

PENGEMBANGAN ALAT PERAGA BERBASIS SENSOR FLOWMETER UNTUK MENERAPKAN PERSAMAAN KONTINUITAS PADA MATERI FLUIDA DINAMIS

Muhammad Iqbal Maulana Shidqi, Mita Anggaryani

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

Email: muhammadshidqi16030184065@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan validitas alat peraga berbasis sensor flowmeter untuk menerapkan persamaan kontinuitas pada materi fluida dinamis dan untuk mendeskripsikan kesesuaian alat peraga berbasis sensor flowmeter untuk menerapkan persamaan kontinuitas pada materi fluida dinamis terhadap teori persamaan kontinuitas. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan dengan menggunakan model *ADDIE (analysis, design, develop, implementation, evaluation)*. Validitas alat peraga berbasis sensor flowmeter dinilai berdasarkan hasil yang dilakukan oleh validator dan taraf ketelitian hasil percobaan menggunakan alat peraga. Kesesuaian alat peraga berbasis sensor flowmeter terhadap teori dianalisis menggunakan perhitungan akurasi. Berdasarkan data yang diperoleh, tingkat validitas alat peraga berbasis sensor flowmeter termasuk dalam kategori sangat baik dikarenakan hasil validasi dan taraf ketelitian alat peraga memiliki persentase $\geq 61\%$. Hasil validasi alat peraga menunjukkan persentase sebesar 92.7% dan data hasil percobaan menggunakan alat peraga berbasis sensor flowmeter memperoleh taraf ketelitian rata-rata pada sensor flowmeter pertama sebesar 95.76% dan pada sensor flowmeter kedua sebesar 95.13%. Sedangkan kesesuaian alat peraga terhadap teori persamaan kontinuitas didapatkan sebesar 97.3% dan tergolong dalam kategori sangat baik.

Kata Kunci: persamaan kontinuitas, sensor flowmeter, fluida dinamis.

Abstract

This study aims to describe the validity of flowmeter sensor-based visual aids to apply continuity equations to dynamic fluid material and to describe the suitability of flowmeter sensor-based visual aids to apply continuity equations to dynamic fluid material to the theory of continuity equations. This type of research is a research development using the ADDIE model (analysis, design, develop, implementation, evaluation). The validity of the flowmeter sensor-based teaching aids is assessed based on the results made by the validator and the accuracy of the experimental results using the teaching aids. The suitability of the flowmeter sensor-based props to the theory was analyzed using accuracy calculations. Based on the data obtained, the level of validity of props based on flowmeter sensors is included in the very good category because the results of validation and the level of accuracy of the props have a percentage of $\geq 61\%$. The results of the validation of the teaching aids showed a percentage of 92.7% and the experimental data using a flowmeter sensor-based teaching aid obtained an average accuracy level on the first flowmeter sensor of 95.76% and on the second flowmeter sensor of 95.13%. While the suitability of teaching aids to the theory of continuity equation is 97.3% and is classified in the very good category.

Keywords: continuity equation, flowmeter sensor, dynamic fluid.

PENDAHULUAN

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang alam semesta dan segala interaksi yang ada di dalamnya. Salah satu cabang IPA adalah fisika. Fisika merupakan ilmu yang mempelajari tentang berbagai macam gejala alam yang terjadi pada materi yang menempati ruang dan memiliki massa. Dalam kehidupan sehari-hari, fisika merupakan dasar bagi perkembangan teknologi. Maka dari itu fisika sangat penting untuk dipelajari.

Dalam dunia pendidikan, fisika masih dianggap sebagai salah satu mata pelajaran yang sulit dipahami

oleh peserta didik. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Yogantari (2015), menyatakan bahwa sebanyak 33% peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami konsep fisika. Salah satu materi yang dianggap sulit oleh peserta didik adalah mekanika pada pokok bahasan fluida dinamis.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sari (2018) menyatakan bahwa rata-rata persentase miskonsepsi yang dimiliki oleh peserta didik pada materi fluida dinamis sebesar 84,29 %. Sedangkan menurut penelitian yang dilakukan oleh Sholihat (2017) menyatakan bahwa pada

materi fluida dinamis, khususnya sub-materi persamaan kontinuitas mengalami miskonsepsi sebesar 28%.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Solehudin (2016) menyatakan bahwa sebagian besar peserta didik masih memahami fluida dinamis sebatas persamaan-persamaan yang ada tanpa memahami dengan baik konsep dasarnya. Hal ini menyebabkan peserta didik gagal menerapkan persamaan-persamaan yang ada dalam menyelesaikan persoalan terkait fluida dinamis.

Salah satu penyebab sulitnya peserta didik memahami materi pelajaran fisika adalah kurangnya kegiatan praktikum. Seperti yang dikatakan oleh Omek (2008) salah satu penyebab fisika menjadi sulit karena tidak melakukan praktek. Fisika merupakan ilmu yang abstrak sehingga peserta didik akan mengalami kesulitan apabila hanya mempelajari fisika secara teori.

Berdasarkan masalah yang telah dijabarkan di atas, peneliti tertarik untuk mengembangkan alat peraga berbasis flowmeter sensor untuk materi fluida dinamis sub-materi persamaan kontinuitas. Dengan dikembangkan alat peraga pada materi fluida dinamis khususnya sub-materi persamaan kontinuitas, peserta didik dapat melakukan kegiatan percobaan menggunakan alat peraga sehingga dapat mengurangi kesulitan peserta didik dalam memahami konsep fisika pada materi fluida dinamis khususnya sub materi persamaan kontinuitas.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mendeskripsikan validitas alat peraga berbasis sensor flowmeter untuk menerapkan persamaan kontinuitas pada materi fluida dinamis dan untuk mendeskripsikan kesesuaian alat peraga berbasis sensor flowmeter untuk menerapkan persamaan kontinuitas pada materi fluida dinamis terhadap teori persamaan kontinuitas.

Menurut Sudjana (2009) alat peraga merupakan segala sesuatu yang dapat digunakan sebagai alat bantu dalam kegiatan pembelajaran agar dapat berjalan lebih efektif dan efisien. Alat peraga berfungsi untuk menjelaskan konsep-konsep yang bersifat abstrak menjadi nyata dan jelas sehingga dapat meningkatkan perhatian, pikiran, dan minat para peserta didik. Penggunaan alat peraga dapat melibatkan peserta didik untuk melakukan kegiatan secara langsung terkait dengan materi (Affida dan Prabowo, 2017). Selain itu penggunaan alat peraga juga dapat membantu berjalannya kegiatan eksperimen dalam pembelajaran fisika (Octaviana dan Supriyono, 2017).

Dalam penelitian ini akan dibuat suatu alat peraga berbasis sensor flowmeter untuk menerapkan persamaan kontinuitas pada materi fluida dinamis. Dalam pembuatan alat peraga tersebut beberapa bahan yang akan digunakan yaitu sensor flowmeter dan Arduino uno.

Flowmeter adalah alat untuk mengukur jumlah atau laju aliran fluida dari suatu fluida yang mengalir dalam pipa. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan efek *Hall* yang didasarkan pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan (Ayubi dkk, 2015). Alat ini terdiri dari *primary device* dan *secondary device*. *Primary device* menghasilkan suatu sinyal yang merespon terhadap aliran karena laju aliran tersebut telah terganggu, sedangkan *secondary device* menerima sinyal dari *primary device* lalu menampilkan, merekam, atau mentransmisikannya sebagai hasil dari laju aliran (Koestor, 2004).



Gambar 1. Sensor flowmeter
Sumber : (Koestoer, 2004)

Arduino dalam website resminya menjelaskan bahwa Arduino uno merupakan salah satu pengembangan kit mikrokontroler yang berbasis pada ATmega28. Dalam alat peraga yang dibuat pada penelitian ini, Arduino uno berfungsi untuk mengatur kerja sensor flowmeter. Arduino uno menangkap output dari sensor flowmeter, mengolah data menjadi kelajuan fluida kemudian menampilkannya pada lcd.



Gambar 2. Arduino Uno
Sumber : store.arduino.cc

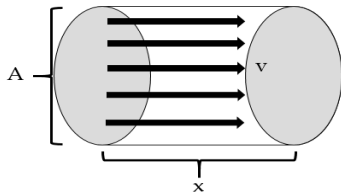
Materi yang menjadi pokok bahasan pada penelitian ini adalah fluida dinamis khususnya pada sub-materi persamaan kontinuitas. Dalam fluida dinamis keadaan fluida dianggap ideal. Seperti yang telah dibahas Halliday dalam bukunya yang berjudul "*Fundamental of Physics, 7th edition*" pada tahun 2004, fluida ideal adalah fluida yang alirannya tunak, tak termampatkan, tidak viskos, dan tidak berotasi. Dalam fluida dinamis terdapat dua jenis aliran yaitu aliran lurus atau laminar dan aliran turbulen. Lintasan yang ditempuh suatu fluida yang sedang mengalir disebut dengan garis arus (*streamline*).

Aliran fluida mengakibatkan adanya debit air yang merupakan jumlah volume suatu fluida yang mengalir melalui penampang tertentu pada selang waktu tertentu. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1.1)$$

Dimana: Q = Debit fluida (m^3/s)
V = Volume fluida (m^3)
t = Selang waktu (s)

Debit fluida yang mengalir dalam selang atau pipa dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3. Aliran fluida dalam pipa

Dalam gambar tersebut, volume fluida yang mengalir dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V = A x \quad (1.2)$$

Dimana A adalah luas penampang pipa dan x merupakan jarak tempuh yang dialiri oleh fluida. X juga dapat ditentukan dari kelajuan aliran fluida (v) pada waktu tertentu. Sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$x = v t \quad (1.3)$$

Jika persamaan (1.3) dan (1.2) disubstitusikan, maka dapat diperoleh hubungan antara volume (V) dengan luas penampang (A) dan kelajuan fluida (v) persatuan waktu tertentu (t). Sehingga dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

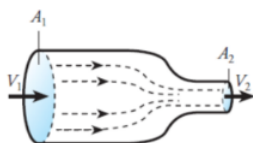
$$V = A v t \quad (1.4)$$

Jika persamaan (1.4) disubstitusikan ke persamaan (1.1). Maka diperoleh hubungan antara debit fluida (Q) dengan luas penampang (A) dan kelajuan fluida (v). Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \frac{A v t}{t} \quad (1.5)$$

$$Q = A v \quad (1.6)$$

Dalam fluida dinamis terdapat suatu persamaan yang disebut dengan persamaan kontinuitas. Persamaan kontinuitas menjelaskan bahwa debit fluida pada setiap titik memiliki nilai yang sama atau konstan.



Gambar 4. Aliran fluida pada luas penampang yang berbeda.

Sumber: (Kemendikbud, 2015)

Gambar 4 menunjukkan bahwa fluida yang mengalir pada sebuah tabung dengan luas penampang

yang berbeda pada kedua ujungnya akan memiliki debit yang sama. Sehingga dapat diketahui bahwa debit fluida yang mengalir pada luas penampang pertama sama dengan debit fluida yang mengalir pada luas penampang kedua. Secara matematis dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_1 = Q_2 \quad (1.7)$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (1.8)$$

Dimana:

Q_1 = Debit fluida pada penampang pertama (m^3/s)

Q_2 = Debit fluida pada penampang kedua (m^3/s)

A_1 = Luas penampang pertama (m^2)

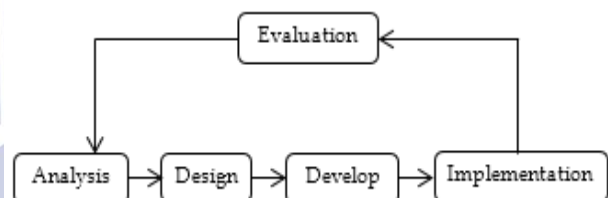
A_2 = Luas penampang kedua (m^2)

v_1 = Kelajuan fluida pada penampang pertama (m/s)

v_2 = Kelajuan fluida pada penampang kedua (m/s)

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah jenis penelitian pengembangan dengan menggunakan metode pengembangan model ADDIE, yaitu *analysis, design, development, implementation, evaluation*. Menurut Branch (2009), model ADDIE sangat cocok digunakan pada penelitian pengembangan. Berikut adalah lima fase yang terdapat pada metode pengembangan dengan menggunakan model ADDIE.



Gambar 5. Lima fase model ADDIE

Sumber: (Salam dan Madladzim, 2017)

Penelitian ini dilakukan di Jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya pada semester genap tahun ajaran 2019/2020. Sumber data pada penelitian ini berasal dari validasi alat peraga dan data hasil percobaan menggunakan alat peraga yang dikembangkan pada penelitian ini. Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah instrumen validasi dan instrumen petunjuk penggunaan alat peraga.

Metode pengumpulan data pada penelitian ini berupa pemberian instrumen validasi kepada validator untuk memberikan penilaian terhadap validasi alat peraga yang dikembangkan. Sedangkan data percobaan alat peraga didapatkan dari hasil percobaan menggunakan alat peraga yang telah dikembangkan.

Teknik analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan dua tahap, yaitu analisis validitas alat peraga dan analisis kesesuaian alat peraga. Validitas alat peraga

dianalisis melalui dua tahap, yaitu analisis hasil validasi dan analisis taraf ketelitian alat peraga.

Validasi alat peraga dapat dianalisis menggunakan Skala *Likert* seperti pada tabel berikut:

Tabel 1. Skor Skala *Likert*

Indikator Penilaian	Nilai Skala
Sangat baik	5
Baik	4
Cukup	3
Kurang	2
Kurang sekali	1

(Riduwan, 2012)

Setelah itu dilakukan perhitungan persentase penilaian yang telah diperoleh dengan menggunakan rumus seperti berikut:

$$P = \frac{K}{n} \times 100\% \quad (1.9)$$

Dimana:

P = Persentase penilaian yang diperoleh

K = Jumlah penilaian yang diperoleh

n = Jumlah skor maksimal

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus diatas dapat ditentukan kelayakan alat peraga menurut kriteria interpretasi skor seperti pada tabel berikut:

Tabel 2. Kriteria Interpretasi Skor

Persentase	Kriteria
0%-20%	Sangat kurang
21%-40%	Kurang
41%-60%	Cukup
61%-80%	Baik / layak
81%-100%	Sangat baik / sangat layak

(Riduwan,2012)

Berdasarkan kriteria di atas, hasil validasi alat peraga persamaan kontinuitas dapat dikatakan layak apabila memiliki persentase $\geq 61\%$.

Setelah dilakukan analisis terhadap validasi alat peraga, dilakukan analisis terhadap taraf ketelitian alat peraga. Taraf ketelitian alat peraga dapat diketahui dari hasil percobaan menggunakan alat peraga yang dikembangkan. Hasil percobaan menggunakan alat peraga yang telah dikembangkan dianalisis melalui beberapa tahapan berikut:

a) Ketidakpastian (ΔX)

$$\Delta X = (X_{\max} - X_{\min}) / 2 \quad (2.0)$$

$$SE = (\Delta X / X \text{ Rata-rata}) \times 100\% \quad (2.1)$$

(Tim Laboratorium Fisika Dasar 1,2019)

Dimana:

ΔX = Ketidakpastian data X

X_{\max} = Data X maksimal

X_{\min} = Data X minimal

X Rata-rata = Nilai rata-rata data X

SE = *Standard error*

b) Taraf ketelitian

$$TK = (100 - SE) \% \quad (2.2)$$

Dimana:

TK = Taraf ketelitian

SE = *Standard error*

Hasil dari perhitungan menggunakan rumus tersebut kemudian dianalisis berdasarkan kriteria interpretasi skor pada tabel 2, taraf ketelitian alat peraga persamaan kontinuitas dapat dikatakan baik apabila memperoleh persentase $\geq 61\%$.

Validitas alat peraga persamaan kontinuitas dapat dikatakan baik apabila hasil validasi dan taraf ketelitian alat peraga memperoleh persentase $\geq 61\%$.

Pada tahap kedua dilakukan analisis terhadap kesesuaian alat peraga persamaan kontinuitas terhadap teori persamaan kontinuitas. Analisis kesesuaian alat peraga dilakukan dengan membandingkan data yang diperoleh pada sensor flowmeter dengan data hasil perhitungan menggunakan teori persamaan kontinuitas. Berdasarkan perbandingan tersebut dapat diketahui persentase kesesuaian alat peraga terhadap teori persamaan kontinuitas. Analisis kesesuaian alat peraga dilakukan sebagai berikut:

c) Akurasi

Akurasi adalah keterdekatan hasil pengukuran suatu alat ukur terhadap suatu nilai standar atau terhadap suatu nilai yang benar (Nasution dan Rahmawati,2019). Pada beberapa aplikasi, akurasi dapat diartikan sebagai batas penyimpangan pengukuran atau batas kesalahan intrinsik. Akurasi relatif dinyatakan dengan:

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \quad (2.3)$$

Dimana:

A = akurasi relatif

Y_n = nilai sebenarnya

X_n = nilai yang terukur

Akurasi dapat juga dinyatakan dalam persen akurasi sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = A \times 100\% \quad (2.4)$$

Alat peraga persamaan kontinuitas dapat dikatakan sesuai dengan teori persamaan kontinuitas apabila memiliki persentase akurasi $\geq 61\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan model ADDIE yang terdiri dari beberapa tahapan yaitu tahap analisis, desain,

pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Berikut ini adalah hasil dari tiap tahapan penelitian tersebut:

1. Analisis

Tahap pertama pada penelitian ini adalah tahap analisis. Analisis dilakukan pada tiga bagian yaitu analisis kurikulum, analisis materi, dan analisis alat peraga.

1.1. Analisis Kurikulum

Kurikulum yang menjadi acuan pada penelitian ini adalah Kurikulum 2013 (K-13) dengan revisi. Dalam pembelajaran IPA tidak dapat dipisahkan dari kegiatan praktikum. Woolnough dan Allsop (1985) mengemukakan empat alasan pentingnya kegiatan praktikum IPA. Pertama, praktikum dapat membangkitkan motivasi belajar peserta didik. Kedua, praktikum dapat mengembangkan keterampilan dasar melakukan eksperimen. Ketiga, praktikum menjadi wahana belajar pendekatan ilmiah. Keempat, praktikum menunjang materi pelajaran.

Kegiatan praktikum sangat penting dalam pembelajaran sehingga media yang digunakan untuk melakukan praktikum juga sangat penting. Dengan dikembangkannya alat peraga, peserta didik dapat melakukan percobaan untuk meningkatkan keterampilan serta sebagai bentuk penerapan terhadap ilmu pengetahuan yang telah mereka dapatkan pada kegiatan pembelajaran di kelas.

1.2. Analisis Materi

Analisis materi dilakukan dengan menganalisis kompetensi dasar yang terdapat pada silabus. Materi yang menjadi fokus pada penelitian ini adalah materi fluida dinamis khususnya sub-materi persamaan kontinuitas. Kompetensi dasar pada materi fluida dinamis yaitu:

- a) Menerapkan prinsip fluida dinamis dalam teknologi.
- b) Memodifikasi ide/gagasan proyek sederhana yang menerapkan prinsip dinamika fluida.

Agar kompetensi dasar tersebut dapat tercapai, peserta didik harus melakukan penerapan prinsip fluida dinamis dalam teknologi. Dalam kegiatan tersebut tentunya diperlukan suatu media yang dapat membantu peserta didik. Maka dari itu perlu adanya pengembangan alat peraga pada materi fluida dinamis khususnya sub-materi persamaan kontinuitas sebagai media agar Dengan adanya alat peraga persamaan kontinuitas, peserta didik dapat menerapkan prinsip fluida dinamis dalam teknologi sehingga kompetensi dasar tersebut dapat tercapai.

1.3. Analisis Alat Peraga

Analisis alat peraga dilakukan dengan menganalisis penelitian-penelitian sebelumnya. Penelitian ini berdasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Mardani

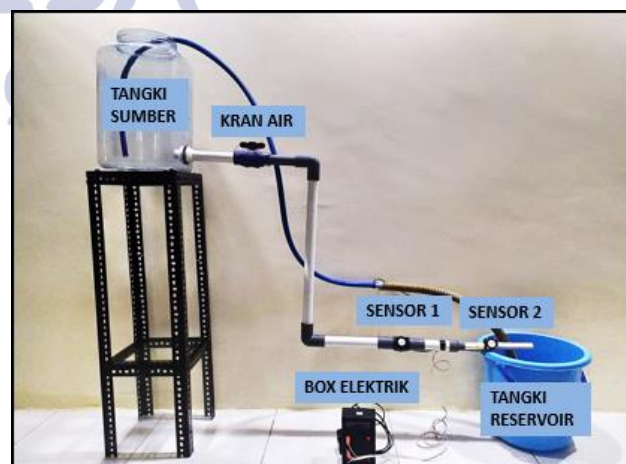
pada bulan Maret 2016 di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang.

Kelebihan dari alat ukur pada penelitian tersebut adalah perhitungan dilakukan secara digital kemudian ditampilkan ke LCD dalam bentuk volume air, debit dan kecepatan, serta lama waktu debit air. Sehingga pengguna dapat membaca volume air dengan mudah. Kelemahan alat ukur pada penelitian tersebut adalah terjadinya kebocoran apabila selang yang digunakan tidak terpasang dengan baik. Alat ukur pada penelitian ini hanya menggunakan satu sensor aliran dengan diameter sensor yang tetap, sehingga apabila diterapkan dalam persamaan kontinuitas harus dilakukan dua kali pengukuran dengan pengukuran kedua dilakukan setelah mengganti ukuran diameter sensor aliran. Dari kelemahan tersebut dapat diketahui bahwa alat peraga yang dikembangkan oleh Mardani masih membutuhkan beberapa pengembangan sehingga alat peraga tersebut dapat berfungsi lebih maksimal.

Berdasarkan analisis alat peraga yang telah dilakukan, pada penelitian ini dikembangkan suatu alat peraga berbasis sensor flowmeter untuk menerapkan persamaan kontinuitas pada materi fluida dinamis. Alat peraga tersebut menggunakan perhitungan secara digital yang kemudian ditampilkan pada LCD sehingga pengguna dapat membacanya dengan mudah, pada alat peraga ini juga menggunakan pipa yang dipasang dengan kokoh sehingga tidak terjadi kebocoran pada alat peraga. Selain itu pada alat peraga ini juga menggunakan dua jenis sensor flowmeter dengan diameter berbeda sehingga penerapannya pada persamaan kontinuitas tidak membutuhkan dua kali pengukuran dengan mengganti ukuran sensor terlebih dahulu.

2. Desain

Berikut ini adalah desain alat peraga yang akan dikembangkan:



Gambar 6. Alat Peraga Persamaan Kontinuitas



Gambar 7. Box elektrik dan Sensor flowmeter

Beberapa alat dan bahan yang digunakan pada pengembangan alat peraga ini adalah sebagai berikut:

2.1. Flowmeter

Pada penelitian ini sensor flowmeter berfungsi untuk mengukur debit fluida yang mengalir pada pipa yang memiliki luas penampang yang berbeda. Pada alat peraga terdapat dua sensor flowmeter yang masing-masing memiliki diameter 1 inci dan 0.5 inci.

2.2. Arduino Uno R3

Arduino uno berfungsi untuk mengatur kerja sensor flowmeter. Arduino menangkap output dari sensor flowmeter, mengolah data menjadi kelajuan fluida kemudian menampilkannya pada lcd.

2.3. Liquid Crystal Display 16x2

Dalam penelitian ini lcd 16x2 digunakan untuk menampilkan data hasil output dari sensor flowmeter yang telah diolah oleh arduino uno menjadi data kelajuan fluida.

2.4. Power Supply

Pada penelitian ini power supply digunakan sebagai penyuplai tegangan input untuk arduino uno agar dapat digunakan.

2.5. Pipa PVC

Pada penelitian ini pipa PVC digunakan untuk mengalirkan fluida. Pipa yang dipakai adalah pipa berdiameter 1 inch dan 0.5 inci.

2.6. Tangki

Pada penelitian ini akan digunakan dua buah tangki yang berfungsi sebagai sumber air dan penampung air. Tangki air yang digunakan berbahan dasar plastik.

2.7. Pompa Air

Pada penelitian ini, pompa air digunakan untuk memindahkan air dari tangki penampung ke tangki sumber sehingga terjadi siklus air secara terus menerus.

Adapun variabel-variabel yang digunakan pada alat peraga yang akan dikembangkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a) Variabel Manipulasi : Ketinggian awal fluida pada tangki sumber

b) Variabel Kontrol : Jenis fluida, luas penampang sensor 1, luas penampang sensor 2

c) Variabel Respon : Kelajuan fluida pada sensor 1, kelajuan fluida pada sensor 2

Berikut ini adalah definisi operasional variabel pada percobaan persamaan kontinuitas:

Tabel 3. Definisi operasional variabel

Definisi	Operasional variable
Ketinggian awal fluida pada tangki sumber	Ketinggian awal fluida pada tangki sumber diukur dari pipa yang terhubung dengan tangki sumber
Jenis fluida	Jenis fluida yang digunakan pada alat peraga ini adalah air
Luas penampang sensor 1	Luas penampang sensor 1 diukur pada luas penampang awal fluida memasuki sensor 2. Diameter sensor 1 adalah 1 inci.
Luas penampang sensor 2	Luas penampang sensor 2 diukur pada luas penampang awal fluida memasuki sensor 2. Diameter sensor 2 adalah 0.5 inci.
Kelajuan fluida pada sensor 1	Kelajuan fluida pada sensor 1 adalah kelajuan fluida yang terukur pada sensor 1 yang kemudian ditampilkan pada layar penampil
Kelajuan fluida pada sensor 2	Kelajuan fluida pada sensor 2 adalah kelajuan fluida yang terukur pada sensor 2 yang kemudian ditampilkan pada layar penampil

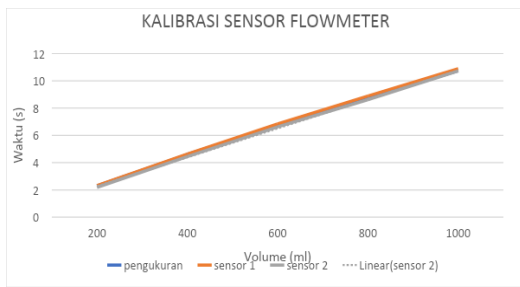
3. Pengembangan

Tahap pengembangan dilakukan dengan membuat dan menyusun alat peraga yang akan dikembangkan serta melakukan konsultasi dengan pembimbing untuk memastikan instrumen validasi telah sesuai sebelum diberikan kepada validator. Pada tahap ini juga dilakukan kalibrasi sensor flowmeter yang akan digunakan pada alat peraga yang akan dikembangkan. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan data pada kedua sensor dengan hasil pengukuran debit air menggunakan stopwatch dan gelas ukur. Berikut ini adalah hasil kalibrasi kedua sensor flowmeter tersebut:

Tabel 4. Kalibrasi sensor flowmeter

Volume	Waktu Sensor 1 (s)	Waktu Sensor 2 (s)	Waktu pengukuran (s)
200 ml	2.32	2.19	2.29
400 ml	4.62	4.44	4.60
600 ml	6.83	6.62	6.70
800 ml	8.88	8.62	8.74
1000 ml	10.88	10.72	10.76

Data tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik kalibrasi sensor flowmeter

Berdasarkan selisih antara data yang terbaca pada kedua sensor flowmeter dan hasil pengukuran, dapat diketahui persentase error sensor flowmeter pertama sebesar 98.71% dan sensor flowmeter kedua sebesar 97.84%.

4. Implementasi

Tahap implementasi merupakan tahap pengujian alat peraga yang telah dikembangkan. Pengujian alat peraga dilakukan dengan dua tahap yaitu uji validasi alat dan uji percobaan alat. Alat peraga yang telah selesai dibuat kemudian dilakukan uji percobaan alat. Setelah dilakukan uji percobaan alat kemudian dilakukan uji validasi kepada validator. Setelah dilakukan uji validasi, tahap selanjutnya yaitu perbaikan alat peraga.

Berikut ini adalah pengujian yang telah dilakukan:

4.1. Validitas Alat Peraga

4.1.1. Analisis taraf ketelitian alat peraga

a). Ketinggian air pada tangki sumber pertama (7 cm)

Tabel 5. Data ketinggian pertama

(A1) cm ²	(v1 ± Δv1) cm/s	(A1v1) ml/s	(A2) cm ²	(v2 ± Δv2) cm/s	(A2v2) ml/s
	20	101.3		79	100.0
	20	101.3		79	100.0
	19	96.2		76	96.2
	19	96.2		76	96.2
	20	101.3		81	102.5
	20	101.3		83	105.1
5.065	19	96.2	1.266	79	100.0
	20	101.3		79	100.0
	19	96.2		76	96.2
	20	101.3		81	102.5
	19	96.2		78	98.7
	19	96.2		78	98.7
	18	91.2		80	101.3
	19	96.2		78	98.7
	20	101.3		78	98.7
	Σv1/15 = 19.5	98.3		Σv2/15 = 78.7	99.7

Percobaan pertama pada ketinggian awal fluida 7 cm

Data pada sensor 1

$$\Delta v1 = (v1 \text{ maks} - v1 \text{ min})/2 = 1$$

$$\text{Taraf ketelitian } \Delta v1 = 100\% - [(1/19.5) \times 100\%] = 100\% - 5.13\% = 94.87\%$$

Data pada sensor 2

$$\Delta v2 = (v2 \text{ maks} - v2 \text{ min})/2 = 3.5$$

$$\text{Taraf ketelitian } \Delta v2 = 100\% - [(3.5/51.6) \times 100\%] = 100\% - 4.45\% = 95.55\%$$

b). Ketinggian air pada tangki sumber ketiga (14 cm)

Tabel 6. Data ketinggian kedua

(A1) cm ²	(v1 ± Δv1) cm/s	(A1v1) ml/s	(A2) cm ²	(v2 ± Δv2) cm/s	(A2v2) ml/s
	24	121.6		94	119.0
	23	116.5		92	116.5
	25	126.6		94	119.0
	25	126.6		96	121.5
	24	121.6		90	113.9
	24	121.6		92	116.5
5.065	23	116.5	1.266	92	116.5
	23	116.5		94	119.0
	24	121.6		94	119.0
	25	126.6		94	119.0
	25	126.6		98	124.1
	25	126.6		101	127.9
	26	131.7		101	127.9
	25	126.6		98	124.1
	24	121.6		94	119.0
	Σv1/15 = 24.5	121.6		Σv2/15 = 94.9	120.2

Percobaan kedua pada ketinggian awal fluida 14 cm

Data pada sensor 1

$$\Delta v1 = (v1 \text{ maks} - v1 \text{ min})/2 = 1$$

$$\text{Taraf ketelitian } \Delta v1 = 100\% - [(1/24.5) \times 100\%] = 100\% - 4.08\% = 95.92\%$$

Data pada sensor 2

$$\Delta v2 = (v2 \text{ maks} - v2 \text{ min})/2 = 5.5$$

$$\text{Taraf ketelitian } \Delta v2 = 100\% - [(5.5/94.9) \times 100\%] = 100\% - 5.80\% = 94.20\%$$

e). Ketinggian air pada tangki sumber ketiga (21 cm)

Tabel 7 Data ketinggian ketiga

(A1) cm ²	(v1 ± Δv1) cm/s	(A1v1) ml/s	(A2) cm ²	(v2 ± Δv2) cm/s	(A2v2) ml/s
	30	152.0		118	149.4
	29	146.9		116	146.9
	28	141.8		111	140.5
	28	141.8		112	141.8
	29	146.9		116	146.9
	30	152.0		116	146.9
5.065	29	146.9	1.266	112	141.8
	28	141.8		109	138.0
	29	146.9		112	141.8
	28	141.8		114	144.3
	28	141.8		119	150.7
	28	141.8		119	150.7
	29	146.9		121	153.2
	29	146.9		118	149.4
	28	141.8		115	145.6
	Σv1/15 = 28.5	145.2		Σv2/15 = 115.2	145.8

Percobaan ketiga pada ketinggian awal fluida 21 cm

Data pada sensor 1

$$\Delta v1 = (v1 \text{ maks} - v1 \text{ min})/2 = 1$$

$$\begin{aligned} \text{Taraf ketelitian } \Delta v1 &= 100\% - [(1/28.5) \times 100\%] \\ &= 100\% - 3.50\% \\ &= 96.50\% \end{aligned}$$

Data pada sensor 2

$$\Delta v2 = (v2 \text{ maks} - v2 \text{ min})/2 = 5$$

$$\begin{aligned} \text{Taraf ketelitian } \Delta v2 &= 100\% - [(5/115.2) \times 100\%] \\ &= 100\% - 4.34\% \\ &= 95.66\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis tersebut, taraf ketelitian pada masing-masing sensor kemudian dirata-rata sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

a). Rata-rata taraf ketelitian sensor flowmeter 1

$$\begin{aligned} \text{TK}_1 \text{ rata-rata} &= (\text{jumlah TK}_1 / \text{jumlah percobaan}) \\ &= (94.87\% + 95.92\% + 96.50\%) / 3 \\ &= 95.76\% \end{aligned}$$

b). Rata-rata taraf ketelitian sensor flowmeter 2

$$\begin{aligned} \text{TK}_2 \text{ rata-rata} &= (\text{jumlah TK}_2 / \text{jumlah percobaan}) \\ &= (95.55\% + 94.20\% + 95.66\%) / 3 \\ &= 95.13\% \end{aligned}$$

Taraf ketelitian rata-rata masing-masing sensor flowmeter tersebut kemudian dibandingkan dengan skala interpretasi skor pada tabel 2/ Sensor flowmeter 1 memiliki taraf ketelitian rata-rata sebesar 95.76% dan

sensor flowmeter 2 memiliki taraf ketelitian rata-rata sebesar 95.13% dan tergolong dalam kategori sangat baik.

4.1.2. Analisis hasil validasi alat peraga dari validator.

Tabel 8. Data Hasil Validasi

No.	Aspek Kelayakan	Skala Penilaian					Komentar	Saran
		1	2	3	4	5		
1.	Keterkaitan dengan bahan ajar							
a.	Konsep yang diajarkan				✓		baik	-
b.	Tingkat keperluan untuk pembelajaran					✓	sangat baik	-
2.	Kesesuaian dengan nilai Pendidikan							
a.	Kesesuaian dengan perkembangan intelektual peserta didik kelas 11				✓		baik	-
3.	Ketahanan alat peraga							
a.	Ketahanan terhadap cuaca					✓	baik	-
b.	Kemudahan dalam penyimpanan alat peraga				✓		baik	-
c.	Kemudahan dalam perawatan alat peraga					✓	sangat baik	-
d.	Ketahanan komponen-komponennya pada kedudukannya					✓	sangat baik	-
4.	Keakuratan alat peraga							
a.	Ketepatan pemasangan setiap komponen				✓		baik	-
b.	Ketelitian pengukuran					✓	baik	-
5.	Efisiensi alat peraga							
a.	Kemudahan perangkaan alat peraga					✓	sangat baik	-
b.	Kemudahan penggunaan alat peraga					✓	sangat baik	-

Berdasarkan data hasil validasi didapatkan persentase validasi sebesar 92.7% yang termasuk ke dalam kategori sangat baik. Dalam validasi tersebut juga terdapat beberapa masukan dari validator sebagai bentuk perbaikan terhadap alat peraga yang dikembangkan agar dapat berfungsi dengan lebih baik. Berikut ini adalah saran dan perbaikan berdasarkan hasil validasi alat peraga:

Tabel 9. Perbaikan Hasil Validasi

Saran Perbaikan	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Tujuan
Mengganti ukuran box elektrik menjadi lebih besar serta memindahkan posisi konektor			Agar tidak tampak berantakan dan lebih praktis
Mengganti jenis konektor			Agar lebih simpel dan mudah digunakan
Memberikan sistem untuk menyalurkan air dari pompa ke tangka sumber			Agar manipulasi ketinggian awal fluida dapat ditentukan dengan baik

4.2. Kesesuaian Alat Peraga

a). Percobaan pertama pada ketinggian awal fluida 7 cm

Tabel 10. Analisis Kesesuaian Alat Peraga Pada Percobaan Pertama

$(v1 \pm \Delta v1)$ cm/s	$(v2 \pm \Delta v2)$ cm/s	$(Yv2 \pm \Delta Yv2)$ cm/s	$ Yv2 - v2 $	$ \frac{Yv2 - v2}{Yv2} $	A	A %	
20	79	80	1	0.013	0.987	98.7	
20	79	80	1	0.013	0.987	98.7	
19	76	76	0	0.000	1.000	100.0	
19	76	76	0	0.000	1.000	100.0	
20	81	80	1	0.013	0.987	98.7	
20	83	80	3	0.038	0.962	96.2	
19	79	76	3	0.039	0.961	96.1	
20	79	80	1	0.013	0.987	98.7	
19	76	76	0	0.000	1.000	100.0	
20	81	80	1	0.013	0.987	98.7	
19	78	76	2	0.026	0.974	97.4	
19	78	76	2	0.026	0.974	97.4	
18	80	72	8	0.111	0.889	88.9	
19	78	76	2	0.026	0.974	97.4	
20	78	80	2	0.025	0.975	97.5	
$\Sigma v1/15 =$ 19.5	$\Sigma v2/15 =$ 78.7					$\Sigma A\%/15 = 97.6 \%$	

Pada percobaan pertama dapat diketahui bahwa alat peraga persamaan kontinuitas memiliki akurasi rata-rata sebesar 97.6 %

b). Percobaan kedua pada ketinggian awal fluida 14 cm

Tabel 11. Analisis Kesesuaian Alat Peraga Pada Percobaan Kedua

$(v1 \pm \Delta v1)$ cm/s	$(v2 \pm \Delta v2)$ cm/s	$(Yv2 \pm \Delta Yv2)$ cm/s	$ Yv2 - v2 $	$ \frac{Yv2 - v2}{Yv2} $	A	A %	
24	94	96	2	0.021	0.979	97.9	
23	92	92	0	0.000	1.000	100.0	
25	94	100	6	0.060	0.940	94.0	
25	96	100	4	0.040	0.960	96.0	
24	90	96	6	0.063	0.937	93.7	
24	92	96	4	0.042	0.958	95.8	
23	92	92	0	0.000	1.000	100.0	
23	94	92	2	0.022	0.978	97.8	
24	94	96	2	0.021	0.979	97.9	
25	94	100	6	0.060	0.940	94.0	
25	98	100	2	0.020	0.980	98.0	
25	101	100	1	0.010	0.990	99.0	
26	101	104	3	0.029	0.971	97.1	
25	98	100	6	0.060	0.940	94.0	
24	94	96	2	0.021	0.979	97.9	
$\Sigma v1/15 =$ 24.5	$\Sigma v2/15 =$ 94.9					$\Sigma A\%/10 = 96.9 \%$	

Pada percobaan kedua dapat diketahui bahwa alat peraga persamaan kontinuitas memiliki akurasi rata-rata sebesar 96.9 %

c). Percobaan ketiga pada ketinggian awal fluida 21 cm

Tabel 12. Analisis Kesesuaian Alat Peraga Pada Percobaan Ketiga

$(v1 \pm \Delta v1)$ cm/s	$(v2 \pm \Delta v2)$ cm/s	$(Yv2 \pm \Delta Yv2)$ cm/s	$ Yv2 - v2 $	$ \frac{Yv2 - v2}{Yv2} $	A	A %	
30	118	120	2	0.017	0.983	98.3	
29	116	116	0	0.000	1.000	100.0	
28	111	112	1	0.001	0.999	99.9	
28	112	112	0	0.000	1.000	100.0	
29	116	116	0	0.000	1.000	100.0	
30	116	120	4	0.033	0.967	96.7	
29	112	116	4	0.034	0.966	96.6	
28	109	112	3	0.027	0.973	97.3	
29	112	116	4	0.034	0.966	96.6	
28	114	112	2	0.018	0.982	98.2	
28	119	112	7	0.063	0.937	93.7	
28	119	112	7	0.063	0.937	93.7	
29	121	116	5	0.043	0.957	95.7	
29	118	116	2	0.017	0.983	98.3	
28	115	112	3	0.027	0.973	97.3	
$\Sigma v1/15 =$ 28.5	$\Sigma v2/15 =$ 115.2					$\Sigma A\%/15 = 97.5 \%$	

Pada percobaan ketiga dapat diketahui bahwa alat peraga persamaan kontinuitas memiliki akurasi rata-rata

sebesar 97.5 %. Dari ketiga percobaan tersebut didapatkan akurasi rata-rata alat peraga persamaan kontinuitas sebesar 97.3%.

Berdasarkan tabel kriteria interpretasi skor, alat peraga persamaan kontinuitas dapat dikatakan sesuai dengan teori persamaan kontinuitas dan berada dalam kategori sangat baik.

5. Evaluasi

Berdasarkan hasil implementasi dapat disimpulkan bahwa validasi alat peraga memiliki persentase sebesar 92.7% dan termasuk dalam kategori sangat baik. Taraf ketelitian alat peraga pada sensor pertama memiliki persentase sebesar 95.76% dan pada sensor flowmeter kedua sebesar 95.13%. Berdasarkan skala interpretasi skor taraf ketelitian alat peraga termasuk dalam kategori sangat baik. Pada uji percobaan alat peraga didapatkan akurasi alat peraga sebesar 97.3 % sehingga kesesuaian alat peraga persamaan kontinuitas terhadap teori persamaan kontinuitas termasuk dalam kategori sangat baik.

Kelebihan alat peraga persamaan kontinuitas pada penelitian ini adalah pengolahan data dilakukan secara digital yang kemudian ditampilkan dalam lcd dalam bentuk laju fluida sehingga pengguna dapat melihatnya dengan mudah. Pada alat peraga ini juga digunakan dua sensor flowmeter yang memiliki diameter berbeda sehingga dalam penerapannya pada persamaan kontinuitas dapat dilakukan dalam satu kali kerja. Selain itu alat peraga ini juga dapat dibongkar pasang sehingga fleksibel dan mudah dibawa.

Kekurangan alat peraga pada penelitian ini adalah tidak adanya penyaring fluida, sehingga apabila fluida yang digunakan kotor dapat menghambat kincir pada sensor dan menyebabkan data yang diperoleh kurang sesuai. Selain itu lcd yang digunakan pada alat peraga ini tergolong kecil, sehingga apabila digunakan sebagai media pembelajaran dalam kelas data yang ditampilkan pada lcd kurang terlihat.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa validitas alat peraga berbasis sensor flowmeter untuk menerapkan persamaan kontinuitas pada materi fluida dinamis termasuk dalam kategori sangat baik. Hal tersebut dapat diketahui dari hasil validasi alat peraga yang memperoleh persentase sebesar 92.7% dan taraf ketelitian alat peraga pada sensor flowmeter pertama sebesar 95.76% serta pada sensor flowmeter kedua sebesar 95.13%.

Kesesuaian alat peraga berbasis sensor flowmeter untuk menerapkan persamaan kontinuitas pada materi fluida dinamis terhadap teori persamaan kontinuitas termasuk dalam kategori sangat baik. Hal tersebut dapat

diketahui dari hasil percobaan menggunakan alat peraga yang menunjukkan bahwa alat peraga memiliki akurasi sebesar 97.3%.

Secara keseluruhan dilihat dari hasil validitas dan kesesuaian alat peraga berbasis sensor flowmeter untuk menerapkan persamaan kontinuitas pada materi fluida dinamis layak digunakan sebagai media pembelajaran fisika peserta didik kelas XI SMA.

DAFTAR PUSTAKA

- Affida, N., Prabowo. 2017. Pengembangan Alat Peraga IPBA-Hukum Kepler Sebagai Media Pembelajaran Fisika Pada Materi Hukum Kepler Kelas X MIA. *Inovasi Pendidikan Fisika*, 06(03), 280-284.
- Arduino. 2020. *Arduino Uno rev 3*. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. (diakses pada 6 Februari 2020).
- Ayubi, M. S. A., Dzulkifli., Endah Rahmawati. 2015. Perancangan Dan Penerapan Aparatus Pengukuran Debit Air Dengan Menggunakan Venturimeter Dan *Water Flow Sensor*. *Inovasi Fisika Indonesia*, 04(02), 21-26.
- Branch, R. M. 2009. *Instructional Design- The ADDIE Approach*. New York: Springer.
- Halliday, D. 2004. *Fundamental of Physics, 7th edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Mardani., Yohandri., Zulhendri Kamus. 2016. Pembuatan Alat Ukur Debit Air Menggunakan Sensor Aliran Berbasis Mikrokontroler Atmega 328P. *Pillar of Physics*, 08, 105-112.
- Kemendikbud. 2015. *Rumah Belajar*. sumberbelajar.belajar.kemendikbud.go.id. (diakses pada 2 November 2019).
- Koestoer, R. A. 2004. *Pengukuran Teknik*. Jakarta: UI.
- Mujadi, dkk. 1994. *Desain dan Pembuatan Alat Peraga IPA*. Jakarta: Universitas Terbuka Depdikbud
- Nasution, H. M., Endah Rahmawati. 2019. Rancang Bangun Kit Eksperimen Gaya Sentripetal Berbasis Mikrokontroler. *Inovasi Fisika Indonesia* 08(02), 33-38.
- Octaviana, K., Supriyono. 2017. Pengembangan Alat Peraga Hukum Kepler Sebagai Media Pembelajaran Fisika Pada Materi Hukum Kepler. *Inovasi Pendidikan Fisika*, 06(02), 5-9.
- Omek, F. 2008. *What Makes Physics Difficult?* *International Journal of Environmental & Science Education*, 3(1), 30-34.

- Riduwan. 2012. *Skala Pengukuran Variabel-variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Salam, Y. A., Madladzim. 2017. Alat Praktikum Beserta LKS Pada Materi Gerak Jatuh Bebas untuk Meningkatkan Keterampilan Sains Siswa SMA. *Inovasi Pendidikan Fisika*, 06(01), 12-16.
- Sari, K. 2018. Integrasi Remediasi Miskonsepsi dalam Pembelajaran Fluida Dinamis Menggunakan Pendekatan Konseptual Interaktif di SMA. Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Pendidikan Fisika, Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Sholihat, F. N., Achmad Samsudin., Muhammad Gina Nugraha. (2017). Identifikasi Miskonsepsi dan Penyebab Miskonsepsi Siswa Menggunakan Four-Tier Diagnostic Test pada Sub-materi Fluida Dinamis: Asas Kontinuitas. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 03(02), 175-180.
- Solehudin., Sentot Kusairi., Sutopo. 2016. Eksplorasi Kesulitan Siswa Terhadap Prinsip Kontinuitas Fluida dan Persamaan Bernoulli untuk Pengembangan Instrumen Tes FDT. *Seminar Nasional Jurusan Fisika FMIPA UM 2016*.
- Sudjana. 2009. *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Sutrisno. 2006. *Fisika dan Pembelajarannya*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Tim Laboratorium Fisika Dasar. 2019. *Buku Panduan Praktikum Fisika Dasar I*. Surabaya: Jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya.
- Woolnough, B., Terry Allsop. 1985. *Practical Work in Science*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Yogantari, P. 2015. Identifikasi Kesulitan Siswa dalam Pembelajaran Fisika. *Sminar Nasional Fisika dan Pembelajarannya 2015*.

