

PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM FISIKA BERBASIS SENSOR ULTRASONIK BERBANTUAN APLIKASI DELPHI

Raka Panji Satria¹⁾, Via Monica Devi²⁾

¹⁾SMA Negeri 2 Mataram, Pendidikan Fisika, Dikbud Provinsi NTB, Mataram, NTB, Indonesia

²⁾Program Studi Magistier Pendidikan IPA, Universitas Mataram, Mataram, NTB, Indonesia

Corresponding author : Raka Panji Satria

E-mail : rakapanjisatria@gmail.com

Diterima 05 April 2023, Direvisi 24 April 2023, Disetujui 25 April 2023

ABSTRAK

Pada dasarnya praktikum fisika dapat menggunakan berbagai macam media. Praktikum fisika bertujuan untuk mempermudah peserta didik dalam memahami konsep materi yang dipelajarinya. Adapun alat praktikum yang digunakan juga perlu didukung dengan kebutuhan peserta didik serta zaman yang berkembang saat ini. Sehingga pendidik perlu berinovasi untuk dapat mengembangkan alat praktikum fisika. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan kemajuan teknologi saat ini, yang dimana dapat dikembangkan alat praktikum fisika dengan software Delphi yang berbasis sensor ultrasonik. Pengembangan alat dilakukan dengan tujuan agar peserta didik lebih mudah memahami konsep GLBB khususnya bentuk grafik dari pergerakan benda pada bidang tertentu, dalam hal ini adalah bidang miring. Dimana Delphi yang digunakan bertujuan menampilkan olah grafik hasil percobaan sedangkan sensor ultrasonik berfungsi untuk menangkap jarak dan kecepatan benda pada lintasan. Adapun berdasarkan hasil percobaan didapatkan bahwa, alat yang dikembangkan ini telah sesuai dengan konsep GLBB yang dimana jarak benda akan bertambah seiring dengan bertambahnya waktu, begitu pula dengan kecepatan benda.

Kata kunci: alat praktikum; sensor ultrasonik; aplikasi delphi

ABSTRACT

Basically, physics laboratory can use various media. Physics laboratory aims to facilitate students in understanding the material concepts they learn. The laboratory equipment used also needs to be supported by the needs of students and the current era. Therefore, educators need to innovate to develop physics laboratory equipment. One of the efforts that can be done is by utilizing the current technological advancements, where physics laboratory equipment can be developed with Delphi software based on ultrasonic sensors. The development of this equipment is intended to make it easier for students to understand the concept of uniformly accelerated linear motion, especially the graphical representation of object movement on a particular plane, in this case, a tilted plane. Delphi is used to display the experimental result graphics while the ultrasonic sensor is used to capture the distance and speed of objects on the trajectory. Based on the experimental results, it is found that this developed equipment is in accordance with the concept of uniformly accelerated linear motion where the distance of the object will increase as time passes, as well as the object's speed.

Keywords: practicum tools; ultrasonic sensors; delphi applications

PENDAHULUAN

Fisika merupakan suatu ilmu yang mempelajari mengenai suatu gejala dan fenomena yang ada pada kehidupan sehari-hari. Adanya pembelajaran fisika dalam mempelajari gejala dan fenomena alam dapat melatih dan menumbuhkan kemampuan peserta didik untuk menyelesaikan suatu persoalan (Himalik, 2019). Persoalan-persoalan tersebut sejatinya dapat diselesaikan dengan peninjauan kegiatan melalui proses percobaan atau praktikum yang dilaksanakan di laboratorium (Maiyena et al., 2018). Kegiatan praktikum adalah suatu cara

penyampaian pengajaran dengan melakukan kegiatan untuk menemukan sendiri apa yang dipelajari baik secara individu maupun kelompok, sehingga peserta didik mampu mengecek kebenaran suatu hipotesis atau membuktikan sendiri apa yang dipelajari (Nurqomariah et al., 2017). Hal tersebut menjadikan peserta didik tidak hanya sebatas mengingat ilmu pengetahuan, namun lebih pada pemahaman terhadap ilmu pengetahuan tersebut (Waris et al., 2015). Salah satu metode untuk memberikan pengalaman langsung kepada pembelajaran ialah melalui praktik di laboratorium atau

tempat praktik (Agustianti et al., 2015). Pada kegiatan praktikum tentu dibutuhkan alat praktikum. Adapun alat praktikum didefinisikan sebagai sarana komunikasi dan interaksi antara guru dengan peserta didik dalam pembelajaran (Arsyad, 2009). Alat praktikum juga dapat menjadi media untuk menyampaikan pesan sehingga dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian, dan minat peserta didik dalam pembelajaran (Kause, 2019). Alat praktikum yang digunakan dalam pembelajaran tersebut pada dasarnya dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan tujuan yang diharapkan. Sehingga, perlu adanya inovasi dalam upaya mengembangkan alat praktikum salah satunya dengan memanfaatkan kemajuan teknologi.

Adanya kemajuan teknologi, salah satunya dalam bidang elektronika kemudian memunculkan berbagai perangkat elektronik yang dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan alat peraga atau alat praktikum (Boimau et al., 2019). Teknologi digital pada masa ini pada dasarnya memberikan kemudahan dalam penggunaan serta meminimalisir resiko kesalahan paralaks sehingga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif dalam mengatasi permasalahan dalam pembelajaran dengan tujuan menciptakan pembelajaran yang lebih efektif terutama pada kegiatan praktikum. Rancangan alat praktikum menggunakan berbagai perangkat elektronik dapat menghasilkan data yang lebih efektif, efisien, dan memiliki akurasi hasil pengukuran dan visualisasi yang disajikan dalam bentuk digital dapat terkoneksi dengan perangkat komputer sebagai keperluan penyimpanan dan pengolahan data yang lebih baik (Deliana & Sugianto, 2020). Salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam pengembangan alat peraga atau alat praktikum adalah sensor ultrasonik dan aplikasi Borland Delphi.

Aplikasi Borland Delphi adalah salah satu bahasa pemrograman yang beroperasi pada sistem windows, dimana Delphi ini dapat menciptakan berbagai aplikasi seperti aplikasi mengolah teks, grafik, angka database, hingga aplikasi web (Hardiansyah, 2018). Delphi merupakan aplikasi perangkat lunak komputer yang dapat digunakan untuk membantu mensimulasikan dasar kelistrikan dan materi elektronik (Cahyono et al., 2019). Program ini mempunyai beberapakeunggulan, yaitu produktivitas, kualitas, pengembangan perangkat lunak, kecepatan pola desain yang menarik serta diperkuat dengan bahasa pemrograman yang terstruktur dalam suatu

bahasa pemrograman *Object Pascal* dan dapat diterapkan diberbagai sensor (Kadir, 2014).

Sensor didefinisikan sebagai sebuah nama generik untuk sebuah divais yang mendeteksi harga absolute nilai kuantitas fisis atau perubahan harga nilai kuantitas fisis dan mengubah pengukuran menjadi sebuah sinyal yang berguna untuk indikator maupun instrumen pencatat (Ariowo et al., 2021). Tujuan dari sebuah sensor yaitu merespon sejenis masukan dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Keluaran output dari sensor dapat berupa arus atau beda potensial. Setiap sensor pada prinsipnya adalah mengubah energi (Fraden, 2003). Adapun sensor ultrasonik merupakan sensor yang memiliki cara kerja berupa pantulan suatu gelombang dan biasa digunakan untuk mendeteksi jarak. Sensor ultrasonik merupakan sebuah sensor yang memanfaatkan suara untuk mendeteksi sesuatu (Budiarso, 2015). Sensor jenis ini menggunakan bunyi ultrasonik >20.000 Hz untuk mendapatkan jarak dan waktu tertentu (Sholihah et al., 2017). Sensor ultrasonik dapat digunakan untuk mengukur berbagai besaran fisika, seperti jarak, kecepatan, percepatan, frekuensi, panjang gelombang, dan lain-lain (Suwandi & Mardiono Jacob, 2015). Dimana sensor ultrasonik yang digunakan pada pengembangan alat praktikum ini adalah HC-SR04. Boimau et al., (2019) telah membuktikan bahwa sensor ultrasonik ini efektif dalam melakukan pengukuran jarak, dalam bentuk ketinggian maupun jarak kelajuan benda pada suatu lintasan bidang datar. Sensor ultrasonik HC-SR04 selain dapat menentukan jarak, juga dapat dijadikan sebagai processing sistem keamanan Rumah sebagaimana penelitian yang telah dilakukan oleh Setyawan et al., (2018).

Penggunaan aplikasi Delphi pada pengembangan alat praktikum fisika yang dimaksudkan ialah merancang alat praktikum fisika yang dimana menggunakan aplikasi Delphi untuk mengetahui bentuk grafik dari gerak benda yang disesuaikan dengan konsep GLBB. Kemudian alat yang sudah dirancang tersebut diuji cobakan untuk mengetahui keberfungsian alat. Tujuan dari pembuatan alat ini ialah untuk menampilkan bentuk grafik berdasarkan jarak tempuh suatu benda yang bergerak yang dimana nilai jarak tersebut didapatkan secara otomatis dari sensor ultrasonik.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

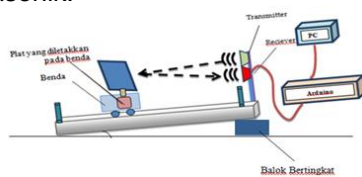
Adapun alat dan bahan yang digunakan pada pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

- Laptop
- Software IDE Arduino
- Software Delphi
- Lintasan Benda (Rel Presisi)
- Balok Bertingkat
- Kereta Dinamik
- Penahan
- Penyambung Rel
- Kabel Jumper
- Papan Rangkaian
- Sensor Ultrasonik HC-SR04
- Arduino Uno
- Kabel USB

Cara Merangkai Alat

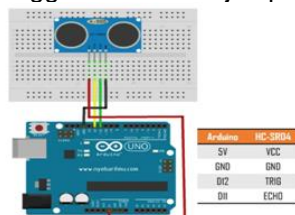
Cara pembuatan atau merangkai alat adalah sebagai berikut:

- Meletakkan troli atau benda pada lintasan.
- Pada ujung lintasan, diletakkan sensor ultrasonik.



Gambar 1. Skema Rangkaian

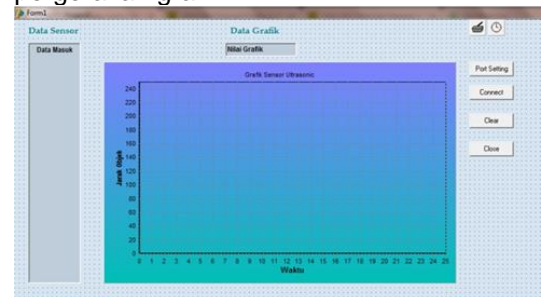
- Sensor ultrasonik yang diletakkan pada ujung lintasan, terlebih dahulu dirangkai seperti langkah berikut:
 - 1) Disiapkan alat dan bahan yg akan digunakan.
 - 2) Dirangkai sensor ultrasonik dengan Arduino uno menggunakan kabel jumper.



Gambar 2. Skema Rangkaian Sensor

- Buka software IDE Arduino.
- Masukkan perintah (coding) untuk mendeteksi jarak.
- Dihubungkan Arduino uno dengan laptop menggunakan kabel usb.
- Klik tools -> port com3.
- Kemudian klik tombol upload hingga penguploadan program selesai.

- Klik tools -> serial monitor untuk melihat jarak yg terdeteksi oleh sensor.
- Dilakukan kalibrasi terhadap sensor dengan 5 kali pengulangan.
- Jika % x error $\geq 5\%$ maka dilakukan kalibrasi ulang (perbaikan coding).
- Menghubungkan perintah arduino pada Delphi, dengan cara:
 - 1) Membuka aplikasi Delphi.
 - 2) Bentuk design pada form Delphi dengan beberapa komponen yang terdiri dari 4 button untuk tombol port setting, connect/disconnect, clear, dan stop program, kemudian tambahkan 1 edit, untuk melihat data terakhir yg masuk, dan 1 memo untuk melihat seluruh data yg masuk, serta 1 chart untuk melihat pergerakan grafik.



Gambar 3. Komponen Pada Form Delphi

- Dimasukkan perintah (coding) untuk setiap komponen yang ada pada design Delphi.
- Kemudian klik tombol run untuk melihat apakah program dpt berjalan atau tidak, jika ditemukan error maka dilakukan perbaikan coding. Berikut merupakan coding yang digunakan pada aplikasi Delphi.

```

Unit1
procedure TForm1.ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer)
var
  datamasuk,b,st:string;
  ruang: Extended;
  grafik: Extended;
  i:integer;
  FS: TFormatSettings;

begin
  //ThousandSeparator=',';
  //DecimalSeparator='.';
  comport1.ReadStr(datamasuk,count);

  //Memo1.Text:=Memo1.Text+datamasuk;

  //b:=memo1.Lines[memo1.Lines.count-1];
  //Edit1.Text:=leftstr(b,length(b)-(-1));
  //ruang := StrToFloat(Edit1.Text); //masalah
  //Series1.Add(ruang,'',clred) ;

  Memo1.Text:=Memo1.Text+datamasuk;
  //edit1.Text:=Memo1.Lines[memo1.Lines.count-1];
  //edit1.Text:=Memo1.Lines[0..0];

  edit1.Text:=Memo1.Lines[memo1.Lines.count-1];
  st:=edit1.Text;
  grafik:=StrToFloat(edit1.Text);
  //Series1.Add(grafik,timestostr(now),cllime);
end;

end.

```

Gambar 4. Coding Pada Aplikasi Delphi.

- 5) Memasukkan kodingan pada tiap komponen pada Delphi.
- 6) Setelah perintah untuk tiap komponen yang dibuat pada form Delphi dimasukkan, kemudian gabungkan atau comfort perintah pada arduino.

Cara Menggunakan Alat

Langkah-langkah percobaan GLBB yang dilakukan yaitu:

- a. Disiapkan alat dan bahan yg akan digunakan.
- b. Dirangkaikan rel presisi dengan menyambungkan beberapa rel lainnya.
- c. Pada ujung rel diletakkan penahan.
- d. Diletakkan balok bertingkat diujung rel lainnya.
- e. Diletakkan arduino diatas rel (di posisi ujung rel yang tinggi).
- f. Kemudian dihubungkan arduino dengan laptop, menggunakan kabel USB. Adapun skema rangkaian alat ditunjukkan pada Gambar 1.
- g. Letakkan kereta dinamik didepan sensor.
- h. Buka aplikasi Delphi kemudian klik run.
- i. Atur port setting pada delphi: COM 3.
- j. Klik connection atau tombol mulai pada Delphi sebelum kereta atau benda dilepaskan.
- k. Ketika kereta berada di ujung lintasan selanjutnya klik tombol disconnect. Kemudian klik tombol disconnenct ketika troli atau benda telah berada diujung lintasan.
- l. Dicatat hasil pengamatan pada tabel hasil pengamatan.
- m. Kemudian diulangi langkah 10-12 hingga 5x pengulangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kalibrasi Sensor Ultrasonik

Kalibrasi sensor ultrasonik dilakukan menggunakan plat atau benda dengan permukaan rata sebagai benda yang di deteksi serta penggaris berukuran 30 cm sebagai alat pengukur jarak standar dengan cara mengatur jarak sensor dengan benda sejauh 30 cm terhadap penggaris kemudian dilakukan pergeseran dengan spasi 3-4 cm. Setelah itu, dilakukan perhitungan kesalahan relative dari pengukuran yang dilakukan saat kalibrasi. Besar kesalahan sensor kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Error (\%) = \frac{|JP-JS|}{JS} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana JP adalah jarak pembaca sensor dan JS adalah jarak sebenarnya. Pada hal ini jarak sebenarnya merupakan jarak yang didapatkan melalui pengukuran manual menggunakan penggaris, dimana jika kesalahan relative yang didapatkan <5%, maka sensor ultrasonik layak untuk digunakan (Andayani et al., 2016).

Berdasarkan perhitungan kesalahan relative, didapatkan rincian data sebagai berikut:

Tabel 1. Rata-Rata Jarak yang Terbaca Oleh Sensor

| No. | JP (cm) | JS (cm) | Kesalahan Relatif Maksimum (%) |
|-----|---------|---------|--------------------------------|
| 1. | 29,90 | 30,00 | 0,30 |
| 2. | 27,10 | 27,00 | 0,37 |
| 3. | 23,73 | 24,00 | 1,13 |
| 4. | 19,97 | 20,00 | 0,15 |
| 5. | 16,03 | 16,00 | 0,19 |
| 6. | 11,51 | 12,00 | 4,08 |
| 7. | 5,80 | 6,00 | 3,30 |
| 8. | 2,09 | 2,00 | 4,50 |

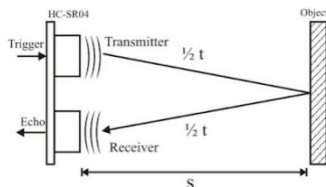
Pada Tabel 1 tersebut, maka dapat diketahui nilai kesalahan relatif maksimum yang dilakukan untuk 8 pengukuran berulang adalah 4,5% yang berarti sensor dapat digunakan tanpa perlu dilakukan perbaikan coding. Adapun perolehan kesalahan relative yang semakin besar ketika benda memiliki jarak yang dekat dengan sensor dikarenakan adanya kelemahan sensor ultrasonik yaitu memiliki resolusi rendah dan refresh rate lambat, membuatnya tidak cocok untuk mendeteksi target yang bergerak cepat.

Percobaan GLBB

Percobaan GLBB menggunakan sensor ultrasonik yang dilakukan pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui bagaimana bentuk dari pengembangan

alat jika dipadukan dengan aplikasi Delphi. Selain itu, juga untuk menginterpretasikan data yang diperoleh dari sensor ke dalam bentuk grafik jarak terhadap waktu dan grafik kecepatan gerak benda terhadap waktu. Adapun sistem yang dibuat pada aplikasi Delphi bertujuan untuk membaca data yang diperoleh dari sensor ultrasonic yang digunakan.

Kelebihan sensor ultrasonic sendiri dapat mendeteksi semua objek yang memantulkan suara, tidak dipengaruhi oleh warna, transparansi, atau permukaan objek, dan memiliki respon cepat dan akurat (Puspasari et al., 2019). Sensor ultrasonic HC-SR04 memiliki sepasang transduser ultrasonic yang berfungsi sebagai transmitter (memancarkan gelombang) dan receiver (menerima pantulan gelombang). Dimana cara kerja sensor HC-SR04 berawal dari gelombang ultrasonic berfrekuensi 40 kHz (sesuai osilator) yang dibangkitkan oleh piezoelektrik sebagai transmittersnya kemudian gelombang yang terbentuk dipancarkan mengenai target. Hasil pantulan gelombang tersebut nantinya akan diterima oleh receiver piezoelektrik untuk dikalkulasikan waktu pengiriman dan waktu diterimanya gelombang pantul tersebut. Hasil pengkalkulasian itulah nanti yang di peroleh sebagai nilai jarak.



Gambar 5. Ilustrasi Prinsip Kerja Sensor Ultrasonic

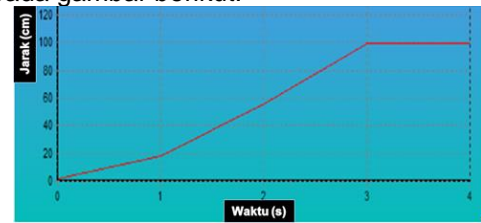
Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan dari pengembangan alat yang telah dilakukan sedemikian rupa, diperoleh beberapa data hasil pengamatan dengan beberapa pengulangan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengamatan Percobaan Pertama

| No. | Jarak (cm) | Waktu (s) | Kecepatan (m/s) |
|-----|------------|-----------|-----------------|
| 1. | 18,00 | 1,00 | 0,18 |
| 2. | 56,00 | 2,00 | 0,28 |
| 3. | 99,00 | 3,00 | 0,33 |

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan untuk data pada Tabel 3, diperoleh nilai kecepatan rata-rata adalah 0,26 m/s kemudian grafik jarak terhadap waktu

yang terdeteksi pada Delphi dapat dilihat pada gambar berikut:



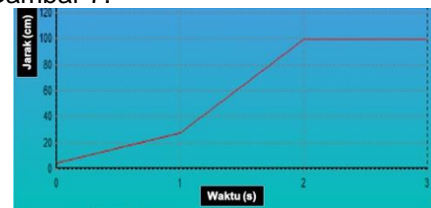
Gambar 6. Grafik s-t Percobaan Pertama

Selanjutnya untuk pengulangan kedua, diperoleh hasil pengamatan sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengamatan Percobaan Kedua

| No. | Jarak (cm) | Waktu (s) | Kecepatan (m/s) |
|-----|------------|-----------|-----------------|
| 1. | 4,00 | 1,00 | 0,04 |
| 2. | 27,00 | 2,00 | 0,14 |
| 3. | 99,00 | 3,00 | 0,33 |

Berdasarkan Tabel 2, didapatkan nilai kecepatan rata-rata adalah 0,17 m/s adapun grafik jarak terhadap waktu yang terbentuk pada Delphi dapat dilihat pada Gambar 7.



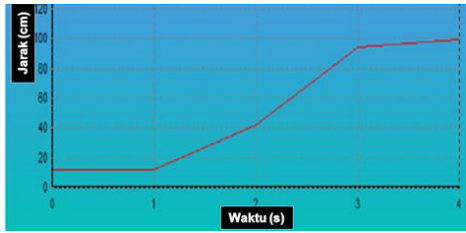
Gambar 7. Grafik s-t Percobaan Kedua

Kemudian untuk pengulangan ketiga, diperoleh hasil pengamatan sebagai berikut:

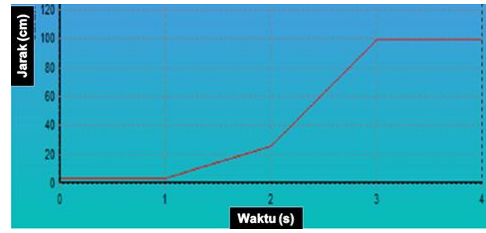
Tabel 4. Hasil Pengamatan Percobaan Ketiga

| No. | Jarak (cm) | Waktu (s) | Kecepatan (m/s) |
|-----|------------|-----------|-----------------|
| 1. | 3,00 | 1,00 | 0,03 |
| 2. | 12,00 | 2,00 | 0,06 |
| 3. | 42,00 | 3,00 | 0,14 |

Tabel 4 diatas menunjukkan perolehan data dari pengulangan ketiga, dimana pada pengulangan ketiga ini diperoleh nilai kecepatan rata-rata sebesar 0,08 m/s kemudian grafik jarak terhadap waktu yang terdeteksi pada Delphi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 8. Grafik s-t Percobaan Ketiga



Gambar 10. Grafik s-t Percobaan Kelima

Adapun data percobaan hasil pengulangan keempat dapat dilihat pada Tabel 5 dan bentuk grafik yang diperoleh untuk pengulangan keempat dapat dilihat pada Gambar 9. Dimana dari hasil pengulangan keempat, didapatkan nilai kecepatan rata-rata sebesar 0,09 m/s.

Tabel 5. Hasil Pengamatan Percobaan Keempat

| No. | Jarak (cm) | Waktu (s) | Kecepatan (m/s) |
|-----|------------|-----------|-----------------|
| 1. | 5,00 | 1,00 | 0,05 |
| 2. | 11,00 | 2,00 | 0,10 |
| 3. | 40,00 | 3,00 | 0,13 |

Berikut merupakan grafik jarak terhadap waktu pada Delphi untuk pengulangan (percobaan) keempat).



Gambar 9. Grafik s-t Percobaan Keempat

Selanjutnya untuk data percobaan hasil pengulangan terakhir (kelima) didapatkan perolehan nilai rata-rata kecepataannya adalah 0,16 m/s. Dimana perolehan data tersebut secara terperinci dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Hasil Pengamatan Percobaan Kelima

| No. | Jarak (cm) | Waktu (s) | Kecepatan (m/s) |
|-----|------------|-----------|-----------------|
| 1. | 3,00 | 1,00 | 0,03 |
| 2. | 26,00 | 2,00 | 0,13 |
| 3. | 99,00 | 3,00 | 0,33 |

Sedangkan untuk hasil grafik yang terbentuk pada pengulangan kelima, dapat dilihat pada Gambar 10 dibawah ini.

Kelima pengulangan yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui konsistensi grafik yang terbentuk apakah sesuai dengan teori GLBB yang ada atau tidak. Dimana pada teori GLBB dipercepat sendiri untuk jarak benda akan bertambah seiring dengan bertambahnya waktu, begitu pula dengan kecepatan benda. Oleh karenanya data yang didapatkan sebagian besar telah sesuai dengan teori yang ada, meskipun pada grafik jarak terhadap waktu yang terbentuk pada aplikasi Delphi terdapat fluktuasi yang melenceng yang dimana hal tersebut dapat disebabkan karena pada uji coba alat, peneliti memvariasikan tinggi dari lintasan benda, selain itu perbedaan data yang diperoleh juga disebabkan ketika mengklik program Delphi dengan dilepaskannya benda pada lintasan dilakukan tidak bersamaan, serta juga dapat dikarenakan pengaturan delay pada coding arduino yang terlalu lambat.

SIMPULAN DAN SARAN

Pengembangan alat praktikum GLBB berbasis sensor ultrasonic dengan menggunakan aplikasi Delphi dikatakan berhasil, karena perolehan data yang didapat sesuai dengan teori yang ada termasuk bentuk grafik yang dihasilkan aplikasi Delphi. Adapun kendala yang dijumpai pada proses pengembangan alat diantaranya adalah permasalahan coding baik pada Arduino maupun pada Delphi. Adapun saran yang diberikan yaitu untuk pengembangan alat praktikum GLBB berbasis sensor ultrasonic dengan aplikasi Delphi, disarankan untuk menggunakan timer manual agar dapat membandingkan perolehan data pada sensor dengan data manual, kemudian untuk praktikum GLBB dapat digunakan 2 atau 3 sensor ultrasonic untuk memvariasikan perolehan kecepatan awal GLBB.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam pengembangan alat praktikum fisika berbasis sensor ultrasonic berbantuan aplikasi Delphi ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Agustianti, D., Rustana, C. E., & Nasbey, H. (2015). *PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM MELDE SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA SMA SNF2015-II-45 SNF2015-II-46*. IV, 45–48.
- Andayani, M., Indrasari, W., & Iswanto, B. H. (2016). *Kalibrasi Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Sebagai Sensor Pendeteksi Jarak Pada Prototipe Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir*. V, SNF2016-CIP-43-SNF2016-CIP-46.
<https://doi.org/10.21009/0305020109>
- Aribowo, D., Desmira, D., Ekawati, R., & Rahmah, N. (2021). Sistem Perancangan Conveyor Menggunakan Sensor Proximity Pr18-8Dn Pada Wood Sanding Machine. *EDSUAINTEK: Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 8(1), 67–81.
<https://doi.org/10.47668/edusaintek.v8i1.146>
- Arsyad, A. (2009). *Media Pembelajaran*. PT Rajagrafindo Persada.
- Boimau, I., Irmawanto, R., & Taneo, M. F. (2019). Rancang Bangun Alat Ukur Laju Bunyi Di Udara Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino. *Cyclotron*, 2(2). <https://doi.org/10.30651/cl.v2i2.3253>
- Budiarso, Z. (2015). Implementasi Sensor Ultrasonik Untuk Mengukur Panjang Gelombang Suara Berbasis Mikrokontroler Sensor merupakan sebuah peralatan yang diperlukan untuk mendukung penerapan teknologi digital besaran-besaran analog menjadi tantangan dengan menggunakan sensor. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, 20(2), 171–177.
- Cahyono, B. D., Muslim, S., & Djoko, D. (2019). The effect of Delphi-based on learning media at student learning outcomes in basic electricity and electronics subjects viewed from the level of student learning autonomy The effect of Delphi-based on learning media at student learning outcomes in basic e. *Journal of Physics: Conf. Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1360/1/012028>
- Deliana, H., & Sugianto, S. (2020). Analisis Kebutuhan Pengembangan Design Alat Praktikum Koefisien Gaya Gesek Berbasis Arduino. *Prosiding Seminar Pendidikan Fisika FITK ...*, 2(1). <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/semnasp/article/view/1427>
- Fraden, J. (2003). *Handbook of Modern Sensors , Physics, Design and Applications(Third Edition)*. AIP Press.
- Hardiansyah, R. (2018). *Pengenalan Borland Delphi 7.0 Sistem, Cara Menginstall Delphi*. Universitas Mitra Indonesia.
- Himalik, O. (2019). *Kurikulum dan Pembelajaran*. Bumi Aksara.
- Kadir, A. (2014). *Buku pintar pemrograman Delphi untuk pemula*. Mediakom.
- Kause, M. C. (2019). Rancang Bangun Alat Peraga Fisika Berbasis Arduino (Studi Kasus Gerak Jatuh Bebas). *Cyclotron*, 2(1). <https://doi.org/10.30651/cl.v2i1.2511>
- Maiyena, S., Imamora, M., & Ningsih, F. (2018). Pengembangan Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas Menggunakan Sensor Phototransistor Untuk Pembelajaran Fisika Pada Materi Gerak Jatuh Bebas. *Sainstek : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 9(1), 54.
<https://doi.org/10.31958/js.v9i1.750>
- Nurqomariah, N., Gunawan, G., & Sutrio, S. (2017). Pengaruh Model Problem Based Learning dengan Metode Eksperimen Terhadap Hasil Belajar IPA Fisika Siswa Kelas VII SMP Negeri 19 Mataram Tahun Pelajaran 2014/2015. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 1(3), 173–179.
<https://doi.org/10.29303/jpft.v1i3.255>
- Puspasari, F., Fahrurrozi, I., Satya, T. P., & Setyawan, G. (2019). *Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due untuk Sistem Monitoring Ketinggian*. December 2021, 2–6.
<https://doi.org/10.12962/j24604682.v15i2.4393>
- Setyawan, B., Andryana, S., & Winarsih, W. (2018). Sistem Deteksi Menggunakan Sensor Ultrasonik berbasis Arduino mega 2560 dan Processing untuk Sistem Keamanan Rumah. *J I M P - Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan*, 3(3), 15–20. <https://doi.org/10.37438/jimp.v3i3.183>
- Sholihah, M., Ahmad, U., & Budiastra, I. W. (2017). Application of Ultrasonic Wave to Increase Extraction Yield and Effectiveness of Antioxidant from Mangosteen Rind. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 05(2), 1–11.
<https://doi.org/10.19028/jtep.05.2.161-168>
- Suwandi, R., & Mardiono Jacoeb, A. (2015). Aplikasi Gelombang Itrasonik sebagai alternatif untuk mempertahankan Kesegaran Ikan Nila. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 18(1), 50–60.
<https://doi.org/10.17844/jphpi.2015.18.1.50>
- Waris, A., & Nurjannah, D. (n.d.). *Pengembangan Alat Praktikum Sederhana Konsep Listrik Magnet untuk Siswa SMP Daerah Terpencil*. 1–7.