**Analisis Nilai Konstanta Pegas Berdasarkan Nilai Gravitasi Bumi dan Bulan
Menggunakan VLab Amrita****Amila Ashabul Jannah*¹ & Adam Malik²**^{1,2}Pendidikan Fisika, Tarbiyah dan Keguruan, UIN Sunan Gunung Djati BandungEmail: amilaashabuljannah97@gmail.comDOI: <https://doi.org/10.52188/jpfs.v7i1.448>

Accepted: 8 Juli 2023

Approved: 16 Maret 2024

Published: 31 Maret 2024

ABSTRAK

Konstanta pegas merupakan besarnya gaya yang diperlukan untuk terjadinya proses perubahan panjang sebesar satu satuan panjang. Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dengan menggunakan jenis metode eksperimen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan hubungan massa, panjang pegas, dan konstanta pegas dengan menggunakan dua nilai gravitasi yaitu gravitasi bumi dan bulan. Selain itu, penelitian ini juga dilakukan untuk memverifikasi kebenaran Hukum Hooke. Hasil dari penelitian ini adalah hubungan antara massa benda dan panjang pegas adalah berbanding lurus, kemudian hubungan antara panjang pegas dan konstanta pegas adalah berbanding terbalik, dan hubungan antara massa benda dengan konstanta pegas juga berbanding terbalik. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, gravitasi dari Bulan dan Bumi tidak mempengaruhi hubungan antara panjang pegas, massa benda, dan konstanta pegas. Akan tetapi nilai gravitasi mempengaruhi nilai dari panjang pegas, massa pegas, dan konstanta pegas. Di bulan, massa akan terasa lebih ringan dan panjang pegas akan lebih pendek, sehingga menyebabkan nilai konstanta pegasnya lebih kecil dibandingkan dengan di bumi. Informasi dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai bagaimana gravitasi Bulan dan Bumi mampu mempengaruhi sifat-sifat konstanta pegas.

Kata kunci: Amrita, Pegas, Konstanta Pegas**ABSTRACT**

The spring constant is the magnitude of the force required for the process of changing the length of one unit length. The approach used in this study is a quantitative approach using experimental methods. This study aims to determine the relationship between mass, spring length, and spring constant using two gravity values, namely the gravity of the earth and the moon. In addition, this research was also conducted to verify the truth of Hooke's Law. The results of this study are that the relationship between the mass of an object and the length of the spring is directly proportional, then the relationship between the length of the spring and the spring constant is inversely proportional, and the relationship between the mass of the object and the spring constant is also inversely proportional. Based on the research results, it can be concluded that gravity from the Moon and Earth does not affect the relationship between spring length, object mass, and spring constant. However, the value of gravity affects the value of the spring length, spring mass, and spring constant. On the moon, the mass will feel lighter and the length of the spring will be shorter, causing the value of the spring constant to be smaller than on earth. It is hoped that the information from this research will provide a better understanding of how the gravity of the Moon and Earth can influence the properties of the spring constant.

Keyword: Amrita, Spring, Spring Constant

@2024 Pendidikan Fisika FKIP Universitas Nahdlatul Ulama Cirebon

PENDAHULUAN

Keterampilan abad 21 merupakan konsep menyeluruh untuk pengetahuan, keterampilan, dan disposisi yang dibutuhkan oleh masyarakat agar dapat berkontribusi terhadap pengetahuan masyarakat (Darling-Hammond et al., 2020; Voogt & Roblin, 2010). Keterampilan abad 21 merupakan keterampilan yang harus dimiliki oleh individu baik itu peserta didik maupun kalangan bukan peserta didik untuk menghadapi berbagai macam tantangan pada abad ke-21 (Zubaidah, 2016). Literasi sains merupakan salah satu keterampilan yang diperlukan pada abad 21 (Abd-El-Khalick et al., 2020; Robbia & Fuadi, 2020). Sains adalah salah satu aspek yang menjadi tantangan pada abad 21 (Sudarisman, 2015). Hal tersebut dikarenakan sains mempunyai kontribusi yang cukup besar bagi perkembangan teknologi, yaitu sebagai pengetahuan dasar yang menjadi dasar pengembangan teknologi (Bhattacharya & Blok, 2019; Putri et al., 2020).

Fisika merupakan salah satu cabang dari ilmu sains yang paling dasar, yang mempelajari tentang perilaku serta struktur benda (Giancoli, 2014). Pembelajaran fisika dapat dilaksanakan di kelas ataupun di laboratorium. Di laboratorium, peserta didik menggunakan alat laboratorium yang berfungsi sebagai jembatan yang akan membantu peserta didik dalam memahami konsep fisika (Prasetyo, 2013). Oleh karena itu, kegiatan praktikum merupakan kegiatan yang diyakini mampu meningkatkan pemahaman peserta didik mengenai suatu konsep fisika (Malik et al., 2020).

Pegas adalah salah satu komponen yang selalu digunakan pada peralatan yang menunjang kehidupan sehari-hari (Setiawan & Sutarno, 2011). Selain itu, pegas juga merupakan komponen yang dimanfaatkan dalam kegiatan industri seperti transportasi, otomotif, maupun industri lainnya (Irawan et al., 2018). Ukuran kekuatan suatu pegas disebut sebagai konstanta pegas. Konstanta pegas merupakan besarnya gaya yang diperlukan untuk terjadinya proses perubahan panjang sebesar satu satuan panjang (Refrianto & Kurniawanti, 2022). Konstanta pegas sangat berkaitan dengan Hukum Hooke dan gerak harmonik sederhana (Ginoga, 2020). Secara matematis, Hukum Hooke ditulis sebagai berikut (Aryadint, 2020).

$$F = k \cdot \Delta x$$

Gerak harmonik sederhana adalah gerakan bolak-balik suatu benda yang melalui titik kesetimbangan secara beraturan dengan getaran pada setiap detik disebut konstantan (Sudarmanto et al., 2022). Dalam gerak harmonik sederhana, benda yang bergerak melakukan osilasi bolak-balik di sekitar posisi keseimbangannya (Thornton & Marion, 2018; Young & Freedman, 2012). Gerak harmonik sederhana dapat diterapkan pada berbagai sistem fisik, seperti pegas berosilasi, bandul matematis, atau getaran molekuler dalam materi (French & Taylor, 2018; Taylor, 2018).

Hukum Hooke adalah sebuah prinsip dalam fisika yang menyatakan bahwa gaya restorasi yang dialami oleh suatu objek elastis proporsional terhadap perpindahan atau deformasi dari posisi keseimbangannya (Knight, 2021; Randall, 2018). Hukum Hooke menyatakan bahwa, pertambahan panjang pegas berbanding lurus terhadap gaya tekan atau gaya tarik yang diberikan (Serway & Jewett, 2018). Keadaan hukum hooke tersebut dapat berlaku jika gaya F yang dilaksanakan tidak melewati batas elastisitas bahan (Ewar et al., 2021; Paramarta et al., 2013).

Percobaan dilakukan menggunakan virtual laboratorium Amrita, di mana terdapat tiga jenis pegas yang dapat digunakan, serta terdapat banyak variabel-variabel seperti massa, konstanta pegas, dan nilai gravitasi (Simarmata, 2023). Virtual laboratorium Amrita adalah sebuah platform virtual yang dikembangkan oleh Amrita Vishwa Vidyapeetham, sebuah universitas di India. Platform ini dirancang untuk menyediakan pengalaman laboratorium praktis secara virtual dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan dan teknologi (Harikumar et al., 2019). Virtual laboratorium Amrita memanfaatkan teknologi terkini seperti simulasi komputer, animasi, dan grafika 3D untuk menciptakan lingkungan virtual yang mirip dengan konsep-konsep ilmiah, mengamati percobaan, dan berinteraksi dengan instrumen laboratorium virtual (Juliet & Raja, 2014; Vallath, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan hubungan massa, panjang pegas, dan konstanta pegas dengan menggunakan dua nilai gravitasi yaitu gravitasi bumi dan bulan. Selain itu, penelitian ini juga dilakukan untuk memverifikasi kebenaran Hukum Hooke.

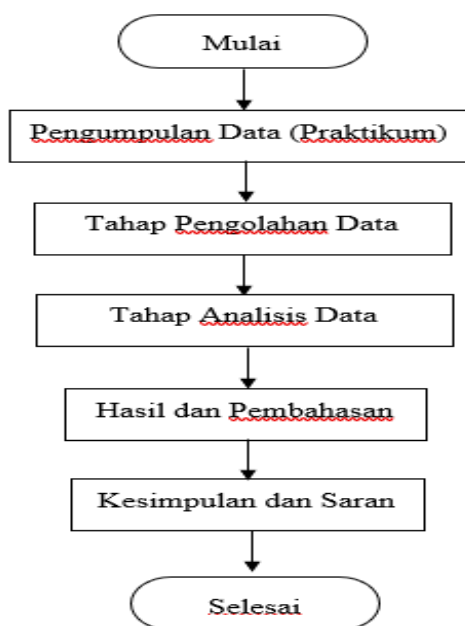
METODE

Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dengan menggunakan jenis metode eksperimen yang bertujuan untuk mengontrol variable luar serta melihat apakah ada perubahan pada eksperimen (Ramdhan, 2021). Di sini, praktikan dituntut untuk mengetahui perubahan-perubahan nilai yang terjadi pada tiap percobaan (Priadana & Sunarsi, 2021).

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 30 Juni 2023. Penelitian dilakukan di rumah dengan menggunakan virtual laboratorium Amrita. Data yang didapat, dianalisis menggunakan analisis data kuantitatif dan kualitatif. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah massa (m), pertambahan panjang pegas (Δx), konstanta pegas (K), dan gravitasi (g). Penelitian ini menggunakan persamaan konstanta pegas yang ditunjukkan pada persamaan (1).

$$\Delta k = \left(\frac{1}{\Delta x}\right) \Delta F + \left(\frac{k}{\Delta x^{-2}}\right) \Delta x^{-1} \quad (1)$$

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat melalui flowchart penelitian berikut ini.



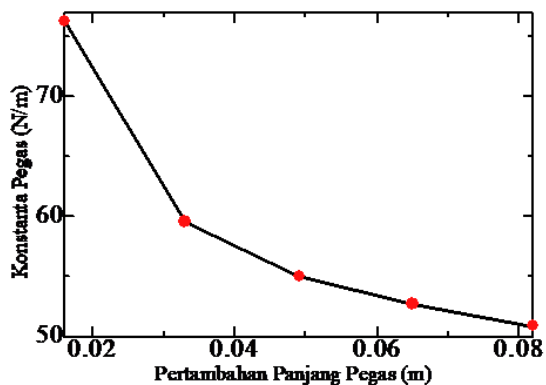
Gambar 1. Flowchart penelitian.

HASIL

Data hasil percobaan hubungan massa, panjang pegas, dan konstanta pegas dengan menggunakan dua nilai gravitasi yaitu gravitasi bumi dan bulan ditunjukkan pada Tabel dan Gambar di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Percobaan pada Pegas 1 di Bumi

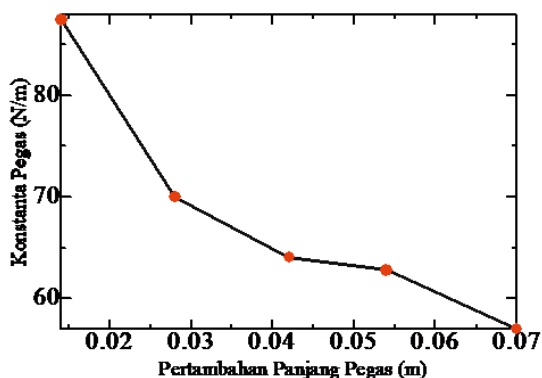
Beban (kg)	Δx (m)	Δk (N/m)
0,1	0,016	76,25
0,15	0,033	59,54
0,2	0,049	55
0,25	0,065	52,69
0,3	0,082	50,85



Grafik 1. Percobaan 1 Hubungan Konstanta Pegas dan Panjang Pegas di Bumi

Tabel 2. Hasil Percobaan pada Pegas 2 di Bumi

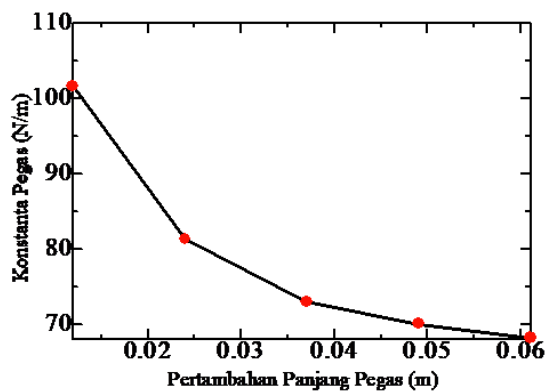
Beban (kg)	Δx (m)	Δk (N/m)
0,1	0,014	87,5
0,15	0,028	70
0,2	0,042	64,1
0,25	0,054	62,8
0,3	0,07	57



Grafik 2. Percobaan 2 Hubungan Konstanta Pegas dan Panjang Pegas di Bumi

Tabel 3. Hasil Percobaan pada Pegas 3 di Bumi

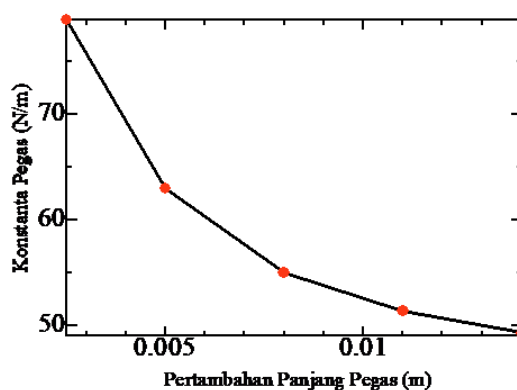
Beban (kg)	Δx (m)	Δk (N/m)
0,1	0,012	101,6
0,15	0,024	81,25
0,2	0,037	72,97
0,25	0,049	70
0,3	0,061	68,19



Grafik 3. Percobaan 3 Hubungan Konstanta Pegas dan Panjang Pegas di Bumi

Tabel 4. Hasil Percobaan pada Pegas 1 di Bulan

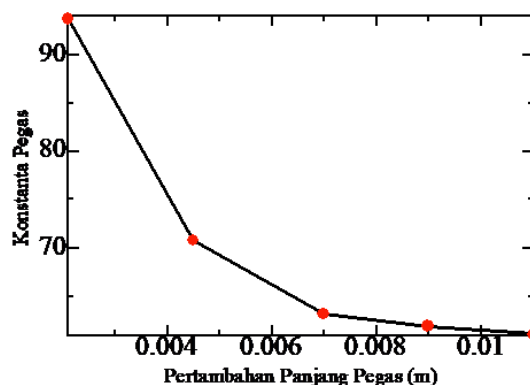
Beban (kg)	Δx (m)	Δk (N/m)
0,1	0,0025	79
0,15	0,005	63
0,2	0,008	55
0,25	0,011	51,36
0,3	0,014	49,28



Grafik 4. Percobaan 4 Hubungan Konstanta Pegas dan Panjang Pegas di Bulan

Tabel 5. Hasil Percobaan pada Pegas 2 di Bulan

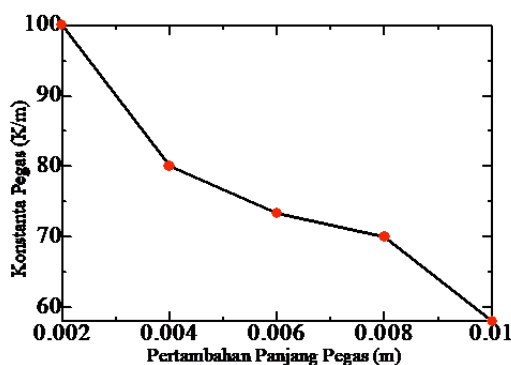
Beban (kg)	Δx (m)	Δk (N/m)
0,1	0,0021	93,69
0,15	0,0045	70,83
0,2	0,007	63,21
0,25	0,009	61,94
0,3	0,011	61,13



Grafik 5. Percobaan 5 Hubungan Konstanta Pegas dan Panjang Pegas di Bulan

Tabel 6. Hasil Percobaan pada Pegas 3 di Bulan

Beban (kg)	Δx (m)	Δk (N/m)
0,1	0,002	100
0,15	0,004	80
0,2	0,006	73,33
0,25	0,008	70
0,3	0,01	58



Grafik 6. Percobaan 6 Hubungan Konstanta Pegas dan Panjang Pegas di Bulan

PEMBAHASAN

Percobaan dilakukan sebanyak 30 kali percobaan, dengan 15 kali percobaan menggunakan gravitasi bumi dan 15 kali percobaan menggunakan gravitasi bulan. Baik itu menggunakan gravitasi bulan maupun bumi, percobaan dilakukan dengan menggunakan 3 jenis pegas yang berbeda. Setiap 1 pegas dilakukan 10 kali percobaan dengan 5 beban yang berbeda yaitu 0,01 kg, 0,15 kg, 0,2 kg, 0,25 kg, dan 0,3 kg.

Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 secara berturut-turut menunjukkan data dan hasil perhitungan pada percobaan pegas dengan menggunakan nilai gravitasi bumi, sedangkan Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6 secara berturut-turut menunjukkan data dan hasil perhitungan pada percobaan pegas dengan menggunakan nilai gravitasi bulan. kemudian Grafik 1, Grafik 2, dan Grafik 3 secara berturut-turut menunjukkan hubungan antara panjang pegas dan nilai konstanta pegas dengan menggunakan nilai gravitasi bumi, sedangkan Grafik 4, Grafik 5, dan Grafik 6 secara berturut-turut menunjukkan hubungan antara panjang pegas dan nilai konstanta pegas dengan menggunakan nilai gravitasi bulan.

Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3 Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6 menunjukkan bahwa hubungan antara massa benda dan pertambahan panjang pegas adalah berbanding lurus. Semakin berat massa suatu benda maka pegas akan bertambah panjang, begitupun sebaliknya, semakin ringan massa suatu benda

maka pertambahan panjang pegas akan semakin kecil. Hasil pada penelitian ini sejalan dengan penelitian (Hia, 2020; Hia & Panuluh, 2021; Soekarman, 2021) yang menyatakan bahwa hubungan antara massa benda dan panjang pegas adalah berbanding lurus.

Grafik 1, Grafik 2, Grafik 3, Grafik 4, Grafik 5, dan Grafik 6 menunjukkan bahwa hubungan antara panjang pegas dengan konstanta pegas adalah berbanding berbanding terbalik. Semakin panjang suatu pegas maka nilai konstanta pegasnya akan semakin kecil, begitupun sebaliknya, semakin pendek suatu pegas maka nilai konstanta pegasnya akan semakin besar. Hasil pada penelitian ini sejalan dengan penelitian (Irawan et al., 2018; Pratama & Wulandari, 2020; Wahyuni & Irawati, 2022) yang menyatakan bahwa hubungan antara panjang pegas dengan konstanta pegas adalah berbanding terbalik.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa, ternyata baik itu menggunakan gravitasi bumi maupun gravitasi bulan, hubungan antara massa, panjang pegas, dan konstanta pegas adalah berbanding lurus. Akan tetapi, meskipun diberikan berat massa yang sama, ternyata pertambahan panjang pegas dan nilai konstanta pegas di bulan lebih kecil dibandingkan pertambahan panjang pegas dan nilai konstanta di bumi. Hal tersebut terjadi dikarenakan nilai gravitasi bulan lebih kecil dibandingkan nilai gravitasi di bumi, sehingga massa suatu benda akan terasa lebih ringan dan kemudian menyebabkan pertambahan panjang pegas lebih kecil dibandingkan dengan di bumi (Ginoga, 2020; Halliday et al., 2013).

Keterbatasan dari penelitian ini adalah hanya memperhitungkan gravitasi Bumi dan Bulan, tanpa mempertimbangkan variasi gravitasi di lokasi yang berbeda. Hal tersebut dapat membatasi generalisasi hasil penelitian terhadap kondisi di berbagai lokasi di Bumi. Selain itu, penggunaan Vlab Amrita mungkin tidak sepenuhnya merepresentasikan kompleksitas sistem pegas yang sesungguhnya. Hal tersebut mampu mempengaruhi akurasi analisis.

Penelitian ini dapat memberikan wawasan baru mengenai bagaimana gravitasi Bumi dan Bulan mampu mempengaruhi sifat-sifat elastisitas benda, seperti konstanta pegas. Hal ini dapat bermanfaat dalam pengembangan model-model yang lebih akurat untuk memprediksi perilaku elastisitas material.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa baik di Bulan maupun di Bumi, hubungan antara massa benda dan panjang pegas adalah berbanding lurus, kemudian hubungan antara panjang pegas dan konstanta pegas adalah berbanding terbalik, dan hubungan antara massa benda dengan konstanta pegas juga berbanding terbalik. Jadi, gravitasi dari Bulan dan Bumi tidak mempengaruhi hubungan antara panjang pegas, massa benda, dan konstanta pegas. Akan tetapi nilai gravitasi mempengaruhi nilai dari panjang pegas, massa pegas, dan konstanta pegas. Di bulan, massa akan terasa lebih ringan dan panjang pegas akan lebih pendek, sehingga menyebabkan nilai konstanta pegasnya lebih kecil dibandingkan dengan di bumi.

REFERENSI

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (2020). *Handbook of Research in Science Education, Volume II*. Routledge.
- Aryadint, N. (2020). SOLUSI NUMERIK PERSAMAAN SISTEM PEGAS TERKOPEL DUA MASSA IDENTIK MENGGUNAKAN METODE RUNGE KUTTA. *Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin*.
- Bhattacharya, S., & Blok, V. (2019). *reating Resilient Ecosystems: Aligning Science and Practice to Guide Future Research and Management*. Cambridge University Press.
- Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2020). Implications for educational practice of the science of learning and development. *Applied Developmental Science, 24*(2), 97–140.
- Ewar, H. A., Bahagia, M. E., Jeluna, V., Astro, R. B., & Nasar, A. (2021). PENENTUAN KONSTANTA PEGAS MENGGUNAKAN APLIKASI PHYPHOX PADA PERISTIWA OSILASI PEGAS. *Jurnal Kumparan Fisika, 4*(3), 155–162. <https://doi.org/10.33369/jkf.4.3.155-162>
- French, A. P., & Taylor, E. F. (2018). *An Introduction to Vibrations and Waves*. CRC Press.

- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2019). *How to Design and Evaluate Research in Education*. McGraw-Hill Education.
- Giancoli, D. C. (2014). *Fisika Edisi Ketujuh Jilid 1*. Erlangga.
- Ginoga, R. (2020). Gerak Harmonik Sederhana Pada Pegas Dapat Digunakan Untuk Membuktikan Nilai Percepatan Gravitasi Bumi. *Dinamika Pembelajaran*, 2(1), 82–90.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). *Fundamentals of Physics*. Wiley.
- Harikumar, S., Parameswaran, L., & Raman, B. (2019). Virtual Laboratories in Engineering Education: A Case Study on Amrita Virtual Labs. *Journal of Engineering Education Transformations*, 32(4).
- Hia, S. (2020). PENGARUH PANJANG PEGAS TERHADAP KONSTANTA PEGAS, FREKUENSI SUDUT ALAMI, FREKUENSI SUDUT TEREDAM DAN FAKTOR REDAMAN OSILASI SISTEM PEGAS-MASSA. Universitas Sanata Dharma.
- Hia, S., & Panuluh, A. (2021). Pengukuran Modulus Geser Baja Menggunakan Analisis Osilasi Pegas-Massa dengan Software Logger Pro. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 9(1).
- Irawan, D. M., Iswantoro, G., Furqon, M. H., & Hastuti, S. (2018). Pengaruh nilai konstanta terhadap pertambahan panjang pegas pada rangkaian tunggal, seri dan paralel. *Jurnal Teknik Mesin MERC (Mechanical Engineering Research Collection)*, 1(1).
- Juliet, V. A., & Raja, J. (2014). Amrita Virtual Lab: A Case Study on Web-based Remote Access Laboratory. *International Journal of Engineering Education (IJEE)*, 30(5).
- Knight, R. D. (2021). *Physics for Scientists and Engineers: A Strategic Approach, 5th Edition*. Pearson.
- Malik, A., Dirgantara, Y., Mulhayatiah, D., & Agustina, R. D. (2020). Analisis hakikat, peran, dan implikasi kegiatan laboratorium terhadap keterampilan abad 21. *Pros. Sem. Nas. IPA*, 1, 1–12.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2018). *Communicating Science Effectively: A Research Agenda*. The National Academies Press
- Paramarta, A. B. I., Pradhana, C. G. I., & Wahyu, M. (2013). *LAPORAN PRAKTIKUM FISIKA DASAR I PENGUKURAN KONSTANTA PEGAS DENGAN METODE PEGAS DINAMIK*. Universitas Udayana.
- Prasetyo, Z. (2013). Pembelajaran Sains Berbasis Kearifan Lokal. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Dan Pendidikan Fisika*.
- Pratama, C., & Wulandari, D. (2020). Rancang Bangun Aplikasi Trainer Hukum Hooke Dengan Menggunakan Sensor Ultrasonic. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6.
- Priadana, M. S., & Sunarsi, D. (2021). *Model Penelitian Kuantitatif*. Pascal Books.
- Putri, S. S., Suprianto, B., & Anggraeni. (2020). Analisis Kualitas Struktur Pada Lembar Kegiatan Siswa Materi Uji Makanan. *BIODIK*, 412–422.
- Ramdhan, M. (2021). *Model Penelitian*.
- Randall, D. , et al. (2018). *Physics for Scientists and Engineers: A Strategic Approach with Modern Physics, 4th Edition*. Pearson.
- Refrianto, F. R., & Kurniawanti. (2022). Penentuan Konstanta Pegas dalam Hukum Hooke pada Rangkaian Tunggal, Seri, dan Paralel. *Jurnal of Industrial Engineering* , 1(2).
- Robbia, A. Z., & Fuadi, H. (2020). Pengembangan Keterampilan Multimedia Interaktif Pembelajaran IPA Untuk Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik di Abad 21. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(2), 117–123. <https://doi.org/10.29303/jipp.v5i2.125>
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, 10th Edition*. Cengage Learning.
- Setiawan, I., & Sutarno, D. (2011). Pembuktian Eksperimental Pengaruh Jumlah Lilitan Pegas dan Diameter Pegas terhadap Konstanta Pegas. *In Conference Proceedings in Science*.
- Simarmata, M. G. P. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Pendekatan Saintifik Berbantuan Laboratorium Virtual Amrita Olabs Pada Materi Elastisitas Di SMAN 1 Bilah Hulu. *INPAFI (Inovasi Pembelajaran Fisika)*, 11(02). <https://doi.org/10.24114/inpafi.v11i02.42706>
- Soekarman, S. (2021). Impementasi Pembelajaran Fisika Pokok Bahasan Elastisitas Melalui Inquiry Based Learning di SMA Negeri 2 Donggo. *Jurnal Paedagogy*, 8(2), 197.
- Sudarisman, S. (2015). MEMAHAMI HAKIKAT DAN KARAKTERISTIK PEMBELAJARAN BIOLOGI DALAM UPAYA MENJAWAB TANTANGAN ABAD 21 SERTA OPTIMALISASI IMPLEMENTASI KURIKULUM 2013. *Florea : Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 2(1). <https://doi.org/10.25273/florea.v2i1.403>
- Sudarmanto, A., Poernomo, B. J., Maulana, R. A., & Basit, A. M. (2022). *Real Laboratory Praktikum Mekanika (Konstanta Pegas dan Gerak Harmonik Sederhana) Berbasis IoT*. UIN Walisongo.
- Taylor, J. R. (2018). *Classical Mechanics*. University Science Books.

- Thornton, S. T., & Marion, J. B. (2018). *Classical Dynamics of Particles and Systems*. Cengage Learning.
- Vallath, K. (2015). Virtual Labs: A Substitute for Physical Labs in Engineering Education. *International Journal of Online Engineering (IJOE)*, 11(2).
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2010). 21st century skills. Discussienota. Zoetermeer. *The Netherlands: Kennisnet*, 23(3).
- Wahyuni, S., & Irawati, E. (2022). Mekanika Pegas-Pendulum Tergandeng dalam Tinjauan Lagrangian. *In Prosiding Seminar Nasional Lontar Physics Forum* , 45–50.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2012). *University Physics with Modern Physics, 13th Edition*. Addison-Wesley.
- Zubaidah, S. (2016). Keterampilan abad ke-21: Keterampilan yang diajarkan melalui pembelajaran. *In Seminar Nasional Pendidikan*, 2(2), 1–17.