Perancangan dan Uji Akurasi Alat Praktikum Venturimeter Sederhana pada Materi Fluida Dinamis

Development of Learning Media in the Form of a Simple Venturimeter for Dynamic Fluid Material

Eka Widya Rahma Hulia*, Muhammad Amiq Zahidsyahtya, Alvina Rahmadinda,
Sekar Kenya Melati, Muliati Syam, Atin Nuryadin
Pendidikan Fisika, Universitas Mulawarman, Indonesia

*Corresponding author: widyae575@gmail.com

Received: December 25, 2025
Accepted: July 31, 2026
Published: July 31, 2026

Abstract

The learning of fluid dynamics in high school is often constrained by the abstract nature of the continuity principle and Bernoulli's Law, particularly when instruction is dominated by lecture methods and mathematical problem-solving. The limited availability of venturimeters, which are often relatively expensive and impractical, further hampers the execution of experiments. This study aims to design and test the feasibility of a simple venturimeter made of PVC as a practicum tool for fluid dynamics. The method used was a laboratory experiment with a quantitative approach. Two venturimeter models were constructed with identical main pipe diameters but different throat diameter variations. The flow rate was determined using the volumetric method as a reference and calculated based on Bernoulli's equation using fluid column height difference data from open piezometer tubes. Each measurement was performed with ten repetitions, and the error and discharge coefficient were subsequently analyzed. The results indicate that the simple venturimeter functions well structurally. The model with the smaller throat produced flow rates closer to the reference value, with an average error of approximately 18% and data trends consistent with Bernoulli's theory. In contrast, the larger throat model showed a higher error of approximately 55%, indicating the influence of energy loss and a tendency toward turbulent flow. This difference in accuracy confirms that venturimeter geometry plays a crucial role in pressure distribution and flow stability. Pedagogically, the simple PVC-based venturimeter, specifically the small-throat model, is suitable for use as a practicum tool to visualize fluid dynamics concepts in schools, although it still requires design refinements and improved measurement procedures to enhance quantitative accuracy.

Keywords: *Bernoulli's Law, Experiment, Fluid Dynamics, Learning Media, Venturimeter*

Abstrak

Pembelajaran fluida dinamis di sekolah menengah sering terkendala oleh sifat abstrak asas kontinuitas dan Hukum Bernoulli, terutama ketika pembelajaran didominasi metode ceramah dan penyelesaian matematis. Keterbatasan ketersediaan alat praktikum venturimeter yang relatif mahal dan kurang praktis semakin menghambat pelaksanaan eksperimen. Penelitian ini bertujuan merancang serta menguji kelayakan venturimeter sederhana berbahan PVC sebagai media praktikum fluida dinamis. Metode yang digunakan adalah eksperimen

laboratorium dengan pendekatan kuantitatif. Dua model venturimeter dibuat dengan diameter pipa utama sama dan variasi diameter leher berbeda. Debit aliran ditentukan melalui metode volumetrik sebagai acuan dan perhitungan berdasarkan persamaan Bernoulli menggunakan data beda tinggi kolom fluida pada tabung piezometer terbuka. Setiap pengukuran dilakukan sebanyak sepuluh kali pengulangan, kemudian dianalisis galat dan koefisien debitnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa venturimeter sederhana dapat berfungsi dengan baik secara struktural. Model dengan leher kecil menghasilkan debit yang lebih mendekati nilai acuan, dengan galat rata-rata sekitar 18% dan tren data yang sesuai dengan teori Bernoulli, sedangkan model leher besar menunjukkan galat lebih tinggi, sekitar 55%, yang mengindikasikan pengaruh kehilangan energi dan kecenderungan aliran turbulen. Perbedaan akurasi ini menegaskan bahwa geometri venturimeter berperan penting terhadap distribusi tekanan dan stabilitas aliran. Secara pedagogis, venturimeter sederhana berbasis PVC, khususnya model leher kecil, layak digunakan sebagai alat praktikum untuk memvisualisasikan konsep fluida dinamis di sekolah, meskipun masih memerlukan penyempurnaan desain dan prosedur pengukuran untuk meningkatkan akurasi kuantitatif.

Kata Kunci: Eksperimen, Fluida Dinamis, Hukum Bernoulli, Media Pembelajaran, Venturimeter

PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika pada materi fluida dinamis menuntut siswa untuk memahami hubungan antara kecepatan aliran fluida, tekanan, dan luas penampang pipa yang dijelaskan melalui asas kontinuitas dan Hukum Bernoulli. Konsep-konsep tersebut bersifat abstrak sehingga sering menimbulkan kesulitan pemahaman apabila pembelajaran hanya disampaikan melalui metode ceramah dan penyelesaian soal matematis (Nurfajrihana et al., 2022). Penelitian oleh Mumu et al., (2021) menunjukkan bahwa penggunaan alat peraga fluida dinamis dalam pembelajaran fisika dapat meningkatkan hasil belajar siswa karena membantu mengaitkan konsep teoritis dengan fenomena nyata.

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk menunjang praktikum fluida dinamis adalah venturimeter. Venturimeter bekerja berdasarkan prinsip perbedaan tekanan akibat perubahan luas penampang pipa. Melalui venturimeter, siswa dapat mengamati bahwa penyempitan penampang menyebabkan peningkatan kecepatan aliran dan penurunan tekanan fluida (Nurhayati et al., 2020). Nurhayati et al., (2020) juga menyatakan bahwa perbedaan diameter pipa venturi menimbulkan perbedaan tekanan, kecepatan aliran, serta ketinggian cairan, yang sesuai dengan prinsip Hukum Bernoulli.

Namun demikian, pelaksanaan praktikum fluida dinamis di sekolah masih menghadapi berbagai kendala, terutama keterbatasan alat praktikum yang tersedia di laboratorium. Alat venturimeter yang tersedia secara komersial umumnya memiliki harga relatif mahal dan kurang praktis untuk digunakan dalam pembelajaran di tingkat SMA. Nurfajrihana et al., (2022) mengungkapkan bahwa keterbatasan alat peraga di sekolah menyebabkan praktikum fluida dinamis jarang dilaksanakan, sehingga diperlukan pengembangan alat peraga yang sederhana, aman, dan mudah dioperasikan.

Sejalan dengan hal tersebut, penelitian pengembangan media pembelajaran fisika dalam beberapa tahun terakhir banyak difokuskan pada pembuatan alat peraga sederhana yang tetap memenuhi prinsip kerja konsep fisika (Mumtaza et al., 2024). Mumtaza et al., (2024) menyatakan bahwa

venturimeter tanpa manometer yang dirancang secara sederhana tetap mampu menunjukkan adanya perbedaan tekanan dan kecepatan aliran fluida, serta layak digunakan sebagai media praktikum di sekolah. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil luas penampang pipa, maka kecepatan aliran fluida semakin besar sesuai dengan Persamaan Kontinuitas. Peningkatan kecepatan aliran tersebut menyebabkan tekanan fluida menurun sesuai dengan Asas Bernoulli.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan suatu media pembelajaran berupa venturimeter sederhana yang dapat digunakan sebagai alat praktikum pada materi fluida dinamis di sekolah. Pengembangan alat ini diharapkan dapat membantu siswa memahami konsep fluida dinamis secara lebih konkret melalui kegiatan eksperimen langsung, sekaligus menjadi solusi atas keterbatasan alat praktikum di sekolah. Venturimeter merupakan alat yang bekerja berdasarkan prinsip Bernoulli untuk menentukan kelajuan aliran fluida dalam pipa dengan variasi diameter penampang, dimana perbedaan tekanan ditunjukkan oleh perbedaan ketinggian fluida pada pipa pengukur (Sultan et al., 2020). Perubahan diameter pipa menyebabkan perubahan kelajuan dan tekanan fluida, sehingga parameter tersebut dapat dianalisis secara kuantitatif melalui pengamatan ketinggian kolom fluida (Sultan et al., 2020). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat alat venturimeter sederhana dan menguji kekuatannya berdasarkan teori agar nantinya dapat digunakan di sekolah sebagai alat praktikum pada materi fluida dinamis.

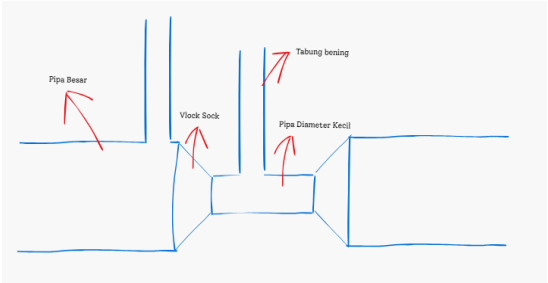
Alat ini dirancang sebagai media praktikum pada materi fluida dinamis dengan memanfaatkan bahan PVC yang mudah diperoleh dan memiliki biaya pembuatan yang relatif rendah. Penelitian-penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada pengembangan venturimeter sebagai alat ukur debit aliran atau sebagai media demonstrasi konsep fluida dengan menggunakan komponen laboratorium yang relatif lebih kompleks, sehingga penerapannya di sekolah dengan fasilitas terbatas masih kurang optimal. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan venturimeter berbahan PVC yang mengintegrasikan fungsi sebagai alat ukur debit aliran sekaligus media praktikum pembelajaran.

Berbeda dengan Mumtaza et al. (2024) yang merancang venturimeter tanpa manometer sebagai media pembuktian konsep perbedaan ketinggian dan kecepatan aliran untuk tugas mata kuliah prakarya fisika, tanpa menjadikan alat tersebut berfungsi sebagai instrumen pengukuran debit aliran, penelitian ini mengembangkan alat yang sekaligus dapat digunakan untuk mengukur debit secara kuantitatif. Demikian pula berbeda dengan Sultan et al. (2020) yang berfokus pada analisis pengaruh luas penampang terhadap kecepatan aliran dengan variasi laju deras, sedang, dan rendah tanpa memperhatikan aspek biaya, kemudahan perakitan, maupun spesifikasi material yang mendukung implementasi di sekolah dengan fasilitas terbatas, penelitian ini menggunakan bahan PVC yang murah dan mudah diperoleh sehingga sekaligus menjawab kendala keterbatasan alat praktikum di sekolah.

Alat dikembangkan dengan rancangan yang sederhana, ekonomis, mudah dirakit, serta tetap mampu mengukur debit aliran berdasarkan prinsip Bernoulli. Selain menghasilkan alternatif venturimeter berbiaya rendah, penelitian ini juga menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan dapat dimanfaatkan sebagai media praktikum yang lebih mudah diimplementasikan pada pembelajaran fluida dinamis di sekolah maupun perguruan tinggi yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan pendekatan kuantitatif untuk merancang dan menguji akurasi venturimeter sederhana berbasis material PVC. Prinsip kerja alat didasarkan pada perbedaan luas penampang pipa yang menyebabkan perubahan kecepatan dan tekanan aliran fluida. Venturimeter terdiri atas pipa utama dengan diameter dalam D_1 dan bagian leher dengan diameter dalam D_2, di mana $D_2 < D_1$. Sketsa alat venturimeter sederhana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sketsa Konsep Alat Venturimeter

Alat dan bahan yang digunakan meliputi PVC dengan tiga variasi diameter, yaitu satu ukuran yang digunakan sebagai pipa utama sebesar 4,4 cm dan dua ukuran berbeda sebagai variasi leher untuk membentuk dua model venturimeter. yaitu 1,8 cm dan 2,7 cm. Sambungan pipa berupa *reducer* digunakan sebagai penghubung pipa utama dengan leher, sedangkan sedotan transparan digunakan sebagai tabung piezometer terbuka. Penggaris digunakan sebagai skala pengukuran ketinggian kolom air pada sedotan, sedangkan lem pipa PVC digunakan untuk memastikan sambungan kedap air. *Stopwatch* pada telepon genggam dimanfaatkan untuk pengukuran waktu dalam penentuan debit menggunakan metode volumetrik.

Prosedur pembuatan alat diawali dengan pemotongan pipa PVC sesuai dimensi yang telah ditentukan. Setiap bagian kemudian disambungkan menggunakan *reducer* dan direkatkan dengan lem PVC hingga membentuk satu kesatuan venturimeter yang kokoh dan tidak bocor. Selanjutnya, dibuat dua lubang kecil pada pipa sebagai titik pengambilan tekanan, masing-masing pada pipa utama dan pada leher. Sedotan plastik dipasang secara tegak lurus pada kedua titik tersebut sebagai piezometer terbuka dan direkatkan hingga kedap air, sehingga permukaan air di dalam sedotan dapat naik dan turun mengikuti perubahan tekanan fluida di dalam pipa. Gambar alat venturimeter yang dibuat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Bentuk fisik venturimeter

Pengambilan data dilakukan dengan mengalirkan air melalui venturimeter pada kondisi bukaan kran yang dijaga tetap untuk setiap satu kali pengujian. Pengukuran debit teori (Q_{teori}) dilakukan menggunakan metode volumetrik dengan menampung air dalam wadah yang volumenya (V) telah diketahui sebesar 2 liter dan waktu aliran (t) diukur menggunakan *stopwatch*. Untuk setiap kondisi pengujian, pengukuran waktu dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan guna meminimalkan kesalahan acak akibat keterlambatan reaksi pengamat. Secara terpisah, perbedaan ketinggian kolom air pada kedua sedotan dicatat sebagai Δh, yang merepresentasikan beda tekanan antara pipa utama dan leher. Pengukuran Δh juga dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan untuk memastikan kestabilan pembacaan piezometer selama aliran berlangsung.

Analisis data diawali dengan pengolahan hasil pengukuran waktu aliran dan perbedaan ketinggian kolom air pada setiap pengulangan. Nilai waktu-rata-rata ($\underline{t}$) digunakan untuk menentukan debit teoritis (Q_{teori}) melalui metode volumetrik sebagaimana dinyatakan dalam Persamaan (1),

$$Q_{teori} = \frac{V}{\underline{t}} \ \#Pers.(1).$$

Selanjutnya, debit aliran berdasarkan venturimeter ($Q_{percobaan}$) dihitung menggunakan Persamaan (2),

$$Q_{percobaan} = A_1 A_2 \sqrt{\frac{2g\Delta h}{A_1^2 - A_2^2}} \quad Pers.(2).$$

yang diturunkan dari persamaan kontinuitas dan Persamaan Bernoulli untuk aliran ideal. Luas penampang pipa utama (A_1) dan leher venturimeter (A_2) ditentukan berdasarkan diameter dalam pipa menggunakan Persamaan (3),

$$A = \frac{1}{4}\pi D^2 \ \#Pers.(3).$$

Tingkat akurasi venturimeter sederhana kemudian dievaluasi dengan menghitung persentase galat antara $Q_{percobaan}$ dan Q_{teori} menggunakan Persamaan (4).

$$Galat = \frac{\left|Q_{percobaan} - Q_{teori}\right|}{Q_{teori}} \ \#Pers.(4).$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa venturimeter sederhana berbasis material PVC berhasil dirancang dan dibuat. Proses pembuatan menghasilkan alat yang berfungsi baik secara struktural, dengan seluruh sambungan pipa berada dalam kondisi kedap air dan mampu mengalirkan fluida secara kontinu.

Spesifikasi dimensi alat yang berhasil dibuat disajikan pada Tabel 2, yang memuat nilai diameter pipa utama (D_1) dan diameter leher (D_2) beserta luas penampang masing-masing (A_1 dan A_2). Perbedaan ini menjadi faktor kunci dalam menciptakan percepatan aliran pada bagian leher dan penurunan tekanan yang terukur melalui tabung piezometer. Dengan demikian, dimensi alat tidak hanya memenuhi aspek konstruksi, tetapi juga berperan langsung dalam keberhasilan pengamatan fenomena fisika yang dikaji (Wells & Sharifian, 2024).

Tabel 1. Data dimensi Venturimeter

Model	$D_1\ (m)$	$D_2\ (m)$	$A_1\ (m^2)$	$A_2\ (m^2)$
Venturi Kecil	0,044	0,018	0,015	0,025
Venturi Besar		0,027		0,057

Analisis data fisika berdasarkan hasil pengukuran tekanan dan debit ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3. Data pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa selisih ketinggian kolom air (Δh) yang terukur pada tabung piezometer meningkat seiring dengan bertambahnya laju aliran fluida. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar perbedaan tekanan antara pipa utama dan leher, semakin besar pula debit aliran yang dihitung menggunakan persamaan Bernoulli (Adaramola et al., 2023; Olodu & Ojarigho, 2023). Sementara itu, hasil pengukuran debit menggunakan metode volumetrik pada Tabel 3 menunjukkan bahwa waktu pengumpulan air (t) berbanding terbalik dengan nilai debit, di mana waktu yang lebih singkat menghasilkan debit yang lebih besar (Olodu & Ojarigho, 2023). Pada beberapa kondisi debit menengah, pembacaan ketinggian kolom air relatif stabil, sedangkan pada debit yang lebih besar mulai terlihat fluktuasi permukaan air pada tabung piezometer yang mengindikasikan

ketidakstabilan aliran atau kecenderungan menuju aliran turbulen (He & Bai, 2012).

Tabel 2. Data hasil penelitian dan analisis debit aliran

Model	h_1 **(m)**	h_2 **(m)**	Δh **(m)**	Q_{per} **(m^3/s)**
Kecil	$2{,}1 \times 10^{-2}$	$1{,}4 \times 10^{-2}$	7×10^{-3}	$9{,}6 \times 10^{-5}$
	$3{,}8 \times 10^{-2}$	$2{,}6 \times 10^{-2}$	$1{,}2 \times 10^{-2}$	$1{,}3 \times 10^{-4}$
	$3{,}6 \times 10^{-2}$	$2{,}6 \times 10^{-2}$	$1{,}0 \times 10^{-2}$	$1{,}1 \times 10^{-4}$
	$3{,}3 \times 10^{-2}$	$2{,}3 \times 10^{-2}$	$1{,}0 \times 10^{-2}$	$1{,}1 \times 10^{-4}$
	$4{,}0 \times 10^{-2}$	$2{,}8 \times 10^{-2}$	$1{,}2 \times 10^{-2}$	$1{,}3 \times 10^{-4}$
	$4{,}1 \times 10^{-2}$	$2{,}9 \times 10^{-2}$	$1{,}2 \times 10^{-2}$	$1{,}3 \times 10^{-4}$
	$3{,}6 \times 10^{-2}$	$2{,}6 \times 10^{-2}$	$1{,}0 \times 10^{-2}$	$1{,}1 \times 10^{-4}$
	$2{,}6 \times 10^{-2}$	$1{,}8 \times 10^{-2}$	8×10^{-3}	$1{,}0 \times 10^{-4}$
	$4{,}0 \times 10^{-2}$	$2{,}9 \times 10^{-2}$	$1{,}1 \times 10^{-2}$	$1{,}2 \times 10^{-4}$
	$2{,}7 \times 10^{-2}$	$2{,}0 \times 10^{-2}$	7×10^{-3}	$9{,}6 \times 10^{-5}$
Besar	$2{,}7 \times 10^{-2}$	$0{,}4 \times 10^{-2}$	$2{,}3 \times 10^{-2}$	$4{,}1 \times 10^{-4}$
	$2{,}6 \times 10^{-2}$	$0{,}5 \times 10^{-2}$	$2{,}1 \times 10^{-2}$	$4{,}0 \times 10^{-4}$
	$2{,}6 \times 10^{-2}$	$0{,}4 \times 10^{-2}$	$2{,}2 \times 10^{-2}$	$4{,}1 \times 10^{-4}$
	$2{,}6 \times 10^{-2}$	$0{,}4 \times 10^{-2}$	$2{,}2 \times 10^{-2}$	$4{,}1 \times 10^{-4}$
	$2{,}7 \times 10^{-2}$	$0{,}4 \times 10^{-2}$	$2{,}3 \times 10^{-2}$	$4{,}1 \times 10^{-4}$
	$2{,}6 \times 10^{-2}$	$0{,}4 \times 10^{-2}$	$2{,}2 \times 10^{-2}$	$4{,}1 \times 10^{-4}$
	$2{,}5 \times 10^{-2}$	$0{,}4 \times 10^{-2}$	$2{,}1 \times 10^{-2}$	$4{,}0 \times 10^{-4}$
	$2{,}6 \times 10^{-2}$	$0{,}4 \times 10^{-2}$	$2{,}2 \times 10^{-2}$	$4{,}1 \times 10^{-4}$
	$2{,}7 \times 10^{-2}$	$0{,}4 \times 10^{-2}$	$2{,}3 \times 10^{-2}$	$4{,}1 \times 10^{-4}$
	$2{,}6 \times 10^{-2}$	$0{,}4 \times 10^{-2}$	$2{,}2 \times 10^{-2}$	$4{,}1 \times 10^{-4}$

Tabel 3. Data penelitian dan analisis debit aktual

Model	t (s)	$\underline{t}$ (s)	Q_{akt} **(m^3/s)**
Kecil	19,57	20,87	$9{,}6 \times 10^{-5}$
	21,10		
	20,87		
	20,65		
	21,27		
	20,63		
	19,51		
	20,88		
	21,81		
	22,36		
Besar	7,34	7,61	$2{,}6 \times 10^{-4}$
	7,40		
	7,52		
	7,59		
	7,61		
	7,64		
	7,66		
	7,68		
	7,83		
	7,84		

Perbandingan antara debit hasil perhitungan venturimeter dan debit hasil metode volumetrik disajikan pada Tabel 4. Secara umum, kedua metode

menghasilkan nilai debit yang berbeda. Nilai galat yang diperoleh berada pada kisaran 18% untuk model kecil dan 55% untuk model besar, dengan beberapa kondisi menunjukkan galat kurang dari 5%, yang mengindikasikan bahwa venturimeter sederhana model kecil berhasil memverifikasi Hukum Bernoulli secara kualitatif (tren data sesuai), namun secara kuantitatif memerlukan faktor koreksi yang signifikan. Hasil ini sejalan dengan temuan pada penelitian (Wells & Sharifian, 2024) bahwa bentuk venturimeter dan sudut *reducer* sangat krusial dalam menentukan hasil. Berdasarkan (InstruNexus, 2025), galat lebih dari 5% dikategorikan sebagai alat ukur aliran air dengan akurasi rendah.

Tabel 4. Perbandingan Debit dan Koefisien Debit

Model	Q_{per} **(m³/s)**	Q_{akt}**(m³/s)**	**Galat**	$\underline{Galat}$
Kecil	$9{,}6 \times 10^{-5}$	$9{,}6 \times 10^{-5}$	0%	18%
	$1{,}3 \times 10^{-4}$		31%	
	$1{,}1 \times 10^{-4}$		19%	
	$1{,}1 \times 10^{-4}$		19%	
	$1{,}3 \times 10^{-4}$		31%	
	$1{,}3 \times 10^{-4}$		31%	
	$1{,}1 \times 10^{-4}$		19%	
	$1{,}0 \times 10^{-4}$		7%	
	$1{,}2 \times 10^{-4}$		25%	
	$9{,}6 \times 10^{-5}$		0%	
Besar	$4{,}1 \times 10^{-4}$	$2{,}6 \times 10^{-4}$	52%	55%
	$4{,}0 \times 10^{-4}$		47%	
	$4{,}1 \times 10^{-4}$		53%	
	$4{,}1 \times 10^{-4}$		54%	
	$4{,}1 \times 10^{-4}$		58%	
	$4{,}1 \times 10^{-4}$		55%	
	$4{,}0 \times 10^{-4}$		52%	
	$4{,}1 \times 10^{-4}$		56%	
	$4{,}1 \times 10^{-4}$		62%	

Selama proses pengambilan data, beberapa kendala teknis teridentifikasi yang berpotensi mempengaruhi ketelitian hasil pengukuran. Kendala tersebut meliputi kesulitan membaca meniskus air pada tabung piezometer, khususnya saat aliran mengalami fluktuasi, serta kemungkinan terjadinya kebocoran halus pada sambungan pipa yang sulit terdeteksi secara visual. Keterbatasan ketelitian pengukuran waktu menggunakan *stopwatch* pada telepon genggam juga berkontribusi terhadap munculnya kesalahan acak. Selain itu, kendala lain yang cukup signifikan adalah kesulitan dalam memastikan venturimeter berada pada posisi lurus dan seimbang secara horizontal. Ketidaksejajaran alat menyebabkan perbedaan ketinggian referensi pada tabung piezometer yang tidak sepenuhnya disebabkan oleh perbedaan tekanan fluida, sehingga berpotensi menimbulkan galat sistematis pada pembacaan Δh. Fenomena ini sejalan dengan temuan pada studi desain venturi berdimensi pendek yang menunjukkan bahwa ketidaksesuaian geometri, seperti panjang throat yang terbatas dan sudut konvergen yang relatif besar, dapat meningkatkan ketidakstabilan distribusi tekanan serta memperbesar *pressure loss* dan galat pengukuran debit (Wells & Sharifian, 2024). Untuk meminimalkan pengaruh kendala tersebut, dilakukan pengulangan pengukuran sebanyak sepuluh kali dan digunakan nilai rata-rata sebagai dasar analisis. Pada penelitian selanjutnya, disarankan penggunaan

sistem penyambungan yang lebih presisi serta penambahan alat bantu seperti waterpass untuk memastikan posisi venturimeter tetap horizontal selama pengambilan data, sehingga galat sistematis akibat ketidaksejajaran alat dapat diminimalkan.

Ditinjau dari perspektif pendidikan, venturimeter sederhana berbasis PVC ini memiliki potensi yang besar sebagai media pembelajaran fisika di sekolah. Bentuk fisik alat yang ditunjukkan pada Gambar 2 memungkinkan siswa mengamati secara langsung konfigurasi alat, perbedaan diameter pipa, serta titik-titik pengukuran tekanan, sehingga konsep Persamaan Bernoulli dapat dipahami secara visual dan kontekstual melalui pengalaman belajar langsung. Potensi ini didukung oleh penelitian yang mengembangkan alat peraga venturimeter dengan model manometer terbuka, yang menunjukkan bahwa alat tersebut layak digunakan dan memperoleh respons positif dari siswa maupun mahasiswa sebagai media pembelajaran fluida dinamis (Rismaningsih, 2020). Selain itu, studi lain melaporkan bahwa penerapan alat peraga venturimeter dalam pembelajaran materi fluida dinamis memberikan dampak positif terhadap keantusiasan siswa dan peningkatan pemahaman konsep, serta menegaskan bahwa alat tersebut dapat dibuat dari bahan sederhana dan berbiaya rendah, sehingga sesuai untuk digunakan pada sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium (Ahmad et al., 2024). Secara lebih umum, berbagai penelitian menunjukkan bahwa pengembangan alat peraga fisika sederhana mampu membantu siswa memahami konsep-konsep fisika yang abstrak secara lebih konkret dan meningkatkan kualitas hasil belajar (Ahmad et al., 2024; Alatas, 2019; Budiyono et al., 2025; Prihatiningtyas & Haryono, 2019). Oleh karena itu, venturimeter sederhana berbasis PVC ini tidak hanya relevan sebagai instrumen eksperimen laboratorium sederhana, tetapi juga memiliki dampak edukatif yang signifikan dalam mendukung pembelajaran fisika berbasis pengalaman langsung, khususnya di lingkungan pendidikan dengan keterbatasan sarana dan prasarana.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji akurasi venturimeter sederhana berbahan pipa PVC sebagai alat praktikum pada materi fluida dinamis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa venturimeter dengan model leher kecil memiliki tingkat kesesuaian yang lebih baik terhadap teori fluida dinamis, khususnya prinsip Bernoulli dan persamaan kontinuitas, dengan nilai galat rata-rata sebesar 18%. Sebaliknya, venturimeter model leher besar menunjukkan tingkat akurasi yang lebih rendah dengan nilai galat rata-rata sebesar 55% yang menunjukkan adanya penyimpangan signifikan, diduga akibat terjadinya turbulensi aliran. Temuan ini menegaskan bahwa venturimeter sederhana dengan model leher kecil layak dan cukup efektif digunakan sebagai media pembelajaran fisika di sekolah untuk membantu memvisualisasikan konsep fluida dinamis yang bersifat abstrak serta mengatasi keterbatasan ketersediaan alat praktikum konvensional yang relatif mahal. Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan alat praktikum sederhana dan ekonomis dapat menjadi alternatif pembelajaran berbasis eksperimen, serta disarankan adanya pengembangan desain dan prosedur praktikum lebih lanjut guna meningkatkan akurasi alat dan kualitas pembelajaran di sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

Adaramola, B. A., Kayode, J. F., Afolalu, S. A., Rominiyi, O. L., Okokpujie, I. P., & Ikumapayi, O. M. (2023). Investigating Fluid Flow Regimes: A

Novel Design and Implementation of Bernoulli's Apparatus. *Instrumentation Mesure Métrologie*, *22*(5), 201–207. https://doi.org/10.18280/i2m.220503

Ahmad, L. S., Dian Utami, Tessa Zerina Naryamastri, & Hari Anggito. (2024). Dampak Pembelajaran Fisika Menggunakan Alat Peraga Venturimeter pada Materi Fluida Dinamis. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Profesi Guru*, *7*(1), 222–234. https://doi.org/10.23887/jippg.v7i1.69230

Alatas, F. (2019). Developing Simple Teaching Aids on Static Fluid Material as a Learning Media for Physics. *Jurnal Pendidikan Fisika*, *7*(2), 197–211. https://doi.org/10.26618/jpf.v7i2.1749

Budiyono, A., Rohmah, F., Wildani, A., Kamariyah, E. I., & Tri, L. (2025). Upaya Peningkatan Kualitas Pembelajaran Melalui Pendampingan Pembuatan Alat Peraga bagi Guru SMA. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *04*(02), 41–50. https://doi.org/10.52434/jpm.v4i2.42748

Olodu, D. D., & Ojarigho. E. V. (2023). Investigation of the Effects of Flow Rate on Velocity and Pressure Head Using Venturi Flow Meter. *Nigerian Journal Of Engineering Science Research*, *6*(4), 33–47.

He, D., & Bai, B. (2012). Numerical Investigation of Wet Gas Flow in Venturi Meter. *Flow Measurement and Instrumentation*, *28*, 1–6. https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2012.07.008

Instrunexus. (2025, 7October 28). *An Engineering Analysis of Flowmeter Accuracy: Principles, Performance, and Application*. https://instrunexus.com/an-engineering-analysis-of-flowmeter-accuracy-principles-performance-and-application/

Mumtaza, N., Ar-Rahim, N. F., Wakid, Z., & Suryandari, S. (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

Mumu, A. S., Dungus, F., & Mondolang, A. H. (2021). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Menggunakan Alat Peraga Fluida Dinamis untuk Meningkatkan Hasil Belajar. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, *2*(3), 179–188. https://doi.org/10.53682/charmsains.v2i3.128

Nurfajrihana, K. A., Wahyuningsih, D., & Fauzi, A. (2022). Pengembangan Alat Peraga Fisika dengan *Water Flow Sensor* pada Materi Asas Kontinuitas untuk Siswa SMA Kelas XI. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, *12*(1), 14. https://doi.org/10.20961/jmpf.v12i1.60299

Nurhayati, N., Samita, M., & Harahap, S. (2020). Studi Analisis Perbandingan Tekanan Melalui Pipa Venturi dengan Perbedaan Diameter Pipa. *Jurnal Phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan*, *6*(2), 62–65. https://doi.org/10.22373/p-jpft.v6i2.9955

Rismaningsih, F., Asri, N., Johan, B. (2020). *Pengembangan Alat Praktikum Venturimeter sebagai Media Penunjang Perkuliahan Fisika Dasar Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Syekh-Yusuf. Jurnal Pendidikan dan Aplikasi Industri, 7*(1), 29. https://doi.org/10.33592/unistek.v7i1.496

Prihatiningtyas, S., & Haryono, H. E. (2019). Alat Peraga sebagai Upaya Peningkatan Pemahaman Konsep Peserta Didik pada Materi Mekanika Fluida. *SEJ (Science Education Journal)*, *3*(2), 131–138. https://doi.org/10.21070/sej.v3i2.3095

Sultan, A. D., Rizky, R., Hidayat, H., 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*(1), 94–99. https://doi.org/10.26618/jpf.v8i1.3199

Wells, K., & Sharifian, A. (2024). Design of Short Venturi Flow Meters for Incompressible and Isothermal Flow Applications. *Heliyon*, *10*(7), E29311. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29311