

## Rancang Bangun Alat Peraga Fisika Efek Doppler Menggunakan Modul Sensor Suara dan Arduino

Rofiatus Diana Aprilia\*, Alex Harijanto, Subiki

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember  
Jalan Kalimantan Nomer 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121

---

### Info Artikel

#### *Histori Artikel:*

Diajukan: 24 November 2021

Direvisi: 03 Januari 2022

Diterima: 10 Februari 2022

---

#### *Kata kunci:*

Efek Doppler

Sensor Suara

Sensor HC-SR04

Arduino

---

#### *Keywords:*

Doppler effect

Sound sensor

HC-SR04 sensor

Arduino

---

#### *Penulis Korespondensi:*

Rofiatus Diana Aprilia

Email: [rofiatusdiana21@gmail.com](mailto:rofiatusdiana21@gmail.com)

---

### ABSTRAK

Telah dilakukan perancangan alat peraga fisika efek Doppler menggunakan modul sensor suara dan arduino. Alat peraga ini dirancang dari beberapa unit yaitu sensor FC-04 sebagai pendeteksi suara, dan sensor HC-SR04 sebagai alat untuk mendeteksi jarak benda. Data yang diperoleh ditampilkan melalui layar monitor laptop. Pada perancangan alat peraga fisika ini menggunakan desain pengembangan dari Nieveen, dengan tahapan studi pendahuluan, perencanaan, dan penilaian. Sensor jarak memiliki tingkat kelinieran yang sangat tinggi yaitu dengan  $R^2$  sebesar 0,9822. Sedangkan untuk sensor suara dalam penelitian ini mampu mendeteksi bunyi dengan frekuensi 500 Hz sampai 3000 Hz, memiliki tingkat kelinieran dengan alat ukur frekuensi sebesar  $R^2$  sebesar 0,8386. Hasil data pengukuran yang dilakukan diperoleh nilai *error* terendah -4,15 % dan nilai *error* tertinggi sebesar 3,34 %. Selain itu, didapatkan hasil analisis regresi linier sederhana dengan  $R^2$  sebesar 0,959.

---

*Doppler effect physics teaching aids have been designed using sound sensor modules and arduino. This prop is designed from several units, namely the FC-04 sensor as a sound detector, and the HC-SR04 sensor as a tool for detecting object distances. The data obtained from the sensor will be displayed through the laptop monitor screen. In the design of this physics teaching aid using a development design from Nieveen with the stages are preliminary research, prototyping stage, and assessment stage (summative evaluation). Distance sensor has a very high level of linearity namely  $R^2$  of 0,9822. While the sound sensor in this study is able to detect sound with a frequency of 500 Hz to 3000 Hz and has a linearity level with a frequency measuring instrument  $R$  Square of 0,8386. The results of the field trials carried out obtained the lower error value of -4,147 % and the highest error value of 3,335 %. In addition , the results of a simple linear regression analysis with a value  $R^2$  of 0.959.*

Copyright © 2022 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Fisika adalah ilmu pengetahuan yang dimulai dari observasi, membuat hipotesis, melakukan eksperimen, dan membuat kesimpulan (Trianto, 2010). Fisika tidak hanya berpatokan pada hafalan rumus saja tetapi lebih menekankan pada penguasaan konsep materi. Peserta didik sering menganggap bahwasanya pembelajaran fisika itu sulit. Kesulitan tersebut disebabkan oleh kurangnya memahami materi fisika yang bersifat abstrak dan tidak dikaitkan pada kehidupan sehari-hari. Salah satu materi yang dianggap sulit yaitu materi gelombang bunyi pada pokok bahasan efek Doppler. Materi efek Doppler sebenarnya dikategorikan sebagai materi yang mudah karena fenomena-fenomenanya sering terjadi di kehidupan sehari-hari. Misalkan saja ketika seseorang berjalan diatas trotoar jalan, mendengar suara bunyi sirine ambulans dari kejauhan sekitar 100 meter. Suara bunyi sirine ambulans tersebut terdengar akan lebih keras atau nyaring Ketika ambulans mendekati seorang pejalan kaki tersebut. Fenomena tersebut merupakan gejala dari efek doppler yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari.

Seorang pendidik atau guru untuk mencapai tujuan pembelajaran yang maksimal, tidak menjelaskan materi dengan metode ceramah saja namun diperlukan juga media pembelajaran. Media pembelajaran yang bisa digunakan salah satunya adalah alat peraga. Alat peraga dalam dunia pendidikan dapat diartikan sebagai suatu alat bantu yang dapat membantu proses pembelajaran supaya materi yang disampaikan oleh pendidik bisa diterima dengan baik oleh peserta didik, sehingga proses pembelajaran dapat berjalan dengan efektif dan efisien (Musa, 2018). Alat peraga mempunyai manfaat-manfaat untuk menunjang pendidikan seperti a) menumbuhkan minat peserta didik, b) memaksimalkan tercapainya tujuan pembelajaran, c) membantu mengatasi hambatan penyampaian materi, d) mempercepat proses pembelajaran, e) mempermudah pendidik menyampaikan materi pembelajaran, f) memudahkan mengingat materi pembelajaran (Sumiharsono, 2017).

Kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan pada saat ini, banyak dihasilkan alat-alat yang canggih. Mikrokontroler ialah sebuah mikroprosesor yang didalamnya terdapat CPU, *Read Only Memory* (ROM), *Random Access Memory* (RAM), *Input-Output*, *timer*, *Interrupt*, *Clock*, dan peralatan internal lainnya yang saling terhubung dan terorganisasi dengan baik dalam satu keping *chip* siap dipakai. Arduino adalah papan mikrokontroler yang sudah terintegrasi dengan mikrokontroler ATmega328P (Susanto, Pramana, Rozeff and Ujahidin, Muhammad, 2013). Saat ini banyak sekali penelitian-penelitian mengenai pemanfaatan mikrokontroler dalam berbagai bidang. Penelitian mengenai pemanfaatan mikrokontroler terhadap materi efek Doppler sering dilakukan, misalkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Arifin, Indrasari and Rustana, 2019) melakukan penelitian menggunakan sensor suara yang memperoleh kesimpulan bahwa karakteristik sensor bekerja pada rentang frekuensi sebesar 50-500 Hz. Penelitian pada pengembangan alat peraga resonansi dan efek Doppler berbasis *soundcard* PC/laptop untuk meningkatkan motivasi belajar fisika siswa SMA. Pengembangan alat peraga tersebut sudah pada tahap *development* berdasarkan model pengembangan *ADDIE* (Haisy, Astra and Handoko, 2015).

“Pengembangan Alat Peraga *Doppler Effect Of Sound Wave* (DeoSW) Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Bunyi Mahasiswa”, alat peraga efek Doppler berbantuan PC *soundcard* tersebut sudah mampu memperlihatkan sebuah fenomena efek Doppler dalam layar PC/laptop dimana sudah terjadi perubahan frekuensi apabila sumber suara dan pendengar saling bergerak relatif (Karimah, 2019). Berdasarkan permasalahan dan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya maka dilakukan penelitian menggunakan sensor suara dengan *type* yang berbeda yaitu sensor suara FC-04, sumber bunyi yang lebih konstan untuk meminimalisir kebisingan. Tujuan penelitian ini untuk membuat rancang bangun alat peraga. Kemudian, mendeskripsikan karakteristik alat peraga efek Doppler menggunakan modul sensor suara dan arduino.

## II. METODE

Penelitian Ini Bertempat Di Laboratorium Elektronika Dasar Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Jenis Penelitian Ini Merupakan Jenis Penelitian Dan Pengembangan (*Research And Development*). Dalam Penelitian Ini Menggunakan Prosedur Penelitian Dan Pengembangan Nieveen Yaitu Dimulai Dengan Tahap (1) *Preliminary Research*, (2) *Prototyping Stage*, (3) *Assesment Stage (Summative Evaluation)* (Nieveen, McKenney and Akker, 2006). Analisis Data Menggunakan Analisis Regresi Linier Untuk Mengetahui Bagaimana

Keakuratan Dari Alat Peraga Yang Dikembangkan. Keakuratan Ditentukan Dengan Analisis Regresi Menggunakan *Microsoft Excel*.

## 2.1 Tahap Studi Pendahuluan (*Preliminary Research*)

Tahap studi pendahuluan dilakukan agar mendapatkan gambaran awal berhubungan dengan pelaksanaan penelitian. Pada tahap ini peneliti melakukan *study literature*, mencari referensi-referensi yang digunakan untuk menganalisis permasalahan dan kebutuhan dalam melakukan penelitian pengembangan alat peraga. Tahap studi pendahuluan yaitu mengumpulkan kajian teori dari berbagai hasil penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan.

## 2.2 Tahap Perencanaan (*Prototyping Stage*)

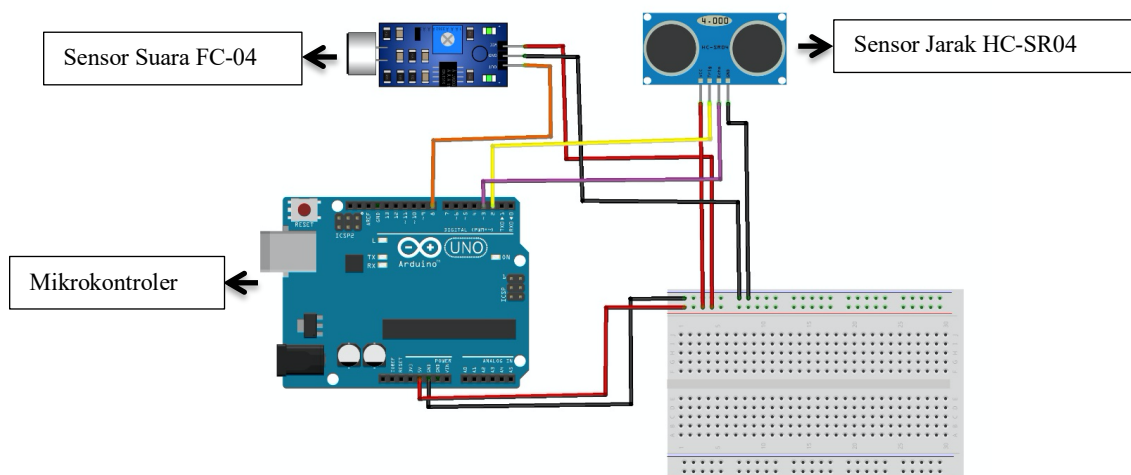
Tahap perencanaan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu sebagai berikut:

### a. Alat dan bahan penelitian

Alat dan bahan penelitian yang digunakan untuk merancang alat peraga fisika efek Doppler menggunakan sensor suara dan arduino meliputi mobil mainan, kit sirine, sensor suara, *software arduino IDE*, laptop, kabel penghubung, sensor jarak HC-SR04.

### b. Desain alat penelitian

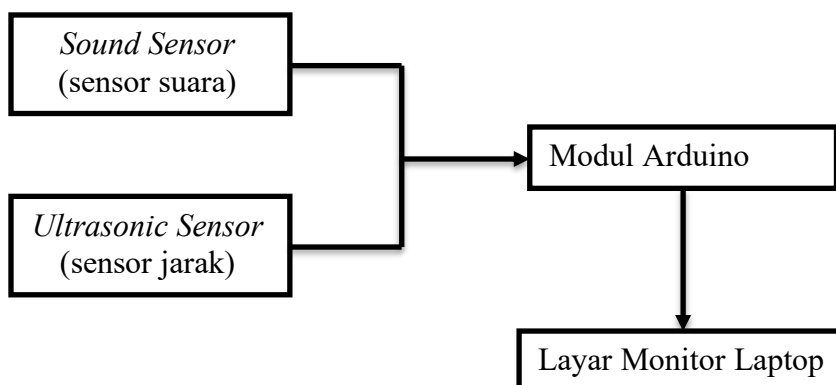
#### 1) Rangkaian sistem sensor alat peraga efek Doppler



Gambar 1 Skema rangkaian sistem sensor

#### 2) Desain blok perancangan alat

Secara umum diagram blok perancangan alat peraga dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Desain blok perancangan alat peraga

### c. Uji coba terbatas

Sebelum melakukan proses pengambilan data, alat peraga hasil rancangan perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu. Pengujian tersebut dilakukan pada masing-masing komponen rangkaian alat secara keseluruhan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian sensor dapat bekerja dengan baik dan mendapatkan data yang benar. Setelah itu, dilanjutkan dengan uji coba

kalibrasi yaitu membandingkan alat peraga rancangan dengan alat ukur dari pabrikan untuk mengetahui validitas pembacaan data yang dilakukan sensor.

d. Evaluasi dan revisi

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui kevalidan alat peraga. Rangkaian yang sudah dibuat pada tahap sebelumnya dianalisis menggunakan regresi sederhana. Setelah dilakukan evaluasi dan dianalisis dengan regresi mendapatkan hasil yang kurang valid. Maka, alat peraga tersebut diperbaiki supaya menjadi lebih valid. Setelah perbaikan alat peraga tersebut divalidasi ulang agar mendapatkan sebuah produk yang valid dan layak digunakan. Produk yang telah valid akan menjadi produk akhir.

### 2.3 Tahap Penilaian (*Assesment Stage*)

Selanjutnya mengujicobakan produk akhir yang sudah dikembangkan. Uji coba dilakukan dengan mengoperasikan alat peraga yang telah dirancang untuk mengetahui keberhasilan mengenai produk yang telah dikembangkan. Kemudian dilakukan analisis hasil yang diperoleh dari uji coba tersebut. Apabila hasil yang diperoleh sudah sama dengan literatur maka produk tersebut menjadi produk final. Namun, jika hasil uji coba masih belum sesuai dengan literatur maka produk tersebut diperbaiki kembali. Hasil perbaikan tersebut diujicobakan kembali sampai produk sesuai kriteria.

## III. HASIL DAN DISKUSI

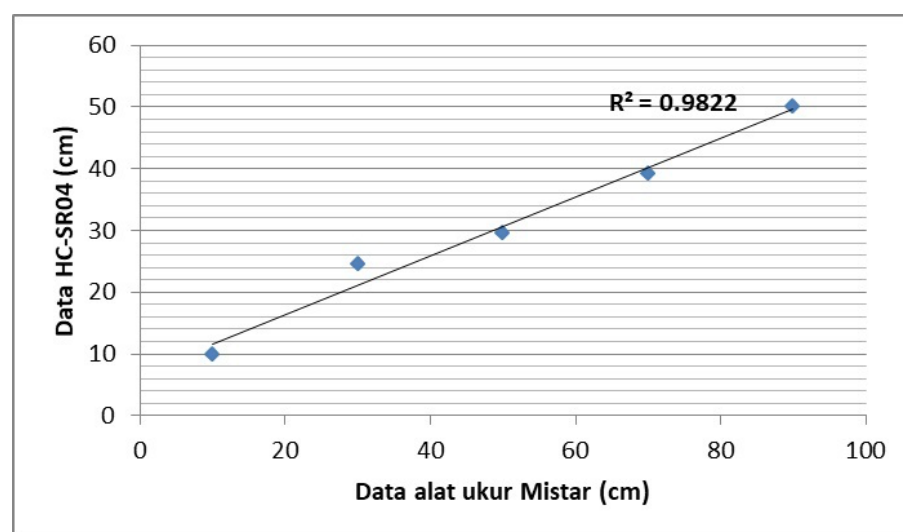
### 3.1 Kalibrasi Sensor HC-SR04

Pengukuran atau kalibrasi sensor jarak (HC-SR04) dilakukan sebanyak 10 kali dengan sampel 5 jarak yang berbeda-beda. Sampel jarak yang ditentukan oleh peneliti yaitu 10 cm, 25 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm. Hasil pengukuran jarak dari tahap kalibrasi diperoleh data jarak dari alat ukur mistar sebagai alat ukur pabrikan dan data alat ukur jarak dari alat rancangan peneliti yang menggunakan sensor jarak (HC-SR04). Data kalibrasi sensor jarak (HC-SR04) disajikan pada Tabel 1

**Tabel 1 Data kalibrasi sensor jarak HC-SR04**

No	Data Mistar (cm)	Data HC-SR04 (cm)	Nilai <i>Error</i> (%)
1	10	9,99	-0,10
2	25	24,51	-1,96
3	30	29,50	-1,67
4	40	39,25	-1,88
5	50	50,05	0,38

Data negatif (-) menunjukkan data tersebut berada dibawah garis normal. Hasil pengukuran jarak antara alat ukur pabrikan atau mistar dengan alat ukur rancangan peneliti ini di uji kelinierannya yaitu menggunakan uji statistika regresi. Hasil analisis regresi disajikan pada Gambar 3.



Gambar 1 Grafik kalibrasi sensor jarak HC-SR04

Data hasil pengukuran alat ukur pabrikan atau mistar dengan alat ukur sensor jarak HC-SR04 telah dilakukan dan diolah menggunakan software Microsoft Excel. Dari proses analisis regresi diperoleh nilai  $R^2$  sebesar 0,9822. Dari grafik linier yang didapatkan menunjukkan data normal, dimana data sampel tidak jauh dari garis linier. Garis linier terbentuk dari koordinat X dan Y. X merupakan variabel bebas dan Y ialah merupakan variabel terikat. Hal ini menunjukkan bahwa antara sensor jarak HC-SR04 yang diuji telah valid dan dapat digunakan sebagai alat ukur jarak.

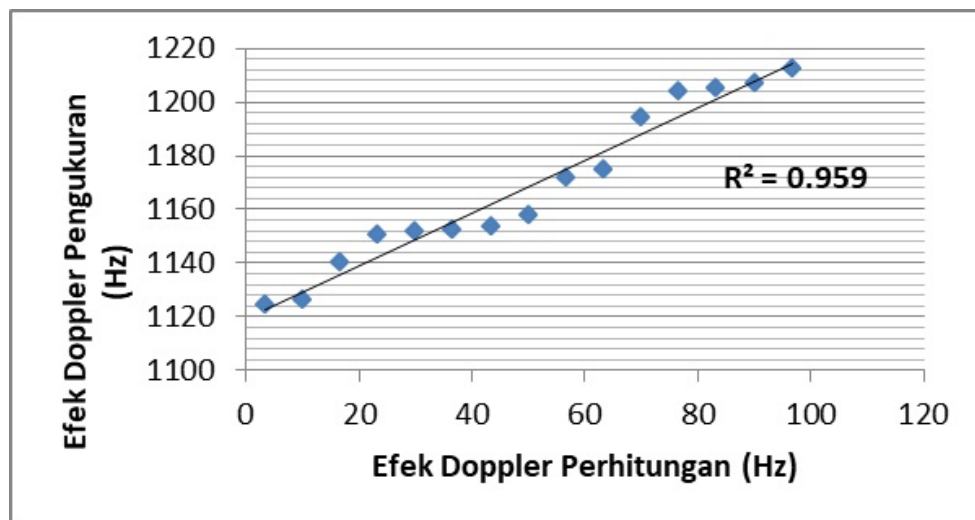
### 3.2 Kalibrasi Sensor Suara

Data kalibrasi sensor suara (FC-04) dengan alat ukur frekuensi digital sebagai alat ukur standar. Kalibrasi atau pengukuran frekuensi dari alat ukur standar yaitu alat ukur frekuensi digital dengan alat ukur hasil rancangan peneliti ini dengan sensor suara (FC-04) dilakukan sebanyak 7 kali dengan 5 sampel yang sudah ditentukan. Sampel yang dipilih oleh peneliti yaitu frekuensi sebesar 500 Hz, 750 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz dan frekuensi 3000 Hz. Sampel-sampel yang dipilih untuk kalibrasi frekuensi tersebut ingin mengetahui seberapa lebar jangkauan frekuensi yang dapat dideteksi oleh sensor suara (FC-04). Hasil pengukuran atau kalibrasi frekuensi antara sensor suara (FC-04) dan alat ukur frekuensi digital dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2 Data kalibrasi sensor suara (FC-04)**

Sumber bunyi (Hz)	Data <i>Audio frequency</i> (Hz)	Data Sensor FC-04 (Hz)	Nilai <i>Error</i> (%)
500	500,02	500,55	0,11
750	750,01	750,79	0,10
1000	999,99	1000,81	0,08
1500	1499,93	1502,21	0,15
3000	3000,02	3006,39	0,21

Untuk mengetahui seberapa besar kelinieran antara sensor suara(FC-04) dan alat ukur frekuensi digital dilakukan yaitu analisis statistika dengan regresi. Hasil analisis regresi sensor suara (FC-04) dan alat ukur frekuensi digital dapat di lihat pada Gambar 4.



Gambar 2 Grafik kalibrasi sensor suara FC-04

Sensor suara FC-04 mempunyai kelinieran dengan alat ukur frekuensi yang sudah terstandarisasi. Analisis regresi menghasilkan nilai  $R^2$  sebesar 0,8368. Hal ini dibuktikan dengan garis pada grafik linier yang terbentuk dari koordinat X dan Y tidak terlalu jauh dari garis linier. Jadi dapat diartikan bahwa sensor suara FC-04 yang diuji telah valid dan dapat digunakan sebagai alat ukur frekuensi.

### 3.3 Data Uji Coba Alat Peraga

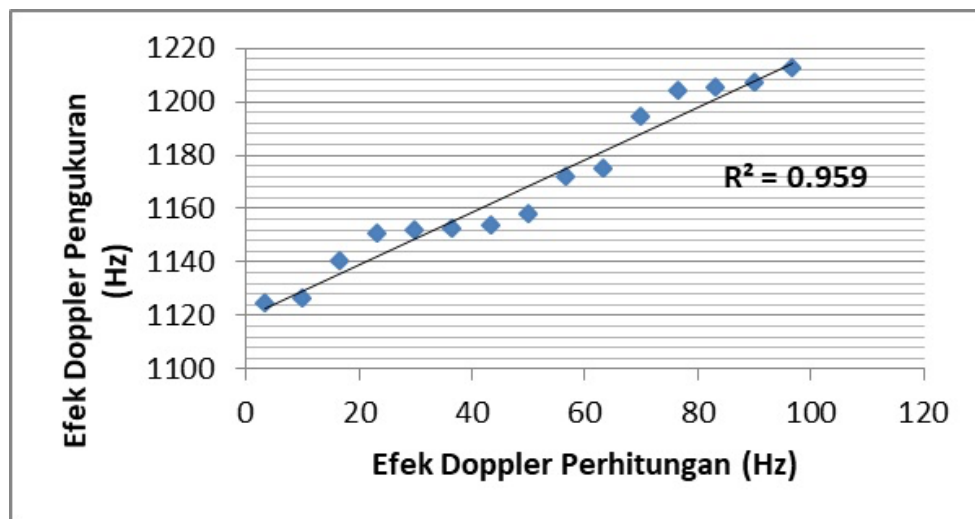
Pada tahap ini dilakukan uji coba menggunakan rancang bangun alat yang sudah terkalibrasi sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Tujuan penggunaan alat peraga fisika efek Doppler yaitu memvisualkan fenomena efek Doppler. Uji coba bersifat terbatas skala laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember. Pengambilan

data dilakukan secara berulang sebanyak 15 kali. Berikut hasil uji coba rancang bangun alat peraga fisika efek Doppler menggunakan sensor suara berbasis Arduino.

**Tabel 3 Hasil uji coba efek Doppler**

No.	Frekuensi Sumber (Hz)	Kecepatan Sumber (m/s)	Kecepatan Pengamat (m/s)	Efek Doppler Pengukuran (Hz)	Efek Doppler Perhitungan (Hz)	Error (%)
1.	1172,68	0,11	0	1204,09	1173,07	2,64
2.	1172,68	0,12	0	1205,00	1173,09	2,72
3.	1172,68	0,15	0	1212,30	1173,18	3,34
4.	1172,68	0,16	0	1171,90	1173,25	-0,11
5.	1172,68	0,14	0	1153,82	1173,17	-1,65
6.	1172,68	0,18	0	1194,39	1173,26	1,80
7.	1172,68	0,14	0	1126,21	1173,17	-4,00
8.	1172,68	0,16	0	1207,33	1173,24	2,90
9.	1172,68	0,14	0	1150,83	1173,17	-1,90
10.	1172,68	0,17	0	1124,62	1173,27	-4,15
11.	1172,68	0,20	0	1157,74	1173,37	-1,33
12.	1172,68	0,18	0	1151,99	1173,30	-1,81
13.	1172,68	0,19	0	1140,17	1173,34	-2,83
14.	1172,68	0,25	0	1152,57	1173,54	-1,79
15.	1172,68	0,21	0	1174,57	1173,41	0,10

Tabel 3 menunjukkan data efek Doppler pengukuran dan hasil data efek Doppler perhitungan mencapai *error* terendah -4,15 % dan *error* tertinggi 3,34 %. Selain itu juga dilakukan uji regresi linier sederhana dengan tujuan untuk mengetahui hubungan yang linier antara variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y). berikut hasil analisis uji regresi linier sederhana dan grafik data efek Doppler pengukuran dengan efek Doppler perhitungan menggunakan *software Microsoft Excel*.



Gambar 3 Grafik data efek doppler pengukuran dan efek doppler perhitungan

Pada Gambar 5, grafik normalitas yang terbentuk dari koordinat X dan Y. Data hasil pengukuran efek Doppler dengan data hasil perhitungan efek Doppler tidak jauh dari garis linier. Dari hasil analisis regresi linier sederhana juga didapatkan nilai  $R^2$  pada grafik ialah sebesar 0,959. Hal ini menunjukkan bahwa efek doppler melalui pengukuran dan efek Doppler dengan perhitungan memiliki hubungan yang sangat kuat.

### III. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang sudah dijelaskan maka dapat disimpulkan sebagai berikut: pembuatan rancang bangun alat peraga fisika efek Doppler menggunakan sensor suara dan mikrokontroler dibuat dengan desain penelitian Nieveen. Tahapan-tahapannya ialah preliminary

research, prototyping stage, dan assesment stage (summative evaluation). Rancang bangun ini berbasis mikrokontroler sebagai sistem kendali dan sensor suara untuk mendeteksi sumber bunyi dirakit menjadi alat peraga fisika efek Doppler. Karakteristik dari alat peraga fisika efek Doppler menggunakan sensor suara dan mikrokontroler adalah dapat memperlihatkan sebuah fenomena efek Doppler dalam layar monitor laptop/PC, dimana terjadi perubahan frekuensi apabila sumber dan pengamat saling bergerak relatif. Sensor suara yang digunakan dalam rancang bangun ini menggunakan sensor suara type FC-04, sensor suara dalam penelitian ini mampu mendeteksi bunyi dengan frekuensi 500 Hz sampai 3000 Hz. Hasil uji coba yang dilakukan diperoleh nilai error terendah -4,15 % dan nilai error tertinggi sebesar 3,34 %. Nilai eror didapat dengan membandingkan hasil yang diperoleh dari pengukuran efek Doppler menggunakan alat rancangan dan hasil perhitungan efek Doppler menggunakan rumus. Selain itu, didapatkan hasil analisis regresi linier sederhana dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,959.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, F., Indrasari, W. and Rustana, C. E. (2019), 'Pengembangan Alat Praktikum Pelayangan Bunyi Dan Efek Doppler Berbasis Modul Mikrofon Kondenser Dan Mikrokontroler', *Issn 2339-0654*, Vol. VIII, pp. SNF2019-PE-445–450.
- Haisy, M. C., Astra, I. M. and Handoko, E. (2015), "Pengembangan alat peraga resonansi dan efek Doppler berbasis soundcard pc/laptop untuk meningkatkan motivasi belajar fisika siswa sma", *Issn 2476-9398*, Vol. IV, pp. 87–92.
- Karimah, H. N. (2019) *Pengembangan Alat Peraga Doppler Effect of Sound Wave (DeoSW) untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Bunyi Mahasiswa*. Universitas Negeri Semarang.
- Musa, Lisa (2018) *Alat Peraga Matematika*. Makassar: Aksara Timur.
- Nieveen, N., McKenney, S. and Akker, J. V. (2006) *Educational Design Research*. London: Routledge Taylor and Francis Group.
- Sumiharsono, R. dan H. H. (2017) *Media Pembelajaran*. Jember: Pustaka Abadi.
- Susanto, H., Pramana, Rozeff, S. M. and Ujahidin, Muhammad, S. M. (2013) 'Perancangan Sistem Telemetry Wireless Untuk Mengukur Suhu Dan Kelembaban Berbasis Arduino Uno R3 Atmega328P Dan Xbee Pro', *Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji*, 4(1), p. 12.
- Trianto (2010) *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif Progresif*. Jakarta: Perenada Media Grup.