

## Perancangan Alat Peraga Berbasis *Physics Toys* Pada Materi Efek Doppler Menggunakan RTC dan Arduino

Ashari, Putri Wira Anzani ✉, Umi Pratiwi, Sriyono

Universitas Muhammadiyah Purworejo

Jl. K.H.A Dahlan 3 Purworejo, 54111, Jawa Tengah, Indonesia

| [putriwira137@gmail.com](mailto:putriwira137@gmail.com) ✉ | DOI : <https://doi.org/10.37729/jips.v4i1.1134> |

### Article Info

#### Submitted

29/04/2022

#### Revised

13/05/2023

#### Accepted

28/05/2023

**Abstrak** – Konsep fisika dan besaran pada mata pelajaran Fisika di sekolah dapat disajikan secara realistik melalui serangkaian kegiatan praktikum dan demonstrasi melalui alat peraga pembelajaran. Telah dilakukan perancangan alat peraga berbasis permainan untuk Fisika (*physics toys*) pada efek Doppler menggunakan RTC dan Arduino. Metode penelitian mengadaptasi model ADDIE yang terdiri dari *Analyze, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*. Guna mengetahui kelayakan alat peraga telah dilakukan uji coba alat dan validasi produk oleh ahli materi Fisika, ahli media, dan guru Fisika di sekolah. Berdasarkan hasil penelitian dihasilkan: (1) produk alat peraga efek Doppler berbasis *Physics Toys* yang berfungsi dengan baik, dengan persentase eror uji sistem 1 secara manual sebesar 0,005%, dan % eror uji sistem 2 dengan manual sebesar 0,006%. (2) hasil validasi produk diperoleh skor rerata 2,975 dengan kategori cukup baik dengan perolehan *percentage agreement* sebesar 99% (3) Hasil kepraktisan alat diperoleh rerata sebesar 76,5%. Berdasarkan hasil tersebut produk yang dibuat dapat dimanfaatkan sebagai alternatif alat peraga berbasis permainan dalam pembelajaran Fisika.

**Kata kunci:** Perancangan, Alat peraga, *Physics toys*, Efek Doppler, Arduino

**Abstract** – Learning physics concepts and magnitudes in physics subjects at school can be presented realistically through a series of simple experimental activities and demonstrations through learning aids. Game-based teaching aids for Physics (*physics toys*) designed for the Doppler Effect have been designed using RTC and Arduino. The research method adapts the ADDIE model which consists of *Analyze, Design, Development, Implementation, and Evaluation*. In order to find out the feasibility of teaching aids, tool trials and product validation were carried out by physics material experts, media experts, and physics teachers at schools. Based on the research results: (1) *Physics Toys*-based Doppler Effect teaching aids that function properly, with a % error for manual system 1 test of 0.005%, and a % error for manual system 2 test of 0.006%. (2) the product validation results obtained an average score of 2.975 in a fairly good category with a *percentage agreement* of 99% (3) the results of the practicality of the tool obtained an average of 76.5%. Based on these results the product made can be used as an alternative to game-based teaching aids in learning Physics



**Keywords:** Design, Teaching aid, *Physics toys*, Doppler effect, Arduino

## 1. Pendahuluan

Efek Doppler merupakan salah satu materi dalam pembelajaran fisika yang dapat disajikan tidak hanya berupa teoretis namun melalui kegiatan demonstrasi maupun praktikum. Melalui kegiatan praktikum diharapkan dapat memberikan gambaran nyata kepada peserta didik tentang fenomena fisika yang dipelajari dan untuk membuktikan hasil perhitungan analisis secara teoretis [1]. Guna meningkatkan pemahaman konsep-konsep dasar Fisika diperlukan suatu kemampuan berfikir yang sistematis dan alat bantu pembelajaran sehingga kemampuan penguasaan konsep dan analitis semakin meningkat [2].

Salah satu media pembelajaran yang dapat digunakan dalam mata pelajaran Fisika adalah alat peraga berbasis permainan (*toys physics*) [3], [4]. Menurut [5] adanya unsur permainan dalam alat peraga Fisika dapat meningkatkan minat siswa dalam belajar, meningkatkan pemahaman konsep terkait materi yang diajarkan, dan pembelajaran lebih menarik serta menyenangkan bagi peserta didik. Beberapa contoh alat peraga berbasis permainan gasing dan perahu otok-otok (*tuc-tuc boat*) [6], yoyo atau *twirly whirly* yang dicetak menggunakan prin 3D [7], [8] yang mengkaji tentang *smart toys* dalam proses pembelajaran di sekolah.

Keterbatasan alat peraga Fisika di sekolah sejatinya bukan menjadi kendala bagi guru dan peserta didik untuk melaksanakan eksperimen meskipun sederhana. Pemanfaatan alat peraga sederhana yang sesuai konsep dapat dimanfaatkan dengan optimal, demikian pula penggunaan alat-alat/ perkakas di lingkungan sekitar tempat tinggal dapat digunakan sebagai alternatif peraga pembelajaran [9]. Berdasarkan hasil wawancara terhadap sebagian guru Fisika dan peserta didik, kegiatan praktikum efek Doppler jarang bahkan belum dilaksanakan, disebabkan karena ketersediaan alat peraga dan alokasi waktu yang terbatas. Alat peraga berupa KIT Bunyi dan Gelombang dengan guna membuktikan efek Doppler dengan konsep pelayangan bunyi keras dan lemah belum dapat menjelaskan konsep efek Doppler kepada peserta didik dengan baik. Kendala tersebut juga dipaparkan dalam kajian oleh [10] tentang kesulitan dalam menyajikan materi efek Doppler sehingga diperlukan pengembangan alat peraganya guna meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan analisis peserta didik.

Gelombang dan bunyi merupakan salah satu materi fisika yang dianggap abstrak oleh sebagian peserta didik. Hal tersebut disebabkan gelombang bunyi tidak dapat diamati langsung oleh mata melainkan hanya dapat didengar. Dalam pembahasan konsep gelombang bunyi salah satu contohnya adalah efek Doppler. Berdasarkan observasi awal yang dilakukan pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Purworejo diperoleh informasi bahwa dalam pemahaman matematis berupa persamaan efek Doppler tidak ada kendala yang dihadapi oleh mahasiswa, namun pada pemahaman konsep bagaimana fenomena efek Doppler tersebut terjadi masih mengalami kendala. Berkaitan dengan hal tersebut untuk memudahkan pemahaman konsep maka diperlukan alat peraga yang dapat membantu pebelajar untuk memahaminya. Alat peraga yang dimaksud adalah alat peraga efek Doppler.

Beberapa kajian terkait percobaan menggunakan alat peraga efek Doppler menghasilkan data yang relatif sesuai dengan kajian teoretis, misalnya menggunakan perangkat speaker berbantuan Audacity [11], [12]. Beberapa percobaan menggunakan perangkat *sound meter* pada handphone namun kurang maksimal dalam menentukan besaran efek Doppler. Keterlaksanaan kegiatan praktikum tersebut juga dipengaruhi dengan kesediaan alat peraga. Semakin mudah penggunaan alat peraga, akan semakin membantu mahasiswa dalam pelaksanaan kegiatan praktikum. Pada era ini, sudah banyak alat-alat peraga yang memudahkan peserta didik dalam penggunaannya. Hal ini disebabkan oleh semakin pesatnya kemajuan dan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK).

Salah satu perkembangan IPTEK yang sering di gunakan dalam perancangan alat dalam penelitian adalah *Microcontroller* merupakan suatu chip IC (*Integrated Circuit*) yang terdiri dari *processor*, *memory*, dan antar muka yang bisa di program [13]. Guna menjalankan mikrokontroler, digunakan Arduino sebagai *prototipe platform (open-source)* yang memiliki perangkat keras *circuit board* yang dapat diprogram atau dikenal dengan mikrokontroler dan perangkat lunak Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang digunakan untuk menulis dan mengunggah (*upload*) *script* program komputer ke mikrokontroler [14], [15]. Namun untuk mengolah sebuah data, Arduino tetap membutuhkan perangkat elektronika yang dapat mengubah besaran fisis menjadi sinyal listrik yang disebut dengan sensor [15]. Sensor yang akan peneliti gunakan dalam penelitian ini adalah sensor Ultrasonik dan sensor RTC. Sensor Ultrasonik merupakan sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya [16], sehingga sensor dapat menghitung jarak yang ditempuh oleh suatu benda. Sedangkan sensor RTC (*Real Time Clock*) merupakan jam elektronik berupa chip yang dapat menghitung waktu mulai dari detik, menit, jam, tanggal, bulan, serta tahun dengan akurat dan menjaga/menyimpan data waktu tersebut secara *real time* [17]. Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu alat peraga sederhana berbasis permainan untuk fisika pada materi efek Doppler.

## 2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian perancangan ini mengadaptasi model pengembangan ADDIE yang terdiri dari *Analyze, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*. Tahap pertama dari perancangan alat peraga efek Doppler berula analisis kebutuhan alat peragayang bertujuan untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan dalam perancangan alat peraga efek Doppler berbasis Arduino. Hal-hal, yang diperlukan dalam perancangan alat peraga efek Doppler berbasis *physics toys* adalah materi, serta alat dan bahan yang akan digunakan. Selain itu, kebutuhan akan alat peraga efek Doppler di laboraatorium menjadi alasan mendasar sehingga dilakukan penelitian ini. Tahap kedua yaitu analisis materi dilakukan dengan mengidentifikasi materi yang akan di ajarkan menggunakan alat peraga dan berdasarkan hasil literasi melalui beberapa kajian hasil-hasil penelitian. Analisis juga dilakukan dengan berbagai referensi sebagai pertimbangan peneliti untuk menentukan alat dan bahan yang akan di gunakan dalam perancangan alat peraga efek Doppler berbasis permainan dengan Arduino dan RTC.

Tahap desain merupakan tahapan yang bertujuan untuk mendesain alat dengan mengikuti alur proses seperti disajikan pada [Gambar 1](#). Pada tahap ini akan di peroleh hasil akhir yang disebut Draft I. Desain alat peraga yang dibuat dapat berfungsi dengan baik dalam menentukan besaran-besaran pada materi efek Doppler. Proses pemrograman Arduino dimulai dari pembacaan jarak dan waktu oleh sensor Ultrasonik dan RTC kemudian data yang telah dibaca sensor akan di input dan dibaca oleh Arduino, Setelah itu Arduino akan memproses hasil pengukuran jarak dan waktu menjadi nilai kecepatan dan akan memproses kembali menjadi nilai frekuensi pendengar dengan rumus yang telah dimasukkan oleh peneliti dalam pemrograman Arduino. Dengan pemrograman Arduino yang peneliti buat, maka didapatlah nilai frekuensi pendengar yang nantinya akan di tampilkan di layar serial monitor dari Arduino. Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan draft II yang sudah di revisi.

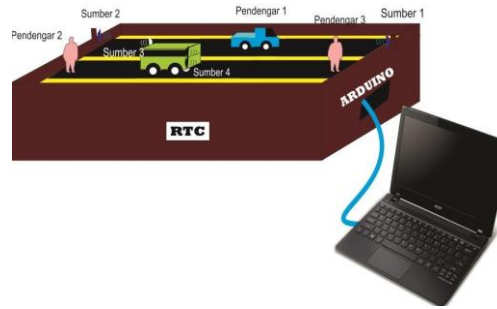
Guna menguji fungsi alat peraga maka dilakukan ujicoba di laboratorium dengan cara menguji sensor dan sistem sebanyak 5 kali sehinga diperoleh data kecepatan ( $v_p$ ) dan ( $v_s$ ) serta menghitung nilai ketidakpastian dari data hasil ujicoba tersebut. Berdasarkan data hasil ujicoba tersebut dapat diketahui akurasi dan preseisi dari alat peraga yang telah dirancang. Tahap selanjutnya, guna mengetahui kebermanfaatan dan keterbacaan alat, maka dilakkan validasi oleh validator ahli media dan validator ahli materi. Hasil dari pengujian ini akan di dapat nilai rerata yang nantinya menjadi acuan apakah alat peraga dapat dikatan layak atau tidak. Hasil Validasi ahli tidak hanya berisi penilaian saja tetapi juga kritik dan saran. Tahap revisi ini bertujuan merevisi hasil draft 1 sesuai dengan kritik dan saran yang diberikan oleh validator serta perbaikan alat apabila hasil uji lab tidak memenuhi kriteria sehingga menjadi draft II.

Tahap implementasi ini bertujuan untuk melibatkan mahasiswa dalam penggunaan alat peraga. Tahap ini dilakukan setelah draft II hasil dari revisi layak digunakan. Sampel yang akan peneliti gunakan adalah mahasiswa Fisika Universitas Muhammadiyah Purworejo semester 4 dengan menggunakan angket mahasiswa. Evaluasi dilakukan dengan menilai kualitas produk sesuai hasil validasi, uji coba laboratorium, dan implementasi yang telah peneliti lakukan.

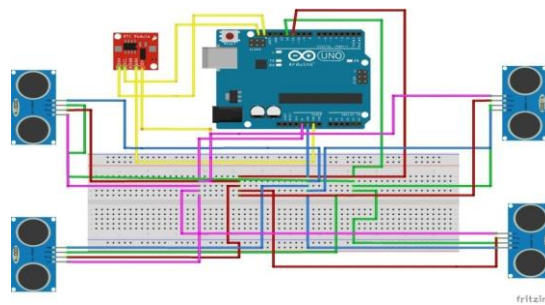
## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Hasil Perancangan Alat Peraga

Pada penelitian ini telah berhasil dikembangkan alat peraga efek Doppler berbasis permainan untuk fisika. Alat peraga yang dirancang dapat menjelaskan dan menampilkan gelombang bunyi pada fenomena efek Doppler baik untuk sumber bunyi bergerak relatif terhadap pengamat dan pengamat bergerak relatif terhadap sumber bunyi. Adapun perangkat yang digunakan adalah kotak/ *box* alat, yang didesain sedemikian rupa dipadukan dengan mikrokontroller dengan sensor ultrasonik, Arduino, dan RTC. Adapun desain rancangan alat peraga dapat ditunjukkan pada [Gambar 1](#), sedangkan rangkaian alat peraga yang disusun menggunakan *fritzing* dapat ditunjukkan pada [Gambar 2](#).



**Gambar 1.** Sketsa Alat Peraga Efek Doppler Berbasis Permainan (*Toys for Physics*)



**Gambar 2.** Fritzing Alat Peraga Efek Doppler Berbasis Permainan (*Toys for Physics*)

Alat peraga efek Doppler permainan Fisika ini merupakan sebuah Alat peraga yang dibuat dengan menggunakan empat sensor Ultrasonik dan satu sensor RTC (*Real Time Clock*) yang telah di integrasikan dengan Arduino. Prinsip kerja alat ini menggambarkan prinsip kerja efek Doppler, yaitu untuk menghitung besarnya frekuensi yang didengar oleh pendengar.

### 3.2. Tahap Uji Coba Laboratorium

Uji coba yang dilakukan pada tahap ini adalah uji coba sistem untuk mengetahui ke akuratan alat. Nilai akurasi sendiri merupakan nilai yang menunjukkan kedekatan hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya [14]. Dalam penelitian ini peneliti membandingkan nilai sistem pada sensor dengan nilai manual. Alat peraga Efek Doppler berbasis Arduino ini memiliki dua sistem kerja, yaitu saat sumber diam dan saat pendengar diam. Hasil uji coba kedua sistem dapat kita lihat pada [Tabel 1](#) dan [Tabel 2](#).

**Tabel 1.** Hasil Uji Sistem 1

$\bar{s}$ (m)	Sensor		Manual		Error (%)
	$f_p1$ (Hz)	$f_p2$ (Hz)	$f_p1$ (Hz)	$f_p2$ (Hz)	
0,19	(40011,2 ± 0,30)	(39988,8 ± 0,30)	(40012,2 ± 0,70)	(39987,0 ± 5,34)	0,003
0,25	(40017,4 ± 6,70)	(39982,6 ± 6,73)	(40017,2 ± 5,34)	(39982,8 ± 5,34)	0,007
0,29	(40017,0 ± 0,50)	(39983,0 ± 0,46)	(40017,6 ± 2,25)	(39982,4 ± 2,25)	0,004
0,35	(40020,7 ± 0,50)	(39979,3 ± 0,53)	(40021,4 ± 2,53)	(39979,0 ± 2,53)	0,006
0,42	(40017,0 ± 0,50)	(39983,0 ± 0,50)	(40016,3 ± 2,70)	(39983,7 ± 2,70)	0,006

**Tabel 2.** Hasil Uji Sistem 2

$\bar{s}$ (m)	Sensor		Manual		Error (%)
	$f_p3$ (Hz)	$f_p4$ (Hz)	$f_p3$ (Hz)	$f_p4$ (Hz)	
0,16	(40018,5 ± 0,85)	(39981,5 ± 0,85)	(40017,9 ± 0,14)	(39982,2 ± 1,42)	0,004
0,20	(40012,7 ± 6,31)	(39987,3 ± 6,30)	(40013,3 ± 4,77)	(39986,8 ± 4,76)	0,005
0,30	(40024,0 ± 9,67)	(30075,4 ± 9,64)	(40023,0 ± 6,03)	(39977,0 ± 6,02)	0,008
0,35	(40024,7 ± 8,67)	(39975,4 ± 8,67)	(40022,3 ± 6,91)	(39977,7 ± 6,89)	0,007
0,42	(40018,0 ± 4,96)	(39981,1 ± 4,95)	(40019,7 ± 4,19)	(39980,4 ± 4,18)	0,004

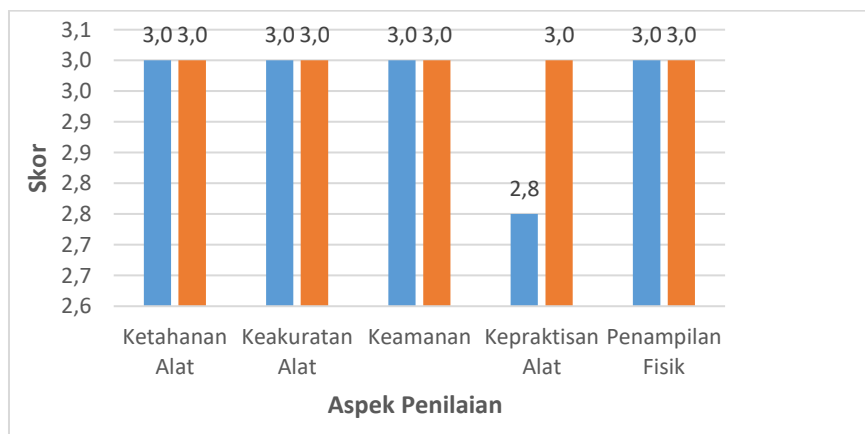
Berdasarkan data hasil percobaan yang ditunjukkan pada [Tabel 1](#) dan [Tabel 2](#) dapat dilihat bahwa persentase eror dari setiap pengukuran cukup kecil, hal ini membuktikan bahwa pengukuran alat peraga efek Doppler dapat dikatakan akurat. Namun demikian, dari data yang diperoleh juga dapat terlihat bahwa nilai standar deviasi dari percobaan alat peraga efek Doppler berbasis permainan Arduino cukup besar. Hal ini disebabkan oleh kecepatan pendengar maupun sumber yang tidak konsisten di setiap percobaan, sehingga mempengaruhi nilai standar deviasi. Hasil lain dari uji sistem adalah ketepatan prinsip alat peraga efek Doppler berbasis permainan menggunakan Arduino dengan prinsip dari fenomena Efek Doppler yaitu adanya hubungan keterkaitan antara frekuensi sumber ( $f_s$ ) dengan frekuensi pendengar ( $f_p$ ). Menurut hasil uji sistem yang dilakukan peneliti hubungan antara frekuensi sumber ( $f_s$ ) dengan frekuensi pendengar ( $f_p$ ) dapat dilihat pada [Gambar 1](#).

Hasil dari validasi produk alat peraga efek Doppler berbasis permainan menggunakan Arduino dapat dilihat pada [Gambar 3](#). Berdasarkan analisis data hasil validasi diperoleh nilai alat peraga efek Doppler berbasis permainan yang dirancang berada di rentang skor 2,75 – 3,00 dengan nilai rerata sebesar 2,97 dalam skala empat atau sebesar 74,4% dalam skala persentase. Sesuai acuan dari penilaian berskala empat menurut Purwanto [18], alat peraga efek Doppler berbasis permainan menggunakan Arduino dinyatakan valid dengan kategori cukup baik dan dinyatakan reliabel dengan rerata persentase agreement sebesar 99% dengan mengacu pada kriteria menurut Trianto [19].

### 3.3. Tahap Implementasi

Hasil dari angket respon mahasiswa pada tahap implementasi dapat dilihat pada [Gambar 3](#). Pada tahap ini didapatkan nilai presentasi pada aspek manfaat sebesar 92%, pada aspek kepraktisan alat mendapatkan persentase 81%, dan pada aspek penampilan fisik mendapatkan persentase 82%. Dari keseluruhan aspek yang dinilai diperoleh rerata nilai persentase sebesar 85%. Dari hasil analisis data respon responden dapat dikatakan bahwa respon terhadap alat peraga efek Doppler berbasis permainan menggunakan Arduino dapat dikatakan baik. Kepraktisan alat peraga Efek Doppler diperoleh dari nilai kepraktisan pada validasi alat dan nilai kepraktisan dari respon mahasiswa. Nilai dari rerata aspek kepraktisan yang diberikan validator ahli adalah sebesar 2,9 dalam skala empat, atau sebesar 72% dalam persentase. Sedangkan hasil nilai kepraktisan yang diperoleh dari respon peserta didik adalah sebesar 81%. Hasil dari kepraktisan alat berada pada rentang 72% - 81%. Dalam penelitian Hestari [5] tentang kriteria kepraktisan alat, maka alat peraga efek Doppler praktis dengan rerata sebesar 76,5%.

Perancangan alat peraga efek Doppler dengan metode pengembangan ADDIE dimulai dari tahap *Analisis* terhadap kebutuhan alat, yaitu analisis materi serta analisis alat dan bahan yang akan digunakan dalam perancangan alat peraga efek Doppler. Dari tahap ini didapatkan, materi efek Doppler yang akan peneliti gunakan dalam perancangan ini adalah perhitungan nilai  $f_p$  ketika sumber diam dan ketika pendengar diam, dengan alat dan bahan yang akan digunakan: (1) Sensor Ultrasonik, (2) sensor RTC, (3) board Arduino, (4) kabel jumper, (5) project board, (6) software Arduino IDE, (7) triplek 8 ml, (8) lem fox, (9) dinamo, (10) paku, (11) bor, dan (12) gergaji.



**Gambar 3.** Hasil Validasi Alat peraga Efek Doppler

Hasil produk dari tahap *Design* kemudian dikembangkan di dalam tahap *Develope* dengan melakukan uji laboratorium serta uji validasi oleh para ahli. Uji laboratorium dilakukan dengan uji sistem alat, dari tahapan ini diperoleh hasil rerata eror dari perbandingan alat dengan nilai sebenarnya sebesar 0,005% dari sistem 1 dan rerata eror sebesar 0,006% pada uji sistem 2. Setelah melakukan uji lab, peneliti memvalidasi alat kepada para ahli. Hasil validasi produk oleh dosen ahli 1 dan 2, dari aspek ketahanan alat peraga Efek Doppler berbasis permainan pada materi fisika menggunakan RTC dan Arduino mendapat nilai berskala empat sebesar 3,0 dengan nilai persentase agreement sebesar 100%, dari aspek keakuratan alat peraga efek Doppler mendapat nilai berskala empat sebesar 3,0 dengan nilai persentase agreement sebesar 100%, dari aspek keamanan alat peraga efek Doppler mendapat nilai berskala empat sebesar 3,0 dengan nilai persentase agreement sebesar 100%, dari aspek kepraktisan alat, mendapat nilai berskala empat sebesar 2,9 dengan nilai persentase agreement sebesar 96%, dari aspek penampilan fisik, alat peraga Efek Doppler memperoleh skor pada rentang skala empat sebesar 3,0 dengan nilai persentase agreement sebesar 100%. Dari hasil tersebut kemudian diperoleh rerata sebesar 2,975 dan mendapat rerata persentase agreement sebesar 99%.

Produk yang sudah divalidasi kemudian diimplementasikan terhadap mahasiswa pendidikan Fisika untuk mengetahui respon mahasiswa terhadap alat peraga yang telah dirancang. Dalam tahapan ini didapatkan nilai persentase pada aspek manfaat sebesar 92%, pada aspek kepraktisan alat sebesar 81%, dan pada aspek penampilan fisik mendapatkan persentase sebesar 82%. Dari keseluruhan aspek yang dinilai diperoleh rerata nilai persentase sebesar 85%.

Tahapan terakhir dalam penelitian ini adalah tahap *Evaluation*. Pada tahap ini dilakukan penilaian-penilaian dan analisis terhadap hasil dari tahap pengembangan dan implementasi. Hasil dari tahap evaluasi ini adalah: (1) Alat peraga efek Doppler dinyatakan valid dengan kategori cukup baik menurut acuan nilai berskala empat sebesar 2,975 atau sebesar 74,4%. Hasil tersebut senada dengan hasil kajian oleh Karimah [10] tentang pengembangan alat peraga efek Doppler. (2) Alat peraga efek Doppler mendapat rerata *persentage agreement* sebesar 99%. (3) Alat peraga efek Doppler berbasis permainan dengan Arduino dinyatakan praktis, dengan rerata persentase sebesar 74%. Selain itu, dilihat dari segi materi hasil dari alat peraga efek Doppler dapat dikatakan sesuai dengan prinsip efek Doppler dimana nilai frekuensi pendengar saat pendengar mendekati sumber maupun ketika sumber mendekati pendengar lebih besar dari frekuensi sumber ( $f_p > f_s$ ), sebaliknya nilai frekuensi pendengar saat pendengar menjauhi sumber maupun ketika sumber menjauhi pendengar lebih kecil dari frekuensi sumber ( $f_p < f_s$ ). Namun semakin besar atau semakin kecilnya frekuensi pendengar bukan bergantung pada jarak tempuhnya melainkan bergantung pada nilai kecepatan, sehingga grafik yang dihasilkan tidak selalu linear [20].

Hasil perancangan alat peraga dalam penelitian ini secara prinsip telah dihasilkan produk alat peraga yang dapat berfungsi untuk memberikan pemahaman konsep pada peserta didik terkait efek Doppler. Guna meningkatkan motivasi belajar dan minat peserta didik untuk mengkaji fisika maka alat peraga yang dirancang berbasis permainan (*toys for physics*). Hasil dan capaian ini didukung oleh temuan dalam penelitian [5], [8] bahwa melalui ragam permainan yang berkenaan dengan fisika dapat meningkatkan pemahaman konsep dan minat belajar peserta didik. Senada dengan hal tersebut [3], [6] bahwa melalui permainan maka pembelajaran IPA semakin menarik dan menantang bagi peserta didik untuk menyelidiki fenomena yang sedang dipelajari.

Meskipun telah berfungsi dengan baik dan membuktikan konsep efek Doppler dan dinyatakan valid oleh para ahli, namun alat peraga efek Doppler yang dirancang menggunakan mikrokontroler dan RTC ini perlu dikembangkan lebih lanjut. Adanya gesekan objek bergerak dengan bidang papan serta motor penggerak yang kurang stabil menjadikan alat peraga tidak menunjukkan hasil ukur yang diinginkan. Untuk itu disarankan menggunakan kit box alat yang mampu meminimalisasi gesekan, sumber bunyi yang lebih jelas, serta kalibrasi yang perlu ditingkatkan kembali agar menghasilkan hasil ukur yang akurat dan presisi.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat peraga efek Doppler berbasis permainan (*physics toys*) menggunakan Arduino dan RTC valid dan praktis digunakan dalam kegiatan pembelajaran gelombang bunyi khususnya efek Doppler. Penggunaan mikrokontroler dan RTC sangat berperan dalam meningkatkan sensitivitas alat ukur dan ketelitiannya. Alat peraga yang dirancang telah dihasilkan sesuai dengan konsep fisika yaitu efek Doppler, dinyatakan valid oleh para ahli, dan praktis dari keterlaksanaan pembelajaran menggunakan peraga tersebut.

## Daftar Pustaka

- [1] Y. Yanti, Y. Marzuki, dan Y. Sawitri, "Meta-Analisis: Pengaruh Media Virtual Laboratory dalam Pembelajaran Fisika Terhadap Kompetensi Siswa," *J. Penelit. Pembelajaran Fis. JPPF*, vol. 6, no. 2, 2020.
- [2] T. Suherly, L. T. Insani, F. Hidayat, O. Waruwu, R. E. Manik, dan M. Rahmad, "Analisis Tingkat Kebutuhan Pemanfaatan Laboratorium Fisika sebagai Pendukung Peningkatan Hasil Belajar," *Edukatif J. Ilmu Pendidik.*, vol. 4, no. 3, hlm. 3393–3404, 2022.
- [3] E. Ince, Y. Acar, dan S. Temur, "Physics Toys Effectiveness of Undergraduates' Understanding Physics Principles," *Eur. J. Phys. Educ.*, vol. 6, no. 4, hlm. 39–51, 2017.
- [4] G. Illeperuma dan D. Sonnadara, "Computer vision based object tracking as a teaching aid for high school physics experiments," dipresentasikan pada 2017 4th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI), IEEE, 2017, hlm. 1–6.
- [5] V. N. Reza, "Pengembangan media pembelajaran toys for physics untuk meningkatkan pemahaman konsep pembelajaran fisika di SMA," *J. Pendidik. Sains Dan Komput.*, vol. 1, no. 01, hlm. 66–76, 2021.
- [6] I. Darmadi dan S. Saehana, "The effect of physics learning with the use of gasing and boat toys media on student learning outcomes," dipresentasikan pada Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing, 2021, hlm. 012055.
- [7] S. Perry, "The 3D-Printed Twirly Whirly: A New Spin on a Toy for Teaching Moment of Inertia," *Phys. Teach.*, vol. 60, no. 8, hlm. 642–643, 2022.
- [8] V. Komis, C. Karachristos, D. Mourta, K. Sgoura, A. Misirli, dan A. Jaillet, "Smart toys in early childhood and primary education: A systematic review of technological and educational affordances," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 18, hlm. 8653, 2021.
- [9] N. Huda, H. Hikmawati, dan K. Kosim, "Pengaruh Pendekatan Kontekstual Berbantuan Alat Peraga Terhadap Penguasaan Konsep dan Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika," *J. Pijar Mipa*, vol. 14, no. 1, hlm. 62–72, 2019.
- [10] H. N. Karimah, B. Subali, E. Ellianawati, L. Handayani, dan E. Natalia, "Pengembangan Alat Peraga Efek Doppler," dipresentasikan pada Prosiding Seminar Nasional Lontar Physics Forum, 2019, hlm. 47–53.
- [11] S. Suprianton, S. Saehana, dan U. Wahyono, "Pengembangan Alat Peraga Materi Efek Doppler," *J. Kreat. Online*, vol. 8, no. 4.
- [12] D. Widaningrum, "Design of Learning Media for Audacity-Assisted Doppler Effect Practicum Tools," *JlIF J. Ilmu Dan Inov. Fis.*, vol. 5, no. 1, hlm. 13–18, 2021.
- [13] H. Santoso, *Monster Arduino 2: Panduan Praktis Arduino Untuk Pemula*, vol. 2. ELANGSAKTI.com, 2017.
- [14] R. M. M. Wilutomo dan T. Yuwono, "Rancang Bangun Memonitor Arus Dan Tegangan Serta Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Web Berbasis Arduino Due," *Gema Teknol.*, vol. 19, no. 3, hlm. 19–24, 2017.
- [15] W. Indrawan dan S. Suryono, "Sistem Pendingin Menggunakan Thermo-Electric Cooler Dengan Kontroler Proportional-Integralderivative," *Berk. Fis.*, vol. 22, no. 2, hlm. 68–76, 2019.
- [16] I. Boimau, R. Irmawanto, dan M. F. Taneo, "Rancang Bangun Alat Ukur Laju Bunyi di Udara Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino," *Cyclotron*, vol. 2, no. 2, 2019.

- [17] Z. Zulfikri, M. I. Sari, dan F. Susanti, "Implementasi Sensor Arus Dan Rtc (Real Time Clock) Pada Sistem Pengontrol Penerangan Rumah Dengan Memanfaatkan Iot (Internet Of Things)," *EProceedings Appl. Sci.*, vol. 3, no. 3, 2017.
- [18] M. Ngalim Purwanto, "Prinsip-prinsip dan teknik evaluasi pengajaran," *Bdg. PT Remaja Rosdakarya*, 2002.
- [19] M. P. Trianto, "Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif: Konsep, Landasan dan Implementasinya pada kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP)," *Jkt. Kencana*, 2010.
- [20] K. Suharyanto dan D. S. Palupi, "FISIKA untuk SMA dan MA Kelas XII," *Jkt. Pus. Perbukuan Dep. Pendidik. Nas.*, 2009.