

# NERACA PEGAS DENGAN BANTUAN VIDEO SEBAGAI ALAT UKUR GAYA PADA SISTEM YANG BERGERAK

Sawato Sisokhi Maruhawa\*<sup>1</sup>, I. E Santosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SMA Swasta Kristen Arastamar Nias Barat, <sup>2</sup>Pendidikan Fisika Universitas Sanata Dharma

e-mail\*<sup>1</sup>: sawatosisokhi@gmail.com

Diterima 1 September 2023

Disetujui 28 Mei 2024

Dipublikasikan 3 Juni 2024

<https://doi.org/10.33369/jkf.7.1.35-40>

## ABSTRAK

Penelitian tentang gerak lebih banyak dikaitkan dengan pengukuran kecepatan dan percepatan, sangat sedikit yang dikaitkan dengan gaya. Hal ini karena terkendala ketersediaan alat ukurnya. Sebagai alat ukur gaya, neraca pegas biasa digunakan untuk keadaan statis. Untuk itu telah dilakukan pengukuran gaya pada sistem yang berosilasi menggunakan neraca pegas dengan bantuan video. Penelitian ini menggunakan dua neraca pegas yang diikat pada dua benda. Sistem ini diletakkan di atas *air track* yang dipasang miring. Neraca pegas pertama dihubungkan pada suatu tiang tetap. Kedua benda dihubungkan dengan tali. Selama benda bergerak skala kedua neraca pegas direkam menggunakan smartphone. Hasil rekaman video kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Logger Pro. Hasil analisa gaya pada neraca pegas pertama menunjukkan gejala osilasi yang teredam. Neraca pegas kedua menunjukkan hubungan tegangan tali terhadap posisi benda yang berbentuk grafik linear. Eksperimen ini menunjukkan bahwa neraca pegas yang biasanya digunakan untuk pengukuran gaya yang statis dapat digunakan juga untuk keadaan dinamis.

Kata kunci—neraca pegas, gaya, Analisa video

## ABSTRACT

*Force measurement on an oscillating system have been performed using two spring balances and video analysis. This study employed two spring balances attached to two carts. The system was placed on an inclined air track. The first spring balance was connected to a fixed post. A rope was used to connect the two carts. Two smartphones were used to record the scale changes of the two spring balances. The recorded video was then processed using Logger Pro software. The results of the force analysis on the first spring balance indicated damped oscillation phenomena. The second spring balance revealed a linear relationship between the rope tension and the cart's position.*

*Keywords— spring balance, force, video analysis*

## I. PENDAHULUAN

Pengukuran besaran merupakan kegiatan yang sangat penting dalam bidang fisika. Acuan yang digunakan dalam pengukuran merupakan satuan standar yang berlaku secara umum, sehingga dapat digunakan pada berbagai pengukuran yang berbeda (1,2). Pengukuran besaran pada suatu eksperimen bertujuan untuk memperoleh nilai benar dari besaran yang diukur (3).

Pengukuran besaran-besaran dalam sistem benda yang bergerak dapat dilakukan dengan menggunakan sensor gaya, sensor gerak, dan video (4,5). Sensor gaya telah digunakan untuk pengukuran aliran air dari tabung (6,7). Berat dari air yang keluar melalui pipa kapiler diukur secara kontinyu menggunakan sensor gaya untuk mendapatkan koefisien kontraksi pada aliran air (7). Lopez *et.al* menggunakan sensor gaya untuk mengamati efek Coanda pada fluida yang mengalir (8). Sensor gaya juga telah digunakan untuk mengukur gaya pada magnet yang berada dalam solenoida (9,10). Analisis gerak benda menggunakan sensor gaya dan sensor gerak membutuhkan alat tambahan berupa interface. Alat alat semacam ini relatif mahal.

Pengukuran gaya juga dapat dilakukan dengan menggunakan neraca. Gaya interaksi antar dipol magnet diukur menggunakan neraca tiga lengan (11). Noxaic dan Fadel telah menggunakan neraca pegas untuk mengukur gaya apung pada bola yang dimasukkan ke dalam zat cair (12). Neraca pegas

telah digunakan untuk mengukur gaya pada benda yang bergerak di atas bidang miring (13). Gaya berat pada benda yang berada di dalam lift yang sedang bergerak telah diukur dengan neraca pegas, untuk mempelajari prinsip ekuivalensi (14). Nilai gaya dapat dilihat dari skala yang terdapat pada neraca pegas. Pengukuran gaya menggunakan neraca pegas biasanya dilakukan pada sistem yang diam karena setimbang. Pengukuran gaya yang berubah-ubah setiap waktu akan sulit dilakukan dengan menggunakan neraca pegas secara langsung.

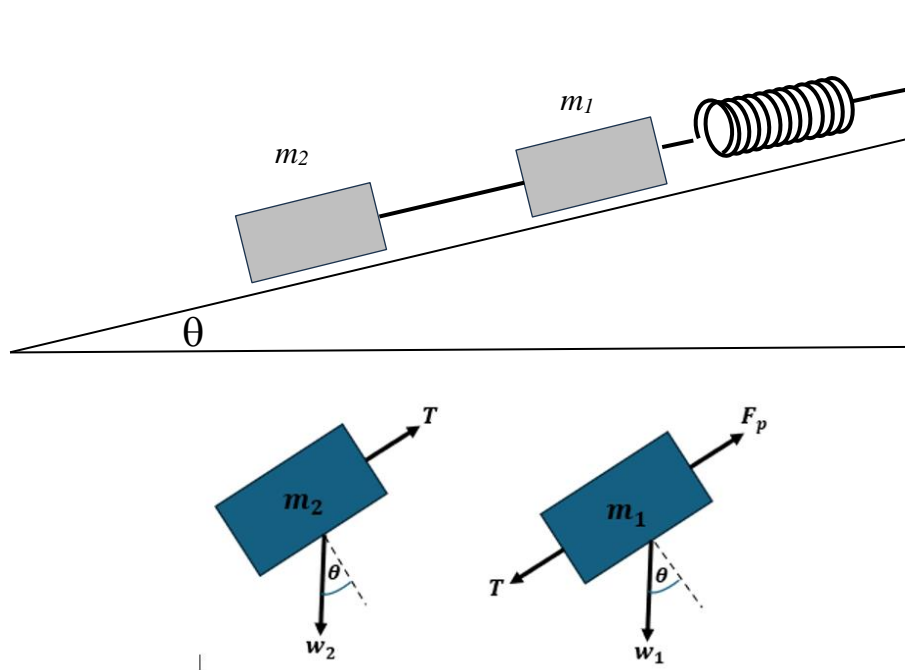
Banyak gejala fisika yang sulit untuk diukur, karena dibatasi oleh kemampuan pengamat dan alatnya, misalnya pengukuran besaran-besaran pada benda yang sedang bergerak. Hal ini dikarenakan skala yang teramati ikut berubah-ubah. Untuk mengatasi hal tersebut benda yang bergerak dianalisis dengan menggunakan analisis video (15–19). Gerakan benda direkam kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak seperti *Logger Pro* dan *Tracker*.

Berdasarkan pemaparan di atas dilakukan pengukuran gaya pada sistem yang sedang bergerak menggunakan neraca pegas dengan bantuan video. Sistem ini ditujukan untuk mengatasi keterbatasan alat ukur gaya pada pengamatan gejala yang dinamis. Neraca pegas yang biasanya digunakan untuk pengukuran gaya pada keadaan setimbang, disertai video agar dapat digunakan untuk keadaan dinamis. Perubahan gaya selama sistem bergerak akan diamati dari skala yang ditunjukkan oleh neraca pegas melalui analisis video. Analisis video dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Logger Pro* untuk memperoleh data gaya terhadap waktu atau posisi. Selanjutnya sistem ini akan digunakan untuk pengamatan gejala yang termasuk kompleks yaitu melibatkan lebih dari satu gaya.

**II. METODE PENELITIAN**

**2.1. Dasar teori**

Sepasang benda yang dihubungkan dengan seutas tali selanjutnya dihubungkan dengan pegas pada tiang tetap diletakkan pada lintasan miring ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Sepasang benda dengan pegas yang diletakkan pada bidang miring,  $m$ : massa,  $T$ : tegangan tali,  $F_p$ : gaya pegas,  $w$ : gaya berat dan  $\theta$ : sudut kemiringan bidang

Pada sistem tersebut kedua benda bermassa  $m_1$  dan  $m_2$  akan bergerak bolak balik. Selama benda bergerak, posisi benda pertama  $x$  berubah terhadap waktu mengikuti persamaan berikut.

$$x(t) = Ae^{-bt} \cos(\omega t + \phi) \tag{1}$$

dengan  $A$  adalah amplitudo,  $b$  adalah konstanta redaman,  $t$  adalah waktu,  $\omega$  adalah frekuensi sudut.

Ketika benda bergerak, gaya pegas dan tegangan tali pada sistem secara berurutan mengikuti persamaan 2 dan 3 berikut.

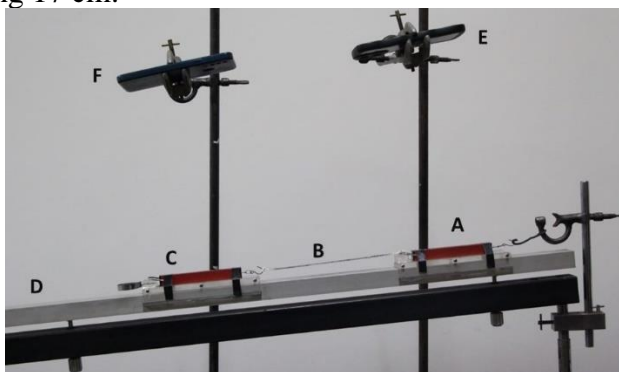
$$F_p = kx \tag{2}$$

$$T = \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} kx \quad (3)$$

dengan  $F_p$  adalah gaya pegas,  $k$  adalah konstanta pegas,  $x$  adalah posisi benda, dan  $T$  adalah tegangan tali.

## 2.2 Eksperimen

Penelitian ini menggunakan dua neraca pegas dan dua benda. Benda bermassa  $m_1$  pada gambar 1, tersusun dari benda 1 dan neraca pegas 1 yang diikat di atasnya. Dalam hal ini pegas pada gambar 1 menggunakan pegas yang sudah ada dalam neraca pegas 1. Selanjutnya ujung neraca pegas pada benda pertama  $m_1$  diikat pada statif. Benda  $m_2$  tersusun dari benda 2 dan neraca pegas 2. Ujung neraca benda kedua  $m_2$  dihubungkan dengan tali ke benda pertama. Susunan kedua benda diletakkan di atas lintasan *air track* yang telah dibuat miring seperti pada Gambar 2. Panjang lintasan *air track* seluruhnya adalah 150 cm, kemiringannya sebesar  $6^\circ$ . Benda yang diletakkan di atas *air track* masing-masing mempunyai panjang 17 cm.



Gambar 2. Susunan peralatan sistem dua benda pada bidang miring. A: benda pertama yang dipasang neraca pegas 1. B: tali penghubung benda pertama dan benda kedua. C: benda kedua yang dipasang neraca pegas 2. D: *air track*. E dan F: smartphone untuk merekam gerak kedua benda.

Pada susunan ini massa benda pertama  $m_1$  adalah massa total dari benda 1 dan neraca pegas 1, sedang massa benda kedua  $m_2$  adalah massa total dari benda 2 dan neraca pegas 2. Selanjutnya bila benda 2 disimpangkan ke bawah dan kemudian dilepas, sistem dua benda ini akan beresilasi naik turun. Neraca pegas 1 digunakan untuk mengukur gaya pegas, sedang neraca pegas 2 digunakan untuk mengukur tegangan tali.

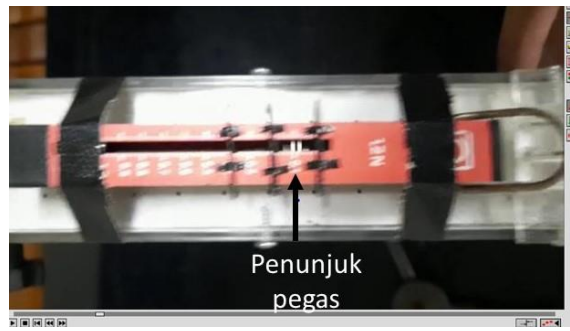
Smartphone berada di atas masing-masing benda ditujukan untuk merekam pergerakan dari kedua benda selama sistem bergerak. Analisis video dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Logger Pro. Hasil analisa rekaman menunjukkan posisi benda keseluruhan setiap waktu. Selain itu analisa khusus pada skala neraca pegas yang ada di benda digunakan untuk mengetahui nilai gayanya. Nilai pada neraca pegas benda pertama menunjukkan gaya pegas, sedangkan nilai pada neraca pegas benda kedua memberikan tegangan tali penghubung kedua benda.

Rekaman skala neraca pegas selama sistem bergerak menghasilkan efek blur sehingga cukup sulit diamati. Efek ini bergantung pada kecepatan benda dan pencahayaan selama perekaman (19). Untuk mempermudah pengamatan skala, pada skala neraca pegas ditambahkan kawat ringan sebagai acuan dalam memperkirakan data yang dihasilkan (Gambar 3).



Gambar 3. Neraca pegas di atas benda yang telah diberi kawat acuan pada skala 0 N, 0,2 N, dan 0,4 N

Gambar 3 menunjukkan kawat acuan yang dipasang pada skala neraca pegas yang bernilai 0,0 N; 0,2 N; dan 0,4 N. Pemberian kawat acuan pada skala dilakukan untuk mempermudah pengamatan skala neraca pegas ketika terjadi blur pada hasil video.



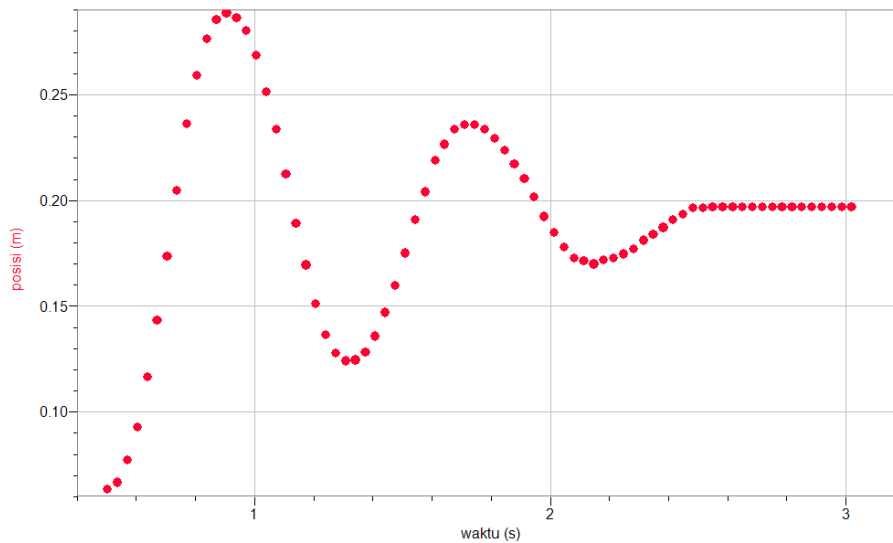
Gambar 4. Analisis video benda menggunakan perangkat lunak Logger Pro.

Analisis video dilakukan selama benda beresilasi, Sebagai contoh pada satu saat penunjuk pada skala pegas seperti pada Gambar 4. Nilai yang ditunjukkan pada skala dapat diperkirakan dari kedudukan kawat pertama yang bernilai 0 N dan kawat kedua yang bernilai 0,2 N. Kemudian jarak antara kawat-kawat terdekat adalah sebesar 0,2 N sehingga penunjuk pegas yang berada diantara kedua kawat dapat ditentukan nilainya.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa rekaman video menggunakan perangkat lunak *Logger Pro* memberikan data posisi benda pertama, gaya pegas dan tegangan tali setiap saat. Posisi benda diukur dari keadaan awal ketika neraca pegas pertama menunjukkan nilai nol. Gaya pegas ditunjukkan oleh posisi skala neraca pegas pertama yang berada pada benda pertama, sedangkan tegangan tali ditunjukkan oleh skala neraca pegas kedua.

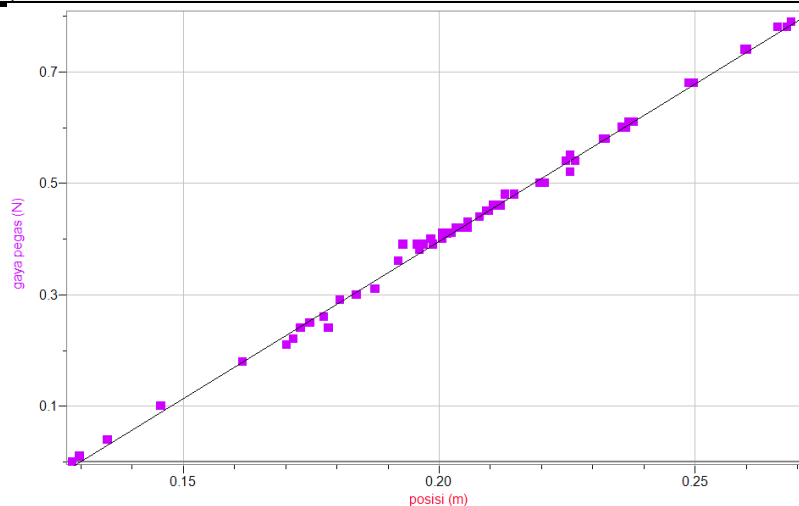
Dari analisa video dapat diperoleh data posisi terhadap waktu dari benda pertama seperti pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5, dapat dilihat hubungan antara posisi terhadap waktu membentuk grafik sinusoidal teredam. Bentuk grafik ini sesuai dengan persamaan (1).



Gambar 5. Grafik hubungan posisi benda pertama terhadap waktu

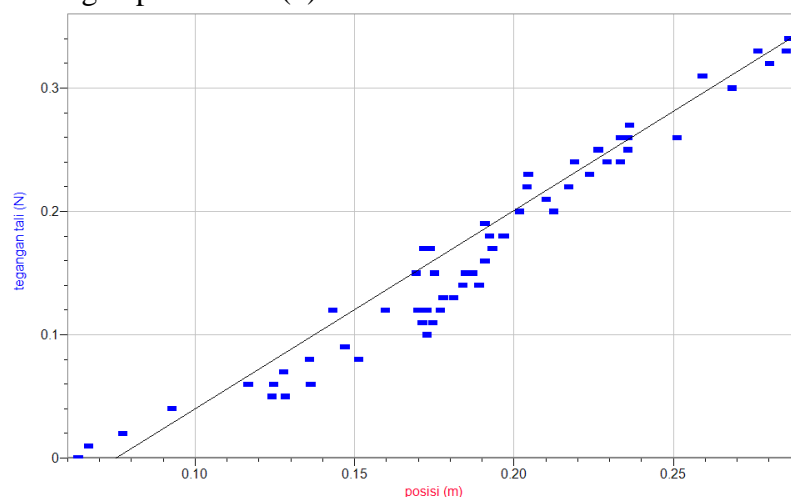
Ketika benda bergerak ke bawah, nilai posisi benda akan semakin besar. Pada keadaan ini neraca pegas akan tertarik ke bawah, hal ini akan menyebabkan gaya pegas yang dihasilkan semakin besar. Karena gaya pegas ini selanjutnya benda akan mencapai titik terjauh dan kemudian kembali bergerak ke atas. Gerakan bolak balik ini mengalami redaman yang ditunjukkan dengan simpangan terjauhnya semakin kecil dan akhirnya berhenti bergerak. Redaman ini terjadi karena adanya gesekan antara benda dengan lintasannya.

Hubungan antara gaya pegas dan posisi ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil ini menunjukkan adanya hubungan linear antara gaya pegas terhadap simpangan pegas yang sesuai dengan persamaan (2).



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Gaya Pegas terhadap Posisi.

Selama benda pertama beresilasi, benda kedua turut bergerak naik turun karena keduanya dihubungkan dengan tali. Tegangan tali yang menghubungkan kedua benda dapat diketahui dari analisa video pada neraca pegas yang berada di benda kedua. Hubungan antara tegangan tali terhadap posisi ditunjukkan pada gambar 7. Berdasarkan gambar 7, dapat dilihat hubungan antara tegangan tali terhadap posisi menghasilkan grafik linear. Bentuk grafik hubungan linear antara tegangan tali  $T$  dan posisi  $x$  ini sesuai dengan persamaan (3).



Gambar 7. Grafik Hubungan antara Tegangan Tali terhadap Posisi.

Eksperimen ini menunjukkan bahwa neraca pegas yang biasanya digunakan untuk pengukuran gaya dalam keadaan diam atau setimbang dapat pula digunakan pada kondisi gerak. Hal ini dilakukan dengan bantuan video untuk merekam posisi skala neraca pegas setiap saat. Nilai gaya setiap saat diperoleh dari analisa rekamannya.

Sistem yang diamati pada eksperimen ini termasuk kompleks yang melibatkan gaya pegas, gaya gesek dan tegangan tali. Pengaruh gaya pegas mengakibatkan benda beresilasi, bergerak naik turun. Gaya gesek menyebabkan simpangan osilasinya akan mengecil dan berhenti.

Dari pengamatan diketahui bahwa talinya tegang, tidak pernah kendur. Hal ini menandakan bahwa besarnya simpangan benda pertama dan kedua selalu sama. Gerakan benda kedua mengikuti gerakan benda pertama. Meskipun demikian tegangan tali penghubung kedua benda tidak konstan, berubah tergantung pada posisi benda kedua terhadap benda pertama.

Penelitian ini menggunakan dua benda di atas *air track*. Osilasi yang teramati terbatas, menjadi cepat teredam. Hal ini disebabkan posisi kedua benda tidak stabil, benda dapat goyang sehingga bergesekan dengan bagian samping landasannya.

#### IV. SIMPULAN

Neraca pegas dapat digunakan dalam pengukuran gaya pada sistem yang bergerak dengan

menggunakan bantuan video. Data gaya dapat diperoleh dengan mengamati rekaman skala pada neraca pegas yang dianalisis dengan perangkat lunak seperti *Logger Pro*. Dalam sistem dua benda dan pegas ini, dengan menggunakan analisis video, dapat diperoleh data posisi, gaya pegas dan tegangan tali. Metoda pengukuran ini dapat diterapkan pada praktikum di sekolah menengah atau perguruan tinggi, misalnya penentuan konstanta pegas dengan mengukur gaya pegasnya.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak P. Ngadiono dan rekan Monica Gratia Kariyadi yang telah membantu pelaksanaan eksperimen.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Young HD. Fisika Universitas. Jakarta: Erlangga; 2002.
2. Tipler PA. Fisika untuk Sains dan Teknik. Jakarta: Erlangga; 1998.
3. Santosa IE. Metoda Pengukuran Fisika. Yogyakarta: Sanata Dharma University Press; 2018.
4. Mungan CE. Conceptual and laboratory exercise to apply Newton's second law to a system of many forces. *Phys Educ*. 2012 May 1;47(3):274.
5. Maruhawa S, Santosa I. Analisis Gerak Benda pada Sistem dengan Banyak Gaya menggunakan Sensor Gaya, Sensor Gerak dan Video. In: Seminar Nasional Fisika Unsoed Purwokerto. 2022. p. 165–71.
6. Fairman SJ, Johnson JA, Walkiewicz TA. Fluid Flow with Logger Pro. *Phys Teach*. 2003;41:345–50.
7. Apriati YN, Santosa IE. Pengukuran koefisien kontraksi pada aliran menggunakan sensor gaya. In: Prosiding Pertemuan Ilmiah XXXI HFI Jateng dan DIY. 2017. p. 54–8.
8. López-Arias T, Gratton LM, Bon S, Oss S. "Back of the Spoon" Outlook of Coanda Effect. *Phys Teach*. 2009;47:508–12.
9. Ha H, Jang T, Sohn SH, Kim J. Magnetic Force between a Multilayered Solenoid and a Magnet. *Phys Teach*. 2022;69:663–6.
10. Kwon M, Jung J, Jang T, Sohn S. Magnetic Forces Between a Magnet and a Solenoid. *Phys Teach*. 2020;58:330–4.
11. Gayetsky LE, Caylor CL. Measuring the Forces Between Magnetic Dipoles. *Phys Teach*. 2007;45:348–51.
12. Noxaïc A Le, Fadel K. How to Use the Archimedes Paradox for Educational Purposes. *Phys Teach*. 2022;60:137–9.
13. Manrique IV, Gutiérrez GR, González DAM. Kinetic Friction: Time Upward and Downward. *Phys Teach*. 2019;57:142–5.
14. Kapotis E, Kalkanis G. Einstein's Elevator in Class: A SelfConstruction by Students for the Study of the Equivalence Principle. *Phys Teach*. 2016;54:404–7.
15. Castaneda A. Rectilinear movement and functions through the analysis of videos with Tracker. *Phys Teach*. 2019;57(7):506.
16. Wee LK, Tan KK, Leong TK, Tan C. Using Tracker to understand "toss up" and free fall motion: A case study. *Phys Educ*. 2015 Jul 1;50(4):436–42.
17. Vollmer M, Möllmann KP. Time-lapse videos for physics education: specific examples. *Phys Educ*. 2018;53(3):035030.
18. Vollmer M, Möllmann KP. Slow speed—fast motion: time-lapse recordings in physics education. *Phys Educ*. 2018;53(3):035019.
19. Santosa IE. Elongation effect on the recorded moving bar analysis using Tracker. *Phys Educ*. 2022;57:025027.