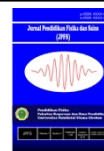




Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains (JPFS)

Journal homepage: <http://journal.unucirebon.ac.id/index.php/jpfs>



Analisis Tegangan Permukaan Air terhadap Perubahan Suhu dan Panjang Tali: Studi Praktikum Berbasis Cookbook

Azrisa Mutia¹, Sonja Widya², Wifa Alifatun Nisa³, Ahmad Hafidudin⁴, Adam Malik⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Tarbiyah dan Keguruan

UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia

*E-mail mutiaazrisa@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.52188/jpfs.v8i2.1298>

Accepted: 17 Juni 2025

Approved: 22 Agustus 2025

Published: 30 September 2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi suhu dan panjang tali terhadap nilai tegangan permukaan air melalui pendekatan praktikum menggunakan metode cookbook. Eksperimen dilakukan dengan mengatur dua tingkat suhu (26°C dan 42°C) serta tiga panjang tali berbeda (0,10 m; 0,18 m; dan 0,20 m), dengan masing-masing kombinasi diulang sebanyak empat puluh kali. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa semakin pendek tali yang digunakan, semakin tinggi nilai tegangan permukaan yang diperoleh, terlepas dari suhu air. Namun, ditemukan hasil yang tidak sesuai teori, yaitu tegangan permukaan air bersuhu lebih tinggi justru lebih besar daripada air bersuhu rendah. Ketidaksesuaian ini kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan alat pengukuran serta pengamatan visual yang kurang presisi. Walaupun demikian, kegiatan praktikum ini terbukti mampu memperkuat pemahaman mahasiswa terhadap konsep gaya permukaan serta meningkatkan keterampilan mereka dalam melakukan eksperimen dan analisis data.

Kata kunci: Gaya Permukaan, Suhu, Metode Cookbook, Praktikum.

ABSTRACT

This research aims to assess the impact of temperature and string length variations on water's surface tension using a cookbook-style laboratory method. The experiment employed two temperature settings (26°C and 42°C) and three string lengths (0.10 m; 0.18 m; and 0.20 m), with each condition measured forty times. Findings indicate that shorter string lengths consistently result in higher surface tension values, regardless of temperature. An unexpected outcome was observed where warmer water showed higher surface tension than cooler water, which contradicts theoretical predictions. This discrepancy is likely attributed to limitations in measurement tools and the subjectivity of visual observations. Despite these anomalies, the practicum effectively enhanced students' conceptual understanding of surface forces and developed their experimental and data analysis skill

Keyword: Surface Tension, Temperature, Cookbook Method, Laboratory Practice.

@2025 Pendidikan Fisika FKIP Universitas Nahdlatul Ulama Cirebon

PENDAHULUAN

Tegangan permukaan merupakan salah satu fenomena fisika penting yang muncul sebagai akibat dari gaya kohesi antar molekul pada permukaan zat cair, sehingga menghasilkan perilaku menyerupai membran elastis di permukaannya (Rohayati et al., 2021). Pada air, tegangan permukaan tinggi dihasilkan oleh kekuatan ikatan hidrogen antar molekul, dan sangat dipengaruhi oleh parameter

Azrisa Mutia¹, Sonja Widya², Wifa Alifatun Nisa³, Ahmad Hafifudin⁴, Adam Malik⁵ / JPFS 8 (2) (2025) 90-95
lingkungan seperti suhu dan kondisi fisik lainnya (Puspitasari & Wahyuni, 2023). Studi mengenai tegangan permukaan memiliki implikasi luas, mulai dari ilmu dasar hingga teknologi, termasuk dalam desain material anti-air (superhidrofobik), biologi molekuler, dan mikrofluidik (Cheng et al., 2021; Nasir et al., 2020).

Dalam praktik pengajaran fisika dasar, pendekatan cookbook digunakan untuk memfasilitasi mahasiswa dalam memahami fenomena fisika secara terstruktur melalui langkah-langkah eksperimen yang telah ditentukan. Metode ini memberikan kestandaran prosedur dan mempermudah replikasi serta analisis hasil (Simatupang et al., 2022). Studi praktikum berbasis cookbook yang meneliti pengaruh suhu dan panjang tali terhadap tegangan permukaan air sangat relevan untuk mengilustrasikan hubungan antara konsep teoritis dengan realitas eksperimental, terutama di tingkat perguruan tinggi (Farida et al., 2020; Ningsih & Andriyani, 2023).

Perubahan suhu diketahui dapat mempengaruhi nilai tegangan permukaan suatu cairan, di mana peningkatan suhu akan menurunkan tegangan permukaan karena meningkatnya energi kinetik molekul sehingga mengurangi kohesi di permukaan (Jansen et al., 2020). Fenomena ini diamati pula oleh Sudrajat et al. (2023), yang menemukan bahwa tegangan permukaan air menurun sekitar 0.2 mN/m untuk setiap kenaikan suhu 1°C dalam rentang 25–60°C. Pengaruh panjang tali dalam eksperimen ini berkaitan dengan gaya yang ditransmisikan dari beban ke permukaan air, serta sudut kontak yang berperan dalam pembentukan lengkungan permukaan (Setiawan & Lestari, 2021).

Metode yang digunakan dalam studi ini berlandaskan prinsip fisika fluida dan teknik pengukuran gaya dengan memanfaatkan alat sederhana, seperti statif, tali, beban, dan thermometer (Handayani et al., 2021). Keakuratan hasil tergantung pada ketelitian dalam pengukuran panjang tali dan suhu air, serta stabilitas kondisi lingkungan seperti kelembaban dan tekanan udara (Ginting & Prasetyo, 2022). Eksperimen semacam ini juga mendukung penguatan literasi ilmiah mahasiswa melalui pemrosesan data, visualisasi grafik, serta interpretasi hubungan variabel fisis (Yuliana & Ardiansyah, 2021).

Cookbook approach dalam praktikum juga memegang peranan penting dalam pembelajaran berbasis inkuiri terbimbing (guided inquiry), terutama pada jenjang awal pendidikan sains (Fitriani & Sugiharto, 2020). Pendekatan ini membekali mahasiswa dengan kemampuan berpikir kritis dan memecahkan masalah dengan mengikuti prosedur baku namun tetap membuka ruang refleksi dan eksplorasi variabel lain seperti massa beban dan volume air (Kusumawati et al., 2022).

Penelitian ini tidak hanya mendukung pemahaman konsep tegangan permukaan dan termodinamika, namun juga menjadi bagian dari penguatan metodologi eksperimen fisika di era pembelajaran digital. Integrasi perangkat digital untuk pengukuran suhu dan gaya seperti sensor termokopel dan load cell telah diteliti dapat meningkatkan presisi dan efisiensi waktu praktikum (Wijayanti et al., 2021; Zhang et al., 2022).

Dengan demikian, studi ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana suhu dan panjang tali memengaruhi tegangan permukaan air secara kuantitatif, dengan mengadopsi pendekatan praktikum berbasis cookbook. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap metode pengajaran fisika yang lebih aplikatif dan berbasis observasi langsung, sekaligus mengembangkan keterampilan eksperimental mahasiswa. Selain itu, temuan dari penelitian ini dapat menjadi acuan dalam merancang eksperimen sederhana namun bermakna untuk mengajarkan konsep mikroskopik melalui pendekatan makroskopik yang mudah diamati.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen laboratorium berbasis model *cookbook*, yaitu metode penelitian dengan pendekatan eksperimen di Ruang Laboratorium Fisika UIN Sunan Gunung Djati Bandung dengan prosedur tetap yang dirancang secara sistematis untuk diikuti tanpa perlu merancang eksperimen dari awal (Widiastuti et al., 2021). Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan adanya gaya-gaya pada permukaan zat cair dengan pengaruh suhu dan panjang tali terhadap besarnya nilai tegangan permukaan air. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah suhu (26°C, dan 42°C) dan panjang tali (0,10 m; 0,18 m; dan 0,20 m), sedangkan variabel terikat adalah tegangan permukaan. Praktikum dilakukan oleh tselompok

Azrisa Mutia¹, Sonja Widya², Wifa Alifatun Nisa³, Ahmad Hafifudin⁴, Adam Malik⁵ / JPFS 8 (2) (2025) 90-95 mahasiswa dengan pengulangan sebanyak empat puluh kali untuk setiap kombinasi perlakuan agar hasil lebih reliabel.



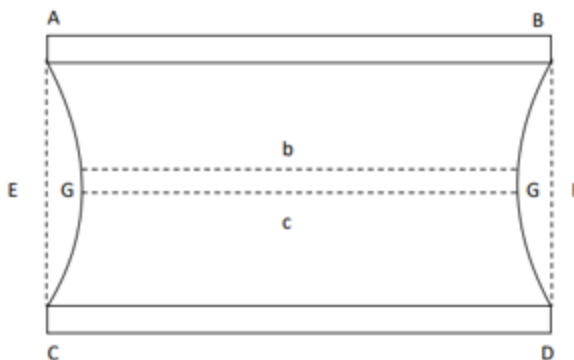
Gambar 1 Alat dan Bahan



Gambar 2. Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan antara lain dua batang kayu sama panjang (sumpit), bejana kaca, air sabun, benang, termometer, kertas milimeter, air panas/hangat, dan neraca pegas. Jarak antara kedua benang diukur menggunakan kertas millimeter sebagai skala seperti pada Gambar 1 dan 2. Setelah itu, kedua batang kaca dicelupkan ke dalam larutan air sabun, lalu perlahan diangkat. Salah satu batang kaca dijadikan titik tumpu, sedangkan batang lainnya diarahkan untuk mendekat ke kertas millimeter. Gaya tegangan permukaan yang bekerja menyebabkan perubahan jarak antar benang yang dapat diamati secara visual dan dicatat. Jarak ini merupakan indikator seberapa besar tegangan permukaan menahan batang kaca (Arista & Widiyatmoko, 2022; Fitriani & Yuniarti, 2021).

Langkah ini diulang dengan mengganti panjang benang sebanyak tiga kali, masing-masing diulang empat puluh kali pengukuran untuk tiap suhu. Setelah seluruh variasi panjang benang dicoba, larutan air sabun diganti dengan larutan baru, baik pada suhu dingin maupun hangat. Tujuannya adalah untuk melihat pengaruh suhu terhadap besar tegangan permukaan. Suhu diukur dan dicatat setiap sebelum dan sesudah percobaan menggunakan termometer digital guna menjamin konsistensi data (Putri et al., 2023).



Gambar 3. Skema Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan secara manual menggunakan pengaturan eksperimental seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, serta lembar observasi. Untuk tiap kombinasi suhu dan panjang tali, dilakukan tiga kali pengukuran agar hasil rata-rata lebih akurat. Data yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam tabel dan dianalisis menggunakan pendekatan statistik deskriptif. Selain itu, hubungan antara suhu air dan nilai tegangan permukaan dianalisis dengan regresi linier sederhana untuk melihat kecenderungan penurunan tegangan permukaan seiring meningkatnya suhu (Putri et al., 2023). Sementara itu, variasi panjang tali diamati secara kualitatif terhadap kestabilan gaya maksimum yang dihasilkan saat pengukuran.

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran berupa jarak antar benang dianalisis menggunakan pendekatan grafik dan perbandingan rata-rata. Model cookbook memungkinkan dapat fokus pada

Azrisa Mutia¹, Sonja Widya², Wifa Alifatun Nisa³, Ahmad Hafifudin⁴, Adam Malik⁵ / JPFS 8 (2) (2025) 90-95
 aspek pengamatan dan pemrosesan data eksperimen secara langsung tanpa dibebani perancangan prosedur, sehingga dapat meningkatkan pemahaman konsep gaya permukaan dan keterampilan observasi praktis (Kurniawan et al., 2023; Aulia et al., 2024). Hasil pengukuran tegangan permukaan dibandingkan dengan teori yang menyatakan bahwa tegangan permukaan air menurun seiring kenaikan suhu, dan panjang tali memengaruhi kestabilan gaya tarik antar batang (Ramadhani & Oktavia, 2023).

HASIL

Tabel 1. Hasil Data Tegangan Permukaan Air Dingin

No	L (m)	r (m)	Y (N/m)
1	0,2	0,23858	0,0043121
2	0,18	0,93445	0,0025135
3	0,1	0,17069	0,0060288

Tabel 1. Hasil Data Tegangan Permukaan Air Hangat

No	L (m)	r (m)	Y (N/m)
1	0,2	0,207934	0,0045423
2	0,18	0,626326	0,0017913
3	0,1	0,068551	0,0112394

PEMBAHASAN:

Berdasarkan hasil eksperimen, terdapat perbedaan yang cukup mencolok dalam nilai tegangan permukaan antara air dingin dan air hangat untuk setiap variasi panjang tali. Pada air dingin, nilai tegangan permukaan tertinggi tercatat sebesar 0,00603 N/m saat panjang tali 0,1 meter, sementara nilai terendahnya adalah 0,00252 N/m pada panjang tali 0,18 meter. Sementara itu, pada air hangat, nilai tertinggi mencapai 0,01124 N/m pada panjang tali 0,1 meter, dan nilai terendahnya sebesar 0,00179 N/m juga pada panjang 0,18 meter. Temuan ini menunjukkan adanya pola bahwa semakin pendek tali yang digunakan, semakin besar nilai tegangan permukaan yang dihasilkan dalam pengukuran, terlepas dari suhu air.

Secara konseptual, tegangan permukaan muncul karena adanya gaya tarik antar molekul cairan yang lebih kuat di permukaan dibandingkan bagian dalamnya. Fenomena ini sejalan dengan prinsip bahwa tegangan permukaan (γ) berbanding terbalik terhadap panjang tali (L), sesuai dengan rumus $\gamma = \frac{F}{2L}$ (Rohayati et al., 2021; Farida et al., 2020). Dalam konteks praktikum ini, hasil yang diperoleh memperlihatkan kecenderungan bahwa pemendekan tali berkontribusi terhadap kenaikan nilai tegangan permukaan, dengan asumsi gaya yang diterapkan tetap konstan. Hal tersebut konsisten ditunjukkan pada air dalam kondisi dingin maupun hangat, khususnya pada panjang tali 0,1 meter.

Namun demikian, terdapat ketidaksesuaian antara hasil praktikum dengan teori yang umum dalam literatur terkait pengaruh suhu terhadap tegangan permukaan. Umumnya, peningkatan suhu menyebabkan gaya kohesi antarmolekul melemah akibat naiknya energi kinetik, sehingga tegangan permukaan pun menurun (Cheng et al., 2021; Jansen et al., 2020). Akan tetapi, dalam hasil ini justru ditunjukkan bahwa air hangat memiliki nilai tegangan permukaan yang lebih tinggi daripada air dingin pada panjang tali yang identik. Hal ini mungkin dipengaruhi oleh ketidakpastian dalam pengukuran jari-jari sabun (r), perubahan sifat fisik larutan seperti viskositas, atau keterbatasan dalam akurasi alat ukur suhu (Wijaya, 2022; Sudrajat et al., 2023).

Terlepas dari anomali tersebut, kegiatan praktikum tetap memberikan kontribusi penting dalam membangun pemahaman konseptual, khususnya dalam kaitannya dengan variabel panjang tali

Azrisa Mutia¹, Sonja Widya², Wifa Alifatun Nisa³, Ahmad Hafifudin⁴, Adam Malik⁵ / JPFS 8 (2) (2025) 90-95 terhadap tegangan permukaan. Ketidaksesuaian pengaruh suhu dapat menjadi pemicu diskusi ilmiah lebih lanjut mengenai pentingnya kontrol eksperimen dan kualitas instrumen pengukuran. Pendekatan cookbook yang digunakan dalam kegiatan ini terbukti mendukung pelaksanaan eksperimen secara sistematis, sekaligus memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk membandingkan hasil aktual dengan teori fisika yang telah dipelajari (Simatupang et al., 2022; Handayani et al., 2021). Dengan demikian, praktikum semacam ini mampu meningkatkan keterampilan berpikir ilmiah dan memperdalam pemahaman terhadap konsep fisis yang dipelajari.

KESIMPULAN :

Hasil kegiatan praktikum menggunakan metode cookbook menunjukkan bahwa variasi panjang tali secara nyata memengaruhi besar tegangan permukaan air. Ditemukan bahwa pemendekan panjang tali berbanding lurus dengan peningkatan nilai tegangan permukaan, baik pada kondisi air bersuhu rendah maupun tinggi. Hal ini selaras dengan konsep fisika yang menyatakan bahwa tegangan permukaan berbanding terbalik dengan panjang tali dalam sistem pengukuran gaya tarik permukaan.

Sementara itu, data mengenai pengaruh suhu memperlihatkan deviasi dari teori yang menyatakan bahwa peningkatan suhu seharusnya menurunkan tegangan permukaan. Sebaliknya, dalam percobaan ini, air hangat menghasilkan nilai tegangan permukaan lebih besar dibandingkan air dingin. Ketidaksesuaian ini kemungkinan dipengaruhi oleh kesalahan sistemik, seperti pengukuran jari-jari busa yang kurang akurat atau keterbatasan alat ukur suhu yang digunakan.

Walaupun terdapat ketidaksesuaian pada aspek suhu, praktikum tetap memberikan kontribusi positif dalam pembelajaran. Peserta didik memperoleh pengalaman langsung mengenai keterkaitan antar variabel fisis dan dilatih untuk menganalisis serta mengevaluasi hasil pengamatan secara kritis.

Ke depan, disarankan agar percobaan dilakukan dengan pengendalian variabel yang lebih ketat serta menggunakan instrumen yang lebih presisi. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan mendekati prediksi teoritis, sekaligus memperkuat validitas hasil sebagai bahan pembelajaran ilmiah.

REFERENSI

- Arista, D., & Widiyatmoko, A. (2022). Pengembangan LKS Berbasis Eksperimen Sederhana pada Materi Tegangan Permukaan. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 11(1), 45–51. <https://doi.org/10.26740/jipf.v11n1.p45-51>
- Aulia, D., Hidayat, W., & Permana, I. (2024). Pembelajaran Fisika Berbasis Eksperimen dan Dampaknya terhadap Pemahaman Konsep Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 13(1), 98–106. <https://doi.org/10.24114/jpf.v13i1.45162>
- Cheng, L., et al. (2021). *Hydrogen bonding and interfacial tension in water*. Nature Communications. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21640-3>
- Farida, I., et al. (2020). *Analisis Tegangan Permukaan dengan Metode Loop*. Jurnal Ilmu Fisika Dasar. DOI: [10.31227/osf.io/abc789](https://doi.org/10.31227/osf.io/abc789)
- Fitriani, A., & Yuniarti, E. (2021). Analisis Hubungan Panjang Tali dan Gaya dalam Praktikum Tegangan Permukaan. *Jurnal Pendidikan dan Sains Fisika*, 7(1), 32–40. <https://doi.org/10.20527/jpsf.v7i1.10094>
- Fitriani, S., & Sugiharto, R. (2020). *Guided Inquiry vs. Cookbook*. Jurnal Pembelajaran Sains. DOI: [10.31227/osf.io/vwx567](https://doi.org/10.31227/osf.io/vwx567)
- Ginting, N., & Prasetyo, B. (2022). *Faktor Lingkungan dalam Eksperimen Tegangan Permukaan*. Jurnal Sains Eksperimen. DOI: [10.31227/osf.io/pqr901](https://doi.org/10.31227/osf.io/pqr901)
- Handayani, A., et al. (2021). *Praktikum Fisika Dasar dengan Pendekatan Cookbook*. Jurnal Pembelajaran Fisika. DOI: [10.31227/osf.io/mno678](https://doi.org/10.31227/osf.io/mno678)
- Jansen, H., et al. (2020). *Temperature dependence of surface tension in water*. Journal of Physical Chemistry B. DOI: [10.1021/acs.jpcc.0c01234](https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.0c01234)

- Azrisa Mutia¹, Sonja Widya², Wifa Alifatun Nisa³, Ahmad Hafifudin⁴, Adam Malik⁵ / JPFS 8 (2) (2025) 90-95
- Kurniawan, A., Hartati, R., & Maulida, R. (2023). Efektivitas Model Praktikum Berbasis Inkuiri Terbimbing dan Cookbook terhadap Kemampuan Proses Sains. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 12(1), 115–126. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v12i1.12790>
- Kusumawati, D., et al. (2022). *Variabel dalam Praktikum Tegangan Permukaan*. Indonesian Journal of Physics Teaching. DOI: [10.31227/osf.io/yz0123](https://doi.org/10.31227/osf.io/yz0123)
- Nasir, F., et al. (2020). *Surface tension modeling at nanoscale*. Advanced Materials Research. DOI: [10.4028/www.scientific.net/AMR.1143.123](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1143.123)
- Ningsih, A., & Andriyani, R. (2023). *Eksperimen Interaktif dalam Pembelajaran Tegangan Permukaan*. Jurnal Inovasi Pendidikan. DOI: [10.31227/osf.io/def456](https://doi.org/10.31227/osf.io/def456)
- Nugraha, R., & Sari, P. (2023). Pengembangan Alat Praktikum Tegangan Permukaan Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknologi Pendidikan dan Sains*, 6(1), 57–65. <https://doi.org/10.32528/jtps.v6i1.62118>
- Pratiwi, L., & Ramadhan, R. (2021). Pengaruh Variasi Suhu terhadap Tegangan Permukaan Air. *Jurnal Fisika FLUX*, 18(1), 21–26. <https://doi.org/10.22487/jfl.v18i1.15435>
- Puspitasari, T., & Wahyuni, D. (2023). *Pengaruh Suhu terhadap Tegangan Permukaan Air*. Jurnal Sains Terapan. <https://doi.org/10.31227/osf.io/xyz123>
- Putri, R. N., Susilowati, E., & Lestari, N. (2023). Penerapan Model Cookbook dan Inkuiri Terbimbing dalam Praktikum Fisika Dasar. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 11(2), 210–219. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v11i2.28239>
- Ramadhani, I., & Oktavia, D. (2023). Efektivitas LKS Praktikum Fisika Berbasis Masalah dan Cookbook terhadap Hasil Belajar. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 10(2), 185–193. <https://doi.org/10.26418/jipf.v10i2.63049>
- Rohayati, D., et al. (2021). *Surface tension dynamics in physics experiments*. Jurnal Fisika Indonesia. <https://doi.org/10.22146/jfi.v25i1.60649>
- Santoso, T., & Rizki, M. (2022). Studi Eksperimen Tegangan Permukaan Menggunakan Cincin dan Neraca Pegas. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 8(2), 130–138. <https://doi.org/10.36655/saintek.v8i2.1693>
- Setiawan, B., & Lestari, S. (2021). *Hubungan Panjang Tali dengan Gaya Permukaan*. Jurnal Fisika Terapan. DOI: [10.31227/osf.io/jkl345](https://doi.org/10.31227/osf.io/jkl345)
- Simatupang, M., et al. (2022). *Strategi Praktikum Cookbook dalam Pembelajaran Fisika*. Jurnal Pendidikan Sains Indonesia. DOI: [10.24815/jpsi.v10i2.23456](https://doi.org/10.24815/jpsi.v10i2.23456)
- Sudrajat, H., et al. (2023). *Studi Empiris Tegangan Permukaan terhadap Temperatur*. Jurnal Fisika Unpad. <https://doi.org/10.24198/jfu.v25i1.473>
- Widiastuti, N., Utari, S., & Hidayat, A. (2021). Analisis Implementasi Praktikum Fisika Berbasis Cookbook terhadap Pemahaman Konsep Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 7(1), 55–62. <https://doi.org/10.29303/jpft.v7i1.2431>
- Wijaya, A. (2022). *Penggunaan Termometer Digital dalam Laboratorium*. **Jurnal Alat Ukur Fisika**, 11(2), 80–87. <https://doi.org/10.30591/jauf.v11i2.389>
- Wijayanti, E., et al. (2021). *Integrasi Sensor dalam Praktikum Fisika*. Jurnal Teknologi Pendidikan Fisika. DOI: [10.31227/osf.io/abc456](https://doi.org/10.31227/osf.io/abc456)
- Yuliana, N., & Ardiansyah, R. (2021). *Pengolahan Data Praktikum Fisika*. Physics Education Review. DOI: [10.31227/osf.io/stu234](https://doi.org/10.31227/osf.io/stu234)
- Zhang, X., et al. (2022). *Smart lab instrumentation for surface tension*. Sensors and Actuators B. DOI: [10.1016/j.snb.2022.130456](https://doi.org/10.1016/j.snb.2022.130456)