

Variasi Ketinggian MDPL terhadap Nilai Percepatan Gravitasi Bumi pada Konsep Gerak Jatuh Bebas (GJB) untuk Pendekatan Pembelajaran

Muhammad Subhan^{1),*}, Eka Rahmawati¹⁾, Lis Suswati¹⁾, Yus'iran¹⁾, Fatimah¹⁾

¹⁾STKIP Bima

*d.hans2102@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini menjelaskan konsep fisika terhadap nilai percepatan gravitasi bumi pada gerak jatuh bebas. Percepatan gravitasi bumi yang dialami oleh suatu objek yang berada di permukaan laut khatulistiwa besarnya adalah $9,832 \text{ m/s}^2$. Dalam pembelajaran fisika dengan nilai percepatan gravitasi yang disajikan dalam buku-buku pembelajaran dianggap nilai yang sudah baku sehingga tidak berubah-ubah. Penting dilakukan sebagai pendekatan pembelajaran dengan melakukan verifikasi pengaruh ketinggian MDPL terhadap nilai percepatan gravitasi untuk melakukan konformasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh ketinggian MDPL terhadap nilai percepatan gravitasi bumi. Metode dalam penelitian ini adalah eksperimen yang dilakukan pada tempat dan ketinggian (MDPL) yang berbeda-beda. Setiap tempat dilakukan pengambilan data berulang masing-masing sebanyak 30 kali dan melihat deviasi sebagai nilai ralat. Data dianalisis menggunakan persamaan matematis fisika percepatan gravitasi untuk gerak jatuh bebas, kemudian dilihat margin error. Hasil penelitian menunjukkan nilai percepatan gravitasi dari enam tempat yang berbeda diantaranya 15 MDPL = $8,52 \pm 2,3$; 50 MDPL = $9,67 \pm 2,9$ sampai 237 MDPL = $10,23 \pm 2,6$ dan rata-rata tingkat kesalahan 27 %. Korelasi ketinggian MDPL terhadap nilai percepatan gravitasi dilakukan *fitting* dengan menggunakan persamaan linier $y = ax + b$ dalam bentuk grafik korelasi dengan $R^2 = 0.65$ pada kategori sedang.

Kata kunci: Percepatan Gravitasi Bumi, Gerak Benda Jatuh Bebas (GJB)

1. PENDAHULUAN

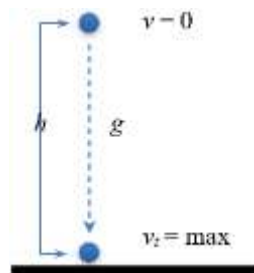
Konsep gravitasi mempelajari gerakan benda baik di atas permukaan bumi maupun di luar angkasa, dan bagaimana benda langit bisa bergerak (Rahayu et al., 2019) Gaya gravitasi yang pertama kali ditemukan oleh Newton pada tahun 1687 adalah interaksi antara dua buah benda (Siregar & Tamimah, 2022). Dibandingkan dengan interaksi dasar lain yang terjadi dalam partikel-partikel elementer, gaya gravitasi merupakan interaksi yang paling lemah. Walaupun massa benda-benda itu beribu-ribu kilogram, gaya gravitasi antara benda sulit diukur. Selain itu, gaya ini juga sulit diamati karena manusia tidak bisa merasakannya (Miftachul Hadi, 2005). Namun, gaya gravitasi tetap sangat penting dalam interaksi yang melibatkan benda-benda yang sangat besar seperti planet, bulan dan bintang-bintang. Gaya gravitasi juga menyebabkan manusia dapat berdiri di bumi, mempertahankan bumi dan planet-planet lain digaris edarnya dalam tata surya (Tipler, 1998).

Newton pernah menyimpulkan bahwa ada gaya gravitasi yang mempengaruhi benda di bumi (Nurullaeli & Astuti, 2018). Dengan konsepnya tersebut, Newton berhasil menemukan besar percepatan gravitasi yang ada di bumi yaitu $9,8 \text{ m/s}^2$ (Tipler, 2001).

Dalam pembelajaran fisika nilai percepatan gravitasi adalah nilai konstanta, biasanya disajikan dalam buku-buku pembelajaran yang sebagian besar siswa beranggapan merupakan nilai baku. Pengetahuan siswa akan suatu konsep sangat dipengaruhi oleh konsep awal yang dimiliki oleh siswa saat memasuki pembelajaran fisika. Pemahaman yang dimiliki siswa terhadap suatu konsep, dapat sesuai ataupun tidak dengan konsep yang dikemukakan oleh para ahli (Rosita et al., 2020), sehingga stigma siswa bahwa nilai konstanta tersebut tidak boleh diubah-ubah. Padahal nilai percepatan gravitasi dapat dicari dengan berbagai model (Nurhayati et al., 2021). Ada banyak factor yang mempengaruhi nilai percepatan gravitasi, penelitian terdahulu dilakukan oleh (Kus Indratno, 2016) tentang pengaruh gerhana matahari, hal ini terjadi karena saat itu bumi ditarik oleh dua gaya sekaligus yang searah. Selanjutnya (Nugroho et al., 2018) dalam penelitiannya pengaruh gerhana bulan, fenomena ini terjadi oleh pengaruh Gaya gravitasi bumi-bulan dan bumi-matahari, hal ini penyebabnya tidak

lepas dari fenomena alam. Pengamatan yang dilakukan juga oleh (Suwanti et al., 2016) menyoroti nilai percepatan gravitasi terhadap waktu yang terjadi di daerah khatulistiwa dengan pemodelan menggunakan metode Gauss-Newton. Keadaan bumi yang manusia tempati tidaklah bulat sempurna, jari-jari bumi di khatulistiwa 21 Km lebih besar dari pada jari-jari bumi di kutub (Lasiman, 2007). Semakin tinggi suatu tempat dari permukaan laut maka, semakin kecil percepatan gravitasinya (Firdaus et al., 2019). Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan perlu dilakukan verifikasi dalam variasi yang berbeda dan sangat penting untuk dijadikan bahan eksperimen sebagai informasi pengetahuan bagi pebelajar, dalam penelitian ini menyoroti variasi nilai percepatan gravitasi terhadap ketinggian MDPL permukaan Bumi, karena beberapa teori menyatakan bahwa percepatan gravitasi dipengaruhi oleh posisi ketinggian dan massa benda sehingga besar percepatan gravitasi di Bumi tiap tempat itu akan berbeda. Karena bentuk bumi yang tidak benar-benar bulat mengakibatkan adanya gaya sentrifugal yang menentang gravitasi lebih besar di daerah equator, hal ini yang menyebabkan bahwa jarak equator ke pusat bumi lebih jauh daripada jarak kutub ke pusat bumi (Giancoli, 2001). Keberagaman tinggi rendah permukaan bumi akan menyebabkan perbedaan besar kecilnya percepatan gravitasi di setiap tempat karena tergantung dari jaraknya ke permukaan bumi. Terdapat tiga faktor yang mempengaruhi adanya perbedaan percepatan gravitasi tersebut: Pertama; bumi kita tidak benar-benar bulat, percepatan gravitasi bergantung pada jaraknya dari pusat bumi. Kedua; percepatan gravitasi tergantung dari jaraknya terhadap permukaan bumi. Ketiga; kepadatan massa bumi yang berbeda-beda (Artawan, 2013).

Fenomen gerak benda adalah cara menentukan nilai percepatan gravitasi bumi, salahsatunya gerak jatuh bebas. Gerak suatu partikel yang mempunyai percepatan konstan adalah hal yang biasa dijumpai di alam ini. Sebagai contoh, didekat permukaan bumi semua benda yang tidak ditopang akan jatuh secara vertikal dengan percepatan konstan karena adanya gravitasi bila dianggap bahwa hambatan udara dapat diabaikan. Gerak jatuh bebas merupakan gerak lurus berubah beraturan, dengan percepatan berupa percepatan gravitasi. Pada mulanya benda memiliki kecepatan awal sama dengan nol, pada ketinggian tertentu.



Gambar 1. Benda jatuh bebas

Akhirnya kecepatan bertambah (dipercepat) seiring dengan waktu hingga dititik ke bawah sebelum membentur permukaan tanah kecepatannya menjadi maksimal (Jati, 2018). Persamaan gerak jatuh bebas dirumuskan sebagai berikut:

Pada gambar 1 dapat dibentuk persamaan posisinya adalah

$$h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad (1)$$

Pada keadaan khusus benda jatuh bebas saat $v = 0$ maka persamaannya

$$h = \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

Persamaan 2 dapat dilakukan masing-masing suku dibagi t sehingga menjadi

$$\frac{h}{t} = \frac{1}{2} g t \quad (3)$$

Jadi persamaan 3 dapat dilakukan modifikasi menjadi

$$g = \frac{2\left(\frac{h}{t}\right)}{t} \quad (4)$$

Jika benda jatuh pada saat posisi titik h_1 dan h_2 maka persamaan (4) dapat ditulis

$$g = \frac{2\left(\frac{h_2}{t_2} - \frac{h_1}{t_1}\right)}{t_1 + t_2} \quad (5)$$

2. METODE

Pengukuran nilai percepatan gravitasi dilakukan di beberapa tempat dengan ketinggian MDPL yang berbeda. Daerah yang menjadi objek penelitian yaitu di Kabupaten Bima, kecamatan Ambalawi dan Wera. Alasan pemilihan tempat tersebut yaitu kecamatan Wera dan Ambalawi selain dijangkau juga merupakan daerah yang berdataran tinggi dan dataran rendah sebagai perbandingan hasil eksperimen. Untuk menentukan MDPL dengan bantuan GPS android pada aplikasi google mapp. Waktu penelitian dilakukan selama ± satu bulan pada bulan february 2022.

Penelitian dilakukan dengan merancang alat dan bahan seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Rancangan alat eksperimen

Cara penyusunan alat eksperimen seperti terlihat pada gambar 2 di atas. Untuk melakukan percobaan dilakukan dengan menjatuhkan bola magnet di dalam pipa berongga yang telah dililitkan kawat tembaga dengan jarak yang ditentukan. Ketika bola magnet melewati kumparan maka efek signal listrik akan terkirim melalui kabel jack yang tersambung ke laptop dan terbaca berupa efek gelombang pada software audacity. Dari gelombang ini diperoleh nilai waktu untuk masing-masing jarak lilitan kumparan.

Setelah semua data diperoleh, data dianalisis dengan *Microsoft Excel*®. Untuk mendapatkan grafik grafik hubungan antara kecepatan terhadap waktu ($v_y - t$) dan ketinggian (MDPL) terhadap percepatan gravitasi bumi (ketinggian - gravitasi) digunakan persamaan linier kemudian ditarik garis lurus secara teori gradien kemiringan tertentu dengan tujuan untuk menentukan korelasi antara data yang dianalisis. Gradien kemiringan grafik dengan pola demikian dapat diperoleh melalui analisis regresi. Persamaan regresi linear dinyatakan sebagai berikut:

$$y = a * x + b \quad (6)$$

Dengan y sebagai variabel terikat, a merupakan koefisien variabel x (gradien garis), x merupakan variabel bebas dan b merupakan konstanta (Nurullaeli & Astuti, 2018). Persamaan 6 akan disesuaikan dengan persamaan linier yang berhubungan dengan gerak

$$v_y = v_0 + g t \quad (7)$$

Setelah dilakukan analisis korelasi antara ketinggian MDPL dengan nilai percepatan gravitasi, interpretasi data dibandingkan dengan tabel koefisien korelasi di bawah ini.

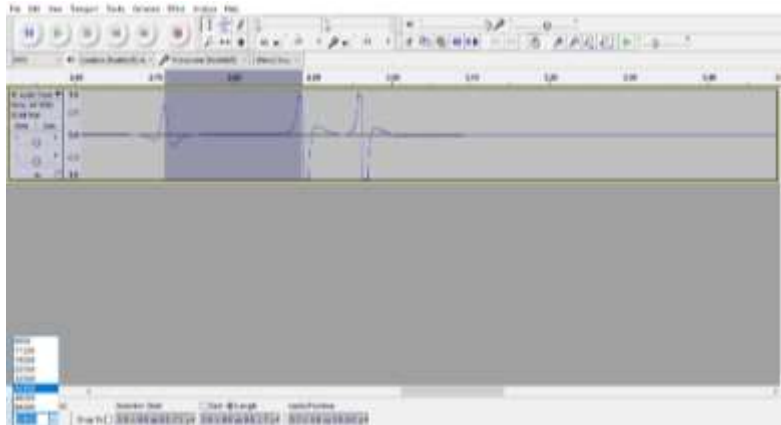
Tabel 1. Interpretasi koefisien korelasi

| Interval Koefisien Korelasi | Tingkat Hubungan |
|-----------------------------|------------------|
| 0,00 - 0,199 | Sangat rendah |
| 0,20 - 0,399 | Rendah |
| 0,40 - 0,599 | Sedang |
| 0,60 - 0,799 | Kuat |
| 0,80 - 1,000 | Sangat kuat |

Sumber: (Sugiyono, 2012)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil eksperimen penelitian yang telah dilakukan di beberapa wilayah dengan ketinggian MDPL yang berbeda - beda. Hasil rekaman data dapat di lihat pada gambar 3 dan hasil analisis data nilai percepatan gravitasi sebagaimana tercantum dalam tabel 2.



Gambar 3. Contoh hasil rekaman eksperimen pada software audacity

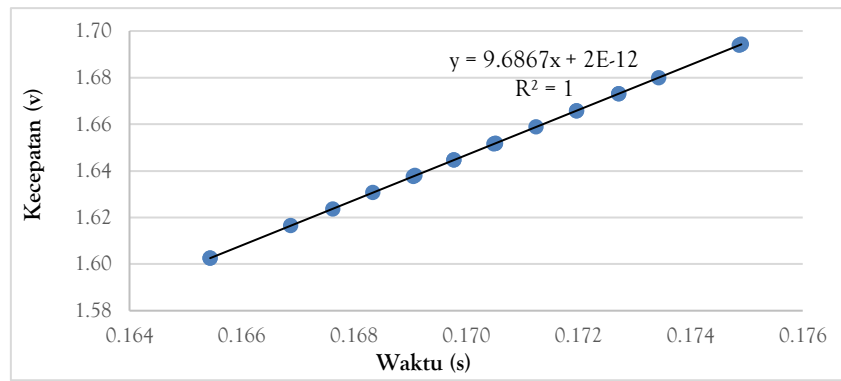
Tabel 2. Hasil Pengukuran Percepatan Gravitasi

| No | Ketinggian Tempat | t_1 (s) | t_2 (s) | h_1 (m) | h_2 (m) | g (m/s^2) |
|----|-------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Nipa 15 mdpl | $0,17 \pm 0,007$ | $0,08 \pm 0,002$ | | | $8,52 \pm 2,3$ |
| 2 | Wera 41 mdpl | $0,17 \pm 0,007$ | $0,07 \pm 0,002$ | | | $9,44 \pm 2,4$ |
| 3 | Tolowata 50 mdpl | $0,17 \pm 0,003$ | $0,07 \pm 0,002$ | $0,51 \pm 0,02$ | $0,31 \pm 0,02$ | $9,67 \pm 2,9$ |
| 4 | Tawali 54 mdpl | $0,18 \pm 0,006$ | $0,07 \pm 0,003$ | | | $9,22 \pm 2,3$ |
| 5 | Wora 63 mdpl | $0,17 \pm 0,008$ | $0,08 \pm 0,003$ | | | $9,32 \pm 3,1$ |
| 6 | Kole 273 mdpl | $0,18 \pm 0,005$ | $0,07 \pm 0,003$ | | | $10,23 \pm 2,6$ |

Dari hasil tabel di atas merupakan hasil rata-rata dari sekian banyak data yang diambil setiap tempat. Masing-masing pengambilan data sebanyak 30 kali sebagai perbandingan tingkat kesalahan data atau human eror saat melakukan eksperimen. Di Desa Nipa pada ketinggian 15 MDPL dengan nilai sebesar $8,52 m/s^2$, hasil dari nilai tersebut diambil disekitaran pantai yang sangat dekat dengan air laut, nilai ini setara dengan salah satu hasil penelitian (Artawan, 2013) yang membandingkan nilai percepatan gravitasi berbagai koordinat di Lift, air, mobil dan lantai menggunakan ayunan matematis, dimana di lantai = $8,9 m/s^2$ dan hasil penelitian (Kus Indratno, 2016) melakukan eksperimen percepatan gravitasi saat gerhana matahari salah nilai yang dihasilkan $8,8 m/s^2$ pada fase gerhana puncak. Selanjutnya data di desa Wera pada ketinggian 41 MDPL menunjukkan nilai $9,44 m/s^2$, desa Tolowata ketinggian 50 MDPL menunjukkan nilai $9,67 m/s^2$, Desa Tawali pada ketinggian 50 MDPL menunjukkan nilai $9,22 m/s^2$ dan Desa Wora pada ketinggian 63 MDPL menunjukkan nilai $9,32 m/s^2$. Dari hasil nilai-nilai tersebut diambil pada standar tempat pemukiman hasil-hasilnya masih konsisten, dimana hasil ini sbanding dengan penelitian (Nurhayati et al., 2021) pada gerak jatuh bebas di laboratorium UIN Ar-Raniry Banda Aceh menggunakan photogate rata-rata nilai yang dihasilkan $9,38 m/s^2$. Sedangkan di Desa Kole pada ketinggian 237 MDP menunjukkan nilai $10,23 m/s^2$, data eksperimen diambil di sekitar tempat pegunungan. Nilai tersebut menunjukkan perbedaan dari hasil eksperimen ketika dilakukan di sekitar pantai, hasil ini sebanding dengan hasil penelitian (Sesa et al., 2018) gerak melinding pada bidang miring Berbasis Mikrokontroler Arduino yang mendapatkan nilai percepatana gravitasi $10 m/s^2$. Jika dicermati nilai-nilai yang ditunjukkan dalam ekeperimen ini nilai percepatan gravitasi terkonfirmasi juga dari hasil penelitian (Chusni, 2017) menyatakan bahwa nilai percepatan gravitasi berkisar antara $9,7 m/s^2$ sampai $10 m/s^2$.

Dalam penelitian ini pada saat melakukan eksperimen apalagi di luar ruangan tertutup tentu tidak lepas dari factor cuaca ataupun human eror dalam setiap eksperimen saat melakukan pengambilan data. Jika dilihat dari tingkat ralat nya antara 2,3 sampai dengan 3,1 ini menunjukkan rata-rata 27%. Pada saat melakukan pengambilan data factor yang menjadi sebagai marging eror terutama angin pantai dan juga gunung sehingga mempengaruhi gerak jatuh bola magnet, eksperimen ini tidak dilakukan pada hari yang sama melainkan hari yang berbeda pula sehingga factor cuaca juga berpengaruh.

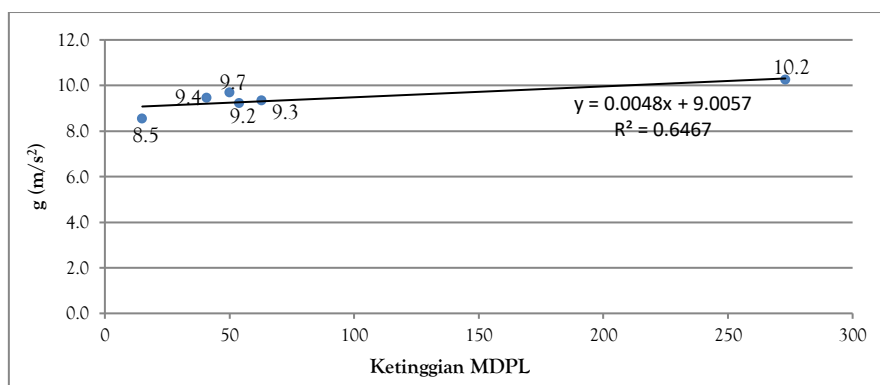
Untuk memastikan tingkat kredibilitas alat eksperimen yang dipakai pada penelitian ini maka dilakukan fitting data kecepatan (v) dan waktu (t) yang dihasilkan dapat ditunjukkan pada grafik 1



Grafik 1. Hubungan kecepatan dan waktu ($v - t$)

Dari tampilan grafik 1 merupakan hasil *fitting* data waktu-kecepatan, garis lurus menunjukkan persamaan antara hubungan kecepatan (v) dan waktu (t) yaitu dari persamaan linier $y = ax + b$ dengan y adalah kecepatan dan x adalah waktu. Indeks determinan dari masing-masing data tersebut adalah $R^2 = 1$ yang berarti diperoleh hubungan yang sangat kuat antara waktu dan kecepatan. Hasil ini memperkuat penggunaan alat eksperimen ini sangat layak dijadikan sebagai penentu percepatan nilai gravitasi bumi.

Sedangkan untuk melihat hubungan antara ketinggian MDPL dengan hasil nilai percepatan gravitasi dilakukan analisis korelasi dengan hasil *fitting* data sebagaimana ditunjukkan grafik 2.



Grafik 2. Hubungan ketinggian MDPL dan nilai percepatan gravitasi

Dapat dilihat nilai indeks determinan (R^2) pada grafik 2 dengan nilai 0,65 ini menunjukkan nilai tersebut kategori sedang. Secara keseluruhan hasil eksperimen ini dapat dikatakan bahwa nilai percepatan gravitasi bumi menunjukkan ada pengaruh yang signifikan pada ketinggian MDPL meskipun dilakukan pada ketinggian kurang dari 1000 meter di daerah selatan dari garis katulistiwa yaitu kabupaten bima berada pada $117^{\circ}40'' - 119^{\circ}10''$ BT dan $7^{\circ}30''$ LS. Perbedaan nilai percepatan gravitasi yang dihasilkan dari beberapa penelitian yang sangat bervariasi tentu tidak hanya dipengaruhi oleh tinggi-rendah permukaan bumi, bisa juga terpengaruh oleh keadaan bujur-lintang suatu wilayah dipermukaan bumi, sebagai perbandingannya yaitu penelitian (Suwanti et al., 2016) nilai percepatan gravitasi di daerah khatulistiwa yaitu pada koordinat $0^{\circ}03'30,61''$ LS dan $109^{\circ}20'44,09''$ BT rata-rata $9,6 \text{ m/s}^2$, pada simpulannya menyatakan korelasinya 0,62 kategori sedang sama dengan hasil korelasi penelitian ini.

Penelitian ini merupakan verifikasi dari salah satu faktor dari banyak faktor yang mempengaruhi nilai percepatan gravitasi. Sangat menarik sebagai pendekatan pembelajaran fisika pada materi terkait bagi siswa atau sekolah yang berada pada daerah-daerah atau tempat dataran tinggi sebagai bahan kajian tambahan guru dengan siswa. Memberikan konfirmasi wawasan dan sebagai hasanah pemahaman siswa pada nilai konstanta percepatan gravitasi yang sebelumnya dipahami sebagai nilai baku.

4. SIMPULAN

Dari hasil eksperimen yang telah dilakukan semakin tinggi tempat dalam ukuran MDPL maka semakin kecil pengaruh percepatan gravitasi pada suatu benda. Data pengaruh ketinggian MDPL terhadap nilai

percepatan gravitasi bumi dengan indeks determin $R^2 = 0.65$ kategori sedang, margin eror hasil penelitian rata-rata tingkat kesalahan = 27%. Sedangkan data hubungan kecepatan (v) bola magnet jatuh terhadap waktu (t) saat proses eksperimen dengan indeks determin $R^2 = 1$, menunjukkan alat eksperimen dapat dijadikan sebagai rekomendasi untuk melakukan eksperimen berkelanjutan mengukur nilai percepatan gravitasi bumi di wilayah yang berbeda.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada pihak-pihak yang telah terlibat dalam penelitian ini terutama kepada pihak yang berwenang memiliki kuasa pada suatu wilayah yang telah memberi ijin atas kelancaran penelitian hingga menjadi sebuah artikel ini.

Daftar Pustaka

- Artawan, P. (2013). Analisis Variatif Gravitasi Bumi Di Berbagai Koordinat Dengan Ayunan Sederhana. *Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA III*, 396–399. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/semnasmipa/issue/view/249>
- Chusni, M. M. (2017). PENENTUAN BESAR PERCEPATAN GRAVITASI BUMI MENGGUNAKAN AYUNAN MATEMATIS DENGAN BERBAGAI METODE PENGUKURAN. *Scientiae Educatia*, 6(1). <https://doi.org/10.24235/sc.educatia.v6i1.1346>
- Firdaus, T., Erwin, E., & Rosmiati, R. (2019). Eksperimen Mandiri Siswa dalam Penentuan Percepatan Gravitasi Bumi pada Materi Gerak Jatuh Bebas. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 11(1). <https://doi.org/10.30599/jti.v11i1.385>
- Giancoli, D. C. (2001). *Fisika Jilid 1* (5th ed.). Jakarta: Erlangga.
- Jati, B. M. E. (2018). *Pengantar Fisika 1*. Yogyakarta: UGM PRESS.
- Kus Indratno, T. (2016). Pengaruh Gerhana Matahari Terhadap Nilai Percepatan Gravitasi Bumi: Sarana Pembelajaran untuk Mendekatkan Fisika pada Kehidupan Sehari-hari. *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 3(1). <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v3i1.4539>
- Lasiman. (2007). Komparasi Pengukuran Percepatan Gravitasi Bumi Dengan Cara Gerak Jatuh Bebas Biasa dan Dengan CassyLab. *SIGMA-Mu*, 1(2), 28–34. <https://doi.org/https://doi.org/10.35313/sigmamu.v1i2.913>
- Miftachul Hadi. (2005). *Interaksi Fundamental dan Partikel Elementer*. Fisikanet (ISSN 2086-5325). <http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi?cetakartikel&1065262510>
- Nugroho, H. S., Nurjanah, A., Nugraha, M. G., & Utama, J. A. (2018). Analisis Pengaruh Gerhana Bulan Total 31 Januari 2018 pada Percepatan Gravitasi Di Permukaan Bumi menggunakan Sensor Photogate pada Bandul Matematis Teroptimalisasi Analisis Pengaruh Gerhana Bulan Total 31 Januari 2018 pada Percepatan Gravitasi Di Permukaan (M. S. Dr. Endi Suhendi, M.Si. Duden Saepuzaman, M.Pd. (ed.); Vol. 4, Issue 1, pp. 358–362). Prosiding Seminar Nasional Fisika (SINAFI) 2018.
- Nurhayati, A, R. D. A., & 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).
- Nurullaeli, N., & Astuti, I. A. D. (2018). Pembuatan Graphic User Interface (GUI) untuk Analisis Ayunan Matematis Menggunakan Matlab. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 10(2). <https://doi.org/10.30599/jti.v10i2.205>
- Rahayu, A. Y., Syuhendri, S., & Sriyanti, I. (2019). Analisis Pemahaman Konsep Mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Sriwijaya pada Materi Gravitasi Newton dengan Menggunakan NGCI Dan CRI Termodifikasi. *JURNAL EKSAKTA PENDIDIKAN (JEP)*, 3(1), 65. <https://doi.org/10.24036/jep/vol3-iss1/322>
- Rosita, I., Liliawati, W., & Samsudin, A. (2020). Pengembangan Instrumen Five-Tier Newton's Laws Test

- (5TNLT) Untuk Mengidentifikasi Miskonsepsi dan Penyebab Miskonsepsi Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 6(2). <https://doi.org/10.29303/jpft.v6i2.2018>
- Sesa, E., Ulum, M. S., Farhamsa, D., & Samsul. (2018). Penentu Kecepatan Dan Percepatan Benda Berbasis Mikrokontroler Arduino Pada Percobaan Benda Menggelinding Pada Bidang Miring. *Natural Science: Journal of Science and Technology ISSN*, 7(2).
- Siregar, A., & Tamimah, N. (2022). *Fisika Dasar Jilid 2: Mekanika Lanjut* (Vol. 2). Surabaya: CV. Kanaka Media.
- Sugiyono. (2012). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Suwanti, S., Sampurno, J., & Azwar, A. (2016). Pemodelan Variasi Nilai Percepatan Gravitasi di Daerah Khatulistiwa dengan Menggunakan Metode Gauss-Newton. *POSITRON*, 6(1). <https://doi.org/10.26418/positron.v6i1.14419>
- Tipler, P. A. (1998). *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 1* (3rd ed.). Jakarta: Erlangga.
- Tipler, P. A. (2001). *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 2* (3rd ed.). Jakarta: Erlangga.