

PENGEMBANGAN ALAT PERAGA UNTUK MEMBANTU PEMAHAMAN PESERTA DIDIK DALAM MATERI GERAK PARABOLA

Salfa Sandika Zahra¹, Sri Jumini²

^{1,2}Pendidikan Fisika, FITK, Universitas Sains Al-Qur'an Jawa Tengah

Article Info

Article history:

Received 10 02, 2023

Accepted 10 23, 2023

Published 11 01, 2023

Kata Kunci:

Alat Peraga

Gerak Parabola

Ultrasonic Sensor

ABSTRAK

Pemahaman konsep fisika pada materi gerak parabola yang bersifat abstrak memerlukan benda-benda konkrit seperti alat peraga. Munculnya paradigma peserta didik mengenai pembelajaran fisika yang sulit, pemahaman konsep dengan bantuan alat peraga dapat menjadi alternatif. Penelitian kali ini menciptakan alat peraga gerak parabola dengan basis ultrasonic sensor. Prinsip kerja ultrasonic sensor yaitu menangkap objek dengan jarak tertentu. Alat peraga gerak parabola ini memiliki pelontar yang digerakkan oleh komponen ultrasonic sensor melalui micro servo yang terhubung pada sistem mikrokontroler arduino uno. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui ketelitian dan ketepatan alat peraga gerak parabola pada saat pengukuran. Penelitian ini termasuk penelitian pengembangan (development research) yang dilakukan secara langsung dan tidak langsung dalam pengukurannya. Pengukuran langsung digunakan untuk mengukur jarak dan waktu jatuh benda sedangkan pengukuran tidak langsung dilakukan dengan mencari kecepatan awal, jarak dan waktu hitung jatuh benda dengan perumusan. Dengan mengindikasikan presentase eror pada ketelitian percobaan jarak dan waktu jatuh benda di setiap sudutnya, presentase eror memberikan nilai 6,75 dengan kategori sangat akurat dan 17,1 dengan kategori baik. Alat peraga juga menunjukkan kesesuaian antara hasil pengamatan langsung dengan teori dasar.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Sri Jumini

Pendidikan Fisika, FITK, Universitas Sains Al-Qur'an

srijumini@unsiq.ac.id

1. PENDAHULUAN

Banyaknya paradigma peserta didik yang menyatakan bahwa pembelajaran sains khususnya fisika merupakan pembelajaran dengan banyak rumus dan teori yang perlu dihafalkan. Faktor penyebab dari paradigma ini adalah penyampaian konsep yang dibawakan di kelas masih dengan metode yang tidak menarik bagi peserta didik, seperti penyampaian materi dengan metode ceramah. Padahal pembelajaran fisika merupakan salah satu ilmu dasar IPA yang mendalami dan mengungkapkan gejala, karakteristik yang dimiliki dari zat dan pengaplikasiannya secara kuantitatif. Banyak jenis metode yang dapat dijadikan alternatif pada pembelajaran fisika dan menarik bagi siswa.

Penerapan alat peraga dalam pembelajaran dapat mengoptimalkan proses pemahaman konsep materi yang dibawakan. Pemahaman konsep fisika pada materi gerak parabola yang bersifat abstrak memerlukan benda-benda konkrit seperti alat peraga. Pengembangan alat

peraga memiliki beberapa kendala yaitu terbatasnya alat peraga fisika di sekolah. Kendala tersebut dapat teratasi dengan mencari ide dan memodifikasi alat peraga yang disesuaikan dengan kebutuhan dan perkembangan teknologi. Dunia pendidikan memberikan peran penting di era globalisasi ini dalam mengembangkan teknologi manajemen dan sumber daya manusia. Teknologi berkembang dengan sangat pesat seiring berkembangnya zaman. Perangkat elektronik mikrokontroler menjadi salah satu perangkat dengan penggunaan yang efektif.

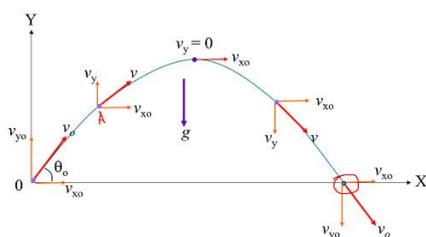
Mikrokontroler merupakan single chip yang terdiri atas sebuah sistem mikroprosesor yang memiliki kemampuan untuk suatu program dan digunakan berorientasi sebagai pengendali. *Board mikrokontroler* berbasis ATmega328 dinamakan arduino uno. Arduino uno dapat mendukung siapa saja yang ingin membuat prototipe suatu rangkaian dengan basis mikrokontroler, arduino uno juga merupakan perangkat yang dapat digunakan dengan mudah diantaranya hardware yang merupakan perangkat keras dan *software* merupakan perangkat lunak (Kadir, 2016). Pada pemrogramannya, arduino uno R-3 merupakan *board mikrokontroler* dengan IC ATmega328P. Arduino uno R3 memiliki pin digital I/O berjumlah 14 pin, *output* PWM 6 pin, analog input 6 pin, 2x3 pin ICSP yang digunakan untuk memprogram arduino dengan software yang lainnya, dan USB (Junaidi, 2018). Setelah pemrograman *ter-upload*, untuk mengaktifkannya cukup dengan menghubungkan kabel USB ke komputer atau ke sumber listrik.



Gambar 1. Arduino Uno

Sumber: pinterest

Pelontar dapat menjadikan suatu objek atau biasa disebut peluru melambung di udara dan bergerak tanpa daya dorongnya sendiri. Gerakan dari sebuah peluru terpengaruhi oleh percepatan gravitasi dengan arah ke bawah secara vertikal. Pada arah horizontal memberikan nilai percepatan nol. Berikut contoh sebuah peluru yang ditembakkan terhadap sumbu dengan sudut elevasi tertentu mendatar x, maka lintasannya ditunjukkan pada gambar



Gambar 2. Lintasan Gerak Parabola

Sumber: pinterest

Berdasarkan gambar lintasan gerak parabola, dapat disimpulkan bahwa gerak parabola memiliki lintasan yang berbentuk parabola, bergerak di udara, mempunyai kecepatan awal dan bergerak pada x dan y atau dua dimensi, di mana benda yang bergerak pada dua dimensi akan memiliki besaran vektor. Dimisalkan sebuah peluru dengan koordinat (x,y) memiliki kecepatan awal v_0 yang bergerak membentuk sudut (θ) terhadap sumbu x, hal ini menimbulkan partikel mengalami percepatan gravitasi sebesar $-g$ yaitu kearah sumbu y negatif. Kecepatan awal v_0 peluru dapat diuraikan menjadi komponen x dan y, yaitu $v_x = v_0 \cos \alpha$ dan $v_y = v_0 \sin \alpha - gt$. Posisi peluru ketika di arah x dan y memiliki persamaan berikut:

$$\mathbf{x(t)} \quad x = v_x \times t \quad 1$$

$$\mathbf{y(t)} \quad y = v_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2} gt^2 \quad 2$$

Jarak terjauh (pada titik R) yang ditempuh oleh peluru yaitu:

$$x \max = \frac{v_0^2 \times \sin 2\alpha}{g} \quad 3$$

atau waktu yang ditempuh benda adalah:

$$t = \frac{2 \times v_0 \sin \alpha}{g} \quad 4$$

Gaya pendorong dan pengaruh gaya gravitasi menjadi penyebab terjadinya benda mengalami gerak parabola. Pada alat peraga gerak parabola, pelontar yang memiliki gaya pendorong digerakkan menggunakan komponen *ultrasonic sensor* melalui *micro servo* yang terhubung pada sistem mikrokontroler arduino uno. Prinsip kerja ultrasonic sensor yaitu menangkap objek dengan jarak tertentu. Jarak objek berpengaruh terhadap gerak pelontar dalam memberikan kemiringan sudut elevasi.

Ultrasonic sensor digunakan sebagai alat pendeteksi yang digabungkan dengan mikrokontroler (Rahmat, 2019). Sensor HC-SRF04 digunakan sebagai sensor pengukur jarak dengan basis gelombang ultrasonik.



Gambar 3. *Ultrasonic Sensor HC-SRF04*

Sumber: pinterest

Alat peraga gerak parabola berbasis *ultrasonic sensor* ini dapat menjadi alternatif dalam penyampaian konsep materi gerak parabola yang bersifat abstrak menjadi konkret. Berhubungan dengan paradigma peserta didik terhadap pembelajaran fisika menjadi pembelajaran yang sulit dipahami, dengan harapan bahwa alat peraga ini dapat digunakan sebagai media demonstrasi yang dapat menyesuaikan serta memenuhi kebutuhan dan memberikan kemudahan bagi peserta didik memahami konsep gerak parabola.

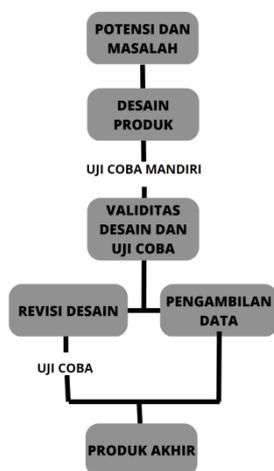
Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penulis melakukan penelitian dengan judul “**Alat peraga Gerak Parabola berbasis Ultrasonic Sensor**”.

2. METODE

Penelitian yang akan dilakukan merupakan penelitian pengembangan (*development research*) dimana penelitiannya ditujukan untuk mengembangkan alat peraga yang praktis dan membantu pemahaman konsep gerak parabola pada peserta didik. Menurut Sugiyono (2021), metode penelitian *development research* dapat digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut. (Sugiyono, 2021)

a. Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan:



Gambar 4. Langkah-langkah pengembangan *Research and Development* (R&D)

Penelitian dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut:

1) Potensi dan Masalah

Teknik yang dilakukan dalam potensi dan masalah didapat dari hasil *literature review* penelitian terdahulu yang relevan. Pembelajaran fisika masih menimbulkan paradigma bagi peserta didik yang menyatakan bahwa fisika merupakan pembelajaran dengan banyak rumus dan teori yang perlu dihafalkan. Penggunaan metode yang tidak menarik bagi peserta didik juga masih sering dilakukan. Dari hal tersebut, sebagai pendidik harus menemukan alternatif dalam menghadapi paradigma peserta didik. Salah satu alternatif yang dapat digunakan yaitu dengan mengajak peserta didik melakukan percobaan dengan media demonstrasi sebagai latihan praktis pada materi yang telah dipelajari. Media demonstrasi seperti alat peraga dapat digunakan dalam pembelajaran fisika salah satunya materi gerak parabola.

2) Desain Produk

Desain produk dilakukan dengan membuat rancangan alat peraga yang sesuai dengan gerak parabola. Komponen utama pada alat peraga gerak parabola yaitu busur derajat, *micro servo*, pelontar, *ultrasonic sensor*, arduino uno, kabel, USB dan peluru.

3) Uji Coba Mandiri

Uji coba mandiri pada alat dilakukan sebelum tahap validasi. Seperti memeriksa rangkaian, arduino uno dan melakukan beberapa percobaan dengan variasi sudut.

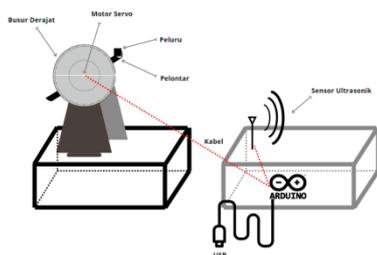
4) Validitas Desain

Validitas dilakukan oleh tenaga ahli untuk melakukan penilaian terhadap aspek desain dan lainnya. Validasi dilakukan oleh validator untuk melihat kelayakan alat peraga dengan memberikan hasil penilaian pada lembar validasi.

5) Revisi Desain

Setelah validasi akan diperoleh beberapa kelemahan alat menurut validator. Perbaikan alat peraga yang perlu dilakukan setelah validator memberikan penilaiannya adalah pada desain.

Berikut gambar desain alat peraga gerak parabola yang telah diperbaiki:



Gambar 5. Desain Alat Peraga Gerak Parabola

6) Uji Coba II

Setelah beberapa kelemahan desain diperbaiki, alat peraga kembali diuji coba secara mandiri.

7) Pengambilan Data

Setelah memperbaiki desain pada alat peraga, pengambilan data dilakukan secara mandiri. Pengambilan data dilakukan dengan percobaan yang sesuai dengan alat dan materi gerak parabola.

8) Produk Akhir

Setelah melakukan revisi produk, maka akan produk akhir yang dihasilkan berupa alat peraga gerak parabola yang valid dalam pengukuran dan praktis digunakan

b. Teknik Pengumpulan Data

Pengukuran terhadap besaran Fisika yang ada pada perancangan alat peraga gerak parabola dilakukan sebagai teknik untuk mengumpulkan data. Teknik yang dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung menjadi pengukuran yang tidak bergantung pada besaran lainnya. Pada alat peraga gerak parabola ini, jarak dan waktu di ukur secara langsung. Pengukuran secara tidak langsung merupakan pengukuran suatu besaran yang nilainya dipengaruhi oleh besaran lainnya dan nilainya memerlukan perumusan. Pada alat peraga ini pengukuran secara tidak langsung yaitu menentukan nilai kecepatan awal, jarak dan waktu hitung jatuh benda.

c. Teknik Analisis Data

Analisis data digunakan untuk memperoleh kesimpulan penelitian. Teknik analisis data menggunakan tabel, analisis grafik dan analisis statistik. Tabel digunakan untuk merangkum data hasil percobaan. Analisis grafik digunakan untuk memvisualkan hubungan dua variabel pada hasil percobaan. Grafik data digunakan untuk menentukan hubungan variabel-variabel yang telah diukur. Program *Microsoft Excel* digunakan dalam memplot data pada koordinat XY.

Proses analisis data hasil pengukuran dilakukan untuk mengetahui nilai ketepatan dan ketelitian (Setiawan et al., 2018). Ketepatan menjadi tingkat kesesuaian suatu hasil pengukuran dengan harga yang sebenarnya. Ketepatan ditentukan oleh nilai presentase dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Nilai Error} = \left| \frac{\text{niliasli} - \text{nilaiukur}}{\text{niliasli}} \right| \times 100\% \quad 5$$

Metode MAPE atau *Mean Absolute Percentage Error* dapat digunakan untuk mengukur kesalahan relatif dalam menghitung selisih antara nilai aktual dengan nilai hasil prediksi (Lewis, 1982). MAPE merupakan rata-rata nilai kesalahan dalam waktu tertentu lalu dalam penghitungannya dikalikan dengan 100%. Setelah data pengukuran maupun perhitungan didapatkan yang terkemas dalam tabel, data dianalisis menggunakan grafik dan statistik. Dari hasil pengolahan data tersebut maka akan di dapat kesimpulan data.

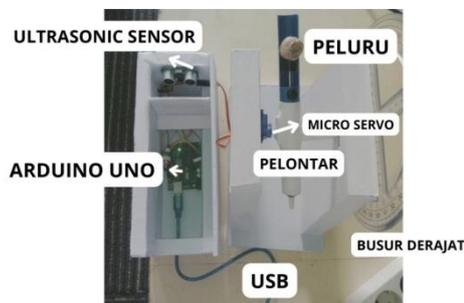
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Penelitian

Data yang diperoleh memberikan arti penting dalam penelitian kali ini. Hasil penelitian akan dijelaskan dengan mendeskripsikan hasil pembuatan alat peraga gerak parabola. Analisis data yang dilakukan menggunakan tabel, analisis grafik dan analisis statistik menghasilkan ketepatan dan ketelitian sistem. Nilai ketepatan diperoleh dengan membandingkan hasil percobaan dengan hasil perhitungan. Sedangkan data ketelitian dilakukan dengan cara percobaan pengulangan sebanyak 3 kali setiap sudut elevasi.

1) Alat Peraga Gerak Parabola berbasis *Ultrasonic Sensor*

Hasil desain alat peraga mengidentifikasi fungsi-fungsi setiap bagian penyusun alat. Hasil desain alat peraga gerak parabola dapat dilihat pada gambar berikut.

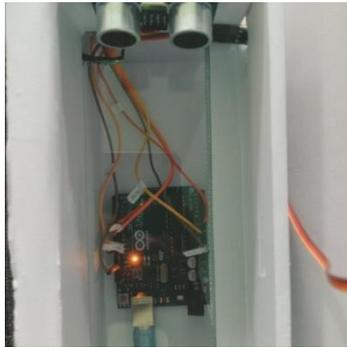


Gambar 6. Hasil Desain Alat Peraga Gerak Parabola berbasis *Ultrasonic Sensor*

Gambar tersebut hasil desain alat peraga gerak parabola berbasis *ultrasonic sensor*. Tiangnya yang terbuat dari kayu dilengkapi busur derajat sebagai penentu variasi sudut ketika melakukan percobaan gerak parabola. Pelontar menggunakan penyedot timah yang disesuaikan dengan kebutuhan percobaan. Pada alat peraga gerak parabola, pelontar yang memiliki gaya pendorong digerakkan menggunakan komponen *ultrasonic sensor* melalui *micro servo* yang terhubung pada sistem mikrokontroler arduino uno.

Prinsip kerja *ultrasonic sensor* yaitu menangkap objek dengan jarak tertentu. Jarak objek berpengaruh terhadap gerak pelontar dalam memberikan kemiringan sudut elevasi. Rangkaian elektronika dirancang dengan sedemikian rupa dan ditempatkan di sebuah kotak. Sistem ini terdiri dari papan Arduino yang sudah terintegrasi dengan mikrokontroler atmega328, kabel, *ultrasonic sensor* dan *micro servo*.

Hasil desain rangkaian elektronika sistem dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Rangkaian Elektronika pada Alat Peraga Gerak Parabola

2) Spesifikasi Desain Sistem

a) Ketepatan Pengukuran

Pengujian alat berguna untuk mendapatkan data spesifikasi ketepatan pada pengukuran alat peraga yang telah dibuat, hal ini mampu menganalisa kesalahan data hasil percobaan dengan mengindikasikan nilai eror dalam pengukuran. Hasil percobaan yang digunakan yaitu nilai rata-rata jarak dan waktu yang diperoleh dari pengulangan pada percobaan setiap satu sudut elevasi. Adapun cara yang digunakan untuk mengukur presentase eror data hasil percobaan yaitu dengan menggunakan *persamaan 5*.

Berdasarkan persamaan tersebut dalam menentukan presentase eror pada setiap percobaan alat peraga berbasis *ultrasonic sensor*, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai Error Pengukuran

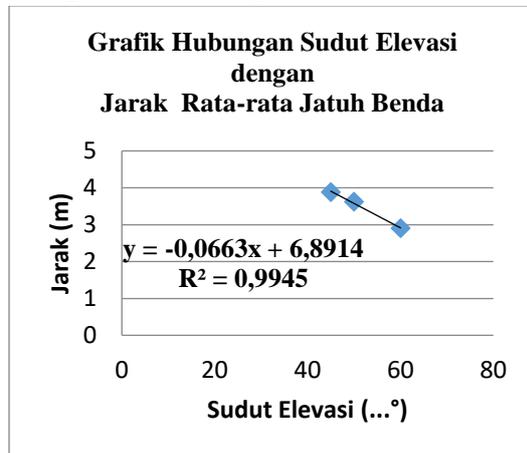
| α_0 | x | | | t | | |
|------------|-----------------|------------------------|------------|-----------------|------------------------|------------|
| | x rata-rata (m) | x hitung rata-rata (m) | Nilai eror | t rata-rata (s) | t hitung rata-rata (s) | Nilai eror |
| 45° | 3,88m | 3,86m | 0,5 | 1,02s | 0,87s | 13,75 |
| 50° | 3,62m | 3,33m | 12 | 0,86s | 0,89s | 7,5 |
| 60° | 2,90m | 2,80m | 7,75 | 0,82s | 0,79s | 5,25 |

Dari masing-masing hasil pengukuran, dapat diperoleh rata-rata indikasi nilai eror yaitu dengan x eror rata-rata 6,75 dengan kategori sangat akurat dan t eror rata-rata 17,1 dengan kategori baik. Hal ini berarti bahwa alat peraga yang digunakan untuk percobaan mencari jarak dan waktu bola jatuh setiap sudutnya, memiliki kategori sangat akurat dan baik.

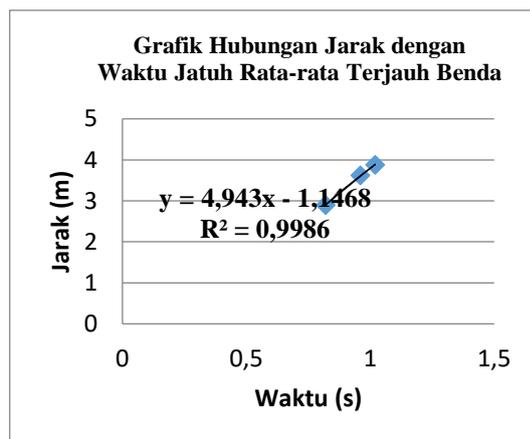
b) Ketelitian Pengukuran

Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali dengan masing-masing sudut melakukan pengulangan. Pengulangan dilakukan untuk memperjelas penelitian

dan memberikan hasil yang akurat, memperluas kesimpulan penelitian dan memperbaiki kesalahan dalam penelitian. Percobaan kali ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh sudut elevasi terhadap jarak dan waktu terjauh jatuh benda dengan sudut elevasi 45°, 50° dan 60°. Dari percobaan tersebut dapat disimpulkan dalam grafik:



Gambar 8. Grafik Hubungan Sudut Elevasi dengan Jarak Jatuh Benda



Gambar 9. Grafik Hubungan Jarak dengan Waktu Jatuh Benda

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sudut elevasi memberi pengaruh terhadap jarak dan waktu terjauh jatuh benda. Dari adanya pengaruh sudut elevasi terhadap jarak maka jarak memberi pengaruh terhadap waktu jatuh terjauh benda. Nilai grafik regresi pada variasi sudut elevasi terhadap jarak terjauh jatuh benda diperoleh nilai koefisien determinasi sebesar 0,994 atau 99,4% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain dengan persamaan regresi $y = -0,066x + 6,891$. Koefisien x memberikan nilai pada persamaannya -0,06 maka interpretasinya selalu menggambarkan arah yang berlawanan, dimana setiap kenaikan satu satuan x akan menurunkan y sebesar 6 persen. Pada percobaan kali ini semakin besar sudut elevasi akan memberikan pengaruh yang berlawanan sehingga jarak yang dihasilkan semakin pendek. Pada hubungan jarak dan waktu jatuh benda diperoleh nilai koefisien determinasi sebesar 0,998 atau 99,8% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain dengan persamaan regresi $y =$

$3,964x - 0,101$. Hal ini menunjukkan bahwa jarak benda pada hasil percobaan mempengaruhi waktu jatuh benda. Dengan adanya penyajian hasil percobaan dengan grafik dan statistik maka data percobaan memiliki nilai ketelitian dalam pengukuran.

b. Pembahasan

Berdasarkan hasil pada tabel dengan analisis yang ada memberikan hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Pengujian dilakukan oleh sistem pengukuran yang meliputi ketepatan dan ketelitian sistem. Data ketepatan diperoleh dengan membandingkan hasil percobaan dengan hasil perhitungan. Hasil percobaan yang digunakan yaitu nilai rata-rata jarak dan waktu yang diperoleh dari pegulangan pada sudut elevasi. Alat peraga yang digunakan untuk percobaan mencari jarak dan waktu bola jatuh setiap sudutnya, memiliki kategori nilai eror sangat akurat dan baik. Sedangkan data ketelitian diperoleh dengan melakukan pengulangan sebanyak 3 kali setiap sudut elevasi. Dilihat dari hasil percobaan dan pada grafik bahwa sudut elevasi, jarak dan waktu saling memiliki keterkaitan. Sehingga hasil percobaan menunjukkan kesesuaian antara pengamatan langsung dengan teori dasar. Pada pengembangan alat peraga gerak parabola berbasis *ultrasonic sensor*, terdapat beberapa kelemahan dan kelebihan yaitu sebagai berikut:

1) Kelemahan

- Alat peraga gerak parabola masih memerlukan alat pengukuran seperti meteran untuk mengukur jarak bola jatuh dan *stopwatch* untuk mengukur waktunya
- Pengukuran yang lain seperti v_0 memerlukan perumusan
- Alat ini menggunakan bahan-bahan yang mudah diperoleh tetapi biayanya relatif tinggi

2) Kelebihan

- Pengoperasian alat peraga tidak rumit
- Dengan menggunakan beberapa komponen yang tergolong mengikuti kemajuan teknologi, pelontar dapat dinaik-turunkan dengan menyesuaikan sudut elevasi yang diinginkan tanpa harus terus menerus memegang pelontar sampai bola diluncurkan
- Alat peraga ini dibuat untuk memudahkan peserta didik dalam memahami konsep gerak parabola dan melakukan percobaan dengan praktis

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, analisis data dan pembahasannya terhadap alat peraga gerak parabola berbasis *ultrasonic sensor*, dapat dirumuskan beberapa kesimpulan:

- a. Hasil desain pembuatan alat peraga gerak parabola terdiri dari beberapa komponen yaitu tiang terbuat dari kayu yang dilengkapi dengan busur derajat. Pelontar menggunakan penyedot timah yang dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan percobaan. Pelontar yang memiliki gaya pendorong digerakkan menggunakan komponen *ultrasonic sensor* melalui *micro servo* yang terhubung pada sistem mikrokontroler arduino uno.
- b. Untuk mendapatkan data spesifikasi ketepatan pada pengukuran alat peraga yang telah dibuat maka pengujian alat dilakukan. Hal ini mampu menganalisa kesalahan data hasil percobaan dengan mengindikasikan nilai eror dalam pengukuran. Data ketepatan diperoleh dengan membandingkan hasil percobaan dengan hasil perhitungan. Berdasarkan hasil data yang ada, alat peraga yang digunakan untuk percobaan mencari jarak dan waktu bola jatuh setiap sudutnya, memiliki kategori sangat akurat dan baik.
- c. Pengulangan percobaan dilakukan untuk memperjelas penelitian dan memberikan hasil yang akurat. Data ketelitian diperoleh dengan cara melakukan pengulangan sebanyak 3 kali setiap sudut elevasi. Hasil dari percobaan menunjukkan kesesuaian antara pengamatan langsung dengan teori dasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Junaidi, J. (2018). *Project Sistem Kendali Elektronik Berbasis Arduino*. Aura.
- Kadir, A. (2016). *Simulasi Arduino*. Elex Media Komputindo.
- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and business forecasting methods: A practical guide to exponential smoothing and curve fitting. (No Title)*.
- Rahmat, S. I. (2019). Sistem peringatan dini banjir menggunakan sensor ultrasonik berbasis Arduino Uno. *Jurnal Manajemen dan Teknik Informatika (JUMANTAKA)*, 3(1).
- Setiawan, O., Syauqy, D., & Kurniawan, W. (2018). Implementasi Teknik Enkoding Digital Pembacaan Sensor Ultrasonik Untuk Memetakan Keputusan Aksi Robot Quadruped. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(12), 6087–6092.
- Sugiyono, D. (2021). *Metode penelitian pendidikan kuantitatif, kualitatif dan R&D (2/3)*. Alfabeta.