

PENGEMBANGAN MEDIA HUKUM MELDE BERBASIS APLIKASI *PHYSICS TOOLBOX SENSOR SUITE* PADA MATERI GELOMBANG STASIONER KELAS XI SMA

Aditya Vidia Febrianti, Prabowo

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

Email: aditya.17030184018@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan validitas alat peraga hukum Melde berbasis aplikasi *physics toolbox sensor suite* untuk menentukan cepat rambat gelombang pada materi gelombang stasioner. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan model *ADDIE* (*Analysis, Design, Development, Implementation, evaluation*). Validitas alat peraga hukum Melde dinilai berdasarkan hasil yang dilakukan oleh validator ahli dan taraf ketelitian menggunakan alat peraga. Berdasarkan data yang diperoleh tingkat validitas alat peraga hukum Melde berbasis aplikasi *physics toolbox sensor suite* termasuk dalam kategori sangat layak dikarenakan hasil validasi dan taraf ketelitian alat peraga memiliki presentase $\geq 61\%$. Hasil validasi alat peraga menunjukkan presentase sebesar 89,38% dan data hasil percobaan hukum Melde pada percobaan 1 memiliki presentase sebesar 96,40%, pada percobaan 2 memiliki presentase sebesar 98,99% dan pada percobaan 3 memiliki presentase sebesar 95,80% sehingga kesesuaian alat peraga hukum Melde termasuk dalam kategori sangat layak.

Kata Kunci : *Physics toolbox sensor suite*, cepat rambat gelombang, gelombang stasioner

Abstract

This research aims to describe the validity of Melde law teaching aids based on the physics toolbox sensor suite application to determine the fast propagation of waves in stationary wave material. This type of research is a research development using the ADDIE model (Analysis, Design, Development, Implementation, evaluation). The validity of Melde's legal props is assessed based on the results made by expert validators and the level of accuracy using props. Based on the data obtained, the validity level of Melde's law teaching aids based on the physics toolbox sensor suite application is in the very feasible category because the results of the validation and the level of accuracy of the teaching aids have a percentage of $\geq 61\%$. The results of the validation of the props show a percentage of 89.38% and the results of the Melde law experiment data in experiment 1 have a percentage of 96.40%, in experiment 2 it has a percentage of 98.99% and in experiment 3 it has a percentage of 95.80% so that The suitability of Melde's legal props is in the very feasible category.

Keywords: *Physics toolbox sensor suite, fast wave propagation, stationary waves*

PENDAHULUAN

Perkembangan TIK atau Teknologi Informasi dan Komunikasi dan tuntutan pembelajaran abad 21 telah menimbulkan terciptanya inovasi-inovasi dalam segala bidang, dan yang tidak luput dari perkembangan tersebut adalah bidang pendidikan (Bakri & Mulyati 2017; Downes 2002). Dalam proses pembelajaran, dunia pendidikan dituntut untuk dapat menyesuaikan perkembangan teknologi sebagai upaya dalam meningkatkan kualitas pendidikan dalam bidang TIK atau Teknologi Informasi dan Komunikasi (Budiman, 2017). Sehingga dengan adanya inovasi pendidikan terutama dalam proses pembelajaran diharapkan bisa memenuhi tuntutan pembelajaran abad 21.

Pendidikan adalah hal yang penting dan dibutuhkan oleh semua manusia untuk keberlangsungan hidupnya agar menjadi lebih bermartabat. Pendidikan mempunyai peranan yang sangat penting dalam menciptakan sumber daya manusia (Prasiwi, 2018). Setiap manusia berhak untuk mendapatkan pendidikan yang layak untuk bisa merubah hidupnya kearah yang lebih baik. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 20 tahun 2003 pasal 1 ayat (1) dalam (Kemendikbud, 2017). Pendidikan adalah pondasi dasar dimiliki oleh semua manusia untuk bisa mengembangkan dan menggali potensi yang ada dalam dirinya, dan diharapkan potensi tersebut bisa berguna bagi dirinya di masa depan, dan juga untuk bangsa dan negara.

Untuk mewujudkan hal tersebut maka peserta didik harus mempunyai beberapa kemampuan yang nantinya akan berguna dalam mewujudkan tujuan pendidikan di Indonesia. Sesuai dengan penerapan Kurikulum 2013 meliputi pengembangan kompetensi sikap, pengetahuan dan ketrampilan. Peserta didik harus mampu untuk belajar dan mengevaluasi kemampuannya dalam ketrampilan eksperimen khususnya eksperimen fisika. Dengan adanya eksperimen diharapkan akan menimbulkan pemahaman dan mereka akan belajar untuk menemukan dan membuktikan sendiri mengenai hukum yang sedang dipelajari. Sehingga pemahaman tersebut akan mampu bertahan dalam jangka waktu yang lama. Dan melalui kegiatan eksperimen ini peserta didik mampu menghasilkan pengetahuan mereka sendiri selama melakukan eksperimen. Pendidikan dan proses pembelajaran yang terus berkembang mampu menghasilkan sumber daya manusia yang unggul. Seperti halnya yang tertuang dalam (Kemendikbud, 2017), untuk dapat menghadapi tantangan abad 21, peserta didik diminta untuk terampil dalam menggunakan media dan teknologi.

Media adalah alat yang digunakan untuk menyampaikan informasi dari pengirim ke penerima (Sutikno, 2013). Dalam bidang pendidikan, media merupakan bagian dari kegiatan belajar mengajar atau biasa disebut media pembelajaran. Media pembelajaran merupakan hal-hal yang berguna sebagai penyalur pesan (*message*), perangsang pikiran, perhatian perasaan, dan kemauan peserta didik sehingga dapat mendorong proses belajar (Asyhari dan Silvia, 2016). Media pembelajaran merupakan faktor penentu keberhasilan dalam proses pembelajaran (Zahro, dkk., 2017). Media pembelajaran sebagai penunjang kegiatan belajar mengajar disebut alat peraga. (Arsyad, 2016). Media pembelajaran yang bisa digunakan adalah alat praktikum yang bisa menunjang motivasi selama proses pembelajaran dan bisa menarik minat peserta didik mempelajari fisika, sehingga diharapkan nantinya pelajaran fisika tidak lagi menjadi pelajaran yang ditakuti oleh peserta didik. Media Pembelajaran tidak harus mahal, yang terpenting adalah konsep yang diajarkan melalui media tersebut sesuai dengan kompetensi dasar yang dibutuhkan peserta didik. Penggunaan media pembelajaran dalam proses belajar mengajar diharapkan mampu membangkitkan keinginan dan minat baru dalam diri peserta didik serta membangkitkan motivasi dan rangsangan dalam kegiatan belajar, dan membawa pengaruh-pengaruh psikologis terhadap peserta didik (Arsyad, 2016). Dengan harga yang terjangkau, media pembelajaran mampu menjelaskan hal-hal abstrak yang sebelumnya hanya bisa dibayangkan oleh peserta didik dan mampu memberikan

pengalaman kepada peserta didik dalam melakukan eksperimen.

Sains atau Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dibagi menjadi beberapa cabang ilmu, salah satunya adalah Fisika. Fisika adalah cabang ilmu yang mempelajari fenomena dan arti fisis dari suatu kejadian yang terdapat di alam dan terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Fisika adalah ilmu yang didasarkan pada pengamatan eksperimental dan pengukuran kuantitatif dengan tujuan untuk mencari hukum-hukum dasar yang menjelaskan tentang suatu fenomena Fisika (Serway & Jewett, 2014). Dalam dunia pendidikan, fisika dianggap sebagai mata pelajaran yang sukar dipahami oleh peserta didik. Penelitian menunjukkan sebanyak 33% peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami konsep fisika (Yogantari, 2015).

Berdasarkan penelitian (Husni Mubarak, 2018) menyatakan bahwa selama ini mata pelajaran fisika masih banyak ditakuti oleh peserta didik, hanya sebagian kecil peserta didik yang tertarik untuk mempelajari materi fisika secara mendalam. Ketidaktertarikan peserta didik disebabkan oleh beberapa alasan, diantaranya yaitu proses pembelajaran satu arah, terlalu banyak rumus yang dipelajari, proses pembelajaran monoton dan hanya berlangsung di kelas sehingga kurangnya pengalaman yang diperoleh peserta didik melalui kegiatan eksperimen.

Materi gelombang berjalan dan stasioner adalah salah satu materi Fisika pada jenjang SMA kelas XI semester genap. Percobaan hukum Melde termasuk dalam aplikasi gelombang stasioner yang bisa dituangkan dalam bentuk alat peraga.

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan peneliti di SMA Negeri 1 Lamongan, diketahui kegiatan praktikum memang beberapa kali pernah dilakukan, namun untuk materi gelombang stasioner sendiri tidak pernah dilakukan, dikarenakan belum terdapat fasilitas berupa alat praktikum hukum Melde. Berdasarkan masalah yang telah dijabarkan diatas maka penulis membuat alat peraga hukum Melde dengan berbasis aplikasi *physics toolbox sensor suite* dengan harga yang terjangkau. Alat peraga ini dikembangkan dengan speaker bluetooth dan alat ini mampu menggunakan beban sampai 100 gram dan alat peraga hukum Melde ini juga mampu menggunakan frekuensi mulai dari 10. Alat peraga hukum Melde dikembangkan dengan komponen yang mudah dicari dan harga yang mudah dijangkau.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, peneliti melakukan penelitian dengan judul "Pengembangan Media Hukum Melde Berbasis Aplikasi *Physics Toolbox Sensor Suite* Pada Materi Gelombang Stasioner Kelas XI SMA" dengan tujuan untuk mendeskripsikan validitas

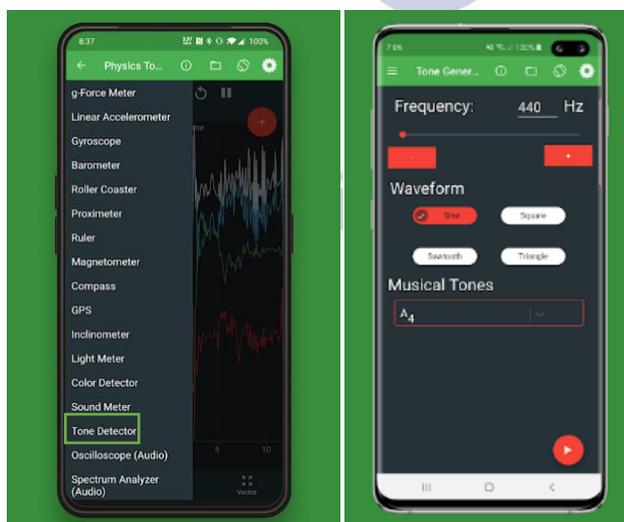
alat peraga hukum Melde berbasis aplikasi *Physics Toolbox Sensor Suite* untuk menentukan cepat rambat gelombang pada materi gelombang stasioner.

PEMBAHASAN

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 dengan melibatkan peserta didik dapat memberikan pengalaman dalam melakukan kegiatan praktikum secara langsung (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 alat peraga hukum Melde berbasis aplikasi *physics toolbox sensor suite* untuk menentukan cepat rambat gelombang pada tali.

Aplikasi ini dapat diunduh pada Google Playstore atau Appstore dengan kata kunci pencarian "*Physics Toolbor*". Aplikasi *Physics Toolbox* ini dapat digunakan pada Android versi 4.1 ke atas. Aplikasi *Physics Toolbox* dapat digunakan secara gratis dan juga berbayar (*Physics Toolbox Suite Sensor Pro*). Untuk dapat menggunakan aplikasi *Physics Toolbox Suite Sensor Pro* terlebih dahulu kita harus membayar sebesar Rp. 40.000,00. Dalam penelitian ini menggunakan aplikasi *Physics Toolbor Suite Sensor* yang biasa, tanpa pembayaran dan dalam aplikasi tersebut fitur yang digunakan dalam penelitian ini adalah fitur *Tone Generator* atau pembangkit nada pada aplikasi *Physics Toolbox Suite Sensor*. Berikut ini adalah tampilan yang akan digunakan pada aplikasi *Physics Toolbox Suite Sensor* :



Gambar 1. Tampilan fitur *Tone Generator* pada aplikasi *Physics Toolbox Sensor Suite*
(Sumber: www.vieyrasoftware.net)

Bagian frekuensi berfungsi untuk mengatur besar kecilnya frekuensi yang akan digunakan. Cara pengaturan dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu 1) dengan mengetikkan angka tertentu pada bagian angka yang terdapat di sebelah kanan tulisan *frequency*, 2) dengan menggeser titik merah di bawah tulisan *frequency*, 3) dengan menekan tombol (-) atau (+) di bawah titik merah, tombol (-) untuk mengurangi nilai frekuensi dan (+) untuk menambah nilai frekuensi yang di inginkan. Jangkauan frekuensi yang dapat digunakan yaitu mulai 0 Hz hingga 20.000 Hz. Bagian *waveform* berfungsi untuk mengatur bentuk gelombang output yang akan digunakan. Pada bagian ini terdapat beberapa pilihan jenis bentuk gelombang, yaitu: 1) sine (sinus), 2) square (kotak), 3) *sawtooth* (gigi gergaji), dan (4) triangle (segitiga) dan terakhir adalah bagian *Musical Tones* yang berfungsi untuk mengatur tinggi rendahnya nada yang akan digunakan. Pada bagian ini terdapat beberapa pilihan, yaitu nada C_4 , nada C_4^\sharp , nada D_4 , nada D_4^\sharp , nada E_4 , nada F_4 , nada F_4^\sharp , nada G_4 , nada G_4^\sharp , nada A_4 , nada A_4^\sharp , nada B_4 , nada C_5 , dan nada C_6 . Sedangkan tombol *play/pause* berguna untuk menjalankan/menjeda frekuensi yang telah diatur. Dengan menekan tombol *play* maka aplikasi tersebut akan mengeluarkan suara sesuai dengan jenis nada dan frekuensi yang digunakan dan tombol *pause* maka kita bisa menjeda atau menghentikan aplikasi.

Materi yang menjadi pokok bahasan dari penelitian ini adalah materi gelombang stasioner. Pengertian Gelombang, secara umum adalah usikan yang bergerak melalui media (pengecualian adalah gelombang elektromagnetik, yang dapat melakukan perjalanan melalui ruang hampa. Contohnya gelombang cahaya dan radio). Gelombang membawa energi, tetapi tidak ada transportasi materi. Dalam gelombang periodik, pulsa dari jenis yang sama mengikuti satu sama lain secara berurutan (Arthur Beisher, 1986). Ada beberapa istilah dalam gelombang yaitu:

1. Laju gelombang
Seberapa cepat suatu puncak merambat sama dengan hasil kali panjang gelombang dan frekuensi
$$v = \lambda \cdot f \quad (1.1)$$

(Giancoli, 1998)
2. Panjang gelombang
Panjang gelombang adalah jarak antara dua puncak yang berurutan (Giancoli, 1998).
$$\lambda = \frac{2l}{n} \quad (1.2)$$
3. Periode
Periode adalah waktu yang diperlukan untuk satu siklus lengkap (bolak-balik) (Giancoli, 1998).
4. Frekuensi

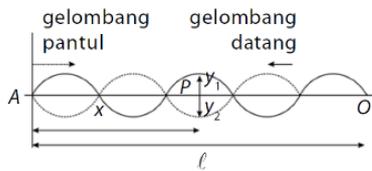
Frekuensi adalah jumlah siklus per detik (Giancoli, 1998).

5. Amplitudo

Amplitudo adalah ketinggian maksimum suatu puncak atau kedalaman lembah, relatif terhadap posisi normal (atau seimbang) (Giancoli, 1998).

Gelombang stasioner adalah sebuah tali yang salah satu ujungnya digoyangkan dan ujung satunya tetap, suatu gelombang yang kontinu akan merambat ke ujung yang tetap dan di pantulkan kembali dengan terbalik. Tetapi jika menggetarkan tali dengan frekuensi tepat, kedua gelombang akan berinterferensi sehingga menghasilkan **gelombang berdiri** dengan amplitudo yang besar dan disebut dengan **gelombang berdiri** atau **gelombang stasioner** (Giancoli, 1998).

Gelombang stasioner pada tali dengan ujung yang terikat diperoleh dengan menggetarkan seutas tali yang ujungnya terikat sehingga tidak dapat bergerak seperti pada gambar 2 di bawah ini :



Gambar 2 Simpangan gelombang datang y_1 dan simpangan gelombang pantul y_2 pada ujung terikat yang memiliki beda fase 180°

(Sumber : Buku Fisika SMA “Mudah dan Aktif Belajar Fisika, Dudi Indrajat)

Titik O adalah titik awal rambatan gelombang datang dengan l = panjang tali, x = jarak titik P yang merupakan perpaduan gelombang datang y_1 dan gelombang pantul y_2 (Mudah dan Aktif Belajar Fisika untuk Kelas XII, Dudi Indrajat, 2009). Secara matematis persamaan simpangan keduanya dapat dituliskan :

$$y_p = 2A \sin 2\pi \left(\frac{x}{\lambda}\right) \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{l}{\lambda}\right) \quad (1.3)$$

$$y_p = 2A \sin kx \cos(\omega t - kl) \quad (1.4)$$

Amplitudo gelombang di titik P dapat ditulis sebagai berikut :

$$A_p = 2A \sin 2\pi \left(\frac{l}{\lambda}\right) \quad (1.5)$$

$$A_p = 2A \sin kx \quad (1.6)$$

Berdasarkan gambar dan persamaan yang telah diberikan maka dapat diketahui letak perut dan simpulnya adalah sebagai berikut :

a. Letak perut dari ujung pemantul (x_p)

$$x_p = (2n + 1)1/4\lambda, \quad (1.7)$$

dengan $n = 0, 1, 2, \dots$

Dimana :

x_p = letak perut ke-n

Dengan demikian, perut terbentuk pada posisi $x = \frac{1}{4}\lambda, \frac{3}{4}\lambda, \frac{5}{4}\lambda, \dots$

b. Letak simpul dari ujung pemantul (x_s)

$$x_s = (n) 1/2\lambda, \quad (1.8)$$

dengan $n = 0, 1, 2, \dots$

Dimana :

x_s = letak perut ke-n

Dengan demikian, simpul terbentuk pada posisi

$$x = 0, \frac{1}{2}\lambda, \lambda, \frac{3}{2}\lambda, \dots$$

Berdasarkan hasil eksperimen dapat diperoleh kesimpulan hubungan antara variabel-variabel hukum Melde yaitu cepat rambat tali atau dawai berbanding lurus dengan akar panjang dawai atau tali, berbanding terbalik dengan akar massa dawai atau tali, berbanding lurus dengan akar gaya tegangan dawai, berbanding terbalik dengan akar massa per satuan panjang dawai atau tali (μ) (Fisika Untuk SMA/MA Kelas XII, 2009).

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \text{dan} \quad \mu = \frac{m}{l} \quad (1.9)$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{m/l}} = \sqrt{\frac{Fl}{m}} \quad (2.0)$$

Dalam keadaan setimbang, posisi gaya (F) berbanding lurus dengan densitas massa (massa per satuan panjang tali) μ .

Dimana :

v = cepat rambat gelombang (m/s)

F = gaya tegangan tali (N)

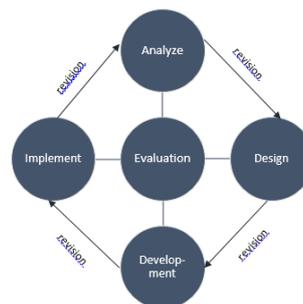
μ = massa jenis tali (kg/m)

m = massa tali (kg)

l = panjang tali (m)

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dikembangkan pada penelitian ini adalah penelitian pengembangan, yaitu mengembangkan media pembelajaran hukum Melde dengan menggunakan metode pengembangan model ADDIE, yaitu *Analysis* (Analisis), *Design* (Perencanaan), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Penerapan) dan *Evaluation* (Evaluasi) (Branch, 2009). Berikut adalah lima fase yang terdapat dalam metode pengembangan model ADDIE.



Gambar 3. Skema Metode Pengembangan ADDIE

(Sumber: Branch, 2009)

Penelitian dilakukan di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya pada semester ganjil tahun ajaran 2019/2020. Sumber data pada penelitian ini adalah berasal dari validasi alat peraga beserta data hasil percobaan menggunakan alat peraga hukum Melde yang telah dikembangkan. Pada penelitian ini menggunakan instrumen validasi dan instrumen petunjuk penggunaan alat peraga hukum Melde.

Metode pengumpulan data pada penelitian ini adalah berupa pemberian instrumen validasi kepada validator untuk memberikan penilaian terhadap validasi alat peraga hukum Melde yang dikembangkan.

Penelitian pengembangan ini teknik analisis data dilakukan dengan dua tahap, yaitu tahap analisis validitas alat peraga dan analisis kesesuaian data alat peraga. Validitas alat peraga dianalisis melalui dua tahap, yaitu tahap analisis hasil validasi dan analisis taraf ketelitian alat peraga.

Validasi alat peraga dapat dianalisis dengan menggunakan skala *Likert* di bawah ini :

Tabel 1. Skor Skala Likert

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

(Riduwan, 2013)

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

$$Presentase = \frac{\text{jumlah skor yang diperoleh}}{\text{jumlah skor maksimum}} \times 100\% \quad (2.1)$$

Berdasarkan skala *Likert* kriteria dikatakan layak jika presentas objek yang divalidasi memiliki presentasi $\geq 61\%$ (Ridwan, 2013:15). Berikut ini adalah kriteria yang digunakan untuk mengetahui kelayakan alat peraga hukum Melde yang dikembangkan:

Tabel 2. Kriteria Presentase Penilaian Kelayakan Alat Peraga

Presentase	Kriteria
0%-20%	Sangat tidak layak
21%-40%	Kurang layak
41%-60%	Cukup layak
61%-80%	Layak
81%-100%	Sangat layak

(Riduwan, 2013:15)

Setelah analisis terhadap validasi alat peraga hukum Melde, langkah selanjutnya adalah dilakukan analisis

terhadap taraf ketelitian alat peraga. Taraf ketelitian alat peraga dapat diketahui dari hasil percobaan dengan menggunakan alat peraga. Hasil percobaan menggunakan alat peraga hukum Melde dianalisis melalui beberapa tahapan berikut:

a. Ketidakpastian (ΔX)

$$\Delta X = \frac{(X_{\max} - X_{\min})}{2} \quad (2.2)$$

$$SE = \frac{\Delta X}{X_{\text{rata-rata}}} \times 100\% \quad (2.3)$$

(Tim Laboratorium Fisika Dasar 1, 2020)

Dimana:

ΔX = Ketidakpastian data X

X_{\max} = Data X maksimal

X_{\min} = Data X minimal

$X_{\text{rata-rata}}$ = Nilai rata-rata X

SE = *Standart Error*

b. Taraf ketelitian

$$TK = (100 - SE)\% \quad (2.4)$$

Dimana :

TK = Taraf ketelitian

SE = *Standart error*

Pada tahap kedua yaitu dilakukan analisis terhadap kesesuaian alat peraga hukum Melde yang telah dikembangkan terhadap cepat rambat gelombang pada tali. Analisis ini dilakukan dengan membandingkan kesesuaian data yang diperoleh berdasarkan teori dan data yang diperoleh berdasarkan percobaan. Analisis kesesuaian alat peraga dapat dilakukan sebagai berikut :

c. Akurasi

Akurasi adalah keterdekatan hasil yang diperoleh berdasarkan pengukuran suatu alat ukur terhadap suatu nilai standar atau terhadap suatu nilai yang benar (Nasution dan Rahmawati, 2019).

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \quad (2.5)$$

Dimana :

A = Akurasi relatif

Y_n = Nilai sebenarnya

X_n = Nilai yang terukur

Akurasi juga dapat dinyatakan dalam persen akurasi sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = A \times 100\% \quad (2.6)$$

Alat peraga hukum Melde dapat dikatakan sesuai dengan teori apabila memiliki presentase akurasi $\geq 61\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan model ADDIE, yang mana terdiri dari beberapa tahapan yaitu *Analysis* (Analisis), *Design* (Perencanaan), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Penerapan) dan *Evaluation* (Evaluasi). Berikut ini adalah hasil dari beberapa tahapan penelitian model ADDIE :

1. *Analysis* (Analisis)

Pada tahap Analysis ini dilakukan pengumpulan data untuk mengetahui apa yang menjadi kebutuhan dari objek peneliti. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi terhadap proses pembelajaran dan wawancara terhadap guru mata pelajaran fisika dan wawancara terhadap peserta didik. Pada tahap ini juga peneliti menganalisis perlunya pengembangan alat peraga hukum Melde dan kelayakan alat peraga hukum Melde dalam pengembangannya. Pada tahap analisis ini dilakukan pada tiga bagian yaitu analisis kurikulum, analisis materi, dan analisis alat peraga.

1.1 Analisis Kurikulum

Analisis kurikulum disini adalah dengan menganalisis kurikulum yang berlaku yaitu Kurikulum 2013 (K-13) revisi. Sesuai dengan penerapan Kurikulum 2013 meliputi pengembangan kompetensi sikap, pengetahuan dan ketrampilan. Peserta didik harus mampu untuk belajar dan mengevaluasi kemampuannya dalam ketrampilan eksperimen khususnya eksperimen fisika. Dengan adanya eksperimen diharapkan akan menimbulkan pemahaman dan mereka akan belajar untuk menemukan dan membuktikan sendiri mengenai hukum yang sedang dipelajari. Sehingga pemahaman tersebut akan mampu bertahan dalam jangka waktu yang lama. Dan peserta didik belajar menghasilkan pengetahuan mereka sendiri selama melakukan eksperimen (Kemendikbud, 2017).

1.2 Analisis Materi

Analisis materi yaitu dengan menganalisis materi yang digunakan pada alat peraga hukum Melde. Materi pada alat peraga hukum Melde adalah materi Gelombang Stasioner, dengan kompetensi dasar 3.9 dan 4.9 pada kelas XI semester genap. Kompetensi dasar yang sesuai dengan silabus adalah sebagai berikut :

- 3.9 Menganalisis besaran-besaran fisis gelombang berjalan dan gelombang stasioner pada berbagai kasus nyata
- 4.9 Melakukan percobaan gelombang berjalan dan gelombang stasioner, beserta presentasi hasil percobaan dan makna fisisnya

Agar kompetensi dasar yang telah disebutkan diatas dapat tercapai, peserta didik harus melakukan percobaan pada gelombang stasioner. Dalam melakukan percobaan diperlukan adanya media berupa alat peraga untuk dapat membantu peserta didik. Maka dari itu diperlukan adanya pengembangan alat peraga hukum Melde berbasis aplikasi *physics toolbox sensor suite* sebagai media agar peserta didik dapat melakukan percobaan sehingga kompetensi dasar tersebut bisa tercapai.

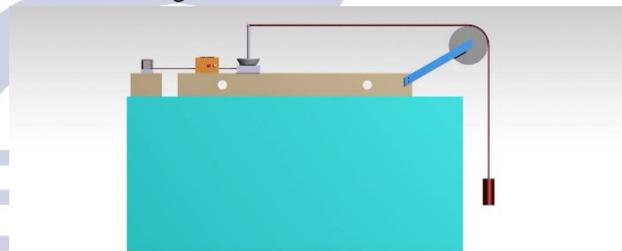
1.3 Analisis Alat Peraga

Analisis alat peraga dilakukan dengan menganalisis penelitian sebelumnya. Berdasarkan penelitian yang telah

dilakukan oleh Fatakh Laksana Prabowo pada tahun 2018 dan Mita Ayu Khomsatun pada tahun 2019, terdapat beberapa kekurangan diantaranya yaitu bentuk gelombang yang dihasilkan pada saat percobaan tidak jelas sehingga hal tersebut menyulitkan peserta didik dalam mengamati banyaknya gelombang yang terjadi sehingga harus menggunakan frekuensi yang lebih besar untuk membuat gelombang terlihat lebih jelas, bentuk alat yang kurang menarik dan alat yang hanya mampu menggunakan beban maksimal 50 gram. Berdasarkan analisis alat peraga yang telah dilakukan, pada penelitian ini akan dikembangkan alat peraga hukum Melde berbasis aplikasi *physics toolbox sensor suite* untuk menentukan cepat rambat gelombang pada tali. Alat peraga hukum Melde ini dikembangkan dengan komponen yang mudah didapat dan harga yang mudah terjangkau. Pengembangannya adalah mampu menggunakan frekuensi mulai dari 10 Hz dan mampu menggunakan beban sampai 100 gram. Alat praktikum hukum Melde ini dikembangkan dengan bentuk dan tampilan yang menarik serta ringan sehingga memudahkan dalam proses praktikum untuk berpindah tempat.

2. Design (Perencanaan)

Tahap kedua dari model ADDIE adalah tahap *Design* (Perencanaan). Tahap kedua yang dilakukan adalah membuat dan mengembangkan desain awal alat peraga serta proses pembuatan alat peraga hukum Melde. Berikut ini adalah desain alat peraga hukum Melde yang akan dikembangkan :



Gambar 4. Desain Alat Peraga Hukum Melde
(Sumber: Dokumentasi penulis)

Berikut ini adalah desain dari alat peraga hukum Melde yang telah dikembangkan :



Gambar 5. Alat peraga Hukum Melde
(Sumber: Dokumentasi penulis)



Gambar 6. Tampilan box hitam dari samping
(Sumber: Dokumentasi penulis)



Gambar 7. Tampilan Box Hitam
(Sumber: Dokumentasi penulis)

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

2.1 Papan kayu

Papan kayu yang digunakan dalam alat peraga hukum Melde ini adalah sepanjang 150 cm, lebar 16 cm dan ketebalan 1,5 cm. Pada papan kayu ini juga dipasang meteran yang berfungsi untuk mengukur panjang tali yang akan digunakan selama percobaan.

2.2 Box hitam

Pada alat peraga hukum Melde ini menggunakan dua buah box hitam. Box hitam yang pertama yaitu berisi *power supply*, amplifier dan *speaker bluetooth*. Pada box hitam yang kedua yaitu berisi speaker subwoofer. Berikut ini adalah beberapa komponen yang terdapat di dalam box hitam:

a. *Power supply*

Power supply adalah perangkat elektronika yang digunakan sebagai sumber daya untuk perangkat lain.

b. Amplifier

Amplifier adalah rangkaian elektronika yang berguna untuk memperkuat atau memperbesar sinyal output.

c. *Speaker Bluetooth*

Speaker Bluetooth disini digunakan untuk menerima data dari handphone yang terdapat aplikasi *physics toolbox sensos suite*.

d. Subwoofer

Subwoofer digunakan untuk menerima suara yang berasal dari aplikasi *Physics toolbox sensor*

suite yang diterima melalui *speaker bluetooth* lalu diteruskan menuju subwoofer.

2.3 Tali

Pada percobaan ini akan digunakan tiga buah tali, yaitu tali wol, bol dan nilon.

2.4 Katrol dan beban

Katrol digunakan untuk menggantungkan tali yang kemudian ditarik dengan sebuah beban untuk membentuk tegangan tali.

2.5 Handphone

Handphone digunakan untuk menginstall aplikasi *physics toolbox sensor suite*.

Adapun variabel-variabel yang digunakan pada alat peraga Hukum melde yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

- a. Variabel Kontrol : 3 buah tali
- b. Variabel Manipulasi : Massa beban dan frekuensi
- c. Variabel Respon : Dibagi menjadi 2
 1. Variabel respon ukur: banyak gelombang
 2. Variabel respon hitung: Tegangan tali, panjang gelombang dan cepat rambat gelombang.

3. **Development (Pengembangan)**

Tahap pengembangan merupakan tahap realitas produk. Pengembangan alat peraga hukum Melde dilakukan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Selanjutnya, alat peraga hukum Melde tersebut akan divalidasi oleh dosen ahli. Pada proses validasi, validator menggunakan instrumen yang sudah disusun. Pada tahap ini validator diminta memberikan penilaian terhadap alat peraga hukum Melde yang telah dikembangkan berdasarkan aspek kelayakan serta memberikan saran dan komentar yang digunakan sebagai patokan untuk perbaikan dan penyempurnaan alat peraga.

4. **Implementation (Implementasi)**

Tahap implementasi merupakan tahap pengujian alat peraga hukum Melde yang telah dikembangkan. Pengujian alat peraga hukum Melde dilakukan dua tahap, yaitu uji validasi alat dan uji percobaan alat.

4.1 Validasi Alat Peraga

Validitas alat peraga hukum Melde dilakukan oleh dua dosen ahli dari Jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya dengan menggunakan lembar validasi yang mengacu pada skala *Likert*. Validitas alat peraga ditinjau dari beberapa aspek yaitu aspek keterkaitan dengan bahan ajar, aspek nilai pendidikan, aspek ketahanan alat peraga, aspek keakuratan alat peraga, aspek efisiensi alat peraga,

aspek keamanan alat peraga dan aspek estetika. Berikut adalah tabel hasil validasi dari alat peraga hukum Melde:

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Validasi

No	Aspek Kelayakan	Hasil Penilaian		Jumlah
		Validator 1	Validator 2	
1	Keterkaitan dengan bahan ajar			
	a. Konsep yang diajarkan	4	5	9
2	Nilai Pendidikan			
	a. Kesesuaian dengan perkembangan intelektual peserta didik	5	5	10
3	Ketahanan Alat Peraga			
	a. Ketahanan terhadap cuaca	5	4	9
4	Keakuratan Alat Peraga			
	a. Ketepatan pemasangan setiap komponen	4	5	9
5	Efisiensi Alat Peraga			
	a. Kemudahan perangkaian alat peraga	5	4	9
6	Keamanan Alat Peraga			
	a. Keamanan bagi peserta didik	5	4	9
7	Estetika			
	a. Warna	5	4	9
	b. Bentuk	5	4	9
Total				143
Presentase Validasi				89,38%

Berdasarkan **Tabel 3** hasil validasi dua dosen ahli dari Jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya diatas diperoleh presentase validasi sebesar 89,38%. Alat peraga hukum Melde dengan presentase validasi 89,38%

dikatakan sangat layak berdasarkan presentase penilaian kelayakan alat peraga menurut (Riduwan, 2013).

Pada dua penelitian sebelumnya hanya diperoleh presentase validasi sebesar 85,79% dan 86,00%. Pada penelitian ini diperoleh validasi sebesar 89,38%, sehingga alat peraga yang telah dikembangkan memiliki validitas yang lebih baik dibandingkan dua penelitian sebelumnya.

4.2 Data Alat Peraga

Untuk percobaan alat peraga hukum Melde dilakukan menggunakan tiga buah tali yang berbeda, yaitu tali wol, wol dan nilon. Setiap 1 tali menggunakan dua manipulasi yaitu manipulasi frekuensi dan massa. Setiap 1 frekuensi akan dilakukan lima kali manipulasi massa. Untuk frekuensi akan menggunakan dua manipulasi frekuensi untuk mengetahui pengaruh dari besarnya frekuensi selama percobaan. Berikut adalah tabel hasil percobaan menggunakan tiga buah tali:

4.2.1 Data Percobaan Alat Peraga

1. Wol

Percobaan kedua menggunakan tali jenis wol dan diperoleh nilai $\mu = 0,000138 \text{ kg/m}$. Tabel hasil percobaannya sebagai berikut :

Tabel 4. Data Percobaan 1

f (Hz)	m(kg)	F _T (N)	λ(m)	v (m/s)	
				λ.f	$\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$
25	0,010	0,098	1,000	25,000	26,649
	0,020	0,196	1,500	37,500	37,687
	0,030	0,294	1,714	42,850	46,157
	0,040	0,392	2,000	50,000	53,297
	0,050	0,490	2,400	60,000	59,587
30	0,010	0,098	0,920	27,600	26,649
	0,020	0,196	1,333	39,990	37,687
	0,030	0,294	1,500	45,655	46,157
	0,040	0,392	1,714	52,500	53,297
	0,050	0,490	2,000	59,990	59,587

2. Nilon

Percobaan pertama menggunakan tali jenis nilon dan diperoleh nilai $\mu = 0,00027 \text{ kg/m}$. Tabel hasil percobaannya sebagai berikut :

Tabel 5. Data Percobaan 2

f (Hz)	m(kg)	F _T (N)	λ(m)	v (m/s)	
				λ.f	$\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$
25	0,010	0,098	1,000	20,000	19,052
	0,020	0,196	1,090	27,720	26,940

	0,030	0,294	1,200	30,000	32,990
	0,040	0,392	1,500	37,500	38,100
	0,050	0,490	1,714	42,850	42,600
	0,010	0,098	0,667	20,010	19,052
	0,020	0,196	0,920	27,600	26,940
30	0,030	0,294	1,091	32,730	32,990
	0,040	0,392	1,333	39,990	38,100
	0,050	0,490	1,500	45,000	42,600

3. Bol

Percobaan kedua menggunakan tali jenis bol dan diperoleh nilai $\mu = 0,00048 \text{ kg/m}$. Tabel hasil percobaannya sebagai berikut :

Tabel 6. Data Percobaan 3

f (Hz)	m(kg)	F _T (N)	λ (m)	v (m/s)	
				$\lambda \cdot f$	$\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$
25	0,010	0,098	0,600	15,000	14,289
	0,020	0,196	0,857	21,425	20,207
	0,030	0,294	1,000	25,000	24,749
	0,040	0,392	1,200	30,000	28,577
	0,050	0,490	1,333	33,325	31,950
30	0,010	0,098	0,500	15,000	14,289
	0,020	0,196	0,706	21,180	20,207
	0,030	0,294	0,857	25,710	24,749
	0,040	0,392	1,000	30,000	28,577
	0,050	0,490	1,091	32,730	31,950

Pada percobaan 1 menggunakan tali jenis wol dengan $\mu = 0,000138 \text{ kg/m}$ menggunakan frekuensi 25 Hz menghasilkan cepat rambat gelombang berdasarkan percobaan sebesar 43,070 m/s dan cepat rambat gelombang berdasarkan teori sebesar 44,675 m/s dengan ketelitian sebesar 96,40% kemudian menggunakan frekuensi 30 Hz menghasilkan cepat rambat gelombang berdasarkan percobaan sebesar 45,147 m/s dan cepat rambat gelombang berdasarkan teori sebesar 44,675 m/s dengan ketelitian sebesar 98,90%.

Pada percobaan 2 menggunakan tali jenis nilon dengan $\mu = 0,00027 \text{ kg/m}$ menggunakan frekuensi 25 Hz menghasilkan cepat rambat gelombang berdasarkan percobaan sebesar 31,614 m/s dan cepat rambat gelombang berdasarkan teori sebesar 31,936 m/s dengan ketelitian sebesar 98,99% kemudian menggunakan frekuensi 30 Hz menghasilkan cepat rambat gelombang berdasarkan percobaan sebesar 33,066 m/s dan cepat

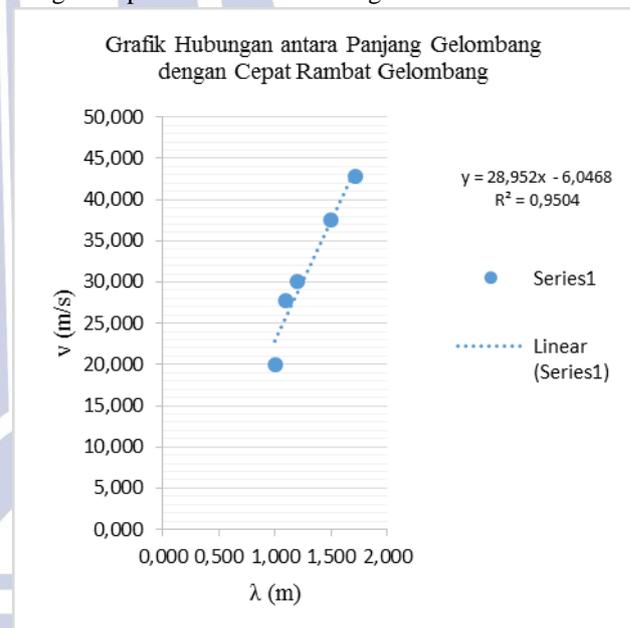
rambat gelombang berdasarkan teori sebesar 31,936 m/s dengan ketelitian sebesar 96,50%.

Pada percobaan 3 menggunakan tali jenis bol dengan $\mu = 0,00048 \text{ kg/m}$ menggunakan frekuensi 25 Hz menghasilkan cepat rambat gelombang berdasarkan percobaan sebesar 24,950 m/s dan cepat rambat gelombang berdasarkan teori sebesar 23,954 m/s dengan ketelitian sebesar 95,80% kemudian menggunakan frekuensi 30 Hz menghasilkan cepat rambat gelombang berdasarkan percobaan sebesar 24,924 m/s dan cepat rambat gelombang berdasarkan teori sebesar 23,954 m/s dengan ketelitian sebesar 96,00%.

Berdasarkan data hasil percobaan nilai cepat rambat gelombang yang dihasilkan antara teori dengan percobaan terdapat selisih yang tidak terlalu jauh.

4.2.2 Grafik Percobaan

1. Grafik hubungan antara Panjang Gelombang dengan Cepat Rambat Gelombang



Gambar 8. Hubungan antara Panjang Gelombang dengan Cepat Rambat Gelombang

Grafik diatas adalah grafik yang menggambarkan hubungan antara panjang gelombang dengan cepat rambat gelombang. Dari grafik tersebut diketahui bahwa hubungan keduanya adalah berbanding lurus. Panjang gelombang berhubungan dengan banyaknya gelombang yang terbentuk selama percobaan. Pada percobaan hukum Melde ini menggunakan dua buah manipulasi frekuensi yaitu 25 Hz dan 30 Hz. Manipulasi frekuensi berfungsi untuk mengetahui perbedaan cepat rambat gelombang yang dihasilkan dengan frekuensi yang berbeda. Pada tabel data percobaan diketahui bahwa besarnya frekuensi berpengaruh pada banyaknya gelombang, banyaknya gelombang berpengaruh pada panjang gelombang yang dihasilkan. Semakin besar frekuensi, panjang gelombang

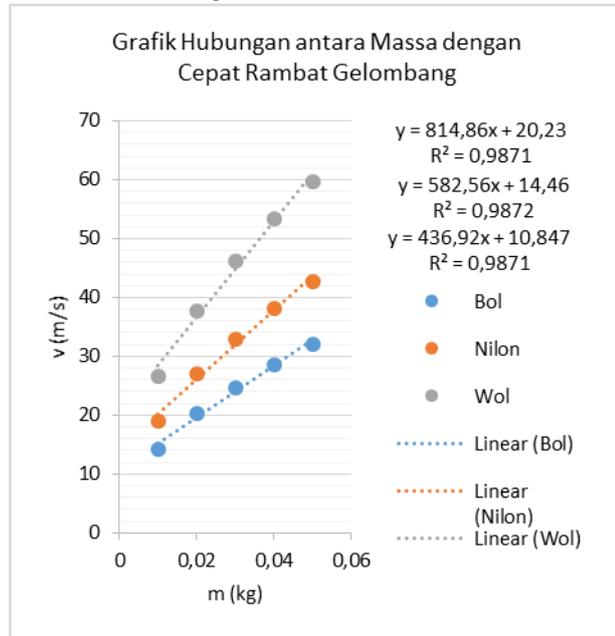
yang dihasilkan semakin kecil. Hubungan antara panjang gelombang dengan cepat rambat gelombang bisa dilihat pada rumus :

$$v = \lambda \cdot f \quad (2.7)$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (2.8)$$

Dari rumus tersebut terlihat bahwa hubungan keduanya adalah berbanding lurus, sehingga hubungan antara panjang gelombang dan cepat rambat gelombang sudah sesuai dengan teori hukum Melde.

2. Grafik Hubungan antara Massa (kg) dengan Cepat Rambat Gelombang



Gambar 9. Hubungan antara Massa dengan Cepat Rambat Gelombang

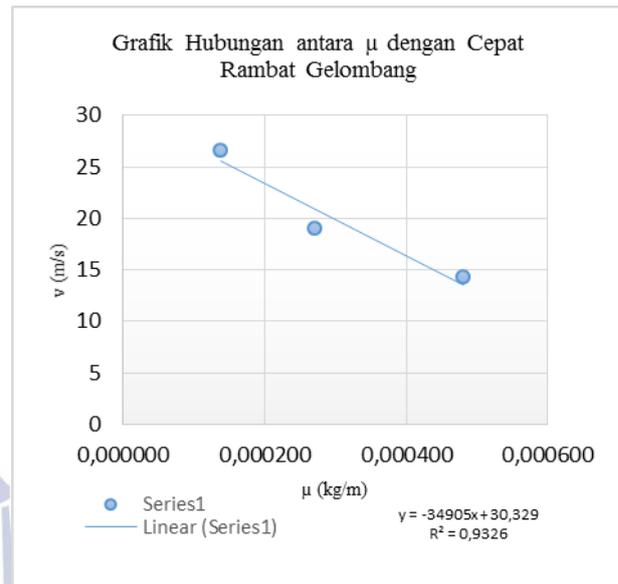
Grafik diatas adalah grafik yang menggambarkan hubungan antara massa (kg) dengan cepat rambat gelombang (m/s) dari tiga buah tali yang digunakan selama percobaan, yaitu wol, bol dan nilon. Dari ketiga grafik tersebut semuanya menunjukkan bahwa hubungan antara massa dengan cepat rambat gelombang adalah berbanding lurus. Besarnya massa beban akan berpengaruh pada besarnya tegangan tali. Sesuai dengan rumus mencari cepat rambat gelombang yaitu :

$$v = \sqrt{\frac{m \cdot g}{\mu}} \text{ atau } v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (2.9)$$

Berdasarkan rumus tersebut dapat diketahui bahwa massa berbanding kuadrat dengan cepat rambat gelombang pada tali.

Sehingga ketiga grafik hubungan antara massa dengan cepat rambat gelombang sudah sesuai dengan teori pada hukum Melde.

3. Grafik Hubungan antara μ dengan Cepat Rambat Gelombang



Gambar 10. Hubungan antara μ dengan Cepat Rambat Gelombang

Grafik diatas adalah grafik hubungan antara μ (massa jenis tali) dengan cepat rambat gelombang. Grafik hubungan keduanya adalah berbanding terbalik dan digambarkan dengan garis yang menurun. Pada tabel data percobaan terlihat bahwa semakin besar μ (massa jenis tali) nilai cepat rambat gelombang semakin kecil, hal tersebut juga terlihat pada rumus mencari cepat rambat gelombang tali :

$$v = \sqrt{\frac{m \cdot g}{\mu}} \quad (2.8)$$

Sehingga jenis tali yang digunakan berpengaruh pada besarnya cepat rambat gelombang yang dihasilkan.

5. Evaluation (Evaluasi)

Berdasarkan hasil *Implementation* (Implementasi) yang telah dijabarkan dapat diperoleh kesimpulan bahwa validasi alat peraga hukum Melde memiliki presentase sebesar 89,38% dan termasuk dalam kategori sangat layak. Taraf ketelitian alat peraga hukum Melde pada percobaan 1 memiliki presentase sebesar 96,40%, pada percobaan 2 memiliki presentase sebesar 98,99% dan pada percobaan 3 memiliki presentase sebesar 95,80% sehingga kesesuaian alat peraga hukum Melde termasuk dalam kategori sangat layak.

Kelebihan alat peraga hukum Melde ini adalah alat peraga ini menggunakan aplikasi *physics toolbox sensor suite* yang bisa diunduh secara gratis di playstore atau apstore dan bluetooth yang bisa terhubung dengan handphone, jadi selama peserta didik memiliki handphone dan aplikasi *physics toolbox sensor suite* peserta didik bisa melakukan percobaan hukum Melde. Alat peraga hukum Melde juga dirancang dengan komponen yang mudah didapat dan harga yang

terjangkau, alat peraga hukum Melde juga mudah dalam perawatan dan mudah dipindahkan. Alat peraga hukum Melde mampu menggunakan frekuensi mulai dari 10 Hz dan mampu menggunakan beban lebih dari 50 gram.

Kekurangan alat peraga hukum Melde adalah suara yang dihasilkan selama percobaan pada saat menggunakan frekuensi yang besar agak berisik, namun hal tersebut merupakan hal yang wajar dikarenakan pada aplikasi *physics toolbox sensor suite* memang kita menggunakan pembangkit nada untuk menghasilkan gelombang selama percobaan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan disimpulkan bahwa validitas alat peraga hukum Melde berbasis aplikasi *physics toolbox sensor suite* untuk menentukan cepat rambat gelombang stasioner termasuk dalam kategori sangat layak dengan presentase sebesar 89,38%. Taraf ketelitian alat peraga hukum Melde pada percobaan 1 menggunakan benang wol memiliki presentase sebesar 96,40% dengan kategori sangat layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran hukum Melde dalam menentukan cepat rambat gelombang pada tali. Percobaan 2 menggunakan benang nilon memiliki presentase sebesar 98,99% dengan kategori sangat layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran hukum Melde dalam menentukan cepat rambat gelombang pada tali dan percobaan 3 menggunakan benang bol memiliki presentase sebesar 95,80% dengan kategori sangat layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran hukum Melde dalam menentukan cepat rambat gelombang pada tali..

Secara keseluruhan dari hasil validitas dan kesesuaian alat peraga hukum Melde berbasis aplikasi *physics toolbox sensor suite* untuk menentukan cepat rambat gelombang stasioner pada tali layak digunakan sebagai media pembelajaran fisika peserta didik kelas XI SMA untuk praktikum hukum Melde.

DAFTAR PUSTAKA

Arsyad, A. 2016. *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

Asyhari A., & Silvia H. 2016. Pengembangan Media Pembelajaran Berupa Buletin dalam Bentuk Buku Saku untuk Pembelajaran Ipa Terpadu. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*. IAIN Raden Intan Lampung. 5 (01) . ISSN: 2303-1832.

Bakri, F., Mulyati, D. 2017. Pengembangan Perangkat E-Learning untuk Matakuliah Fisika Dasar II Menggunakan LMS Chamilo. *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika*, 2(1), pp. 25-30.

Bintang, R. S., Desnita., Esmar Budi. 2017. The Development of Web-based Instructional Media for Teaching Wave Physics on Android Mobile. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Fisika*, 4(1).

Branch, Robert M. 2009. *Instructional Design: The ADDIE Approach*. USA: Springer Science and Business Media

Budiman, h. 2017. Peran Teknologi Informasi dan Komunikasi Dalam Pendidikan. *Jurnal pendidikan islam*, volume 8.

Downes, T. 2002. *Models of Teacher Development for the Integration of ICT in the Classroom*. In: Watson D., Andersen J. (eds) *Networking the Learner*. WCCE 2001. IFIP — The International Federation for Information Processing, vol 89. Springer, Boston, MA.

Giancoli, Douglas C. 1998. *Fisika Jilid 1 Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.

Indrait, Dudi. 2009. *Mudah dan Aktif Belajar Fisika 3: Untuk Kelas XII Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah Negeri Program Ilmu Pengetahuan Alam*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.

Kemendikbud. 2017. *Pembuatan Alat Peraga Fisika untuk SMA*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas Direktorat Jendral Pendidikan Menengah Departemen Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.

Khomsatun, M. A., Prabowo. 2019. Pengembangan Alat Peraga Hukum Melde Untuk Menentukan Cepat Rambat Gelombang Sebagai Media Pembelajaran Fisika Pada Materi Gelombang Stasioner. *Inovasi Pendidikan Fisika* 08(03), 784-788.

Mubarok, Husni. 2018. *Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Berbasis Laboratorium Terhadap Higher Order Thinking Skils (Hots) Dan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Pada Materi Getaran Harmonis Sederhana Kelas X Di Sma Muhammadiyah 2 Surabaya*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. UNESA. Surabaya.

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 Enviromental & Science Education*, 3 (1), 30-34.
- Prabowo, F. L., Imam Sucahyo. 2018. Pengembangan Media Hukum Melde Berbasis Aplikasi *Physics Toolbox Sensor Suite* Pada Materi Gelombang Stasioner. *Inovasi Pendidikan Fisika* 07(02), 165-170.
- Riduwan. 2013. *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Serway, Raymond A. dan Jewett, John W. 2014. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Edisi Keenam. Jakarta: Salemba Teknika.
- Shidqi, M. I. M., Mita Anggaryani. 2020. Pengembangan Alat Peraga Berbasis Sensor Flowmeter Untuk Menerapkan Persamaan Kontinuitas Pada Materi Fluida Dinamis. *Inovasi Pendidikan Fisika*, 09(02), 133-143.
- Subhan, K. M. J., Imam Sucahyo. 2020. Pengembangan Alat Praktikum Hukum II Newton Dengan Sensor *Infrared* Untuk Melatihkan Ketrampilan Proses Sains pada Siswa Kelas X. *Inovasi Pendidikan Fisika*, 09 (02) 90-95.
- Suharyanto, Karyono, Dwi Satya Palupi. 2009. *FISIKA untuk SMA dan MA Kelas XII*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Sutikno. (2013). *Belajar dan Pembelajaran*. Lombok: Holistica.
- Tim Laboratorium Fisika Dasar. 2019. *Buku Panduan Praktikum Fisika Dasar 1*. Surabaya: Jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 tahun 2003 pasal 1 ayat (1) tentang *Sistem Pendidikan Nasional*. Jakarta: Depdiknas.
- Vieyra Software. 2017. *Physic Toolbox Apps*, [Online], tersedia di www.vieyrasoftware.net, diakses pada 15 Oktober 2020.
- Yogantari, P. 2015. Identifikasi Kesulitan Siswa dalam Pembelajaran Fisika. *Seminar Nasional Fisika dan Pembelajarannya 2015*.
- Yuhana Prasiwi, Suliyanah. 2018. Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Materi Getaran Harmonik Sederhana. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 07(02).