



Jenis Artikel: *orginal research*

## Pengukuran Percepatan Gravitasi Bumi di Beberapa Kota di Indonesia dan Turki dengan Menggunakan *Tracker*

Natania Carmenita Medellu<sup>1</sup>, Muhammad Zahran<sup>1</sup>, Ika Mustika Sari<sup>1</sup>, Tri Utomo Budi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia

Corresponding e-mail: nataniacm@upi.edu

**KATA KUNCI:** Gerak jatuh bebas, Percepatan gravitasi, *Tracker*, *Video based laboratory*

Diterima: 14 Mei 2023  
Direvisi: 08 Juni 2023  
Diterbitkan: 16 Juli 2023  
Terbitan daring: 16 Juli 2023

**ABSTRAK.** Percepatan gravitasi bumi merupakan materi fisika yang dipelajari di sekolah. Dalam literatur, nilai percepatan gravitasi bumi sudah ditentukan yaitu sebesar  $9,8 \text{ m/s}^2$  atau sering dibulatkan menjadi  $10 \text{ m/s}^2$ . Faktanya, percepatan gravitasi bumi di setiap tempat bervariasi tergantung pada beberapa faktor, salah satunya jarak suatu tempat terhadap permukaan bumi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengukur percepatan gravitasi bumi di beberapa Kota di Indonesia dan Turki tepatnya di Kota Bandung, Yogya, Riau, dan Istanbul menggunakan analisis gerak jatuh bebas. Dalam pembuktiannya, peneliti mengimplementasikan *Video-based Laboratory* menggunakan *software tracker* yang siap dipakai untuk mengukur percepatan gravitasi di berbagai wilayah yang berbeda. Pengukuran dilakukan dengan cara menganalisis rekaman video gerak jatuh bebas yang diambil pada beberapa wilayah tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa percepatan gravitasi bumi di Bandung, Yogya, Riau dan Istanbul secara berturut-turut ialah  $9,69 \text{ m/s}^2$ ,  $9,77 \text{ m/s}^2$ ,  $9,78 \text{ m/s}^2$ , dan  $9,76 \text{ m/s}^2$ . Hasil ini mendekati nilai percepatan gravitasi bumi dalam literatur dan berhasil membuktikan variasi nilai percepatan gravitasi bumi berdasarkan perbedaan jarak kota tersebut terhadap permukaan bumi. Maka dari itu, disimpulkan bahwa pengimplementasian *Video-based Laboratory* berbantuan *software tracker* dapat menjadi opsi proses pengukuran percepatan gravitasi bumi di berbagai wilayah dengan mudah.

### 1. Pendahuluan

Fisika merupakan salah satu cabang dari ilmu sains. Melalui pembelajaran sains, siswa diharapkan untuk dapat mengamati fenomena yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari lalu menganalisisnya sehingga mereka mampu memprediksi perilaku fenomena lainnya (Sari, 2019). Salah satu fenomena fisika yang mudah untuk diamati dalam kehidupan sehari-hari ialah percepatan gravitasi bumi. Sebuah benda dapat bergerak jatuh menuju lantai atau suatu permukaan yang lebih rendah darinya karena adanya percepatan gravitasi bumi.

Percepatan gravitasi bumi disebabkan akibat adanya gravitasi bumi atau gaya tarik bumi. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan oleh Henry Cavendish di tahun 1789 dengan menggunakan osilasi pendulum, ia menemukan nilai rata-rata percepatan gravitasi di bumi ialah  $9,8 \text{ m/s}^2$  yang nilai tersebut dibulatkan menjadi  $10 \text{ m/s}^2$ . Namun, nilai percepatan gravitasi di bumi tidaklah sama atau bervariasi berdasarkan faktor berikut, diantaranya: (i) bentuk bumi yang tidak benar-benar bulat, (ii) jarak suatu wilayah terhadap permukaan bumi, dan (iii) perbedaan kepadatan massa bumi (Daryono, 1992; Hewitt, 1997; Giancoli, 1998; Afifah dkk., 2015). Pada penelitian ini, peneliti berfokus pada faktor yang kedua yang menyatakan bahwa nilai percepatan gravitasi bumi bervariasi berdasarkan jarak suatu wilayah terhadap permukaan bumi. Jarak suatu wilayah ini dapat berupa ketinggian suatu wilayah terhadap permukaan bumi atau bahkan berdasarkan garis lintangnya (Shi dkk., 2021). Berdasarkan ketinggiannya, semakin tinggi suatu wilayah maka nilai percepatan gravitasi bumi akan semakin mengecil dan sebaliknya. Sedangkan berdasarkan garis lintangnya, semakin dekat wilayah tersebut terhadap garis khatulistiwa, maka nilai percepatan gravitasi bumi akan semakin mengecil dibandingkan wilayah yang jauh dengan garis khatulistiwa (atau mendekati kedua kutub).

Kaleka, Deke, dan Nani (2018) melakukan percobaan menggunakan bandul sederhana untuk membandingkan nilai percepatan gravitasi bumi di beberapa tempat yang berbeda ketinggiannya di Kabupaten Sumba Barat Daya. Mereka menyatakan bahwa terdapat hubungan antara ketinggian dan nilai percepatan gravitasi bumi. Semakin tinggi nilai MDPL maka nilai percepatan gravitasi bumi akan semakin kecil dan juga sebaliknya semakin rendah nilai MDPL maka percepatan gravitasi bumi akan semakin besar. Begitu pula perhitungan yang dilakukan oleh Shi dkk (2021) menyatakan hal yang serupa. Sayangnya penelitian terhadap topik ini masih jarang dilakukan. Belum ada penelitian yang membandingkan nilai percepatan gravitasi bumi di berbagai kota bahkan negara, baik yang berada pada ketinggian maupun garis lintang yang berbeda. Salah satu keterbatasannya ialah cukup sulit untuk melakukan percobaan di setiap wilayah tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan percobaan yang efektif dan efisien untuk membuktikan variasi nilai percepatan gravitasi bumi di berbagai kota atau negara.

Terdapat berbagai percobaan yang dapat dilakukan untuk mencari percepatan gravitasi bumi seperti gerak jatuh bebas, gerak parabola, gerak pada bidang miring, ayunan bandul sederhana, bandul fisik, dan mesin atwood (Afifah dkk., 2015; Suwanpayak dkk., 2018; Elot dkk., 2022). Dibanding percobaan lainnya, percobaan gerak jatuh bebas hanya membutuhkan alat dan bahan yang paling sedikit. Hal tersebut dikarenakan konsep gerak jatuh bebas merupakan konsep yang menjelaskan gerak benda yang dilepaskan dari suatu ketinggian tertentu terhadap tanah tanpa kecepatan awal dan hanya dipengaruhi oleh percepatan gravitasi sehingga percobaan ini dianggap paling mudah untuk menentukan nilai percepatan gravitasi di bumi. Selain itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suwanpayak dkk (2018), percobaan gerak jatuh bebas terbukti memiliki persentase kesalahan yang paling kecil, yaitu sebesar 0,41% dibandingkan percobaan ayunan bandul sederhana, bandul fisik, dan mesin atwood. Sayangnya, proses analisis data hasil percobaan ini tidak mudah untuk dilakukan karena peneliti tidak dapat langsung mengetahui nilai percepatan gravitasinya secara langsung (Fatimah dkk., 2020). Data hasil percobaan harus dianalisis secara manual menggunakan persamaan. Dalam menentukan percepatan gravitasi bumi melalui percobaan gerak jatuh bebas, dapat menggunakan persamaan berikut.

$$v_t = g \times t \quad (1)$$

Dalam mempermudah proses analisis, perlu dilakukan pengembangan terhadap set eksperimen gerak jatuh bebas untuk menghasilkan data dengan ketelitian dan ketepatan yang baik (Nurhayati dkk., 2021).

Terdapat banyak metode analisis percobaan secara digital seiring dengan perkembangan teknologi, salah satunya ialah metode *Video Based Laboratory* (VBL). Metode ini merupakan metode analisis yang menggunakan media komputer sehingga memungkinkan untuk mengamati gerakan atau kejadian yang tidak dapat diamati mata manusia. Analisis VBL juga menampilkan data kuantitas eksperimen dalam bentuk tabel dan grafik sehingga dapat menyempurnakan penelitian yang dilakukan (Beichner dan Abbot, 1999; Bryan, 2004; Fatimah dkk., 2020). *Software Tracker* merupakan salah satu *software* yang sering digunakan dalam VBL, hal ini didukung oleh beberapa penelitian sebelumnya (Habibulloh dan Madlazim, 2014; Afifah dkk., 2015; Ristiawan, 2018; Fatimah dkk., 2020; Toda dkk., 2020).

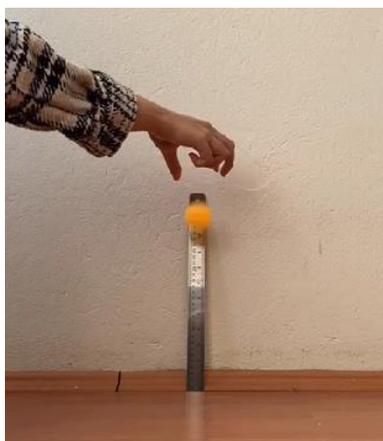
Pertimbangan lainnya yaitu dengan menggunakan metode VBL, percobaan dapat dilakukan dan dianalisis kapan pun dan dimana pun karena percobaan yang dilakukan direkam menjadi rekaman video sehingga peneliti tidak perlu berada langsung di tempat dilakukannya percobaan. Oleh karena itu, peneliti menggunakan *Video Based Laboratory* berbantuan *software tracker* sebagai alternatif metode analisis percobaan gerak jatuh bebas untuk menentukan nilai percepatan gravitasi di berbagai belahan dunia dengan mudah tanpa harus berangkat ke tempat tersebut. Peneliti mengambil empat wilayah untuk dibandingkan yaitu kota Bandung, Yogyakarta, Riau, dan Istanbul. Keempat wilayah ini berada pada garis lintang dan ketinggian dari permukaan laut yang berbeda sehingga peneliti dapat membuktikan variasi nilai percepatan gravitasi di bumi.

Maka dari itu, perumusan masalah yang akan dikaji adalah: (1) apakah terdapat variasi pada nilai percepatan gravitasi di Bandung, Yogyakarta, Riau, dan Istanbul? Dan (2) apakah metode VBL berbantuan *software tracker* dapat menjadi alternatif analisis data yang mudah untuk dilakukan?. Adapun tujuan penelitian ini untuk mengetahui variasi nilai percepatan gravitasi bumi di wilayah yang berbeda dan mengetahui penggunaan metode VBL berbantuan *software tracker* dapat menjadi alternatif analisis data yang mudah.

## 2. Metode

Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan menggunakan percobaan gerak jatuh bebas. Jumlah pengambilan sampel pada penelitian ini diambil di empat wilayah berbeda yaitu kota Bandung, Yogyakarta, Riau, dan Istanbul. Percobaan tidak dilakukan secara langsung oleh peneliti, melainkan dibantu oleh rekan-rekan yang berada di wilayah tersebut yang kemudian direkam dan dikirim kepada peneliti melalui media sosial.

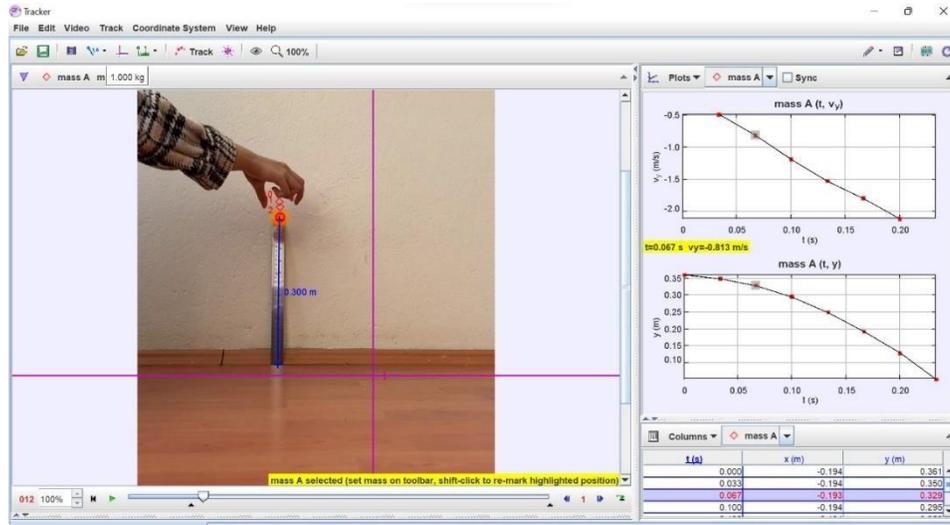
Adapun alat dan bahan yang digunakan terdiri dari bola, *calibration tool*, *tripod*, dan kamera ponsel. Salah satu contoh skema set gerak jatuh bebas seperti ditunjukkan pada gambar 1. Dalam gambar tersebut, digunakan bola pingpong sebagai benda yang akan mengalami gerak jatuh bebas, penggaris sebagai *calibration tool*, *tripod* yang digunakan untuk menahan ponsel, serta kamera ponsel untuk merekam



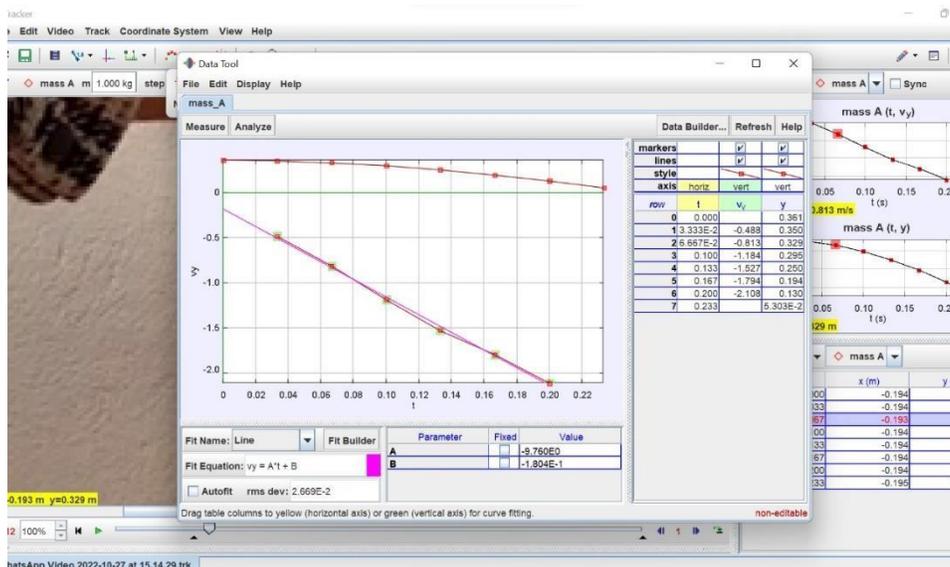
**Gambar 1.** Set alat percobaan gerak jatuh bebas

percobaan.

Teknik pengumpulan datanya ialah menentukan *calibration tool*, kemudian bola dijatuhkan dari ketinggian tertentu. Proses ini direkam oleh kamera ponsel. Setelah itu, rekaman video dikirim kepada peneliti lalu dipindahkan ke laptop untuk dianalisis. Analisis rekaman video gerak jatuh bebas menggunakan *software tracker* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Masukkan rekaman video yang akan dianalisis pada *software* tersebut, kemudian atur *calibration sticknya* sesuai dengan *calibration tool* yang digunakan pada percobaan, lalu lakukan *autotrack* dan akan muncul grafik dan data pada tabel di sebelah kanan rekaman video. Setelah itu, pilih *analyze* dan pada bagian *curve fitter* pilih *line* maka akan muncul informasi yang menyatakan nilai



Gambar 2. Analisis rekaman video menggunakan *software tracker*



Gambar 3. Hasil analisis pada *software tracker*

percepatan gravitasi bumi seperti pada gambar 3.

Dengan membandingkan persamaan gerak pada *software tracker* dengan persamaan percepatan pada persamaan (1), diperoleh nilai percepatan gravitasi bumi yang ditunjukkan pada parameter a. Teknik pengumpulan data dan analisis data ini dilakukan pada 4 wilayah yang akan diteliti percepatan gravitasinya.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil

Setelah dilakukan percobaan sesuai metode di atas untuk empat wilayah berbeda yaitu kota Bandung, Yogyakarta, Riau, dan Istanbul, diperoleh hasil pengukuran percepatan gravitasi bumi seperti pada tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil analisis percobaan

Kota	Derajat Lintang	Derajat Busur	Ketinggian wilayah (m)	Percepatan Gravitasi ( $m/s^2$ )	RMSD
Bandung	-6.861456	107.589947	917	9.693	8.5 E-06
Yogyakarta	-7.947085	110.284813	32	9.774	1.29 E-02
Riau	0.919491	104.5143728	17	9.78	1.32 E-03
Istanbul	41.08	29.005	123	9.76	2.67 E-02

#### 3.2 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi nilai percepatan gravitasi bumi di wilayah yang berbeda dan mengetahui penggunaan metode VBL berbantuan *software tracker* dapat menjadi alternatif analisis data yang mudah. Dalam menjawab tujuan yang pertama, dilakukan pengambilan data di empat wilayah berbeda dan memperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel 1. Nilai percepatan gravitasi yang paling besar ialah di kota Riau yaitu  $9.78 \pm 1.32 \times 10^{-3}$  sedangkan nilai percepatan gravitasi yang paling kecil ialah di kota Bandung yaitu  $9.693 \pm 8.5 \times 10^{-6}$ . Hal tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan pada derajat lintang dan ketinggian tempat dilakukannya percobaan. Namun secara keseluruhan, seluruh data tersebut memperoleh nilai percepatan gravitasi yang mendekati teori.

Percepatan gravitasi bumi di wilayah khatulistiwa memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan di wilayah yang mendekati kutub, hal ini disebabkan lebih besarnya jarak khatulistiwa ke pusat. Nilai percepatan gravitasi pada khatulistiwa ialah  $g = 9,7929 m/s^2$  sedangkan pada kedua kutub ialah  $g = 9,8266 m/s^2$  (Shi dkk., 2021). Begitu pula terdapat pengaruh dari ketinggian wilayah terhadap permukaan lautnya. Semakin tinggi wilayah tersebut maka akan semakin kecil nilai percepatan gravitasinya dan sebaliknya semakin rendah wilayah tersebut maka akan semakin besar nilai percepatan gravitasinya (Daryono, 1992; Hewitt, 1997; Giancoli, 1998). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Artawan (2013) yang memperoleh hasil bahwa percepatan gravitasi di setiap tempat di bumi bervariasi berdasarkan posisi atau koordinat itu berada. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Kaleka dkk (2018) memperoleh nilai percepatan gravitasi yang bervariasi berdasarkan ketinggian wilayah dilakukannya penelitian tersebut, serta perhitungan yang dilakukan oleh Shi dkk (2021) terkait pengaruh garis lintang dan ketinggian suatu wilayah terhadap nilai percepatan gravitasinya.

Berdasarkan teori, kota Istanbul seharusnya memiliki nilai percepatan gravitasi yang terbesar dibanding kota Riau karena derajat lintang atau posisi kota Istanbul yang lebih jauh dengan garis khatulistiwa. Namun karena tidak adanya batasan dalam penentuan wilayah dilakukannya percobaan sehingga percobaan dilakukan di ketinggian yang berbeda-beda, hal itu mempengaruhi hasil percobaan sehingga menjadi cukup terganggu dengan sebagaimana mestinya yang dinyatakan oleh teori. Akan tetapi, percobaan ini sudah berhasil membuktikan bahwa adanya variasi nilai percepatan gravitasi di berbagai wilayah bumi.

Selanjutnya untuk menjawab tujuan penelitian yang kedua, seluruh percobaan gerak jatuh bebas ini dianalisis menggunakan VBL berbantuan *software tracker*. Selain kota Bandung, peneliti tidak melakukan percobaan secara langsung melainkan meminta bantuan rekan-rekan untuk melakukan percobaan gerak jatuh bebas di wilayah masing-masing kemudian merekamnya dalam bentuk video. Pengambilan data dapat terbilang cukup mudah karena hanya membutuhkan alat dan bahan yang sederhana dan bisa ditemukan dalam kehidupan sehari-hari sehingga hanya memakan waktu kurang dari sehari. Rekaman video kemudian

dikirim dan dipindahkan ke laptop, lalu peneliti melakukan analisis pada setiap rekaman video tersebut. Proses pengambilan data hingga analisis data sehingga memperoleh hasil penelitian hanya membutuhkan waktu selama kurang lebih dua minggu. *Software tracker* yang memiliki banyak fitur terbukti mempermudah proses analisis data sehingga peneliti tidak perlu menghitung secara manual menggunakan persamaan. Akan tetapi, terdapat hal teknis yang perlu dipertimbangkan karena dapat mempengaruhi proses analisis data seperti: (i) kualitas kamera yang digunakan untuk merekam video percobaan, dan (ii) penggunaan *tripod* agar rekaman video lebih stabil.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan uraian hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa terdapat variasi nilai percepatan gravitasi bumi di kota Bandung, Yogyakarta, Riau, dan Istanbul. Variasi ini disebabkan oleh perbedaan koordinat wilayah terhadap khatulistiwa bumi dan ketinggian wilayah terhadap permukaan laut. Hasil penelitian memperoleh hasil yang mendekati teori yaitu di sekitar  $9,6 \text{ m/s}^2$  hingga  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Selain itu dapat dikatakan bahwa pengimplementasian *Video-based Laboratory* berbantuan *software tracker* dapat menjadi opsi proses pengukuran percepatan gravitasi bumi di berbagai wilayah belahan dunia dengan mudah. Beberapa kemudahan dari penggunaan *software tracker* adalah berikut: (i) percobaan dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja dengan minim halangan (biaya, lokasi yang jauh, pencarian alat dan bahan), dan (ii) analisis video melalui *software* langsung memberikan hasil dalam bentuk tabel dan grafik tanpa perlu melakukan perhitungan secara manual menggunakan persamaan gerak jatuh bebas.

Saran untuk penelitian selanjutnya dengan topik bahasan yang sama, sebaiknya diberikan batasan untuk penentuan wilayah percobaan, seperti melakukan percobaan pada derajat lintang yang berbeda namun ketinggian yang sama atau sebaliknya melakukan percobaan pada derajat lintang yang sama namun ketinggian yang berbeda. Selain itu, peneliti perlu memperhatikan teknis pengambilan video percobaan sehingga dapat memperoleh hasil yang lebih maksimal.

#### Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penelitian ini: rekan-rekan yang melakukan perekaman video percobaan gerak jatuh bebas di kota Bandung, Riau, Yogyakarta, dan Istanbul. Kemudian terima kasih kepada Bapak dan Ibu dosen UPI Bandung yang telah memberikan banyak ide, saran, masukan, serta dukungan yang tidak berkesudahan.

#### Keterlibatan Penulis

NCM menulis manuskrip original dan manuskrip revisi, MZ melakukan analisis data percobaan, IMS memberi gagasan pokok ide penelitian serta membantu penulisan manuskrip, dan TUB merancang alat percobaan dan menghubungi rekan-rekan yang berkontribusi dalam percobaan.

#### Daftar Pustaka

- Afifah, D.N., Yulianawati, D., Agustina, N., dkk. 2015. Metode Sederhana Menentukan Percepatan Gravitasi Bumi Menggunakan Aplikasi Tracker Pada Gerak Parabola Sebagai Media dalam Pembelajaran Fisika Sma. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains (SNIPS 2015)*, 305-308. Bandung. <https://www.researchgate.net/publication/308163319>.
- Artawan, P. 2013. Analisis Variatif Gravitasi Bumi di Berbagai Koordinat Dengan Ayunan Sederhana. *Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA III Tahun 2013*, 396-399. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/semnasmipa/article/view/2735>.
- Beichner, R.J., dan Abbot, D.S. 1999. Video-based Labs for Introductory Physics Courses: Analyzing and Graphing Motion on Video. *Journal of College Science Teaching (JCST)*. 29(2), 101-104. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:14131881>.
- Bryan, J. 2004. Video Analysis Software and Investigation of the Conservation Mechanical Energy. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education (Online serial)*. 4(3). doi: <http://dx.doi.org/10.201088/0031-9120/45/1/005>.

- Daryono. 1992. *Gravitasi dan Faktor Penyebabnya*. Jakarta.
- Elot, Y. M., Alus, G., dan Nasar, A. 2022. Analisis Percepatan Gravitasi Berbasis Video Tracking pada Ayunan Bandul. *Jurnal Kumbaran Fisika*. 5(2), 69-76. doi: <https://doi.org/10.33369/jkf.5.2.69-76>.
- Fatimah, Putri, A.H., Liliawati, M., dkk. 2020. Analisis Gerak Lurus Dalam Fluida dengan menggunakan Aplikasi Tracker. *Prosiding Seminar Nasional Fisika 6.0*, 281-285. Bandung: FPMIPA UPI. <http://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi/article/view/1300>.
- Giancoli, D.G. 1998. *Fisika Jilid 1 Edisi Kelima*. Jakarta, Erlangga.
- Habibulloh M., dan Madlazim, M. 2014. Penerapan Metode Analisis Video Software Tracker dalam Pembelajaran Fisika Konsep Gerak Jatuh Bebas untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Siswa kelas X SMAN 1 Sooko Mojokerto. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*. 4(1), 15-22. doi: <https://doi.org/10.26740/jpfa.v4n1.p15-22>.
- Hewitt, P.G. 1997. *Conceptual Physics Seventh Edition*. New York, Happercollins College Div.
- Kaleka, Y.U., Deke, O., dan Nani, G. 2021. Membandingkan Nilai Percepatan Gravitasi Bumi di Beberapa Tempat dengan Menggunakan Bandul Sederhana di Kabupaten Sumba Barat Daya. *Jurnal Edukasi Sumba (JES)*. 5(1), 10-16. doi: <https://doi.org/10.53395/jes.v5i1.275>.
- Nurhayati, Ayu R.D., dan Aslamiyah, S. 2021. Penentuan Nilai Percepatan Gravitasi Bumi dengan Model Gerak Jatuh Bebas di Laboratorium Fisika UIN Ar-Raniry Banda Aceh. *Jurnal Phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan*. 2(1), 15-18. doi: <http://dx.doi.org/10.22373/p-jpft.v2i1.8347>.
- Ristiawan, A. 2018. Analisis Gerak Jatuh Bebas dengan Metode Video Based Laboratory (VBL) menggunakan Software Tracker. *JoTALP: Journal of Teaching and Learning Physics*. 2(2), 26-30. doi: <http://dx.doi.org/10.15575/jtlp.v3i2.6556>.
- Sari, I.M., Fauzi, D., Malik, A., dkk. 2019. Excavating the Quality of Vocational Students' Mental Models and Prediction on Heat Conduction. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1204(2019) 012042. doi: 10.1088/1742-6596/1204/1/012042.
- Shi, X., Wang, X., Zhang, L., dan Guo, K. 2021. Influence Factors of Gravitational Acceleration near the Earth. *Journal of Physics: Conference Series* 1865(2021) 022014. doi: 10.1088/1742-6596/1865/2/022014.
- Suwanpayak, N., Sutthiyan, S., Kulsirirat, K., dkk. 2018. A comparison of gravitational acceleration measurement methods for undergraduate experimen. *Journal of Physics: Conference Series* 1144(2018) 012001. doi :10.1088/1742-6596/1144/1/012001.
- Toda S.Y.G., Tati, M.Y.M., Bhoga, Y.C., dan Astro, R.B. 2020. Penentuan Percepatan Gravitasi Menggunakan Konsep Gerak Jatuh Bebas. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*. 4(1), 30-37. doi: <https://doi.org/10.37478/optika.v4i1.367>.