

RANCANG BANGUN ALAT UKUR LAJU BUNYI DI UDARA MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK BERBASIS ARDUINO

Infianto Boimau¹, Rudi Irmawanto², Marsofran F. Taneo³

^{1,3} Program Studi Pendidikan Fisika, Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan Soe

Jl. Badak No.5A Lokasi 2 SMK N 1 SoE, TTS, 85511

²Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surabaya

Jl. Raya Sutorejo No. 59, Dukuh Sutorejo, Mulyorejo, Kota Surabaya, 60113

e-mail: stafinfiantoboimau@stkip.ac.id

Abstrak— Rendahnya kemampuan peserta didik dalam memahami konsep-konsep *abstrak* dalam proses pembelajaran memerlukan adanya solusi berupa penerapan alat peraga sehingga meningkatkan motivasi dan prestasi belajar. Dalam penelitian ini dikembangkan alat ukur untuk menentukan kelajuan bunyi di udara menggunakan sensor ultrasonik berbasis Arduino. Metode rancang bangun alat ukur terdiri dari perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Rancang bangun alat ukur laju bunyi di udara dikembangkan dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik sebesar 40 kHz yang dibangkitkan oleh sensor ultrasonik tipe HY-SRF05. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat ukur yang telah dikembangkan mampu mengukur laju bunyi di udara pada suhu 25°C. Hasil pengukuran laju bunyi di udara yang diperoleh menggunakan alat ukur yang dikembangkan adalah sebesar 348,3 m/s dengan persentase error sebesar 2,29%..

Kata kunci: *laju bunyi, sensor ultrasonik, Arduino*

Abstract— *Students' ability which is very low in comprehending the abstract concepts in learning needs a solution in the form of designing learning media that can be used to improve students' motivation and learning achievements. In this study, a learning media was designed to determine the sound speed on the air using ultrasonic sensor based on Arduino. The methods of the designed learning media consist of hardware and software devices. The media designed for measuring sound speed on the air was improved using 40 kHz ultrasonic wave which is supported by ultrasonic sensor HY-SRF05. The result of the study showed that the designed media could measure the sound speed on the air on 25°C degree. The result of sound speed measurement was gained using the designed media was 348,3 m/s with error percentage was 2,29%..*

Keywords: *sound speed, ultrasonic sensor, Arduino*

I. PENDAHULUAN

Fisika sebagai ilmu yang mempunyai objek berupa benda-benda real jika disampaikan dengan metode ceramah maka materi yang diterima peserta didik hanya akan dipahami sebagai rumus-rumus atau konsep-konsep abstrak. Disamping itu, penggunaan model pembelajaran yang cenderung berpusat pada guru dan menempatkan peserta didik sebagai pendengar membuat pelajaran fisika menjadi sulit dan membosankan. Oleh karena itu, diperlukan metode dan strategi yang lebih efisien dalam proses pembelajaran fisika sehingga peserta didik mudah memahami pelajaran dan terlibat aktif dalam proses pembelajaran.

Salah satu cara yang efektif dalam menciptakan pembelajaran yang berkualitas adalah menerapkan media pembelajaran. Pembelajaran fisika harus didesain sedemikian inovatif melalui media pembelajaran agar dapat membuat proses pembelajaran fisika lebih menarik dan

bermakna bagi siswa. Mempelajari suatu fenomena fisika melalui kegiatan demonstrasi menggunakan alat peraga memiliki hakekat sains sehingga kemampuan siswa dapat ditingkatkan baik dari aspek kognitif, psikomotorik, dan afektif. Pembelajaran fisika dikembangkan melalui kemampuan berpikir analitis, induktif, dan deduktif dalam menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan penggunaan dan pengembangan pengetahuan dan keterampilan [1].

Salah satu cara atau pedoman dalam menunjang pengembangan pengetahuan, keterampilan, kebutuhan dasar penyampaian materi, konsep serta informasi fisika oleh pendidik adalah melalui pendayagunaan alat peraga berbasis sains pada proses pembelajaran di sekolah. Penggunaan alat peraga fisika diharapkan mempermudah siswa dalam memahami konsep yang terkandung dalam materi fisika serta mempelajari suatu konsep yang abstrak menjadi lebih konkret atau nyata [2]. Dalam pembelajaran

fisika diperlukan demonstrasi menggunakan alat peraga atau praktikum untuk menjelaskan dan membangun konsep tentang materi yang dipelajari. Hal ini tidak terlepas dari fisika sebagai salah satu cabang sains yang berkembang dari proses sains seperti pengamatan, pengukuran, analisis hasil observasi, dan penarikan kesimpulan. Fisika merupakan ilmu yang lahir dan berkembang melalui langkah-langkah observasi, perumusan masalah, penyusunan hipotesis, pengujian hipotesis melalui eksperimen, penarikan kesimpulan, serta penemuan teori dan konsep [3].

Kemajuan teknologi dibidang elektronika memunculkan berbagai perangkat elektronik yang dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan alat peraga. Salah satu perangkat pemrosesan digital yang dapat digunakan sebagai kontroler dalam mengembangkan alat peraga adalah Arduino. Piranti elektronik lain seperti sensor dan transduser, *Liquid Crystal Display* (LCD), dan tombol *push button* dapat digunakan sebagai *input/ output* sistem dalam mengembangkan alat peraga maupun alat ukur fisika yang diaplikasikan dalam pembelajaran [4]-[6]. Alat peraga yang dikembangkan dengan menggunakan piranti-piranti elektronik ini memiliki hasil pengukuran yang dapat disajikan dalam bentuk digital dan mampu terkoneksi dengan perangkat komputer untuk keperluan penyimpanan dan pengolahan data [7],[8]. Alat peraga peraga yang dikembangkan juga memiliki akurasi pengukuran yang lebih baik jika dibandingkan dengan pengukuran menggunakan alat peraga yang manual [9]. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan alat ukur laju bunyi di udara menggunakan sensor ultrasonik berbasis Arduino serta mengukur laju bunyi pada suhu tertentu.

II. STUDI PUSTAKA

2.1 Alat Peraga

Kegiatan demonstrasi dan eksperimen merupakan bentuk pembelajaran yang memberikan pengalaman langsung kepada peserta didik. Proses pembelajaran seperti ini memerlukan alat peraga maupun alat praktikum sebagai media agar peserta didik berkesempatan melakukan percobaan dan mengembangkan keterampilan. Alat peraga merupakan alat yang jika digunakan dapat membantu dalam memahami suatu konsep secara tidak langsung [10]. Alat peraga mampu memberikan pengalaman visual kepada peserta didik secara langsung antara lain untuk mendorong motivasi belajar, memperjelas dan mempermudah konsep yang abstrak, dan mempertinggi daya serap belajar.

Alat peraga digunakan untuk membantu meningkatkan keterampilan, pengetahuan, informasi, dan menghilangkan rasa malas peserta didik [11]. Alat peraga juga diperlukan dalam kegiatan praktikum agar peserta didik dapat melakukan pengukuran, mengumpulkan data, menganalisis data, dan menarik kesimpulan terhadap suatu materi yang dipelajari. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang pesat sehingga berbagai sensor dan perangkat kontrol telah dikembangkan dengan berbagai fungsi dan kegunaan yang praktis dan efektif. Perangkat-perangkat elektronik ini dapat dimanfaatkan untuk mendesain alat peraga maupun alat praktikum. Salah satu alat kontrol elektronik yang sudah banyak digunakan dalam mendesain alat peraga maupun alat praktikum yaitu mikrokontroler.

Mikrokontroler menjadi perangkat yang sangat tepat untuk mengatasi kelemahan desain alat peraga yang masih konvensional seperti pengukuran yang masih manual. Banyak fitur-fitur pada mikrokontroler yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan pengukuran secara otomatis sehingga dapat meningkatkan akurasi dalam pengukuran. Banyak perangkat pembelajaran yang telah memanfaatkan mikrokontroler, antara lain: pengukuran percepatan gravitasi bumi dengan metode bandul [12], rancang bangun viskometer fluida dengan metode bola jatuh bebas [13], inovasi media pembelajaran sains dan teknologi di SMP berbasis mikrokontroler [14], dan desain modul praktikum fisika dasar untuk pengukuran viskositas [15]. Dari semua perangkat pembelajaran yang telah didesain dan diaplikasikan dalam proses pembelajaran didapati bahwa terjadi peningkatan pemahaman konsep-konsep fisika dan ketertarikan para pelajar untuk belajar fisika.

2.2 Gelombang Bunyi

Gelombang adalah suatu getaran yang merambat dengan membawa energi dari satu tempat ke tempat lainnya [16]. Gelombang merambat melalui berbagai medium zat padat, cair dan gas. Gelombang yang memerlukan medium dalam perambatannya disebut gelombang mekanik. Berdasarkan arah getar dan arah rambat gelombang maka gelombang mekanik dibedakan menjadi gelombang transversal dan gelombang longitudinal. Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatnya tegak lurus terhadap arah getarnya. Sedangkan gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah rambatnya searah dengan arah getarnya. Gelombang longitudinal terdiri dari rapatan dan regangan. Rapatan merupakan daerah-daerah dimana kumparan-kumparan mendekat selama sesaat, sedangkan regangan merupakan daerah-daerah dimana kumparan-kumparan menjauh selama sesaat [17].

Bunyi merupakan salah satu jenis gelombang longitudinal. Gelombang bunyi adalah getaran yang ditimbulkan oleh sumber bunyi dan merambat dalam bentuk rapatan dan regangan melalui partikel zat perantara. Rambatan gelombang bunyi di udara disebabkan oleh lapisan perapatan dan peregangannya partikel-partikel udara yang bergerak keluar akibat perbedaan tekanan. Partikel-partikel udara saling beradu satu sama lain tetapi tidak terjadi perpindahan partikel namun terkoordinasi menghasilkan gelombang dan mentransmisikan energi [17]. Bunyi merambat melalui berbagai medium dengan cepat rambat yang berbeda-beda. Laju rambat bunyi pada berbagai medium ditunjukkan pada Tabel 1. Laju rambat bunyi pada medium dipengaruhi oleh modulus ruang dan kerapatan zat medium tersebut [17].

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik longitudinal dengan frekuensi diatas 20 kHz yang dapat merambat dalam medium padat, cair, dan gas [18]. Gelombang ultrasonik memiliki frekuensi bunyi tinggi sehingga tidak terdengar oleh telinga manusia yang hanya mampu mendengar bunyi dengan frekuensi antara 20 Hz – 20 kHz [17]. Gelombang ultrasonik berupa akustikal, yaitu vibrasi mekanik yang terjadi pada gas, cairan, dan medium zat padat [19]. Penggunaan gelombang ultrasonik sangat diperlukan pada berbagai bidang seperti bidang medis, gelombang ultrasonik dapat dimanfaatkan untuk

pencitraan gambar (*ultrasonography*) dan membantu untuk pengobatan beberapa penyakit. Bidang kimia (*sonochemistry*) banyak memanfaatkan gelombang ultrasonik sebagai alat untuk membantu proses atomizing. Pemanfaatan gelombang ultrasonik dalam bidang industri dipakai untuk NDT (*Non Destructive Test*), pembersih bahan (*cleaning*), *welding*, dan *cutting*. Selain itu, gelombang ultrasonik banyak pula dimanfaatkan dalam bidang pertanian, fisika, biologi, dan seismologi [20].

Tabel 1. Kelajuan bunyi beberapa medium

Medium	Kelajuan (m/s)
Udara (0°C)	331
Udara (20°C)	343
Helium	965
Hidrogen	1.284
Air (0°C)	1.402
Air (20°C)	1.482
Air laut	1.522
Aluminium	6.420
Baja	5.941
Granit	6.000

2.3 Sensor Ultrasonik

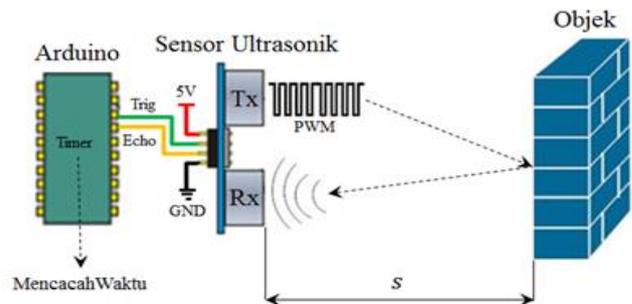
Sensor ultrasonik merupakan sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang bunyi. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu yang berada di depan sensor. Sensor ultrasonik mentransmisikan gelombang bunyi dengan frekuensi antara 40 kHz hingga 400 kHz. Gelombang bunyi yang dibangkitkan oleh sensor ultrasonik memiliki kecepatan diatas jangkauan pendengaran manusia sehingga disebut gelombang ultrasonik. Sensor ultrasonik mengeluarkan pulsa sesuai dengan waktu yang dibutuhkan gelombang untuk kembali ke sensor. Sensor ultrasonik terdiri dari dua bagian, yaitu rangkaian pemancar gelombang ultrasonik (*transmitter*) dan rangkaian penerima gelombang ultrasonik (*receiver*). Struktur sensor ultrasonik terdiri dari sebuah chip pembangkit sinyal (*piezoelectric*), sebuah speaker ultrasonik, dan sebuah mikropon ultrasonik. Kristal *piezoelectric* akan berkontraksi (mengembang/ menyusut) terhadap polaritas tegangan yang diberikan. Kontraksi yang terjadi diteruskan ke diafragma penggetar sehingga terjadi gelombang ultrasonik. Speaker mengubah gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz menjadi suara yang dipancarkan ke udara, sedangkan mikropon berfungsi untuk mendeteksi pantulan gelombang ultrasonik [21].

Prinsip kerja sensor ultrasonik adalah *transmitter* memancarkan seberkas sinyal ultrasonik yang berbentuk pulsa. Jika di depan sensor ada objek/ penghalang padat maka gelombang akan dipantulkan dan ditangkap kembali oleh *receiver*. Prinsip kerja sensor ultrasonik ditunjukkan pada Gambar 1. Lebar pulsa modulasi (PWM) antara gelombang transmisi dan gelombang pantul merupakan waktu yang diperlukan gelombang untuk merambat dari sensor ke objek dan gelombang pantul dari objek kembali ke sensor. Lamanya waktu ini sebanding dengan dua kali jarak sensor dengan objek, sehingga jarak sensor dengan objek dapat ditentukan dengan persamaan:

$$s = (v \times t)/2 \quad (1)$$

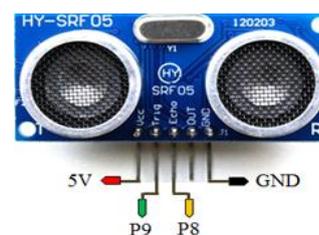
dimana s adalah jarak sensor ke objek yang dinyatakan dalam meter, v adalah cepat rambat gelombang di udara yang dinyatakan dalam meter per sekon, sedangkan t adalah waktu tempuh gelombang dari sensor ke objek yang dinyatakan dalam sekon [22],[23]. Apabila waktu yang diperlukan gelombang untuk merambat dari sensor ke objek lalu kembali ke sensor dapat dicacah dan jarak dari sensor ke objek diketahui maka berdasarkan persamaan (1), cepat rambat gelombang di udara dapat ditentukan dengan persamaan:

$$v = 2s/t \quad (2)$$



Gambar 1. Prinsip kerja sensor ultrasonik

HY-SRF05 adalah sensor non-kontak pengukur jarak menggunakan gelombang ultrasonik. HY-SRF05 dapat mengukur jarak dalam rentang antara 3cm sampai 300 cm dengan *output* panjang pulsa yang sebanding dengan jarak objek. Sensor ini hanya memerlukan dua pin I/O untuk berkomunikasi dengan Arduino, yaitu pin *Trigger* dan *Echo*. Sensor ultrasonik HY-SRF05 dan koneksi pin-pin ditunjukkan pada Gambar 2. HY-SRF04 diaktifkan oleh Arduino dengan mengirimkan pulsa *high* melalui pin *Trigger* selama 10 μ s untuk membangkitkan gelombang ultrasonik. Gelombang ini ditransmisikan melalui udara dan akan dipantulkan kembali apabila mengenai suatu objek padat. Gelombang yang dipantulkan akan diterima oleh sensor sehingga membuat keluaran sinyal *high* pada pin *Echo* dan menjadi *input* bagi Arduino. HY-SR05 akan mengirimkan pulsa selama 100 μ s hingga 18 ms pada outputnya tergantung pada informasi jarak pantulan objek yang diterima [24],[25].

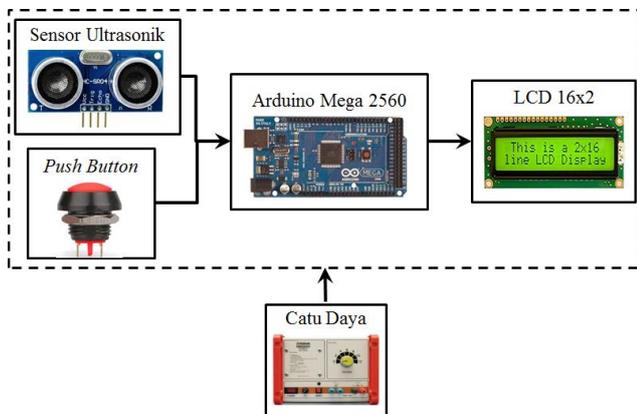


Gambar 2. Sensor ultrasonik HY-SRF05

III. METODE

Rancang bangun alat ukur laju bunyi di udara menggunakan gelombang ultrasonik terdiri dari tiga tahap, yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan

perangkat lunak (*software*), dan pengujian kinerja alat ukur. Perancangan perangkat keras alat ukur terdiri dari komponen *input*, proses dan *output*. Komponen *input* berupa sensor ultrasonik dan tombol *push button*, komponen proses sistem berupa Arduino dan komponen *output* berupa *Liquid Crystal Display* (LCD). Diagram komponen perangkat keras yang digunakan dalam rancang bangun alat ukur ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram komponen perangkat keras

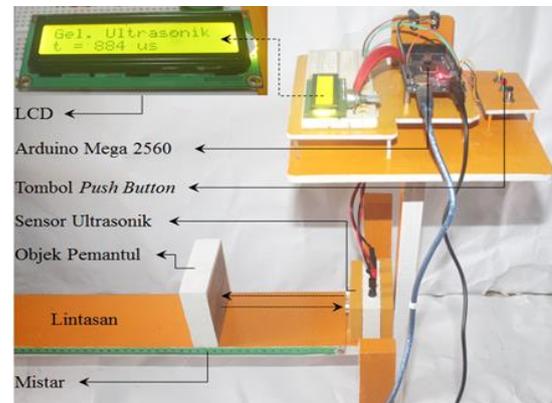
Sensor ultrasonik digunakan sebagai pembangkit gelombang ultrasonik sekaligus detektor gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik dideteksi oleh detektor sensor ultrasonik yang kemudian menjadi input bagi Arduino untuk mengendalikan cacahan waktu rambat. Hasil cacahan waktu akan ditampilkan pada LCD untuk dibaca oleh pengguna (*user*). Sedangkan tombol *push button* berfungsi untuk mengendalikan kerja dari alat ukur. Tombol “*start*” digunakan untuk memulai pengukuran sedangkan tombol “*reset*” digunakan untuk merestart kerja alat ukur. Catu daya diperlukan sebagai sumber arus untuk menyuplai arus dan tegangan bagi komponen-komponen elektronik yang digunakan dalam rancang bangun alat ukur.

Perancangan perangkat lunak alat ukur menggunakan bahasa C# dan *compiler Integrated Development Environment* (IDE) Arduino. Perancangan perangkat lunak terdiri dari beberapa blok utama yaitu deklarasi pustaka dan variabel, definisi pin-pin Arduino, setup pin-pin Arduino dan LCD, penekanan tombol *push button* untuk mulai mengukur waktu, dan menuliskan hasil pengukuran pada LCD. Pengujian kinerja alat ukur dilakukan dengan mengukur waktu rambat gelombang yang akan digunakan untuk menghitung laju bunyi di udara berdasarkan persamaan (2). Hasil perhitungan yang diperoleh akan dibandingkan dengan nilai teoritik untuk mengetahui tingkat akurasi alat ukur. Cepat rambat gelombang ultrasonik di udara yang digunakan sebagai referensi pada penelitian ini adalah 343 m/s.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

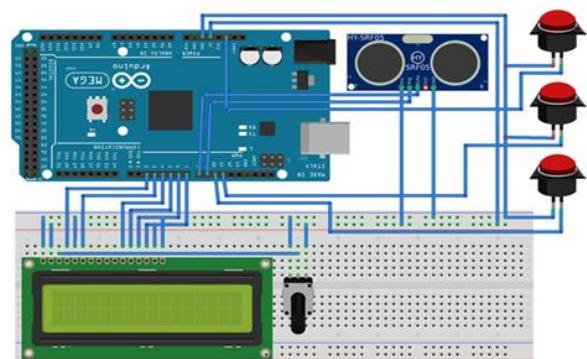
Alat ukur yang telah dibangun mampu mengukur waktu rambat gelombang bunyi di udara sepanjang lintasan. Waktu rambat yang diperoleh dalam pengukuran digunakan untuk menghitung laju bunyi di udara. Hasil desain alat ukur yang dikembangkan dalam penelitian ini ditunjukkan

pada Gambar 4. Prinsip kerja alat ukur yang dikembangkan yaitu alat ukur membangkitkan gelombang ultrasonik yang dirambatkan sepanjang lintasan. Gelombang akan mengenai objek kemudian dipantulkan lalu dideteksi oleh detektor sensor ultrasonik. Apabila sensor ultrasonik menerima pantulan gelombang maka sensor ultrasonik memberikan informasi ke Arduino untuk mengendalikan hasil pengukuran waktu rambat gelombang.



Gambar 4. Hasil desain alat ukur

Hasil desain alat ukur menunjukkan waktu rambat yang diukur oleh timer Arduino adalah dua kali jarak objek dan sensor ultrasonik. Waktu yang dicacah digunakan untuk menghitung laju rambat bunyi di udara. Alat ukur yang telah dirancang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Hasil desain komponen perangkat keras dalam rancang bangun alat ukur ini ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil desain perangkat keras terdiri dari empat komponen yaitu sensor ultrasonik, Arduino Mega2560, tombol *push button*, dan penampil LCD.



Gambar 5. Rangkaian perangkat keras alat peraga

Sensor ultrasonik digunakan sebagai perangkat untuk membangkitkan gelombang ultrasonik yang dipancarkan melalui transmitter. Sensor ultrasonik juga digunakan untuk menerima pantulan gelombang dari objek/ penghalang melalui *receiver*. Gelombang pantul yang diterima oleh *receiver* bermanfaat untuk mengendalikan sinyal *output* sensor ultrasonik. Perubahan sinyal dari pin output sensor ultrasonik ini dimanfaatkan oleh Arduino untuk mengendalikan cacahan waktu antara sensor memancarkan gelombang dan menerima pantulan gelombang. Perubahan sinyal yang terjadi adalah ketika ada perubahan dari *low* ke *high* dari pin *echo* maka Arduino akan mengaktifkan timer,

dan ketika ada perubahan dari *high* ke *low* dari pin *echo* maka akan mematikan timer.

Konfigurasi pin-pin sensor ultrasonik yang digunakan dalam rancang bangun alat ukur seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Pin *echo* dan *trigger* sensor ultrasonik digunakan sebagai pin I/O yang di-*interface*-kan dengan Arduino untuk mengendalikan timer. Sedangkan pin VCC dan GND di-*interface*-kan dengan catu daya 5 V sebagai sumber tegangan untuk menyediakan arus bagi sensor ultrasonik. Hasil konfigurasi perangkat keras sensor ultrasonik dengan Arduino mampu membangkitkan gelombang ultrasonik dan mencacah waktu rambat gelombang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil cacahan waktu oleh timer dikonversi dalam satuan mikrosekon (μ s).

Arduino merupakan perangkat pemrosesan yang berfungsi untuk mengelolah *input* dan *output* dari sistem alat ukur yang telah dibangun. Arduino menerima *input* dari tombol *push button* dan sensor ultrasonik. Arduino menerima *input* dari *push button* untuk mengendalikan tahapan pengukuran, sedangkan *input* yang diterima dari sensor ultrasonik digunakan untuk membangkitkan gelombang ultrasonik dan memantau perubahan logika pada pin *echo* sensor ultrasonik. *Input* yang diterima oleh Arduino menjadi kendali dalam proses pencacahan waktu yang dilakukan menggunakan timer pada Arduino. Hasil cacahan dikonversi dan ditampilkan pada LCD sebagai output sistem alat ukur.

Arduino mampu melakukan pemrosesan terhadap *input/output* sistem berdasarkan alur perangkat lunak yang dikembangkan. Hasil desain perangkat lunak yang telah dikembangkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 6. Perangkat lunak yang dikembangkan terdiri dari tiga bagian utama, yaitu definisi dan penugasan variabel, logika *if*, dan pengukuran waktu. Definisi variabel meliputi definisi pin sensor ultrasonik, definisi pin LCD, definisi pin *push button*, dan definisi variabel. Penugasan variabel berupa pin *trigger* sebagai *output*, pin *echo* sebagai *input* dan pin *push button* sebagai *input*. Logika *if* dikembangkan sebagai bagian *sketch* yang berfungsi untuk membaca tombol *push button* agar memulai pengukuran. Sedangkan *sketch* pengukuran waktu dipakai untuk mengukur waktu rambat gelombang ultrasonik sepanjang lintasan yang ditentukan dan menampilkan hasil pengukuran pada LCD.



Gambar 6. Hasil desain perangkat lunak

Pengujian kinerja alat ukur cepat rambat gelombang ultrasonik yang telah dikembangkan dilakukan dengan mengukur waktu tempuh gelombang terhadap jarak tentu. Hasil pengujian kinerja alat peraga ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa rata-rata cepat rambat gelombang ultrasonik yang mampu diukur dengan alat ukur yang telah dikembangkan adalah 348,4 m/s. Hasil pengukuran yang diperoleh apabila dibandingkan dengan cepat rambat bunyi di udara secara teoritik yaitu 343 m/s, maka akan diperoleh persentase error sebesar 2,29%.

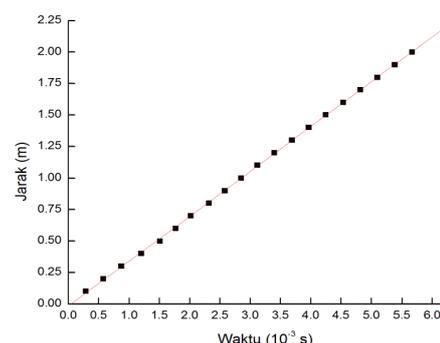
Tabel 2. Hasil pengujian alat ukur

s (m)	t (μ s)	v (m/s)	% error
0,1	286	349,90	2,91
0,2	575	347,83	2,30
0,3	868	345,62	1,65
0,4	1196	334,45	1,63
0,5	1511	330,91	2,67
0,6	1774	338,29	0,50
0,7	2018	346,95	2,04
0,8	2322	344,50	1,32
0,9	2578	349,11	2,68
1,0	2848	351,10	3,26
1,1	3117	352,93	3,80
1,2	3395	353,46	3,96
1,3	3687	352,59	3,70
1,4	3967	352,91	3,80
1,5	4251	352,86	3,78
1,6	4539	352,50	3,68
1,7	4823	352,48	3,67
1,8	5104	352,66	3,72
1,9	5389	352,57	3,70
2,0	5674	352,48	3,67
Rata-Rata		348,30	2,29

Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa terjadi perubahan waktu yang dicacah oleh alat ukur terhadap jarak objek. Hubungan antara waktu yang diperlukan oleh gelombang ultrasonik untuk merambat sepanjang lintasan dari sensor ke objek disajikan pada Gambar 7. Sedangkan hasil analisis grafik linearitas diperlihatkan pada Gambar 8. Hubungan antara jarak yang ditempuh dan waktu yang diperlukan bersifat linear yang dirumuskan dengan persamaan:

$$s = 355,8 t - 15,98 \quad (3)$$

Persamaan (3) memperlihatkan koefisien regresi linear sebesar 355,8 m/s. Nilai koefisien regresi ini menunjukkan cepat rambat gelombang bunyi di udara yang diperoleh dari pengujian alat ukur yang dikembangkan.



Gambar 7. Grafik hubungan antara jarak dan waktu

Parameter	Value	Error
A	-0.01598	0.00425
B	0.3558	0.00125

R	SD	N	P
0.99989	0.00904	20	<0.0001

Gambar 8. Hasil analisis linearitas jarak terhadap waktu

V. KESIMPULAN

Alat ukur laju bunyi telah dikembangkan dengan perangkat keras seperti sensor ultrasonik HY-SRF05, tombol *push button*, Arduino Mega2560, dan penampil LCD. Sedangkan perangkat lunak dikembangkan menggunakan kompiler IDE Arduino berbasis Bahasa C#. Hasil pengujian kinerja alat ukur diperoleh laju rambat bunyi di udara sebesar 348,3 m/s dengan persentase eror sebesar 2,29%.

REFERENSI

- [1] Desi, Desnita, dan Raihanati, "Pengembangan Alat Peraga Fisika Materi Gerak Melingkar Untuk SMA", *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*. Jakarta: Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Jakarta, 2015.
- [2] Kustandi, "Media Pembelajaran". Bogor: Ghalia Indonesia, 2013.
- [3] Trianto, "Model Pembelajaran Terpadu", Jakarta: Bumi Aksara, 2014.
- [4] I. Boimau and R. N. K. Mellu, "Development of Microcontroller-based Free Fall Learning Materials to Increase Students' Conceptual Understanding", *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika (JIPF)*, vol. 4, no. 1, pp. 45-55, March 2019.
- [5] F. Muchlis dan M. Toifur, "Rancang Bangun Prototipe Media Pembelajaran Fisika Berbasis Mikrokontroler NodeMCU", *JRKPF UAD*, vol. 4, no. 1, pp. 12-16, April 2017.
- [6] D. C. Wulandari dan Wildian, "Rancang Bangun Ammeter DC Tipe Non-Destructive Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 dengan Sensor Efek Hall ACD712", *Jurnal Fisika Unand*, vol. 3, no. 2, pp 121-127, April 2014.
- [7] D. Nichols, "Arduino-Based Data Acquisition into Excel, LabVIEW, and Matlab", *The Physics Teacher*, vol. 55, April 2017.
- [8] W. P. S. Freitas, C. R. Cena, D. C. B. Alves, and A. M. B. Goncalves, "Arduino-Based Experiment Demonstrating Malus's Law", *Phys. Educ*, vo. 55, pp. 1-4, May 2018.
- [9] M. Kause dan I. Boimau, "Rancang Bangun Alat Peraga Fisika Berbasis Arduino (Studi Kasus Gerak Jatuh Bebas)", *Cyclotron*, vol. 2, no.1, pp. 13-19, Januari 2019.
- [10] Mujadi, "Materi Pokok Desain dan Pembuatan Alat Peraga", Jakarta: Universitas Terbuka, Depdikbud, 1994.
- [11] Lestari dan L. Puji, "Keefektifan Pembelajaran Dengan Menggunakan Alat Peraga dan LKS", Unpublished Skripsi, Universitas Semarang, 2006.
- [12] Syahrul, J. Adler, dan Adriana, "Pengukuran Percepatan Gravitasi Menggunakan Gerak Harmonik Sederhana Metode Bandul", *Jurnal Teknik Komputer Unikom*, vol. 2, no.2, pp. 5-9, 2013.
- [13] D. Aryanto, E. Saptaningrum, dan Wijayanto, "Rancang Bangun Viskometer Fluida Metode Bola Jatuh Bebas Berbasis Mikrokontroler ATmega16", *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. 8, no. 2, pp. 1-5, 2012.
- [14] U. Rochayati, S. Waluyanti, dan D. Santoso, "Inovasi Media Pembelajaran Sains Teknologi di SMP Berbasis Mikrokontroler", *Jurnal Kependidikan*, vol. 42, no. 1, pp. 89-98, 2012.

- [15] S. Jumianto, A. Mujadin, dan D. Elfidasari, "Rancang Bangun Alat Ukur Viskositas Dalam Rangka Pengembangan Modul Praktikum Fisika Dasar", *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 1, pp. 48-51, 2013.
- [16] Giancoli dan C. Douglas, "FISIKA", Erlangga: Jakarta, 2001.
- [17] D. Halliday, R. Resnick, dan J. Walker, "Dasar-Dasar Fisika Versi Diperluas Jilid Satu". Tangerang: Bina Rupa Aksara Publisher, 2008.
- [18] N. D. M. Ryaumariastini, D. Kurniadi, dan Trisnobudi, "Simulasi Perambatan Gelombang Ultrasonik dengan Model Berkas Multi Gaussian dan Model Pengukuran Thompson Grey", *J.Oto.Ktrl.Inst*, vol. 4, no. 2, pp. 55-63, 2012.
- [19] A. Syafrudin, Suryono, dan J. E. Suseno, "Rancang Bangun Generator Pulsa Gelombang Ultrasonik dan Implementasinya untuk Pengukuran Jarak Antar Dua Objek", *Berkala Fisika*, vol. 11, no. 2, pp. 29-38, 2008.
- [20] A. Zubair dan F. A. Samman, "Pembangkit Gelombang Ultrasonik dengan Frekuensi 40 kHz dan Daya 200 Watt Berbasis Mikrokontroler", *Prosiding Seminar Nasional Teknik Energi dan Ketenagalistrikan SNETEK* (ISBN: 978-602-72676-3-3), pp. 83-86, 2015.
- [21] H. L. Wiharto dan S. Yuliananda, "Penerapan Sensor Ultrasonik Pada Sistem Pengisian Zat Cair dalam tabung Silinder Berbasis mikrokontroler ATmega16", *Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag Surabaya*, vol. 1, no. 2, pp. 159-168, September 2016.
- [22] A. Alawiah dan A. R. Tahtawi, "Sistem Kendali dan Pemantauan Air pada Tangki Berbasis Sensor Ultrasonik", *KOPERTIP: Jurnal Ilmiah Manajemen Informatika dan Komputer*, vol. 01, no. 01, pp. 25-30, Ferbruari 2017.
- [23] M. N. Meizani, A. Muid, dan T. Rismawan, "Pembuatan Prototipe Kacamata Elektronik untuk Tuna Netra Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor Ultrasonik", *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, vol. 03, no. 2, pp. 88-99, 2015.
- [24] I. P. T. Indrayana, T. Julian, dan K. Triyana, "Sensor Ultrasonik HC-SR04 dengan Mikrokontroler ATmega8535", vol. 6, no. 1, pp. 35-40, April 2017.
- [25] B. Arasada dan B. Suprianto, "Aplikasi Sensor Ultrasonik untuk Deteksi Posisi Jarak pada Ruang Menggunakan Arduino Uno", *Jurnal Teknik Elektro*, vol 06, no. 02, pp. 137-145, 2017.

LAMPIRAN

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd (2,3,4,5,6,7);
const int pTrig = 9;
const int pEcho = 8;
const int pTombol = 10;
long durasi = 0;
void setup()
{
    // put your setup code here, to run once:
    pinMode(pTrig, OUTPUT);
    pinMode(pEcho, INPUT);
    pinMode(pTombol, INPUT);
    digitalWrite(pTombol, HIGH);
    lcd.begin(16,2);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Please Setup!!!");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Press Bottom!!!");
    while(1)
    {
        if(digitalRead(pTombol)==LOW)
        {
            lcd.clear();
            break;
        }
        delay(200);
    }
}
```

```
}                                     delay(2500);  
                                     }  
void loop()  
{  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
  digitalWrite(pTrig, HIGH);  
  delayMicroseconds(10);  
  digitalWrite(pTrig, LOW);  
  durasi = pulseIn(pEcho,HIGH);  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(0,0);  
  lcd.print("Gel. Ultrasonik");  
  lcd.setCursor(0,1);  
  lcd.print("t = ");  
  lcd.print(durasi);  
  lcd.print(" us");
```