

Perancangan Alat Peraga Tumbukan Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 Berbasis Multirepresentasi

Nurul Tri Rahayu ✉, Siska Desy Fatmaryanti, Umi Pratiwi

Universitas Muhammadiyah Purworejo

Jl. KH. A. Dahlan 3 Purworejo, Jawa Tengah, 54111, Indonesia

| nurultrirahayu53@gmail.com ✉ | DOI : <https://doi.org/10.37729/jips.v2i1.590> |

Article Info

Submitted

30/10/2020

Revised

19/04/2021

Accepted

05/05/2021

Abstrak - Tumbukan dua buah benda merupakan salah satu konsep fisika yang membutuhkan visualisasi dan kemampuan multirepresentasi yang baik untuk memahaminya. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui (1) proses perancangan alat peraga tumbukan, dan (2) kelayakan alat peraga tumbukan dalam pembelajaran fisika. Metode penelitian ini menggunakan model pengembangan 4D oleh Thiagarajan yang meliputi tahap pendefinisian (define), perancangan (design), pengembangan (develop), dan penyebaran (deseminate). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh: (1) pengujian alat peraga dengan massa 0,02 kg diperoleh ralat momentum sebelum tumbukan $(2,41 \pm 0,13)$ kg.m/s dan setelah tumbukan $(2,37 \pm 0,16)$ kg.m/s dengan nilai koefisien restitusi sebesar 0,98, pada massa 0,04 kg ralat momentum sebelum tumbukan $(4,41 \pm 0,25)$ kg.m/s dan setelah tumbukan $(4,35 \pm 0,31)$ kg.m/s dengan nilai koefisien restitusi 0,97, pada massa 0,06kg ralat momentum sebelum tumbukan $(5,66 \pm 0,41)$ kg.m/s dan setelah tumbukan $(5,63 \pm 0,44)$ kg.m/s dengan nilai koefisien restitusi 0,99 dan rerata error pada alat peraga sebesar 6,21%. (2) Hasil validasi oleh ahli media diperoleh rerata skor 3,35 dengan kategori baik, hasil validasi oleh ahli materi diperoleh rerata skor 3,37 dengan kategori baik, dan hasil validasi soal multirepresentasi diperoleh rerata skor 3,08 dengan kategori baik. Berdasarkan hasil analisis data, alat peraga tumbukan menggunakan sensor Ultrasonik HC-SR04 berbasis multirepresentasi telah memenuhi aspek kelayakan valid, sehingga dapat digunakan dan diterapkan dalam pembelajaran fisika.

Kata kunci: Alat peraga, Tumbukan, Momentum, Ultrasonik HC-SR04, Multirepresentasi

Abstract - The collision of two objects is a physics concept that requires good visualization and multi-representation skills to understand it. The purpose of this study was to determine (1) the design process of collision props, and (2) the feasibility of collision props in physics learning. This research method uses the 4D development model by Thiagarajan which includes the stages of defining, designing, developing, and deseminating. Based on the results of the study, it was obtained: (1) testing of the props with a mass of 0.02 kg, obtained a momentum error before the collision (2.41 ± 0.13) kg.m / s and after the collision (2.37 ± 0.16) kg. m / s with a restitution coefficient of 0.98, at a mass of 0.04 kg the momentum correction before the collision (4.41 ± 0.25) kg.m / s and after the collision (4.35 ± 0.31) kg. m / s with a restitution coefficient of 0.97, at a mass of 0.06kg the momentum error before the collision (5.66 ± 0.41) kg.m / s and after the collision (5.63 ± 0.44) kg.m / s with a restitution coefficient of 0.99 and an average error of 6.21% on the props. (2) The results of the validation by the media expert obtained a mean score of 3.35 in the good category, the results of the validation by the material expert obtained an average score of 3.37 in the good category, and the results of the validation of the multi-representation questions obtained an average score of 3.08 in the good category. Based on the results of data analysis, the collision props using the HC-SR04 based multi-representation ultrasonic sensor have met the valid feasibility aspect, so that they can be used and applied in physics learning



Keywords: Teaching aid, Collisions, Momentum, Ultrasonic HC-SR04, Multirepresentation

1. Pendahuluan

Tuntutan dan tantangan revolusi industri 4.0 turut memberi dampak yang cukup luas dalam aspek penyelenggaraan pendidikan, salah satunya pada penguasaan mata pelajaran fisika di sekolah maupun perguruan tinggi. Pada pembelajaran fisika dibutuhkan suatu pemahaman konsep yang matang agar peserta didik dapat memecahkan suatu permasalahan fisika dengan baik. Menurut [1] karakteristik materi pembelajaran fisika yang abstrak menuntut kemampuan untuk menguasai dan mengelola perubahan diantara representasi yang berbeda secara bersamaan. Hal ini diperkuat oleh [2] yang menyimpulkan bahwa untuk menumbuhkembangkan pemahaman konsep, membutuhkan pemahaman dan menghubungkan berbagai bentuk representasi yang linier. Untuk itu diperlukan pembelajaran yang dapat mewakili berbagai bentuk representasi salah satunya yaitu pembelajaran berbasis multirepresentasi.

Multirepresentasi merupakan sebuah kegiatan penyajian ulang konsep yang sama melalui berbagai cara, bentuk atau format yang berbeda baik itu verbal, gambar, grafik maupun matematis [1], [3]. Multirepresentasi mampu menjembatani setiap individu yang memiliki kemampuan khusus yang lebih menonjol dibandingkan kemampuan lainnya. Ada individu yang lebih menonjol dalam kemampuan verbal dibandingkan kemampuan spasial/ visual dan kuantitatif, akan tetapi ada juga yang sebaliknya [4]. Hal tersebut diperkuat oleh [5] yang mengemukakan bahwa beberapa peserta didik sukses menyelesaikan masalah yang didahului dengan proses visualisasi menggunakan sketsa atau diagram daripada langsung menggunakan penyelesaian matematis. Kemampuan visual ini dapat dikembangkan melalui serangkaian proses pembelajaran berbasis aktivitas olah tangan (*hands-on activity*) melalui kegiatan praktikum menggunakan alat peraga [2], [6].

Melalui penggunaan alat peraga, hal-hal yang abstrak dapat disajikan dalam bentuk konkrit sehingga materi pembelajaran yang disampaikan dapat dipahami dengan mudah oleh peserta didik. Materi tumbukan dan momentum merupakan salah satu konsep dalam fisika yang membutuhkan visualisasi dan multirepresentasi yang baik untuk memahaminya. Beberapa penelitian mengkaji kesulitan yang dialami oleh peserta didik maupun mahasiswa dalam memahami konsep tumbukan, diantaranya menurut [7] peserta didik lemah dalam mengaitkan persamaan fisika dengan penerapannya pada fakta sehari-hari, misalnya salah menginterpretasi momentum dan energi kinetik benda yang bertumbukan [8], [9]. Hal tersebut sejalan dengan [10] yang menyatakan bahwa peserta didik masih mengalami miskonsepsi pada materi tumbukan, terutama tumbukan lenting sempurna. Dalam penelitiannya miskonsepsi menentukan arah gerak benda setelah tumbukan pada peristiwa tumbukan lenting sempurna sebesar 62,86%, dan miskonsepsi dalam membandingkan momentum total sebelum dan sesudah tumbukan lenting sempurna sebesar 62,86%. Tetapi masih sedikit penelitian yang mengkaji terkait alat peraga berbasis multirepresentasi.

Penelitian yang telah dikaji oleh [11] menyatakan bahwa beberapa sekolah sudah memiliki alat peraga sederhana namun masih bersifat manual, salah satunya yaitu alat peraga tumbukan. Pelaksanaan praktikum tumbukan terbatas pada kegiatan menjatuhkan bola ke lantai. Selain keterbatasan alat ukur, waktu reaksi pengamat untuk mencatat waktu maupun posisi benda jatuh kurang tepat sehingga mempengaruhi akurasi data yang diperoleh. Hal ini juga dialami oleh mahasiswa Universitas Muhammadiyah Purworejo pada saat melakukan praktikum tumbukan. Guna mengatasi permasalahan tersebut perlu adanya kebaruan dari alat peraga yaitu berbasis mikrokontroler. Mikrokontroler Arduino Uno berfungsi sebagai pengendali sistem yang kemudian diintegrasikan dengan sensor [12]. Kegiatan pembelajaran menggunakan alat peraga berbasis sensor akan memudahkan pembacaan data dan meminimalkan kesalahan pembacaan data yang disebabkan adanya *human error*.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan, tujuan dalam penelitian ini adalah merancang suatu alat peraga tumbukan menggunakan sensor Ultrasonik HC-SR04 berbasis multirepresentasi yang layak berdasarkan aspek valid.

2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian perancangan dengan menggunakan model pengembangan 4D oleh Thiagarajan yang meliputi tahap pendefinisian (*Define*), perancangan (*Design*), pengembangan (*Develop*), dan penyebaran (*Deseminate*). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-Agustus 2020. Perancangan alat peraga tumbukan ditinjau dari aspek kelayakan yang dilihat berdasarkan hasil validitas dan uji coba alat peraga. Hasil validasi dianalisis menggunakan *percentage agreement*, seperti disajikan pada Persamaan (1).

$$\text{persentase(\%)} = \frac{\sum f_m}{\sum f_a} \times 100\% \quad (1)$$

keterangan:

$\sum f_m$ = jumlah frekuensi aktivitas yang muncul

$\sum f_a$ = jumlah frekuensi seluruh aktivitas

Hasil perhitungan persentase maupun rerata skor yang diperoleh, kemudian dilakukan konversi dalam skala yang bersifat kualitatif seperti disajikan pada Tabel 1 agar dapat diketahui kelayakan alat peraga [1].

Tabel 1. Acuan perubahan nilai menjadi skala empat

No	Interval Skor	Interpretasi
1	0,00-1,69	Kurang Baik
2	1,70-2,59	Sedang
3	2,60-3,50	Baik
4	3,51-4,00	Sangat Baik

Uji coba alat peraga yang dilakukan meliputi uji kalibrasi sensor dan uji coba alat peraga tumbukan/ uji sistem. Hasil Uji coba dianalisis menggunakan teknik persentase kesalahan [12], seperti ditunjukkan pada persamaan 2.

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{\text{nilai sebenarnya} - \text{nilai terukur}}{\text{nilai sebenarnya}} \times 100\% \quad (2)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian perancangan alat peraga tumbukan ini seperti yang telah dipaparkan pada bagian metode penelitian, penelitian perancangan ini menggunakan model pengembangan 4D, yang meliputi *define*, *design*, *develop*, dan *desiminate*.

3.1 Tahap I : Pendefinisian (*Define*)

3.1.1 Analisis Awal-Akhir

Berdasarkan hasil wawancara terhadap dosen pengampu mata kuliah fisika dasar I dapat diketahui bahwa proses pembelajaran dilaksanakan secara klasikal di dalam kelas dengan menekankan pada salah satu representasi. Disamping itu penggunaan alat peraga yang kurang intensif menyebabkan mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep dan mengkomunikasikan aspek representasi yang berbeda secara bersamaan, sehingga diperlukan visualisasi secara nyata menggunakan alat peraga yang dapat menunjang pembelajaran berbasis multirepresentasi.

3.1.2 Analisis Topik/Materi

Pada tahap ini dilakukan analisis mengenai materi yaitu materi tumbukan khususnya tumbukan lenting sempurna. Besaran fisis yang diukur pada alat peraga ini adalah kecepatan benda (v), koefisien restitusi (e), sehingga besaran akhir yang diperoleh adalah momentum benda (p).

3.1.3 Analisis Kebutuhan Alat Peraga

Berdasarkan hasil observasi di lapangan, secara umum alat peraga tumbukan yang digunakan menggunakan rel presisi dan kereta dinamika yang ditumbukkan secara horizontal, selain itu juga menggunakan bola yang dijatuhkan dari suatu ketinggian tertentu kemudian memantul kembali. Berdasarkan mekanisme tersebut terdapat kesulitan dalam menentukan kecepatan benda serta perhitungan waktu dan jarak yang masih dilakukan secara manual menggunakan *stopwatch* dan mistar, sehingga mempengaruhi akurasi data yang diperoleh. Oleh karena itu peneliti melakukan perancangan alat peraga tumbukan menggunakan sensor sehingga dapat mencatat data jarak dan waktu secara otomatis.

3.1.4 Perumusan Tujuan Pembelajaran

Perancangan alat peraga tumbukan ini ditujukan untuk membantu pemahaman konsep yang lebih mendalam ataupun visualisasi fisis terkait dengan materi tumbukan khususnya tumbukan lenting sempurna melalui berbagai bentuk representasi.

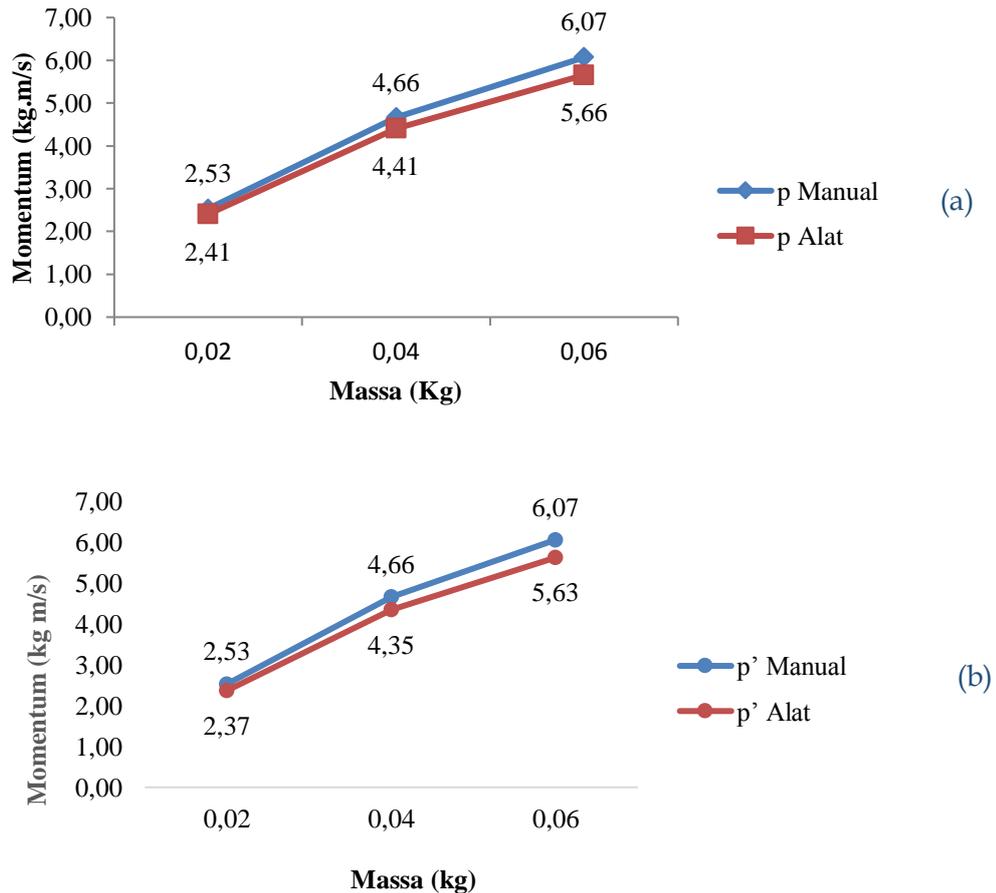
3.2 Tahap 2: Perancangan (Design)

Pada tahap ini terbagi atas perancangan sistem, perancangan *hardware* rangkaian, dan perancangan *software*. Ketiga tahap tersebut menghasilkan alat peraga tumbukan beserta buku panduan dan buku petunjuk penggunaannya. Produk alat peraga yang dirancang memiliki 2 bagian, yaitu bagian mekanik dan bagian digital. Bagian mekanik merupakan bagian yang digunakan untuk praktek secara *real* diantaranya, sensor Ultrasonik HC-SR04, lintasan kereta, mobil-mobilan/ kereta, papan kayu, dan akrilik. Sedangkan bagian digital merupakan komponen yang digunakan untuk mengukur dan memperoleh data diantaranya, Arduino Uno, LCD 20x4, *Push Button*, PCB dot, kabel *jumper male-female*, dan saklar ON-OFF.. Pengambilan data menggunakan alat peraga sebagai bentuk pengujian alat yang dilakukan secara berulang dengan lima kali proses pengukuran menggunakan tiga massa bervariasi. Hal ini dilakukan guna mengetahui rata-rata hasil percobaan dan persentase kesalahannya. Tampilan alat peraga tumbukan disajikan seperti pada [Gambar 1](#).



Gambar 1. Alat peraga tumbukan

Hasil pengolahan data disajikan dalam grafik perbandingan momentum sebelum tumbukan menggunakan sensor dengan manual seperti pada Gambar 2a, dan grafik perbandingan momentum setelah tumbukan menggunakan sensor dengan manual disajikan pada Gambar 2b.



Gambar 2. Grafik perbandingan momentum (a) sebelum tumbukan; (b) setelah tumbukan

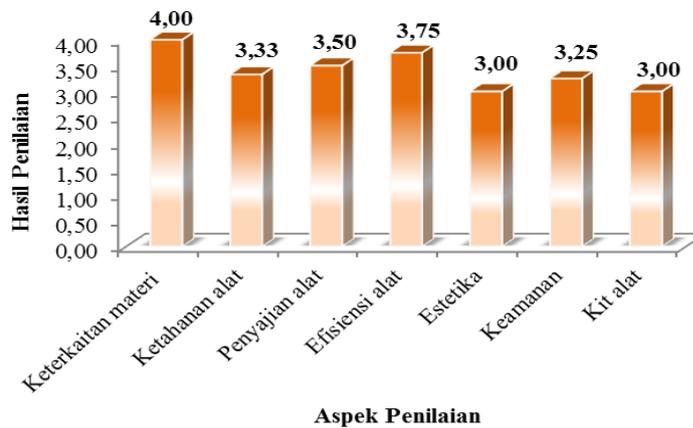
Berdasarkan grafik perbandingan momentum sebelum tumbukan dan sesudah tumbukan yang disajikan pada Gambar 2a dan Gambar 2b, menunjukkan bahwa hasil momentum sebelum tumbukan dan momentum setelah tumbukan yang diperoleh mendekati nilai acuan. Hasil yang diperoleh sesuai dengan konsep tumbukan lenting sempurna bahwa momentum sebelum tumbukan dan momentum setelah tumbukan hasilnya sama meskipun masih terdapat selisih. Tampak pada grafik yang menggunakan alat peraga berbasis sensor hasilnya cenderung lebih kecil. Hasil tersebut dikarenakan tingkat ketelitian sensor yang lebih baik. Nilai koefisien restitusi (e) yang diperoleh berturut-turut 0,98, 0,97, dan 0,99 yang mendekati nilai acuan/ teori yaitu untuk koefisien restitusi pada tumbukan lenting sempurna sebesar ($e = 1$).

Hasil akhir dari pengujian pertama dengan massa 0,02 kg diperoleh perhitungan ralat momentum sebelum tumbukan Δp_1 ($2,41 \pm 0,03$) kg.m/s dan ralat momentum setelah tumbukan $\Delta p_1'$ ($2,37 \pm 0,03$) kg.m/s, pengujian kedua dengan massa 0,04 kg diperoleh ralat momentum sebelum tumbukan Δp_2 ($4,41 \pm 0,03$) kg.m/s dan ralat momentum setelah tumbukan $\Delta p_2'$ ($4,35 \pm 0,03$) kg.m/s, pengujian ketiga dengan massa 0,06 kg diperoleh perhitungan ralat momentum sebelum tumbukan Δp_3 ($5,66 \pm 0,03$) kg.m/s dan ralat momentum setelah tumbukan $\Delta p_3'$ ($5,63 \pm 0,03$) kg.m/s.

Hasil dari analisis data yang diperoleh menunjukkan bahwa alat peraga tumbukan memiliki akurasi yang relatif baik meskipun masih dijumpai nilai yang fluktuatif. Hal tersebut terbukti dari rerata error alat peraga yang diperoleh sebesar 0,62. Error pada alat peraga dapat terjadi dikarenakan oleh beberapa kesalahan dalam pengambilan data diantaranya sensor tidak mendeteksi dengan baik ketika benda bertumbukan, pelepasan benda yang kurang tepat, dan adanya bunyi maupun angin yang turut mempengaruhi pancaran ultrasonik dari sensor ke benda.

3.3 Tahap 3: Pengembangan (Development)

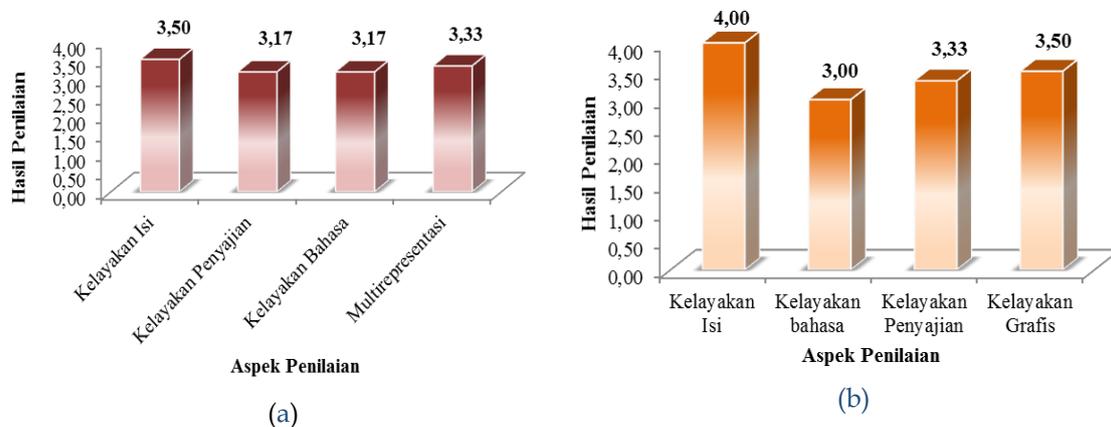
Kelayakan alat peraga tumbukan ditinjau dari segi validitas produk, yaitu validasi alat peraga, validasi buku panduan dan buku petunjuk, dan validasi soal mutirepresentasi. Validasi dilakukan oleh dua validator ahli media dan ahli materi. Data hasil validasi alat peraga tumbukan oleh ahli media disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram hasil validasi alat peraga tumbukan oleh ahli media

Hasil validasi alat peraga oleh ahli media memperoleh rerata skor 3,39 dari keseluruhan aspek dengan persentase 85% dan dalam kategori baik. Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa aspek keterkaitan materi memperoleh skor tertinggi, hal tersebut dikarenakan output yang dihasilkan pada alat peraga memiliki kesesuaian dengan konsep tumbukan lenting sempurna, meskipun ada selisih hasil momentum sebelum tumbukan dengan setelah tumbukan. Akan tetapi pada aspek kit alat memperoleh skor relatif rendah, hal tersebut dikarenakan alat peraga memiliki bentuk yang cukup panjang sehingga kurang efektif penyimpanannya.

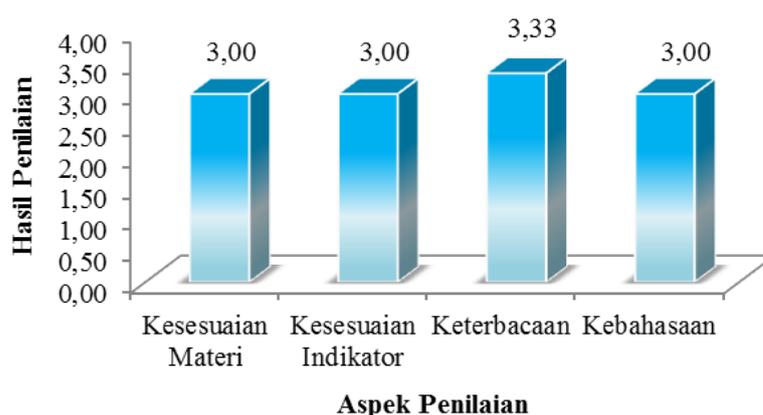
Kelayakan alat peraga juga ditinjau dari hasil validasi buku panduan dan buku petunjuk penggunaan alat. Hasil validasi buku panduan dan buku petunjuk oleh ahli materi diperoleh rerata sebesar 3,38 dengan persentase 84% dalam kategori baik. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [12] bahwa validitas petunjuk praktikum yang dikembangkan menurut validator dalam kategori sangat valid dengan nilai sebesar 3,61. Data hasil validasi buku panduan oleh ahli materi disajikan dalam bentuk diagram pada Gambar 4a, sedangkan diagram hasil validasi buku petunjuk disajikan pada Gambar 4b.



Gambar 4 (a). Diagram hasil validasi buku panduan oleh ahli materi (b). Diagram hasil validasi buku petunjuk oleh ahli materi

Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil validasi buku panduan dan buku petunjuk oleh ahli materi pada aspek kelayakan isi memperoleh skor tertinggi, hal tersebut karena materi dan isi yang ada di dalam buku panduan maupun petunjuk disajikan secara terperinci dan detail. Aspek kelayakan grafis pada buku petunjuk juga memperoleh skor yang relatif tinggi, hal tersebut dikarenakan *font*, tata letak maupun gambar disajikan dengan rapi dan tertata, disamping itu desain tampilan juga disusun semenarik mungkin.

Kelayakan selanjutnya ditinjau dari hasil validasi soal multirepresentasi. Terdapat empat aspek penilaian yang meliputi aspek kesesuaian dengan materi, aspek kesesuaian dengan indikator multirepresentasi, aspek kebahasaan, dan aspek keterbacaan. Rerata skor total yang diperoleh sebesar 3,08 dengan persentase 77% dan dalam kategori baik. Berdasarkan hasil validasi maka soal multirepresentasi yang disusun telah valid untuk digunakan dalam pembelajaran. Hasil penelitian dan temuan ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh [1] yang menyatakan hasil validitas modul oleh ahli layak digunakan sebagai bahan ajar pembelajaran. Data hasil validasi soal multirepresentasi disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram hasil validasi soal multirepresentasi

Hasil validasi soal multirepresentasi pada Gambar 5 menunjukkan bahwa aspek keterbacaan memperoleh skor tertinggi, hal ini dikarenakan penulisan soal dapat terbaca dengan jelas, penggunaan simbol besaran fisika ditulis dengan benar sesuai konsep, dan gambar maupun grafik yang ditampilkan dalam soal mudah dipahami. Temuan ini sejalan dengan [13], [14] terkait kemampuan multirepresentasi. Akan tetapi tiga aspek lainnya yaitu aspek kesesuaian dengan materi, kesesuaian indikator multirepresentasi, dan aspek kebahasaan memperoleh skor yang sama [15]. Hal ini dikarenakan dalam soal tersebut hanya terbatas pada materi tumbukan, dan terdapat beberapa indikator multirepresentasi yang kurang terarah seperti representasi verbal diubah lagi ke dalam bentuk representasi verbal

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil validasi dan uji coba alat peraga dapat disimpulkan bahwa alat peraga tumbukan layak digunakan sebagai peraga dalam pembelajaran fisika, dengan hasil validitas oleh ahli media diperoleh rerata skor skor 3,35 dalam kategori baik, hasil validasi oleh ahli materi diperoleh rerata skor 3,37 dalam kategori baik, dan hasil validasi soal multirepresentasi diperoleh rerata skor 3,08 dalam kategori baik. Hasil analisis data menunjukkan bahwa alat peraga tumbukan menggunakan sensor Ultrasonik HC-SR04 berbasis multirepresentasi telah memenuhi aspek kelayakan valid, sehingga dapat digunakan dan diterapkan dalam pembelajaran fisika. Untuk kajian lebih lanjut dapat dilakukan uji keterlaksanaan pembelajaran menggunakan alat peraga tumbukan pada peserta didik SMA dan dilakukan percobaan untuk jenis tumbukan lainnya agar hasil yang diperoleh lebih kompleks.

Daftar Pustaka

- [1] M. Finnajah, E. S. Kurniawan, dan S. D. Fatmaryanti, "Pengembangan Modul Fisika SMA Berbasis Multi Representasi Guna Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Hasil Belajar Peserta Didik Kelas XI IIS 2 SMA Negeri 1 Prembun Tahun Ajaran 2015/2016," *Radiasi J. Berk. Pendidik. Fis.*, vol. 8, no. 1, hlm. 22-27, 2016.
- [2] L. Widianingtiyas, S. Siswoyo, dan F. Bakri, "Pengaruh Pendekatan Multi Representasi dalam Pembelajaran Fisika Terhadap Kemampuan Kognitif Siswa SMA," *J. Penelit. Pengemb. Pendidik. Fis.*, vol. 1, no. 1, hlm. 31-38, 2015.
- [3] D. J. Ningrum, I. K. Mahardika, dan A. A. Gani, "Pengaruh Model Quantum Teaching dengan Metode Praktikum Terhadap Kemampuan Multirepresentasi Siswa Pada Mata Pelajaran Fisika Kelas X di SMA Plus Darul Hikmah," *J. Pembelajaran Fis.*, vol. 4, no. 2, 2015.
- [4] S. D. Fatmaryanti dan D. A. Nugraha, "Using multiple Representations Model To Enhance Student's Understanding in Magnetic Field Direction Concepts," dalam *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, vol. 1153, no. 1, hlm. 012147.
- [5] H. Tms dan J. Sirait, "Representations Based Physics Instruction to Enhance Students' Problem Solving," *Am. J. Educ. Res.*, hlm. 5.
- [6] F. Bakri, R. Rasyid, dan R. D. A. Mulyaningsih, "Pengembangan Modul Fisika Berbasis Visual untuk Sekolah Menengah Atas (SMA)," *J. Penelit. Pengemb. Pendidik. Fis.*, vol. 1, no. 2, hlm. 67-74, 2015.
- [7] D. Prihartanti, L. Yuliati, dan H. Widodo, "Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Pada Konsep Impuls, Momentum, an Teorema Impuls Momentum," hlm. 11.
- [8] P. Saphet, A. Tong-on, dan M. Thepnurat, "One Dimensional Two-Body Collisions Experiment Based on LabVIEW Interface With Arduino," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 901, hlm. 012115, Sep 2017, doi: 10.1088/1742-6596/901/1/012115.
- [9] D. Nugraheni, "Analisis Kesulitan Belajar Mahasiswa Pada Mata Kuliah Mekanika," *Edu Sains J. Pendidik. Sains Dan Mat.*, vol. 5, no. 1, hlm. 23-32, 2017.
- [10] N. Nurfadilah, I. Ishafit, R. Herawati, dan E. Nurulia, "Pengembangan Panduan Eksperimen Fisika Menggunakan Smarthphone dengan Aplikasi Phyphox Pada Materi Tumbukan," *J. Penelit. Pembelajaran Fis.*, vol. 10, no. 2, hlm. 101-107, 2019.
- [11] B. Wicaksono, "Peningkatan Kemampuan Metakognitif Fisika Melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning Pada SMK Pancasila 1 Kutoarjo," *Radiasi J. Berk. Pendidik. Fis.*, vol. 3, no. 2, hlm. 182-185, 2013.
- [12] M. Misbah, M. Wati, dan M. F. Rif'at, "Pengembangan Petunjuk Praktikum Fisika Dasar I Berbasis 5M Untuk Melatih Keterampilan Proses Sains dan Karakter Wasaka," *J. Fis. Flux J. Ilm. Fis. FMIPA Univ. Lambung Mangkurat*, vol. 15, no. 1, hlm. 26-30, 2018.
- [13] S. D. Fatmaryanti, "Student Representation Of Magnetic Field Concepts in Learning by Guided Inquiry," 2017, vol. 795, no. 1, hlm. 012059.
- [14] S. D. Fatmaryanti dan H. Kurniawan, "Magnetic Force Learning With Guided Inquiry and Multiple Representations Model (GIMuR) to Enhance Students' Mathematics Modeling Ability.," 2018, vol. 19, no. 1.
- [15] Doyan, A., Taufik, M., & Anjani, R. "Pengaruh pendekatan multi representasi terhadap hasil belajar fisika ditinjau dari motivasi belajar peserta didik". *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 2018. 4(1).