

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL PENDULUM BASED MICROCONTROLLER AS PHYSICS LEARNING MEDIA FOR SENIOR HIGH SCHOOL

M. Firdaus, Hendar Sudrajad, M. Rahmad

Email: firdausmuhammad365@yahoo.co.id, hendarsudrajad@yahoo.com
m.rahmad@unri.ac.id HP. 081261133074

Physics Education Study Program
Faculty of Teachers Training and Education
Riau University

Abstract : *The aim of this research was to produce prototype a valid mathematical pendulum props based microcontroller and student worksheet so that can be used properly as physics learning media for senior high school on simple harmonic motion material. Research and development which was used as research method. In this research, the development just till the validation step of the learning media and student worksheet. The data was obtained from validation result by 3 lecturers and 3 teachers as validator the validation was conducted in two phases, first phase was improvement and the second was assessment. The aspects which were assessed were the functionality of the equipment which got 3.53 of average point (very high category), the learning substance was 3.44 (very high category), the rashness was 3.58 (very high category), the esthetic and construction was 3.58 (very high category) and the safety was 3.50 (very high category). The aspect which were assessed from student worksheet were the content accuracy which got 3.67 (very high category), the presentation prosperity was 3.58 (very high category), the language prosperity was 3.50 (very high category), and the display prosperity was 3.72 (very high category). By all, each indicator of assessment in every aspect were declared as valid in very high category. It can be concluded that mathematical pendulum based microcontroller and student worksheet were valid based on validation by the validators so that can be used properly as physics learning media for senior high school on simple harmonic motion material. As a recommendation, mathematical pendulum props can be equipped for testing by displaying several other quantities and doing practicality test to school.*

Keywords : *Mathematical pendulum props based microcontroller, student worksheet physics learning media.*

PENGEMBANGAN ALAT PERAGA BANDUL MATEMATIS BERBASIS MIKROKONTROLLER SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA SMA

M. Firdaus, Hendar Sudrajad, M. Rahmad

Email: firdausmuhammad365@yahoo.co.id, hendarsudrajad@yahoo.com,
m.rahmad@unri.ac.id. HP. 081261133074

Program Studi Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Riau

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan prototipe alat peraga bandul matematis berbasis mikrokontroler dan lembar kerja peserta didik yang valid sehingga layak digunakan sebagai media pembelajaran fisika SMA pada materi gerak harmonik sederhana. Metode penelitian yang digunakan adalah *research and development* dengan tahapan pengembangan yaitu studi pendahuluan, perancangan, pembuatan dan validasi. Dalam penelitian ini, alat peraga dikembangkan hanya sampai pada tahap memvalidasi alat peraga dan lembar kerja peserta didik dari beberapa tahapan. Data penelitian diperoleh dari hasil validasi oleh 3 orang dosen dan 3 orang guru sebagai validator. Validasi dilakukan melalui dua tahap, yaitu validasi tahap I perbaikan dan validasi tahap II penilaian. Aspek yang dinilai dari alat peraga, yaitu fungsi perangkat diperoleh nilai rata-rata 3.53 (kategori sangat tinggi), unsur pembelajaran 3.44 (kategori sangat tinggi), kemudahan 3.58 (kategori sangat tinggi), estetika dan konstruksi 3.58 (kategori sangat tinggi) dan keamanan kerja 3.50 (kategori sangat tinggi). Aspek yang dinilai dari lembar kerja peserta didik, yaitu ketepatan isi mendapat nilai rata-rata 3.67 (kategori sangat tinggi), kelayakan penyajian 3.58 (kategori sangat tinggi), kelayakan bahasa 3.50 (kategori sangat tinggi), dan kelayakan tampilan 3.72 (kategori sangat tinggi). Secara keseluruhan, setiap indikator penilaian pada masing-masing aspek dinyatakan valid dengan kategori sangat tinggi sesuai dengan tujuan pengembangan. Berdasarkan hal tersebut, disimpulkan bahwa alat peraga bandul matematis dan lembar kerja peserta didik dinyatakan valid berdasarkan penilaian masing-masing aspek dari validator sehingga layak dan valid digunakan sebagai media pembelajaran fisika SMA pada materi gerak harmonik sederhana. Sebagai rekomendasi, alat peraga dapat dilengkapi untuk pengujian beberapa besaran yang lain dan melakukan uji praktikalitas ke sekolah.

Kata kunci : Alat peraga bandul matematis berbasis mikrokontroler, lembar kerja peserta didik, media pembelajaran fisika.

PENDAHULUAN

Secara umum IPA meliputi tiga bidang ilmu dasar, yaitu biologi, fisika dan kimia. Pada pembelajaran fisika pemahaman konsep dengan pengalaman belajar langsung dapat dilakukan melalui kegiatan praktikum. Praktikum merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memecahkan atau membuktikan suatu teori, yang meliputi, mengamati, mengukur, sehingga diperoleh data yang kemudian dipergunakan untuk menarik kesimpulan. Fisika merupakan suatu ilmu yang lahir dan berkembang lewat langkah-langkah observasi, perumusan masalah, penyusunan hipotesis, pengujian hipotesis melalui eksperimen, penarikan kesimpulan, serta penemuan teori dan konsep. (Trianto, 2010).

Arti penting media pembelajaran menurut Hasrul (2011) yaitu melalui media pembelajaran, suatu konsep yang abstrak dapat dikonkritkan sehingga peserta didik lebih mudah dalam memahami suatu konsep sehingga timbul suatu motivasi dari dalam diri peserta didik dan peserta didik lebih aktif serta lebih bersemangat di dalam pembelajaran. Penggunaan media pembelajaran selain meningkatkan motivasi belajar peserta didik, juga dapat menghemat waktu guru dalam persiapan mengajar dan dapat mengurangi kesalahpahaman peserta didik terhadap konsep yang diberikan oleh guru khususnya konsep yang bersifat abstrak (Milya Sari, 2012). Pembelajaran yang efektif tentunya harus menggunakan media yang berkualitas dengan mempertimbangkan beberapa aspek yaitu: 1) Validasi, 2) Praktikalitas, 3), Efisiensi, 4) Keamanan, dan 5) Estetika (Nasution dalam Hendar Sudrajad, 2009).

Proses belajar mengajar terdapat dua unsur yang amat penting yang harus ada yaitu metode mengajar dan media pembelajaran. Penggunaan media pembelajaran dalam proses belajar mengajar dapat membangkitkan keinginan dan minat yang baru, membangkitkan motivasi dan rangsangan kegiatan belajar dan bahkan membawa pengaruh-pengaruh psikologis terhadap peserta didik. Penggunaan media pembelajaran pada tahap orientasi pembelajaran akan sangat membantu keefektifan proses pembelajaran dan penyampaian pesan dan isi pembelajaran pada saat itu (Oemar Hamalik, 2013)

Media pembelajaran adalah segala bentuk alat komunikasi yang dapat digunakan untuk menyampaikan informasi dari sumber ke peserta didik yang bertujuan untuk merangsang peserta didik mengikuti kegiatan pembelajaran. Media selain digunakan untuk mengantarkan pembelajaran secara utuh, dapat juga dimanfaatkan untuk menyampaikan bagian tertentu dari kegiatan pembelajaran, memberi penguatan maupun motivasi (Hamzah B. Uno, 2009).

Alat peraga pembelajaran adalah sesuatu yang dapat digunakan untuk menyampaikan pesan sehingga dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian, minat serta perhatian siswa sehingga proses belajar mengajar dapat berjalan dengan baik. Pembelajaran menggunakan alat peraga berarti mengoptimalkan fungsi seluruh panca indra siswa untuk meningkatkan efektivitas siswa belajar dengan cara mendengar, melihat, meraba, dan menggunakan pikirannya secara logis dan realistis. Tidak semua media pembelajaran disebut sebagai alat peraga, akan tetapi semua alat peraga pasti merupakan media pembelajaran. Keduanya berfungsi memudahkan peserta didik dalam memahami materi pelajaran. (Azhar Arsyad, 2013).

Salah satu pembelajaran fisika yang memiliki konsep yang abstrak yakni tentang gerak harmonik sederhana pada bandul. Dalam pelajaran gerak harmonik sederhana pada bandul kebanyakan konsep yang diamati bersifat abstrak yang hanya bisa

dijelaskan oleh guru melalui penjelasan gambar atau dengan alat seadanya tanpa melihat secara langsung kepada siswa gejala yang dialami pada konsep tersebut secara konkrit (Iqlima, 2014).

Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan guru lebih cenderung mengajarkan pelajaran gerak harmonik sederhana pada bandul dengan metode ceramah atau demonstrasi menggunakan gambar. Jenis bandul matematis yang ada di SMA adalah jenis bandul yang dirangkai menggunakan tali, beban sebagai bandul, dan digantungkan pada statif yang terdapat pada KIT mekanika. Pada pembelajaran fisika di SMA, percobaan gerak harmonik sederhana pada bandul ini siswa diarahkan untuk mencari jumlah ayunan, waktu yang diperlukan, periode dan frekuensi serta menentukan percepatan gravitasi melalui ayunan bandul tersebut.

Penelitian lain terkait pengembangan alat peraga sebagai media pembelajaran juga pernah dilakukan mengenai pengembangan alat peraga bandul matematis untuk melatih keterampilan proses sains siswa dalam pembelajaran fisika. Alat peraga yang dikembangkan digunakan untuk kegiatan praktikum yang terdiri dari statif, beban yang terbuat dari tali nylon dan bola karet pejal, penggaris, busur, sensor yang terdiri dari laser *photodiode*, *stopwatch*, serta seven segmen untuk menampilkan jumlah ayunan. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut keterampilan proses siswa menjadi sangat baik setelah mengikuti pembelajaran menggunakan alat peraga bandul matematis tersebut (Iqlima, 2014).

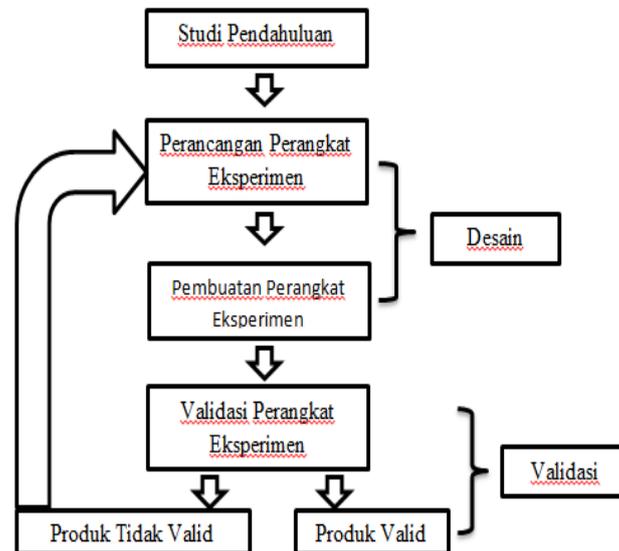
Alat peraga bandul matematis yang dikembangkan sangat menarik dari segi tampilan dan keakuratan dalam melakukan pengukuran. Alat peraga bandul matematis yang biasa digunakan untuk menghitung jumlah getaran dengan cara menghitung manual dan pengukuran waktu menggunakan *stopwatch*, sehingga masih ada kemungkinan terjadinya kesalahan dalam perhitungan dan pengukuran waktu. Pada alat peraga bandul yang dikembangkan ini, perhitungan jumlah getaran dan pengukuran waktu dilakukan secara otomatis berbasis digital yang tampil pada LCD, sehingga efek kesalahan dapat diminimalisir agar siswa mudah menggunakan dan memahami materi pelajaran mengenai gerak harmonik sederhana pada bandul matematis.

Dari penjelasan yang telah dipaparkan diatas, penulis ingin mendesain alat peraga gerak harmonik sederhana pada bandul yang lebih efisien untuk digunakan oleh guru dan siswa supaya terciptanya pembelajaran yang efektif. Untuk mendukung proses pembelajaran tersebut nantinya dalam penggunaan alat peraga gerak harmonik pada bandul akan dipandu dengan menggunakan lembar kerja peserta didik (LKPD) yang dilengkapi dengan beberapa percobaan. Alat dan LKPD tersebut dikemas menjadi perangkat percobaan gerak harmonik sederhana pada bandul alternatif dan valid untuk digunakan oleh guru dan siswa.

METODE PENELITIAN

Penelitian rancang bangun dan pengembangan alat peraga bandul matematis sebagai media pembelajaran fisika SMA dilakukan di Laboratorium Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan PMIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau. Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember sampai Februari 2017/2018. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (*research and development*). Menurut Sugiyono (2009) yaitu penelitian dan pengembangan yang merancang suatu

produk sebagai alternative pemecahan suatu masalah melalui pengujian secara internal (pendapat ahli dan praktisi). Adapun tahapan penelitian pengembangan dalam penelitian ini yaitu studi pendahuluan, perancangan perangkat percobaan, pembuatan perangkat percobaan, dan validasi perangkat percobaan seperti pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Tahapan penelitian pengembangan alat peraga Bandul matematis (Adaptasi dari Sugiyono, 2015)

Tahap studi pendahuluan ialah proses pengumpulan informasi tentang permasalahan percobaan bandul matematis, instrumen-instrumen penunjang lainnya dan alat eksperimen yang digunakan. Selain itu, informasi juga diperoleh dari dosen dan guru tentang permasalahan pembelajaran pada materi gerak harmonik sederhana pada bandul matematis di sekolah, sehingga bisa dijadikan acuan dalam perancangan dan pengembangan produk penelitian yang akan dibuat.

Setelah tahap studi pendahuluan dilanjutkan dengan tahap perancangan perangkat eksperimen merupakan tahap mendesain produk. Tahap ini diawali dengan membuat rancangan alat peraga bandul matematis. Rancangan dibuat dalam bentuk sketsa gambar beserta keterangannya yang digunakan dalam membuat produk. Tahap ini merupakan lanjutan dari tahap desain atau perancangan produk. Pada tahap ini desain yang telah dibuat harus disesuaikan lagi dengan kebutuhan yang ingin dicapai. Rancangan produk haruslah terlebih dahulu dibuat dalam bentuk sketsa gambar setelah itu barulah dirakit alat peraga yang sesuai dengan sketsa gambar yang telah dirancang.

Validasi perangkat eksperimen atau alat peraga dilakukan ialah validasi produk yang bertujuan untuk memvalidasi perangkat alat peraga bandul matematis. Perangkat yang divalidasi terdiri dari dua perangkat, yaitu alat peraga bandul matematis dan lembar kerja peserta didik percobaan alat peraga bandul matematis. Alat peraga bandul matematis ini divalidasi oleh 3 orang dosen dan 3 orang guru fisika ahli dalam pengembangan media pembelajaran.

Hasil akhir dari penelitian ini adalah prototipe alat peraga bandul matematis berbasis mikrokontroler dan lembar kerja peserta didik percobaan alat peraga bandul matematis yang telah valid untuk digunakan sebagai media pembelajaran fisika SMA. Setelah alat peraga selesai dibuat maka dilakukan pengujian alat peraga untuk

mendapatkan nilai percepatan gravitasi dari beberapa besaran seperti jumlah ayunan, waktu, perioda, frekuensi, dan panjang l .

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data penilaian lembar validasi yang dilakukan oleh validator berupa data kuantitatif. Sedangkan instrumen penelitian alat peraga dan lembar kerja peserta didik yang digunakan adalah lembar validasi pengembangan alat peraga dan lembar kerja peserta didik yang disusun berdasarkan indikator penilaian standar yang telah ditetapkan. Data penelitian dikumpulkan melalui proses penyebaran instrumen validitas alat peraga dan LKPD. Validator terdiri dari 3 orang dosen pendidikan fisika dan 3 orang guru fisika SMA yang memiliki spesifikasi keahlian pada setiap *item* penilaian.

Proses analisis dilakukan dengan mengkonversi lembar validasi alat peraga dan LKPD menggunakan skala likert supaya diperoleh data kuantitatif. Alternatif jawaban diberi skor seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori lembar penilaian validitas

No	Kategori	Skor
1.	Sangat Setuju	4
2.	Setuju	3
3.	Tidak Setuju	2
4.	Sangat Tidak Setuju	1

Sumber : (Sugiyono, 2015).

Skor rata-rata yang diperoleh dikonversikan menjadi data kualitatif sesuai dengan kriteria penilaian seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori validitas alat peraga dan LKPD

No	Skor Rata-Rata	Kategori	Nilai Validitas
1	$>3,25 - 4$	Sangat Tinggi	Valid
2	$>2,5 - \leq 3,25$	Tinggi	Valid
3	$> 1,75 - \leq 2,5$	Rendah	Kurang Valid
4	$1 - \leq 1,75$	Sangat Rendah	Tidak Valid

Sumber : (Sugiyono, 2015).

Alat peraga bandul matematis dan LKPD dalam penelitian ini dinyatakan valid sehingga layak digunakan apabila seluruh indikator pada instrumen validitas memiliki nilai rata-rata > 2.5 yang berada pada kategori baik atau sangat baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber belajar yang aktif, inovatif, kreatif, dan menyenangkan serta turut melibatkan siswa dalam proses pembelajaran akan membantu siswa menjadi lebih mudah dan lebih cepat memahami konsep-konsep fisika, terutama pada materi yang sulit dan kompleks. Alat peraga bandul matematis berbasis mikrokontroler merupakan salah satu alternatif sumber belajar yang diharapkan dapat membantu memudahkan dalam proses pembelajaran.

Tahap Studi Pendahuluan

Tahap awal pengembangan alat peraga bandul matematis ini adalah tahap studi pendahuluan dengan tujuan untuk mengetahui permasalahan mendasar dalam pembelajaran sehingga diperlukan alat peraga sebagai salah satu sumber belajar untuk memberikan informasi belajar kepada peserta didik pada materi gerak harmonik sederhana pada bandul. Pada tahap ini diperoleh data bahwa salah satu pembelajaran fisika yang memiliki konsep yang abstrak yakni tentang gerak harmonik sederhana pada bandul. Dalam pelajaran gerak harmonik sederhana pada bandul kebanyakan konsep yang diamati bersifat abstrak yang hanya bisa dijelaskan oleh guru melalui penjelasan gambar atau dengan alat seadanya tanpa melibatkan secara langsung kepada siswa gejala yang dialami pada konsep tersebut secara konkrit (Iqlima, 2014).

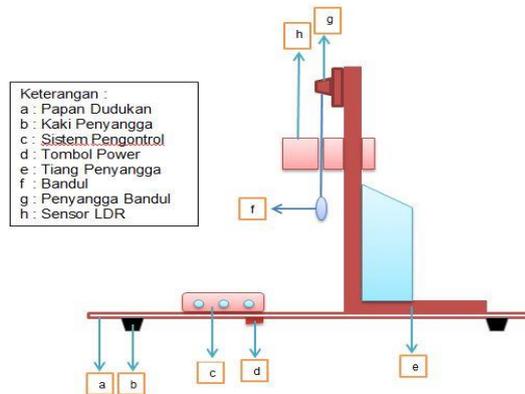
Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan guru lebih cenderung mengajarkan pelajaran gerak harmonik sederhana pada bandul dengan metode ceramah atau demonstrasi menggunakan gambar. Jenis bandul matematis yang ada di SMA adalah jenis bandul yang dirangkai menggunakan tali, beban sebagai bandul, dan digantungkan pada statif yang terdapat pada KIT mekanika. Pada pembelajaran fisika di SMA, percobaan gerak harmonik sederhana pada bandul ini siswa diarahkan untuk mencari jumlah ayunan, waktu yang diperlukan, perioda dan frekuensi serta menentukan percepatan gravitasi melalui ayunan bandul tersebut.

Berdasarkan kurikulum 2013 pada mata pelajaran fisika SMA terdapat materi gerak harmonik sederhana yang gejalanya dekat dengan kehidupan sehari-hari, yaitu KD 3.4 Menganalisis hubungan antara gaya dan gerak getaran dengan indikator pencapaian kompetensi menganalisis karakteristik besaran besaran fisis getaran harmonis pada bandul dan KD 4.4 Melakukan percobaan getaran harmonis pada ayunan bandul dengan indikator pencapaian kompetensi melakukan percobaan menggunakan bandul untuk mengamati pengaruh panjang tali dan massa bandul terhadap periode getaran dan frekuensi getar pada gerak harmonis sederhana (Kemendikbud, 2013 b).

Tahap Perancangan Perangkat Percobaan

Setelah melewati tahap studi pendahuluan, dilanjutkan dengan tahap perancangan perangkat percobaan merupakan tahap mendesain produk. Tahap ini diawali dengan membuat rancangan alat peraga bandul matematis. Rancangan dibuat dalam bentuk sketsa gambar beserta keterangannya yang digunakan dalam membuat produk. Sketsa yang telah dibuat kemudian didiskusikan dengan dosen untuk perbaikan

dan penyempurnaan alat peraga yang akan dibuat. Adapun rancangan alat peraga dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan rancangan alat peraga

Tahap Pembuatan Perangkat Percobaan

Tahap ini merupakan lanjutan dari tahap desain atau perancangan produk. Pada tahap ini desain yang telah dibuat harus disesuaikan lagi dengan kebutuhan yang ingin dicapai. Rancangan produk haruslah terlebih dahulu dibuat dalam bentuk sketsa gambar setelah itu barulah dirakit alat peraga yang sesuai dengan sketsa gambar yang telah dirancang. Produk yang telah dirakit akan menjadi sebuah alat peraga dan alat peraga tersebut sudah siap dipakai tanpa harus merakit terlebih dahulu ketika hendak menggunakannya.

Tahap Pengujian Alat Peraga

Setelah alat peraga selesai dibuat, maka selanjutnya dilakukan pengujian alat peraga dengan melakukan pengambilan data terkait besaran yang mampu diukur oleh alat peraga tersebut yaitu besaran percepatan gravitasi. Kemudian besaran yang diperoleh dari alat peraga seperti nilai jumlah ayunan, waktu, panjang l maka akan diperoleh besaran perioda dan frekuensi serta nilai percepatan gravitasi dari nilai besaran tersebut.

Pengambilan data hasil pengujian dilakukan dengan memvariasikan dua besaran, dimana besaran massa divariasikan sementara besaran panjang l tetap dan besaran massa tetap sementara besaran panjang l divariasikan. Setiap data tersebut dilakukan pengambilan data sebanyak sepuluh kali, kemudian diperoleh nilai g rata-rata dan sesatan nilai g dari pengambilan data tersebut. Data hasil pengujian alat tersebut diperoleh nilai g tertinggi sebesar 9.77 m/s^2 dan nilai g terendah sebesar 9.58 m/s^2 . Secara teori, nilai g seharusnya sebesar 9.8 m/s^2 , jika dibandingkan dengan rata-rata nilai g hasil pengujian alat peraga sebesar 9.72 maka terdapat selisih nilai g secara teori dengan nilai data hasil pengujian alat sebesar 0.08 . Berdasarkan persamaan pengukuran indeks akurasi alat maka diperoleh tingkat akurasi alat peraga tersebut sebesar 0.99 dengan kategori tinggi dan valid,

Tahap Validasi Perangkat Percobaan

Validasi perangkat eksperimen atau alat peraga dilakukan ialah validasi produk yang bertujuan untuk memvalidasi perangkat alat peraga bandul matematis. Perangkat yang divalidasi terdiri dari dua perangkat, yaitu alat peraga bandul matematis dan lembar kerja peserta didik percobaan alat peraga bandul matematis. Alat peraga bandul matematis ini divalidasi oleh 3 orang dosen dan 3 orang guru fisika ahli dalam pengembangan media pembelajaran.

Tabel 3. Hasil penilaian validitas alat peraga

No	Aspek yang dinilai	Rata-rata	Kategori
1	Fungsi Perangkat		
a.	Jumlah ayunan dapat diketahui secara langsung	3.67	ST
b.	Jumlah ayunan dapat diatur sesuai keinginan	3.67	ST
c.	Pengukuran waktu ayunan bandul dapat dilihat secara langsung	3.83	ST
d.	Panjang (l) dapat divariasikan	3.50	ST
e.	Dapat menentukan besar nilai perioda ayunan dari besaran yang telah diketahui	3.50	ST
f.	Dapat menentukan besar nilai frekuensi ayunan dari besaran yang telah diketahui	3.33	ST
g.	Pengaruh panjang (l) terhadap perioda dapat diketahui	3.50	ST
h.	Pengaruh panjang (l) terhadap frekuensi dapat diketahui	3.67	ST
i.	Alat peraga dapat menghitung besarnya percepatan gravitasi dari besaran yang telah diketahui	3.17	T
	Rata-rata aspek	3.53	ST
2	Unsur Pembelajaran		
a.	Alat peraga dapat mengkonstruksi pengetahuan tentang konsep gerak harmonik sederhana pada bandul	3.33	ST
b.	Percobaan dapat dilakukan sendiri	3.50	ST
c.	Alat peraga mengarahkan pengguna untuk menemukan besaran dalam gerak harmonik sederhana pada bandul (jumlah ayunan dan waktu)	3.50	ST
	Rata-rata aspek	3.44	ST
3	Kemudahan		
a.	Alat peraga mudah digunakan	3.83	ST
b.	Alat peraga mudah dipersiapkan	3.33	ST
c.	Alat peraga mudah dikemas kembali setelah digunakan	3.67	ST
d.	Alat peraga lebih akurat dan presisi dalam perhitungan jumlah ayunan dan pengukuran waktu	3.50	ST
	Rata-rata aspek	3.58	ST
4	Estetika dan Konstruksi		
a.	Alat peraga memiliki bentuk yang menarik	3.67	ST
b.	Struktur alat peraga tersusun dengan baik dan rapi	3.50	ST
	Rata-rata aspek	3.58	ST
5	Keamanan Kerja		
a.	Alat peraga aman dari sengatan listrik	3.33	ST
b.	Alat peraga tidak mudah pecah	3.50	ST
c.	Alat peraga aman dari benda yang membuat luka	3.67	ST
	Rata-rata aspek	3.50	ST

T = Tinggi, ST = Sangat Tinggi

Berdasarkan hasil penilaian alat peraga tiap-tiap indikator oleh validator yang dapat dilihat pada Tabel 3 didapat hasil bahwa setiap indikator sudah berada pada rentang rata-rata skor per indikator ialah 3,44 hingga 3,58 dengan kategori tinggi dan sangat tinggi.

Berdasarkan grafik tersebut dari lima indikator penilaian alat peraga maka dapat dilihat bahwa skor rata-rata penilaian terendah pada aspek unsur pembelajaran sebesar 3.44 dan skor rata-rata penilaian tertinggi pada aspek kemudahan sebesar 3.58.

Tabel 4. Hasil penilaian validitas LKPD.

No	Aspek yang dinilai	Rata-rata	Kategori
1	Ketepatan Isi		
	a. Prosedur kerja sesuai dengan tujuan percobaan	3.67	ST
	b. Konsep yang dikembangkan sesuai dengan tuntutan kompetensi dasar	3.67	ST
	Rata-rata aspek	3.67	ST
2	Kelayakan Penyajian		
	a. Penggunaan LKPD disusun secara sistematis (pendahuluan, pengenalan alat, dan beberapa percobaan yang dapat dilakukan)	3.50	ST
	b. Prosedur kerja disusun secara berurutan	3.67	ST
	Rata-rata aspek	3.58	ST
3	Kelayakan Bahasa		
	a. Tata bahasa sesuai dengan kaidah penulisan bahasa indonesia	3.50	ST
	b. Instruksi-instruksi cukup jelas	3.50	ST
	c. Langkah-langkah percobaan mudah dipahami	3.50	ST
	Rata-rata aspek	3.50	ST
4	Kelayakan Tampilan		
	a. Tulisan pada LKPD mudah dibaca	4.00	ST
	b. Tata letak gambar dan tabel mempermudah memahami LKPD	3.50	ST
	c. Tampilan gambar jelas dan membantu dalam melakukan percobaan	3.67	ST
	Rata-rata aspek	3.72	ST

T = Tinggi, ST = Sangat Tinggi

Berdasarkan hasil penilaian LKPD tiap-tiap indikator oleh validator yang dapat dilihat pada Tabel 4 didapat hasil bahwa setiap indikator sudah berada pada rentang rata-rata skor per indikator ialah 3,50 hingga 3,72 dengan kategori tinggi dan sangat tinggi.

Berdasarkan grafik tersebut dari empat indikator penilaian LKPD maka dapat dilihat bahwa skor rata-rata penilaian terendah pada aspek kelayakan bahasa sebesar 3.50 dan skor rata-rata penilaian tertinggi pada aspek kelayakan tampilan sebesar 3.72.

Berdasarkan saran-saran dari validator, demi penyempurnaan terhadap perangkat percobaan alat peraga gerak harmonik sederhana pada bandul yang terdiri dari alat peraga dan lembar kerja peserta didik. Melalui saran-saran tersebut penulis melakukan perbaikan terhadap perangkat percobaan sehingga perangkat percobaan alat peraga

gerak harmonik sederhana pada bandul sudah layak dan dapat digunakan sebagai media pembelajaran.

Pelaksanaan penelitian ini, ada beberapa indikator perbaikan pada perangkat percobaan yang masih rendah penilaian dari validator, sehingga perangkat percobaan perlu diperbaiki. Dengan demikian setelah dilakukan perbaikan maka akan diperoleh penilaian yang tinggi oleh validator yang menandakan bahwa perangkat percobaan sudah layak untuk digunakan. Jika merujuk kepada penelitian sebelumnya terkait pengembangan alat peraga yang pernah dilakukan mengenai pengembangan alat peraga bandul matematis untuk melatih keterampilan proses sains siswa dalam pembelajaran fisika. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut tingkat kevalidan alat berada pada kategori sangat baik (Iqlima, 2014). Penelitian lain yang terkait dengan pengembangan alat peraga bandul matematis pernah dilakukan mengenai pengembangan ODD “ Osilator Digital Detector “ Sebagai Alat Peraga Praktikum Gerak Harmonik Sederhana. Hasil yang diperoleh dari penilaian validator terhadap persentase kelayakan alat sebesar 83.1% dengan kategori sangat tinggi (Farida Huriawati dan andista candra, 2016) hal yang sama diperoleh dari penelitian ini tingkat kevalidan alat berada pada kategori sangat tinggi. Selain itu, penelitian lain juga pernah dilakukan terkait alat peraga percobaan bandul matematis yaitu redesain alat peraga dan lembar kerja percobaan bandul sederhana untuk meningkatkan kemampuan siswa bereksperimen. Hasil yang diperoleh bahwa melalui penggunaan alat peraga bandul dapat meningkatkan kemampuan siswa bereksperimen pada kategori baik (Yustiandi dan Duden Saepuzaman, 2017). Hal tersebut mendukung penelitian ini yang memperoleh tingkat kevalidan alat untuk digunakan sebagai media pembelajaran fisika berada pada kategori sangat tinggi.

Terlepas dari semuanya, alat peraga yang dibuat perlu adanya penyempurnaan dan perbaikan. Adapun kelebihan dari alat peraga ini adalah jika dibandingkan dengan alat percobaan bandul yang digunakan sebelumnya yaitu besaran jumlah ayunan dan waktu dapat terbaca dan diamati secara langsung pada alat serta dapat mengaturnya sesuai dengan keinginan. Sedangkan kekurangan dari alat ini adalah ada beberapa besaran yang belum dapat ditampilkan pada alat seperti besaran perioda, frekuensi, menampilkan gelombang ayunan bandul, dan hasil pengujian nilai percepatan gravitasi yang masih sedikit berbeda dengan hasil secara teori, sehingga perlu dilakukan penyempurnaan dan perbaikan untuk penelitian selanjutnya.

Setelah dilakukan perbaikan sesuai dengan saran validator, maka diperoleh alat peraga gerak harmonik sederhana pada bandul dan lembar kerja peserta didik alat peraga gerak harmonik sederhana pada bandul yang valid dengan kategori sangat tinggi dan layak untuk dilakukan uji praktikalitas.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengembangan alat peraga bandul matematis berbasis mikrokontroler sebagai media pembelajaran fisika SMA setelah dilakukan penilaian oleh 6 orang validator telah dinyatakan valid dengan rata-rata skor validitas berada pada kategori sangat tinggi. Rancangan dan validasi lembar kerja peserta didik percobaan gerak harmonik sederhana pada bandul sebagai media pembelajaran fisika SMA telah dinyatakan valid dengan rata-rata skor validitas berada pada kategori sangat tinggi. Hasil pengujian alat peraga untuk mendapatkan nilai

percepatan gravitasi (g) diperoleh rata-rata sudah mendekati secara teori. Dengan demikian, perangkat percobaan gerak harmonik sederhana pada bandul ini dinyatakan sudah layak digunakan sebagai media pembelajaran fisika SMA.

Penelitian yang dilakukan oleh penulis ini hanya sebatas merancang, membuat perangkat percobaan gerak harmonik sederhana pada bandul, serta melakukan uji validitas dari perangkat percobaan yang telah dibuat. Terlepas dari semuanya, masih terdapat kekurangan pada alat peraga tersebut. Sebagai rekomendasi dari penulis, perangkat percobaan gerak harmonik sederhana pada bandul yang sudah dibuat ini dapat disempurnakan lagi dengan menampilkan besaran frekuensi, periode, dan menampilkan gelombang ayunan bandul. Kemudian dapat dilanjutkan dengan uji praktikalitas ke SMA.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhar Arsyad. 2013. *Media Pembelajaran*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Farida Huriawati dan Andista Candra. 2016. Pengembangan Odd "Osilator Digital Detector" Sebagai Alat Peraga Praktikum Gerak Harmonik Sederhana. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*. ISSN: 2355-7109. FKIP Universitas Sriwijaya. Sumatra Selatan.
- Hamzah B. Uno. 2009. *Teori Motivasi dan Pengukurannya : Analisis dibidang Pendidikan*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Hasrul. 2011. Desain Media Pembelajaran Animasi Berbasis Adobe Flash Cs3 Pada Mata Kuliah Instalasi Listrik 2. *Jurnal Medtek* 3(2). FT UNM. Malang.
- Hendar Sudrajad. 2009. Pengembangan Perangkat Percobaan Konsep Rotasi Untuk Pembelajaran Fisika di SMA dan Universitas. Tesis tidak dipublikasikan. Universitas Negeri Padang. Padang.
- Iqlima Noor Akmal. 2014. Pengembangan Alat Peraga Bandul Matematis Untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains Siswa Pada Materi Gerak Harmonik Sederhana di Kelas XI SMAN 3 Tuban. Vol 03 No .02. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Surabaya.
- Kemendikbud. 2013. *Materi Pelatihan Guru Implementasi Kurikulum 2013*. Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pendidikan dan Kebudayaan dan Penjaminan Mutu Pendidikan. Jakarta.
- Kemendikbud. 2013 a. Permendikbud No 65 Tahun 2013: *Standar Proses Dasar dan Menengah*. BSNP. Jakarta

- Kemendikbud. 2013 b. Permendikbud No 69 Tahun 2013: *Kerangka Dasar dan Struktur Kurikulum Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah*. BSNP. Jakarta.
- Milya Sari. 2012. *Hakekat Pembelajaran Sains/IPA (Ilmu Pengetahuan Alam)*. <https://kajianipa.wordpress.com/2012/03/28/hakekat-pondidikan-sains/> (diakses pada 7 Januari 2018).
- Oemar Hamalik. 2013. *Kurikulum dan Pembelajaran*. PT Bumi Aksara. Jakarta.
- Sugiyono. 2009. *Memahami Penelitian Kualitatif*. Alfabeta. Bandung.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitati, Kualitatif dan R & D*. Alfabeta. Bandung.
- Trianto. 2010. *Model Pembelajaran; konsep, strategis, dan implementasinya dalam Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP)*. PT. Bumi Aksara. Jakarta.
- Yustiandi dan Duden Saepuzaman. 2017. Redesain Alat Peraga dan Lembar Kerja Percobaan Bandul Sederhana untuk Meningkatkan Kemampuan Siswa Bereksperimen. ISSN: 2476-9398. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*. Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Pendidikan Indonesia.