubuh
- $W_{a1}$  = beban reaksi  $W_a$  yang diterima pinggul kanan.
- $W_{a2}$  = beban reaksi  $W_a$  yang diterima pinggul kiri.
- $W_{p1}$  = beban paha kanan.
- $W_{p2}$  = beban paha kiri.

Pada **Gambar 5** aliran gaya beban untuk lutut kanan dimulai dari penjumlahan vektor beban:

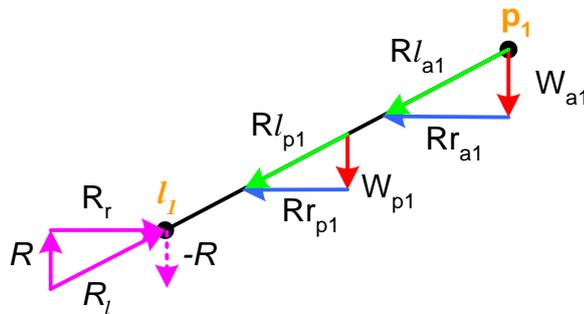
$$W_{l1} = W_{a1} + W_{p1} \quad (1)$$

Garis tumpuan dari  $p_1$  ke  $l_1$  membentuk sudut terhadap arah gaya pembebanan. Sudut ini memunculkan komponen gaya radial yang mengarah pada pusat sendi  $l_1$ . Besarnya gaya radial sesuai dengan sudut yang dibentuknya. Jadi, lutut kanan terkena 2 beban dengan arah yang berbeda. Beban itu adalah  $R_l$  dan  $R_r$ . Kedua gaya itu dijumlah untuk arah yang bersesuaian menghasilkan gaya resultan  $R_r$  dan  $R_l$  (**Gambar 6**).

$$R_r = R_{ra1} + R_{rp1} \quad (2)$$

$$R_l = R_{la1} + R_{lp1} \quad (3)$$

Jumlah gaya total  $R$  ditransmisikan ke sendi kaki yang searah dengan arah gaya beban berat. Maka sendi lutut kanan  $l_1$  hanya mendapatkan pembebanan  $R_r$ .

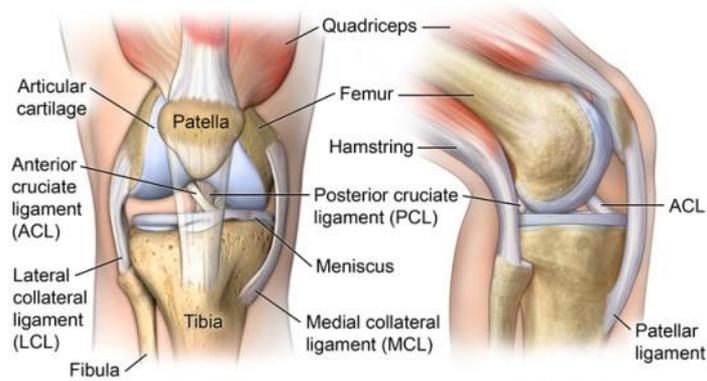


**Gambar 6.** Arah pembebanan lutut kanan posisi a pada titik  $l_1$

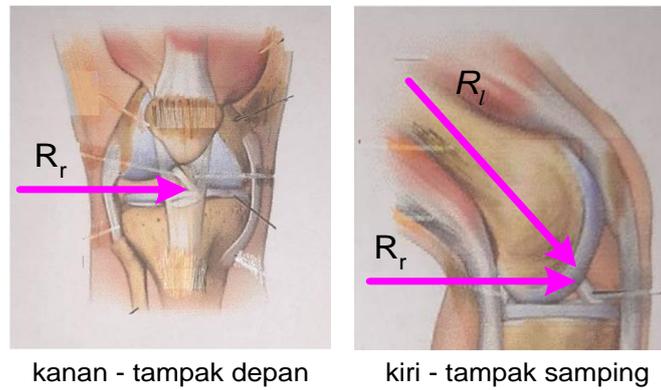
Dari hukum keseimbangan statis, jarak dari sumber gaya berpengaruh terhadap porsi gaya reaksinya. Semakin jauh jaraknya, gaya reaksinya semakin kecil. Dengan melihat bahwa jarak  $W_a$  ke sendi pinggul kanan > dari sendi pinggul kiri, maka  $W_{a1} < W_{a2}$ . Dengan asumsi beban paha sama di kanan dan kiri, maka beban yang diterima lutut kanan lebih kecil dari beban lutut kiri ( $W_{l1} \ll W_{l2}$ ). Dan mengacu lutut kanan masih ditopang sendi kaki, bisa dikatakan sendi lutut kiri hanya menanggung beban kecil. Hal ini juga mengacu pada aliran gaya beban hingga ke lutut kiri  $l_2$  dengan cara sesuai **Gambar 6**. Jika lutut kanan hanya terkena beban  $R_r$ , lutut kiri terkena total beban.

### 3.4. Analisis Beban Pada Konstruksi Sendi

Sendi lutut dapat dilihat pada **Gambar 7**. Dengan menggunakan contoh posisi a pada **Gambar 5** dan **Gambar 6** arah pembebanan pada sendi secara langsung bisa dilihat pada **Gambar 8**. Ilustrasi ini menunjukkan bahwa gaya  $R_r$  berpotensi menekan serat-serat otot penggerak sendi sedangkan gaya  $R_l$  berpotensi menekan piringan tulang rawan yang melapisi pertemuan antar tulang sendi. Berdasarkan cara analisa beban konstruksi sendi akan didapat **Tabel 1** untuk posisi b–e.

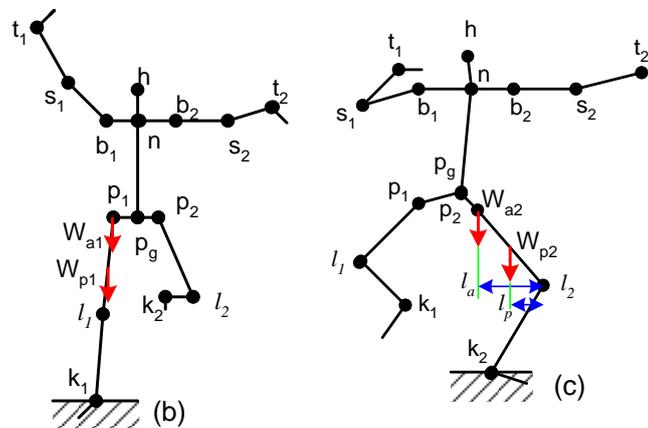


**Gambar 7.** Sendi lutut dalam kondisi lurus dan tertekuk [20]



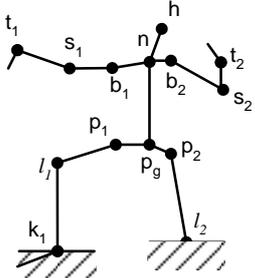
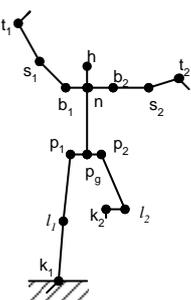
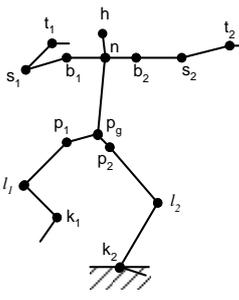
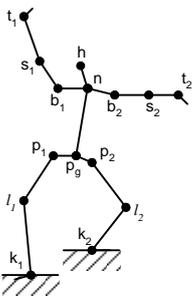
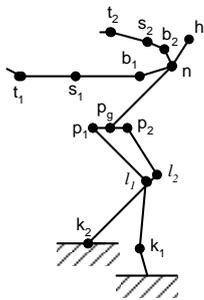
**Gambar 8.** Arah pembebanan posisi (a) pada rongga sendi lutut

Pada posisi e, dengan mengikuti analisa gaya bidang miring, diketahui bahwa sumber beban  $W_a$  terurai menjadi  $W_{ar}$  dan  $W_{al}$ , beda dengan posisi a dimana badan atas lurus terhadap arah gravitasi. Hal ini memberikan pembebanan bidang, bukan pembebanan linier, pada sendi pinggul, lutut dan tumit kaki. Posisi ini paling rawan pada tarian Bapang Malangan, khususnya juga karena posisi semua link badan tertekuk dan tidak berada pada garis-garis lurus pembebanan. Untuk posisi pembebanan satu kaki, terjadi pembebanan statis sesaat. Analisis gaya yang terjadi bisa digambarkan sebagaimana Gambar 9.



**Gambar 9.** Pembebanan sesaat pada posisi satu kaki

**Tabel 1.** Gaya-gaya yang Bekerja Pada Sendi Lutut

Posisi	Diagram kinematika	Kanan	Kiri
(a) 		$R_r$	$R_r, R_l$
(b) 		$R_r$	-
(c) 		-	$R_r, R_l$
(d) 		$R_r, R_l$	$R_r, R_l$
(e) 		$R_r, R_l$	$R_r, R_l$

Pada **Gambar 9**, posisi b menunjukkan pembebanan dari  $W_{a1}$  dan  $W_{p1}$  yang nyaris sejajar dengan garis kaki. Hal ini berakibat pada penjumlahan gaya statis langsung dari kedua gaya tersebut dengan mengabaikan sudut simpangan kaki yang kecil. Artinya adalah pembebanan hampir seluruh badan tertumpu pada lutut kecuali beban kaki di bawah lutut. Pada posisi c, mengikuti alur analisis sebelumnya, akan terjadi penjumlahan gaya tangensial dan radial pada lutut seperti tampak pada **Gambar 8**, tapi karena ini pembebanan statis sesaat,  $W_{a2}$  dan  $W_{p2}$  juga akan memunculkan gaya putar (momen) terhadap titik sendi lutut sebesar :

$$M_{a2} = W_{a2} \times l_a \quad (4)$$

$$M_{p2} = W_{p2} \times l_p \quad (5)$$

### 3.5. Pembahasan

Gerak tari dikategorikan dalam gerak di tempat dan gerak berpindah. Gerak berpindah dilakukan dengan berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain, misalnya seperti melompat, bergeser, meluncur, melangkah, dan lain sebagainya [21]. Dalam tari juga dikenal gerak menurut bentuknya. Gerak realistik merupakan gerakan tari yang dilakukan tanpa adanya penambahan (stilisasi) atau sesuai dengan kenyataannya, sehingga masih bersifat asli. Gerakan ini dilakukan oleh seseorang sesuai dengan apa yang ia lihat. Gerakan ini sering disebut dengan *gerak wantah*. Contoh dari gerak realistik adalah berjalan, berlari, atau menangis. Gerak *slitir* merupakan gerak yang sudah dimodifikasi dengan imajinasi sehingga bentuk gerakan ini lebih bervariasi, atau dapat juga diwujudkan dengan cara memperhalus gerakan yang sudah dikenal sebelumnya. Pada gerak *slitir* tempo gerakannya dirubah. Gerak simbolik merupakan gerakan tarian yang memiliki maksud dan makna tertentu. Misalnya, gerakan yang menunjukkan ekspresi marah dilakukan dengan membelalakkan mata.

Berdasarkan sifatnya, gerak dibagi menjadi empat, yaitu gerak lemah, tegang, lembut, dan kasar [21]. Gerak lemah dilakukan dengan tanpa menggunakan otot. Gerak tegang dilakukan dengan menggunakan kekuatan. Gerak lembut merupakan gerakan yang dilakukan seperti air mengalir, mengikuti irama musik. Gerak kasar dilakukan dengan menggunakan otot-otot yang kuat, seperti menghentakkan kaki dengan kecepatan tinggi.

Gerak tubuh manusia, termasuk dalam tarian, dimungkinkan terjadi atas dukungan otot dan tulang. Otot dan tulang manusia memiliki beragam bentuk dan ukuran, sementara sendi sebagai penghubungnya juga memiliki beragam fungsi. Manusia memiliki lebih dari 600 otot dalam tubuhnya [22]. Rubiono et al. [12] mengartikan sendi sebagai artikulasi. Artikulasi merupakan pertemuan beberapa tulang sehingga tulang tersebut dapat digerakkan sesuai dengan jenis persendiannya. Tulang ini berada di susunan sistem rangka yang merupakan suatu rangkaian kesatuan dan memiliki peranan yang sangat penting dalam menopang tubuh manusia.

Menurut Klinik Flex-free [20] cedera lutut yang paling sering terjadi adalah retak/patah tempurung lutut, retak/patah tulang paha bagian bawah yang dekat dengan bonggol sendi lutut, retak/patah tulang kering bagian atas pada bonggol sendi, pergeseran tempurung lutut, dan kerusakan ligamen/serabut otot sendi lutut. Cedera ligamen itu sendiri bisa berupa robekan bantalan sendi (meniskus) dan tendon otot lutut. Penyebabnya adalah benturan langsung, dan kesalahan posisi menjejak. Benturan langsung bisa diakibatkan oleh banyak hal termasuk kesalahan gerak. Robeknya otot bantalan dan/atau tendon sendi biasanya diakibatkan oleh puntiran.

Dengan mengikuti teori osteokinematika, gerak sendi lutut diacukan pada bidang sagital (sumbu vertikal tubuh yang membagi sisi kiri dan kanan), dimana pergerakan sendi

dibedakan menjadi pergerakan *soft end feel* (SEF) yang berakhir pada tekanan di jaringan lunak, dan *high end feel* (HEF) yang berakhir pada tekanan di batas tulang [18]. Pergerakan SEF berkisar pada sudut rotasi 130-140°, sedangkan HEF 5-10°. Dari hasil analisa kinematika sendi lutut untuk beberapa posisi gerak tari Bapang Malangan diketahui bahwa secara normal ada kombinasi arah gaya pembebanan pada sendi, baik yang berbentuk arah pembebanan linier/garis lurus ataupun pembebanan bidang dua dimensi. Besaran gaya yang menjadi sumber beban sendi sangat dipengaruhi sudut-sudut tekukan kaki dan badan yang menyebabkan terurainya gaya linier menjadi komponen radial dan tangensial. Semakin besar sudutnya, semakin besar komponen-komponen gaya tersebut muncul, semakin besar tekanan pada sendi. Hasil perumusan teoritik tersebut sejalan dengan teori osteokinematika. Pemilihan posisi-posisi analisis juga telah menunjukkan kesesuaian untuk posisi SEF dan HEF.

Gerak-gerak tari Bapang Malangan bersifat dinamis sehingga posisi-posisi gerakan tari berubah dengan cukup cepat, pada skala detik. Jadi pembebanan yang terjadi pada sendi juga dinamis, berubah-ubah dengan cepat. Kecepatan perubahan ini berarti mengubah besar dan arah pembebanan pada sendi dengan cepat pula. Bisa dikatakan sendi lutut khususnya mengalami gelombang beban yang berbeda amplitudo dan frekuensinya (multi amplitudo – multi frekuensi). Ini menyebabkan potensi cederanya menjadi meningkat.

## **IV. Kesimpulan dan Saran**

### **4.1. Kesimpulan**

Analisa kinematika menggambarkan sistem perubahan posisi dan tumpuan beban pada tulang-tulang dan sendi penari. Kinematika sendi lutut menghasilkan gambaran besaran dan arah pembebanan terhadap sendi yaitu ke arah radial,  $R_r$  dan tangensial,  $R_t$ . Arah pembebanan itu ada yang linier dan bidang dua dimensi, dimana posisi-posisi bagian tubuh yang menekuk membentuk sudut. Potensi cedera sendi terjadi paling besar saat posisi sendi membentuk sudut antara dua tulang. Pada posisi menari satu kaki terjadi pembebanan statis sesaat yang bisa menumpukan hampir seluruh berat tubuh pada sendi lutut, atau memunculkan beban kombinasi radial, tangensial dan momen. Posisi menekuk lutut pada satu kaki adalah posisi paling rawan cedera.

### **4.2. Saran/Rekomendasi**

Sifat gerak Tari Bapang Malangan yang dinamis membuat pembebanan pada sendi-sendi tubuh berubah dengan cepat, menyerupai gelombang gaya yang multi amplitudo dan multi frekuensi. Analisa getaran untuk gelombang beban ini akan menghasilkan gambaran yang lebih akurat terhadap perubahan pembebanan pada sendi-sendi tubuh penari. Itu bisa menjadi tema penelitian berikutnya.

## **Daftar Pustaka**

- [1] Yuliyawati, "Sejarah Tari Topeng Malangan Yang Mulai Luntur," *Kompasiana*, 2020. <https://www.kompasiana.com/yuliyawati/5eaed9b7d541df66f21d51d2/sejarah-tari-topeng-malangan-yang-mulai-luntur>.
- [2] A. W. Poernomo, "Tari Bapang, Bintang Seni Budaya Malang," *Diora Malang*, 2020. [http://dioramalang.com/2020/05/09/tari-bapang-bintang-seni-budaya-malang/#:~:text=Tari Bapang merupakan tari-tarian, berbeda dari tarian topeng lainnya. \(accessed Jan. 02, 2021\)](http://dioramalang.com/2020/05/09/tari-bapang-bintang-seni-budaya-malang/#:~:text=Tari Bapang merupakan tari-tarian, berbeda dari tarian topeng lainnya. (accessed Jan. 02, 2021)).
- [3] M. Wido, "Struktur Simbolik Tari Topeng Patih Pada Pertunjukan Dramatari Wayang Topeng Malang Di Dusun Kedungmonggo Desa Karangpandan Kecamatan Pakisaji

- Kabupaten Malang,” Universitas Negeri Semarang, 2008.
- [4] I. Yunitasari, “Bapangan : Karya Seni Penciptaan,” Institut Seni Indonesia Surakarta, 2017.
- [5] A. Pitarini, “Mengenal Problema Nyeri Kaki Pada Penari : Seri 1,” *RS. St. Carolus*, 2018. <http://www.rscarolus.or.id/article/mengenal-problema-nyeri-kaki-pada-penari-seri1>.
- [6] Jazuli, *Paradigma Kontekstual Pendidikan Seni*. Semarang: Unesa University Press, 2008.
- [7] P. Widya, *Metode Pengembangan Seni*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka, 2014.
- [8] R. Soedarsono and T. Narawati, *Drama Tari di Indonesia, Kontinuitas dan Perubahan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2011.
- [9] N. Allen, A. Nevill, J. Brooks, Y. Koutedakis, and M. Wyon, “Ballet Injuries: Injury Incidence and Severity Over 1 Year,” *J. Orthop. Sport. Phys. Ther.*, vol. 42, no. 9, pp. 781–790, 2012.
- [10] I. Fauzi and B. Priyonoadi, “Klasifikasi dan Pemahaman Penanganan Cedera Pada Saat Latihan Menari,” *Med. J. Ilm. Kesehat. Olahraga*, vol. 17, no. 1, pp. 44–53, 2018.
- [11] J. A. Russell, “Preventing Dance Injuries: Current Perspectives,” *J. Sport. Med.*, vol. 4, pp. 199–201, 2013.
- [12] G. Rubiono, N. Finahari, and I. Qiram, *Biomekanika Tari*. Yogyakarta: K-Media, 2019.
- [13] N. Etika, “4 Jenis Cedera Lutut yang Sering Terjadi,” *Hello Sehat*, 2020. <https://hellosehat.com/kebugaran/cedera-olahraga/4-jenis-cedera-lutut-yang-sering-terjadi/>.
- [14] A. Seymore, “Patella Fractures,” *Physica Ringwood*, 2020. <https://www.physica.com.au/patella-fractures/>.
- [15] K. Ima, “Hubungan antara Lama Menari Balet terhadap Resiko Kejadian Sindroma Nyeri Sendi Patellofemoral pada Penari Balet di Susan Ballet Studio Malang,” Universitas Muhammadiyah Malang, 2018.
- [16] Setiawan, *Konstruksi Mesin*. Jakarta: Universitas Mercu Buana, 2020.
- [17] N. Finahari, G. Rubiono, and I. Qiram, “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.
- [18] C. Kisner and L. Colby, *Therapeutic Exercise Foundations And Techniques Sixth Edition*. Philadelphia: F. A. Davis Company, 2012.
- [19] 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>.
- [20] G. Venera, “Cedera Lutut, Bagian I,” *Musculoskeletal Rehabilitation Klinik*, 2016. <https://flexfreeclinic.com/infokesehatan/detail/69?title=cedera-lutut-bagian-i> (accessed Jan. 13, 2021).
- [21] Bitar, “Seni Tari: Pengertian, Unsur, Fungsi, Jenis, Peran, Konsep, Contoh, Para Ahli,” *Guru Pendidikan.Com*, 2021. <https://www.gurupendidikan.co.id/seni-tari/> (accessed Mar. 31, 2021).
- [22] R. Floyd, *Manual of Structural Kinesiology*. New York: Mc-Graw Hill Education, 2015.