



PENGEMBANGAN PROTOTIPE ALAT PERAGA ASAS BERNOULLI BERBASIS ARDUINO UNO UNTUK PEMBELAJARAN FLUIDA DINAMIS

Bunga Darma Arumningrum*, Dedy Hamdani, Rosane Medriati

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu

e-mail*: bungadarmaarmnngm@mail.com

Diterima 5 Mei 2025

Dipublikasikan 21 Mei 2025

<https://doi.org/10.33369/jkf.8.1.21-32>

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan mengembangkan prototipe alat peraga fisika Asas Bernoulli berbasis Arduino Uno untuk membuktikan konsep asas bernoulli pada fluida dinamis. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh keterbatasan alat peraga untuk menunjang kegiatan praktikum di sekolah. Saat ini penggunaan venturimeter manual masih banyak digunakan untuk pembelajaran fluida dinamis, dengan adanya penerapan teknologi berbasis arduino uno pada alat peraga venturimeter, pengukuran dapat dilakukan secara otomatis dan real-time, sehingga mampu meminimalisir kesalahan manusia (human error) dalam proses eksperimen. Alat ini dirancang menggunakan *Water Flow Sensor YF-B5* dan *YF-S201* untuk mengukur nilai debit pada venturimeter. Adapun metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Developmen* (R&D) dengan model pengembangan 4D yang meliputi Define, Design, Development dan Disseminate. Berdasarkan hasil dari validasi ahli peraga didapatkan bahwa pengembangan prototipe alat peraga ini masuk kategori sangat layak dengan persentase sebesar 83.33% sehingga alat ini cocok digunakan pada praktikum fisika khususnya asas bernoulli untuk meningkatkan pemahaman konspstual siswa serta meningkatkan hasil belajar siswa.

Kata kunci: Arduino uno, asas bernoulli, sensor flowmeter

ABSTRACT

This research aims to determine the feasibility of developing a prototype of Bernoulli Principles physics teaching aids based on Arduino Uno to prove the concept of Bernoulli's principle in dynamic fluids. This research is motivated by the limitations of teaching aids to support practicum activities in schools. Currently, the use of manual venturimeter is still widely used for dynamic fluid learning, with the application of Arduino Uno-based technology in venturimeter props, measurements can be made automatically and in real-time, so as to minimize human error in the experimental process. This tool is designed using YF-B5 and YF-S201 waterflow sensors to measure the discharge value on the venturimeter. The research method used is Research and Development (R&D) with a 4D development model which includes Define, Design, Development and Disseminate. Based on the results of the validation of the teaching assistants, it was found that the development of this teaching aid prototype was categorized as very feasible with a percentage of 83.33% so that this tool is suitable for use in physics practicum, especially the principle of Bernoulli to improve students' conceptual understanding and improve student learning outcomes.

Keywords: *Arduino one, fluid dynamis, bernoulli principle, flowmeter sensor*

I. PENDAHULUAN

Pendidikan menjadi salah satu aspek penting untuk menyiapkan kualitas sumber daya manusia melalui pengajaran, pelatihan, maupun pengalaman. Pendidikan yang berkualitas dapat diwujudkan dengan mengembangkan potensi manusia semaksimal mungkin, sehingga tercipta masyarakat atau bangsa yang maju (Perdani & Busri, 2024). Salah satu metode untuk meningkatkan kualitas pendidikan adalah dengan memperbaiki kualitas pembelajaran dan penilaian. Selain itu, sistem penilaian yang baik dapat mendorong guru untuk mengembangkan strategi pembelajaran yang kreatif dan substansial (Aditiyas & Kuswanto, 2024).

Pemahaman konseptual siswa merupakan salah satu indikator penting dalam mengembangkan strategi pembelajaran yang efektif. Pemahaman siswa terhadap suatu materi merupakan bagian



penting dalam penguasaan konsepnya. Fisika adalah disiplin ilmu yang memerlukan pemahaman bertingkat, sehingga pengetahuan tentang konsep dasar dalam ilmu fisika menjadi prasyarat awal untuk mempelajari materi-materi berikutnya (Nur'aini, P D Lestari, 2020). Hal ini lah pentingnya pemahaman siswa terhadap konsep-konsep dasar fisika. Supaya konsep fisika secara berkelanjutan melalui proses pembelajaran tidak menghambat pemahaman mereka terhadap konsep-konsep yang akan dipelajari selanjutnya (Ilhami et al., 2022). Banyak siswa menghadapi tantangan dalam memahami konsep asas Bernoulli di fisika, dan masih banyak yang belum mencapai pemahaman optimal. Salah satu contoh yang sering dialami siswa ialah sulitnya menuliskan prinsip-prinsip fisika yang dipelajari akibat kurangnya penguasaan terhadap konsep-konsep tersebut (Muntaza et al., 2024).

Penggunaan alat peraga sebagai media pembelajaran memegang peranan penting dalam pembelajaran fisika yang dapat membantu siswa memahami konsep fisika. Oleh karena itu, untuk menunjang proses belajar mengajar di kelas diperlukan penggunaan media pembelajaran termasuk alat peraga (Adinda et al, 2023). Namun, dalam praktiknya, penggunaan alat peraga dalam pengajaran fisika seringkali belum mencapai tingkat optimal, terutama terkait konsep-konsep fisika yang kompleks seperti asas Bernoulli (Ahmad et al., 2024).

Materi asas Bernoulli merupakan salah satu bagian dari pembelajaran fisika. Kurangnya penguasaan konsep yang dialami oleh siswa pada pembelajaran fluida dinamis dapat mengakibatkan hal fatal seperti missskonsepsi terutama pada materi asas Bernoulli. Persamaan Bernoulli merupakan salah satu konsep paling mendasar dalam fluida dinamis. Konsep ini memerlukan pemahaman yang mendalam tentang fluida dinamis dan sering diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari.

Asas Bernoulli merupakan salah satu konsep penting dalam materi fluida dinamis yang dipelajari oleh siswa SMA kelas XI MIPA pada semester pertama. Fluida dinamis didefinisikan sebagai fluida yang bergerak, baik dalam bentuk cair maupun gas. Asas Bernoulli adalah salah satu materi yang berkaitan dengan fluida dinamis. Menurut prinsip yang diperkenalkan oleh Bernoulli menyatakan bahwa ketika kecepatan aliran suatu fluida meningkat, tekanan di dalam fluida cenderung menurun secara bersamaan. Sebaliknya, tekanan akan meningkat seiring dengan menurunnya laju aliran fluida tersebut (Kumari, 2022). Penggunaan venturimeter merupakan sebuah solusi untuk lebih memahami persamaan Bernoulli, karena persamaan Bernoulli menjelaskan apa yang terkait erat dengan kelajuan, volume serta tekanan pada fluida (Nurhayati, Mauli Samita, 2021). Penerapan prinsip Bernoulli dapat ditemukan dalam berbagai perangkat dan situasi, seperti penggunaan Venturimeter pada alat penyemprot atau pistol semprot. Selain itu, kita sering kali memanfaatkan prinsip ini dalam kehidupan sehari-hari seperti pengangkatan sayap pesawat atau airfoil, karburator mesin, aliran kecepatan udara, serta mekanisme kerja penyedot debu dan lain sebagainya.

Prinsip Bernoulli berlaku untuk semua fluida, baik cair maupun gas, dan terutama berlaku untuk fluida yang bergerak dengan kecepatan tinggi. Terdapat dua karakteristik dari fluida dinamis yaitu jika fluida memiliki tekanan yang lebih besar maka kecepatan aliran yang dihasilkan akan menjadi lebih kecil, sedangkan jika fluida memiliki tekanan yang lebih kecil maka kecepatan aliran yang dihasilkan akan menjadi lebih besar. Praktikum pada pembelajaran fluida dinamis saat ini umumnya masih dilakukan dengan penggunaan alat peraga yang konvensional seperti alat peraga venturimeter berbahan pipa pvc yang berbentuk menyempit di tengah (venturi), dengan tiga bagian utama: bagian masuk (inlet), bagian sempit (throat), dan bagian keluar (outlet). Di masing-masing bagian ini biasanya dipasang manometer tabung U yang berisi cairan untuk mengamati perbedaan tekanan akibat perubahan kecepatan aliran fluida. Alat ini sering kali dioperasikan secara manual, menggunakan air sebagai fluida, dan memerlukan pengamatan visual langsung terhadap tinggi kolom cairan untuk mengukur tekanan. Meskipun venturimeter ini dapat memvisualisasikan konsep dasar asas bernoulli namun alat ini memiliki keterbatasan, seperti dilakukannya pembacaan data hasil percobaan yang manual serta kurangnya fitur interaktif yang dapat menarik perhatian siswa. Peran teknologi sebagai media pembelajaran di era saat ini abad ke 21 yakni dapat meningkatkan aksesibilitas, peningkatan fleksibilitas dan efektivitas, peningkatan kompatibilitas siswa, dan partisipasi dalam melakukan pembelajaran berbasis proyek (Said, 2023).

Saat ini, penggunaan venturimeter manual masih banyak digunakan untuk pembelajaran fluida dinamis, dengan adanya penerapan teknologi berbasis arduino uno pada alat peraga venturimeter,

pengukuran dapat dilakukan secara otomatis dan real-time, sehingga mampu meminimalisir kesalahan manusia (human error) dalam proses eksperimen. Inovasi ini memungkinkan siswa untuk tidak hanya mengukur debit aliran fluida secara lebih akurat, tetapi juga membuktikan bunyi asas Bernoulli secara lebih praktis dan aplikatif melalui data yang terukur secara digital.

Water Flow Sensor adalah sensor untuk mengukur jumlah atau aliran cairan dari cairan yang mengalir melalui pipa dengan memanfaatkan efek Hall yang berdasarkan efek magnetik pada partikel bermuatan (Shidqi & Anggaryani, 2020). Penggunaan *Water Flow Sensor* untuk pengukuran debit air dapat dipantau melalui LCD maupun serial monitor pada PC. Dengan mengintegrasikan Arduino Uno sebagai pusat kendali sistem, siswa dapat belajar secara langsung mengenai cara kerja *Water Flow Sensor*, proses akuisisi dan pengolahan data, serta analisis hasil pengukuran untuk pembuktiaan asas bernoulli.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Nurfajrihana et al., 2022) menunjukkan bahwa penggunaan alat peraga efektif untuk pembuktian asas kontinuitas terdapat kekurangan bahwa dengan menggunakan sensor *Water Flow Sensor* dan venturimeter sebaiknya menggunakan pipa akrilik/kaca dan dibuat secara mekanis untuk meminimalisir gesekan air yang ada guna meningkatkan akurasi alat peraga, pembuatan alat peraga sebaiknya memiliki selisih luas penampang pipa besar dan kecil lebih besar agar selisih ketinggian air pada venturimeter terlihat jelas, pembuatan pipa vertikal pada venturimeter sebaiknya menggunakan diameter pipa yang kurang dari 1 cm agar selisih ketinggian air pada venturimeter terlihat jelas, dan bagian bawah box air bisa diberi alas agar dapat menampung air jika terjadi kebocoran, memperingkas kabel adaptor yang digunakan agar terlihat lebih rapi.

Selain itu penelitian yang dilakukan oleh (Sulhin et al., 2018) berdasarkan hasil pengujian menggunakan alat, Venturimeter dalam penelitian ini bisa mengukur tinggi fluida dengan sangat teliti karena menggunakan skala kurang dari 1 mm. Namun, *Water Flow Sensor* yang dipakai memiliki tingkat kesalahan bawaan sebesar 3%, sehingga hasil pengukuran debit air tidak terlalu akurat dan masih perlu penyempurnaan.

Berdasarkan kelemahan dari penelitian-penelitian sebelumnya, maka dirasa perlu untuk mengembangkan alat peraga praktikum yang lebih inovatif dan relevan untuk mendukung kebutuhan pembelajaran fluida dinamis, khususnya dalam mengamati dan membuktikan asas bernoulli. Dengan dikembangkannya alat peraga ini, praktikum fluida dinamis diharapkan menjadi pengalaman belajar yang lebih menarik, interaktif, dan selaras dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang berbasis teknologi. Oleh karena itu, judul penelitian ini adalah **“Pengembangan Alat Peraga Asas Bernoulli Berbasis Arduino Uno Untuk Pembelajaran Fluida Dinamis”**. Selanjutnya, alat peraga yang telah dikembangkan akan divalidasi oleh para ahli untuk menguji kelayakan fungsi dan penggunaannya dalam pembelajaran. Tujuan dari penelitian ini untuk mendemonstrasikan prinsip-prinsip Asas Bernoulli, serta memperkenalkan aplikasi teknologi melalui penyediaan inovasi alat peraga yang lebih canggih berbasis Arduino Uno dengan menggunakan metode penelitian Research and Development (R&D).

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diterapkan dalam penelitian dan pengembangan alat peraga venturimeter berbasis Arduino uno pada asas Bernoulli adalah Research & Development (R&D). Metode penelitian dan pengembangan (R&D) adalah metode penelitian yang digunakan untuk membuat desain produk baru, menguji efektivitas produk yang sudah ada, serta mengembangkan dan menciptakan produk baru. Setelah produk baru diuji, implementasi dilakukan, membuat pekerjaan lebih mudah dan cepat serta meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil (Wiwin Yuliani, 2021). Penelitian pengembangan alat peraga ini menggunakan model 4D, yang merupakan singkatan dari Define, Design, Development, dan Disseminate. Penggunaan model 4D dipilih karena merupakan metodologi pengembangan yang lebih dinamis dan efektif, serta mendukung kinerja keseluruhan program (Arkadiantika et al., 2020). Model ini terdiri dari empat langkah atau tahapan yang mudah dipahami dan diimplementasikan untuk mengembangkan berbagai produk pengembangan seperti instrumen dan lain sebagainya. Model 4D telah diadopsi dalam penelitian ini untuk mengembangkan alat peraga fisika pada materi asas Bernoulli berbasis Arduino.

Pada penelitian ini, pengujian akan dilakukan oleh tim ahli, yaitu dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Bengkulu. Tim ahli akan diberikan angket sbagai lembar validasi terhadap terhadap alat peraga fisika asas Bernoulli berbasis Arduino Uno yang dikembangkan. Skala likert digunakan untuk mengukur tingkat kelayakan produk yang telah dikembangkan. Kriteria penilaian dalam lembar validasi ahli menggunakan skala likert. Kriteria skala likert dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Kriteria Skala Likert Angket Validasi

Skor	Kriteria
4	Sangat Layak
3	Layak
2	Tidak Layak
1	Sangat Tidak Layak

Adapun dalam persentase angket validasi memiliki kriteria seperti tabel di bawah ini.

Tabel 2. Skala Interpretasi Kriteria Angket Validasi

Rentang Skor (%)	Nilai	Kategori
81.25 – 100	A	Sangat Layak
62.49 – 81.24	B	Layak
43.73 – 62.48	D	Kurang Layak
25 – 43.72	E	Tidak Layak

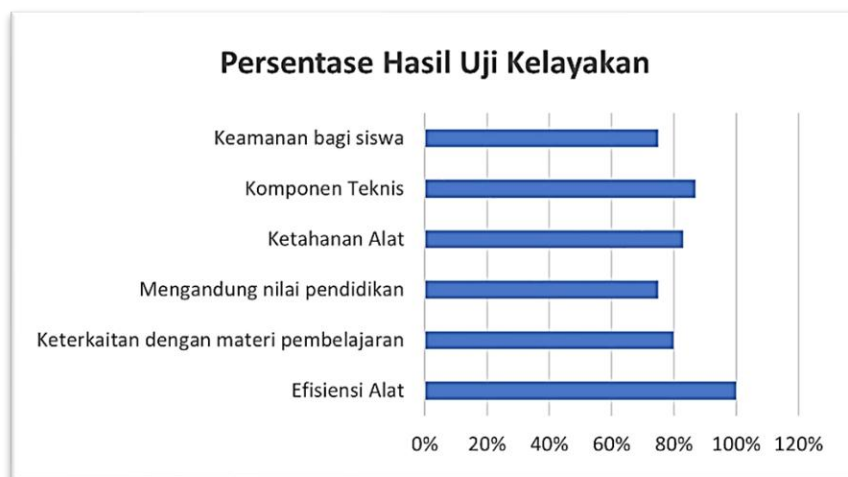
Uji kelayakan alat peraga Asas Bernoulli berbasis Arduino Uno dilakukan oleh tiga validator ahli guna menilai sejauh mana pengembangan alat peraga prototipe ini layak digunakan dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi fluida dinamis. Para validator terdiri dari dosen ahli dalam bidang media pembelajaran dan praktikum fisika dari Program Studi Pendidikan Fisika serta guru fisika di SMA N 4 Kota Bengkulu. Proses validasi ini bertujuan untuk menilai kelayakan pengembangan prototipe alat peraga yang telah dikembangkan. Adapun aspek penilaian yang digunakan dalam validasi ahli meliputi enam komponen utama, yaitu: efisiensi alat, keterkaitan dengan materi pembelajaran, nilai pendidikan, ketahanan alat, komponen teknis, dan keamanan bagi siswa. Masing-masing validator memberikan penilaian terhadap pengembangan prototipe alat peraga berdasarkan kriteria skala likert. Hasil dari pengolahan data lembar validator dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Data Hasil Uji Validasi Pengembangan Prototipe Alat Peraga

No	Aspek Penilaian	V1	V2	V3	Total Skor	Skor Maks	%	Kategori
1	Efisiensi Alat	8	8	8	24	24	100	Sangat Layak
2	Keterkaitan dengan materi pembelajaran	10	9	10	29	36	80	Layak
3	Mengandung nilai pendidikan	6	6	6	18	24	75	Layak
4	Ketahanan Alat	3	3	4	10	12	83	Sangat Layak
5	Komponen Teknis	6	8	7	21	24	87	Sangat Layak
6	Keamanan bagi siswa	6	6	6	18	24	75	Layak
Total Aspek Penilaian		39	40	41	120	144	83.33	Sangat Layak

Berdasarkan hasil uji kelayakan pada tabel 3 diatas, diperoleh total skor sebesar 120 dari skor maksimal 144 poin, yang menghasilkan persentase sebesar 83,33%. Persentase ini menunjukkan bahwa pengembangan prototipe alat peraga Asas Bernoulli berbasis Arduino Uno masuk dalam kategori "Sangat Layak" untuk digunakan dalam pembelajaran fluida dinamis. Pada aspek efisiensi alat, diperoleh skor maksimal dengan nilai sebesar 24 poin dari 24 poin dengan persentase 100%,

yang menunjukkan bahwa alat ini sangat efisien dalam penggunaannya. Aspek keterkaitan dengan materi pembelajaran mendapat skor 29 poin dari 36 poin dengan persentase 80%, termasuk kategori layak. Sementara itu, aspek yang mengandung nilai pendidikan dan keamanan bagi siswa masing-masing mendapatkan skor 18 poin dari 24 poin dengan persentase sebesar 75%, sehingga termasuk kategori "Layak". Kedua aspek ini yakni keterkaitan dengan materi pembelajaran, nilai pendidikan dan keamanan bagi siswa menunjukkan bahwa meskipun alat sudah cukup memenuhi kriteria, masih terdapat saran atau masukan dari tim validator agar prototipe alat peraga yang dikembangkan menjadi lebih baik. Pada aspek ketahanan alat, diperoleh skor 10 dari 12 atau 83%, dan aspek komponen teknis berupa penggunaan *Water Flow Sensor* memperoleh skor 21 poin dari 24 poin dengan persentase sebesar 87%. Kedua aspek penilaian ketahanan alat dan komponen teknis masuk dalam kategori "Sangat Layak", yang menandakan bahwa alat memiliki ketahanan dan aspek teknis yang baik. Secara keseluruhan, pengembangan prototipe alat peraga Asas Bernoulli berbasis Arduino Uno dinilai sangat layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran fisika, khususnya pada materi fluida dinamis. Namun demikian, pengembangan lebih lanjut disarankan terutama pada aspek nilai pendidikan dan keamanan siswa guna meningkatkan efektivitas dan kenyamanan dalam pembelajaran. Persentase kelayakan alat peraga Asas Bernoulli berbasis Arduino Uno berdasarkan penilaian ahli media dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Persentase Hasil Uji Kelayakan

2.1 Dasar Teori

Salah satu prinsip fundamental dalam menyelesaikan masalah terkait fluida dinamis adalah Hukum Bernoulli, yang dirumuskan oleh Daniel Bernoulli (1700-1782), seorang fisikawan dan matematikawan terkenal asal Swiss. Diperkenalkan pada tahun 1726 oleh (Mungan, 2017). Prinsip Bernoulli berlaku untuk semua fluida, baik cair maupun gas, dan terutama berlaku untuk fluida yang bergerak dengan kecepatan tinggi. Terdapat dua karakteristik dari fluida dinamis yaitu jika fluida memiliki tekanan yang lebih besar maka kecepatan aliran yang dihasilkan akan menjadi lebih kecil, sedangkan jika fluida memiliki tekanan yang lebih kecil maka kecepatan aliran yang dihasilkan akan menjadi lebih besar. Asas Bernoulli berkaitan erat dengan tekanan, kecepatan, dan ketinggian dari dua titik aliran fluida dengan massa jenisnya. Adapun bunyi dari asas Bernoulli bahwa jumlah tekanan, energi kinetik per satuan volume, dan energi potensial per satuan volume mempunyai nilai yang sama di setiap titik sepanjang aliran (Sultan et al., 2020).

Asas Bernoulli berkaitan erat dengan tekanan, kecepatan, dan ketinggian dari dua titik aliran fluida dengan massa jenisnya. Adapun bunyi dari asas Bernoulli bahwa jumlah tekanan, energi kinetik per satuan volume, dan energi potensial per satuan volume mempunyai nilai yang sama di setiap titik sepanjang aliran. Menurut prinsip Bernoulli, persamaan asas Bernoulli diturunkan dari hukum kekekalan energi mekanik yaitu ($\text{energi mekanik} = \text{energi kinetik} + \text{energi potensial}$). Sehingga hukum kekekalan energi mekanik dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$E_M = \frac{1}{2} mv^2 + mgh \quad \dots (1)$$

Energi total dalam sistem fluida terdiri dari tekanan (energi potensial) dan energi kinetik tetap konstan ketika kerugian gesekan diabaikan. Akibatnya, ketika suatu fluida melintasi bagian-bagian yang diameternya berbeda-beda di dalam pipa, terjadi variasi kecepatan. Perubahan kecepatan ini mengakibatkan perubahan pada energi kinetik dan tingkat tekanan, khususnya pengurangan diameter pipa meningkatkan kecepatan fluida dan energi kinetik sekaligus menyebabkan penurunan tekanan.

Menurut (Thavamani, 2016) jika hukum persamaan kekekalan energi mekanik dihubungkan dengan tekanan maka akan berlaku asas Bernoulli dirumuskan sebagai berikut.

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho_1 V_1^2 + \rho_1 g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho_2 V_2^2 + \rho_2 g h_2 \quad \dots (2)$$

2. 2 Perancangan Alur Komponen Elektronik

Terdapat tiga tahap perancangan dalam penelitian ini yakni, perancangan alur komponen elektronik, diagram elektronik, dan diagram sistem alat peraga . Pada tahap perancangan perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 2 berikut. Penyusunan alur komponen elektronik yang menggambarkan alur kerja alat peraga. Adapun rancangan alur komponen elektronik akan dijelaskan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 2. Alur Komponen Elektronik.

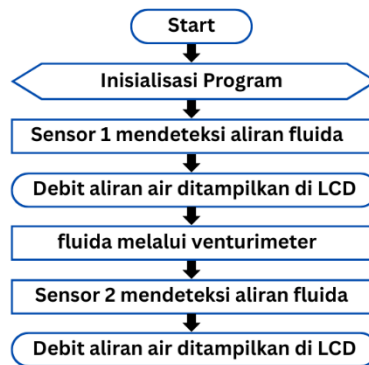
Pada alur komponen elektronik memiliki fungsi yang saling mendukung dalam proses kerja venturimeter. Arduino UNO bertindak sebagai pusat kontrol utama. Sensor flowmeter akan mendeteksi ketika fluida yang mengalir dalam pipa dan merespon dengan cepat untuk mendapatkan nilai debit aliran air sesuai dengan prinsip Bernoulli. Selanjutnya, LCD 16x2 digunakan sebagai media untuk menampilkan data hasil percobaan yang dihasilkan oleh sensor flowmeter, sehingga memudahkan pengguna untuk memahami fenomena fluida dinamis yang diamati. Serta, perangkat lunak Arduino IDE digunakan sebagai alat untuk pemrograman mikrokontroler yang akan menampilkan data hasil pengukuran debit melalui serial monitor. Alur komponen elektronika ini disusun guna memastikan semua komponen saling terintegrasi dengan baik.



Gambar 3. Diagram Elektronik

Pada diagram elektronik alat peraga venturimeter berbasis sensor Water Flow dimulai dari proses "Start", yang menandakan bahwa sistem telah diaktifkan dan siap untuk menjalankan perintah. Pada tahap "Inisialisasi Program", Arduino Uno mulai mengaktifkan seluruh komponen sistem, termasuk mempersiapkan pin sensor, LCD, dan pengaturan awal variabel dalam kode program. Setelah proses inisialisasi selesai, sistem masuk ke tahap "Sensor mendeteksi aliran fluida". Pada tahap ini, sensor Water Flow akan membaca jumlah pulsa yang dihasilkan oleh aliran air. Pulsa-pulsa ini kemudian diolah oleh Arduino untuk menghitung nilai debit air yang mengalir dalam pipa venturimeter. Terakhir, hasil perhitungan debit air tersebut akan ditampilkan pada LCD, seperti yang ditunjukkan pada proses "Flowmeter ready". Tampilan ini bersifat real-time sehingga pengguna dapat langsung mengamati data hasil pengukuran debit air.

Adapun diagram alat peraga asas Bernoulli berbasis Arduino uno secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Diagram Sistem Alat Peraga

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun tahapan dalam penelitian pengembangan prototipe alat peraga asas bernoulli dengan menggunakan model 4D sebagai berikut

3.1 Define (Definisi)

Tahap define merupakan tahap untuk mengumpulkan informasi yang akan dijadikan bahan untuk pengembangan produk alat peraga fisika asas bernoulli yang praktis berbasis Arduino Uno. Selama fase analisis ini, penilaian analisis kebutuhan melalui studi literatur menjadi 3 bagian:

1) Analisis Kurikulum

Pada analisis kurikulum ini mengacu pada kurikulum merdeka. Dalam merdeka belajar, proses belajar khususnya pembelajaran fisika dapat dilakukan dimanapun agar siswa memperoleh pengalaman belajar yang menyenangkan. Salah satu metode yang diimplementasikan oleh guru ialah dengan melaksanakan praktikum untuk meningkatkan pemahaman materi dan hasil belajar siswa. Selain itu melalui praktikum siswa harus mengamati, menggerakkan, menyentuh, mengukur, dan melakukan eksperimen secara langsung untuk membuktikan suatu teori.

2) Analisis Materi

Pada saat melakukan analisis materi terutama konsep fluida dinamis terdapat beberapa indikator pembelajaran diantaranya yaitu:

- 1) melakukan percobaan untuk membuktikan prinsip asas bernoulli.
- 2) melakukan percobaan hukum bernoulli tangki berlubang dan pipa venturi

Agar kompetensi dasar tersebut dapat dicapai secara optimal, peserta didik perlu mendapatkan pengalaman langsung dalam menerapkan konsep fluida dinamis melalui media atau alat peraga. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dikembangkan alat peraga berbasis Arduino Uno untuk membantu menjelaskan prinsip asas bernoulli dalam fluida dinamis.

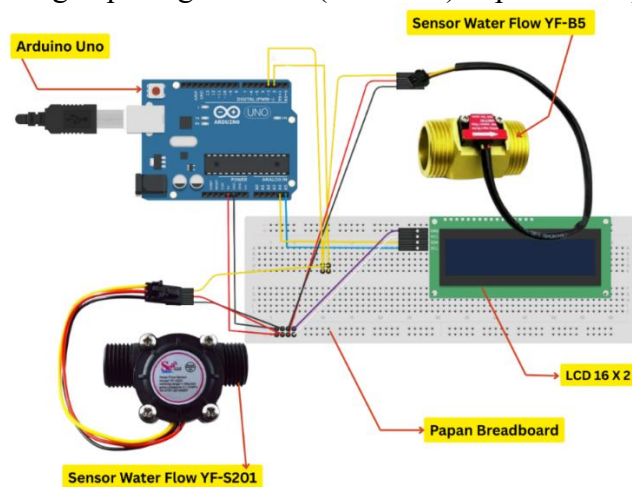
3) Analisis Alat Peraga

Analisis alat peraga dilakukan dengan menganalisis beberapa referensi penelitian sebelumnya, ada beberapa kelemahan dan kelebihan dari alat peraga yang dibuat sehingga menjadi acuan dalam pengembangan alat peraga asas bernoulli berbasis Arduino Uno ini. Beberapa penelitian sebelumnya yaitu Penelitian yang dilakukan oleh Nurfajrihana et al. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan alat peraga berbasis *Water Flow Sensor* dan venturimeter efektif dalam membuktikan asas kontinuitas. Namun, terdapat beberapa kekurangan yang dicatat, seperti perlunya penggunaan pipa akrilik/kaca untuk meminimalisir gesekan fluida dan meningkatkan akurasi. Selain itu, disarankan agar selisih luas penampang pipa besar dan kecil lebih besar, serta pipa vertikal sebaiknya menggunakan diameter kurang dari 1 cm agar selisih ketinggian air terlihat lebih jelas. Penataan kabel dan keamanan juga menjadi perhatian agar alat tampak rapi dan tidak terjadi kebocoran. Sementara itu, dalam penelitian Sulhin et al. (2018), alat venturimeter mampu mengukur tinggi fluida dengan teliti karena dilengkapi skala kurang dari 1 mm. Namun, penggunaan *Water Flow Sensor* memiliki tingkat kesalahan bawaan sebesar 3%, yang memengaruhi akurasi pengukuran debit aliran. Dengan

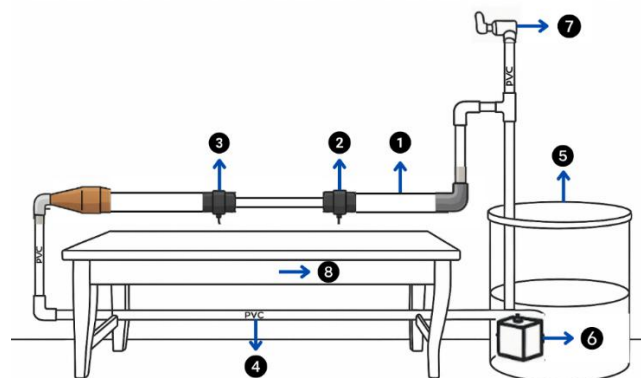
demikian, alat peraga ini dibuat untuk menyempurnakan kekurangan dari penelitian sebelumnya yakni dengan penggunaan pipa berbahan akrilik agar visualisasi aliran fluida pada venturimeter dapat diamati jelas serta melakukan percobaan berulang pada alat peraga asas Bernoulli untuk melihat konsistensi data pengukuran debit fluida yang dihasilkan.

3.2 Design (Desain)

Tahap desain merupakan proses perancangan prototipe alat peraga asas Bernoulli berbasis Arduino Uno yang dilakukan berdasarkan hasil informasi yang diperoleh pada tahap analisis studi literatur. Pada tahap ini, alat dirancang untuk dapat mengukur debit aliran air yang melewati dua jenis *Water Flow Sensor*, yaitu YF-B6 dan YF-S201, yang terpasang pada bagian berbeda dari pipa venturi (leher sempit dan leher lebar). Perancangan ini bertujuan untuk menggambarkan prinsip Bernoulli secara kuantitatif dalam bentuk alat praktikum. Adapun hasil dari tahap desain adalah rancangan sistem alat peraga yang menggunakan *Water Flow Sensor* YF-B6 dan YF-S201. Sensor ini menghasilkan sinyal pulsa digital yang dihitung oleh mikrokontroler untuk menentukan besar aliran fluida yang melewatinya, lalu mengubahnya menjadi data digital yang dihitung sebagai nilai debit (Q). Alat ini menampilkan hasil pengukuran debit pada LCD 16x2 yang terhubung ke Arduino Uno secara real time. Adapun bentuk perancangan perangkat keras (hardware) dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)



Gambar 6. Desain Prototipe Alat Peraga

Keterangan:

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1. Pipa berbahan akrilik (venturimeter) | 2. <i>Water Flow Sensor</i> YF-B5 |
| 3. <i>Water Flow Sensor</i> YF-S201 | 4. Pipa PCV |
| 5. Ember penampung air | 6. Pompa air |
| 7. Stop kran | 8. Meja |

3.3 (Development) Pengembangan

Pada tahap pengembangan ini, produk yang dibuat berdasarkan rancangan prototipe alat peraga yang telah disusun



Gambar 7. a) Prototipe Alat Peraga Asas Bernoulli, b) Tampilan LCD

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Arduino Uno

Pada penelitian ini arduino uno sebagai pengendali sistem alat peraga asas Bernoulli terutama pada sensor flow meter. Teknis yang dilakukan oleh Arduino uno ialah menangkap output yang dihasilkan dari sensor flow meter serta memproses data tersebut menjadi nilai debit fluida.

2. *Water Flow Sensor*

Venturimeter yang dibuat menggunakan 2 buah *Water Flow Sensor*, masing-masing YF-B5 yang tersambung pada pipa diameter besar dan YF-S201 pada pipa berdiameter kecil. Sensor ini berfungsi untuk mengukur nilai debit air secara real time.

3. LCD 16x2

Data hasil pengukuran debit fluida yang dihasilkan maka akan di tampilkan melalui LCD 16x2 dan serial monitor pada PC. Saat percobaan pertama dilakukan, LCD yang terhubung dengan software Arduino IDE menunjukkan flow meter ready, dan data terbaca beberapa detik setelah LCD tersambung.

4. Pompa Air

Dalam penelitian ini, pompa air dimasukkan kedalam ember penampung air. Pompa ini menghasilkan kelajuan fluida yang cukup kencang sehingga fluida yang dialirkan ke venturimeter menjadi konstan.

5. Pipa Akrilik

Pipa berbahan akrilik digunakan untuk pembuatan venturimeter dengan diameter penampang yang berbeda. Masing-masing pipa berdiameter besar berukuran 40 mm dan pipa kecil berukuran 20 mm.

6. Ember Penampung

Penelitian ini cukup dengan menggunakan 1 buah ember, yang diisi air hingga full untuk mendukung kinerja pompa air dalam mengalirkan fluida ke venturimeter.

7. Meja

Meja kayu yang digunakan dilengkapi dengan besi penyangga agar peletakan venturimeter menjadi lebih kokoh dan tidak mudah goyang sehingga tidak mengganggu aliran fluida dan komponen elektronika selama proses demonstrasi berlangsung.

Pada tahap ini pengembangan alat peraga asas bernoulli berbasis arduino uno ini dilakukan berdasarkan hasil dari tahap perancangan yang telah dilakukan sebelumnya. Rangkaian alat venturimeter terdiri dari dua *Water Flow Sensor*, yaitu sensor YF-B5 dan YF-S201, masing-masing dipasang pada bagian berbeda dari pipa venturimeter, yaitu pada bagian diameter sempit dan diameter lebar. Venturimeter yang dirancang menggunakan pipa berbahan akrilik agar aliran fluida dapat diamati secara visual. Komponen utama yang digunakan dalam alat ini antara lain: Arduino Uno sebagai mikrokontroler, dua *Water Flow Sensor*, LCD 16x2 sebagai penampil hasil pengukuran debit, breadboard, kabel jumper sebagai penghubung antarkomponen, serta pompa air yang disambungkan dengan sumber listrik sehingga kelajuan fluida menjadi konstan. Keseluruhan komponen ini

dirangkai secara sistematis mengikuti skema rangkaian elektronik yang telah dirancang, serta pemasangan besi penyangga pada meja untuk peletakan venturimeter agar alat dapat berdiri kokoh dan digunakan secara praktis dalam kegiatan praktikum.

Pada saat proses demonstrasi alat peraga dilakukan sebanyak 10 kali percobaan dengan tujuan untuk mengamati kestabilan kinerja sensor dan alat peraga serta keakuratan pembacaan pengukuran nilai debit pada fluida. Setiap percobaan dilakukan dalam kondisi aliran fluida yang konstan, yang dihasilkan oleh pompa air yang tersambung ke sumber listrik. Dari hasil demonstrasi tersebut data hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Percobaan

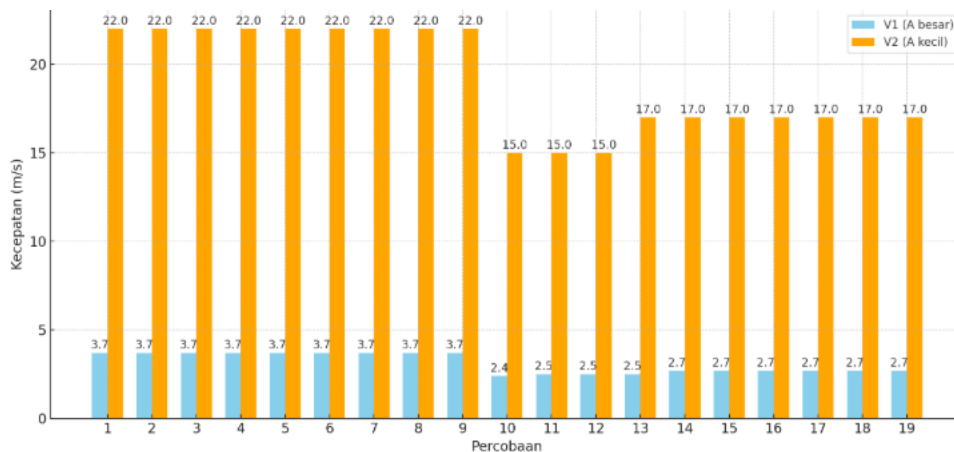
Percobaan	Q_1 ($\times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$)	Q_2 ($\times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$)	V_1 ($\times 10^{-1} \text{ m/s}$)	V_2 ($\times 10^{-1} \text{ m/s}$)	$P_1 - P_2$ (Pa)
1	4.2	5.6	3.7	22	2.4
2	4.3	5.7	3.7	22	2.5
3	4.3	5.7	3.7	22	2.5
4	4.3	5.7	3.7	22	2.5
5	4.2	5.7	3.7	22	2.5
6	4.2	5.7	3.7	22	2.5
7	4.2	5.8	3.7	22	2.5
8	4.2	5.8	3.7	22	2.5
9	2.3	3.8	3.7	15	1.1
10	2.3	3.8	3.7	15	1.1
11	2.3	3.9	2.4	15	1.1
12	3.0	3.9	2.5	15	1.3
13	3.1	4.2	2.5	17	1.3
14	3.1	4.3	2.6	17	1.3
15	3.1	4.3	2.7	17	1.4
16	3.1	4.3	2.7	17	1.4
17	3.1	4.3	2.7	17	1.4
18	3.1	4.3	2.7	17	1.4
19	3.1	4.3	2.7	17	1.4
20	3.1	4.3	2.7	17	1.4

Berdasarkan data hasil pengukuran yang tercantum pada Tabel 4, untuk membuktikan hubungan antara debit fluida (Q_1 dan Q_2), kecepatan aliran fluida (V_1 dan V_2), serta selisih tekanan ($P_1 - P_2$) pada penampang dengan luas berbeda. Data ini diperoleh dari 20 kali percobaan menggunakan alat peraga venturimeter yang dilengkapi dengan dua sensor debit (YF-B5 dan YF-S201) pada bagian penampang lebar dan sempit.

Pada percobaan ke-1 hingga ke-8, nilai debit fluida Q_1 dan Q_2 berkisar antara $4.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ hingga $4.3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ dan $5.6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ hingga $5.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. Kecepatan aliran fluida pada penampang lebar (V_1) konstan pada $3.7 \times 10^{-1} \text{ m/s}$, sedangkan kecepatan pada penampang sempit (V_2) konstan pada $22 \times 10^{-1} \text{ m/s}$. Selisih tekanan ($P_1 - P_2$) juga relatif stabil, yaitu pada rentang 2.4 Pa hingga 2.5 Pa. Kondisi ini mencerminkan prinsip Bernoulli, di mana kecepatan fluida meningkat saat memasuki penampang yang lebih sempit, dan menghasilkan selisih tekanan yang lebih tinggi.

Mulai percobaan ke-9 hingga ke-20, terjadi penurunan nilai debit fluida dan kecepatan aliran. Debit Q_1 menurun hingga $2.3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, dengan kecepatan aliran V_1 turun ke $2.4 \times 10^{-1} \text{ m/s}$ – $2.7 \times 10^{-1} \text{ m/s}$ dan V_2 ke $15 \times 10^{-1} \text{ m/s}$ hingga $17 \times 10^{-1} \text{ m/s}$. Selisih tekanan juga menurun menjadi 1.1 Pa hingga 1.4 Pa. Penurunan ini menunjukkan hubungan yang konsisten antara debit, kecepatan, dan tekanan: saat debit dan kecepatan menurun, maka selisih tekanan juga cenderung menurun.

Secara keseluruhan, data ini mendukung pembuktian asas Bernoulli, di mana fluida mengalir lebih cepat pada penampang sempit dan menimbulkan penurunan tekanan. Adapun grafik hubungan perbandingan nilai kecepatan antar penampang dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Diagram Perbandingan Nilai Kecepatan Antar Penampang

Dari keseluruhan percobaan yang dilakukan, dapat diamati bahwa data yang dihasilkan menunjukkan hubungan antara kecepatan dengan luas penampang berbanding terbalik namun berbanding lurus dengan nilai tekanan dan sesuai dengan asas Bernoulli. Hal ini membuktikan bahwa pengembangan prototipe alat peraga yang dikembangkan dapat membuktikan konsep asas Bernoulli serta menjadi inovasi dalam pengembangan alat peraga fluida dinamis. Selain itu, keunggulan alat peraga ini selalu menampilkan hasil data yang konsisten walaupun percobaan yang dilakukan secara berulang-ulang.

3.4 Disseminate (Penyebaran)

Tahap Disseminate merupakan tahap akhir dalam pengembangan prototipe alat peraga asas Bernoulli yang bertujuan untuk menyebarluaskan produk yang telah dikembangkan agar bermanfaat, khususnya dalam dunia pendidikan. Setelah melalui tahap validasi dan revisi, pengembangan prototipe alat peraga asas Bernoulli berbasis Arduino uno ini dilakukan penyebaran. Salah satunya melalui publikasi artikel ilmiah. Publikasi ini memuat deskripsi alat, proses pengembangan, serta data uji kelayakan yang telah dinilai oleh validator. Selain itu, publikasi bertujuan untuk menjadi referensi bagi peneliti lain yakni guru, dan pengembang media pembelajaran. Dengan demikian, artikel ilmiah menjadi sarana penting untuk memperluas jangkauan pemanfaatan alat peraga, sekaligus sebagai kontribusi terhadap pengembangan inovasi pembelajaran fisika di Indonesia.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Pengembangan alat peraga asas bernoulli berbasis arduino uno telah berhasil dikembangkan dengan menggunakan *Water Flow Sensor* YF-B5 dan YF-S201 untuk membuktikan prinsip bernoulli berlaku untuk semua fluida, baik cair maupun gas, dan terutama berlaku untuk fluida yang bergerak dengan kecepatan tinggi. Terdapat dua karakteristik dari fluida dinamis yaitu jika fluida memiliki tekanan yang lebih besar maka kecepatan aliran yang dihasilkan akan menjadi lebih kecil, sedangkan jika fluida memiliki tekanan yang lebih kecil maka kecepatan aliran yang dihasilkan akan menjadi lebih besar.

4.2 Saran

Adapun saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu pastikan pipa akrilik yang digunakan untuk mengalirkan fluida dibentuk menjadi lebih presisi agar meminimalisir gelembung udara yang masih mengedap dalam pipa yang tidak dipasang sensor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih program studi Pendidikan Fisika, Universitas Bengkulu yang telah mengizinkan untuk mengikuti salah satu program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) yaitu MBKM Penelitian. Penulis juga berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinda Nina Eka Sakti, Amallia Rizky, Defi Nurdiana Aprilia M. Miftu Khurizil, Maryani, S. (2023). Analisis Aspek Edukatif Dan Aspek Teknis Alat Peraga Lengan Hidrolik Sebagai Penerapan Konsep. *Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, 9(2), 209.
- Aditiyas, S. E., & Kuswanto, H. (2024). Analisis Implementasi Keterampilan Proses Sains Di Indonesia Pada Pembelajaran Fisika : Literatur Review. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 15(2). <https://doi.org/10.26877/jp2f.v15i2.15912>
- Ahmad, L. S., Utami, D., Naryamastri, T. Z., & Anggito, H. (2024). Dampak Pembelajaran Fisika Menggunakan Alat Peraga Venturimeter pada Materi Fluida Dinamis. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Profesi Guru*, 7, 223.
- Anisa Sofiana Perdani, Hasan Busri, A. T. (2024). Perjalanan Pendidikan di Indonesia dalam Perspektif Filosofis Ki Hajar Dewantara. *Jurnal Ilmiah Keagamaan Dan Kemasyarakatan*, 18(2), 1197–1205.
- Arkadiantika, I., Ramansyah, W., Effindi, M. A., & Dellia, P. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Virtual Reality Pada Materi Pengenalan Termination Dan Splicing Fiber Optic. *Jurnal Dimensi Pendidikan Dan Pembelajaran*, 3800, 374.
- Ilhami, D., Koto, I., & Medriati, R. (2022). Identifikasi Pengetahuan Siswa Kelas XI Melalui Tes Diagnostik Four-Tier Tentang Fluida Dinamis Setelah Pembelajaran Dalam Jaringan. *Jurnal Ilmu Pembelajaran Fisika*, 01(2), 203.
- Kumari, B. (2022). Principle of Bernoulli's Equation and its Applications. *Neurquantology*, 20(10), 5080. <https://doi.org/10.14704/NQ.2022.20.10.NQ55485>
- Muntaza, N., Ar-rahim, N. F., & Wakid, Z. (2024). Alat Peraga Venturimeter tanpa Manometer. *Al Kawnu: Science And Local Wisdom Journal*, 3(2), 17–25. <https://doi.org/10.18592/ak.v3i2.8561>
- Nur'aini, P D Lestari, dan B. R. K. (2020). Pengembangan Asesmen Formatif Berbasis Komputer untuk Mengetahui Penguasaan Konsep Siswa pada Materi Hukum Bernoulli. *Jurnal Riset Pendidikan Fisika*, 5(2), 106.
- Nurfajrihana, K. A., Fauzi, A., Materi, J., & Jmpf, F. (2022). Pengembangan Alat Peraga Fisika dengan Waterflow Sensor pada Materi Asas Kontinuitas untuk Siswa SMA Kelas XI. 12, 14–21.
- Nurhayati, Mauli Samita, S. H. (2021). Studi Analisis Perbandingan Tekanan melalui Pipa Venturi dengan Perbedaan Diameter Pipa. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, 2(2), 62.
- Said, S. (2023). Peran Tekonologi Sebagai Media Pembelajaran di Era Abad 21. *Jurnal PenKoMi : Kajian Pendidikan & Ekonomi.*, 6(2), 197.
- Shidqi, M. I. M., & Anggaryani, M. (2020). Pengembangan Alat Peraga Berbasis Sensor Flowmeter Untuk Menerapkan Persamaan Kontinuitas Pada Materi Fluida Dinamis. *IPF : Inovasi Pendidikan Fisika*, 09(02), 134.
- Sulhin, M., Kholiq, Abd., & . D. (2018). Perancangan Kit Pengukur Debit Air Dan Laju Alir Air Berbasis Mikrokontroler Dengan Memanfaatkan Sensor Ultrasonik Hc-Sr04. *Inovasi Fisika Indonesia*, 7(02), 34.
- Sultan, A. D., Mulyani, S., & Yusuf, W. A. (2020). Analysis of the Effect of Cross-sectional Area on Water Flow Velocity by Using Venturimeter Tubes. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8, 94–99. <https://doi.org/10.26618/jpf.v8i1.3199>
- Wiwin Yuliani, N. B. (2021). Metode penelitian pengembangan (rnd) dalam bimbingan dan konseling. *Quanta*, 5(3), 114. <https://doi.org/10.22460/q.v1i1p1-10.497>