



Arduino-Based Pascal's Law Teaching Props Design as Physics Learning Media

Fadilla Nur Ramadhani^{*1)}, Yusro Al Hakim²⁾, Ashari³⁾, Siska Desy Fatmaryanti⁴⁾

^{1), 2), 3), 4)} *Physics Education, Muhammadiyah University of Purworejo*

e-mail: ^{*1)} fadillaa.nr@gmail.com
²⁾ kim_yus2003@yahoo.com
³⁾ ashari.ump@gmail.com
⁴⁾ siskadesy@umpwr.ac.id

Abstract

This research was carried out to realize and support the availability of semi-digital teaching props as a suitable learning media to be implemented in physics learning on Pascal's Law material. The research design used is to adapt the ADDIE development model that focuses on the purpose of designing and knowing how the feasibility of the product that has been designed. The research subjects involved in this research were two media expert lecturers, two material expert lecturers, and nine students of the Physics Education University of Muhammadiyah Purworejo. The feasibility of teaching props is assessed from 3 aspects: laboratory trials, validity tests, and limited trials. Based on the results of research that has been done, obtained: 1) In laboratory testing, the Pascal's Law teaching props system obtained a very small error rate, namely on piston 1 (pressure 1) an average of 1.048% was obtained and on piston 2 (pressure 2) was obtained 0.219%, 2) In the product validity test, the average percentage of assessment by media expert lecturers is 79.514% belonging to the "adequate" category, and the average percentage of assessment by material expert lecturers is 83.333% belonging to the "very feasible" category, 3) In a limited trial, which shows the average percentage of student responses on aspects of benefits, presentation of tools, and physical appearance of 84% is classified in the "good" category. Thus, it can be concluded that the product that has been designed in the form of an Arduino-based Pascal's Law teaching prop is said to be feasible to be used as a medium in learning physics.

Keywords: *Teaching props, Pascal's Law, learning media*

Perancangan Alat Peraga Hukum Pascal Berbasis Arduino Sebagai Media Pembelajaran Fisika

Fadilla Nur Ramadhani*¹⁾, Yusro Al Hakim²⁾, Ashari³⁾, Siska Desy Fatmaryanti⁴⁾

^{1), 2), 3), 4)} *Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Purworejo*

Abstrak

Penelitian ini dilaksanakan guna merealisasikan dan menunjang ketersediaan alat peraga semi-digital sebagai media pembelajaran yang layak diimplementasikan dalam pembelajaran fisika pada materi Hukum Pascal. Desain penelitian yang digunakan yakni mengadaptasi model pengembangan ADDIE yang berfokus dengan tujuan merancang dan mengetahui bagaimana kelayakan produk yang telah dirancang. Subjek penelitian yang dilibatkan dalam penelitian ini yakni dua dosen ahli media dan dua dosen ahli materi, serta sembilan mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Purworejo. Kelayakan alat peraga dinilai dari 3 aspek, yaitu uji coba laboratorium, uji validitas, dan uji coba terbatas. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh: 1) Pada uji coba laboratorium, sistem alat peraga Hukum Pascal memperoleh tingkat kesalahan yang sangat kecil, yaitu pada piston 1 (tekanan 1) diperoleh rerata 1,048% dan pada piston 2 (tekanan 2) diperoleh 0,219%, 2) Pada uji validitas produk, diperoleh rerata persentase penilaian oleh dosen ahli media sebesar 79,514% tergolong dalam kategori "layak", dan rerata persentase penilaian oleh dosen ahli materi sebesar 83,333% tergolong dalam kategori "sangat layak", 3) Pada uji coba terbatas, yakni menunjukkan rerata persentase respon peserta didik pada aspek manfaat, penyajian alat, dan penampilan fisik sebesar 84% tergolong dalam kategori "baik". Dengan demikian, dapat ditarik kesimpulan bahwa produk yang telah dirancang berupa alat peraga Hukum Pascal berbasis arduino dikatakan layak untuk digunakan sebagai media dalam pembelajaran fisika.

Kata kunci: alat peraga, Hukum Pascal, media pembelajaran

Pendahuluan

Sains merupakan ilmu pengetahuan yang menelaah tentang fenomena-fenomena alam secara terorganisir dan sistematis. Sifatnya yang dinamis tercerminkan oleh fleksibilitasnya terhadap pertumbuhan ilmu pengetahuan dan teknologi dari periode ke periode. Salah satu cabang ilmu sains yang mengkaji bagaimana alam semesta ini bekerja yakni ilmu fisika. Ilmu fisika tergolong sebagai ilmu eksperimental, sehingga sangat identik dengan pengamatan empiris dan percobaan seperti yang dikemukakan oleh Sani (2016) bahwa pembelajaran fisika sangat memerlukan kegiatan pengamatan dan pengukuran yang diaplikasikan melalui kegiatan percobaan atau eksperimen-eksperimen.

Kegiatan eksperimen mendatangkan pengalaman empiris bagi peserta didik dalam membuktikan hipotesis dari konsep teori yang dikaji pada pembelajaran di kelas secara langsung (Heriansyah, 2017). Pengertian ini menunjukkan bahwa pembelajaran fisika tidak cukup hanya dengan kegiatan pembelajaran dua arah di dalam kelas terhadap konsep teori secara teoritis saja. Untuk mencapai tujuan

pembelajaran fisika dengan baik, maka dibutuhkan kegiatan eksperimental, dimana peserta didik dapat melakukan pengujian dan pengaplikasian dari konsep teori melalui kegiatan praktikum.

Praktikum identik dengan kegiatan pembelajaran berupa praktik di laboratorium, dengan fokus tujuan agar peserta didik menangkap kesempatan empiris guna menguraikan dan mengaplikasikan konsep teori yang dipetik ketika proses pembelajaran di kelas (Widiatry, 2016). Pokok bahasan Hukum Pascal pada Mekanika Fluida Statis, merupakan salah satu materi yang memerlukan gambaran visualisasi nyata dalam pembelajaran (Kanginan, 2016). Hal ini dapat direalisasikan melalui kegiatan praktikum.

Berdasarkan hasil wawancara terhadap mahasiswa semester VII Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Purworejo, mengatakan bahwa perkuliahan Fisika Dasar I pada pokok bahasan Hukum Pascal lebih menekankan pada persamaan matematis yang bersifat referensi saja, belum melibatkan kegiatan eksperimental dan diperkuat dengan wawancara terhadap Laboran Laboratorium Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Purworejo,

menyatakan bahwa alat peraga yang mempresentasikan konsep Hukum Pascal belum tersedia, baik alat peraga sederhana maupun digital yang layak digunakan sebagai media pembelajaran, sehingga belum pernah dilaksanakan praktikum pada pokok bahasan Hukum Pascal.

Keterlaksanaan kegiatan praktikum dapat direalisasikan secara efektif apabila ketersediaan alat praktikum tercukupi, salah satu diantaranya yakni alat peraga. Alat peraga merupakan sistem yang menanamkan konsep dan prinsip suatu teori abstrak, yang dirancang secara sistematis, sehingga menjadi seperangkat benda konkret yang dikhususkan guna membantu pemahaman peserta didik dalam proses pembelajaran (Ulfah et al., 2020). Konsep-konsep yang terasa abstrak tadi mampu dikonversi menjadi sesuatu yang lebih jelas, konkret, yang dapat dilihat, dipegang, dan dicoba. Diperkuat oleh Cahyo et al. (2019) mengungkapkan bahwa alat peraga dipandang perlu, guna membantu peserta didik dalam memetik informasi untuk merangsang pikiran dan kemampuan, sehingga peserta didik terstimulus serta turut aktif pada proses pembelajaran.

Mengkaji penelitian yang dilakukan oleh Fitrifitanofa (2014) tentang perancangan alat praktikum permodelan konsep Hukum Pascal dengan memanfaatkan neraca pegas untuk memperoleh nilai gaya pada sistem sudah cukup baik, yaitu dapat menggunakan variasi gaya dan membantu memahami pengaruh dari variasi luas penampang bidang sentuh piston pada Hukum Pascal. Namun masih kurang maksimal dalam mekanisme penggunaannya seperti nilai maksimum pada neraca pegas yang masih terbatas dan proses pengambilan data yang masih secara konvensional, sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama dalam pelaksanaannya.

Revolusi ilmu pengetahuan dan teknologi sangat membantu pendidik dalam memperbaiki proses pembelajaran, terutama dalam mempersiapkan media pembelajaran. Media pembelajaran memiliki makna sebagai sesuatu yang dapat mengantarkan pesan atau inti pembelajaran sehingga dapat menyentuh pikiran baik secara lahir, batin, dan minat peserta didik guna mendorong proses belajar mengajar secara maksimal (Alifa et al., 2021). Beradaptasi dengan teknologi yang kian berevolusi, maka diperlukan suatu alat peraga yang mengintegrasikan nilai teknologi sehingga dapat dioperasikan secara semi otomatis dengan waktu yang efisien,

salah satunya dengan memanfaatkan teknologi *microcontroller*.

Microcontroller merupakan komputer berukuran kecil dalam bentuk *chip Integrated Circuit* (IC) yang berisi *processor*, penyimpanan, dan antarmuka yang bisa di program untuk menjalankan tugas atau operasi tertentu (Hanifadina, 2021). *Microcontroller* yang dipakai pada penelitian ini yakni menggunakan jenis arduino uno yang memiliki fungsi sebagai pengendali sistem secara otomatis. Hal tersebut bertujuan untuk mempermudah pembacaan data dan meminimalisir kesalahan pembacaan data yang salah satunya timbul karena adanya *human error*.

Guna meminimalisir *human error* maka diperlukan bantuan sensor. Sensor *load cell* sebagai *transducer* yang bertugas mengubah deformasi tekanan menjadi sinyal listrik, menjadi solusi yang efektif (Agusli et al., 2021). *Load cell* merupakan sensor yang berperan melacak perubahan massa suatu benda yang dipengaruhi oleh gaya dan percepatan gravitasi. *Load cell* memiliki keunggulan pada daya akurasi yang cukup tinggi dan mampu menampilkan *output* berupa sinyal listrik, sehingga memudahkan dalam hal pengolahan data hasil praktikum (Afdali et al., 2017). Selain itu dapat digunakan pada pengukuran benda-benda yang relatif ringan, sehingga sensor ini dapat dimanfaatkan untuk menghitung massa beban dalam konsep Hukum Pascal.

Berangkat dari permasalahan tersebut, dirasa perlu adanya media berupa alat peraga guna mempresentasikan konsep Hukum Pascal secara praktis serta meminimalisir *human error* dalam pembacaan data, dengan kolaborasi antara arduino uno dengan sensor *load cell*, diharapkan dapat dirancang alat peraga Hukum Pascal berbasis arduino yang valid dan layak digunakan sebagai media pembelajaran fisika.

Metode Penelitian

Metode penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan yang bertujuan untuk merealisasikan produk berupa alat peraga dan menguji kelayakan produk yang telah dirancang. Penelitian ini mengadaptasi model pengembangan ADDIE oleh Tegeh et al. (2014) yang meliputi: *analyze*, *design*, *development*, *implementation*, dan *evaluate*. Model ini diambil dengan asumsi bahwa langkah-langkah dasar

desainnya relatif sederhana, lebih mudah dipahami, dan praktis untuk diterapkan dalam penelitian ini.

Tahap *analyze* meliputi analisis awal dan analisis tujuan & materi. Tahap *design* kegiatan yang dilaksanakan yaitu pemilihan alat & bahan alat peraga dan perancangan desain awal alat peraga. Tahap *development* yaitu uji coba laboratorium, uji validitas, dan revisi produk. Tahap *implementation* kegiatan yang dilaksanakan yakni uji coba terbatas terhadap mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Purworejo. Tahap *evaluation* kegiatan yang dilaksanakan mengevaluasi setiap tahapan dan hasil produk.

Teknik pengumpulan data pada penelitian berupa: 1) observasi, untuk memperoleh data tentang ketersediaan alat peraga Hukum Pascal, 2) lembar validasi, untuk menguji kelayakan produk alat peraga, 3) angket, merupakan metode pengumpulan data dengan menyerahkan seperangkat pernyataan atau pertanyaan secara tertulis kepada peserta untuk diberikan *review* (Rahil et al., 2019). Teknik ini digunakan pada uji coba terbatas terhadap penggunaan alat peraga Hukum Pascal berbasis arduino.

Diperlukan pemahaman yang konkret demi keberhasilan media yang dirancang dengan melakukan analisis data. Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi: 1) analisis terhadap hasil uji coba laboratorium, 2) analisis uji validitas oleh para dosen ahli, dan 3) analisis data terhadap hasil respon peserta didik pada uji coba terbatas. Analisis uji coba laboratorium dilakukan guna menguji dan mengetahui cara kerja sistem alat dan mengukur nilai ralat, dengan membandingkan nilai ralat yang dihasilkan alat dan nilai acuan yang dihasilkan dari alat konvensional. Persentase nilai kesalahan yang terjadi pada alat dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{n.\text{sebenarnya} - n.\text{terukur}}{n.\text{sebenarnya}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

n. sebenarnya = nilai sebenarnya

n. terukur = nilai terukur

Sedangkan persamaan matematis untuk menghitung nilai ralat sesuai persamaan (2)

$$\text{Ralat} = \frac{\% \text{ ralat}}{100\%} \times \text{nilai sebenarnya} \quad (2)$$

Selanjutnya, dilakukan uji validitas terhadap alat peraga Hukum Pascal berbasis arduino yang dilakukan oleh empat dosen ahli dari segi media dan materi. Penilaian yang dilakukan menggunakan teknik *rating scale*. *Rating scale* terdiri dari 4 kategori opsi skor yaitu: skor 4) sangat baik, 3) baik, 2) kurang baik, dan 1) tidak baik. Instrumen yang telah diuji (Sugiyono, 2015), kemudian dianalisis menggunakan persamaan (3)

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{A}{B} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

A = skor hasil pengumpulan data

B = skor ideal

Berdasarkan kategori kelayakan sebuah media, analisis hasil penilaian uji validitas oleh para ahli, kemudian dikonversi menjadi skala yang bersifat kualitatif, acuan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria penilaian alat peraga

| Interval Skor (%) | Kategori |
|-------------------|--------------------|
| 81-100 | Sangat Layak |
| 61-80 | Layak |
| 41-60 | Kurang Layak |
| 21-40 | Tidak Layak |
| >21 | Sangat Tidak Layak |

Sumber: (Ernawati & Sukardiyono, 2017).

Kemudian dilakukan pengumpulan data uji coba terbatas terhadap 9 mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Purworejo. Kegiatan yang dilaksanakan yakni mahasiswa melakukan praktikum menggunakan alat peraga Hukum Pascal.

Tabel 2. Kriteria analisis data respon peserta didik

| No | Interval Skor (%) | Kategori |
|----|-------------------|---------------|
| 1 | 86-100 | Sangat Baik |
| 2 | 76-85 | Baik |
| 3 | 60-75 | Cukup |
| 4 | 55-59 | Kurang |
| 5 | ≤ 54 | Sangat Kurang |

Sumber: (Nurjanah et al., 2017).

Kemudian menghimpun data angket respon untuk mengetahui respon mahasiswa terhadap kelayakan alat. Selanjutnya melakukan analisis

dengan mengkonversi hasil data ke skala yang bersifat kualitatif sesuai Tabel 2.

Hasil dan Pembahasan

Subjek penelitian yang terlibat adalah dua dosen ahli media, dua dosen ahli materi serta sembilan mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Purworejo. Penelitian perancangan alat peraga Hukum Pascal ini direalisasikan pada Februari – Agustus 2022 bertempat di Laboratorium Terpadu Pendidikan Fisika. Berikut tahapan perancangan alat peraga yang dilaksanakan:

Tahap Analyze

Analisis awal diperoleh dari hasil wawancara terhadap peserta didik, didapati bahwa metode pembelajaran Fisika Dasar I yang selama ini digunakan yakni metode klasikal, pada pokok bahasan Mekanika Fluida Statis khususnya Hukum Pascal belum tersedia kegiatan eksperimen berupa praktikum baik pada tingkat sekolah menengah atas maupun universitas khususnya Universitas Muhammadiyah Purworejo. Guru dan dosen cenderung lebih sering memberikan contoh suatu fenomena secara *visual* melalui gambar dan secara *audio-visual* melalui video demonstrasi kemudian dijelaskan secara verbal di kelas. Sehingga peserta didik perlu pemahaman yang cukup tinggi dalam penerapan konsep Hukum Pascal yang abstrak pada fenomena di kehidupan sehari-hari. Berangkat dari kondisi tersebut, diperlukan sebuah metode pembelajaran berupa kegiatan eksperimen agar peserta didik mampu menerapkan konsep tersebut menjadi lebih nyata melalui media pembelajaran berupa alat peraga.

Analisis tujuan dan materi Hukum Pascal yang digunakan yakni salah satu fenomena dalam kehidupan sehari-hari berupa dongkrak hidrolik. Hal ini didasarkan pada hasil studi literatur dan kemampuan peneliti dalam merancang alat. Hukum Pascal berbunyi: “Tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan sama besar ke segala arah” (Blaise Pascal, 1623-1662). Artinya tekanan yang diberikan pada fluida tertutup akan diteruskan tanpa mengalami pengurangan ke setiap bagian fluida dan dinding bejana (Young & Freedman, 2002). Secara matematis, Hukum Pascal dituliskan dengan persamaan 4 dan 5.

$$p_1 = p_2 \quad (4)$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (5)$$

Keterangan :

p_1 : tekanan 1 (Pa)

p_2 : tekanan 2 (Pa)

F_1 : gaya pada penampang 1 (N)

F_2 : gaya pada penampang 2 (N)

A_1 : luas penampang 1 (m^2)

A_2 : luas penampang 2 (m^2)

Alat peraga ini dapat menentukan nilai tekanan pada masing-masing piston yang dikenai beban tertentu hingga mencapai kondisi setimbang. Hasil *output* dari alat peraga ini diharapkan dapat memberikan sebuah data yang sesuai dengan konsep teori Hukum Pascal. Analisis ini dilakukan untuk memantapkan kesesuaian konsep materi untuk diterapkan pada alat.

Tahap Design

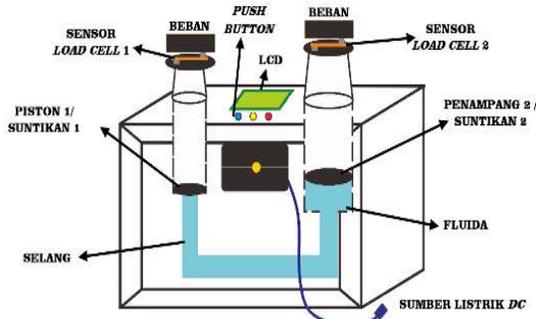
Pemilihan alat dan bahan dilakukan dengan mengumpulkan berbagai referensi sebagai bahan pertimbangan yaitu: 1) kemudahan bahan untuk dirancang, 2) keamanan alat & bahan, 3) kekuatan dan ketahanan bahan terhadap faktor eksternal, 4) kemampuan peneliti dalam mengadakan alat & bahan, 5) spesifikasi dan fungsi alat & bahan harus sesuai dengan kebutuhan alat peraga Hukum Pascal berbasis arduino. Alat dan bahan yang digunakan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Alat dan bahan

| Alat | Bahan |
|------------------|--------------------------------------|
| 1. Bor | 1. Arduino Uno R3 |
| 2. Martil | 2. <i>Software Arduino IDE</i> |
| 3. Gergaji | 3. <i>Sensor Load Cell</i> |
| 4. Solder | 4. Modul HX711 |
| 5. Amplas | 5. LCD 20 x 4 |
| 6. Lem Bakar | 6. Modul I2C |
| 7. Obeng | 7. <i>Push Button</i> |
| 8. Penggaris | 8. <i>Project Board</i> |
| 9. <i>Cutter</i> | 9. Kabel jumper, adaptor, data, ties |
| | 10. Selang Plastik |
| | 11. Suntikan 20ml & 50ml |
| | 12. Baut, Mur, dan Bosh |
| | 13. Kayu & Fluida |

Perancangan fisik dimulai dari desain awal alat peraga, desain komponen *hardware*, diagram alir sistem, dan pemrograman arduino

(*sensor configuration, declaration, serial communication initialization, dan looping program*). Desain awal alat peraga disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain awal alat peraga Hukum Pascal.

Tahap Development

Uji coba laboratorium dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan tekanan menggunakan alat peraga Hukum Pascal dengan hasil perhitungan tekanan berdasarkan alat yang bersifat manual (Masyruhan et al., 2020). Pengujian sistem ini menggunakan 3 macam massa benda, yakni (1) $m_1 = 0,5$ kg, $m_2 = 1$ kg; (2) $m_1 = 0,6$ kg, $m_2 = 1,2$ kg; (3) $m_1 = 0,7$ kg, $m_2 = 1,4$ kg.

Tabel 4. Hasil uji sistem pengukuran nilai tekanan

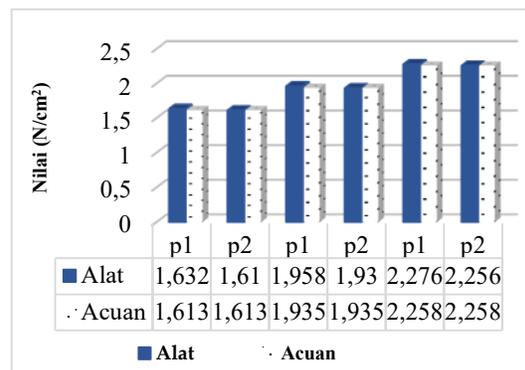
| Variasi Beban | Rerata Ralat Mutlak | | Rerata Persentase Ralat Relatif (%) | |
|---------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| | p_1 (N/cm ²) | p_2 (N/cm ²) | p_1 (N/cm ²) | p_2 (N/cm ²) |
| 1 | 1,632 ± 0,019 | 1,610 ± 0,003 | 1,184 | 0,180 |
| 2 | 1,958 ± 0,023 | 1,930 ± 0,005 | 1,166 | 0,280 |
| 3 | 2,276 ± 0,018 | 2,256 ± 0,004 | 0,794 | 0,198 |
| Rerata | | | 1,048 | 0,219 |

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil pengujian keseluruhan sistem alat peraga, menghasilkan perbandingan nilai antara tekanan 1 dan 2 yang cukup mendekati antara satu sama lain, dengan rerata nilai ralat mutlak yang cukup kecil. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat ketelitian alat dalam melakukan pengukuran sudah cukup baik. Dibuktikan dengan rerata persentase ralat relatif nilai tekanan pada penampang piston 1 (*load cell 1*), yakni pada

variasi beban ke satu sebesar 1,184%, variasi beban kedua sebesar 1,166%, dan variasi beban ketiga sebesar 0,794%. Serta diperoleh rerata ralat relatif pada nilai tekanan penampang piston 2 (*load cell 2*) yakni pada variasi beban kesatu sebesar 0,18%, variasi beban kedua sebesar 0,28%, dan variasi beban ketiga sebesar 0,198%. Sehingga didapat rerata ralat relatif sistem alat peraga Hukum Pascal berbasis Arduino yang berbantuan sensor *loadcell* pada tekanan 1 sebesar 1,048% dan pada tekanan 2 sebesar 0,2193%, hasil kajian uji coba laboratorium yang dihasilkan senada dengan penelitian (Masyruhan et al., 2020) dimana hasil rerata ralat relatif yang dihasilkan sebesar 0,048% atau dibawah yang menunjukkan bahwa alat peraga memiliki tingkat akurasi yang cukup baik.

Ketidakpastian berupa ralat mutlak dan relatif dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah sensitivitas sensor terhadap lingkungan sekitar seperti suhu ruangan, pergerakan impulsif, dan kelembaban udara yang menyebabkan pembacaan data mengalami sedikit perbedaan dalam pengukuran berulang dan karena kesalahan pengamat dalam meletakkan beban (Masyruhan et al., 2020). Namun, dalam penelitian ini nilai ralat masih dapat diterima dengan melakukan kalibrasi berulang dan meminimalisir kesalahan pada pengamatan.

Berikut didapat analisis uji komparasi, perbandingan nilai tekanan oleh alat peraga Hukum Pascal dengan alat acuan neraca digital yang dihasilkan cukup konstan, disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram hasil uji komparasi.

Tabel 5. Rekapitulasi penilaian ahli media alat peraga Hukum Pascal berbasis arduino

| Aspek Yang Dinilai | Ahli Media 1 | | Ahli Media 2 | | Rerata Persentase (%) | Kategori |
|--------------------|--------------|----------------|--------------|----------------|-----------------------|--------------|
| | Rerata Skor | Persentase (%) | Rerata Skor | Persentase (%) | | |
| Ketahanan alat | 2,67 | 66,67 | 3,67 | 91,67 | 79,17 | Layak |
| Keakuratan alat | 3,00 | 75,00 | 3,00 | 75,00 | 75,00 | Layak |
| Efektivitas alat | 3,00 | 75,00 | 3,33 | 83,33 | 79,16 | Layak |
| Estetika alat | 2,67 | 66,67 | 3,33 | 83,33 | 75,00 | Layak |
| Keamanan | 3,00 | 75,00 | 3,50 | 87,50 | 81,25 | Sangat Layak |
| Nilai pendidikan | 3,00 | 75,00 | 4,00 | 100,00 | 87,50 | Sangat Layak |
| | | Rerata | | | 79,51 | Layak |

Uji validitas produk dilakukan guna mengetahui tingkat kelayakan alat peraga Hukum Pascal berbasis arduino yang dirancang. Uji validitas dinilai oleh dua ahli media dan juga dua ahli materi. Penilaian pada uji ini menggunakan penilaian berskala 1-4 dengan kategori: 4) Sangat Baik, 3) Baik, 2) Kurang Baik, 1) Tidak Baik. Data hasil penilaian oleh dosen ahli media disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan bahwa uji validitas oleh dosen ahli media, dalam aspek ketahanan alat didapat skor rerata sebesar 79,17% tergolong pada kategori layak, dalam aspek keakuratan alat memperoleh rerata persentase 75,00% tergolong pada kategori layak, pada aspek efektivitas alat diperoleh rerata persentase sebesar 79,16% tergolong dalam kategori layak. Aspek estetika alat memperoleh rerata persentase 75,00% tergolong dalam kategori layak, aspek keamanan memperoleh rerata persentase 81,25% termasuk dalam kategori sangat layak, dan aspek nilai pendidikan memperoleh rerata sebesar 87,50% termasuk pada kategori sangat layak.

Berdasarkan keseluruhan analisis data dan perhitungan data uji validitas oleh para ahli media yang terhimpun, didapatkan nilai rerata sebesar 79,51%, sehingga mencapai kriteria penilaian kelayakan sebagai media pada suatu pembelajaran dan tergolong dalam kategori layak. Alat peraga dikatakan mampu mempresentasikan Hukum Pascal dengan baik, dan mampu memberikan pengalaman konkrit kepada peserta didik bagaimana fenomena Hukum Pascal yang sesungguhnya, dan tentunya menambah wawasan tentang pemanfaatan teknologi dalam pembuatan media pembelajaran, meski terdapat beberapa hal yang harus dibenahi dan perlu dikembangkan lagi agar lebih baik.

Komentar dan saran perbaikan yang ditambahkan oleh para ahli media guna dilakukan tahap revisi pada alat peraga ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil komentar dan saran perbaikan oleh ahli media

| Validasi | Masukan dan Saran |
|-------------------|---|
| | - Bagian piston yang menggunakan suntikan perlu pengembangan agar lebih kuat dan mudah dalam penggunaan |
| Ahli Media | - Perlu diperhatikan akurasi pada alat saat beban diberikan - Perlu variasi jenis fluidanya sehingga diperoleh hasil ukur yang terbaik |

Uji validitas alat peraga juga terhadap segi materi. Hasil rekapitulasi penilaian uji validitas alat peraga oleh dosen ahli materi dipresentasikan pada Tabel 7. Dapat diamati bahwa uji validitas oleh dosen ahli materi, pada aspek keterkaitan dengan materi pembelajaran diperoleh skor rerata persentase 81,25% tergolong dalam kategori sangat layak, aspek nilai pendidikan memperoleh rerata persentase 81,25% dalam kategori sangat layak, pada aspek efektivitas alat diperoleh rerata persentase sebesar 87,50%. Dari hasil perhitungan dan analisis data uji validitas oleh dosen ahli materi yang telah dilakukan, didapatkan rerata persentase penilaian sebesar 83,33%, artinya telah mencapai kriteria kelayakan sebagai media pembelajaran dalam kategori sangat layak, sejalan dengan kajian (Nurjanah et al., 2017).

Tabel 7. Rekapitulasi penilaian ahli materi alat peraga Hukum Pascal

| Aspek Yang Dinilai | Ahli Materi 1 | | Ahli Materi 2 | | Rerata | Kategori |
|--|---------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------------|
| | Rerata Skor | Persentase (%) | Rerata Skor | Persentase (%) | Persentase (%) | |
| Keterkaitan dengan materi pembelajaran | 3,00 | 75,00 | 3,50 | 87,50 | 81,25 | Sangat Layak |
| Nilai pendidikan | 3,00 | 75,00 | 3,50 | 87,50 | 81,25 | Sangat Layak |
| Efektivitas alat | 3,00 | 75,00 | 3,00 | 100,00 | 87,50 | Sangat Layak |
| Rerata (%) | | | | | 83,33 | Sangat Layak |

Tabel 7 dapat diamati bahwa uji validitas oleh dosen ahli materi, pada aspek keterkaitan dengan materi pembelajaran diperoleh skor rerata persentase 81,25% tergolong dalam kategori sangat layak, aspek nilai pendidikan memperoleh rerata persentase 81,25% dalam kategori sangat layak, pada aspek efektivitas alat diperoleh rerata persentase sebesar 87,50%.

Tabel 8. Hasil komentar dan saran perbaikan oleh ahli materi

| Validasi | Masukan dan Saran |
|-------------|---|
| Ahli Materi | - Perlu penambahan penjelasan konsep sehari-hari keterlibatan peserta didik dalam analisis perlu ditambah |
| | - Periksa kembali penulisan lambang besaran |
| | - Ukuran dan <i>font</i> perlu diperhatikan |

Dari hasil perhitungan dan analisis data uji validitas oleh dosen ahli materi yang telah dilakukan, didapatkan rerata persentase penilaian sebesar 83,33%, artinya telah mencapai kriteria kelayakan sebagai media pembelajaran dalam kategori sangat layak. Adapun komentar dan saran dari ahli materi dapat dilihat pada Tabel 8.

Berdasarkan saran perbaikan yang diberikan oleh para ahli, tindak lanjut yang dilaksanakan selanjutnya yaitu proses revisi alat peraga. Proses revisi bertujuan guna menyempurnakan alat peraga berdasarkan hasil komentar dan saran perbaikan alat peraga baik dari dosen ahli media maupun dosen ahli materi guna diimplementasikan secara terbatas terhadap peserta didik. Revisi produk yang telah dilaksanakan, dipresentasikan dalam Tabel 9. Hasil dari tahapan revisi yang telah diperbaiki menghasilkan produk final alat peraga Hukum Pascal yang disajikan pada Gambar 3.

Tabel 9. Revisi produk alat peraga berdasarkan aspek media dan materi

| Validasi | Sebelum Revisi | Setelah Revisi |
|----------|--|---|
| Media | - Piston/suntikan yang digunakan kurang kuat, sehingga ketika sistem dijalankan mudah goyang | - Piston/suntikan dipasang baut dan mur pada kayu, sehingga lebih kuat ketika sistem dijalankan |
| | - Akurasi alat terkadang masih mengalami <i>error</i> | - Melakukan kalibrasi ulang, sehingga akurasi data yang dihasilkan lebih stabil |
| | - Fluida yang digunakan berupa minyak rem, yang memiliki tingkat viskositas relatif tinggi | - Mengganti fluida menggunakan air jernih, dengan tingkat viskositas relatif rendah |
| Materi | - Belum menjelaskan penerapan konsep Hukum Pascal dalam kehidupan sehari-hari | - Menjabarkan contoh penerapan konsep Hukum Pascal dalam kehidupan sehari-hari |
| | - Belum mencantumkan besaran luas penampang dan percepatan gravitasi pada buku panduan | - Mencantumkan besaran luas penampang dan percepatan gravitasi pada buku panduan |
| | - Ukuran buku menggunakan <i>booklet</i> A5, sehingga ukuran <i>font</i> menjadi relatif kecil | - Mengubah ukuran buku menjadi A4 penuh sehingga <i>font</i> lebih mudah dibaca |



Gambar 3. Alat peraga Hukum Pascal

Tahap *Implementation*

Tabel 10. Rekapitulasi hasil uji coba terbatas peserta didik terhadap alat peraga

| No | Aspek | Rerata Skor | Persentase | Kategori |
|---------------|------------------|-------------|---------------|-------------|
| 1 | Manfaat | 3,58 | 89,50% | Sangat Baik |
| 2 | Penyajian Alat | 3,37 | 84,25% | Baik |
| 3 | Penampilan Fisik | 3,13 | 78,25% | Baik |
| Rerata | | 3,36 | 84,00% | Baik |

Tahap ini alat peraga diterapkan pada suatu kegiatan praktikum di kelas dengan metode penerapan uji coba terbatas kepada sejumlah mahasiswa. Responden melakukan tahapan praktikum menggunakan alat peraga, kemudian diberikan angket respon penilaian terhadap alat peraga guna mengetahui bagaimana respon dari peserta didik mengenai kelayakan alat untuk diimplementasikan pada suatu pembelajaran atau pada uji coba pembelajaran dengan skala yang lebih luas. Hasil angket respon uji coba terbatas dipresentasikan pada Tabel 10.

Berdasarkan Tabel 10, didapatkan rerata dengan skor terendah pada aspek penampilan fisik sebesar 78,25%. Dari keseluruhan aspek yang dinilai diperoleh rerata skor sebesar 84,00% dan disimpulkan bahwa alat peraga termasuk pada kategori baik. Hasil ini didukung oleh kajian (Fitrifitanofa, 2014).

Tahap *Evaluate*

Tahap evaluasi dilakukan evaluasi setiap tahapan dan menggunakan hasil uji coba terbatas pada respon peserta didik terhadap alat peraga Hukum Pascal yang memperoleh rerata sebesar 84%. Didapatkan respon bahwa alat peraga mampu membantu peserta didik dalam memahami konsep Hukum Pascal, namun ditemukan beberapa masukan dan keterbatasan produk diantaranya ukuran alat peraga cukup besar, sehingga cenderung sulit dioperasikan dan sulit disimpan, penggunaan piston yang memiliki

gaya gesek yang cukup tinggi, sehingga sulit diamati pergerakannya.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah diuraikan, maka telah dihasilkan: 1) alat peraga Hukum Pascal berbasis arduino yang memenuhi kriteria kelayakan melalui uji coba laboratorium dengan hasil nilai ralat yang relatif sangat kecil pada uji kedua sensor serta pada uji sistem alat menghasilkan data yang akurat, sehingga dinyatakan layak, 2) alat peraga Hukum Pascal berbasis arduino memenuhi kriteria kevalidan dengan validasi ahli materi mendapatkan kategori “sangat layak” dan validasi ahli media pada kategori “layak” sehingga memenuhi kriteria valid, 3) Alat peraga Hukum Pascal berbasis Arduino yang dirancang mendapat respon peserta didik dengan kategori “baik” sehingga dikatakan layak diterapkan pada pembelajaran fisika pada lingkup yang lebih luas.

Daftar Pustaka

- Afdali, M., Daud, M., & Putri, R. (2017). Perancangan alat ukur digital untuk tinggi dan berat badan dengan output suara berbasis arduino uno. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik*

- Telekomunikasi & Teknik Elektronika*, 5(1), 106.
- Agusli, R., Tullah, R., & Karisma, N. (2021). Alat ukur tinggi dan berat badan berbasis arduino uno. *Academic Journal of Computer Science Research*, 3(1).
- Alifa, N. S., Hanafi, S., & Nulhakim, L. (2021). Pengembangan media video pembelajaran animasi berbasis kinemaster untuk meningkatkan pemahaman pada mata pelajaran IPA siswa Kelas IV SDN Kedaleman IV. *Jtppm (Jurnal Teknologi Pendidikan Dan Pembelajaran): Edutech And Intructional Research Journal*, 8(2).
- Cahyo, V., Saputro, E., Admoko, S., & Surabaya, U. N. (2019). Pengembangan alat peraga mesin carnot sebagai media pembelajaran dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing. *IPF: Inovasi Pendidikan Fisika*, 08(02), 716–721.
- Ernawati, I., & Sukardiyono, T. (2017). Uji kelayakan media pembelajaran interaktif pada mata pelajaran administrasi server. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 2(2), 204-210.
- Fitrifitanofa, W. (2014). Perancangan alat praktikum pemodelan Hukum Pascal. *In Prosiding: Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika*, 5(2).
- Hanifadinna, H. (2021). Perancangan real time monitoring temperatur berbasis mikro-kontroler untuk sistem trip otomatis motor listrik 3 (tiga) fasa fibre cyclone di pabrik kelapa sawit Sungai Bengkal Jambi. *Jurnal Vokasi Teknologi Industri (JVTI)*, 3(2), 009-016.
- Heriansyah, F. (2017). Profil kemampuan mahasiswa calon guru fisika dalam mendesain eksperimen pada perkuliahan eksperimen fisika. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya (JIFP)*, 1(1), 36-41.
- Kanginan, M. (2016). *Fisika untuk SMA kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
- Masyruhan, M., Pratiwi, U., & Al Hakim, Y. (2020). Perancangan alat peraga hukum hooke berbasis mikrokontroler arduino sebagai media pembelajaran Fisika. *Spektra: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 6(2), 134-145.
- Nurjanah, S., Al Hakim, Y., & Kurniawan, E. S. (2017). Pengembangan alat peraga kalor jenis pada pokok bahasan suhu dan kalor berbasis arduino. *Radiasi. Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 10(1), 11-17.
- Rahil, Yahya, F., & Walidin, Sri, N. (2019). Pengembangan komik sebagai media pembelajaran fisika pada materi suhu kelas X. *Jurnal Kependidikan*, 3(2), 43-52.
- Sani, R.A. (2016). *Demonstrasi dan eksperimen fisika*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Sugiyono. 2015. *Metode penelitian pendidikan (pendekatan kualitatif, kuantitatif, dan R & D)*. Bandung: Alfabeta.
- Tegeh, I. Made, I. Nyoman Jampel, dan Ketut Pudjawan. (2014). *Model penelitian pengembangan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Ulfah, D. L., Fatmaryanti, S. D., & Pratiwi, U. (2020). Design of spesific heat props using android based on multirepresentation. *In SNPF (Seminar Nasional Pendidikan Fisika)*.
- Young Hugh, D., & Freedman, R. A. (2002). *Fisika universitas edisi ke sepuluh jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Widiatry, W. 2016. Rancang bangun website sistem informasi praktikum Jurusan Teknik Informatika Univeritas Palangka Raya. *Jurnal Saintekom*, 6(2), 12-24.