

Pengembangan Alat Peraga Praktikum Efek Doppler Menggunakan Sensor FC-04 Dan Arduino Uno Di SMA

A R Jannah^{1,2}, D Hamdani¹, dan R Medriati¹

¹Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Bengkulu, Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Kec. Muara Bangka Hulu, Sumatera, Bengkulu 38371, Indonesia

²E-mail: raudhatuladelia@gmail.com

Received: 24 November 2022. Accepted: 12 Desember 2022. Published: 30 April 2023

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan produk berupa alat peraga praktikum menggunakan sensor FC-04 dan Arduino uno pada materi efek Doppler di SMA, serta kelayakan alat peraga praktikum yang dikembangkan, dan untuk mengetahui persepsi siswa terhadap alat peraga praktikum yang dikembangkan. Penelitian ini merupakan jenis penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan model pengembangan yang digunakan yaitu model ADDIE, yaitu *Analysis* (Analisis), *Design* (Desain), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Implementasi), dan *Evaluation* (Evaluasi). Validasi alat peraga dilakukan oleh 3 ahli media dan 3 ahli materi. Untuk menilai produk yang dikembangkan dari aspek efisiensi alat, ketahanan alat, estetika, keakuratan, keamanan bagi siswa, aspek keterkaitan dengan materi pembelajaran, dan kandungan dalam nilai Pendidikan. Hasil uji validasi media dan materi mendapatkan hasil rata-rata masing-masing sebesar 92,36% dengan kategori sangat layak dan 79,17% dengan kategori layak. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa alat peraga praktikum efek Doppler menggunakan sensor FC-04 dan Arduino uno sudah layak. Sedangkan untuk hasil persepsi peserta didik mendapatkan hasil rata-rata 78,45% dengan kategori baik.

Kata kunci: Alat Peraga, Arduino Uno, Efek Doppler

Abstract. This study aims to produce products in the form of practicum props using FC-04 and Arduino uno sensors on Doppler effect materials in SMA. Knowing the feasibility of the practicum props developed, as well as to find out the student's perception of the practicum props developed. This research is a type of development research (*Research and Development*) with the development model used, namely the ADDIE model, namely *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, and *Evaluation*. Validation of props was carried out by 3 media experts and 3 material experts. To assess the products developed from the aspects of tool efficiency, tool durability, aesthetics, accuracy, safety for students, aspects of linkage to learning materials, and content in educational values. The results of the media and material validation tests obtained average results of 92.36% each with a very decent category and 79.17% with a decent category. Based on these results, it can be concluded that Doppler effect practicum props using FC-04 and Arduino uno sensors are feasible. As for the perception results, students get an average result of 78.45% with a good category.

Keywords: Props, Arduino Uno, Doppler Effect

1. Pendahuluan

Ilmu fisika merupakan mata pelajaran yang sulit dipahami siswa. Ilmu fisika adalah ilmu yang menjelaskan pengetahuan yang mendasari pergantian teknologi dan gagasan kehidupan yang selaras dengan alam. Memahami konsep fisika membutuhkan pemahaman [1]. Sehingga siswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik, menyajikan data yang menarik dan dapat dipercaya, mempermudah interpretasi data, dan memadatkan informasi melalui penggunaan media pembelajaran dalam proses pembelajaran. Dibandingkan dengan siswa yang hanya mendengar ceramah dari guru, siswa yang belajar menggunakan media pembelajaran cenderung lebih tertarik untuk belajar [2]. Salah

satu sarana media pembelajaran fisika adalah dengan menggunakan alat peraga, tujuan alat peraga fisika yaitu untuk memvisualisasikan sesuatu yang tidak dapat dilihat secara langsung, sehingga dapat menjelaskan suatu ide pokok, prinsip, dan fenomena atau hukum alam [3].

Alat peraga sebagai media pembelajaran fisika dapat meningkatkan minat dan motivasi siswa untuk belajar dan meningkatkan pengetahuannya secara keseluruhan [4]. Tujuan dari alat peraga fisika adalah untuk memungkinkan siswa memvisualisasikan hal-hal yang sulit atau tidak mungkin dilihat secara langsung, menjelaskan ide pokok, prinsip kerja, fenomena, atau hukum alam. Alat peraga merupakan media sederhana yang memiliki keunggulan dalam pembelajaran karena lebih menarik serta dapat menyajikan dan dapat memotivasi siswa untuk proses pembelajaran yang optimal [8] Materi gelombang merupakan suatu materi yang abstrak, yang hanya dapat diketahui dari beberapa referensi seperti buku atau pun internet [6].

Salah satu fenomena fisika yang sering dianggap abstrak adalah gelombang suara. Gelombang suara tidak dapat dilihat secara langsung oleh mata manusia melainkan hanya dapat didengar. Contoh fenomena yang paling sering ditemui dalam konsep gelombang suara salah satunya adalah fenomena efek Doppler. Siswa masih kesulitan untuk memahami efek Doppler yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari karena sulit untuk dikonseptualisasikan. Maka dari itu, perlu dikembangkan alat peraga untuk membantu siswa dalam memahami pengaruh masing-masing besaran terhadap fenomena efek Doppler sebagai media praktikum di sekolah [7]. Sesuai dengan penelitian hasil uji coba terhadap motivasi belajar dan pemahaman konsep siswa dengan menggunakan angket motivasi. Sehingga didapatkan kategori sedang dengan persentase cukup baik dalam aktivitas peningkatan motivasi belajar siswa. Selain itu didapatkan juga kategori sedang dengan persentase sangat baik dalam aktivitas peningkatan pemahaman konsep siswa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa alat peraga efektif dalam meningkatkan motivasi belajar siswa dan pemahaman konsep siswa [8].

Menurut [9] alat peraga yang dibuat dalam pembelajaran harus mengikuti perkembangan teknologi yang canggih saat ini agar terlihat lebih menarik dan efisien, karena kemajuan teknologi berkembang sangat pesat. Dari hasil analisis kebutuhan pada 91 orang siswa SMAN di 3 sekolah yang ada di Kota Bengkulu, materi efek Doppler masih sering diajarkan guru dengan menggunakan metode ceramah. Dan dari analisis kebutuhan, siswa setuju apabila alat peraga efek Doppler dibuat dan dikembangkan. Pada analisis kebutuhan siswa sangat antusias dalam proses pembelajaran efek Doppler dengan menggunakan alat peraga di sekolah, serta siswa setuju bahwa praktikum sangat baik dilakukan dalam pembelajaran di sekolah. Namun, siswa merasa sarana prasarana seperti alat peraga materi efek Doppler di sekolah masih minim. Sehingga siswa menginginkan adanya alat peraga untuk praktikum efek Doppler.

Adapun di laboratorium fisika, praktikum lebih banyak dilakukan dengan alat sederhana sehingga peristiwa efek Doppler tidak dapat di demonstrasikan dan dibuktikan secara konkret [10]. Berdasarkan permasalahan tersebut, sejalan dengan penelitian Rofiatu didapatkan alat peraga fisika efek Doppler yang dirakit dari hasil rancang bangun berbasis *mikrokontroler* sebagai sistem kendali dan sensor suara untuk mendeteksi sumber bunyi [16]. Namun pada penelitian ini alat peraga yang dibuat hanya mampu menunjukkan efek Doppler yang terjadi ketika pengamat dan sumber bergerak relatif. Selain itu, penelitian ini hanya pada uji coba terbatas. Berdasarkan penelitian tersebut dilakukanlah penelitian pengembangan alat peraga praktikum efek Doppler dengan menggunakan desain yang berbeda, yaitu menggunakan dua *kit car chassis* yang dilengkapi dengan komponen utama berupa motor driver, motor DC, *buzzer*, dan sensor suara.

Alat peraga yang dikembangkan berperan sebagai alat peraga praktikum yang dapat memperlihatkan fenomena efek Doppler secara mendalam. Selanjutnya alat peraga praktikum yang dikembangkan akan di uji validasi oleh para ahli untuk mengetahui apakah alat peraga praktikum yang dikembangkan layak untuk di uji coba kepada siswa. Setelah itu alat peraga praktikum tersebut akan di uji coba kan terhadap siswa SMAN di tiga sekolah di Kota Bengkulu. Sehingga dapat diketahui kelayakan dari pengembangan alat peraga praktikum pada materi efek Doppler menggunakan sensor FC-04 dan Arduino uno.

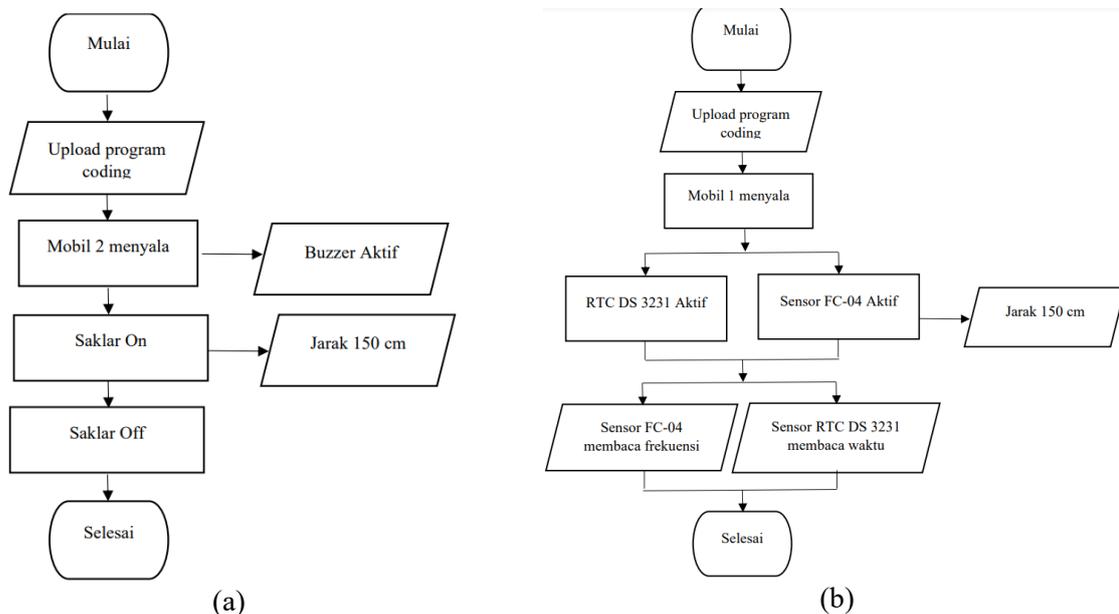
2. Metode

Metode penelitian dan pengembangan atau *Research and Development* adalah metode yang digunakan dalam penelitian ini. Metode yang digunakan dalam penelitian dan pengembangan atau *Research and*

Development adalah metode yang digunakan untuk membuat produk tertentu dan menguji seberapa baik kinerjanya produk tersebut. ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*) adalah model pengembangan yang digunakan [11]. Efek Doppler adalah fenomena di mana frekuensi gelombang yang diterima pengamat berbeda dengan frekuensi gelombang yang dipancarkan oleh sumber bunyi. Frekuensi sumber suara akan lebih tinggi saat bergerak menuju pendengar daripada saat diam. Selain itu, nada frekuensi akan lebih rendah jika sumbernya jauh dari pendengar. Hasil analisis penyebaran angket kebutuhan kepada 91 siswa dari tiga SMA di Kota Bengkulu merupakan tahap analisis penelitian dan pengembangan ini. Angket kebutuhan bertujuan untuk mengidentifikasi masalah di sekolah.

Perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) merupakan dua bagian dari tahap perancangan alat peraga praktikum efek Doppler. Diperlukan dua *kit car* untuk perangkat keras, setiap *kit car* memiliki fungsi yang berbeda. *Kit car* 1 berfungsi sebagai sumber suara dan *kit car* 2 berfungsi sebagai pengamat. Selain itu, perangkat Arduino IDE berfungsi sebagai perangkat lunak (*software*). Sketch adalah file yang dibuat oleh *software* yang berisi barisan kode. Software ini memiliki fitur yang dapat memudahkan pengguna untuk menggunakannya tanpa memerlukan pemahaman yang mendalam tentang bahasa pemrograman C [12].

Selanjutnya *upload* program yang telah dibuat dengan perintah *verify/upload*. Selanjutnya program yang telah di *verify/upload* akan dijalankan oleh *hardware* Arduino uno sebagai pengontrol alat peraga. Data yang dihasilkan oleh *software* Arduino akan ditampilkan pada serial monitor pada layar monitor. Jika Arduino dihubungkan ke port laptop melalui kabel USB yang berfungsi sebagai sumber tegangan 5V dan juga dihubungkan dengan alat peraga maka akan muncul data yang diperoleh dari serial monitor. Adapun prinsip kerja alat peraga praktikum efek Doppler terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart *kit car* 1 (a) dan *kit car* 2 (b).

Tahap pengembangan dilakukan proses desain berdasarkan tahap perancangan. Komponen alat pada *kit car* 1 yang terdiri dari Arduino uno, sensor FC-04, motor driver L293D, motor DC, baterai 18650, *switch on/off*, *breadboard*, kabel jumper dan *buzzer*. Sedangkan untuk *kit car* 2 terdiri dari Arduino uno, motor driver L293D, RTC DS 3231, motor DC, sensor FC-04, baterai 18650, *switch on/off*, *breadboard*, dan kabel jumper. Komponen tersebut nantinya dirangkai dan disusun berdasarkan masing-masing *kit car* menggunakan papan/*acrylic*. Adapun *kit car* 1 menggunakan papan, sedangkan *kit car* 2 menggunakan *acrylic*. Selanjutnya masing-masing *kit car* dipasang motor driver L293D yang telah di hubungkan dengan Arduino uno agar Arduino uno dapat mengontrol program dari motor driver tersebut.

Motor DC yang sudah terpasang dihubungkan ke motor driver L293D menggunakan kabel jumper. Motor DC di bagian kiri dihubungkan ke pin M1 dan M2 pada motor driver yang berfungsi untuk mengontrol arah putar motor bagian kiri, sedangkan motor DC di bagian kanan dihubungkan ke pin M3 dan M4 pada motor driver untuk mengontrol arah putar motor bagian kanan. Pin GND pada motor driver dihubungkan ke jalur negatif pada *breadboard* sedangkan pin 5V dihubungkan ke jalur positif. Pin GND dan VCC pada sensor FC-04 dihubungkan ke jalur negatif dan positif pada *breadboard*, untuk pin *out* pada sensor dihubungkan ke pin 8 pada motor driver. Terakhir, untuk RTC DS 3231 sama halnya pada pin GND dan VCC dihubungkan ke *breadboard*, sedangkan untuk pin SDA terhubung ke pin A4 dan pin SCL terhubung ke pin A5 pada motor *driver*.

Data hasil analisis berupa perubahan frekuensi suara yang dihasilkan oleh *buzzer*. Subjek penelitian yaitu siswa kelas XII SMAN 4, SMAN 6, dan SMAN 9 Kota Bengkulu. Instrumen penelitian yang digunakan adalah lembar angket analisis kebutuhan, lembar validasi ahli materi dan ahli media serta angket persepsi siswa. Untuk perhitungan skala *likert* angket kebutuhan, dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan skala *likert* [10].

Skor	Pernyataan
5	Sangat Setuju
4	Setuju
3	Kurang Setuju
2	Tidak Setuju
1	Sangat Tidak Setuju

Kemudian persentase jawaban setiap pernyataan dihitung menggunakan persamaan 1 [14].

$$\%X_{in} = \frac{\sum S}{S_{maks}} \times 100\% \quad (1)$$

dengan $\%X_{in}$ = Persentase skor yang diperoleh, $\sum S$ = Jumlah semua skor, dan S_{maks} = Skor maksimum. Kriteria penilaian angket ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Kriteria penilaian angket analisis kebutuhan [14].

Persentase (%)	Interpretasi
80 – 100	Sangat Setuju
60 – 80	Setuju
40 – 60	Kurang Setuju
20 – 40	Tidak Setuju
0 – 20	Sangat Tidak Setuju

Pengembangan alat peraga praktikum efek Doppler menggunakan sensor FC-04 dan Arduino uno dikatakan layak atau sangat layak jika memperoleh persentase $\geq 61\%$ dan $\geq 81\%$. Adapun kriteria uji kelayakan media dan materi alat peraga praktikum pada tabel 3 [14].

Berdasarkan skala *Likert*, persentase angket persepsi siswa juga dapat dibagi dalam kriteria interpretasi skor, seperti yang ditunjukkan pada tabel 4. Kriteria persentase persepsi alat peraga praktikum dapat dikatakan baik jika hasil alat peraga praktikum memperoleh persentase lebih besar dari 61%.

Tabel 3. Kriteria uji kelayakan media dan materi alat peraga praktikum.

Persentase (%)	Interpretasi
81 – 100	Sangat Layak
61 – 80	Layak
41 – 60	Cukup Layak
21 – 40	Kurang Layak
0 – 20	Tidak Layak

Tabel 4. Kriteria persentase persepsi siswa [13].

Persentase (%)	Interpretasi
80 – 100	Sangat Baik
60 – 80	Baik
40 – 60	Kurang Baik
20 – 40	Tidak Baik
0 – 20	Sangat Tidak Baik

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengembangan alat peraga praktikum efek Doppler menggunakan sensor FC-04 dan Arduino uno sebagai *mikrokontroler*. Tahapan-tahapan penelitian pengembangan alat peraga dijelaskan sebagai berikut. Lima tahap model pengembangan ADDIE Analisis (*Analysis*), Desain (*Design*), Pengembangan (*Development*), Implementasi (*Implementation*), dan Evaluasi (*Evaluation*) digunakan selama pembuatan alat peraga praktikum ini. Berikut uraian tahapan penelitian pengembangan alat peraga.

3.1. Analyze (*analisis*)

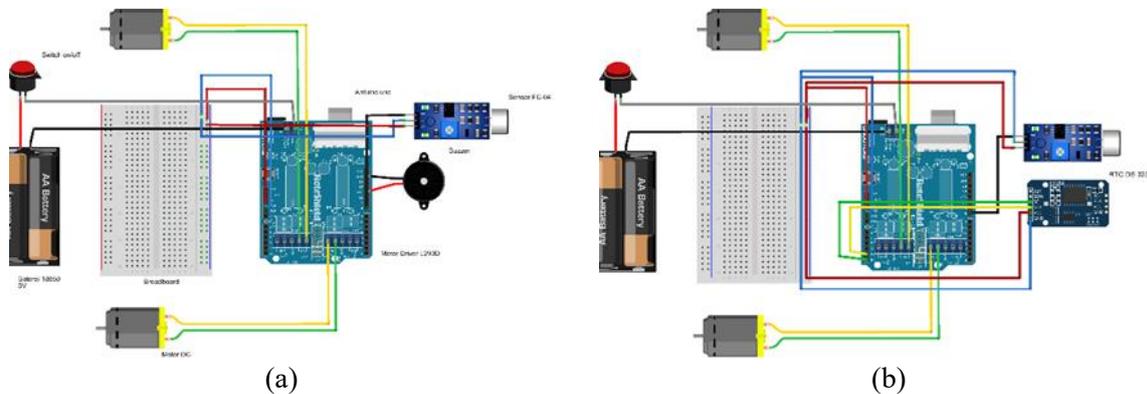
Penelitian pendahuluan yang dilakukan pada tahap analisis bertujuan untuk mengumpulkan data dan mengevaluasi masalah dan kebutuhan siswa di sekolah. Pada tahap analisis, siswa memberikan informasi yang akan digunakan untuk bahan mengembangkan alat peraga. Penyebaran angket kebutuhan berfungsi sebagai metode untuk mengumpulkan data ini [15]. Hasil yang diperoleh dari tahapan ini yaitu analisis kebutuhan terhadap 91 siswa dari 3 SMAN di Kota Bengkulu. Didapatkan bahwa 81,03% siswa sangat setuju bahwa alat peraga praktikum efek Doppler perlu dibuat dan dikembangkan. Sehingga berdasarkan analisis kebutuhan awal dari penelitian ini siswa membutuhkan alat peraga praktikum dalam memahami pembelajaran efek Doppler.

3.2. Design (*desain*)

Tahap *design* (desain) dilakukan dengan membuat rancangan. Langkah pertama dalam tahap ini adalah mengetahui alat dan bahan yang akan digunakan untuk membuat media pembelajaran dengan prinsip kerja efek Doppler. Pertimbangan ukuran, bentuk, biaya, dan waktu pemrosesan material. Sebelum pembuatan alat peraga dibuat terlebih dahulu skema atau gambar alat peraga [16]. Adapun hasil yang diperoleh dari tahapan desain adalah dikembangkan rancang alat peraga praktikum efek Doppler berupa draf awal media alat peraga. Adapun alat dan bahan yang digunakan yaitu Arduino uno yang berfungsi untuk mengontrol program pada semua komponen yang digunakan. Motor driver L293D berfungsi untuk mengontrol gerakan motor DC pada *kit car*, baterai 18650 berfungsi untuk mensuplai energi, *switch on/off* berfungsi untuk memutus atau menyalurkan aliran listrik.

Sensor FC-04 bekerja dengan mengubah besaran gelombang suara menjadi besaran listrik. Sensor FC-04 juga mampu mendeteksi intensitas suara di sekitarnya. Berdasarkan hasil kalibrasi terhadap

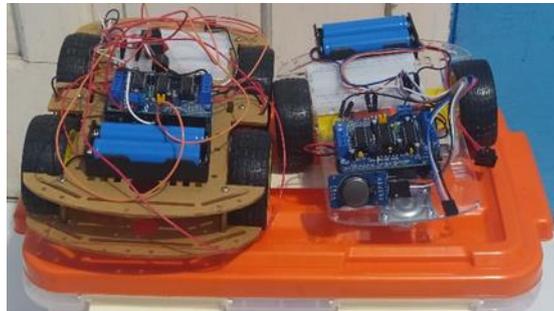
sensor FC-04 didapatkan bahwa sensor FC-04 mampu mendeteksi bunyi sampai dengan 3000 Hz [17]. Pada alat peraga ini RTC DS3231 berfungsi sebagai *timer digital* atau penghitung waktu. RTC DS3231 secara bersamaan akan menghitung waktu yang dihasilkan bersamaan dengan besar frekuensi yang terbaca oleh sensor FC-04. *Buzzer* berfungsi sebagai penghasil suara yang mempunyai prinsip mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Frekuensi yang dihasilkan oleh *buzzer* pada alat ini diatur output nya sebesar 1kHz, sehingga *buzzer* menghasilkan frekuensi bunyi yang banyak.



Gambar 2. Skema rangkaian *kit car 1* (a) dan *kit car 2* (b).

3.3. Develop (pengembangan)

Pada tahap *develop* (pengembangan), dilakukan proses pengembangan berdasarkan desain yang sudah dirancang pada tahap *design*. Kegiatan realisasi desain produk dalam hal ini alat peraga praktikum terjadi pada tahap pengembangan [18].



Gambar 3. Alat peraga efek Doppler menggunakan sensor FC-04 dan Arduino uno.

Karakteristik alat peraga yang dikembangkan menunjukkan fenomena efek Doppler melalui hasil pengamatan sensor FC-04. Pada tahap pengembangan ini menghasilkan serangkaian alat peraga, yang disebut “*Kit Car*”. Mur dan baut serta beberapa komponen individual kit disertakan. Idennya adalah menggabungkan semuanya dalam satu rangkaian, sehingga alat peraga dapat dengan mudah dirawat dan dibawa ke mana saja. Komponen demonstrasi efek Doppler yang dibuat dengan sensor FC-04 dan Arduino uno terdiri dari 2 buah *kit car* yang dimana setiap *kit car* mempunyai peran masing-masing yaitu sebagai pengamat dan sebagai sumber suara.

Kit car yang berperan sebagai pengamat memiliki komponen sensor FC-04 dan RTC DS 3231. Sedangkan mobil sebagai sumber suara memiliki komponen *buzzer*, dimana fungsi *buzzer* sebagai penghasil suara. Kerangka yang digunakan berbahan akrilik dan papan agar aman digunakan. Mur dan baut digunakan untuk memasang tumpuan penghubung yang menghubungkan penyangga ke rangka, sehingga memudahkan pemasangan alat. Saat jarak antar mobil diukur secara manual menggunakan penggaris atau alat ukur lainnya. Ketika sumber suara mendekat atau menjauh, maka sensor akan memulai mendeteksi besar frekuensi suara yang dihasilkan. Hasil yang terdeteksi oleh sensor akan

muncul di layar monitor. Alat ini menggunakan baterai sebesar 3500 mAH yang bernama baterai 18650 sebagai sumber dayanya. Hal ini karena menyesuaikan jumlah listrik yang digunakan.

Komponen utama alat ini adalah Arduino, namun peneliti hanya fokus merancang alat peraga untuk penelitiannya. Akibatnya, sistem Arduino tidak dibahas secara luas dalam penelitian ini. Sensor suara FC-04 dan RTC DS 3231 adalah salah satu yang digunakan alat ini. Dimana program Arduino akan mengirimkan data yang direkam oleh sensor agar dapat ditampilkan pada layar monitor. Fakta bahwa alat yang dirancang dapat memanfaatkan materi efek Doppler secara ekstensif dengan bantuan program Arduino uno adalah manfaat dari alat peraga ini. Alat ini juga memudahkan pengambilan data frekuensi secara otomatis dengan bantuan sensor FC-04 serta pengukuran waktu lebih akurat dengan bantuan RTC DS 3231.

Uji coba pengukuran dilakukan pada alat peraga efek Doppler setelah menjadi produk, guna mengumpulkan data yang dapat digunakan sebagai sumber informasi selama proses pembelajaran. Uji coba dilakukan di ruangan tertutup dan tidak ada sumber bunyi lainnya. Informasi yang diambil adalah sebagai korelasi dari informasi data pengukuran efek Doppler dan data perhitungan efek Doppler. Adapun rumus perhitungan efek Doppler sebagai berikut:

Sumber bunyi bergerak mendekat dan pengamat diam,

$$f_p = \frac{v}{v-v_s} f_s \quad (2)$$

Sumber bunyi bergerak menjauh dan pengamat diam,

$$f_p = \frac{v}{v+v_s} f_s \quad (3)$$

Sumber bunyi diam dan pengamat bergerak mendekat,

$$f_p = \frac{v+v_p}{v} f_s \quad (4)$$

Sumber bunyi diam dan pengamat bergerak menjauh,

$$f_p = \frac{v-v_p}{v} f_s \quad (5)$$

Dengan frekuensi sumber suara dibuat tetap, kecepatan divariasikan, sehingga menghasilkan eror terendah dan eror tertinggi, rumus perhitungan eror yaitu:

$$\text{Error} = \frac{[\text{Hasil pengukuran (Hz)} - \text{Hasil perhitungan (Hz)}]}{\text{Hasil perhitungan (Hz)}} \times 100\% \quad (6)$$

Tabel 4. Hasil uji coba efek Doppler pada sumber bunyi bergerak mendekat dan pengamat diam.

No	Frekuensi Sumber (Hz)	Kecepatan Sumber (m/s)	Kecepatan Pengamat (m/s)	Hasil Pengukuran (Hz)	Hasil Perhitungan (Hz)	Error (%)
1	50,18	0,25	0	96,30	50,22	91
2	50,18	0,37	0	84,00	50,24	67
3	50,18	0,37	0	93,35	50,24	85
4	50,18	0,37	0	109,8	50,24	118
5	50,18	0,50	0	94,21	50,25	87

Tabel 5. Hasil uji coba efek Doppler pada sumber bunyi bergerak menjauh dan pengamat diam.

No	Frekuensi Sumber (Hz)	Kecepatan Sumber (m/s)	Kecepatan Pengamat (m/s)	Hasil Pengukuran (Hz)	Hasil Perhitungan (Hz)	Eror (%)
1	50,18	0,25	0	46,35	50,14	-7,55
2	50,18	0,25	0	57,10	50,14	13,8
3	50,18	0,25	0	48,10	50,14	-4,06
4	50,18	0,50	0	66,92	50,11	33,5
5	50,18	0,50	0	72,07	50,11	43,8

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan pada sumber bunyi bergerak mendekat dan pengamat diam dapat dilihat pada Tabel 4. Disimpulkan bahwa data efek Doppler pengukuran dan perhitungan mencapai eror terendah 0,67% dan eror tertinggi 1,18%. Sedangkan pada sumber bunyi bergerak menjauh dan pengamat diam dapat dilihat pada tabel 5. Disimpulkan bahwa data efek Doppler pengukuran dan perhitungan mencapai eror terendah sebesar -0,04% dan eror tertinggi sebesar 0,43%.

Tabel 6. Hasil uji coba efek Doppler pada sumber bunyi diam dan pengamat bergerak mendekat.

No	Frekuensi Sumber (Hz)	Kecepatan Sumber (m/s)	Kecepatan Pengamat (m/s)	Hasil Pengukuran (Hz)	Hasil Perhitungan (Hz)	Eror (%)
1	50,18	0	0,21	110,7	50,21	120
2	50,18	0	0,25	68,47	50,22	36,3
3	50,18	0	0,25	87,64	50,22	74,5
4	50,18	0	0,25	110,2	50,22	119
5	50,18	0	0,50	109,1	50,25	117

Tabel 7. Hasil uji coba efek Doppler pada sumber bunyi diam dan pengamat bergerak menjauh.

No	Frekuensi Sumber (Hz)	Kecepatan Sumber (m/s)	Kecepatan Pengamat (m/s)	Hasil Pengukuran (Hz)	Hasil Perhitungan (Hz)	Eror (%)
1	50,18	0	0,25	26,01	50,14	-48,1
2	50,18	0	0,37	24,91	50,12	-50,2
3	50,18	0	0,50	27,80	50,11	-44,5
4	50,18	0	0,50	25,87	50,11	-48,3
5	50,18	0	0,75	22,10	50,06	-55,8

Pada tabel 6 berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan pada sumber bunyi diam dan pengamat bergerak mendekat. Disimpulkan bahwa data efek Doppler pengukuran dan perhitungan mencapai eror terendah 0,36% dan eror tertinggi 1,20%. Sedangkan pada sumber bunyi diam dan pengamat bergerak menjauh dapat dilihat pada tabel 7. Disimpulkan bahwa data efek Doppler pengukuran dan perhitungan mencapai eror terendah sebesar -0,44% dan eror tertinggi sebesar -0,55%.

Setelah melakukan uji coba perhitungan alat peraga. Selanjutnya melakukan analisis kelayakan alat peraga oleh validator ahli. Uji kelayakan media pada alat peraga praktikum efek Doppler meliputi aspek efisiensi alat, ketahanan, estetika, keakuratan, dan keamanan bagi siswa Hasil uji kelayakan oleh tiga orang validator ahli media ditampilkan pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil validasi media alat peraga efek Doppler.

Aspek	Persentase (%)	Keterangan
Efisiensi Alat	88,88	Sangat Layak
Ketahanan Alat	95,83	Sangat Layak
Estetika	95,83	Sangat Layak
Keakuratan Alat	89,58	Sangat Layak
Keamanan Bagi Siswa	92,00	Sangat Layak
Total	92,36	Sangat Layak

Uji kelayakan materi dilakukan oleh tiga validator ahli materi. Uji kelayakan materi meliputi aspek keterkaitan dengan materi pembelajaran, dan kandungan dalam nilai pendidikan. Hasil uji kelayakan oleh validator ahli materi ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil validasi materi.

Aspek	Persentase (%)	Keterangan
Keterkaitan Dengan Materi Pembelajaran	83,33	Sangat Layak
Kandungan Dalam nilai Pendidikan	75,00	Layak
Total	79,17	Layak

Berdasarkan hasil rata-rata uji validasi oleh ahli yaitu ahli media 92,36% yang berada pada kategori sangat layak dan ahli materi 79,17% yang berada pada kategori layak. Mengacu pada interpretasi skala *likert* pada tabel 3. Sehingga penilaian akhir dari setiap validator adalah alat peraga praktikum efek menggunakan sensor FC-04 dan Arduino uno yang sudah dikembangkan sudah layak diujicobakan.

3.4. *Implementation (implementasi)*

Setelah melakukan validasi media dan materi pada alat peraga praktikum efek Doppler. Selanjutnya dilakukan uji coba di tiga SMA di Kota Bengkulu. Tujuan dari uji coba untuk mengetahui kinerja alat peraga, selain itu untuk mengetahui kualitas alat peraga dan motivasi belajar peserta didik dengan adanya alat peraga praktikum efek Doppler. Proses ini dilakukan pada peserta didik kelas XII. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Hasil analisis persepsi siswa.

Aspek	Persentase (%)	Kategori
Motivasi belajar	78,45	Baik
Kinerja	78,31	Baik
Kualitas	78,49	Baik
Rata-rata	78,43	Baik

Berdasarkan hasil dari persepsi siswa diperoleh persentase rata-rata sebesar 78,43%. Berdasarkan tabel 4 kriteria persentase persepsi siswa dapat dikategorikan dari berbagai aspek bahwa alat peraga praktikum efek Doppler menggunakan sensor FC-04 dan Arduino uno baik untuk digunakan

3.5. *Evaluate (Evaluasi)*

Pada tahap ini alat peraga praktikum efek Doppler akan dievaluasi kelebihan maupun kekurangan baik secara konteks maupun konstruksi. Dengan tujuan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan alat

peraga praktikum efek Doppler ini [19]. Berdasarkan kritik dan saran, serta perbaikan yang diperoleh dari angket validasi dan persepsi siswa terhadap alat peraga praktikum yang dikembangkan dimana waktu ketelitian yang dihasilkan oleh alat peraga praktikum masih per detik atau belum bisa memunculkan sampai ketelitian minimal satu desimal. Alat peraga praktikum belum dapat menjelaskan semua kejadian pada konsep efek Doppler, dimana alat peraga hanya dapat menjelaskan konsep efek Doppler pada sumber suara bergerak menjauhi dan mendekati pengamat, serta pengamat bergerak menjauhi dan mendekati sumber suara. Sehingga sebaiknya semua kondisi pada efek Doppler dapat terpenuhi.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan produk berupa alat peraga praktikum efek Doppler menggunakan sensor FC-04 dan Arduino uno. Serta mendapatkan hasil persentase rata-rata validasi oleh para ahli sebesar 92,36% dengan kategori sangat layak dan 79,17 dengan kategori layak. Setelah itu alat peraga praktikum efek Doppler dapat diujicobakan. Sehingga didapatkan hasil persentase sebesar 78,45% dengan kategori baik dari hasil uji persepsi terhadap siswa SMAN di 3 sekolah di Kota Bengkulu

Ucapan Terima Kasih

Dengan segala hormat dan kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu, membimbing, memberi dukungan dan saran atas terlaksananya karya ini. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi semua

Daftar Pustaka

- [1] Kause M C dan Boimau I 2019 Rancang Bangun Alat Peraga Fisika Berbasis Arduino (Studi Kasus Gerak Jatuh Bebas) *Cyclotr. J. Tek. Elektro* **2**(1) 13–19
- [2] Zulfikar Z, Rustana C E dan Indrasari W 2020 Pengembangan Alat Pengukur Cepat Rambat Bunyi Menggunakan Sensor Ultrasonik Sebagai Media Pembelajaran Fisika SMA *Pros. Semin. Nas. Fis.* **9**(SNF2020PF-33) 33–38
- [3] Maryam E dan Fahrudin A 2020 Pengembangan Sound Card Laptop Sebagai Alat Praktikum Fisika Untuk Penentuan Percepatan Gravitasi Bumi *Silampari J. Pendidik. Ilmu Fis.* **2**(1) 29–40
- [4] Muchlis F, Sulisworo D, dan Toifur M 2018 Pengembangan Alat Peraga Fisika Berbasis Internet of Things untuk Praktikum Hukum Newton II *J. Pendidik. Fis.* **6**(1) 13–20
- [5] Verawati Y, Hamdani D, dan Setiawan I 2022 Pengembangan Alat Peraga pada Materi Energi dengan Menggunakan Solar Cell , Sensor Ultrasonik dan Light Dependent Resistor Berbasis Arduino Uno *Amplitudo J. Ilmu Pembelajaran Fis.* **1**(2) 166–173
- [6] Octaviani L A, Prastowo S H B, dan Anggraeni F K A 2021 Desain Rancang Bangun Trainer Kit untuk Menentukan Pengaruh Jenis Bahan Tali Terhadap Cepat Rambat Gelombang *JIPFRI (Jurnal Inov. Pendidik. Fis. dan Ris. Ilmiah)* **5**(1) 33–42
- [7] Widaningrum D dan Khoerika R 2021 Design of Learning Media for Audacity-Assisted Doppler Effect Practicum Tools *J. Ilmu dan Inov. Fis.* **5**(1) 13–18
- [8] Aminulloh A.M 2018 Keefektifan Alat Peraga Bunyi Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar dan Pemahaman Konsep Siswa *e-jurnal pensa* **6**(02) 134–140
- [9] Karimah H N, Subali B, Ellianawati E, Handayani L, dan Natalia S E 2019 Pengembangan Alat Peraga Efek Doppler *Pros. Semin. Nas. 5th Lontar Phys. Forum 2019.* **8**(4) 47-53
- [10] Arifin F, Indrasari W, dan Rustana C E 2019 Pengembangan Alat Praktikum Pelayangan Bunyi dan Efek Doppler Berbasis Modul Mikrofon Kondenser dan Mikrokontroler *Pros. Semin. Nas. Fis. SNF2015* **8** SNF2019-PE 445–450
- [11] Sugiyono 2017 *Metode Penelitian dan Pengembangan* (Bandung: Alfabeta)
- [12] Habibi N dan Sucahyo I 2015 Perancangan Alat Ukur Kecepatan Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Prinsip Efek Doppler *J. Inov. Fis. Indones.* **4**(03) 48–54
- [13] Setyowati A dan Subali B 2011 Implementasi Pendekatan Konflik Kognitif Dalam Pembelajaran Fisika Untuk Menumbuhkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Smp Kelas Viii *J. Pendidik.*

- Fis. Indones.* **7**(2) 89–96
- [14] Erlina R, Risdianto E, Hamdani D, Fathurrochman I, Efendi R, dan Pranansa A G 2022 An Analysis of Needs Response to the Development of E-Module Material Elasticity and Hooke Law at Lebong Regency High School *JMKSP (Jurnal Manajemen, Kepemimpinan, dan Supervisi Pendidikan)* **7**(1) 163–187
- [15] Milinia G, Trisna S, dan Yanti L R 2022 Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Mobile Learning Berbasis Android di Kelas XI IPA SMAN 7 Padang *J. Pendidik. Fis.* **10**(2) 271–286
- [16] Haisy M C, Astra I M, dan Handoko E 2015 Pengembangan Alat Peraga Resonansi dan Efek Doppler Berbasis Soundcard Pc/Laptop Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Fisika Siswa SMA *Prosiding Semin. Nas. Fis.* **4**(SNF2015-2) 87–92
- [17] Aprilia R D, Harijanto A, dan Subiki S 2022 Rancang Bangun Alat Peraga Fisika Efek Doppler Menggunakan Modul Sensor Suara dan Arduino *J. Fis. Unand* **11**(2) 139–145
- [18] Cahyadi R A H 2019 Pengembangan Bahan Ajar Berbasis ADDIE Model *Halaqa Islam. Educ. J.* **3**(1) 35–43
- [19] Saputro V C E 2019 Pengembangan Alat Peraga Mesin Carnot Sebagai Media Pembelajaran Dengan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing *Inov. Pendidik. Fis.* **8**(2) 716–721