PROCEEDINGS CONFERENCE SISI INDONESIA III
Tut Wuri Handayani: Development of Education, Science and Technology, and Humanity for the Progress of the Indonesian People
https://conference.sinesia.id/ncrcs-sinesia | E-ISSN: 3110-1062 |
https://doi.org/10.69836/ncrcs-sinesia

Pengembangan Alat Peraga Gerak Peluru Berbasis Arduino Uno Dan Sensor Ultrasonik Sebagai Media Pembelajaran Fisika

Development of Projectile Motion Teaching Aid Based on Arduino Uno and Ultrasonic Sensor as a Physics Learning Media for Senior High School

Hasbi Hashshiddiq
hasbishshasbi@gmail.com
Universitas Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia

Info Article
Submitted: 1 April 2026 | **Revised**: 10 May 2026 | **Accepted**: 14 May 2026
How to cite: Hasbi Hashshiddiq, "Pengembangan Alat Peraga Gerak Peluru Berbasis Arduino Uno Dan Sensor Ultrasonik Sebagai Media Pembelajaran Fisika", *Proceedings Conference Sisi Indonesia III*, 2026, P. 475-491.

ABSTRACT

The concept of projectile motion is often considered difficult by students due to its abstract nature and the lack of learning media capable of providing real visualization. This study aims to develop a projectile motion teaching aid based on Arduino Uno and HC-SR04 ultrasonic sensor as a physics learning medium on projectile motion material. The teaching aid developed consists of a projectile launcher with an adjustable elevation angle, an HC-SR04 ultrasonic sensor as a motion detector, an Arduino Uno microcontroller as a data processor, and an LCD screen as a real-time data display. The method used is Research and Development (R&D) with a 4D development model limited to three stages, namely Define, Design, and Develop. Data collection techniques included material expert validation, media expert validation, and field trials. The results of material expert validation obtained a percentage of 75% in the feasible category, indicating that the content is in accordance with the curriculum and the concept of projectile motion physics. Media expert validation obtained 93.75% in the very feasible category, indicating that the design and functionality of the tool meets learning media standards. Field trials at SMAN 11 Jakarta involved 15 students of grade XI with a response percentage of 86.6% in the very good category, reflecting that the teaching aid is able to improve conceptual understanding concretely and interactively. This study contributes to presenting an affordable microcontroller-based physics learning media innovation that can be replicated by senior high schools as an alternative learning medium. Therefore, this teaching aid is feasible to be used as a physics learning medium on projectile motion material.

Keyword: *teaching aid, projectile motion, learning media, physics, parabolic motion.*

ABSTRAK

Konsep gerak peluru sering dianggap sulit oleh peserta didik karena bersifat abstrak dan kurangnya media pembelajaran yang mampu menghadirkan visualisasi secara nyata. Penelitian ini bertujuan mengembangkan alat peraga gerak peluru berbasis Arduino Uno dan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai media pembelajaran fisika pada materi gerak parabola. Alat peraga yang dikembangkan terdiri atas peluncur proyektil dengan sudut elevasi yang dapat diatur, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi gerak, mikrokontroler Arduino Uno sebagai pemroses data, serta layar LCD sebagai penampil data secara real-time. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model pengembangan 4D yang dibatasi hingga tiga tahap, yaitu Define, Design, dan Develop. Teknik pengumpulan data meliputi validasi ahli materi, validasi ahli media, dan uji coba lapangan. Hasil validasi ahli materi memperoleh persentase 75% kategori layak, menunjukkan konten telah sesuai dengan kurikulum dan konsep fisika gerak parabola. Validasi ahli media memperoleh 93,75% kategori sangat layak, mengindikasikan desain dan fungsionalitas alat memenuhi standar media pembelajaran. Uji coba lapangan di SMAN 11 Jakarta melibatkan 15 peserta didik kelas XI dengan persentase respons 86,6% kategori sangat baik, mencerminkan bahwa alat peraga mampu meningkatkan pemahaman konsep secara konkret dan interaktif. Penelitian ini berkontribusi menghadirkan inovasi media pembelajaran fisika berbasis mikrokontroler yang

This work is licensed under CC BY-SA 4.0

terjangkau dan dapat direplikasi sekolah menengah atas sebagai alternatif media pembelajaran. Dengan demikian, alat peraga ini layak digunakan sebagai media pembelajaran fisika pada materi gerak parabola.
Kata Kunci: *Alat Peraga, Gerak Peluru, Media Pembelajaran, Fisika, Gerak Parabola*

Pendahuluan

Pendidikan merupakan sebuah peran penting dalam mengembangkan potensi peserta didik baik dari aspek kognitif, afektif, maupun psikomotorik. Pendidikan juga dapat diartikan sebagai sebuah proses yang sengaja dilakukan oleh setiap manusia dan bersifat berkelanjutan dengan tujuan agar seseorang memperoleh pengetahuan, keterampilan, nilai, dan sikap yang diperlukan untuk berpartisipasi dalam masyarakat. Pendidikan juga dapat dikatakan sebagai aset bagi setiap individu dalam mengembangkan potensi yang terpendam di dalam dirinya. (Cahyani et al., 2020).

Pembelajaran fisika merupakan suatu proses yang bertujuan untuk menciptakan kondisi belajar yang memungkinkan peserta didik memahami dan menerapkan pengetahuan yang didasarkan pada fenomena alam, serta mengembangkan keterampilan proses sains dan sikap ilmiah dalam kehidupan sehari-hari. Dalam implementasinya, pembelajaran fisika tidak terlepas dari berbagai faktor yang mempengaruhi efektivitasnya, seperti keterbatasan fasilitas laboratorium, kurang optimalnya strategi pembelajaran yang digunakan guru, lingkungan belajar yang kurang mendukung, serta rendahnya partisipasi aktif siswa dalam proses pembelajaran. Faktor-faktor tersebut dapat menghambat pencapaian tujuan pembelajaran fisika dan berdampak pada rendahnya pemahaman konsep siswa, sebagaimana dijelaskan dalam kajian pendidikan fisika yang menekankan pentingnya kondisi pembelajaran yang mendukung keterlibatan aktif siswa (Hake, 1998).

Dalam praktiknya, pembelajaran fisika sering kali dianggap sulit oleh peserta didik karena banyak konsep yang bersifat abstrak dan tidak dapat diamati secara langsung. Karakteristik ini menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam menghubungkan konsep teoritis dengan fenomena nyata yang terjadi di lingkungan sekitar. Hal ini dibuktikan dengan melakukan observasi secara langsung di lapangan saat pembelajaran fisika berlangsung. Dalam prosesnya, pembelajaran cenderung berfokus pada penghafalan rumus dibandingkan dengan pemahaman konsep secara mendalam. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan miskonsepsi yang bertahan dalam jangka panjang dan sulit diperbaiki, terutama ketika siswa tidak diberikan pengalaman belajar yang kontekstual dan bermakna. Rendahnya pemahaman konsep ini pada akhirnya berdampak pada kemampuan siswa dalam menerapkan konsep fisika untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari, sebagaimana dijelaskan bahwa transformasi pembelajaran

fisika diperlukan agar lebih menekankan pada pemahaman konseptual daripada sekadar prosedural (Wieman & Perkins, 2005)

Miskonsepsi dalam pembelajaran fisika dapat berasal dari beberapa faktor, salah satunya adalah sifat fisika yang bersifat abstrak terutama pada konsep-konsep dasar fisika. Banyak fenomena fisika, seperti gaya gravitasi, gerak peluru, elektromagnetisme, dan hukum-hukum termodinamika, tidak dapat langsung diamati oleh siswa tanpa bantuan alat peraga atau simulasi. Akibatnya, siswa sering kali kesulitan menghubungkan teori yang mereka pelajari di dalam kelas dengan aplikasi nyata di dunia sekitar mereka. Hal ini dapat menyebabkan kurangnya motivasi dan minat belajar siswa terhadap mata pelajaran fisika (Hidayat & Mufit, 2024).

Salah satu materi fisika yang sering menimbulkan kesulitan adalah gerak peluru. Konsep ini melibatkan hubungan antara gerak horizontal dan gerak vertikal yang membentuk lintasan parabola. Pemahaman konsep ini menuntut kemampuan siswa dalam menghubungkan model matematis dengan fenomena nyata. Tanpa bantuan visualisasi yang memadai, siswa cenderung hanya menghafal rumus tanpa memahami makna fisika yang sebenarnya. Penelitian menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang bersifat aktif dan berbasis pengalaman dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika secara signifikan (Freeman et al., 2014).

Media pembelajaran pada kurikulum pembelajaran sangatlah penting karena menjadi sarana yang dapat memberikan pengalaman secara langsung dan dapat dijadikan sebagai motivasi siswa dalam belajar, sehingga siswa dapat memahami mengenai konsep secara jelas dan mempermudah daya serap siswa. Pada pembelajaran fisika, keaktifan siswa sangat diutamakan hal ini karena akan mempermudah siswa dalam mengamati, memahami, dan memanfaatkan gejala-gejala alam yang ada di lingkungan sekitar (Wahyudin et al., 2024).

Salah satu solusi media pembelajaran yang dapat digunakan dalam mengatasi masalah kesulitan dalam pembelajaran ialah berupa alat peraga. Alat peraga berfungsi untuk mengkonkretkan konsep abstrak sehingga lebih mudah dipahami oleh peserta didik. Penggunaan media berbasis visual dan eksperimen terbukti dapat meningkatkan kualitas pembelajaran karena memungkinkan siswa untuk mengamati fenomena secara langsung (De Jong, 2006).

Seiring dengan perkembangan teknologi, pemanfaatan perangkat berbasis mikrokontroler dalam pembelajaran fisika semakin berkembang. Teknologi seperti Arduino dan sensor dapat digunakan untuk mengembangkan alat peraga yang interaktif dan mampu menampilkan data secara real-time. Integrasi teknologi dalam pembelajaran juga sejalan dengan konsep Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) yang menekankan pentingnya penggabungan teknologi, pedagogi, dan konten dalam proses pembelajaran (Mishra & Koehler, 2006).

Penggunaan sensor ultrasonik HC-SR04 dalam penelitian ini didasarkan pada beberapa pertimbangan. Pertama, sensor ultrasonik mampu mendeteksi jarak dan kecepatan gerak benda secara akurat tanpa kontak langsung, sehingga aman dan efisien digunakan dalam eksperimen gerak peluru. Kedua, sensor ini memiliki waktu respons yang cepat sehingga mampu merekam data gerak benda secara real-time. Integrasi sensor ultrasonik dengan mikrokontroler Arduino Uno memungkinkan data gerak ditampilkan secara langsung melalui layar LCD, sehingga peserta didik dapat mengamati hubungan antara komponen gerak horizontal dan vertikal secara konkret dan interaktif.

Dalam melakukan observasi pendahuluan didapatkan bawah beberapa siswa beranggapan bahwa pembelajaran fisika tanpa bantuan alat peraga atau simulasi akan sulit. Hal ini dibuktikan saat peneliti sedang melakukan penelitian di salah satu SMA negeri di Jakarta. Dari 29 responden, didapat bahwa 65,5% siswa beranggapan bahwa penggunaan alat peraga cukup praktis untuk pembelajaran fisika, 20,7% beranggapan bahwa penggunaan alat peraga sangat praktis dalam pembelajaran fisika, selebihnya kurang dari 10% beranggapan tidak praktis. Selain melalui observasi melalui kuesioner, ditemukan bahwa sebagian besar peserta didik kelas XI mengalami kesulitan dalam memahami konsep gerak peluru. Hasil nilai ulangan harian menunjukkan bahwa dari 30 peserta didik, sebanyak 60% memperoleh nilai di bawah Kriteria Ketuntasan Minimum (KKM) pada materi gerak parabola.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan alat peraga pada materi gerak parabola dapat membantu meningkatkan pemahaman peserta didik. Penelitian yang dilakukan oleh Ismatullah (2017) mengenai pengembangan alat peraga parabolik menunjukkan bahwa alat peraga yang dikembangkan layak digunakan sebagai media pembelajaran fisika pada materi gerak parabola. Namun, alat peraga tersebut masih memiliki keterbatasan karena penggunaannya kurang efisien dan dapat menyebabkan ruang praktikum menjadi kotor akibat proses percobaan. Selain itu, penelitian Putri (2019) menunjukkan bahwa penggunaan alat peraga gerak parabola mampu meningkatkan hasil belajar dan motivasi peserta didik, dengan persentase ketuntasan belajar mencapai 80% dan motivasi belajar sebesar 82%. Meskipun demikian, alat peraga yang digunakan belum mampu menghasilkan pengukuran waktu tempuh secara akurat serta belum dapat menunjukkan hubungan antara sudut elevasi dan kecepatan awal terhadap waktu tempuh benda. Selanjutnya, penelitian Mayub (2023) menunjukkan bahwa pembelajaran gerak parabola dapat dikembangkan melalui integrasi teknologi berbasis simulasi komputer dan memperoleh respon positif dengan skor rata-rata 4,4 dari skala 5. Akan tetapi, penelitian tersebut hanya melibatkan mahasiswa pascasarjana dan belum diterapkan pada peserta didik tingkat sekolah menengah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat peraga gerak peluru berbasis sensor sebagai media pembelajaran fisika. Fokus penelitian ini adalah untuk mengetahui kelayakan alat peraga yang dikembangkan sehingga dapat digunakan secara efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep gerak peluru.

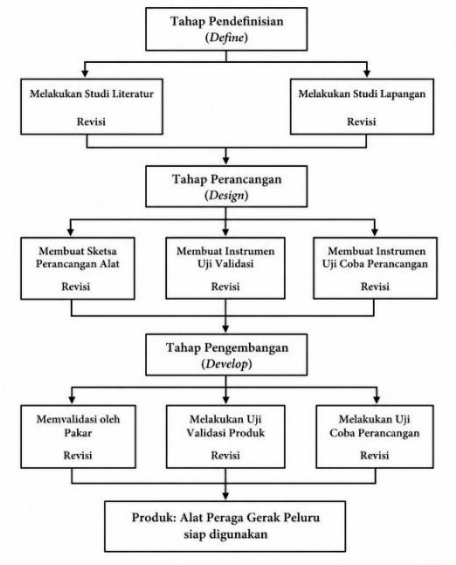
Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk mengembangkan serta menguji kelayakan suatu produk berupa alat peraga pembelajaran fisika. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk menghasilkan produk yang tidak hanya valid secara teoritis, tetapi juga praktis dan efektif digunakan dalam pembelajaran. Hal ini karena pendekatan *Research and Development* (R&D) melalui proses sistematis yang melibatkan tahap perancangan, pengujian, dan evaluasi sehingga menghasilkan media pembelajaran yang valid dan efektif digunakan dalam pembelajaran. (Richey & Klein, 2007).

Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model 4D (*Four-D Model*) yang terdiri atas tahap *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate*. Model ini dipilih karena memiliki tahapan yang sistematis dalam mengembangkan produk pembelajaran, mulai dari analisis kebutuhan hingga evaluasi produk. Penelitian ini dibatasi hingga tahap *Develop* tanpa melanjutkan ke tahap *Disseminate*. Pembatasan ini dilakukan dengan beberapa pertimbangan, yaitu keterbatasan waktu penelitian, ruang lingkup penelitian yang difokuskan pada pengujian kelayakan produk, serta tahap *Disseminate* memerlukan koordinasi lintas institusi yang berada di luar cakupan penelitian ini. Pembatasan serupa lazim dilakukan dalam penelitian pengembangan skala akademik yang bertujuan menghasilkan prototipe layak uji (Thiagarajan et al., 1974).

Pada tahap *Define*, dilakukan analisis kebutuhan pembelajaran melalui penyebaran kuesioner dan observasi terhadap kebutuhan siswa hal ini bertujuan untuk identifikasi permasalahan yang dihadapi siswa dalam memahami materi gerak peluru. Hasil analisis menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep gerak peluru karena sifatnya yang abstrak dan kurangnya media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan konsep secara konkret. Analisis kebutuhan merupakan langkah awal yang penting dalam pengembangan produk karena menentukan arah dan fokus pengembangan dalam penelitian desain pendidikan (Anderson & Shattuck, 2012).

Gambar 1 Bagan Alur Metode Penelitian



Selanjutnya, pada tahap *Design* dilakukan perancangan alat peraga gerak peluru berbasis teknologi. Perancangan ini mencakup desain mekanik alat peluncur, integrasi sistem berbasis mikrokontroler Arduino Uno, serta penggunaan sensor ultrasonik untuk mengukur jarak atau lintasan gerak peluru. Pada tahap perancangan media pembelajaran berbasis teknologi harus mempertimbangkan aspek fungsionalitas, interaktivitas, serta kemudahan penggunaan agar dapat mendukung proses pembelajaran secara optimal, khususnya dalam menciptakan lingkungan belajar yang interaktif dan bermakna. (Moreno & Mayer, 2007).

Selain itu, pada tahap *Design* juga disusun instrumen penelitian berupa angket validasi untuk ahli materi dan ahli media, serta angket respon siswa yang menggunakan skala Likert. Instrumen ini digunakan untuk mengukur tingkat kelayakan produk yang dikembangkan dari berbagai aspek, sehingga hasil evaluasi yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar perbaikan produk. Instrumen validasi ini diuji terlebih dahulu untuk memastikan validitas dan reliabilitasnya. Validitas instrumen diuji oleh dua orang dosen ahli di bidang pendidikan fisika, sedangkan reliabilitas instrumen diukur menggunakan uji konsistensi internal. Instrumen dinyatakan valid dan reliabel apabila memenuhi nilai koefisien yang telah ditentukan (Sullivan & Artino, 2014).

Tahap *Develop* merupakan tahap implementasi dari desain yang telah dibuat, yaitu dengan merealisasikan alat peraga serta melakukan pengujian kelayakan. Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa alat yang dikembangkan telah memenuhi standar kelayakan baik dari segi isi maupun tampilan. Validasi dilakukan oleh dua orang validator ahli, masing-masing satu orang ahli materi dan satu orang ahli media, yang keduanya merupakan dosen bidang fisika di Fakultas

Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Pemilihan validator dilakukan secara purposive berdasarkan kompetensi dan pengalaman di bidangnya. Proses validasi ini penting untuk menjamin kualitas produk sebelum digunakan dalam pembelajaran. Pengujian kelayakan dilakukan sebanyak dua kali untuk memperoleh umpan balik yang digunakan dalam proses revisi dan penyempurnaan alat peraga. Proses validasi ini penting untuk menjamin kualitas produk sebelum digunakan dalam pembelajaran (Hamed Taherdoost & Lumpur, 2016).

Evaluasi yang dilakukan secara berulang bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk agar lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan pengguna, sebagaimana diterapkan dalam pendekatan *design-based research* yang menekankan evaluasi berkelanjutan Berikut kisi – kisi instrumen validitas untuk ahli yang digunakan pada penelitian ini:

Tabel 1Kisi - Kisi Instrumen Uji Validasi Ahli Materi dan Media

Aspek	Indikator	Jumlah
Materi	Kesesuaian dengan materi	1
	Efektivitas alat peraga	1
	Relevan alat peraga	1
	Kelengkapan Komponen alat peraga	1
Tampilan Media	Efisiensi Alat Peraga	1
	Estetika Alat Peraga	1
	Ketahanan Alat Peraga	1
	Ketepatan Alat Peraga	1

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui pengisian instrument kelayakan oleh para ahli dengan instrument penilaian yang disesuaikan berdasarkan kisi – kisi.

Data yang diperoleh dari penilaian para ahli selanjutnya diukur interpretasi skornya sebagai berikut:

$$Persentase(\%) = \frac{\sum skor\ yang\ diperoleh}{\sum skor\ maksmum} \times 100\%$$

Selain analisis persentase, data hasil validasi juga dianalisis secara deskriptif kualitatif berdasarkan catatan dan saran yang diberikan oleh validator sebagai dasar perbaikan produk.

Menurut Arikunto (2014), kriteria kelayakan alat peraga yang dikembangkan dapat dinilai berdasarkan beberapa tingkat, antara lain:

Tabel 2 Tabel Kriteria Kelayakan Alat Peraga

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

Selain itu, dilakukan uji coba kepada siswa untuk mengetahui respon mereka terhadap penggunaan alat peraga dalam pembelajaran. Uji coba ini dilakukan terhadap 15 peserta didik kelas XI SMAN 11 Jakarta yang telah mempelajari materi gerak peluru. Pemilihan subjek dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling* dengan kriteria antara lain telah menempuh materi gerak parabola sesuai kurikulum, dan memiliki kemampuan akademik yang beragam, meliputi kelompok tinggi, sedang, dan rendah berdasarkan nilai ulangan harian sebelumnya, dengan komposisi masing-masing lima siswa per kelompok, respons yang representatif terhadap alat peraga yang dikembangkan

Pada tahap ini dilakukan dengan menyebarkan kuesioner setelah dilakukan uji coba dengan kisi – kisi kuesioner sebagai berikut:

Tabel 3 Kisi - Kisi Kuesioner Uji Coba Skala Kecil

No.	Indikator	Butir Soal
1.	Motivasi belajar dan Pemahaman konsep	4
2.	Pengoperasian dan Kinerja Alat Peraga	4
3.	Kualitas Alat Peraga	2

Data yang diperoleh dari uji coba skala kecil dianalisis secara deskriptif kuantitatif menggunakan persentase untuk menentukan tingkat kelayakan produk. Tahap ini melakukan perhitungan terhadap skor yang diperoleh dan diolah dengan menggunakan persamaan persentase sebagai berikut:

$$Persentase(\%) = \frac{\sum skor\ yang\ diperoleh}{\sum skor\ maksmum} \times 100\%$$

Tabel 4 Tabel Kriteria Hasil Uji Coba Alat Peraga

Interval	Kategori

81% - 100%	Sangat Baik
61% - 80%	Baik
41% - 60%	Cukup
40% - 21%	Kurang
0% - 20%	Sangat Kurang

Hasil analisis tersebut selanjutnya diinterpretasikan ke dalam kategori kelayakan guna menentukan apakah alat peraga yang dikembangkan layak digunakan sebagai media pembelajaran fisika. Setelah dianalisis selanjutnya adalah melakukan teknik perbandingan yang disebut teknik triangulasi, yang mana teknik ini menggunakan data yang diperoleh untuk dilakukan dengan membandingkan hasil validasi ahli materi, ahli media, dan respons peserta didik untuk memperoleh gambaran kelayakan yang lebih komprehensif.

Hasil dan pembahasan

Hasil penelitian ini berupa produk alat peraga gerak peluru berbasis sensor ultrasonik yang dikembangkan melalui tahapan model 4D hingga tahap *develop*. Alat peraga yang dihasilkan dirancang untuk memvisualisasikan lintasan gerak peluru secara lebih konkret dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino Uno dan sensor ultrasonik sebagai alat ukur jarak. Pengembangan alat ini bertujuan untuk membantu siswa memahami hubungan antara sudut peluncuran, kecepatan awal, dan lintasan parabola secara lebih nyata. Alat peraga yang dikembangkan dan buku panduan alat peraga sebagai berikut:

Gambar 2 Hasil Alat Peraga Gerak Peluru yang Telah Dikembangkan



Gambar 3 Gambar Buku Panduan Penggunaan Alat Peraga



1.1 Pembahasan 1

Tahap uji materi dilakukan oleh salah satu dosen bidang fisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Pada tahap uji ahli materi ini, demonstrasi dilakukan secara langsung di depan ahli materi. Selanjutnya diadakan sesi tanya jawab oleh ahli materi terkait alat peraga yang dikembangkan. Tahap terakhir adalah melakukan penilaian terhadap aspek materi dengan memperhatikan beberapa kriteria yang terdapat pada instrumen penilaian. Aspek-aspek tersebut adalah kesesuaian materi, efektivitas alat peraga, relevan alat peraga, kelengkapan alat peraga. Hasil uji kelayakan oleh ahli materi ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 5 Hasil Uji Validasi Ahli Materi

No	Aspek	Interpretasi Skor	Keterangan
1	**Kesesuaian Materi**	**50%**	Cukup Layak
2	**Efektivitas Alat Peraga**	**100%**	Sangat Layak
3	**Relevan Alat Peraga**	**75%**	Layak
4	**Kelengkapan Alat Peraga**	**75%**	Layak
Rata - Rata		75%	Layak

Hasil validasi ahli materi memperoleh rata-rata 75% dengan kategori layak. Analisis per aspek menunjukkan variasi yang perlu dicermati secara mendalam. Aspek efektivitas alat peraga memperoleh skor tertinggi sebesar 100%, menunjukkan bahwa alat peraga dinilai sangat efektif dalam mendemonstrasikan fenomena gerak peluru secara langsung di hadapan siswa.

Namun demikian, aspek kesesuaian materi hanya memperoleh skor 50% dengan kategori cukup layak. Rendahnya skor pada aspek ini disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan memiliki keterbatasan dalam mendeteksi benda yang bergerak dengan kecepatan tinggi, sehingga data yang ditampilkan pada layar LCD belum sepenuhnya merepresentasikan komponen gerak vertikal dan horizontal secara bersamaan sebagaimana yang seharusnya terjadi pada gerak peluru ideal. Kedua, alat peraga belum bisa menghasilkan data secara realtime karena belum disesuaikan dengan kondisi alat. Ketiga, validator materi menilai bahwa buku panduan penggunaan alat peraga masih perlu diperkaya dengan penjelasan konsep fisika yang lebih mendalam, khususnya mengenai persamaan kinematika yang mendasari gerak peluru. Temuan ini menjadi catatan penting untuk pengembangan lanjutan agar kesesuaian konten materi dengan kurikulum dapat ditingkatkan.

Aspek relevansi dan kelengkapan alat peraga masing-masing memperoleh skor 75% dengan kategori layak, menunjukkan bahwa alat peraga telah cukup relevan dengan materi gerak parabola dalam kurikulum SMA, namun masih memerlukan penambahan komponen pendukung seperti busur derajat yang lebih presisi dan sistem pengunci sudut elevasi yang lebih stabil.

Selain uji coba oleh ahli materi, pada uji kelayakan ini juga dilakukan tahap uji media yang dilakukan oleh salah satu dosen bidang fisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Pada tahap

uji ahli media pembelajaran ini, demonstrasi juga dilakukan secara langsung di depan ahli media pembelajaran. Selanjutnya diadakan uji coba secara langsung oleh ahli media pembelajaran terkait alat peraga yang dikembang. Tahap terakhir adalah melakukan penilaian terhadap aspek materi dengan memperhatikan beberapa kriteria yang terdapat pada instrument penilaian. Aspek-aspek tersebut adalah efisiensi alat peraga, estetika alat peraga, ketahanan alat peraga, ketepatan alat peraga. Berikut ini adalah tabel hasil uji kelayakan oleh ahli media:

Tabel 6 Hasil Uji Validasi Ahli Media

No	Aspek	Interpretasi Skor	Keterangan
1	**Efisiensi Alat Peraga**	**100%**	Sangat Layak
2	**Estetika Alat Peraga**	**100%**	Sangat Layak
3	**Ketahanan Alat Peraga**	**100%**	Sangat Layak
4	**Ketepatan Alat Peraga**	**75%**	Layak
	Rata - Rata	93,75%	Sangat Layak

Validasi ahli media memperoleh rata-rata 93,75% dengan kategori sangat layak. Tiga dari empat aspek memperoleh skor sempurna 100%, yaitu efisiensi, estetika, dan ketahanan alat peraga. Hal ini menunjukkan bahwa dari segi desain fisik, alat peraga dinilai kompak, mudah dioperasikan, memiliki tampilan yang menarik, serta terbuat dari bahan yang cukup kuat untuk digunakan dalam kegiatan praktikum berulang.

Aspek ketepatan alat peraga memperoleh skor 75%, menunjukkan bahwa akurasi pengukuran sensor ultrasonik dalam kondisi tertentu masih perlu ditingkatkan. Validator media mencatat bahwa pada alat peraga ini perlu penyesuaian karean saat uji validasi alat ini hanya bisa diukur dengan sudut 90°, sehingga output yang dihasilkan dianggap tidak tepat dan perlu adanya revisi dengan mengubah sudut sehingga hasilnya bisa lebih akurat.

Meskipun alat peraga yang dikembangkan telah memperoleh kategori layak hingga sangat layak, terdapat beberapa kelemahan yang perlu diakui secara jujur sebagai bahan evaluasi. Pertama, sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki keterbatasan deteksi pada objek yang bergerak dengan kecepatan tinggi sehingga akurasi data yang ditampilkan belum optimal pada semua kondisi percobaan. Kedua, alat peraga masih terdapat beberapa kendala seperti pembacaan belum bisa terbaca

sepenuhnya sehingga data yang didapat beberapa belum real-time. Ketiga, penelitian ini hanya mengukur respons siswa sebagai indikator keberhasilan, bukan peningkatan hasil belajar secara terukur melalui instrumen pre-test dan post-test. Dengan demikian, dampak alat peraga terhadap peningkatan hasil belajar secara nyata belum dapat diklaim secara empiris dan memerlukan penelitian lanjutan dengan desain kuasi-eksperimen. Keempat, uji coba baru dilakukan dalam skala kecil (15 siswa) sehingga generalisasi hasil masih terbatas. Pengembangan selanjutnya disarankan untuk melakukan uji coba skala besar dengan kelompok kontrol guna membuktikan efektivitas alat peraga secara lebih kuat.

Selanjutnya adalah tahap uji coba skala kecil, pada tahap ini melibatkan kelompok kecil berjumlah 15 siswa SMA yang sudah mempelajari materi terkait gerak peluru. Demontrasi penggunaan alat peraga dilakukan dan juga melakukan memaparkan materi di depan siswa. Demontrasi ini menjelaskan keseluruhan yang harus dilakukan siswa pada uji coba baik itu cara penggunaan, hasil yang didapat, dan fungsi alat tersebut. Tahap akhir pada uji coba ini adalah siswa mengisi angket yang telah disiapkan dengan tujuan sebagai bahan evaluasi lanjutan terhadap alat peraga ini. Setelah melakukan demonstrasi dilakukan penyebaran kuesioner yang didapat sebagai berikut:

Tabel 7 Hasil Uji Coba Skala Kecil

No	Aspek	Interpretasi Skor	Keterangan
1	Motivasi belajar dan pemahaman konsep	85,6%	Sangat Baik
2	Pengoperasian dan kinerja alat peraga	87%	Sangat Baik
3	Kualitas alat peraga	88%	Sangat Baik
Rata – Rata		86,86%	Sangat Baik

Secara kualitatif, selama sesi demonstrasi ditemukan bahwa para siswa menunjukkan peningkatan keterlibatan yang signifikan dibandingkan pembelajaran konvensional. Siswa aktif bertanya mengenai hubungan antara sudut peluncuran dan jarak jangkauan yang ditampilkan oleh sensor, menunjukkan bahwa alat peraga berhasil memancing proses berpikir kritis.

1.2 Pembahasan 2

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat peraga gerak peluru sebagai media pembelajaran fisika pada materi gerak parabola yang dapat membantu memvisualisasikan konsep tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D) dengan menggunakan model pengembangan 4D yang dibatasi hanya sampai 3D (*Define, Design, and Develop*) tanpa berlanjut ke tahap *Dissemination*.

Berdasarkan hasil validasi oleh ahli materi, diperoleh nilai rata-rata sebesar 75% dengan kategori layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa materi yang terdapat dalam alat peraga sudah cukup sesuai dengan tujuan pembelajaran dan kompetensi yang ingin dicapai. Selain itu, uji validasi oleh ahli media pembelajaran juga dilakukan untuk mengetahui kelayakan alat peraga dari segi desain, tampilan, fungsi, dan kemudahan penggunaan. Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh ahli media, diperoleh nilai rata-rata sebesar 93,75% dengan kategori sangat layak Hasil ini menunjukkan bahwa alat peraga yang dikembangkan telah memenuhi kriteria media pembelajaran yang baik dari segi desain dan kualitas media.

Hasil uji coba skala kecil menunjukkan rata-rata respons sebesar 86,86% dengan kategori sangat baik pada seluruh aspek yang dinilai. Aspek motivasi belajar dan pemahaman konsep memperoleh skor 85,6%, mengindikasikan bahwa kehadiran alat peraga fisik yang dapat dioperasikan secara langsung mampu membangkitkan keingintahuan dan antusiasme siswa terhadap materi gerak peluru. Aspek pengoperasian dan kinerja alat peraga memperoleh skor 87%, menunjukkan bahwa siswa merasa alat mudah digunakan meskipun baru pertama kali berinteraksi dengannya. Aspek kualitas alat peraga memperoleh skor tertinggi 88%, mencerminkan penilaian positif siswa terhadap ketahanan dan tampilan fisik alat.

Penutup

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa alat peraga gerak peluru berbasis Arduino Uno dan sensor ultrasonik HC-SR04 yang dikembangkan melalui model *Research and Development* dengan tahapan 4D hingga tahap *Develop* dinyatakan layak digunakan sebagai media pembelajaran fisika pada materi gerak parabola. Hal ini dibuktikan dengan hasil validasi ahli materi sebesar 75% dengan kategori layak, validasi ahli media sebesar 93,75% dengan kategori sangat layak, serta respons peserta didik pada uji coba skala kecil sebesar 86,86% dengan kategori sangat baik.

Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada pengembangan alat peraga fisik berbasis mikrokontroler yang mampu menampilkan data gerak peluru secara langsung melalui integrasi sensor ultrasonik HC-SR04 dan Arduino Uno. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya menggunakan simulasi berbasis

komputer atau alat peraga mekanis sederhana, penelitian ini menghadirkan solusi alat peraga yang bersifat interaktif, terjangkau, dan dapat direplikasi oleh sekolah menengah atas dengan keterbatasan anggaran laboratorium. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi dalam memperkaya khazanah media pembelajaran fisika berbasis teknologi yang dapat dikembangkan lebih lanjut oleh peneliti berikutnya.

Implikasi praktis dari penelitian ini adalah bahwa guru fisika SMA dapat memanfaatkan alat peraga berbasis mikrokontroler sebagai alternatif pengganti alat laboratorium konvensional yang mahal dan sulit diadakan. Alat peraga ini dapat diintegrasikan dalam kegiatan praktikum materi gerak parabola untuk membantu siswa mengamati hubungan antara sudut elevasi, kecepatan awal, dan lintasan parabola secara konkret dan terukur. Selain itu, desain alat yang terjangkau dan komponen yang mudah diperoleh di pasaran menjadikannya solusi yang realistis untuk diterapkan di berbagai sekolah, termasuk sekolah dengan fasilitas laboratorium yang terbatas.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti selanjutnya disarankan untuk mengembangkan alat peraga dengan sensor yang lebih presisi agar mampu membaca data gerak peluru secara *real-time* pada berbagai sudut elevasi, serta menambahkan fitur tampilan grafik lintasan parabola secara langsung pada layar. Selain itu, perlu dilakukan uji coba dalam skala yang lebih besar dengan desain kuasi-eksperimen menggunakan instrumen pre-test dan post-test untuk mengukur dampak alat peraga terhadap peningkatan hasil belajar siswa secara empiris. Penelitian selanjutnya juga disarankan untuk memperluas tahap penelitian hingga tahap *Disseminate* agar alat peraga dapat digunakan secara lebih luas di berbagai sekolah menengah atas, khususnya sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium konvensional.

Ucapan Terimakasih

Berisi Ucapan Terimakasih yang diberikan kepada stakeholder atau pihak terkait yang diteliti untuk perbaikan dari hasil penelitian. Penulis mengucapkan terima kasih kepada para dosen yang telah memberikan arahan, serta bersedia sebagai penguji ahli, dan terima kasih juga karena telah memberikan masukan dan penilaian terhadap produk yang dikembangkan.

Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak sekolah serta siswa yang telah berpartisipasi dalam proses uji coba penelitian ini. Apresiasi juga diberikan kepada semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*, *41*(1), 16–25. https://doi.org/10.3102/0013189X11428813

Barab, S. A., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *Journal of the Learning Sciences, 13*(1), 1–14. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1

Cahyani, A., Listiana, I. D., & Larasati, S. P. D. (2020). Motivasi Belajar Siswa SMA pada Pembelajaran Daring di Masa Pandemi Covid-19. *IQ (Ilmu Al-Qur'an): Jurnal Pendidikan Islam*, *3*(01), 123–140. https://doi.org/10.37542/iq.v3i01.57

De Jong, T. (2006). Technological advances in inquiry learning. In *Science* (Vol. 312, Number 5773, pp. 532–533). https://doi.org/10.1126/science.1127750

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *111*(23), 8410–8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, *66*(1), 64–74. https://doi.org/10.1119/1.18809

Hidayat, R., & Mufit, F. (2024). Analysis of student misconceptions and their causes on parabolic motion using a six-tier multiple choice. *Physics Learning and Education, 6*(3), 153–165.

Ismatullah, F. (2017). *Pengembangan alat peraga parabolik sebagai media pembelajaran fisika pada pokok bahasan gerak parabola*. Skripsi, Universitas Negeri Jakarta.

Mayub, A. (2023). Learning media based on computer simulation for effective parabolic motion learning. *Indonesian Journal of E-Learning and Multimedia, 2*(2), 50–59. https://doi.org/10.58723/ijoem.v2i2.152.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017–1054. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x

Moreno, R., & Mayer, R. (2007). Interactive multimodal learning environments: Special issue on interactive learning environments: Contemporary issues and trends. *Educational Psychology Review*, *19*(3), 309–326. https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2.

Putri, Sari Eka. (2019). *Pengaruh Alat Peraga Gerak Parabola Pada Remedial Teaching Terhadap Hasil Belajar Siswa Kinesthetic Style.* Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Richey, R. C., & Klein, J. D. (2007). *Design and development research*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203826034

Sullivan, G. M., & Artino, A. R. (2014). Analyzing and Interpreting Data From Likert-Type Scales. *Journal of Graduate Medical Education*, *5*(4), 541–542. https://doi.org/10.4300/jgme-5-4-18

Taherdoost, H. (2016). Validity and reliability of the research instrument: How to test the validation of a questionnaire/survey in a research. *International Journal of Academic Research in Management, 5*(3), 28–36. https://ssrn.com/abstract=3205040

Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. Bloomington, IN: Indiana University.

Wahyudin, D., Malik, A., Subkhan, E., Hakim, M. A., & Sudiapermana, E. (2024). Kajian akademik kurikulum merdeka. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan, 9*(1), 1–15.

Wieman, C., & Perkins, K. (2005). Transforming physics education. *Physics Today, 58*(11), 36–41. https://doi.org/10.1063/1.2155756