

Pengaruh Sudut Terhadap Besar Resultan Gaya Vektor: Kajian Eksperimental Menggunakan Praktikum Cookbook Laboratory

Sipayanti¹, Ulfi Naswa Nurhaliza², Wulan Lestari³, Pikiyatul Hidayah⁴, Adam Malik⁵

^{1,2,3,4,5}Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Jawa Barat, Indonesia.

Article history

Received: June 4st, 2024

Revised: June 20st, 2024

Accepted: June 26st, 2024

*Corresponding Author:

Sipayanti, Pendidikan Fisika,
Universitas Islam Negeri
Sunan Gunung Djati Bandung,
Jawa Barat, Indonesia.

Email: sipaayanti@gmail.com

Abstract: Vectors are fundamental concepts in mathematics and physics that play a crucial role in various scientific and engineering applications. This study investigates the relationship between the angle and magnitude of the resultant force vector using the Cookbook Laboratory practical approach. The experiment involved combining two forces at different angles and measuring the resultant force. The results indicate a linear relationship between the angle and magnitude of the resultant force, suggesting that as the angle increases, the magnitude of the resultant force also increases. However, this finding contradicts the theoretical prediction of an inverse relationship. This discrepancy is attributed to experimental limitations, particularly parallax error, which may have affected the accuracy of the measurements. Further experiments are recommended to minimize parallax error and obtain more accurate results. A thorough understanding of vector concepts and measurement techniques is essential for comprehending the relationship between angle and resultant force magnitude.

Keywords: Angle; Cookbook Laboratory; Resultant Force; Vector.

Pendahuluan

Vektor adalah konsep fundamental dalam matematika dan fisika yang memainkan peran penting dalam berbagai aplikasi ilmu pengetahuan dan teknik (Carli et al., 2020). Vektor tidak hanya merepresentasikan besaran dengan arah dan magnitudo, tetapi juga memungkinkan analisis yang lebih kompleks dalam ruang multidimensi (Kleyko et al., 2022). Dalam praktikum ini, kami menggunakan model Cookbook Laboratory untuk mempelajari sifat-sifat dasar vektor, operasi vektor, dan aplikasinya.

Penguasaan vektor merupakan salah satu kunci dalam mempelajari fisika (Sari et al., 2017). Dalam fisika, besaran dapat dikategorikan menjadi dua jenis berdasarkan sifatnya, yaitu besaran skalar dan besaran vektor. Perbedaan utama antara keduanya terletak pada ada atau tidaknya arah (Rodríguez-Nieto et al., 2024). Vektor adalah salah satu jenis besaran pada fisika yang memiliki nilai dan arah (Campos et al., 2020). Fenomena fisika yang termasuk dalam besaran vektor yaitu kecepatan, percepatan, gaya, momentum dan lainnya (Torchigin, 2020). Besaran vektor dalam fisika tidak hanya memiliki nilai (besar) tetapi juga memiliki arah. Hal ini membedakannya dari besaran skalar

yang hanya memiliki nilai tanpa arah. Contoh besaran vektor adalah vektor perpindahan (vector displacement), yang menunjukkan perubahan posisi suatu benda dan memiliki arah dan jarak yang ditempuh (Tim et al., 2009). Vektor adalah fondasi penting dalam mempelajari berbagai konsep fisika (Tyas, 2015). Konsep vektor merupakan fondasi penting dalam memahami berbagai materi fisika, seperti gerak lurus, dinamika gaya, dan listrik magnet (Tim et al., 2009). Dalam geometri, vektor didefinisikan sebagai ruas garis yang memiliki arah dan panjang (MUSTAMI, 2020) Vektor adalah besaran geometris yang memiliki dua karakteristik penting: besar dan arah (Hergl et al., 2021)

Gaya vektor merupakan konsep fundamental dalam fisika yang menggambarkan pengaruh eksternal terhadap suatu benda (Pushpak N, 2023). Gaya ini memiliki besar dan arah, yang dilambangkan dengan vektor (Mondolang et al., 2020a). Dalam kehidupan sehari-hari, kita seringkali dihadapkan dengan situasi di mana benda dikenai oleh beberapa gaya sekaligus. Besar dan arah gaya-gaya ini dapat mempengaruhi gerak benda (Mondolang et al., 2020b).

Salah satu konsep penting dalam gaya vektor adalah resultan gaya (Vallelonga et al., 2021). Resultan gaya merupakan gaya tunggal yang

mewakili efek gabungan dari beberapa gaya yang bekerja pada suatu benda (Ehsani et al., 2020). Besar resultan gaya tergantung pada beberapa faktor (Makvandi et al., 2021a), termasuk: 1) Sudut antar gaya: Semakin besar sudut antar gaya, semakin kecil resultan gayanya (Makvandi et al., 2021b). Hal ini dapat diilustrasikan dengan menarik tali pada sebuah kotak dari dua arah yang berbeda. Semakin besar sudut antara kedua tali, semakin kecil gaya yang diperlukan untuk menggeser kotak. 2) Massa benda: Semakin besar massa benda, semakin besar resultan gaya yang diperlukan untuk menggerakkannya (Baltzopoulos & Baltzopoulos, 2024). Hal ini dapat diilustrasikan dengan mendorong dua benda dengan massa yang berbeda dengan gaya yang sama. Benda dengan massa yang lebih besar akan lebih sulit digerakkan dibandingkan dengan benda yang lebih ringan. Menentukan resultan dari dua atau lebih vektor memerlukan pemahaman tentang besar dan arah masing-masing vektor yang bekerja pada suatu objek. Dalam kasus vektor gaya, perlu diperhatikan besar dan arah gaya yang bekerja (Sarkin, n.d.). Dalam mempelajari vektor, diharapkan mampu menganalisis setiap sudut yang dibentuk oleh vektor dan menguraikan komponen-komponennya (Nikmah, 2019). Penandaan besaran vektor dan skalar dalam penulisan ilmiah memiliki standar internasional yang disepakati. Besaran vektor ditandai dengan panah di atas lambang atau dicetak tebal, sedangkan besaran skalar dicetak biasa. Selain itu, besaran vektor juga dapat digambarkan dengan anak panah. Panjang anak panah menunjukkan nilai besar vektor, sedangkan arah mata panah menunjukkan arah vektor (Jamila, 2018).

Model Cookbook Laboratory merupakan pendekatan yang sistematis dan terstruktur dalam melakukan praktikum, di mana setiap langkah eksperimen didokumentasikan dengan jelas, mulai dari tujuan, alat dan bahan yang digunakan, prosedur kerja, hingga analisis dan interpretasi data (Coştu & Bayram, 2024). Pendekatan ini memungkinkan siswa untuk tidak hanya memahami konsep teoretis, tetapi juga mengembangkan keterampilan praktis dalam mengaplikasikan teori ke dalam eksperimen nyata (Altmeyer et al., 2020; Borsboom et al., 2021). Buku resep menyajikan informasi tentang hidangan dalam bentuk "ekivalen makanan". Setiap ekivalen makanan memuat daftar bahan, takaran bahan, panduan memasak, dan informasi kandungan makronutrien dalam hidangan tersebut (Weizman et al., 2021)

Dengan pendekatan praktikum Cookbook Laboratory, diharapkan siswa dapat mengembangkan pemahaman yang mendalam tentang konsep vektor dan mampu mengaplikasikan pengetahuan tersebut dalam berbagai situasi problem-solving (Hamed & Aljanazrah, 2020; Seyed Fadaei, 2022). Selain itu, dokumentasi yang sistematis akan membantu dalam mengevaluasi dan merefleksikan hasil eksperimen, sehingga memperkuat kemampuan analitis dan kritis siswa dalam proses pembelajaran (White, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis Pengaruh Sudut Terhadap Besar Resultan Gaya Vektor: melalui eksperimen praktikum Cookbook Laboratory. Hasil eksperimen kemudian dianalisis dan diinterpretasikan untuk memahami hubungan antara sudut dan besar resultan gaya vector (Schlummer et al., 2023).

Metode

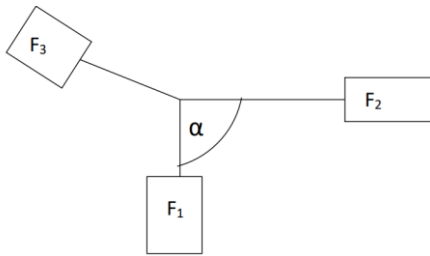
Penelitian ini meneliti bagaimana besarnya sudut antara dua vektor memengaruhi resultan vektornya (Saha et al., 2019). Metode yang digunakan adalah CookBook Laboratorium. CookBook Laboratorium adalah metode eksperimen yang terstruktur dan sistematis, dengan panduan langkah demi langkah yang jelas dan mudah diikuti (Farley et al., 2021). Penelitian ini menguji hipotesis bahwa perubahan sudut antara dua vektor akan menghasilkan perubahan pada besarnya (magnitudo) dan arah resultan vektor yang dihasilkan. CookBook Laboratorium menawarkan panduan yang terperinci dan sistematis untuk pelaksanaan eksperimen, menjamin setiap langkah diikuti dengan presisi untuk menghasilkan data yang valid dan dapat dianalisis (Mustafa & Angga, 2022).

Praktikum ini menggunakan metode cookbook laboratorium. Langkah pertama yang dilakukan adalah menyiapkan alat dan bahan diantaranya satu set anak timbangan, papan statif, dua buah katrol, busur derajat, neraca pegas, tali.



Gambar 1. Alat dan Bahan

Kemudian susun peralatan sesuai dengan yang ditunjukkan pada gambar 2 dengan variasi sudut antara F_1 dan F_2 90° , 60° , 45° , 30° .



Gambar 2. Susunan Alat dan Bahan Praktikum

Rekam nilai F_1 , F_2 , dan F_3 yang ditunjukkan oleh ketiga neraca pada tabel pengamatan. Kemudian ulangi eksperimen beberapa kali dengan menggunakan kombinasi F_1 dan F_2 yang berbeda-beda. Catat semua data yang diperoleh pada tabel pengamatan. Setelah semua data pengamatan dikumpulkan, lakukan analisis dengan membandingkan besarnya nilai resultan vektor yang diperoleh pada berbagai sudut. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola perubahan nilai resultan vektor seiring dengan perubahan sudut.

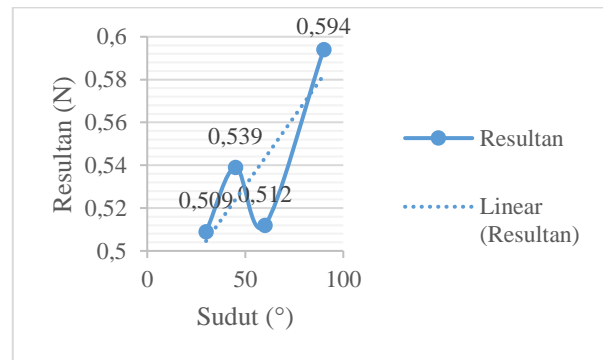
Hasil dan Pembahasan

Hasil merupakan sebuah bagian penting dalam artikel ilmiah yang berdasarkan dari hasil analisis data, hasil pengujian, dan dilengkapi pula dengan grafik maupun tabel Hasil yang didapatkan berupa grafik, table atau deskriptif yang dibahas pada bagian ini. Berdasarkan eksperimen yang kelompok kami lakukan dan dapatkan sebuah hasil yaitu antara F_1 , F_2 dengan F_3 dengan menggunakan beban sebesar 0,05 kg dan 0,1 kg dan membentuk huruf Y yang di integrasikan antara ketiga gaya tersebut sehingga menghasilkan resultan gaya.

Tabel 1: Hubungan Besar Sudut Terhadap Resultan Vektor

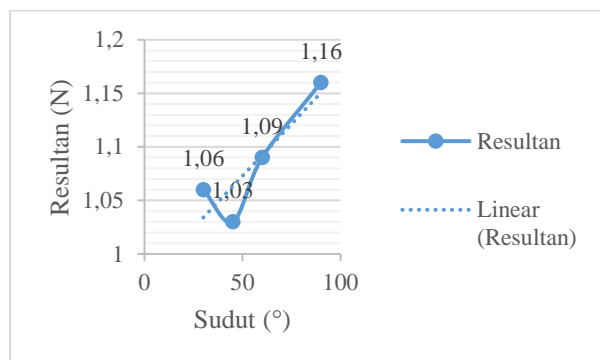
Sudut ($^\circ$)	Massa (kg)	Resultan (N)
90	0,05	$(5,94 \pm 0,08) \times 10^{-1}$
60		$(5,12 \pm 0,43) \times 10^{-1}$
45		$(5,39 \pm 0,17) \times 10^{-1}$
30		$(5,09 \pm 0,42) \times 10^{-1}$
90	0,1	$(1,16 \pm 0,02)$
60		$(1,09 \pm 0,02)$
45		$(1,03 \pm 0,03)$
30		$(1,06 \pm 0,08)$

Tabel 1 menunjukkan bahwa besar sudut berbanding lurus dengan nilai resultan vektor. Percobaan pertama menggunakan sudut 90° dengan variasi beban 0.1 kg dan 0.05 kg. pada beban 0,1 kg didapatkan hasil resultan vektor sebesar $(1,16 \pm 0,02)$ sedangkan beban 0.05 kg didapatkan hasil resultan vektor sebesar $(5,94 \pm 0,08) \times 10^{-1}$. Pada percobaan kedua menggunakan sudut 60° dengan variasi beban 0.1 kg dan 0.05 kg. pada beban 0.1 kg didapatkan hasil resultan vektor sebesar $(1,09 \pm 0,02)$ sedangkan beban 0.05 kg didapatkan hasil resultan vektor sebesar $(5,12 \pm 0,43) \times 10^{-1}$. Pada percobaan ketiga menggunakan sudut 45° dengan variasi beban 0.1 kg dan 0.05 kg. pada beban 0.1 kg didapatkan hasil resultan vektor sebesar $(1,03 \pm 0,03)$ sedangkan beban 0.05 kg didapatkan hasil resultan vektor sebesar $(5,39 \pm 0,17) \times 10^{-1}$. Dan pada percobaan terakhir menggunakan sudut 30° dengan variasi beban 0.1 kg dan 0.05 kg. pada beban 0.1 kg didapatkan hasil resultan vektor sebesar $(1,06 \pm 0,08)$ sedangkan beban 0.05 kg didapatkan hasil resultan vektor sebesar $(5,09 \pm 0,42) \times 10^{-1}$. Maka pengaruh besar sudut terhadap resultan vector dengan variasi beban 0.1 kg dan 0.05 kg dapat digambarkan melalui grafik sebagai berikut.



Gambar 3. Pengaruh Besar Sudut terhadap Resultan Vektor pada Beban 0.05 kg

Grafik di atas adalah grafik hubungan sudut terhadap nilai resultan vektor dengan massa beban 0,05 kg. Grafik berbentuk linear kanan yang artinya semakin besar nilai sudut maka nilai resultan vector akan semakin besar atau sebaliknya. Bisa dikatakan hubungan sudut terhadap nilai resultan adalah berbanding lurus.



Gambar 4. Pengaruh Besar Sudut terhadap Resultan Vektor pada Beban 0.05 kg

Grafik di atas adalah grafik hubungan sudut terhadap nilai resultan vektor dengan massa beban 0,1 kg. Grafik berbentuk linear kanan yang artinya semakin besar nilai sudut maka nilai resultan vector akan semakin besar atau sebaliknya. Bisa dikatakan hubungan sudut terhadap nilai resultan adalah berbanding lurus.

Berdasarkan hasil praktikum yang telah dilakukan terdapat kekeliruan, karena hasil yang didapatkan tidak sesuai dengan teori yang ada. Hal ini dapat terjadi karena adanya kesalahan paralaks. Kesalahan paralaks adalah jenis kesalahan pengukuran yang terjadi karena keterbatasan penglihatan. Akibatnya, kesalahan ini dapat memengaruhi hasil pengukuran, salah satunya adalah nilai yang diukur menjadi tidak akurat (Puspasari et al., 2019). Ketidakmampuan mata manusia untuk melihat dengan sempurna, yang dikenal sebagai keterbatasan penglihatan, seringkali menghasilkan pengukuran yang tidak akurat. Ini terjadi karena kesalahan paralaks.

Teori mengatakan bahwa hubungan antara sudut dan resultan berbanding terbalik. Semakin kecil sudut antara dua vektor yang digabungkan, semakin besar resultan vektor yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin besar sudutnya, semakin kecil resultan vektornya (Gordon et al., 2020). Terdapat hubungan positif antara besar sudut dan nilai cosinus. Sudut yang lebih besar menghasilkan nilai cosinus yang lebih besar pula (Finahari & Rubiono, 2018).

Mempelajari vektor menjadi fondasi penting dalam memahami berbagai konsep fisika. Vektor memainkan peran krusial dalam berbagai materi fisika (Rizky Kurniawan et al., 2019). Untuk menentukan besar resultan, kita dapat menggunakan persamaan cosinus berikut (Ndruru, 2020; Sariasih, 2019).

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha}$$

Dengan R adalah besar resultan, F_1, F_2 adalah besar vektor F_1 dan F_2 , dan α adalah sudut antara F_1 dan F_2 . Untuk menentukan resultan vektor, yang merupakan hasil penjumlahan dua atau lebih vektor, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, yaitu metode segitiga, metode jajaranjang, metode poligon, dan metode analisis (Sariasih, 2019). Proses menggambar resultan vektor membutuhkan analisis dan pemahaman yang mendalam tentang konsep vektor dan metode penggambarannya (Dianty et al., 2019).

Kesimpulan

Percobaan yang dilakukan menunjukkan hubungan besar sudut dan resultan vektor yang berbanding lurus. Artinya, semakin besar sudut antara dua vektor yang digabungkan, semakin besar pula resultan vektornya. Hal ini berbeda dengan teori yang menyatakan bahwa hubungan keduanya berbanding terbalik. Semakin kecil sudutnya, semakin besar resultan vektornya.

Ketidaksesuaian hasil percobaan dengan teori ini kemungkinan besar disebabkan oleh kesalahan paralaks, yaitu keterbatasan penglihatan mata manusia yang menyebabkan pengukuran tidak akurat. Kesalahan paralaks ini dapat memengaruhi hasil pengukuran, salah satunya adalah nilai resultan vektor yang menjadi tidak akurat.

Penting untuk melakukan percobaan ulang dengan meminimalisir kesalahan paralaks untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Selain itu, pengetahuan tentang vektor perlu dikuasai dengan baik untuk memahami hubungan antara besar sudut dan resultan vektor. Vektor merupakan konsep penting dalam fisika dan memiliki peran krusial dalam berbagai materi fisika.

Daftar Pustaka

- Altmeyer, K., Kapp, S., Thees, M., Malone, S., Kuhn, J., & Brünken, R. (2020). The use of augmented reality to foster conceptual knowledge acquisition in STEM laboratory courses—Theoretical background and empirical results. In *British Journal of Educational Technology* (Vol. 51, Issue 3, pp. 611–628). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/bjet.12900>

- Baltzopoulos, V., & Baltzopoulos, V. (2024). *Title Page Inverse dynamics, joint reaction forces and loading in the musculoskeletal system: Guidelines for correct mechanical terms and recommendations for accurate reporting of results.* <https://orcid.org/0000-0003-2050-9501>
- Borsboom, D., van der Maas, H. L. J., Dalege, J., Kievit, R. A., & Haig, B. D. (2021). Theory Construction Methodology: A Practical Framework for Building Theories in Psychology. *Perspectives on Psychological Science*, 16(4), 756–766. <https://doi.org/10.1177/1745691620969647>
- Burfeind, D., & Devine, C. (n.d.). *Kitchen Lab: Taking the cookbook out of undergraduate laboratory experiences.*
- Campos, E., Zavala, G., Zuza, K., & Guisasola, J. (2020). Students' understanding of the concept of the electric field through conversions of multiple representations. *Physical Review Physics Education Research*, 16(1). <https://doi.org/10.1103/PHYSREVPHYSEDUCRES.16.010135>
- Carli, M., Lippiello, S., Pantano, O., Perona, M., & Tormen, G. (2020). Testing students ability to use derivatives, integrals, and vectors in a purely mathematical context and in a physical context. *Physical Review Physics Education Research*, 16(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010111>
- Coştu, F., & Bayram, H. (2024). From cookbook lab to PEODE-based lab: redesigning lab activities to foster conceptual understanding. *Research in Science and Technological Education*. <https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2342884>
- Dianty, A. P., Handono, S., & Prastowo, B. (2019). *"Integrasi Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Mengembangkan Budaya Ilmiah di Era Revolusi Industri 4.0 " Terhadap Hasil Belajar Fisika Pokok Bahasan Vektor Siswa SMA* (Vol. 4, Issue 1).
- Ehsani, K., Tulsiani, S., Gupta, S., Farhadi, A., & Gupta, A. (2020). *Use the Force, Luke! Learning to Predict Physical Forces by Simulating Effects.* <https://ehsanik.github.io/forcecvpr2020>
- Farley, E. R., Fringer, V., & Wainman, J. W. (2021). Simple Approach to Incorporating Experimental Design into a General Chemistry Lab. *Journal of Chemical Education*, 98(2), 350–356. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00921>
- Finahari, N., & Rubiono, G. (2018). Analisis Biomekanika Pengaruh Sudut Pijakan Telapak Kaki Terhadap Gaya Reaksi Tumpuan. In *Prosiding Seminar Nasional IPTEK Olahraga* (Issue 11).
- Gordon, J. V., Narra, S. P., Cunningham, R. W., Liu, H., Chen, H., Suter, R. M., Beuth, J. L., & Rollett, A. D. (2020). Defect structure process maps for laser powder bed fusion additive manufacturing. *Additive Manufacturing*, 36. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101552>
- Hamed, G., & Aljanazrah, A. (2020). The Effectiveness Of Using Virtual Experiments On Students' Learning In The General Physics LAB. *Journal of Information Technology Education: Research*, 19, 977–996. <https://doi.org/10.28945/4668>
- Hergl, C., Blecha, C., Kretzschmar, V., Raith, F., Günther, F., Stommel, M., Jankowai, J., Hotz, I., Nagel, T., & Scheuermann, G. (2021). Visualization of Tensor Fields in Mechanics. *Computer Graphics Forum*, 40(6), 135–161. <https://doi.org/10.1111/cgf.14209>
- Jamila. (2018). *Pengaruh Model Pembelajaran Discovery Learning Dengan Media Infografis Terhadap Pemahaman Konsep Fisika Kelas X.*
- Kleyko, D., Rachkovskij, D. A., Osipov, E., & Rahimi, A. (2022). A Survey on Hyperdimensional Computing aka Vector Symbolic Architectures, Part I: Models and Data Transformations. *ACM Computing Surveys*, 55(6). <https://doi.org/10.1145/3538531>
- Makvandi, P., Kirkby, M., Hutton, A. R. J., Shabani, M., Yiu, C. K. Y., Baghbantaraghdari, Z., Jamaledin, R., Carlotti, M., Mazzolai, B., Mattoli, V., & Donnelly, R. F. (2021a). Engineering Microneedle Patches for Improved Penetration: Analysis, Skin Models and Factors Affecting Needle Insertion. In *Nano-Micro Letters* (Vol. 13, Issue 1). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s40820-021-00611-9>

- Makvandi, P., Kirkby, M., Hutton, A. R. J., Shabani, M., Yiu, C. K. Y., Baghbantaraghdari, Z., Jamaledin, R., Carlotti, M., Mazzolai, B., Mattoli, V., & Donnelly, R. F. (2021b). Engineering Microneedle Patches for Improved Penetration: Analysis, Skin Models and Factors Affecting Needle Insertion. In *Nano-Micro Letters* (Vol. 13, Issue 1). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s40820-021-00611-9>
- Mondolang, A. H., Poluakan, C., & Mongan, S. W. (2020a). The use of teaching semiotic vectors in the introduction to physics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1572(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1572/1/012086>
- Mondolang, A. H., Poluakan, C., & Mongan, S. W. (2020b). The use of teaching semiotic vectors in the introduction to physics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1572(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1572/1/012086>
- Mustafa, P. S., & Angga, P. D. (2022). Strategi Pengembangan Produk dalam Penelitian dan Pengembangan pada Pendidikan Jasmani. *Jurnal Pendidikan : Riset Dan Konseptual*, 6(3), 413. https://doi.org/10.28926/riset_konseptual.v6i3.522
- MUSTAMI, S. S. (2020). *Efektivitas Pembelajaran Melalui Whatsapp Grup Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah*.
- Ndruru, M. (2020). *Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Vektor Di Kelas X SMA Negeri 2 Lahusa*.
- Nikmah, F. (2019). *Pengembangan Alat Peraga Vektor Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Resultan Gaya Pada Siswa Sma Kelas X*.
- Pushpak N, B. (2023). Fundamental Forces are not Fundamental as our 3-d Universe is Driven by an External Energy Source. *International Journal of Physics Research and Applications*, 6(2), 167–179. <https://doi.org/10.29328/journal.ijpra.1001068>
- Puspasari, F.-, Fahrurrozi, I.-, Satya, T. P., Setyawan, G.-, Al Fauzan, M. R., & Admoko, E. M. D. (2019). Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due Untuk Sistem Monitoring Ketinggian. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 15(2), 36. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v15i2.4393>
- Rizky Kurniawan, B., Eka Saputri, D., Ibnu Shoiqin, M., Studi Pendidikan Fisika, P., Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., Negeri Malang, U., Jl Semarang No, I., & Timur, J. (2019). *Analisis Pemahaman Konsep Mahasiswa pada Topik Vektor*. 6, 107–114. <https://doi.org/10.29407/e.v6i2.12911>
- Rodríguez-Nieto, C. A., González, H. A. C., Arenas-Peñalosa, J., Schnorr, C. E., & Moll, V. F. (2024). Onto-semiotic analysis of Colombian engineering students' mathematical connections to problems-solving on vectors: A contribution to the natural and exact sciences. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(5). <https://doi.org/10.29333/ejmste/14450>
- Saha, S., Bovolo, F., & Bruzzone, L. (2019). Unsupervised deep change vector analysis for multiple-change detection in VHR Images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57(6), 3677–3693. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2018.2886643>
- Sari, W. P., Suyanto, E., & Suana, W. (2017). Analisis Pemahaman Konsep Vektor pada Siswa Sekolah Menengah Atas. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 6(2), 159–168. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v6i2.1743>
- Sariasih, N. M. T. I. N. A. S. N. W. (2019). *e-Modul Vektor*.
- Sarkin, T. (n.d.). *Pembelajaran 2. VEKTOR A. Kompetensi*.
- Schlummer, P., Abazi, A., Borkamp, R., Lauströer, J., Schulz-Schaeffer, R., Schuck, C., Pernice, W., Heusler, S., & Laumann, D. (2023). Seeing the unseen—enhancing and evaluating undergraduate polarization experiments with interactive Mixed-Reality technology. *European Journal of Physics*, 44(6). <https://doi.org/10.1088/1361-6404/acf0a7>
- Seyed Fadaei, A. (2022). Comparing the Effects of Cookbook and Non-Cookbook Based Lab Activities In a Calculus-Based Introductory

Physics Course. *International Journal of Physics and Chemistry Education*, 13(4), 65–72. <https://doi.org/10.51724/ijpce.v13i4.135>

Tim, O., Laboratorium, D., & Dasar, F. (2009). *Buku Ajar Fisika Dasar*.

Torchigin, V. P. (2020). *Momentum and mass of a pulse of light wave as a particular case of waves of arbitrary physical nature*.

Tyas, H. (2015). *Pengembangan Media Pembelajaran Pokok Bahasan Vektor*.

Vallelonga, F., Airale, L., Tonti, G., Argulian, E., Milan, A., Narula, J., & Pedrizzetti, G. (2021). Introduction to Hemodynamic Forces Analysis: Moving Into the New Frontier of Cardiac Deformation Analysis. *Journal of the American Heart Association*, 10(24). <https://doi.org/10.1161/JAHA.121.023417>

Weizman, A., Project, S., : A., & Borum, P. R. (2021). *Cookbook Creation and Organization for PKT Lab*.

White, R. V. (2020). You Need More Than Cookbooks. *IEEE Power Electronics Magazine*, 7(1). <https://doi.org/10.1109/MPEL.2019.2959357>