



## Penerapan *Sensor Load Cell* dan Mikrokontroler Arduino dalam Eksperimen Gaya Apung Fluida

Ahmad Hardyan Isnaini\*, Rifki Rifaldy, Ansori, Holis Angga Saputra, Lalu Muh. Nazwar Zuhri, Sutrio, Husnul Fuadi

Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Mataram, Indonesia

\*Corresponding Author: [ahmadhardyanisnaini@gmail.com](mailto:ahmadhardyanisnaini@gmail.com)

### Article History

Received : April 06<sup>th</sup>, 2025

Revised : May 17<sup>th</sup>, 2025

Accepted : May 30<sup>th</sup>, 2025

**Abstract:** Praktikum konvensional untuk membuktikan Hukum Archimedes sering kali terkendala oleh rendahnya presisi alat ukur, yang menyebabkan tingginya galat eksperimental dan membuat konsep gaya apung menjadi abstrak bagi siswa. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat, dan menguji kinerja sebuah alat praktikum modern berbasis sensor load cell dan mikrokontroler Arduino sebagai solusi untuk meningkatkan akurasi pengukuran dan efektivitas pembelajaran. Metode yang digunakan adalah merancang sistem dengan dua sensor load cell yang bekerja simultan untuk mengukur gaya apung (dari selisih berat benda di udara dan di air) serta berat fluida yang dipindahkan. Kinerja alat dievaluasi melalui analisis galat dan angket persepsi yang disebar kepada 21 responden. Hasil uji coba menunjukkan alat digital memiliki akurasi sangat tinggi dengan rata-rata galat relatif hanya 1,54%, jauh lebih unggul dibandingkan metode manual (34,52%). Evaluasi pengguna juga menunjukkan penerimaan yang sangat positif, dengan skor rata-rata di atas 4,38 (dari 5) untuk semua aspek penilaian dan 95,2% responden merekomendasikannya untuk pembelajaran. Disimpulkan bahwa alat yang dikembangkan ini valid, akurat, dan efektif digunakan sebagai media pembelajaran fisika modern yang mampu meningkatkan kualitas praktikum serta pemahaman konseptual siswa terhadap Hukum Archimedes.

**Keywords:** Arduino, Gaya Apung, Hukum Archimedes, Media Pembelajaran Fisika, *Sensor Load Cell*.

## PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang fundamental, mempelajari berbagai gejala alam beserta hukum-hukum yang mendasarinya. Sebagai ranah etnosains, fisika juga mengkaji interaksi antara materi, manusia, dan fenomena di sekitarnya (Novitasari, dkk., 2017). Salah satu konsep penting dalam kurikulum fisika adalah Hukum Archimedes, yang menyatakan bahwa benda yang dicelupkan ke dalam zat cair akan mengalami gaya apung yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkan (Sinensis, 2017). Pemahaman konsep ini beserta aplikasinya dalam materi fluida statis merupakan tuntutan kurikulum yang esensial (Rohmawati & Supriana, 2017). Meskipun demikian, pandangan siswa terhadap fisika bervariasi; ada yang menganggapnya menyenangkan, namun tidak sedikit yang memandangnya sebagai pelajaran yang sulit (Astuti, 2015). Materi Hukum Archimedes sering kali menjadi salah satu topik

yang dianggap abstrak, sehingga siswa menunjukkan kesulitan dalam memahami dan menyelesaikan masalah terkait (Yuliana, dkk., 2021). Hal ini terkonfirmasi dari observasi di lapangan yang menunjukkan masih kurangnya pemahaman konsep dan kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi ini (Kertinus, dkk., 2019).

Untuk menjembatani pemahaman konseptual, kegiatan praktikum menjadi metode pendukung yang krusial dalam pembelajaran fisika karena dapat meningkatkan motivasi belajar siswa. Namun, pelaksanaannya di laboratorium sering kali menghadapi berbagai kendala. Salah satu masalah utama adalah keterbatasan sarana atau alat praktikum yang memadai (Junita & Mahdi, 2024). Sering kali, alat yang digunakan bersifat konvensional, seperti neraca pegas, yang memiliki presisi rendah sehingga hasil pengukuran gaya apung menjadi tidak akurat. Selain keterbatasan alat, proses praktikum juga rentan terhadap *human error*, di mana setiap individu dapat memiliki

pengamatan yang berbeda-beda, yang pada akhirnya menyebabkan data yang diperoleh kurang akurat (Fitria, 2022). Kombinasi antara alat yang tidak presisi dan kesalahan pembacaan manual ini menyebabkan tujuan praktikum untuk memberikan pengalaman nyata terkait Hukum Archimedes tidak tercapai secara optimal.

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, muncul peluang untuk mengatasi kendala tersebut dengan menghadirkan media pembelajaran yang lebih efektif, salah satunya melalui alat peraga modern (Firdaus, 2022). Untuk menjawab tantangan presisi dan objektivitas dalam praktikum Hukum Archimedes, penelitian ini mengusulkan pemanfaatan teknologi sensor digital. Solusi yang ditawarkan adalah alat praktikum yang mengintegrasikan sensor *load cell*—komponen inti pada timbangan digital yang tersusun dari *strain gauge* dan jembatan Wheatstone—yang mampu mengukur gaya atau massa secara akurat (Wahyudi, 2017). Sensor ini dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno, yang bertugas memproses data dan menampilkannya secara digital. Dengan adanya alat praktikum berbasis sensor ini, diharapkan siswa dapat lebih mudah mengamati, memahami, serta menganalisis fenomena gaya apung sesuai Hukum Archimedes secara lebih jelas dan akurat.

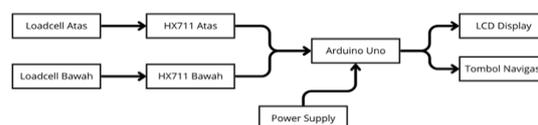
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan, pembuatan, dan pengujian kinerja sebuah alat praktikum Hukum Archimedes berbasis sensor *load cell* dan mikrokontroler Arduino. Tujuan utamanya adalah untuk memverifikasi hukum tersebut secara akurat melalui pengukuran digital, serta mengevaluasi efektivitas dan persepsi pengguna terhadap alat yang dikembangkan jika dibandingkan dengan metode praktikum konvensional.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian pengembangan atau *Research and Development* (R&D), yang merupakan langkah sistematis untuk menghasilkan produk baru atau dapat dipertanggungjawabkan (Okpatrioka, 2023). Tujuan dari metode R&D ini adalah untuk menghasilkan produk spesifik dan kemudian menguji keefektifannya (Khairun, dkk., 2021). Dalam konteks ini, produk yang dikembangkan adalah sebuah alat praktikum fisika. Metodologi

penelitian mencakup beberapa tahapan utama, yaitu perancangan alat, perakitan komponen, prosedur eksperimen, dan analisis data, termasuk evaluasi dari pengguna.

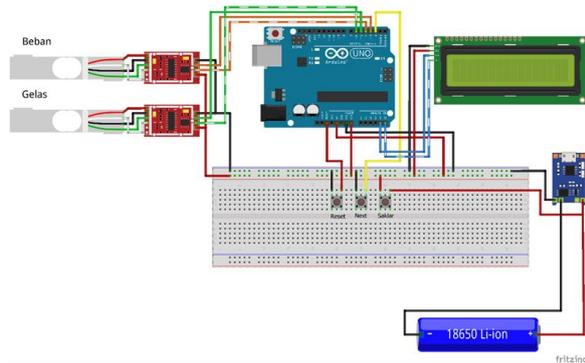
Dasar konseptual alat ini adalah Hukum Archimedes, yang menyatakan bahwa ketika sebuah benda tercelup seluruhnya atau sebagian di dalam zat cair, zat cair tersebut akan memberikan gaya apung ke atas yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkan (Sundari, dkk., 2020). Berdasarkan prinsip ini, alat dirancang sebagai sistem digital otomatis untuk memverifikasi hukum tersebut dengan membandingkan dua kuantitas yang diukur secara simultan: Gaya Apung ( $F_a$ ), yang dihitung dari selisih berat benda di udara ( $W_0$ ) dan di air ( $W_1$ ), serta Berat Fluida yang Dipindahkan ( $W_a$ ), yang dihitung dari massa air tumpahan ( $m_a$ ) dikalikan percepatan gravitasi ( $g=9,8 \text{ m/s}^2$ ). Sistem memanfaatkan dua sensor *load cell*, di mana sensor atas mengukur berat benda dan sensor bawah mengukur massa air yang dipindahkan. Seluruh proses dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno yang memproses data dan menampilkan perbandingan antara  $F_a$  dan  $W_a$  secara langsung di layar LCD. Jika selisih kedua nilai ini berada di bawah ambang toleransi ( $<0.2 \text{ N}$ ), eksperimen dianggap valid. Arsitektur sistem secara keseluruhan diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Rangkaian elektronik alat disusun menggunakan beberapa komponen utama yang dirakit pada *breadboard* dan ditenagai oleh sistem catu daya portabel. Pusat kendali dari sistem ini adalah sebuah papan mikrokontroler Arduino Uno, sebuah *board* seukuran kartu kredit yang dilengkapi pin untuk berkomunikasi dengan komponen lain (Nadzirah, dkk., 2021). Untuk pengukuran, digunakan dua buah sensor *load cell*, yaitu jenis sensor yang terdiri dari *strain gauge* untuk mengukur gaya atau beban secara akurat dengan mengubahnya menjadi sinyal listrik (Zamzami, 2023). Sensor berkapasitas 5 kg digunakan untuk beban, sementara sensor 1 kg digunakan untuk menimbang gelas berisi air, yang keduanya terhubung ke modul *amplifier* HX711 24-bit.

Sebagai antarmuka pengguna, digunakan sebuah layar LCD 16x2 dengan modul I2C dan tiga tombol *push button* untuk navigasi menu. Seluruh sistem ditenagai oleh sebuah baterai Li-ion 18650 yang dapat diisi ulang melalui modul *charger* TP4056. Diagram rangkaian elektronik lengkap yang menunjukkan koneksi antar komponen, termasuk pin spesifik dari modul HX711 ke Arduino (DT/SCK atas ke pin 3/4 dan bawah ke pin 5/6), disajikan pada Gambar 2. Rangkaian ini memastikan seluruh proses pengukuran berjalan otomatis dan *real-time*, sehingga meminimalkan kesalahan pembacaan data oleh manusia.



**Gambar 2.** Diagram Rangkaian Elektronik Alat Praktikum Hukum Archimedes



**Gambar 3.** Wujud Fisik Alat Praktikum Hukum Archimedes Berbasis Sensor Load Cell

Wujud fisik dari alat praktikum yang telah selesai dirakit secara utuh ditampilkan pada Gambar 3. Alat ini dirancang dengan struktur rangka utama yang kokoh dan ringkas, menampung seluruh komponen elektronik di dalamnya secara aman. Rangka tersebut juga menyediakan kedudukan yang stabil untuk sensor *load cell* bagian atas (berfungsi sebagai penggantung beban) dan platform untuk sensor *load cell* bagian bawah (berfungsi sebagai penopang gelas ukur). Pada panel bagian depan, terdapat antarmuka pengguna yang terdiri dari sebuah layar LCD 16x2 yang berfungsi untuk menampilkan instruksi dan hasil pengukuran secara *real-time*, serta tiga buah tombol navigasi untuk mengoperasikan alat (Reset, Next, dan

saklar daya utama). Desain yang portabel dan terintegrasi ini bertujuan untuk memudahkan penggunaan alat di berbagai lingkungan laboratorium tanpa bergantung pada komputer atau sumber daya eksternal lainnya.

Uji coba alat dilakukan dengan mengikuti serangkaian langkah terstruktur yang instruksinya ditampilkan pada layar LCD. Prosedur dimulai dengan menyalakan alat, yang kemudian melakukan inisialisasi dan kalibrasi awal (*tare*) pada kedua sensor. Selanjutnya, beban uji diletakkan pada pengait sensor atas untuk mengukur beratnya di udara ( $W_0$ ), dan gelas ukur kosong diletakkan di atas sensor bawah untuk mengukur massa awalnya ( $m_0$ ). Setelah itu, beban uji dicelupkan seluruhnya ke dalam tabung berpancuran berisi air, menyebabkan air tumpah ke dalam gelas ukur. Sistem kemudian secara bersamaan merekam berat beban di dalam air ( $W_1$ ) dari sensor atas dan massa akhir gelas ukur berisi air tumpahan ( $m_1$ ) dari sensor bawah. Prosedur ini diulang beberapa kali menggunakan beban yang berbeda untuk memastikan konsistensi dan akurasi alat. Sebagai perbandingan, pengukuran serupa juga dilakukan menggunakan metode konvensional dengan neraca pegas dan gelas ukur manual untuk mengevaluasi keunggulan alat digital.

Analisis data dilakukan melalui dua pendekatan. Pertama, perhitungan otomatis dilakukan oleh mikrokontroler Arduino Uno, yang telah diprogram untuk menghitung nilai  $F_a$  dan  $W_a$  menggunakan rumus yang telah disebutkan sebelumnya, lalu menampilkan hasilnya secara langsung pada layar LCD untuk perbandingan *real-time*. Kedua, analisis kinerja dan akurasi alat dievaluasi dengan menghitung selisih absolut dan galat relatif antara nilai  $F_a$  dan  $W_a$  yang diperoleh dari setiap percobaan. Data hasil analisis ini kemudian dibandingkan dengan galat relatif yang dihasilkan dari metode pengukuran manual untuk menunjukkan efektivitas alat yang dikembangkan.

Untuk mengevaluasi keefektifan dan penerimaan alat dari perspektif pengguna, data persepsi dikumpulkan melalui penyebaran angket. Angket, sebagai media pengumpulan data berupa pertanyaan tertulis (Kayaningtias, dkk., 2022), diberikan kepada para responden yang terdiri dari mahasiswa dan dosen yang mencoba langsung alat praktikum dalam sebuah kegiatan pameran. Instrumen angket dirancang menggunakan Skala Likert untuk mengukur beberapa aspek kunci, seperti kemudahan

penggunaan, kejelasan instruksi, dan efektivitas alat dalam membantu pemahaman konsep Hukum Archimedes. Data kuantitatif yang terkumpul dari angket ini dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif untuk mendapatkan gambaran umum mengenai manfaat dan tingkat penerimaan alat sebagai media pembelajaran fisika.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan data kuantitatif dan kualitatif yang diperoleh dari serangkaian pengujian alat dan evaluasi pengguna.

### Hasil

Hasil uji coba alat praktikum digital berbasis *load cell* disajikan pada Tabel 1. Data menunjukkan perbandingan antara nilai gaya apung ( $F_a$ ) yang dihitung dari selisih berat, dengan nilai berat air yang dipindahkan ( $W_a$ ) yang diukur secara langsung.

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran dan Analisis Galat Alat Praktikum Digital

No.	$W_0$ (N)	$W_1$ (N)	$m_0$ (kg)	$m_1$ (kg)	$W_a$ (N)	$F_a$ (N)	Selisih (N)	Galat Relatif (%)
1	0,50	0,44	0,030	0,035	0,050	0,05	0,000	0,000
2	0,99	0,88	0,031	0,041	0,110	0,11	0,000	0,000
3	1,48	1,31	0,030	0,046	0,160	0,17	0,010	5,882
4	0,50	0,44	0,030	0,035	0,050	0,05	0,000	0,000
5	0,99	0,88	0,031	0,042	0,108	0,11	0,002	1,818
Rata-rata Galat Relatif								1,54%

Berdasarkan data pada Tabel 1, rata-rata galat relatif yang dihasilkan dari lima kali percobaan menggunakan alat digital hanya sebesar 1,54%.

Selanjutnya, dilakukan percobaan serupa menggunakan metode konvensional untuk evaluasi perbandingan. Hasil dari metode ini disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran dan Analisis Galat Metode Konvensional

No.	$W_0$ (N)	$W_1$ (N)	$m_0$ (kg)	$m_1$ (kg)	$W_a$ (N)	$F_a$ (N)	Selisih (N)	Galat Relatif (%)
1	0,50	0,40	0,030	0,035	0,049	0,10	0,051	51,000
2	1,10	1,00	0,030	0,040	0,098	0,10	0,002	2,000
3	1,50	1,40	0,030	0,047	0,167	0,10	0,067	66,600
4	0,50	0,40	0,030	0,036	0,059	0,10	0,041	41,200
5	1,10	1,00	0,030	0,039	0,088	0,10	0,012	11,800
Rata-rata Galat Relatif								34,52%

Hasil pengujian dengan metode konvensional menunjukkan rata-rata galat relatif yang sangat tinggi, yaitu mencapai 34,52%. Angka ini menunjukkan kontras yang tajam jika dibandingkan dengan galat 1,54% yang dihasilkan oleh alat digital. Evaluasi dari sisi pengguna dilakukan untuk mengetahui efektivitas dan penerimaan alat. Proses ini melibatkan 21 responden (20 mahasiswa dan 1 dosen) dan didokumentasikan pada Gambar 4. Ringkasan data kuantitatif dari angket disajikan

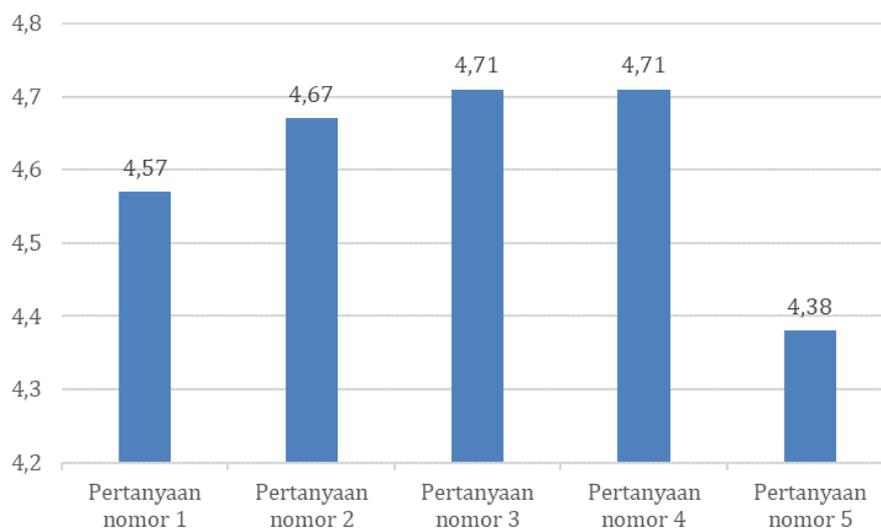
pada Tabel 3 dan divisualisasikan pada Gambar 5.



**Gambar 4.** Proses Uji Coba Alat oleh Responden

**Tabel 3.** Ringkasan Hasil Evaluasi Kuantitatif Produk (n=21)

Aspek yang Dinilai	Skor Rata-rata (dari 5)	Persentase Tanggapan Positif (Skor 4 & 5)
1. Efektivitas dalam mendemonstrasikan konsep	4,57	95%
2. Tampilan produk menarik dan informatif	4,67	100%
3. Keamanan produk saat digunakan	4,71	100%
4. Kemudahan data untuk dibaca dan dimengerti	4,71	100%
5. Kemudahan produk untuk dioperasikan	4,38	90%



**Gambar 5.** Grafik Hasil Evaluasi Produk

Hasil evaluasi pada Tabel 3 menunjukkan persepsi yang sangat positif. Skor rata-rata untuk semua aspek yang dinilai berada di rentang 4,38 hingga 4,71 dari skala 5. Tiga aspek—tampilan, keamanan, dan kemudahan membaca data—mendapatkan 100% tanggapan positif, diikuti aspek efektivitas (95%) dan kemudahan operasi (90%). Masukan kualitatif dari responden juga memperkuat temuan kuantitatif. Tema utama yang disukai adalah akurasi dan inovasi, seperti dalam kutipan, "*Ketepatan alat ukur dan inovasi yang sangat bagus.*" Kemampuan alat dalam mempermudah pemahaman konsep juga diapresiasi, seperti dalam komentar, "*Tampilan alat yg menarik dan alat ini mudah untuk memahami konsep fisika.*"

Data rekomendasi menunjukkan bahwa 95,2% responden (20 dari 21) menjawab "Ya" untuk merekomendasikan produk ini dalam pembelajaran. Responden juga memberikan saran untuk pengembangan, di antaranya adalah

membuat mekanisme penggerak beban menjadi otomatis dan menambahkan fitur ekspor data ke Excel.

### Pembahasan

Pada bagian ini, hasil-hasil yang telah disajikan akan diinterpretasikan untuk menganalisis keunggulan alat, membahas keterbatasan metode konvensional, serta mendiskusikan implikasi pedagogis dari temuan ini. Tingkat akurasi alat digital yang tinggi (galat 1,54%) dapat diatribusikan pada beberapa faktor kunci. Pertama, penggunaan sensor *load cell* sebagai transduser utama yang secara inheren memiliki presisi dan linearitas lebih baik dari neraca mekanis, di mana prinsip kerjanya mengubah gaya menjadi sinyal digital melalui teknologi *strain gauge* (Edbert & Wahab, 2022). Kedua, pengukuran yang simultan mengurangi potensi eror seiring waktu. Terakhir, otomatisasi akuisisi data dan kalkulasi oleh mikrokontroler

Arduino secara efektif menghilangkan *human error*. Kemampuan mikrokontroler ini didukung oleh modul HX711 yang memperkuat sinyal dari *load cell* agar dapat diproses secara akurat (Zainal, dkk., 2025). Kombinasi inilah yang menjadi landasan kinerja superior alat.

Sebaliknya, tingginya galat pada metode konvensional (34,52%) dapat dijelaskan oleh beberapa faktor. Faktor dominan adalah *human error*, terutama kesalahan paralaks saat membaca skala analog, yang terjadi karena keterbatasan penglihatan dan posisi mata pengamat yang tidak sempurna (Sipayanti, dkk., 2024). Menghindari kesalahan ini membutuhkan ketelitian dan waktu ekstra yang sulit diterapkan secara konsisten (Hastariyadi & Sani, 2024). Selain itu, tantangan prosedural seperti kesulitan menampung seluruh air tumpahan dan keterbatasan presisi alat ukur manual itu sendiri turut menyumbang pada besarnya galat. Hal ini sejalan dengan argumen bahwa sarana pembelajaran inovatif berbasis teknologi, seperti menggunakan *board* Arduino (Prastia, dkk., 2022), diharapkan dapat menjadi solusi atas masalah keterbatasan fasilitas praktikum konvensional (Sa'adah, dkk., 2025).

Temuan dari evaluasi pengguna memiliki implikasi pedagogis yang signifikan. Penerimaan yang sangat baik menegaskan pentingnya peran media pembelajaran berbasis teknologi untuk mengikuti perkembangan zaman (Anyan, dkk., 2023). Penggunaan media yang dirancang secara kreatif, seperti alat ini, terbukti dapat mempermudah proses belajar dan meningkatkan pemahaman siswa (Yusuf, dkk., 2023). Lebih dari itu, alat ini secara efektif menggeser fokus praktikum dari sekadar mengikuti prosedur menjadi sebuah proses eksplorasi fenomena. Dengan data *real-time*, siswa diajak untuk berpikir dan menghubungkan materi dengan pengalaman nyata yang diamati, sesuai dengan prinsip pembelajaran konseptual yang membangun pemahaman bermakna (Aprilia, dkk., 2025). Hal ini menjadikan alat ini sebagai jembatan pedagogis yang efektif untuk membuat konsep fisika yang abstrak menjadi lebih konkret dan menarik. Arah pengembangan di masa depan dapat difokuskan pada implementasi saran dari pengguna, seperti otomatisasi mekanisme beban dan fitur ekspor data, untuk lebih meningkatkan fungsionalitas alat.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, uji coba, dan analisis yang telah dilakukan, dapat

disimpulkan bahwa alat praktikum Hukum Archimedes berbasis sensor load cell dan mikrokontroler Arduino berhasil dikembangkan dan terbukti sangat efektif serta akurat. Secara kuantitatif, alat ini mampu memverifikasi Hukum Archimedes dengan rata-rata galat relatif hanya 1,54%, yang jauh lebih superior dibandingkan metode praktikum konvensional yang menghasilkan galat rata-rata 34,52%. Tingkat akurasi yang tinggi ini menegaskan bahwa alat yang dikembangkan valid dan dapat diandalkan untuk tujuan pembelajaran dan demonstrasi di laboratorium fisika.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyelesaian penelitian dan penulisan artikel ini. Ucapan terima kasih secara khusus ditujukan kepada Bapak Drs. Sutrio, M.Si., selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan, arahan, dan masukan berharga yang telah diberikan selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini. Penghargaan juga disampaikan kepada para asisten dosen, Holis Angga Saputra, Lalu Muh. Nazwar Zuhri, dan Tanwiruddin, yang telah banyak membantu dalam kelancaran pelaksanaan proyek. Terima kasih juga kami sampaikan kepada seluruh pihak di lingkungan Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram, yang telah menyediakan fasilitas untuk penelitian ini. Terakhir, penulis berterima kasih kepada seluruh responden yang telah berpartisipasi dalam evaluasi produk dan memberikan umpan balik yang sangat bermanfaat untuk pengembangan alat ini.

## REFERENCES

- Anyan, A., Bernadetta, K., Aceng, H., Muh, S., Siti, S. I., & John, F. (2023). Perancangan aplikasi media pembelajaran interaktif berbasis adobe flash professional. *Jurnal Informasi dan Teknologi*. <https://doi.org/10.37034/jidt.v5i1.292>
- Aprilia, F., Susanti, S., Afriza, M., Patunnisa, T., & Ihsan, W. N. (2025). Analisis Model Pembelajaran Konseptual sebagai Solusi Permasalahan Belajar Anak di Panti Asuhan Mamiyai Al-Ittihadiyah. *Jurnal Intellect Insan Cendikia*, 2(6), 11197-11202.

- <https://jicenusantara.com/index.php/jiic/article/view/3750>
- Astuti, S. P. (2015). Pengaruh kemampuan awal dan minat belajar terhadap prestasi belajar fisika. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 5(1). <http://dx.doi.org/10.30998/formatif.v5i1.167>
- Edbert, B., & Wahab, F. (2022). Analisis perbandingan nilai ukur sensor load cell antara PLC Delta dengan Arduino Uno: Comparative analysis of load cell sensor measurement values between PLC Delta and Arduino Uno. *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, 2(1), 75-84. <https://doi.org/10.35313/jitel.v2.i1.2022.75-84>
- Firdaus, A. N. (2022). Pengembangan Alat Peraga Density Meter Berbasis Mikrokontroler Arduino untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Pada Materi Prinsip Archimedes (Bachelor's thesis, Jakarta: FITK UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Fitria, N. S. I. (2022). Pengembangan Modul Praktikum Osilasi Teredam Pada Pegas Berbasis Analisis Video Berbantuan Tracker. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 11(2), 9-16. <https://doi.org/10.15294/upej.v11i2.60276>
- Hastariyadi, R. B. A., & Sani, S. M. (2024). PROTOTIPE PENGUKUR VOLUME BEJANA UKUR STANDAR BERBASIS INTERNET OF THINGS DALAM TERA DAN TERA ULANG POMPA UKUR BAHAN BAKAR MINYAK. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3.4931>
- Junita, O., & Mahdi, N. H. (2024). Eksperimen dan Demonstrasi Alat Praktikum Fisika Sederhana. *Abdimas Mandalika*, 3(2), 50-54. <https://doi.org/10.31764/am.v3i2.12636>
- Kayaningtias, P. S., Indriati, I., & Adikara, P. P. (2022). Analisis Sentimen Angket Kepuasan Pasien Puskesmas menggunakan Metode Improved K-Nearest Neighbor. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(3), 1138-1148. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/10717>
- Kertinus, R., Darma, Y., & Wahyudi, W. (2019). Pengaruh Problem-Based Learning terhadap Pemahaman Konsep dan Pemecahan Masalah dalam Materi Hukum Archimedes. *Edukasi: Jurnal Pendidikan*, 17(2), 135-144. <https://doi.org/10.31571/edukasi.v17i2.1252>
- Khairun, D. Y., Al Hakim, I., & Abadi, R. F. (2021). Pengembangan pedoman observasi anak berkesulitan membaca (dyslexia). *Jurnal UNIK: Pendidikan Luar Biasa*, 6(1), 46-51. <https://dx.doi.org/10.30870/unik.v6i1.11877>
- Nadziroh, F., Syafira, F., & Nooriansyah, S. (2021). Alat deteksi intensitas cahaya berbasis arduino uno sebagai penanda pergantian waktu siang-malam bagi tunanetra. *Indonesian Journal of Intellectual Publication*, 1(3), 142-149. <https://doi.org/10.51577/ijipublication.v1i3.92>
- Novitasari, L., Agustina, P. A., Sukesti, R., Nazri, M. F., & Handhika, J. (2017, August). Fisika, etnosains, dan kearifan lokal dalam pembelajaran sains. In *Prosiding SNPF (Seminar Nasional Pendidikan Fisika)* (pp. 81-88).
- Okpatrioka, O. (2023). Research and development (R&D) penelitian yang inovatif dalam pendidikan. *Dharma Acariya Nusantara: Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya*, 1(1), 86-100. <https://doi.org/10.47861/jdan.v1i1.154>
- Prastia, A., Harijanto, A., & Prastowo, S. H. B. (2022). Rancang bangun alat praktikum hukum ohm digital berbasis arduino mega 2560. *Jurnal Fisika Unand*, 11(3), 401-407. <https://doi.org/10.25077/jfu.11.3.401-407.2022>
- Rohmawati, W., & Supriana, E. (2017). Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Menggunakan Bola Baja Berongga pada Pokok Bahasan Hukum Archimedes. In *Seminar Nasional Fisika dan Pembelajarannya* (pp. 171-177). <http://conference.um.ac.id/index.php/fis/article/view/149>
- Sa'adah, N. L., Putra, M. T. M., Maula, P. I., & Putra, E. R. (2025). V-Lab sebagai Sarana Pembelajaran Inovatif pada Pembelajaran Praktikum Fiber Optic. *Jurnal Ilmiah Edutic: Pendidikan dan Informatika*, 12(1),

- 49-60.  
<https://doi.org/10.21107/edutic.v12i1.29394>
- Sinensis, A. R. (2017). Sejarah dan filsafat sains sebagai pendekatan dalam pengajaran fisika pada konsep archimedes. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)*, 1(1), 23-28.  
<https://doi.org/10.30599/jipfri.v1i1.120>
- Sipayanti, S., Nurhaliza, U. N., Lestari, W., Hidayah, P., & Malik, A. (2024). Pengaruh Sudut Terhadap Besar Resultan Gaya Vektor: Kajian Eksperimental Menggunakan Praktikum Cookbook Laboratory. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Fisika Indonesia*, 6(1).  
<https://doi.org/10.29303/jppfi.v6i1.322>
- Sundari, I., Lubis, M., Lukman, A., & Tanjung, D. (2020). Perencanaan Desain Pekerjaan Pembangunan Ponton Ukuran 8 Meter x 16 Meter Terminal Penumpang Dermaga A Dumai. *Buletin Utama Teknik Vol, 15(2)*.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/288217842.pdf>
- Wahyudi, W., Rahman, A., & Nawawi, M. (2017). Perbandingan nilai ukur sensor load cell pada alat penyortir buah otomatis terhadap timbangan manual. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 5(2), 207.  
<https://doi.org/10.26760/elkomika.v5i2.207>
- Yuliana, S. R., Lubis, P. H., & Sugiarti, S. (2021). Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) pada Materi Hukum Archimedes dengan Menggunakan Model Pembelajaran Problem Based Learning. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) FKIP UM Metro*, 9(1), 90-101.  
<http://dx.doi.org/10.24127/jpf.v9i1.3396>
- Yusuf, A. I., Tafrikhatin, A., Sumarah, J., & Hudaifah, N. N. (2023). Media Pembelajaran Sensor Berbasis Arduino Uno Untuk Pembelajaran Mikrokontroler Pemula. *JASATEC: Journal of Students of Automotive, Electronic and Computer*, 3(1), 15-26.  
<https://doi.org/10.37339/jasatec.v3i1.1403>
- Zainal, M., Dasril, D., & Sulaeman, B. (2025). TIMBANGAN DIGITAL BERBASIS IOT DI PETERNAKAN BROILER PT. JASS MANDIRI SEJAHTERA BELOPA KABUPATEN LUWU. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(2).  
<https://doi.org/10.23960/jitet.v13i2.6088>
- Zamzami, K. (2023). Pengembangan sistem inventarisasi barang menggunakan Load Cell dan Chatbot Telegram berbasis Arduino. *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)*, 5(4), 552-557.  
<https://doi.org/10.51401/jinteks.v5i4.2913>