



Al-Khazini: Jurnal Pendidikan Fisika
<http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/alkhazini>
 DOI: [10.24252/al-khazini.v5i2.58021](https://doi.org/10.24252/al-khazini.v5i2.58021)

P-ISSN: 2830-3644
 e-ISSN: 2829-6699

The Effect of Angle on the Magnitude of the Resultant Vector Force: An Experimental Study Using the Cookbook Practical Approach

Aprilia Dwi Lestari^{1*}, Havita Santana Putri², Rafli Hakam Saepudin³, Muhammad Nurullah⁴, Adam Malik⁵

UIN Sunan Gunung Djati Bandung

*Corresponding e-mail: aprillestari283@gmail.com

Info Artikel

Riwayat artikel

Dikirim: 16 Juni 2025
 Direvisi : 18 Juni 2025
 Diterima: 20 Oktober 2025
 Diterbitkan: 29 Oktober 2025

Kata Kunci:

Vektor
 Resultan Gaya
 Sudut
 Praktikum Fisika
 Cookbook Laboratory

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh sudut antara dua gaya terhadap besar resultan gaya vektor dengan pendekatan eksperimental menggunakan metode Cookbook Laboratory. Peserta praktikum adalah mahasiswa pendidikan fisika, praktikum dilakukan dengan variasi sudut antara gaya F_1 dan F_2 yaitu 30° , 45° , 60° , dan 90° , menggunakan peralatan sederhana seperti neraca pegas, katrol, dan busur derajat. Dengan 3 kali percobaan dan 40 kali pengulangan dimasing-masing percobaan. Analisis data dengan metode kuantitatif Data gaya yang ditunjukkan oleh neraca dicatat untuk berbagai kombinasi gaya dan sudut. Hasil menunjukkan bahwa semakin besar sudut antara dua vektor gaya, maka besar resultan gaya yang dihasilkan semakin kecil. Hubungan antara sudut dan besar resultan vektor menunjukkan penurunan seiring bertambahnya sudut. Temuan ini mendukung teori vektor dalam fisika dan menunjukkan efektivitas metode praktikum cookbook dalam pembelajaran konsep gaya vektor

ABSTRACT

This research aims to analyze the influence of the angle between two forces on the magnitude of the resultant vector through an experimental approach using the Cookbook Laboratory method. The participants were physics education students, and the practicum was carried out with variations of the angle between forces F_1 and F_2 at 30° , 45° , 60° , and 90° , employing simple apparatus such as spring scales, pulleys, and protractors. Each experiment was conducted three times with 40 repetitions in each trial. The force values shown by the spring scales were recorded for different combinations of forces and angles. The results indicate that as the angle between the two force vectors increases, the magnitude of the resultant force decreases. This relationship confirms the theoretical principles of vectors in physics and demonstrates the effectiveness of the Cookbook Laboratory method in facilitating the learning of vector force concepts.

© 2025 The Author(s). Published by Physics Education, UIN Alauddin Makassar, Indonesia.

How to cite: Putri, H. S., Saepudin, R. H., Lestari, A. D., Nurullah, M., & Malik, A. (2025). The Effect of Water Temperature on Surface Tension through Cookbook Practicals. *Al-Khazini: Jurnal Pendidikan Fisika*, 5(2), 77–87.

PENDAHULUAN

Vektor merupakan 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 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 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 ekvivalen 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

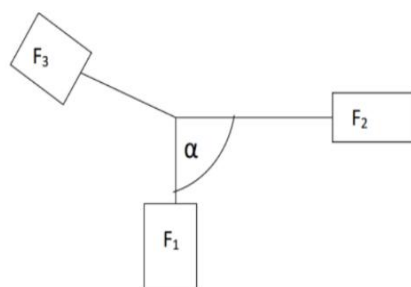
Penelitian ini meneliti bagaimana besarnya sudut antara dua vektor memengaruhi resultan vektornya (Saha et al., 2019). Data ini di analisis dengan kuantitatif dan Metode yang digunakan adalah CookBook Laboratorium. CookBook Laboratorium adalah metode eksperimen yang terstruktur dan sistematis, dengan 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 timbang, 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 berbedabeda. 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

Tabel 1: Tabel Pengaruh Sudut Terhadap Besar Resultan Gaya Vektor

No	Massa Beban (Kg)	Sudut	Sudut antara F1 dan F2 (°)	F1 (N)	F2 (N)
1	0,0512	90°	50	0,3	0,6
2	0,0512	90°	60	0,3	0,25
3	0,0512	90°	60	0,3	0,25
4	0,0512	90°	60	0,3	0,25
5	0,0512	90°	60	0,3	0,25
6	0,0512	90°	60	0,3	0,25
7	0,0512	90°	60	0,3	0,25
8	0,0512	90°	55	0,4	0,2
9	0,0512	90°	55	0,4	0,2
10	0,0512	90°	55	0,4	0,25
11	0,0512	90°	55	0,4	0,25
12	0,0512	90°	55	0,4	0,25
13	0,0512	90°	50	0,3	0,25
14	0,0512	90°	50	0,3	0,25
15	0,0512	90°	50	0,3	0,25
16	0,0512	90°	55	0,4	0,2
17	0,0512	90°	55	0,4	0,25
18	0,0512	90°	55	0,3	0,2
19	0,0512	90°	55	0,3	0,2
20	0,0512	90°	50	0,3	0,25
21	0,0512	90°	50	0,3	0,2
22	0,0512	90°	55	0,4	0,25
23	0,0512	90°	55	0,4	0,25
24	0,0512	90°	60	0,3	0,25
25	0,0512	90°	55	0,4	0,25
26	0,0512	90°	55	0,4	0,25
27	0,0512	90°	55	0,4	0,25
28	0,0512	90°	55	0,4	0,25
29	0,0512	90°	55	0,4	0,25
30	0,0512	90°	55	0,4	0,25
31	0,0512	90°	55	0,4	0,25
32	0,0512	90°	55	0,4	0,25
33	0,0512	90°	55	0,4	0,25
34	0,0512	90°	55	0,4	0,25

No	Massa Beban (Kg)	Sudut	Sudut antara F1 dan F2 (°)	F1 (N)	F2 (N)
35	0,0512	90°	55	0,4	0,25
36	0,0512	90°	55	0,4	0,25
37	0,0512	90°	55	0,4	0,25
38	0,0512	90°	55	0,4	0,25
39	0,0512	90°	55	0,4	0,25
40	0,0512	90°	55	0,4	0,25

Sudut 90°

- $g = 9,8 \text{ m/s}^2$
- $F_3 = 0,0512 \text{ N}$
- $R_{12} = 0,441058 \text{ N}$
- $R_{123} = 0,942818 \text{ N}$

Tabel 2: Pengaruh Sudut Terhadap Besar Resultan Gaya Vektor

No	Massa Beban (Kg)	Sudut (°)	Sudut antara F1 dan F2 (o)	F1 (N)	F2 (N)
1	0,0512	60	30	0,3	0,2
2	0,0512	60	30	0,5	0,2
3	0,0512	60	30	0,2	0,25
4	0,0512	60	35	0,3	0,3
5	0,0512	60	30	0,2	0,3
6	0,0512	60	30	0,2	0,25
7	0,0512	60	30	0,3	0,25
8	0,0512	60	30	0,3	0,25
9	0,0512	60	30	0,3	0,25
10	0,0512	60	30	0,3	0,25
11	0,0512	60	30	0,3	0,25
12	0,0512	60	30	0,3	0,25
13	0,0512	60	30	0,3	0,25
14	0,0512	60	30	0,3	0,25
15	0,0512	60	30	0,3	0,25
16	0,0512	60	30	0,3	0,25
17	0,0512	60	30	0,3	0,25
18	0,0512	60	30	0,3	0,25
19	0,0512	60	30	0,3	0,25
20	0,0512	60	30	0,3	0,25
21	0,0512	60	30	0,3	0,25
22	0,0512	60	30	0,3	0,25
23	0,0512	60	30	0,3	0,25
24	0,0512	60	30	0,3	0,25
25	0,0512	60	30	0,3	0,25
26	0,0512	60	30	0,3	0,25
27	0,0512	60	30	0,3	0,25
28	0,0512	60	30	0,3	0,25
29	0,0512	60	30	0,3	0,25
30	0,0512	60	30	0,3	0,25
31	0,0512	60	30	0,3	0,25
32	0,0512	60	30	0,3	0,25
33	0,0512	60	30	0,3	0,25
34	0,0512	60	30	0,3	0,25
35	0,0512	60	30	0,3	0,25
36	0,0512	60	30	0,3	0,25
37	0,0512	60	30	0,3	0,25
38	0,0512	60	30	0,3	0,25
39	0,0512	60	30	0,3	0,25
40	0,0512	60	30	0,3	0,25

Sudut 60°

- $g = 9,8 \text{ m/s}$
- $F_3 = 0,50126 \text{ N}$
- $R_{12} = 0,528987 \text{ N}$
- $R_{123} = 1,030747 \text{ N}$
- $g = 9,8 \text{ m/s}$
- $F_3 = 0,50176 \text{ N}$
- $R_{12} = 0,521462 \text{ N}$
- $R_{123} = 1,023222 \text{ N}$

Tabel 3: Pengaruh Sudut Terhadap Besar Resultan Gaya Vektor

No	Massa Beban (Kg)	Sudut ($^{\circ}$)	Sudut antara F1 dan F2 ($^{\circ}$)	F1 (N)	F2 (N)
1	0,0512	30	10	0,2	0,3
2	0,0512	30	15	0,2	0,25
3	0,0512	30	15	0,2	0,3
4	0,0512	30	10	0,2	0,3
5	0,0512	30	15	0,3	0,25
6	0,0512	30	15	0,3	0,25
7	0,0512	30	15	0,2	0,3
8	0,0512	30	15	0,2	0,25
9	0,0512	30	10	0,3	0,3
10	0,0512	30	15	0,2	0,25
11	0,0512	30	10	0,3	0,25
12	0,0512	30	10	0,2	0,25
13	0,0512	30	15	0,3	0,3
14	0,0512	30	15	0,3	0,3
15	0,0512	30	10	0,2	0,25
16	0,0512	30	15	0,3	0,25
17	0,0512	30	15	0,3	0,25
18	0,0512	30	10	0,2	0,25
19	0,0512	30	10	0,3	0,25
20	0,0512	30	15	0,3	0,3
21	0,0512	30	10	0,2	0,25
22	0,0512	30	15	0,3	0,3
23	0,0512	30	10	0,2	0,25
24	0,0512	30	10	0,3	0,3
25	0,0512	30	15	0,2	0,25
26	0,0512	30	10	0,3	0,3
27	0,0512	30	15	0,2	0,25
28	0,0512	30	15	0,3	0,3
29	0,0512	30	10	0,2	0,3
30	0,0512	30	15	0,3	0,25
31	0,0512	30	10	0,2	0,3
32	0,0512	30	10	0,2	0,3
33	0,0512	30	15	0,3	0,25
34	0,0512	30	15	0,2	0,3
35	0,0512	30	10	0,2	0,25
36	0,0512	30	10	0,3	0,3
37	0,0512	30	15	0,2	0,25
38	0,0512	30	10	0,2	0,25
39	0,0512	30	15	0,3	0,3
40	0,0512	30	15	0,2	0,25

Sudut 30

- $g = 9,8 \text{ m/s}$
- $F_3 = 0,50176 \text{ N}$
- $R_{12} = 0,448379 \text{ N}$
- $R_{123} = 0,950139 \text{ N}$

Pada sudut 90° , gaya F1 dan F2 saling tegak lurus sehingga resultan yang terbentuk mengikuti hukum Pythagoras. Berdasarkan data, nilai F1 berkisar antara 0,3–0,4 N, sedangkan F2 sekitar 0,2–0,25 N. Hasil perhitungan menunjukkan F3 sebesar 0,0512 N, R12 sebesar 0,441 N, dan R123 sebesar 0,943 N. Hal ini menegaskan bahwa resultan gaya lebih besar

dibandingkan salah satu gaya tunggal, tetapi tetap lebih kecil dibandingkan jumlah aljabar kedua gaya. Pola ini konsisten dengan teori vektor bahwa pada sudut 90° resultan dihitung melalui akar kuadrat jumlah kuadrat komponen gayanya.

Pada sudut 60° , komponen gaya lebih saling menguatkan karena sudutnya lebih kecil dari 90° . Data memperlihatkan bahwa F_1 berada pada rentang 0,2–0,5 N, sedangkan F_2 berkisar 0,2–0,3 N. Perhitungan menghasilkan F_3 sekitar 0,501 N, R_{12} antara 0,522–0,529 N, dan R_{123} sekitar 1,023–1,031 N. Nilai ini lebih besar daripada resultan pada sudut 90° , sesuai dengan hukum kosinus yang menyatakan bahwa semakin kecil sudut, semakin besar resultan. Dengan $\cos 60^\circ = 0,5$, kontribusi kedua gaya masih cukup kuat dalam memperbesar resultan, sehingga data eksperimen menunjukkan konsistensi dengan teori vektor.

Sementara itu, pada sudut 30° , kedua gaya hampir searah sehingga resultan mendekati penjumlahan langsung antara F_1 dan F_2 . Dari data, gaya F_1 dan F_2 berkisar antara 0,2–0,3 N. Perhitungan menghasilkan F_3 sebesar 0,502 N, R_{12} sebesar 0,448 N, dan R_{123} sebesar 0,950 N. Nilai ini merupakan yang terbesar di antara semua variasi sudut yang diujikan. Temuan ini mendukung teori bahwa semakin kecil sudut antar dua gaya, maka resultan yang terbentuk semakin besar. Bahkan, pada sudut 0° seharusnya resultan sama dengan jumlah kedua gaya secara langsung.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan pola yang konsisten dengan teori vektor bahwa besar resultan gaya berbanding terbalik dengan sudut yang dibentuk oleh dua gaya. Sudut kecil (30°) menghasilkan resultan terbesar, sudut sedang (60°) menghasilkan resultan menengah, sedangkan sudut tegak lurus (90°) menghasilkan resultan terkecil. Hubungan ini membuktikan validitas hukum vektor dalam konteks eksperimen sederhana serta memperlihatkan efektivitas metode Cookbook Laboratory dalam membantu mahasiswa memahami konsep gaya vektor secara nyata.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa besar sudut antara dua vektor gaya memengaruhi besar resultan gaya yang dihasilkan. Semakin besar sudut antara kedua vektor, maka besar resultan gaya yang dihasilkan semakin kecil. Temuan ini sesuai dengan konsep teori vektor dalam fisika, yang menyatakan bahwa resultan dari dua vektor dengan arah yang saling tegak lurus akan lebih kecil dibandingkan jika keduanya sejajar. Metode praktikum cookbook terbukti efektif dalam mengajarkan konsep vektor kepada peserta didik secara sistematis dan eksperimental. Dengan dokumentasi dan prosedur yang jelas, siswa dapat memahami keterkaitan antara teori dan praktik secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, D. M., & Malik, A. (2025). Peningkatan kemampuan analitis melalui praktikum virtual vektor dengan metode Problem Solving Lab (PSL). *Phydagogic: Jurnal Fisika dan Pembelajarannya*, 7(2), 163–168.
- Ahmad, S., Wasim, S., Irfan, S., Gogoi, S., Srivastava, A., & Farheen, Z. (2019). Qualitative v/s. quantitative research—A summarized review. *Journal of Evidence Based Medicine and Healthcare*, 6(43), 2828–2832. <https://doi.org/10.18410/jebmh/2019/587>
- Andreas, I., & Saragih, M. (2022). Mengkaji mekanika terapan. *Skylandsea Profesional Jurnal Ekonomi, Bisnis dan Teknologi*, 2(2).

Attention. (1995). *Checker*. <http://www.d6.com/users/checker>

Burhanuddin, A., Wulan, D. P. I. B. S., Arya, R., & Saputra, B. (n.d.). *Laporan praktikum*.

Daruwati, I., Junaidi, N. S., Hatika, R. G., Asra, A., & Syahropi, H. (2024). Pendampingan pembelajaran fisika menggunakan alat peraga sederhana di SMA Negeri 3 Rambah Hilir. *Mejuajua: Jurnal Pengabdian pada Masyarakat*, 4(2), 136–140.

E. M. Ramadani, & Nana. (2020). Penerapan Problem Based Learning berbantuan Virtual Lab PhET pada pembelajaran fisika guna meningkatkan pemahaman konsep siswa SMA: Literature review.

Fadaei, A. S. (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>

Gao, Y., et al. (2022). Decreased resting-state neural signal in the left angular gyrus as a potential neuroimaging biomarker of schizophrenia: An amplitude of low-frequency fluctuation and support vector machine analysis. *Frontiers in Psychiatry*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2022.949512>

Gehrmann, T., Jakubčík, P., Mella, C. C., Syrrakos, N., & Tancredi, L. (2023). Two-loop helicity amplitudes for V+jet production including axial vector couplings to higher orders in ϵ . *Journal of High Energy Physics*, 2023(9), 192. [https://doi.org/10.1007/JHEP09\(2023\)192](https://doi.org/10.1007/JHEP09(2023)192)

Ha, S., & Kim, M. (2020). Challenges of designing and carrying out laboratory experiments about Newton's second law. *Science & Education (Dordrecht)*, 29(5), 1389–1416. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00155-1>

Hafizah, S. (2020). Penggunaan dan pengembangan video dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(2), 225. <https://doi.org/10.24127/jpf.v8i2.2656>

Hifarianti, V., Putra, A., & Syafriani, S. (2017). Desain LKPD berorientasi kompleksitas konten dan proses kognitif pada materi vektor untuk pembelajaran fisika SMA/MA. *Pillar of Physics Education*, 9(1).

Kirana, S. A. (2022). *Pengembangan modul elektronik dengan pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) pada materi vektor dan kinematika gerak lurus* [Doctoral dissertation, Universitas Negeri Jakarta].

Kirana, S. A., Permana, A. H., & Nasbey, H. (2022). Pengembangan modul elektronik dengan pendekatan STEM pada materi vektor dan kinematika gerak lurus fisika SMA. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 10, 57–62.

Kurniawan, F., Susilowati, N. I., & Rusdiana, D. (2023). Pengembangan media pembelajaran Virtumfi pada materi penguraian vektor untuk siswa SMA. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) UIN Alauddin Makassar*, 11(1), 98–116.

- Mahardika, I. K., Camelia, E., Fatikhah, I. A., Naufal, F. A., Pratiwi, R. Y., Fadilah, R. E., & Yusmar, F. (2022). Efektivitas PhET Simulation sebagai media pembelajaran fisika dasar I mahasiswa S1 pendidikan IPA. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(23), 463–468.
- Maghfiroh, A., & Kuswanto, H. (2022). Benthik Android Physics Comic effectiveness for vector representation and critical thinking students' improvement. *International Journal of Instruction*, 15(2), 623–640. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15234a>
- Makbul, M. (2019). *Metode pengumpulan data dan instrumen penelitian*. Makassar.
- Malik, A., & Ubaidillah, M. (2019). *Berbagai model petunjuk praktikum fisika*.
- Mulyadi, M. (2011). Penelitian kuantitatif dan kualitatif serta pemikiran dasar menggabungkannya. *Jurnal Studi Komunikasi dan Media*, 15(1).
- Natasaputra, W. W., & Sutiyatno, S. (2021). Program MATLAB untuk media alat penganalisa percobaan fisika bagi mahasiswa STMIK Bina Patria. *Transformasi*, 17(1).
- Purwanto, N. (2019). Variabel dalam penelitian pendidikan. *Jurnal Teknodik*, 196–215. <https://doi.org/10.32550/teknodik.v0i0.554>
- Purnama, R., Silvianti, N., Idris, S. F., & Nabilla, N. (2021). Uji perbandingan antara virtual lab dengan real lab pada hukum Archimedes dengan penggunaan HOT-LAB. *Radiasi: Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 14(1), 23–33. <https://doi.org/10.37729/radiasi.v14i1.897>
- Putra Socrates, T., & Mufit, F. (2022). Efektivitas penerapan media pembelajaran fisika berbasis augmented reality: Studi literatur. *Edufisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2).
- Putri, A. (2013). Pengembangan virtual laboratory pada materi kinematika dengan analisis vektor dalam pembelajaran fisika di kelas XI SMA. *Pillar of Physics Education*, 1(1).
- Ramadani, E. M., & Nana. (2020). Penerapan Problem Based Learning berbantuan Virtual Lab PhET pada pembelajaran fisika guna meningkatkan pemahaman konsep siswa SMA: Literature review.
- Rizaldi, D. R., Jufri, A. W., & Jamaluddin, J. (2020). PhET: Simulasi interaktif dalam proses pembelajaran fisika. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(1), 10–14. <https://doi.org/10.29303/jipp.v5i1.103>
- Rosdiana, S. R. (n.d.). *Bukti ajar mata kuliah Fisika Dasar*.
- Salam, B. (2018). *Pengembangan projectile launcher sebagai alat praktikum sederhana fisika pada materi gerak parabola* [Doctoral dissertation, UIN Raden Intan Lampung].
- Santoso, S. I., Saputra, I. M., & Setiaji, B. (2023). Fisika dalam game: Konsep resultan vektor gaya pada karakter Fanny di Mobile Legends. *Justek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 6(1), 40–48. <https://doi.org/10.31764/justek.vXiY.ZZZ>

- Setiyoaji, W. T., Supriana, E., & Laksono, Y. A. (2020). Pengembangan e-book berbasis Android dengan soal HOTS untuk membantu menganalisis besaran pada materi gerak lurus. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 6(1), 114–120. <https://doi.org/10.29303/jpft.v6i1.1725>
- 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>
- Suganda, T., Kusairi, S., & Azizah, N. (2020). Correlation of isomorphic, open-ended, and conventional score on the ability to solve kinematics graph questions. *JPPPF (Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Fisika)*, 6(2). <https://doi.org/10.21009/1>
- Saroji. (2020). *Modul Fisika Kelas X KD 3.3*. Semarang: Direktorat SMA, Direktorat Jenderal PAUD, DIKDAS, dan DIKMEN.
- Theasy, Y., Bustan, A., & Nawir, M. (2021). Penggunaan media laboratorium virtual PhET Simulation untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika mahasiswa pada mata kuliah eksperimen fisika sekolah. *Variabel*, 4(2), 39–45.
- Tuhusula, T. S., Pattana, B., Randai, E., Wateriri, D. R., & Walukow, A. F. (2020). Eksperimen menggunakan virtual lab berbasis PhET simulation dalam pembelajaran fisika pada materi gerak parabola. *Jurnal Pendidikan Fisika Unimed*, 9(2).
- Warsih, D., & Malik, A. (2024). Analisis penerapan vektor 2D menggunakan laboratorium virtual PhET. *Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya (JIFP)*, 8(2), 137–142.