



Pengembangan smart box berbasis digital dengan memanfaatkan arduino uno sebagai sumber belajar fisika

Teguh santoso¹, Riswanto^{1*}, Nyoto suseno¹, Moh. Irma Sukarelawan²

¹ Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Metro, Indonesia

² Magister Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

Email: rumbiariswan@gmail.com*

* Penulis korespondensi

Informasi artikel

Sejarah artikel:
 Dikirim 09/01/22
 Revisi 18/07/22
 Diterima 19/07/22

Kata kunci:

Arduino Uno
 Kotak pintar
 Sumber Belajar Fisika

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk dan peningkatan kebutuhan konsumsi hidup masyarakat berdampak terhadap tingginya produksi sampah. Kebiasaan masyarakat yang membuang sampah sembarangan dapat berakibat buruk terhadap kesehatan dan lingkungan. Solusi yang dapat diberikan untuk dapat mengatasi masalah ini yaitu dengan memberikan tindakan kuratif dan tindakan preventif. Kotak sampah, kerap menjadi salah satu alasan untuk membuang sampah pada tempatnya. Maka dibutuhkan kotak sampah yang dapat mempermudah dalam membuang sampah. Oleh karena itu, dikembangkan kotak sampah pintar atau *smart box* berbasis digital dengan memanfaatkan mikrokontroler *Arduino uno*. *Smart box* dikembangkan menggunakan sensor HC-SR04. Kotak sampah didesain dengan prinsip kerja kotak sampah dapat terbuka dan menutup secara otomatis ketika seseorang membuang sampah. Selain itu, tujuan pengembangan kotak sampah ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber belajar fisika dalam penerapan sensor ultrasonik. Penelitian ini menggunakan metode pengembangan model ADDIE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *smart box* berbasis digital dinyatakan sangat layak dengan persentase kelayakan 89%. Sedangkan dari sisi hasil pemanfaatan sebagai sumber belajar fisika, respon pengguna dari guru dan siswa memiliki persentase sebesar 89% dengan kriteria sangat baik.

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



Keywords:

Arduino Uno
 Smart box
 Physics Learning Resources

ABSTRACT

Development of a digital-based smart box by utilizing Arduino Uno as a physics learning resource. Population growth and increasing consumption needs of people's lives impact high waste production. People's habit of littering can have a negative impact on health and the environment. The solution that can be given to overcome this problem is to provide curative and preventive measures. Trash boxes are often one of the reasons to throw trash in its place. So we need a trash box that can make garbage disposal easier. Therefore, a digital-based smart box or smart box was developed by utilizing the Arduino Uno microcontroller. The smart box was developed using the HC-SR04 sensor. The trash box is designed with the working principle that the trash box can open and close automatically when someone throws out the trash. In addition, the purpose of developing this garbage box can be used as a source of learning physics in the application of ultrasonic sensors. This study uses the ADDIE model development method. The results showed that the digital-based smart box was declared very feasible, with a feasibility percentage of 89%. Meanwhile, regarding the results of utilization as a source of learning physics, user responses from teachers and students have a percentage of 89% with very good criteria.

How to Cite:

Santoso, T., Riswanto, Suseno, N., & Sukarelawan, M. I. (2022). Pengembangan smart box berbasis digital dengan memanfaatkan arduino uno sebagai sumber belajar fisika. *Berkala Fisika Indonesia: Jurnal Ilmiah Fisika, Pembelajaran Dan Aplikasinya*, 13(2), 72–82. <https://doi.org/10.12928/bfi-jifpa.v13i2.22809>

Pendahuluan

Pertumbuhan jumlah penduduk dan peningkatan ragam aktivitas masyarakat tentunya berdampak terhadap peningkatan kebutuhan konsumsi atau kebutuhan hidup manusia. Hal ini berakibat pula pada tingginya produksi sampah yang dihasilkan oleh manusia (Hamdani et al., 2022; Wahyudi, 2019). Sampah menjadi masalah global yang dihadapi dunia, termasuk di Indonesia (Perkins et al., 2014; Yang et al., 2021). Hal ini terjadi karena masih rendahnya kesadaran masyarakat dalam pengelolaan sampah (Cerya & Evanita, 2021). Seiring dengan peningkatan jumlah sampah tersebut maka perlu diimbangi dengan peningkatan ketersediaan sarana dan prasarana dalam pengelolaan sampah. Permasalahan pengelolaan sampah pada umumnya sering terjadi di kota-kota besar dengan tingkat kepadatan pendudukan yang tinggi (Nurdiansah et al., 2020). Oleh karena itu, penanganan masalah sampah dapat diprioritaskan pada daerah perkotaan.

Permasalahan sampah yang sering kita hadapi antara lain, timbunan sampah (Prajati & Pesurnay, 2019), masyarakat yang masih membuang sampah sembarangan di sungai atau saluran air dan lain-lain (Sabri & Nasfi, 2020). Adanya perilaku negatif yang dilakukan masyarakat menyebabkan lingkungan menjadi kotor dan bisa menyumbat saluran air yang dapat mengakibatkan banjir serta dapat menyebabkan timbulnya berbagai jenis penyakit (Ningrum, 2021).

Kondisi saat ini, tampak bahwa kesadaran masyarakat mengenai sampah masih rendah. Hal ini tampak dari praktik masyarakat yang cenderung membuang sampah sembarangan (Marpaung et al., 2022). Pengetahuan mengenai pengelolaan sampah, termasuk membuang sampah pada tempatnya harus ditanamkan sejak dini. Kesadaran untuk membuang sampah merupakan karakter yang membutuhkan pembiasaan agar dapat tertanam dalam diri masyarakat. Pengelolaan sampah yang baik dan tepat, dapat membuat kita merasakan nikmatnya lingkungan yang lebih bersih, nyaman dan sehat.

Budaya di masyarakat, kebiasaan membuang sampah sembarangan, dapat berakibat buruk terhadap kesehatan dan lingkungan (Yulia, 2021). Sampah yang menumpuk dan membusuk akan memicu berkembangnya bakteri dan menimbulkan bau tidak sedap sehingga berdampak terhadap polusi udara. Tumpukan sampah juga membuat lingkungan menjadi tampak tidak nyaman karena memberikan kesan lingkungan yang berantakan dan kotor. Solusi yang dapat diberikan untuk dapat mengatasi masalah ini yaitu dengan memberikan tindakan kuratif dan tindakan preventif (Aziz et al., 2021; Farsida & Zulyanda, 2019). Tindakan kuratif yaitu giat melakukan pendampingan bagi masyarakat dalam mengelola sampah rumah tangga (Ismail et al., 2020; Mardhia & Wartiningih, 2018). Tindakan preventif yang dapat dilakukan yaitu dengan mengelola sampah menjadi produk yang lebih bermanfaat (Jung et al., 2022; Kaur et al., 2021; Singh et al., 2022).

Kotak sampah seringkali menjadi salah satu alasan untuk membuang sampah pada tempatnya. Kotak sampah yang terbuka akan menimbulkan aroma yang kurang sedap bagi orang yang akan membuang sampah. Terlebih lagi jika kotak sampah dalam keadaan kotor, sehingga akan membuat

pembuang sampah menjadi malas untuk membuang sampah. Maka dibutuhkan kotak sampah yang dapat mempermudah dalam membuang sampah.

Era revolusi industri 4.0 memberikan dampak signifikan terhadap perkembangan teknologi digital yang mencakup bidang elektronika, bidang telekomunikasi dan bidang industri. Perkembangan transmisi data berbasis jaringan (IoT) banyak dibuat dengan memanfaatkan sistem mikrokontroler *Arduino Uno* sebagai pengoperasi berbagai jenis sensor, seperti sensor ultrasonik, sensor gerak dan sebagainya (Banerjee et al., 2021; Lay et al., 2022; Mankotia & Shukla, 2022; Vastava et al., 2021). Hal ini jika diaplikasikan ke kotak sampah, penutup kotak sampah dapat membuka dan menutup secara otomatis. Maka kotak sampah akan bertambah *value*-nya, sehingga minat untuk membuang sampah pada tempatnya akan semakin tinggi.

Arduino Uno merupakan sebuah sistem rangkaian elektronika yang dikembangkan dari sistem mikrokontroler berbasis ATmega328 (Sharma et al., 2021). Sistem mikrokontroler *Arduino* terdiri dari 14 kaki digital *input* atau *output*, memiliki 6 kaki digital diantaranya dapat digunakan sebagai PWM (*Pulse width modulation*). Sinyal P ini memiliki fungsi dalam mengatur kecepatan perputaran motor. *Arduino Uno* dengan 6 kaki input, kristal osilator memiliki kecepatan jam 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah konektor listrik, sebuah kaki *header* dari ICSP, dan sebuah tombol reset yang berfungsi untuk mengulang program (Magdalena et al., 2015).

Sensor HC-SR04 merupakan jenis sensor ultrasonik yang memiliki fungsi untuk mengukur jarak antara penghalang dan sensor (Gabriel, 2020). Sensor ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi jarak tanpa sentuhan dengan akurasi yang tinggi dan pembacaan yang stabil. Jika sensor HC-SR04 dan *Arduino Uno* diaplikasikan dalam kotak sampah (*Smart box*), maka kedua alat tersebut dapat membuka dan menutup kotak sampah secara otomatis, serta dapat dijadikan sumber belajar yang dibutuhkan siswa maupun mahasiswa dan sesuai dengan kompetensi inti dan kompetensi dasar.

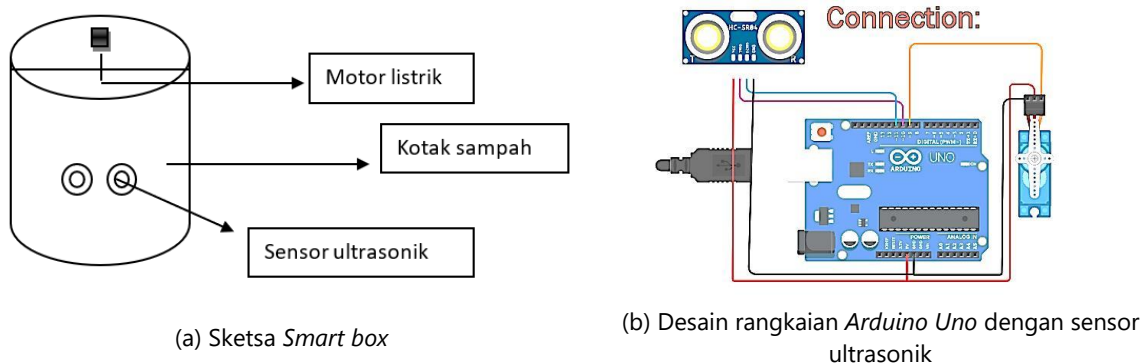
Kelebihan *Smart box* yang dikembangkan yaitu antara lain, *Smart box* dilengkapi dengan *arduino uno* dan sensor ultrasonic. Ketika terdapat objek yang akan medekati *Smart box*, maka penutup kotak sampah akan terbuka secara otomatis dan akan menutup secara otomatis ketika objek tersebut menjauhi kotak sampah. Pengoperasian *smart box* menggunakan perangkat elektronika *Arduino Uno* serta menggunakan sensor ultrasonik. Kelebihan lain dari *Smart box* adalah dapat digunakan sebagai sumber belajar pendukung yang dapat mempermudah peserta didik dalam memahami kompetensi. Sesuai dengan KI dan KD level pendidikan SMK pada materi dasar-dasar sensor.

Beberapa penelitian pengembangan telah dilakukan menggunakan mikrokontroler *arduino uno*. Misalnya, Alam dan Maulana (2020) mengembangkan purwarupa sistem pengereman otomatis mobil dengan menggunakan mikrokontroller *arduino uno* yang dihubungkan dengan sensor ultrasonik HC-SR04 dan motor driver L298. Junaldy et al. (2019) menggunakan *arduino uno* untuk mengembangkan alat pemantau arus dan tegangan pada system panel surya. Ilamsyah et al. (2017) mengembangkan

robot yang dapat mencari benda berdasarkan perintah suara menggunakan *arduino uno*. Missa et al. (2018) menggunakan sensor ultrasonic HC-SR04 dan *arduino uno* untuk membuat alat pendeteksi pasang surut air laut. Yuliza dan Kholifah (2015) mengembangkan robot pembersih lantai menggunakan *arduino uno* yang dikombinasikan dengan sensor ultrasonik. Namun, ada keterbatasan literatur yang melaporkan penggunaan *Arduino uno* sebagai mikrokontroler yang dikombinasikan dengan sensor ultrasonik pada pembuatan kotak sampah pintar (*smart box*). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan kotak sampah pintar (*smart box*) menggunakan *arduino uno* yang dikombinasikan dengan sensor ultrasonik sebagai sumber belajar fisika.

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan. Penelitian ini menggunakan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation dan Evaluation*) (Yu et al., 2021). Tahap *Analysis*. Tahap analisis dilakukan dengan mengobservasi sistem pengelolaan sampah yang sudah dilakukan di kota Metro. Tahap *Design* alat (*Design*) yaitu menjadi titik acuan agar mendapatkan format kerangka dari alat *Smart box* yang akan dikembangkan. Berikut Ide yang dipikirkan peneliti mengenai produk yang akan dikembangkan. Gambar 1 (a) adalah sketsa atau desain *Smart box*, dan Gambar 1(b) adalah desain rangkaian *Arduino Uno*. Tahap *Pengembangan (Development)*. Tahap realisasi rancangan yang dikembangkan menjadi sebuah produk yang lebih baik. Tahap ini disebut dengan tahapan produksi. Berdasarkan desain yang telah dirancang, maka pada tahap ini dibuat alat *smart box* berbasis *Arduino Uno*. Tahap *Implementasi (Implementation)*. Setelah tahap *Development* selesai, maka dilanjutkan dengan tahap implementasi. Pada tahap ini produk *smart box* yang telah direvisi diujicobakan di lapangan untuk melihat respon pengguna atau masyarakat yang akan membuang sampah terhadap alat yang sudah dikembangkan. Tahap *Evaluasi (Evaluation)*. Instrumen pengumpulan data digunakan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Alat yang digunakan untuk mengumpulkan data pada penelitian ini berupa angket dan lembar validasi.



Gambar 1. Desain *Smart box* dan rangkaian *Arduino Uno*

Hasil pengujian kelayakan dianalisis menggunakan teknik persentase (Kameliyah et al., 2022). Penelitian ini dikatakan berhasil jika hasil validasi ahli dan respon pengguna alat berada pada kriteria cukup layak ataupun cukup baik. Apabila kriteria yang didapatkan masih cukup layak atau cukup baik, maka alat yang dikembangkan tetap bisa digunakan tetapi masih perlu diperbaiki. Kriteria kelayakan berdasarkan ahli dan pengguna mengikuti Tabel 1.

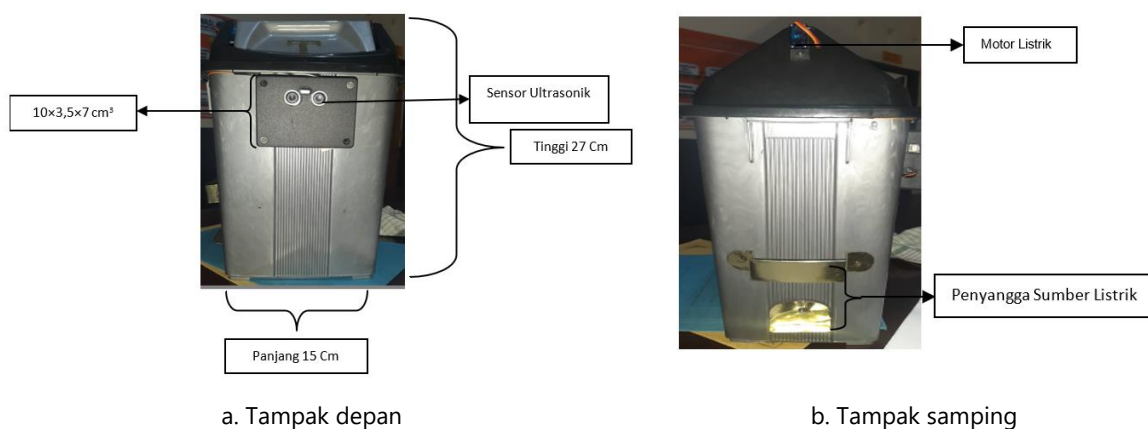
Tabel 1. Range persentase dan kriteria kualitas alat Smart box

No	Interval rata-rata penilaian ahli (%)	Kriteria untuk ahli	Kriteria untuk pengguna
1	$80 \leq \text{skor} < 100$	Sangat layak	Sangat baik
2	$60 \leq \text{skor} < 80$	Layak	Baik
3	$40 \leq \text{skor} < 60$	Cukup layak	Cukup baik
4	$20 \leq \text{skor} < 40$	Kurang layak	Kurang baik
5	$00 \leq \text{skor} < 20$	Sangat kurang layak	Sangat kurang baik

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan produk berupa *smart box* dan *manual book*. Beberapa fasilitas *Smart box* adalah sensor ultrasonic HC-SR04N sebagai pendeteksi objek sesuai dengan jarak yang sudah diatur dalam sistem *arduino uno*. *Power bank* digunakan untuk penyimpanan daya *Smart box* sehingga dapat digunakan secara *portable*.

Alat *Smart box* (kotak sampah) berbentuk persegi panjang dengan dimensi panjang $\times$ lebar $\times$ tinggi adalah $22 \times 37 \times 15 \text{ cm}^3$. Kotak sampah bagian depan diletakkan kotak berukuran $10 \times 3,5 \times 7 \text{ cm}^3$ sebagai wadah untuk komponen alat. Bagian kiri kotak sampah terdapat besi penyangga yang digunakan untuk meletakkan sumber listrik yang dibutuhkan komponen alat. Kerangka alat *Smart box* ditunjukkan dalam Gambar 2.



Alat dan bahan yang digunakan dalam membuat alat terdiri dari kotak sampah plastik untuk kerangka *Smart box*, box hitam sebagai pelindung *arduino uno* dan komponen lainnya, motor servo sebagai engsel penggerak *Smart box*. Selain itu penyangga *power bank* menggunakan bahan alumunium yang dibaut pada kotak sampah. Kemudian setelah dirangkai *Smart box* akan diberikan perintah (*coding*) pada *software arduino uno* seperti Tabel 2. Komponen-komponen ini adalah alat dan

bahan yang di pasang pada kotak sampah agar alat dapat berfungsi dengan baik. Alat yang dikembangkan akan menghasilkan tutup kotak sampah akan membuka dan menutup secara otomatis selama 3 detik. Rangkaian terdiri dari beberapa bagian diantaranya yaitu: (1) Sensor Ultrasonik sebagai pendeteksi Objek, (2) *Arduino Uno* sebagai prosesor signal dari sensor dan akan memberikan output berupa informasi objek ke motor listrik untuk bergerak Motor listrik berfungsi sebagai penggerak otomatis tutup kotak sampah.

Tabel 2. Coding perintah yang akan di upload ke *arduino uno*

```
#include <Servo.h>
Servo servoMain; // Koding Servo
int trigpin = 10; // masukan trigpin berada di Pin 10
int echopin = 11; // masukan echopin berada di pin 11
int distance; // koding jarak
float duration; // lama durasi
float cm; // jarak durasi

void setup()
{
  servoMain.attach(9); // motor servo hidup dari pin 10 ke pin 9
  pinMode(trigpin, OUTPUT);
  pinMode(echopin, INPUT);
}

void loop() // koding untuk mengulang kembali perintah awal
{
  digitalWrite(trigpin, LOW);
  delay(2);
  digitalWrite(trigpin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigpin, LOW);
  duration = pulseIn(echopin, HIGH);
  cm = (duration/58.82);
  distance = cm;

  if(distance<50) // Jarak sensor yang ditentukan
  {
    servoMain.write(115); // Menghidupkan servo untuk kembali keposisi awal dengan waktu delay 3
detik .
    delay(3000);
  }
  else{
    servoMain.write(0);
    delay(50);
  }
}
```

Pengembangan *Smart box* yang dilakukan yaitu melakukan modifikasi sistem sensor yang terletak pada objek yang dipilih yaitu kotak sampah dengan tipe sensor HC-SR04N. Kotak sampah akan diintegrasikan dengan *arduino* dan sensor ultrasonik. Sedangkan objek pengembangan yang sudah dilakukan oleh mereka yaitu robot dan pengendali suara. Fotodiode yang dirangkai secara *reverse* (tegangan bias mundur). Apabila sensor mendeteksi objek, maka output dari sensor akan naik dari 0 volt dan mencapai 5 volt. Ketika sensor sudah tidak mendeteksi objek maka output dari sensor akan turun 1 sampai 0 volt. Perubahan tegangan pada sensor ini akan dibaca oleh *arduino uno* dan akan

diproses selanjutnya berdasarkan algoritma program yang sudah dibuat. Hasil akhirnya adalah motor listrik akan bergerak 115° ke kanan dan ke kiri sesuai dengan perintah yang diberikan. Gambar 3 menunjukkan produk berupa *smart box* dan Gambar 4 menunjukkan panduan (*manual book*) *smart box* berbasis *arduino uno*.



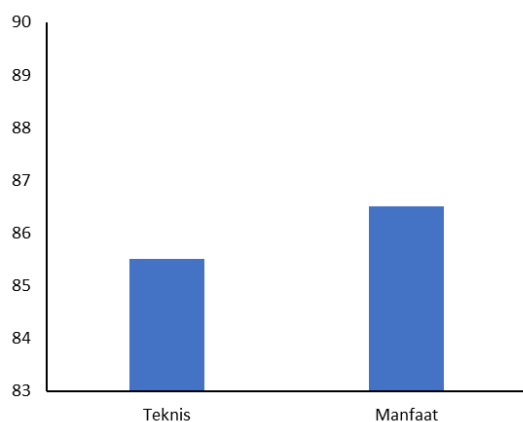
Gambar 2. Hasil Pengembangan *Smart box*.



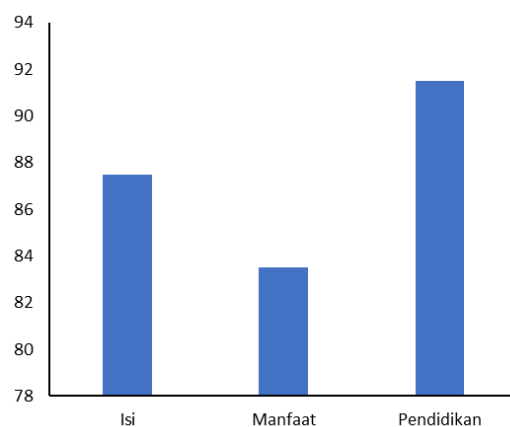
Gambar 3. Tampilan manual book

Berdasarkan data yang diperoleh dari penilaian ahli terkait indikator teknis dan kebermanfaatan, maka hasil uji kelayakan alat *Smart box* dapat disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5, hasil uji kelayakan dapat dideskripsikan bahwa kelayakan alat dinilai sangat bermanfaat, karena alat sesuai dengan spesifikasi dan fungsinya. Kebermanfaatan alat *Smart box* sangat bermanfaat sebagai sumber belajar fisika.

Berdasarkan data yang diperoleh dari penilaian ahli aspek isi, Pendidikan, kebermanfaatan, maka hasil uji kelayakan panduan penggunaan (*Manual book*) ditampilkan dalam Gambar 6. Hasil uji kelayakan panduan penggunaan, aspek isi, manfaat dan Pendidikan termasuk dalam kategori Baik. Selama proses validasi, komentar dari validator antara lain, *Manual book* dengan KI dan KD sudah sesuai dan baik, kemudian pada indikator Kegunaan/manfaat juga mendapatkan komentar Sumber belajar sudah dilengkapi dengan prosedur perakitan dan manual penggunaan.

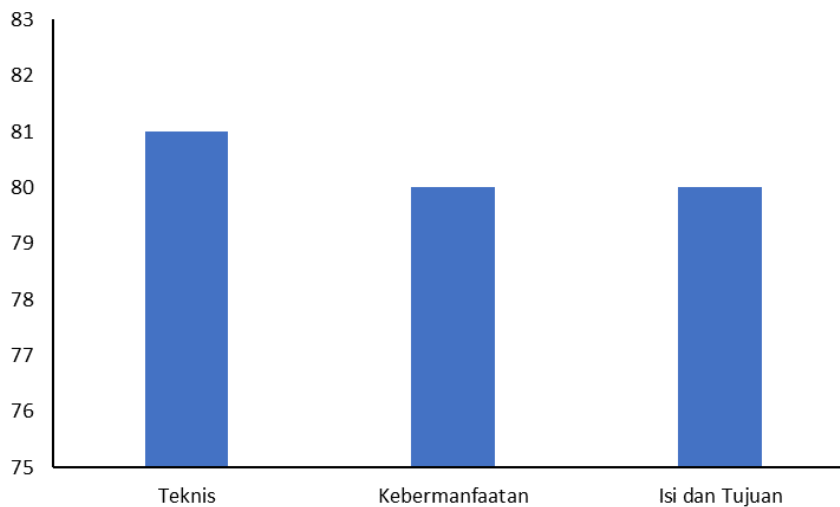


Gambar 4. Hasil validasi Alat *Smart box*



Gambar 5. Grafik Hasil validasi panduan penggunaan (*Manual book*)

Selain melakukan validasi kelayakan produk dan panduan, peneliti juga melihat respon pengguna terkait produk yang dihasilkan, adapun hasil rekapitulasi angket respon pengguna ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik respon pengguna *Smart Box*

Berdasarkan Gambar 7 rekapitulasi angket respon pengguna terhadap alat *Smart box* dapat disimpulkan bahwa *Smart box* berbasis arduino uno dengan sensor ultrasonic HC-Sr 04 Sebagai sumber belajar dengan presentase keseluruhan adalah 80%, termasuk kriteria sangat baik. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil rekapitulasi jawaban yang diberikan oleh responden setelah menggunakan *Smart box* berbasis arduino uno.

Hasil validasi menunjukkan bahwa alat *Smart box* yang dikembangkan sangat layak, dan baik digunakan sebagai sumber belajar. Rekapitulasi penilaian ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapirulasi Analisis data hasil validasi

Validasi Data	Validasi alat	Ahli media	Respon pengguna	Rata-rata	Kesimpulan
Data hasil Kriteria	86% Sangat Layak	89% Sangat Layak	80% Sangat Baik	85% Sangat Layak	<i>Smart box</i> sangat layak, praktis dan baik digunakan sebagai sumber belajar

Berdasarkan Tabel 3, rekap hasil validasi yang dapat diketahui bahwa alat *Smart box* yang dikembangkan sangat layak, dan baik digunakan sebagai sumber belajar. Dilihat dari validasi ahli alat 86%, validasi ahli Media 89%, validasi respon pengguna 80%. Tringulasi data hasil keseluruhan untuk *Smart box* dengan sensor ultrasonik HC-Sr04 sebagai Sumber Belajar menunjukkan persentase sebesar 85% yang berada pada kriteria sangat layak.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, mengenai penambahan sensor dan arduino pada kotak sampah maka dapat disimpulkan bahwa *Smart box* berbasis arduino uno dengan sensor ultrasonik HC-Sr04 Sebagai sumber belajar yang dikembangkan sangat layak, dan sangat baik digunakan sebagai sumber belajar. Triangulasi data hasil validasi keseluruhan untuk *Smart box* berbasis arduino uno dengan sensor ultrasonik HC-Sr04 Sebagai sumber belajar menunjukkan kriteria sangat layak.

Saran untuk segi teknis *Smart box* agar dapat memunculkan ide baru untuk memperbaiki kekurangan yang ada pada produk yang telah dikembangkan. Penyempurnaan produk yaitu dengan memberikan sensor pendeteksi objek tambahan sehingga kotak sampah dapat memilah jenis objek yang bisa diterima. Kemudian dari segi ukuran *smart box* yang dikembangkan relatif lebih kecil, untuk memperbesar ukuran maka harus dibarengi dengan kapasitas motor servo yang memadai.

Referensi

- Alam, S., & Maulana, G. A. (2020). Rancang bangun sistem pengereman otomatis menggunakan arduino uno dan sensor ultrasonik. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 6(1), 69. <https://doi.org/10.31884/jtt.v6i1.241>
- Aziz, A., Erlianda, M., Agustina, P. A., Mubarak, I., & Aryanto, S. (2021). Pojok Ekoliterasi Melalui Pemanfaatan Ecobrick Sebagai Upaya Menanggulangi Darurat Sampah Selama Pandemi COVID-19 di SDN Kayuringin Jaya VI. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 5(2), 31–39. <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/1818>
- Banerjee, P. S., Karmakar, A., Dhara, M., Ganguly, K., & Sarkar, S. (2021). A novel method for predicting bradycardia and atrial fibrillation using fuzzy logic and arduino supported IoT sensors. *Medicine in Novel Technology and Devices*, 10, 100058. <https://doi.org/10.1016/j.medntd.2021.100058>
- Cerya, E., & Evanita, S. (2021). Strategi Komunikasi Lingkungan dalam Membangun Kepedulian Masyarakat dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga. *JRTI (Jurnal Riset Tindakan Indonesia)*, 6(2), 136. <https://doi.org/10.29210/3003977000>
- Farsida, F., & Zulyanda, M. (2019). Analisis penggunaan alat pelindung diri dalam penanganan sampah medis pada petugas cleaning service di RSUD kabupaten Bekasi tahun 2016. *Jurnal Kesehatan*, 12(1), 14–23. <https://doi.org/10.24252/kesehatan.v12i1.5736>
- Gabriel, M. M. (2020). Arduino Uno, Ultrasonic Sensor HC-SR04 Motion Detector with Display of Distance in the LCD. *International Journal of Engineering Research And*, V9(05), 936–942. <https://doi.org/10.17577/IJERTV9IS050677>
- Hamdani, B., Sudarso, H., Maulidiyah, C. F. M., & Ricana, A. (2022). Pemanfaatan sampah plastik menjadi kerajinan tangan guna meningkatkan kreatifitas warga sekitar dusun kecil desa kertonegoro. *Jurnal Abdiku*, 5(1), 41–56. <https://doi.org/10.31597/ja.v5i1.778>
- Ilamsyah, I., Setyawan, H. I., & Syahfitri, A. (2017). Robot pencari benda menggunakan perintah suara berbasis arduino uno. *Journal CERITA*, 3(2), 206–216. <https://doi.org/10.33050/cerita.v3i2.658>
- Ismail, A., Susilorini, M. R., Wardhani, D. K., & Angghita, L. J. (2020). Adaptasi Pendampingan Pengelolaan Sampah di Masa Pandemi Covid-19 melalui Web Training Kreatifitas Produk Olahan Sampah. *Jurnal Abdidas*, 1(3), 165–171. <https://doi.org/10.31004/abdidas.v1i3.38>
- Junaldy, M., Sompie, S. R. U. A., & Patras, L. S. (2019). Rancang Bangun Alat Pemantau Arus Dan Tegangan Di Sistem Panel Surya Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 8(6), 104–114. <https://doi.org/10.35793/jtek.8.1.2019.23647>
- Jung, J.-H., Sim, Y.-B., Ko, J., Park, S. Y., Kim, G.-B., & Kim, S.-H. (2022). Biohydrogen and biomethane production from food waste using a two-stage dynamic membrane bioreactor (DMBR) system. *Bioresource Technology*, 352, 127094. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127094>
- Kamelijah, K., Qomaria, N., Muharrami, L. K., Hidayati, Y., & Fikriyah, A. (2022). Uji kelayakan e-cerpen materi pencemaran lingkungan berbantuan flip pdf professional terhadap pemahaman konsep siswa. *Natural*

- Science Education Research (NSER)*, 5(1), 111–118. <https://doi.org/10.21107/nser.v5i1.15758>
- Kaur, P., Kaur, G. J., Routray, W., Rahimi, J., Nair, G. R., & Singh, A. (2021). Recent advances in utilization of municipal solid waste for production of bioproducts: A bibliometric analysis. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4, 100164. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100164>
- Lay, K. S., Li, L., & Okutsu, M. (2022). High altitude balloon testing of Arduino and environmental sensors for CubeSat prototype. *HardwareX*, 12, e00329. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2022.e00329>
- Magdalena, G., Halim, F. A., & Aribowo, A. (2015). Perancangan Sistem Akses Pintu Garasi Otomatis Menggunakan Platform Android. *Prosiding CSGTEIS 2013*, 301–306. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/prosidingcsgteis2013/article/view/7255>
- Mankotia, A., & Shukla, A. K. (2022). IOT based manhole detection and monitoring system using Arduino. *Materials Today: Proceedings*, 57, 2195–2198. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.264>
- Mardhia, D., & Wartiningsih, A. (2018). Pelatihan pengolahan sampah skala rumah tangga di desa penyangk. *Jurnal Pendidikan Dan Pengabdian Masyarakat*, 1(1), 88–96. <https://jurnalkip.unram.ac.id/index.php/JPPM/article/view/492>
- Marpaung, D. N., Iriyanti, Y. N., & Prayoga, D. (2022). Analisis Faktor Penyebab Perilaku Buang Sampah Sembarangan Pada Masyarakat Desa Kluncing, Banyuwangi. *Preventif: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 13(1), 47–57. <https://doi.org/10.22487/preventif.v13i1.240>
- Missa, I. K., Lapono, L. A. S., & Wahid, A. (2018). Rancang Bangun Alat Pasang Surut Air Laut Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor Ultrasonik Hc-Sr04. *Jurnal Fisika: Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 3(2), 102–105. <https://doi.org/10.35508/fisa.v3i2.609>
- Ningrum, P. A. P. (2021). Perlindungan Hukum Lingkungan Terhadap Dampak Perilaku Masyarakat Yang Membuang Sampah Di Sungai. *Pariksa: Jurnal Hukum Agama Hindu*, 5(1), 60–66. <https://doi.org/10.55115/pariksa.v5i1.1167>
- Nurdiansah, T., Purnomo, E. P., & Kasiwi, A. (2020). Implementasi pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSA) sebagai solusi permasalahan sampah perkotaan: studi kasus di kota Surabaya. *JURNAL ENVIROTEK*, 12(1), 87–92. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v12i1.47>
- Perkins, D. N., Drisse, M.-N. B., Nxele, T., & Sly, P. D. (2014). E-Waste: A Global Hazard. *Annals of Global Health*, 80(4), 286. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2014.10.001>
- Prajati, G., & Pesurnay, A. J. (2019). Analisis Faktor Sosiodemografi dan Sosioekonomi Terhadap Timbulan Sampah Perkotaan di Pulau Sumatera. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Lingkungan*, 3(1), 8–16.
- Sabri, S., & Nasfi, N. (2020). Dampak Membuang Sampah Sembarangan terhadap Kelestarian Lingkungan dan Ekonomi Beserta Sanksi terhadap Masyarakat yang Membuang Sampah Sembarangan Tempat (Studi Kota Bukittinggi). *JUSIE (Jurnal Sosial Dan Ilmu Ekonomi)*, 5(01), 136–143. <https://doi.org/10.36665/jusie.v5i01.305>
- Sharma, D., Jain, R. K., Sharma, R., Shan, B. P., & Shiney, O. J. (2021). Analysis of BPM/Pulse rate and its correlation with BMI for sprint activity using ATmega328 based Arduino Uno. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.401>
- Singh, A., Rani Singhania, R., Soam, S., Chen, C., Haldar, D., Varjani, S., Chang, J.-S., Dong, C.-D., & Kumar Patel, A. (2022). Production of bioethanol from food waste: Status and perspectives. *Bioresource Technology*, 127651. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127651>
- Vastava, S. S. S., Vandana, B., Bhavana, M., & Gongati, R. (2021). Automatic movable road divider using Arduino UNO with Node Micro Controller Unit (MCU). *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.622>
- Wahyudi, J. (2019). Emisi gas rumah kaca (GRK) dari pembakaran terbuka sampah rumah tangga menggunakan model IPCC. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, 15(1), 65–76. <https://doi.org/10.33658/jl.v15i1.132>
- Yang, Y., Chen, L., & Xue, L. (2021). Looking for a Chinese solution to global problems: The situation and countermeasures of marine plastic waste and microplastics pollution governance system in China. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 19(4), 352–357. <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2022.01.008>
- Yu, S.-J., Hsueh, Y.-L., Sun, J. C.-Y., & Liu, H.-Z. (2021). Developing an intelligent virtual reality interactive system based on the ADDIE model for learning pour-over coffee brewing. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100030. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100030>
- Yulia, T. (2021). Analisis Yuridis Penegakan Hukum Bagi Masyarakat Yang Membuang Sampah Sembarangan di DKI Jakarta Sebagai Dampak Pencemaran Lingkungan Hidup. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 2(7), 1209–1223. <https://doi.org/10.36418/jiss.v2i7.366>

Yuliza, Y., & Kholifah, U. N. (2015). Robot Pembersih Lantai Berbasis Arduino Uno Dengan Sensor Ultrasonik. *Jurnal Teknologi Elektro*, 6(3). <https://doi.org/10.22441/jte.v6i3.800>