

# Rancang Bangun dan Analisis Akurasi Dinamometer Untuk Kajian Biomekanika Gaya Penari Bapang

<sup>1</sup> Prasetyo Adri Pamungkas, <sup>2</sup> Muhammad Agus Sahbana, <sup>3</sup> Nurida Finahari\*

Prodi Teknik Mesin FT Universitas Widyagama Malang

\*Email korespondensi: [nfinahari@widyagama.ac.id](mailto:nfinahari@widyagama.ac.id)

## ABSTRACT

*Biomechanics is the study of internal and external forces acting on the body of living things and the effects of these forces. The study of the motion of living things is carried out by applying theories and laws of motion. The forces acting on the human body organ systems in biomechanics include gravitational force, body reaction force and muscle force. These forces can be measured using a dynamometer. This study aims to design a load cell sensor-based dynamometer which is used as a mass sensor, applied to the design, then analyzed its accuracy for the study of the biomechanics of Bapang dancers. The design is based on the availability of research funds but refers to the Mettler Toledo weighing principle, where the floor scale is designed as a measuring base for the dancers to perform their dances. The area of this measuring base is predefined as 1.25 x 1.25 m. This has reduced the accuracy of the design results considering the ideal area for free dancing is 3 x 3 m. The design results have worked well and can record changes in the load during changes in dancer movements. The measured reading accuracy value reaches 98.36% but still includes measurement errors due to differences in the place and time of the calibration measurement, and differences in the clothes of the people who are the object of the load. The load reading display captures an average time delay of 0.468 seconds. It is recommended that the drawbacks of this design be corrected by designing a dancer's load measurement system using a load sensor that is shaped like a ballet shoe, but uses a wireless data transfer system so that the dancers can move freely. In addition, the shoe-shaped dynamometer design can definitively separate the load readings for the right and left feet.*

**Keywords:** *biomechanic, dynamometer, accuracy, load force, dancer, Bapang Malangan*

## 1. PENDAHULUAN

Biomekanika adalah ilmu yang mempelajari gaya internal dan gaya eksternal yang bekerja pada tubuh makhluk hidup serta efek dari gaya-gaya tersebut. Kajian gerak makhluk hidup dilakukan dengan menerapkan teori-teori dan hukum-hukum tentang gerak. Gaya-gaya yang bekerja pada sistem organ gerak tubuh manusia dalam ilmu biomekanika antara lain gaya gravitasi, gaya reaksi tubuh dan gaya otot. Gaya-gaya ini bisa diukur dengan menggunakan dinamometer yang berfungsi sama dengan timbangan berat. Hukum yang akan digunakan dalam analisa biomekanika adalah hukum Newton II tentang gerak dimana gaya yang bekerja di suatu benda berbanding lurus dengan massa dan percepatan benda tersebut [1].

Timbangan merupakan alat yang umum digunakan dalam pengambilan data berat suatu benda. Pengukuran menggunakan timbangan juga digunakan di banyak bidang baik untuk kegiatan perdagangan, transformasi, bahkan kesehatan. Tingkat ketelitian yang digunakan dalam timbangan sangat bervariasi tergantung dengan kebutuhan. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi pada masa sekarang ini berkembang dengan sangat pesat, sehingga banyak peralatan yang beralih dari sistem analog menjadi sistem digital, bahkan dalam alat ukur sekalipun. Timbangan sistem digital sudah mulai dikenal di pasaran dalam berbagai skala. Dengan sistem digital, melakukan aktivitas penimbangan menjadi lebih cepat dan akurat [2]. Saat ini banyak timbangan digital yang digunakan untuk mempermudah dalam pengambilan

data, dimana data yang didapatkan lebih akurat untuk mengurangi kesalahan pembacaan data. Timbangan dikategorikan ke dalam sistem mekanik dan elektronik.

Timbangan sistem digital mengkorelasikan pembacaan berat dari sensor *load cell* dengan monitor LCD. Hasil korelasi tersebut menghasilkan sebuah data massa benda dengan nilai kesalahan akurasi yang minim. Perancangan sebuah timbangan yang ditujukan untuk menghitung berat ideal manusia dapat diwujudkan menggunakan sensor *load cell* sebagai sensor massa yang dikorelasikan dengan sensor *ping* [3]. Dari hasil penelitian, penggunaan alat tersebut lebih efisien dibanding mengukur berat ideal manusia secara bertahap dan terpisah. Rancang bangun alat tersebut secara otomatis akan menghitung berat ideal dengan cara menghitung selisih tinggi badan dengan berat badan.

Alat ukur didesain dan dibuat dengan mengutamakan kemampuan seperti ketelitian, kecermatan, dan kemampuan membaca. Akan tetapi, ketidaksempurnaan tidak bisa dihilangkan sama sekali [4]. Tingkat akurasi dalam sebuah pengukuran sangat diperlukan untuk mengetahui kedekatan hasil pengukuran terhadap nilai sebenarnya [5]. Permasalahan ketidaktepatan dalam pengukuran dari alat ukur ini dapat diatasi dengan melakukan kalibrasi ulang pada alat tersebut [6]. Kalibrasi merupakan serangkaian kegiatan yang bertujuan menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukan alat ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur yang mampu tertelusur pada standar nasional maupun

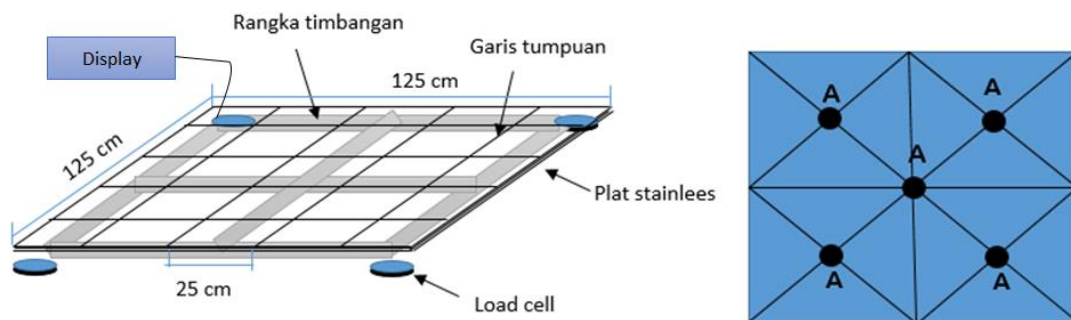
internasional. Hasil yang didapatkan dari kegiatan kalibrasi adalah mendapatkan kesalahan penunjukan, nilai pada tanda skala, faktor kalibrasi, atau faktor kalibrasi lainnya [7]. Pada penelitian ini digunakan timbangan berbasis *load cell* yang dikorelasikan dengan sistem digital (dinamometer) untuk mengukur perubahan berat badan penari selama melakukan tarian. Dinamometer ini banyak digunakan untuk melakukan penelitian biomekanika penari. Setiap gerakan seorang penari akan memberikan gaya gravitasi yang berbeda, sehingga akan mengakibatkan perubahan massa pada sensor *load cell*.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Prinsip kerja dinamometer biomekanik yang dirancang ini sama dengan timbangan badan skala besar (*floor scale*). Alat ini direncanakan memiliki 4 *load cell* yang merupakan sensor berat, terletak di 4 titik tumpuan landasan (Gambar 1). Luasan rangka direncanakan 1 m x 1 m dan luasan landasan adalah

1,25 m x 1,25 m yang nantinya akan diberi garis-garis jala sebagai penanda jarak langkah gerakan. *Display* berfungsi menampilkan hasil pembacaan dari sensor *load cell* pada setiap gerakan penari. Hal ini bertujuan agar sistem yang dibangun sesuai dengan metode yang diterapkan. Uji coba akurasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan beban pada titik-titik tumpuan standar pada *floor scale*. Tahap uji akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dinamometer terhadap timbangan Mettler Toledo. Sistem kalibrasi yang dilakukan Mettler Toledo sendiri mengikuti proses tertentu untuk kapasitas 100 kg, yaitu:

- Uji dengan beban penuh : 100 kg.
- Ulangi dengan melakukan test pojok (A) untuk beban 1/3 dari 100 kg (33 kg).
- Ulangi untuk peningkatan beban linier : 25 kg / 50 kg / 75 kg / 100 kg.
- Ulangi untuk pengulangan beban sama : 50 kg / 50 kg / 50 kg.



Gambar 1. Skema alat uji

## III. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

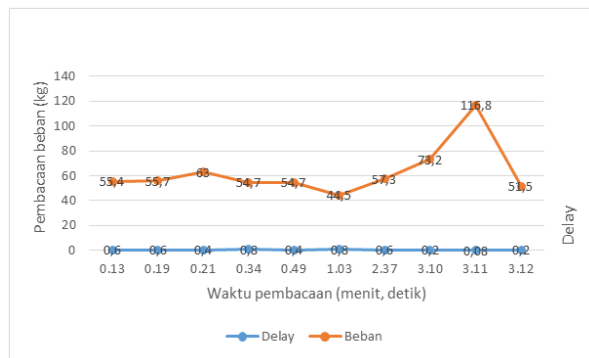
| Variabel      | Posisi Pembacaan |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|               |                  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Beban (kg)    | 55.4             | 55.7  | 63    | 54.7  | 54.7  | 44.5  | 57.3  | 73.2  | 116.8 | 51.5  |
| Waktu gerakan | 00:13            | 00:19 | 00:21 | 00:34 | 00:49 | 01:03 | 02:37 | 03:10 | 03:11 | 03:12 |
| Delay (detik) | 0.6              | 0.6   | 0.4   | 0.8   | 0.4   | 0.8   | 0.6   | 0.2   | 0.08  | 0.2   |

Gambar 2. Hasil pembacaan beban dinamis

Desain dinamometer ini didasarkan pada prinsip timbangan badan/beban yang telah ada. Luasan area pengukuran beban didesain berdasarkan ketersediaan anggaran. Area yang ideal untuk menari, khususnya tari Bapang Malangan, sebenarnya diidentifikasi seluas 3 m x 3 m. Ini terlalu jauh di atas kapasitas pembuatan tim peneliti (Gambar 2). Identifikasi jangkauan jarak saat menari bebas bisa digunakan untuk menskalakan pengurangan ekspresi beban pada saat penari bergerak di atas dinamometer. Pengukuran delay dilakukan dengan cara menjalankan video rekaman dalam mode *slow motion*. Pembacaan angka pada display dicari

yang paling jelas terbaca *setelah* satu gerak dilakukan. Selisih waktu dari detik gerak dilakukan dengan pembacaan display yang jelas adalah nilai delay pembacaan. Nilai selisih terbaca dalam skala 1/25 detik dan diubah menjadi 1/100 detik untuk memudahkan analisa. *Terbaca rata-rata delay adalah 0.468 detik.*

Grafik pembacaan beban menunjukkan bahwa lonjakan beban terjadi pada saat penari turun dan menyentuh landasan dari gerak loncat. Aktualnya saat meloncat penari tidak menyentuh landasan dan display pembacaan seharusnya menunjukkan angka 0, tetapi tersebut adanya delay pembacaan display dari tangkapan sensor, display pembacaan terus menunjukkan adanya nilai pembacaan. Hasil pengukuran delay menunjukkan rata-rata delay adalah 0.468 detik.



Gambar 3. Grafik data beban dinamis

Dinamometer hasil rakitan dapat dikatakan berfungsi sempurna dan semua titik-titik pengukuran standar pada landasan ukur bisa direkam perubahan bebannya. Namun demikian, karena desain dinamometer ini memang dirancang sesuai kemampuan pendanaan tim peneliti sehingga dimensi landasan *floor scale* hanya bisa ditetapkan 1.25 x 1.25 m. Hal ini telah membatasi kinerja dinamometer untuk dapat mengukur perubahan beban penari saat menari. Artinya adalah penari tidak dapat bergerak bebas di atas landasan ukur sehingga gerakan yang dilakukan juga tidak menunjukkan performansi maksimal sebagaimana mestinya. Ini tidak mencerminkan akurasi hasil penelitian yang maksimal.

Hasil perbandingan dengan timbangan standar Mettler Toledo juga belum menunjukkan tingkat akurasi yang sebenarnya, karena pengukuran beban orang yang menjadi obyek dilakukan tidak seketika pada waktu dan tempat yang sama, mengingat lokasi timbangan standar berbeda dengan lokasi dinamometer. Pakaian yang dikenakan obyek ukur juga tidak sama. Maka hasil akurasi yang tercatat masih termasuk kesalahan kondisi obyek terkait perbedaan berat pakaian dan kondisi lingkungan.

Dalam penggunaannya, mengacu pada hasil pengukuran, desain dinamometer untuk pengukuran beban penari, bisa berfungsi dengan baik. Penggunaan *loadcell* yang terhubung dengan sistem *display* elektronik memungkinkan pencatatan perubahan beban yang bisa direkam sehingga bisa diketahui perubahan beban sesuai perubahan gerakan-gerakan penari, meskipun akurasinya hanya pada nilai 98,36%. Dalam proses pengujian pengukuran beban dinamis, yaitu saat digunakan untuk mengukur perubahan beban dinamis penari, semua titik yang diinjak penari memunculkan pembacaan beban. Tapi untuk posisi-posisi digaris pinggir landasan, pembacaan beban tidak stabil. Luasan landasan juga menjadi penghambat penari untuk bergerak bebas sehingga diduga beban yang terukur belum menggambarkan beban sesungguhnya dari penari jika bergerak bebas. Yang menjadi kekurangan dinamometer ini adalah adanya kelambatan respon saat dilakukan pengukuran dinamis, dimana perubahan pembacaan *display* lebih lambat dari perubahan gerak penari, dengan rata-rata delay 0.468 detik. Hal ini menyebabkan kesulitan tersendiri untuk menganalisis aspek biomekanika meskipun bisa

memberikan gambaran cukup jelas untuk dinamika gayanya.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Dinamometer biomekanika dirancang dengan pemberian garis-garis jala pada plat form sebagai penanda jarak langkah gerakan. Dengan penambahan monitor digital (*display*) yang berfungsi untuk membaca setiap gerakan penari. Luasan desain landasan pengukuran terbatas dan menghambat kebebasan bergerak penari. Tingkat akurasi hasil pengukuran dengan cara kalibrasi terhadap alat ukur standar *Mettler Toledo* adalah 98,36%. Nilai akurasi ini masih termasuk kesalahan obyek akibat perbedaan pakaian dan situasi lingkungan saat uji kalibrasi. Terjadi kelambatan perubahan pembacaan pada *display* dari perubahan gerak penari dengan rata-rata 0.468 detik.

##### Saran

Mengingat luasan landasan pengukuran mempengaruhi keleluasaan bergerak penarinya, dan diduga bisa menyebabkan pembacaan beban tidak menggambarkan beban sesungguhnya yang dialami penari saat menari bebas, maka sebaiknya direncanakan penggunaan sensor beban yang didesain mirip sepatu balet. Sepatu ukur ini sebaiknya menggunakan sistem transfer data tanpa kabel sehingga kebebasan gerak penari bisa terjamin. Desain dinamometer berbentuk sepatu juga bisa memisahkan pembacaan beban untuk kaki kanan dan kiri secara definitif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Finahari, G. Rubiono, and I. Qiram, *Biomekanika Tari*. Yogyakarta: K-Media, 2019.
- [2] S. Latifa, "Mengoperasikan Alat Ukur," *Blogspot*, 2014. <http://latifah0307.blogspot.com/2014/03/mengoperasikan-alat-ukur.html> (accessed Jul. 11, 2020).
- [3] Y. Taalongonan, H. Kolibu, and B. Lumi, "Rancang Bangun Alat Penghitung Indeks Massa Tubuh," *J. Ilm. Sains*, vol. 14, no. 2, pp. 118–124, 2014.
- [4] A. Sabat, "Perancangan dan Kalibrasi Timbangan Digital," in *Pros. Nas. Rekayasa Teknol. Ind. Dan Inform. XIII*, 2019, pp. 173–177.
- [5] N. Fitria, "Analisis Perbandingan Tingkat Akurasi Timbangan Digital dan Manual Sebagai Alat Pengukur Berat Badan Anak," *J. Ilmu Komput. Dan Bisnis*, vol. 9, no. 1, pp. 1864–1868, 2018.
- [6] F. Neneng, D. Ginting, S. F. Retnawaty, N. Febriani, Y. Fitri, and S. P. Wirman, "Pentingnya Akurasi dan Presisi Alat ukur Dalam Rumah Tangga," *J. Pengabd. Untukmu Negeri.*, vol. 1, no. 2, pp. 61–64, 2017.
- [7] S. Joko, "Uji Kalibrasi (Ketidakpastian Pengukuran) Timbangan Digital Mengacu

- Pada Standar JCGM 100:2008,” *J. Tek. Mesin CAKRAM*, vol. 1, no. 1, pp. 12–16, 2018.
- [8] C. I. R. Arief and A. Ro’uf, “Aplikasi Sensor Load cell Pada Purwarupa Sistem Sortir Barang,” *Indones. J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 4, no. 1, pp. 35–44, 2014.
- [9] R. A. Sani and A. I. Maha, “Kontruksi Timbangan Digital Menggunakan Load Cell Berbasis Arduino Uno Dengan Tampilan LCD (Liquid crystal Display),” *J. Einstein*, vol. 5, no. 2, pp. 1–6, 2017.
- [10] D. Nofianto, S. A. Putra, P. Adri, and Didin, “Hasil Observasi Pra Eksperimen,” Malang, 2020.