



RANCANG BANGUN ALAT UKUR JARAK ANTARA DUA TITIK DENGAN MENERAPKAN HUKUM PEMANTULAN CAHAYA

Purwoko Haryadi Santoso

Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Sulawesi Barat, Majene, Sulbar
purwokoharyadisantoso@unsulbar.ac.id

Abstract

This research is aimed to determine distance between two points using the law of reflection and analyze the feasibility of experiment kits to collect the data. The study is research and development (R&D) adapted from 4-D (Define, Design, Develop, and Disseminate) model. First step is to define the problems and to analyze phenomenon in physics learning. Next step is designing the experiment kits and student worksheet. Develop step is to assess the feasibility of experiment kits by 8 undergraduate students and to implement the experiment kits to 8 high school students in SMA N 2 Sleman. Eventually, the developed experiment kits is disseminated to physics teachers in SMA N 2 Sleman. This study proved that experiment kits is feasible for high school physics learning with score 4,00 (good category). The developed student worksheet is also feasible with score 3,97 (good category).

Keywords : measuring instrument, distance, law of reflection, learning media

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jarak antara kedua titik dengan menggunakan hukum pemantulan cahaya dan menganalisis kelayakan kit eksperimen dalam pengambilan data eksperimen. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (R&D) yang diadaptasi dari model 4-D (Define, Design, Develop, dan Disseminate). Tahap define merupakan tahap awal untuk mendefinisikan permasalahan dan menganalisis situasi dalam pembelajaran fisika. Tahap design dilakukan untuk mengembangkan kit eksperimen dan LKPD. Tahap develop dilakukan untuk menilai kelayakan kit eksperimen oleh 8 mahasiswa sejawat serta dilakukan uji terbatas pada 8 peserta didik di SMA N 2 Sleman. Padat ahap disseminate, kit eksperimen dan LKPD yang telah dikembangkan kemudian didiseminasikan kepada guru fisika di SMA N 2 Sleman. Hasil penelitian membuktikan bahwa kit eksperimen layak digunakan untuk pembelajaran Fisika SMA dengan nilai 4,00 (kategori baik). LKPD yang dikembangkan juga layak dengan nilai 3,97 (kategori baik).

Kata kunci: alat ukur, jarak, hukum pemantulan cahaya, media pembelajaran

Cara Menulis Sitasi: Santoso, P. H. (2020). Rancang bangun alat ukur jarak dengan menerapkan hukum pemantulan cahaya. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 7 (1), hal. 90-99.

Pendahuluan

Kurikulum 2013 menginstruksikan bahwa dalam setiap pembelajaran khususnya mata pelajaran fisika harus melibatkan keterampilan proses sains (Badiro et al., 2019; Marjan et al., 2014). Pembelajaran tidak hanya terpusat pada materi yang disampaikan guru saja tetapi peserta didik harus aktif selama proses pembelajaran (Fitri et al., 2013; Setyorini et al., 2011). Ilmu fisika berkaitan

dengan cara mencari tahu tentang fenomena alam secara sistematis sehingga fisika bukan hanya penguasaan kumpulan pengetahuan saja tetapi juga merupakan suatu proses penemuan (BSNP, 2006). Hal yang ditekankan adalah pemberian pengalaman langsung agar peserta didik menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah (Siswanto, 2019; Utami et al., 2017; Yuliati et al., 2018). Peserta didik dirangsang untuk memiliki rasa ingin tahu yang nantinya secara mandiri bertindak dan mencari tahu sehingga memperoleh pemahaman yang lebih mendalam dari gejala fisis yang diamatinya (Gusmida & Islami, 2017).

Pembelajaran fisika yang menekankan kepada keterampilan proses salah satunya dilaksanakan dengan metode eksperimen (Eveline et al., 2019). Dengan melaksanakan metode eksperimen dapat diciptakan keadaan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik (*student centered learning*) (İnce et al., 2015). Hal ini disebabkan peserta didik dibebaskan untuk berperan aktif dalam pembelajaran sehingga mereka dapat mengalami langsung gejala yang terjadi dan akhirnya dapat merangsang kemampuan berpikir ilmiah mereka.

Berdasarkan silabus Kurikulum 2013, cahaya dan segala gejalanya merupakan pokok bahasan mata pelajaran fisika pada peserta didik SMA kelas XII semester 1 yang didalamnya terdapat materi tentang pemantulan cahaya sedangkan konsep kinematika sudah dibahas di kelas X semester 1 (Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2014). Sampai saat ini, masih jarang guru yang mengetahui hubungan antara kedua konsep ini sehingga guru masih banyak yang belum melaksanakan eksperimen dengan menggabungkan kedua konsep ini.

Perkembangan teknologi digital berhasil memunculkan suatu alat yang bernama *electronic rangefinder* yang digunakan untuk mengukur suatu jarak tertentu (Battaglini et al., 2014). *Electronic rangefinder* menggunakan gelombang laser atau gelombang mikro untuk mengukur jarak (Koval et al., 2016; Zhao & Wang, 2012). Sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur jarak dengan *laser rangefinder* ini memiliki batas jarak maksimum tertentu yang bisa diukur. Sebuah pabrik sensor Schmitt Industries, Inc memiliki produk yaitu *Acuicity AR2500* (Dejan, 2015). Jarak maksimum yang bisa diukur oleh sensor ini adalah 260 meter. Sebuah *laser rangefinder* termurah dengan tingkat presisi yang rendah harganya bisa mencapai sekitar Rp2.000.000 (Kelemen et al., 2015).

Apabila instrumen ini diterapkan sebagai kegiatan eksperimen dalam pembelajaran fisika pada sekolah umum di Indonesia maka alat ini harganya sangat mahal dan belum terjangkau oleh sekolah SMA (Pratiwi et al., 2014; Saefullah et al., 2018). Berdasarkan pertimbangan tersebut, untuk menunjang pembelajaran dengan metode eksperimen dan dengan menggabungkan konsep pengukuran dan pemantulan cahaya, penulis mengembangkan kit eksperimen mengenai “*Alat Ukur Jarak antara 2 Titik dengan Menerapkan Hukum Pemantulan Cahaya*”. Di sisi lain, alat ini dapat dibuat oleh peserta didik sendiri dengan menggunakan alat-alat yang sederhana.

Metode

Desain Penelitian

Penelitian yang dilakukan termasuk dalam penelitian pengembangan (*Research and Development*). Pengembangan dilakukan dengan desain yang diadaptasi model 4D oleh Thiagarajan dan Semmel (Sivasailam Thiagarajan, Dorothy S. Semmel, 1974). Model 4D terdiri dari 4 tahap utama yaitu : (1) *Define* (pendefinisian); (2) *Design* (perancangan); (3) *Develop* (pengembangan); dan (4) *Disseminate* (penyebaran).

Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah 8 peserta didik SMA kelas XII semester gasal SMA N 2 Sleman.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan langkah sebagai berikut.

1. Penilaian bentuk media, dan Lembar Kegiatan Peserta didik (LKPD) menggunakan angket yang diisi oleh teman sejawat mahasiswa jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY.
2. Penilaian kelayakan perangkat pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan uji coba terbatas kepada peserta didik kelas X menggunakan angket.
3. Penilaian respons peserta didik melalui angket yang diberikan setelah uji coba dilakukan.

Analisis Data

Kelayakan kit eksperimen dianalisis secara deskriptif kualitatif berdasarkan penilaian angket yang diisi oleh mahasiswa Pendidikan Fisika FMIPA UNY. Data berupa saran penilai dan hasil observasi pengembangan selama uji coba digunakan untuk menyempurnakan media pembelajaran yang dikembangkan.

Hasil Dan Pembahasan

Rancangan Kit Eksperimen

Perangkat eksperimen dibuat dengan menggunakan bahan-bahan berikut ini :

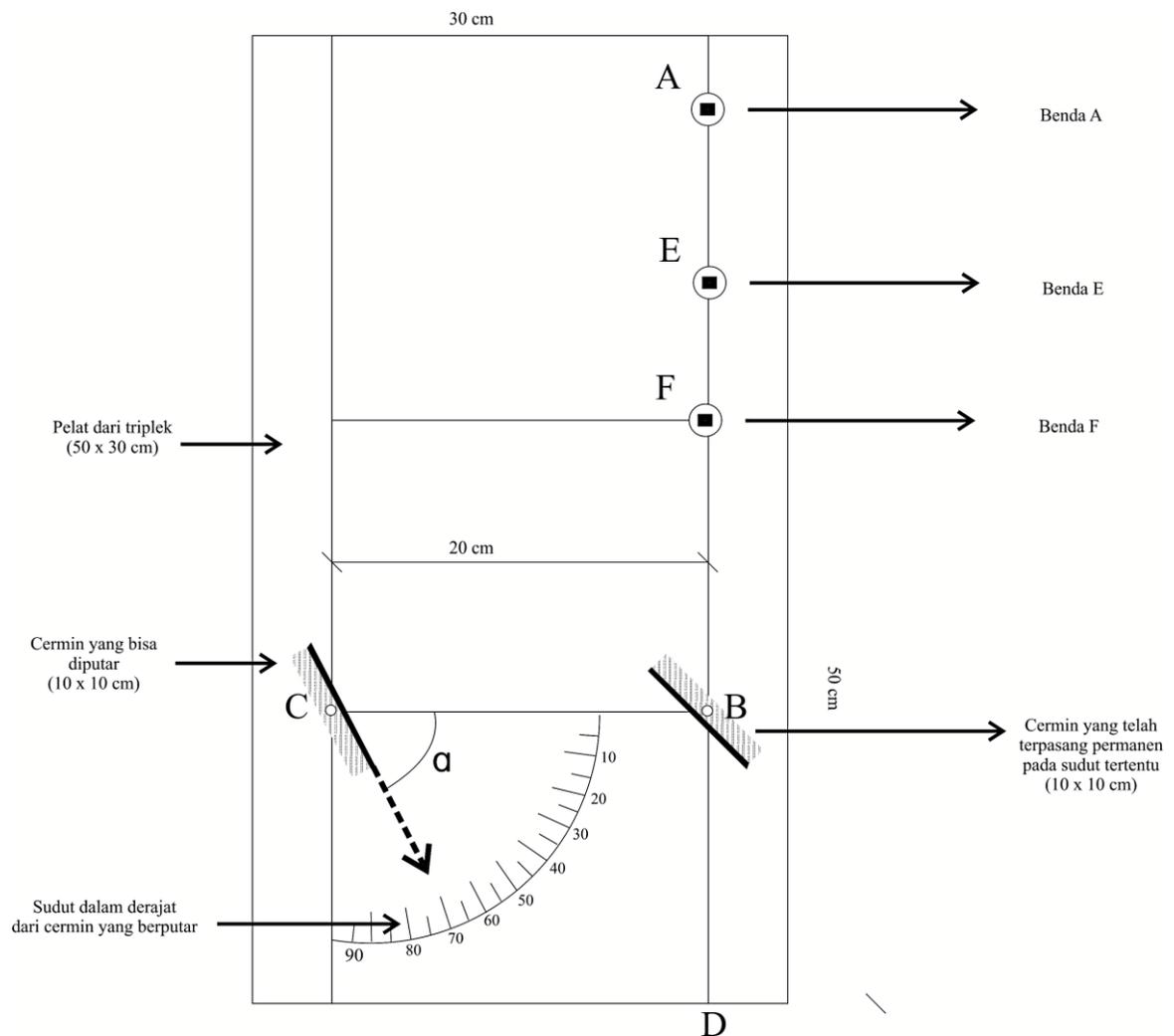
1. 2 cermin (10 x 10 cm)
2. Triplek (50 x 30 cm)
3. Busur derajat

Alat-alat yang digunakan selama eksperimen antara lain :

1. Penggaris

2. Jarum Pentul

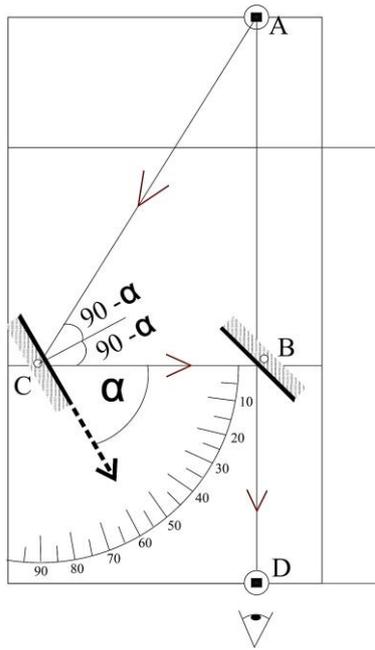
Bentuk alatnya ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. Tampilan skematik kit eksperimen dilihat dari atas

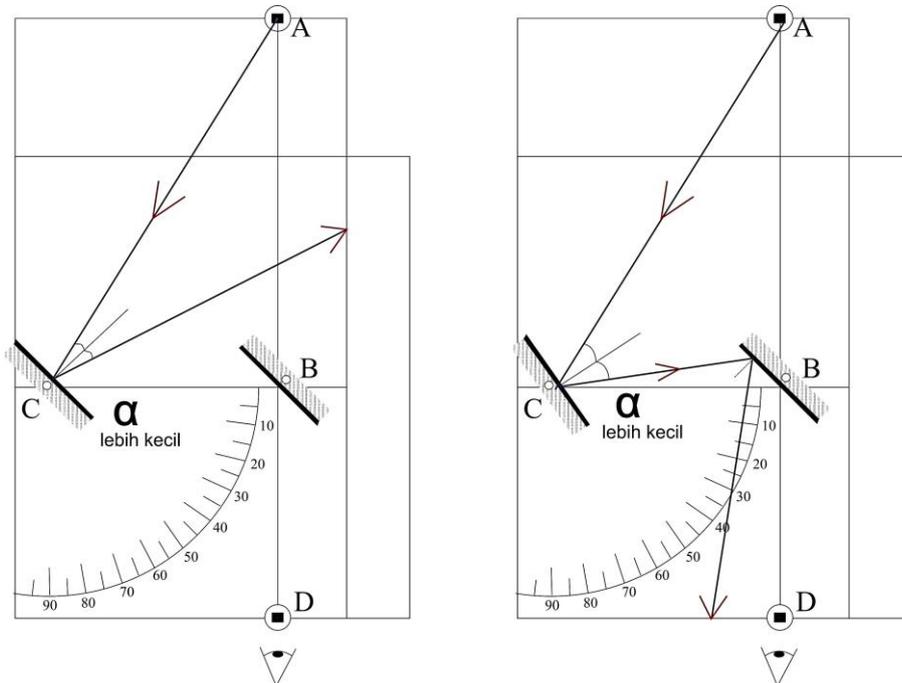
Langkah Kerja Eksperimen

Perhatikan gambar 2, benda terletak di titik A dan akan diukur jarak AD dengan cara melihat bayangan benda A pada cermin B. Pada langkah kerja, praktikan harus melihat bayangan benda A melalui cermin B dengan syarat, bayangan benda A pada cermin B harus terlihat berada segaris lurus dengan garis AD . Untuk mencapai kondisi ini maka cermin C diputar sampai sudut α tertentu sampai bayangan benda A pada cermin B segaris lurus dengan garis AD .



Gambar 2. Proses Jalannya Sinar pada Kit Eksperimen

Jika sudut α sudah benar, maka bayangan benda A pada cermin B pasti sudah segaris lurus dengan garis AD. Jika sudut α belum benar (lebih besar atau lebih kecil dari sudut α yang seharusnya), maka bayangan benda A pada cermin B mungkin bisa berada di sebelah kanan atau kiri terhadap garis AD. Ini dapat dijelaskan dengan menganalisis bagaimana jalannya sinar yang terjadi ketika sudut α lebih besar atau lebih kecil dari sudut α yang seharusnya. Jika sudut α lebih kecil dari sudut α yang seharusnya maka proses jalannya sinar akan terjadi seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Kasus sudut α lebih kecil dari sudut α seharusnya

Penjelasan Matematis

Misal dibuat asumsi berdasarkan pada gambar 2.

1. Jarak antara 2 cermin adalah “BC”
2. Jarak titik A dari titik D adalah “AD”
3. Cermin permanen (B) membentuk sudut 45° dengan sumbu “BC”
4. Putaran dari cermin C ditunjukkan oleh sudut α (dibawah sumbu “BC”)
5. Jarak BD sama dengan jarak BC

Untuk mencari AD, caranya sebagai berikut,

$$AD = BD + AB \quad (1)$$

$$AD = BC + AB \quad (2)$$

$$\tan (180 - 2\alpha) = \frac{AB}{BC} \quad (3)$$

dengan memasukkan persamaan (3) ke persamaan (2) diperoleh,

$$AB = BC \times \tan (180 - 2\alpha)$$

$$AD = BC + BC \times \tan (180 - 2\alpha)$$

$$AD = BC (1 + \tan (180 - 2\alpha))$$

$$AD = BC(1 - \tan(2\alpha)) \quad (4)$$

Jarak BC diketahui (jarak antara 2 cermin). Sudut α bisa diukur. Oleh karena itu, dengan persamaan (4) kita bisa menentukan jarak antara dua titik (A dan D).

Kelayakan Kit Eksperimen

1. Akurasi hasil pengukuran

Kemudian, akurasi adalah ukuran seberapa dekat suatu alat akan memberikan hasil yang mendekati nilai sebenarnya. Tingkat kepresisian suatu alat ukur ditentukan oleh koefisien kesalahan standar. Untuk melihat keakurasi kit eksperimen perhatikan tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Analisis Tingkat Presisi Kit Eksperimen

Panjang yang terukur kit eksperimen (X)	Rata-rata hasil ukur (\bar{X})	(X - \bar{X})	(X - \bar{X}) ²	Standar Deviasi (ΔX)	$\frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\%$
52,01	50,59	1,42	2,0164	1,29	2,55%
49,65	50,59	-0,94	0,8836		
52,01	50,59	1,42	2,0164		
49,65	50,59	-0,94	0,8836		
49,65	50,59	-0,94	0,8836		
Jumlah			6,6836		
40,71	41,03	-0,32	0,1024	1,22	2,97%
42,21	41,03	1,18	1,3924		
42,21	41,03	1,18	1,3924		

Panjang yang terukur kit eksperimen (X)	Rata-rata hasil ukur (\bar{X})	$(X - \bar{X})$	$(X - \bar{X})^2$	Standar Deviasi (ΔX)	$\frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\%$
40,71	41,03	-0,32	0,1024		
39,31	41,03	-1,72	2,9584		
Jumlah			5,948		
29,76	30,28	-0,52	0,2704		
30,63	30,28	0,35	0,1225		
30,63	30,28	0,35	0,1225		
30,63	30,28	0,35	0,1225	0,48	1,58%
29,76	30,28	-0,52	0,2704		
Jumlah			0,9083		

Pada tabel 1 diatas menunjukkan nilai ketidakpastian relatif kit eksperimen. Kit eksperimen memperoleh ketidakpastian relatif yang kurang dari 3% atau dengan kata lain 97% data hasil pengukuran dengan kit eksperimen ini sesuai dengan nilai yang sebenarnya (nilai yang terukur oleh mistar). Apabila nilai 97% ini dikonversi kedalam skala 5 maka diperoleh nilai 4,88 yang termasuk dalam kategori Sangat Baik. Artinya kit eksperimen memiliki nilai hasil ukur yang mendekati dengan nilai sebenarnya (hasil ukur yang terukur oleh mistar). Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa kit eksperimen memiliki tingkat akurasi tinggi.

2. *Kelayakan berdasarkan penilaian ahli*

Dalam penelitian ini, terdapat 12 aspek yang menjadi acuan penilaian sebagai syarat sebuah kit eksperimen dikatakan layak atau berkualitas. Adapun aspek-aspek tersebut adalah desain alat, kualitas bentuk (*build quality*), kepresisian bentuk alat sesuai rancangan awal, kemudahan dalam menentukan alat dan bahan, kemudahan dalam produksi, kemudahan penggunaan alat, kalibrasi skala ukur, ketepatan analisis alat secara teori, kesesuaian dengan materi fisika, kualitas hasil ukur (akurasi dan presisi), inovasi yang dilakukan pada alat, dan keamanan penggunaan. Berdasarkan penilaian ahli, berikut hasil analisis mengenai kualitas dengan acuan kedua belas aspek tersebut :

1. Pada aspek desain, kit eksperimen yang dikembangkanmendapatkan skor 3,88 (baik). Kit eksperimen sudah bisa digunakan dan mempunyai fungsi dalam kegiatan pembelajaran. Selain itu, dengan kit eksperimen yang didesain seperti dalam penelitian ini, kit eksperimen dapat mempermudah dalam aktivitas pembelajaran.
2. Pada aspek kualitas bentuk, kit eksperimen mendapatkan skor 3,63 (baik). Kualitas papan triplek yang digunakan adalah standar yang biasa digunakan sebagai papan triplek bingkai. Selain itu, pada bagian ujung – ujung alat, sudah baik tanpa ada bagian yang mungkin bisa menyebabkan luka saat menggunakannya. Pada bagian bawah papan juga diberi kayu seperti bingkai untuk menghasilkan papan yang bisa datar apabila diletakkan di atas meja dalam kegiatan pembelajaran di kelas.

3. Pada aspek kepresisian bentuk alat sesuai rancangan awal validator memberi nilai 3,63 (baik). Ini artinya bentuk kit eksperimen yang dihasilkan secara nyata dibandingkan dengan bentuk yang tergambar dalam desain tidak terdapat banyak perbedaan bahkan mungkin sangat sesuai.
4. Pada aspek kemudahan dalam menentukan alat dan bahan validator memberi nilai 4,5 (baik). Ini jelas karena alat dan bahan yang digunakan dalam membuat kit eksperimen sangat mudah ditemui dalam kehidupan sehari – hari seperti papan triplek, cermin, mistar, dan busur derajat.
5. Kemudian, untuk aspek kemudahan dalam produksi kit eksperimen yang dikembangkan mendapatkan skor 4,25 (sangat baik). Ini menunjukkan bahwa kit eksperimen sangat mudah untuk diproduksi karena alat dan bahan yang digunakan sebagian besar merupakan alat yang dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.
6. Aspek kemudahan dalam penggunaan kit eksperimen yang dikembangkan mendapatkan skor 4,25 (sangat baik). Ini artinya kit eksperimen yang dikembangkan sangat mudah dalam penggunaannya, hal tersebut dibantu dengan adanya Lembar Kerja Peserta didik. Di dalam LKPD telah diarahkan bagaimana cara melakukan percobaan sehingga memudahkan peserta didik dalam melakukan percobaan.
7. Selanjutnya, pada aspek kalibrasi skala ukur kit eksperimen memperoleh skor 3,88 (baik). Hasil ini menunjukkan bahwa skala ukur yang digunakan dalam kit eksperimen yaitu skala derajat pada busur untuk mengukur sudut α telah terkalibrasi dengan baik.
8. Aspek selanjutnya adalah ketepatan analisis alat secara teori. Kit eksperimen memperoleh skor 4,13 (baik). Bicara tentang ketepatan analisis alat secara teori mengarah pada bagaimana penulis bisa menemukan ide seperti apa mengukur suatu jarak antara dua titik tanpa menggunakan penggaris. Setelah melakukan kajian teori yang mendalam ditemukan hukum pemantulan cahaya yang berbunyi “sinar datang berada pada bidang yang sama dengan garis normal dan sinar pantul. Selain itu, besar sudut datang selalu sama dengan sudut pantul”. Hukum ini telah terbukti benar dalam beberapa eksperimen yang telah dilakukan fisikawan.
9. Kemudian, pada aspek kesesuaian dengan materi fisika, kit eksperimen mendapatkan skor 3,88 (baik). Hal ini jelas karena kit eksperimen ini sebelum dirancang pada tahap *design* sudah dianalisis agar sesuai dengan permasalahan yang terdapat dalam pembelajaran fisika. Hal ini dilakukan pada tahap *define*.
10. Aspek yang tidak kalah penting yang menentukan kit eksperimen itu layak digunakan atau tidak adalah kualitas hasil ukur (akurasi dan presisi). Aspek ini merupakan aspek paling penting dalam menentukan kelayakan kit eksperimen. Ini disebabkan apabila aspek ini tidak dipenuhi maka kit eksperimen yang dikembangkan akan kehilangan fungsi sebagai alat ukur. Selanjutnya, kit eksperimen yang dikembangkan ini harus diperbaiki lagi. Akan tetapi, kit eksperimen dalam penelitian ini telah mendapatkan nilai 3,75 (baik).
11. Selanjutnya, inovasi yang dilakukan pada alat. Untuk menilai aspek ini dapat dilihat dari nilai oleh ahli. Kit eksperimen yang dikembangkan mendapatkan skor 3,75 (baik).
12. Aspek yang terakhir adalah keamanan kit eksperimen. Kit eksperimen yang dikembangkan mendapatkan skor 4,50 (baik). Ini menunjukkan bahwa kit eksperimen sangat aman

apabila digunakan sebagai media pembelajaran fisika SMA.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa : kit eksperimen yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat digunakan untuk mengukur jarak antara dua titik dengan menerapkan hukum pemantulan cahaya. Kit eksperimen layak digunakan untuk pembelajaran fisika di SMA ditinjau dari skor validasi ahli sebesar 4,00 yang termasuk dalam kategori baik. Kit eksperimen mampu menghasilkan hasil ukur yang akurat dan presisi serta memenuhi kriteria kelayakan yang telah didefinisikan pada landasan teori.

Daftar Pustaka

- Badiro, D., Syuhendri, S., & Fathurohman, A. (2019). Pengembangan Media Pembelajaran Aplikasi Android berbasis Teori Perubahan Konseptual Materi Tata Surya dan Fase Bulan Mata Kuliah IPBA. *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika*.
<https://doi.org/10.36706/jipf.v6i1.7825>
- Battaglini, L., Burrascano, P., Angelis, A. De, Moschitta, A., & Ricci, M. (2014). A low-cost ultrasonic rangefinder based on frequency modulated continuous wave. *20th IMEKO TC4 Symposium on Measurements of Electrical Quantities: Research on Electrical and Electronic Measurement for the Economic Upturn, Together with 18th TC4 International Workshop on ADC and DCA Modeling and Testing, IWADC 2014*.
- BSNP. (2006). Permendiknas Nomor 22 Tahun 2006. *Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional*.
- Dejan. (2015). *Ultrasonic Sensor HC-SR04 and Arduino Tutorial*. Copyright © 2019 HowToMechatronics.Com.
- Eveline, E., Jumadi, Wilujeng, I., & Kuswanto, H. (2019). The Effect of Scaffolding Approach Assisted by PhET Simulation on Students' Conceptual Understanding and Students' Learning Independence in Physics. *Journal of Physics: Conference Series*.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1233/1/012036>
- Fitri, L. A., Kurniawan, E. S., & Ngazizah, N. (2013). Pengembangan Modul Fisika pada Pokok Bahasan Listrik Dinamis Berbasis Domain Pengetahuan Sains untuk Mengoptimalkan Minds-On Siswa SMA Negeri 2 Purworejo Kelas X Tahun Pelajaran 2012/2013. *Jurnal Radiasi*.
- Gusmida, R., & Islami, N. (2017). The Development of Learning Media for the Kinetic Theory of Gases Using the ADDIE Model with Augmented Reality. *JOURNAL OF EDUCATIONAL SCIENCES*. <https://doi.org/10.31258/jes.1.1.p.1-10>
- İnce, E., Kirbaşlar, F. G., Güneş, Z. Ö., Yaman, Y., Yolcu, Ö., & Yolcu, E. (2015). An Innovative Approach in Virtual Laboratory Education: The Case of "IUVIRLAB" and Relationships between Communication Skills with the Usage of IUVIRLAB. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.377>
- Kelemen, M., Virgala, I., Kelemenová, T., Miková, L., Frankovský, P., Lipták, T., & Lörinc, M. (2015). Distance Measurement via Using of Ultrasonic Sensor. *Journal of*

- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2014). Materi Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013 Tahun 2014. *Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pendidikan Dan Kebudayaan Dan Penjaminan Mutu Pendidikan*. <https://doi.org/10.3406/arch.1977.1322>
- Koval, L., Vaňuš, J., & Bilík, P. (2016). Distance Measuring by Ultrasonic Sensor. *IFAC-PapersOnLine*. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.026>
- MARJAN, J., Arnyana, M., & Setiawan, M. (2014). Pengaruh Pembelajaran Pendekatan Saintifik Terhadap Hasil Belajar Biologi Dan Keterampilan Proses Sains Siswa MA. Mu Allimat NW Pancor Selong Kabupaten Lombok Timur Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran IPA Indonesia*.
- Pratiwi, I., Murniati, M., & Fathurohman, A. (2014). Pengaruh metode praktikum menggunakan kit optik terhadap hasil belajar siswa pada pokok bahasan cahaya di kelas VIII SMP Negeri 1 Prabumulih. *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika*.
- Saefullah, A., Fakhturrokhman, M., Oktarisa, Y., Arsy, R. D., Rosdiana, H., Gustiono, V., & Indriyanto, S. (2018). Rancang Bangun Alat Praktikum Hukum Ohm Untuk Memfasilitasi Kemampuan Berfikir Tingkat Tinggi (Higher Order Thinking Skills). *Gravity : Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Fisika*. <https://doi.org/10.30870/gravity.v4i2.4035>
- Setyorini, U., Sukiswo, S. E., & Subali, B. (2011). Penerapan Model Problem Based Learning Untuk Smp. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v7i1.1070>
- Siswanto, J. (2019). Implementasi Model IBMR Berbantu PhET Simulation untuk Meningkatkan Kemampuan Representasi pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v10i2.4437>
- Sivasailam Thiagarajan, Dorothy S. Semmel, and M. I. S. (1974). Instructional Decelopment For Training Teachers Of Exception Children. *A Sourcebook ERIC*.
- Utami, I. S., Septiyanto, R. F., Wibowo, F. C., & Suryana, A. (2017). Pengembangan STEM-A (Science, Technology, Engineering, Mathematic and Animation) Berbasis Kearifan Lokal dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*. <https://doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v6i1.1581>
- Yuliati, L., Riantoni, C., & Mufti, N. (2018). Problem solving skills on direct current electricity through inquiry-based learning with PhET simulations. *International Journal of Instruction*. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.1149a>
- Zhao, H., & Wang, Z. (2012). Motion measurement using inertial sensors, ultrasonic sensors, and magnetometers with extended kalman filter for data fusion. *IEEE Sensors Journal*. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2011.2166066>