

Membangun Sistem *Smart Trash* Menggunakan Mikrokontroler Motor Servo Panjerino

Yuda Hirmawan¹, Eko Riyanto², dan Solikhin^{3*}

^{1,2,3} Program Studi Teknik Informatika, STMIK Himsya, Semarang

Jl. Raya Karanganyar Tugu Km. 12, No. 58, Semarang

E-mail : yudahirmawan10@gmail.com¹, ekoriyanto89@gmail.com², iingshalihin@gmail.com³

Abstract— *To cultivate good behavior and care for the environment, SD Negeri 2 Kuwasen Jepara promotes proper waste disposal, but in reality, there are still many students who don't do it. The purpose of this research is to build a smart trash can to socialize waste disposal in an attractive way for students. We use a manual trash can that is integrated with the Arduino Uno. This smart trash system is able to open automatically when it detects movement within <50 cm and vice versa, and can emit a "Thank you for not littering" sound. The performance test results show that the ultrasonic sensor device opens and closes within 3.07 seconds at a distance of 15 centimeters and 3.06 seconds at a distance of 30 centimeters. The feasibility test of the tool obtained a score of $\geq 76\%$ and an ease of use score of 87.7%.*

Abstrak— Untuk membudayakan perilaku baik dan peduli lingkungan, SD Negeri 2 Kuwasen Jepara mensosialisasikan pembuangan sampah yang benar, namun kenyataannya masih banyak siswa yang tidak melakukannya. Tujuan dari penelitian ini adalah membangun tempat sampah pintar untuk mensosialisasikan pembuangan sampah dengan cara yang menarik bagi siswa. Kami menggunakan tempat sampah manual yang terintegrasi dengan Arduino Uno. Sistem tempat sampah pintar ini dapat terbuka secara otomatis ketika mendeteksi gerakan dalam jarak <50 sentimeter dan sebaliknya, serta dapat mengeluarkan suara "Terima kasih tidak membuang sampah sembarangan". Hasil uji kinerja menunjukkan bahwa alat sensor ultrasonik membuka dan menutup dalam waktu 3,07 detik pada jarak 15 sentimeter dan 3,06 detik pada jarak 30 sentimeter. Uji kelayakan alat diperoleh skor $\geq 76\%$ dan skor kemudahan penggunaan 87,7%.

Kata Kunci— *Arduino, Kebersihan Lingkungan, Motor Servo Panjerino, Smart Trash.*

I. PENDAHULUAN

Salah satu komponen kehidupan sehari-hari yang paling penting bagi komunitas sekolah adalah menjaga lingkungan yang bersih, sedangkan lingkungan sekolah yang kotor dapat berdampak negatif bagi warga sekolah, karena patogen berbahaya tumbuh subur di lingkungan yang kotor.

Sanitasi lingkungan di SD Negeri 2 Kuwasen Jepara merupakan hal penting yang perlu diperhatikan dengan seksama. Lingkungan pendidikan yang bersih dapat mendukung lingkungan belajar yang nyaman dan menyenangkan, sehingga sangat penting untuk menyebarkan pengetahuan tentang pentingnya menjaga lingkungan bersih dengan tidak membuang sampah sembarangan. Lingkungan yang bersih tidak hanya dapat membantu individu merasa aman dan nyaman melainkan pengendalian penyakit hanyalah salah satu dari banyak keuntungan yang ditawarkan oleh lingkungan yang bersih.

Setiap siswa bertanggung jawab untuk menjaga kebersihan lingkungan di sekolahnya. Budaya tidak membuang sampah sembarang merupakan salah satu program sekolah yang direncanakan untuk membantu siswa mengembangkan pola pikir yang lebih sadar lingkungan. Dimungkinkan untuk mengembangkan budaya perilaku yang baik dan disiplin sejak dini dengan membuang sampah pada tempatnya.

Pendekatan skala kecil untuk meningkatkan kebersihan sekolah dapat melibatkan pemberian tugas kepada siswa

untuk memelihara lingkungan kelas yang bersih. Siswa yang menjaga kebersihan lingkungan kelas tanpa sadar akan mengembangkan kebiasaan tersebut.

Namun dalam praktiknya, tidak sedikit warga sekolah, khususnya siswa, yang tidak mematuhi budaya membuang sampah pada tempatnya sehingga menyebabkan sekolah kehilangan sebagian kebersihannya. Pihak sekolah harus memperhatikan masalah tersebut.

Mengingat hal tersebut, untuk tujuan penelitian ini, kami berperan sebagai agen perubahan agar dapat melakukan tindakan nyata dengan menumbuhkembangkan budaya positif, seperti membuang sampah pada tempatnya di lingkungan sekolah.

Dalam proposal kajian ini kami mensosialisasikan kebersihan lingkungan menggunakan cara-cara baru untuk menarik perhatian masyarakat sekolah dan mendorongnya untuk membuang sampah dengan benar yang dikemas dalam mempromosikan terobosan teknologi tepat guna (TTG) dalam wujud tempat sampah pintar.

Kami mengkombinasikan antara tempat sampah injak manual yang dimodifikasi dan diintegrasikan dengan dukungan teknologi Mikrokontroler Arduino Uno. Tempat sampah berteknologi tinggi ini juga dilengkapi dengan sensor yang menjalankan fungsinya mendeteksi obyek yang bergerak di sekitarnya dengan radius 50 cm. Apabila obyek tersebut terdeteksi, maka tempat sampah pintar ini akan terbuka secara otomatis dan juga dapat mengeluarkan pesan suara.

A. Tempat Sampah

Tempat sampah adalah wadah yang sering terbuat dari plastik atau logam dan digunakan untuk menampung sementara berbagai jenis sampah. Sebagian besar tempat sampah ditempatkan di dalam atau di luar ruangan, dan beberapa diantaranya memiliki penutup di atasnya.

Sekarang ada dua jenis desain tutup tempat sampah: yang masih membutuhkan pengoperasian manual dan yang dapat dibuka dengan menekan pedal atau menginjaknya. Tempat sampah yang akan digunakan dalam penelitian ini berukuran 25 x 25,5 x 34 cm dan dilengkapi dengan ember bagian dalam yang dapat dilepas saat memindahkan 10 Liter sampah.

B. Arduino IDE

Berkaitan perangkat lunak yang disebut Arduino IDE digunakan untuk memprogram banyak jenis mikrokontroler, termasuk Arduino dan ESP8266. Setiap OS dapat menjalankan Arduino IDE. Menurut Sukarjadi [1], bahasa pemrograman yang digunakan Arduino IDE adalah C/C++, compiler avr-g++.

C. Mikrokontroler

Perkembangan terbaru dibidang mikrokontroler adalah Arduino. Ada banyak proyek robotika dan elektronik yang menggunakan Arduino saat ini. Hal ini terjadi sebagai akibat dari tingkat fleksibilitas dan kemudahan Arduino yang tinggi baik dalam perangkat keras maupun perangkat lunaknya.

Model Arduino yang paling populer adalah Arduino Uno yang sangat disarankan untuk pemula karena banyak referensi yang membahasnya. Versi terbaru, yang dikenal sebagai Arduino Uno R3 (Revisi 3), dilengkapi dengan mikroprosesor ATMEGA328 menggunakan enam pin input analog beserta empat belas pin I/O digital. Koneksi USB tipe A ke tipe B terbilang cukup memadai untuk pemrograman [2].

D. Sensor Ultrasonik

Sensor yang disebut sensor ultrasonik dapat mengubah besaran fisik (seperti suara) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Pengoperasian sensor ini mengandalkan pemikiran pemantulan gelombang suara untuk menentukan lokasi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu.

Karena menggunakan gelombang ultrasonik (suara ultrasonik), maka sensor ini dikenal dengan sensor ultrasonik. Gelombang suara dengan frekuensi ultra tinggi hingga mencapai 20.000 Hz dikenal sebagai gelombang ultrasonik [3].

E. Motor Servo

Sudut posisi poros keluaran motor dapat ditentukan dengan menggunakan motor servo, yaitu penggerak (motor) berputar yang dipasangkan dengan kontrol sistem umpan balik. Motor servo adalah mesin yang terdiri dari rangkaian kontrol, potensiometer, motor DC, dan satu set roda gigi. Poros pusat motor DC terhubung ke rangkaian roda gigi, yang dapat meningkatkan torsi motor servo dengan memperlambat putaran poros. Dengan mengubah nilai resistansi saat motor servo berputar, tujuan

potensiometer adalah untuk menetapkan batas posisi putaran poros. Gerakan poros dan posisi akhir dikendalikan oleh sistem kontrol motor servo *loop* tertutup. Pengaturan industri dan barang-barang seperti mobil mainan yang dikendalikan radio, robot, pesawat terbang, dan hal-hal lain menggunakan motor servo.

Dengan mengirimkan sinyal PWM melalui kabel kontrol, prinsip kerja motor servo dapat diubah. Sudut dan letak putaran poros motor servo ditentukan oleh lebar sinyal input PWM [4].

Motor servo DC dan motor servo AC adalah dua jenis yang umum. Mesin industri sering menggunakan motor servo AC karena ketahanannya yang unggul terhadap arus dan beban tinggi. Namun, motor servo DC cenderung lebih kompak dan karenanya lebih berguna untuk tugas yang lebih sederhana. Biasanya ada dua jenis motor servo di pasaran yang dapat dibedakan berdasarkan putarannya, yaitu motor servo putaran 1800 dan motor servo putaran menerus [4].

Sebagian besar motor servo hanya dapat memutar poros keluarannya 900 derajat ke segala arah, yaitu kanan dan kiri. Ini dikenal sebagai motor servo standar (putaran servo 1800). Dengan kata lain, itu hanya bisa berputar 1800 kali, atau setengah jalan.

Satu-satunya yang membedakan antara motor servo rotasi kontinu dan motor servo biasa adalah bahwa motor servo rotasi kontinu memungkinkan rotasi sumbu yang tidak terbatas, yang berarti mereka dapat bergerak secara konstan di kedua arah.

F. Speaker

Loudspeaker, juga dikenal sebagai *speaker*, adalah jenis transduser khusus yang menggunakan sinyal listrik untuk menyebabkan getaran komponen membran untuk menghasilkan gelombang suara yang dapat didengar oleh telinga manusia [5].

Perangkat elektroakustik yang dikenal sebagai penguat suara mengubah sinyal listrik menjadi sinyal pendengaran. Perangkat yang menerima sinyal listrik yang dikirim oleh amplifier adalah *loudspeaker*. *Loudspeaker* bertanggung jawab untuk mengubah sinyal listrik menjadi versi suara analog. Induksi elektromagnetik yang diterapkan pada kumparan suara menghasilkan medan magnet sebagai hasilnya. *Cone paper* (kertas kerucut) penguat suara dan udara di sekitarnya digerakkan oleh medan magnet. Menanggapi sinyal listrik yang diterapkan, getaran ini menghasilkan nada yang dapat didengar [6].

Prinsip kerja dasar *loudspeaker voice coil*, bagian dari komponen elektromagnetik speaker, menerjemahkan informasi listrik menjadi suara yang dapat didengar dengan menghasilkan medan magnet dan bereaksi dengan magnet permanen *speaker*. Hal ini menyebabkan kertas kerucut *speaker* bergerak masuk dan keluar dari posisi resonansinya, dan menghasilkan suara.

Magnet permanen bagian *speaker* tetap berada di satu tempat sementara *voice coil* bergerak. Getaran "keluar" dan "masuk" akan terjadi antara *permanent speaker magnet* dan *voice coil* sebagai akibat dari sinyal arus listrik yang berjalan melalui kumparan suara. Hal tersebut yang

mengakibatkan *cone paper* speaker bergetar baik maju maupun mundur [7].

G. Modul DFPlayer Mini

Modul ini dapat memutar file audio, seperti file .mp3, dan dapat digunakan untuk memutar suara musik. DFPlayer Mini memiliki 16 kaki pin dan secara fisik berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 20 kali 20 mm. Hasil modul compact .mp3 tersebut dapat digunakan untuk menyalakan *loudspeaker* dengan menghubungkannya langsung ke *speaker* kecil atau amplifier [8].

H. Baterai

Di saat kemajuan iptek (ilmu pengetahuan dan teknologi) tidak dapat lagi ditahan, baterai menjadi salah satu alat penyimpan energi yang paling banyak digunakan oleh masyarakat umum. Sesuai dengan kebutuhan baterai yang luas, baterai biasanya digunakan untuk mendukung sistem lain untuk memasok kebutuhan listrik dan juga digunakan untuk sepeda motor dan mobil [9].

I. Bahasa Pemrograman C++

Sama halnya dengan program Arduino dan ESP8266, C++ merupakan bahasa pemrograman pendukung yang digunakan dalam proses pengembangan sistem yang dibutuhkan. Bjarne Stroustrup menemukan bahasa pemrograman komputer C++ yang merupakan pengembangan dari bahasa C yang diperkenalkan diawal 1970-an di Bell Labs [10].

Kerangka efisiensi dan dukungan untuk pengkodean tingkat rendah dikembangkan untuk mengakomodasi kemampuan C++. Ide-ide baru diperkenalkan oleh C++, termasuk kelas dan atributnya seperti pewarisan dan kelebihan beban.

J. Flowchart

Flowchart (diagram alur) adalah representasi visual dari serangkaian prosedur program yang urut dan sistematis dalam bentuk simbol. Umumnya untuk memecahkan persoalan yang memerlukan penelitian beserta analisis tambahannya [11].

Menggunakan diagram alur dapat menampilkan tugas manual, tugas pemrosesan, atau keduanya yang dibuat menggunakan beberapa simbol.

II. METODE PENELITIAN

A. Sumber Daya dan Instrumen Penelitian

Sumber daya dan instrumen riset yang digunakan diantaranya:

1. Tempat sampah injak
2. Mikrokontroler Arduino Uno atau Panjerino Modul Arduino Uno tipe Panjerino berbasis mikrokontroler microchip ATmega328P
3. Kabel Jumper jenis female dan man connector
4. Sensor Ultrasonik HC-SR04
5. Motor Servo model umum dengan sudut putar maksimal 180 derajat, dengan perhitungan 90 derajat untuk setiap sudutnya.

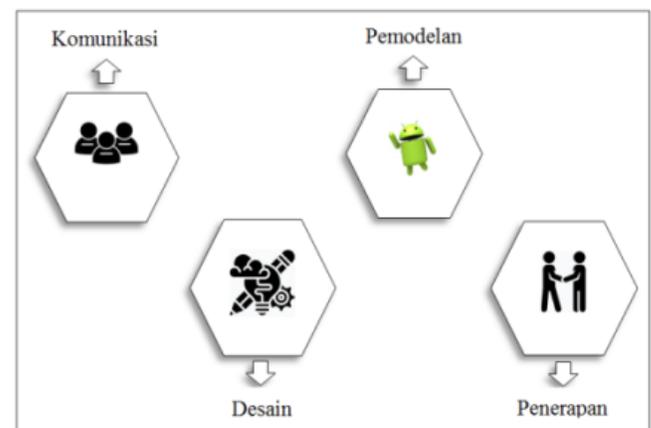
6. Speaker Tweeter yang menghasilkan frekuensi tinggi (antara 2 dan 20 kHz)
7. DFPlayer Mini yang memiliki bentuk fisik persegi dengan berukuran 20 x 20 mm dan memiliki kaki 16 pin
8. Baterai Lithium-Ion 18650 berkemampuan isi ulang. Tegangan mereka berkisar dari 3,6 hingga 3,7V DC dan juga dapat mentolerir tegangan hingga 4,2V DC saat diisi dengan pengisi daya.

B. Metode Pengembangan

Berikut adalah berbagai fase dalam pengembangan TTG menggunakan *prototype* model [12]:

Komunikasi: Dalam fase ini, kami dan klien dalam hal ini pihak SD Negeri 2 Kuwasen Jepara mengatur pertemuan untuk membahas tujuan yang harus dipenuhi untuk TTG tersebut.

Desain: Desain diselesaikan dengan cepat karena semua kebutuhan terpenuhi baik dari sisi memberi maupun menerima. Ini diterapkan dalam konstruksi prototipe, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Ini terdiri dari fitur input dan output penting dari perangkat lunak tetapi sebagian besar berkaitan dengan tampilan luaran.

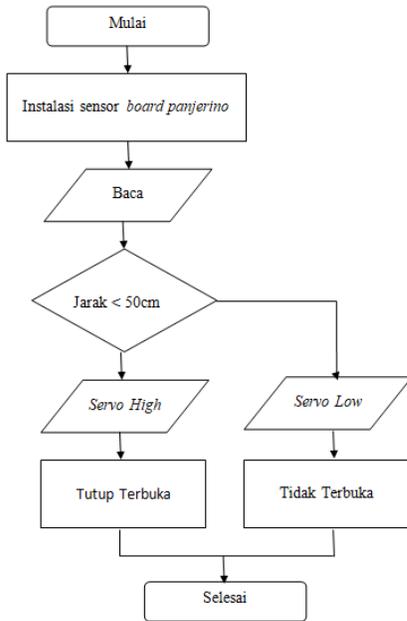


Gambar 1. *Prototype* Model [12]

Pemodelan: Ini memberikan gambaran yang lebih jelas tentang kebutuhan perangkat lunak dan pemahaman yang lebih dalam terkait TTG yang telah jadi.

Penerapan: Program dievaluasi oleh klien (pihak SD Negeri 2 Kuwasen Jepara) sebelum penerapan; jika klien tidak senang, perangkat lunak kemudian diperbaiki sesuai dengan kebutuhan klien. Proses ini berlanjut sampai kebutuhan klien terpenuhi. Produk akhirnya diterapkan setelah diperiksa dengan cermat, diuji, dan dipelihara secara teratur serta klien merasa puas.

C. Program Flowchart



Gambar 2. Program Flowchart

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sesi ini akan melalui persiapan, spesifikasi pembuatan, temuan pengujian, dan analisis. Sensor ultrasonik berbasis mikrokontroler arduino uno digunakan dalam analisis untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang manfaat dan kelemahan yang berkaitan dengan sistem *smart trash*.

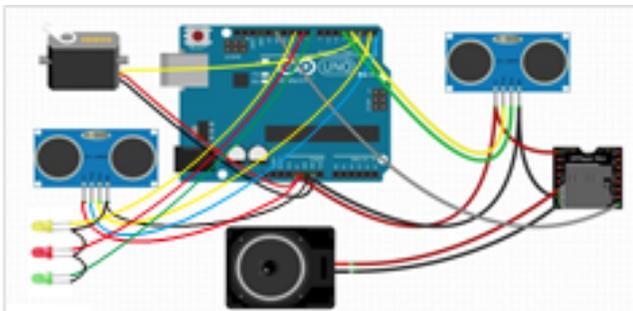
A. Implementasi

Pada fase implementasi ini, pekerjaan yang akan dilakukan dirinci menjadi beberapa tahapan, diantaranya adalah dijelaskan perangkat keras yang akan digunakan, serta apa yang telah dibuat menjadi skema pemanfaatan perangkat lunak yang akan digunakan untuk menghasilkan kode pemrograman pada Arduino. Tujuannya agar Arduino dapat berinterface dengan modul lain dan sensor ultrasonik.

Fase berikutnya adalah perakitan komponen yang disiapkan, bersama dengan hasil dari desain dan pembahasan sistem.

B. Hasil Rangkaian dan Pengujian

Gambar 3 merupakan Sensor ultrasonik HC-SR04 dan rangkaian arduino uno.



Gambar 3. Sensor ultrasonik HC-SR04 dalam rangkaian arduino uno.

Tabel 1. Hasil Tes untuk Sensor Ultrasonik

Jarak (cm)	Waktu (µs)
8	328
10	606
15	882
20	1176
25	1479
30	1790

Hasil pengujian menunjukkan bahwa jarak antara sensor ultrasonik dengan objek mempengaruhi lama waktu gelombang kembali ke sensor ultrasonik setelah objek memancarkannya.

C. Hasil Penulisan Kode Program

Skrip program akan diunggah ke *board* Arduino Uno, kemudian *board* Arduino Uno akan mengirimkan informasi ke setiap komponen perangkat keras yang dibangun, seperti Sensor Ultrasonik HC-SR04, untuk membangun sistem dan output yang dibutuhkan. Berikut ini adalah keluaran yang dihasilkan dari penulisan skrip perangkat lunak untuk sistem *smart trash*.

c.1. Kode Program Sensor Ultrasonik HC-SR04

```

#include <NewPing.h>

#define TRIGGER_PIN 3 // Arduino pin tied to trigger pin on the ultrasonic sensor.
#define ECHO_PIN 4 // Arduino pin tied to echo pin on the ultrasonic sensor.
#define MAX_DISTANCE 200 // Maximum distance we want to ping for (in centimeters). Maximum sensor distance is rated at 400-500cm.

NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE); // NewPing setup of pins and maximum distance.

void setup() {
  Serial.begin(115200); // Open serial monitor at 115200 baud to see ping results.
}

void loop() {
  delay(200); // Wait 200ms between pings (about 20 pings/sec). 20ms should be the shortest delay between pings.
  Serial.print("Ping: ");
  Serial.print(sonar.ping_cm()); // Send ping, get distance in cm and print result (0 = outside set distance range)
  Serial.println("cm");
}
  
```

c.2. Kode Program Tes Servo

```

#include <Servo.h>

Servo myservo; // create servo object to control a servo
// twelve servo objects can be created on most boards

int pos = 0; // variable to store the servo position

void setup() {
  myservo.attach(9); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
}

void loop() {
  for (pos = 0; pos <= 180; pos += 1) { // goes from 0 degrees to 180 degrees
    // in steps of 1 degree
    myservo.write(pos); // tell servo to go to position in variable 'pos'
    delay(15); // waits 15ms for the servo to reach the position
  }
  for (pos = 180; pos >= 0; pos -= 1) { // goes from 180 degrees to 0 degrees
    myservo.write(pos); // tell servo to go to position in variable 'pos'
    delay(15); // waits 15ms for the servo to reach the position
  }
}
  
```

Skrip program di atas untuk mendeklarasikan peran sensor ultrasonik HC-SR04. Program dapat mengunci tempat sampah jika jarak antara sensor dan bagian atas dalam tempat sampah <8 cm, sedangkan pengunci tetap membuka apabila jaraknya >8 cm. Skrip program ditampilkan pada serial monitor.

D. Pengujian Keseluruhan Sistem

Setelah semua komponen dirakit, sistem siap untuk pengujian. Pengujian sistem menentukan fungsionalitas sistem (uji pro dan kontra sistem ini).

Sebelum pengujian, verifikasi dan pastikan bahwa semua komponen mikrokontroler memiliki koneksi jumper yang terpasang dengan benar.

Percobaan dilakukan untuk mengisi tempat sampah dari kosong menjadi hampir penuh. Untuk mendapatkan hasil yang akurat dan memastikan sensor ultrasonik terhubung, maka lakukan pemeriksaan posisinya.

Letak pemasangan Motor Servo di bagian samping tempat sampah, ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemasangan Motor Servo

Sensor ultrasonik HC-SR04 dipasang pada bagian depan tempat sampah, ini untuk memudahkan sensor mendeteksi benda di depannya, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemasangan Sensor Ultrasonik HC-SR04

Di Gambar 6 menunjukkan kondisi LED HC-SR04 yang dipasang di bagian depan, ini untuk memudahkan pengguna mengetahui isi tempat sampah, Hijau = kosong, Kuning = setengah, Merah = penuh.



Gambar 6. Pemasangan LED Sensor HC-SR04

Gambar 7 menunjukkan keseluruhan tempat sampah dalam keadaan tertutup sedangkan instalasi sensor ultrasonik telah terpasang dengan tepat di bagian depan tempat sampah.



Gambar 7. Tampilan Keseluruhan Tempat Sampah

Pada Gambar 8 menunjukkan diawal sistem *smart trash* dalam keadaan on dan apabila belum ada objek di depannya yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik HC-SR04, maka kondisi tempat sampah dalam keadaan tertutup.



Gambar 8. Jarak Tempat Sampah dan Objek

Gambar 9 menunjukkan kondisi sistem tempat sampah pintar ini secara otomatis akan berada pada posisi on, tutup tempat sampah juga akan terbuka dengan sendirinya karena sensor ultrasonik HC-SR04 telah mendeteksi objek di depannya, dan tempat sampah pintar siap untuk digunakan.



Gambar 9. Tutup Tempat Sampah Terbuka Saat Mendeteksi Objek

Selanjutnya, pengujian program adalah untuk menetapkan peran yang dimainkan program dalam menghubungkan input yang dikirim ke mikrokontroler, ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tes Program

Sensor(cm)	Alat	Motor Servo	Kondisi Tempat Sampah
50	On	Mati	Tertutup
30	On	Hidup	Terbuka
15	On	Hidup	Terbuka

Validasi yang dilakukan oleh responden dalam hal ini seorang *expert* dibidangnya untuk memberikan saran dan pendapat terkait penerapan produk TTG tempat sampah pintar di SD Negeri 2 Kuwasen Jepara, seperti ditunjukkan pada Tabel 3 - 6.

Tabel 3. Validasi *Expert*

Aspek	Kriteria	Penilaian			
		1 KB	2 CB	3 B	4 SB
Efisiensi alat	1. Kemudahan dalam penggunaan				✓
	2. Kesesuaian fungsi				✓
	3. Kemudahan alur penggunaan			✓	
	4. Kejelasan penggunaan				✓
	5. Proporsional <i>layout</i>				✓
	6. Kesesuaian pemilihan sensor				✓
	7. Kesesuaian proporsional				✓
	8. Ketetapan sensor				✓
	9. Kecepatan proses perintah				✓

Tabel 4. Nilai Validasi *Expert*

No	Indikator	Nilai
1.	Kemudahan dalam penggunaan	9
2.	Kesesuaian fungsi	9
3.	Kemudahan alur penggunaan	7
4.	Kejelasan penggunaan	9
5.	Proporsional <i>layout</i>	9
6.	Kesesuaian pemilihan sensor	9
7.	Kesesuaian proporsional	9
8.	Ketetapan sensor	9
9.	Kecepatan proses perintah	9
Total Skor <i>Expert</i>		79

Tabel 5. Klasifikasi Persentase

Presentase	Kriteria
67% - 100%	Layak
34% - 67%	Cukup Layak
1% - 34%	Kurang Layak

Tabel 6. Hasil Validasi *Expert*

V	I	(n)	(f)	P	K	Keterangan
<i>Expert</i>	9	90	79	87,7%	Layak	-

Dimana V adalah Validasi, I merupakan Instrumen, (n) adalah Skor Ideal, (f) adalah Skor *Expert*, P merupakan Prosentase, K ialah Kriteria, dan Keterangan.

Berdasarkan skor hasil validasi dari *expert* tersebut, maka apabila dihitung menggunakan rumus (1) diperoleh skor idealnya adalah 90 dari skor *expert* 79.

$$P = \frac{\text{jumlah bagian (f)}}{\text{jumlah keseluruhan (n)}} \times 100\% \tag{1}$$

$$P = \frac{79}{90} \times 100\%$$

$$P = 87,7\%$$

Dengan demikian hasil verifikasi validasi 9 instrumen dari *expert* terkait penerapan hasil luaran penelitian teknologi TTG yang berupa tempat sampah pintar berbasis mikrokontroler motor servo panjerino di SD Negeri 2 Kuwasen Jepara, maka dinyatakan layak dengan klasifikasi presentasi mencapai 87,7%.

IV. KESIMPULAN

Berikut dapat ditarik kesimpulan dari hasil penelitian tentang pengembangan sensor ultrasonik untuk diimplementasikan dalam *smart trash*:

1. Komponen sensor ultrasonik digunakan dalam perancangan *smart trash* dapat mendeteksi seseorang kurang dari tiga detik setelah mereka lewat di depan tempat sampah. Selain itu, Arduino Uno mengolah data untuk menggerakkan motor servo yang dapat buka-tutup tempat sampah. Ketika tidak mendeteksi objek di depannya, maka keadaan menutup. Namun tutup akan tetap terbuka selama sensor ultrasonik terus mendeteksi

- keberadaan objek. Jika tidak menemukan pergerakan objek, speaker mengeluarkan suara "terima kasih tidak membuang sampah sembarangan". Indikasi LED penuh digunakan sebagai sensor pendeteksi
2. Indikator led warna hijau menunjukkan sampah dalam tempat sampah kosong, kuning menunjukkan keadaan setengah penuh, sedangkan merah menunjukkan keadaan penuh.
 3. Dari hasil uji kinerja sistem *smart trash* berbasis sensor ultrasonik adalah baik, dengan rerata waktu membuka dan menutup sebesar 3.07s pada jarak 15cm dan 3.06s pada jarak 30cm. Sistem smart trash termasuk dalam kategori sangat layak, berdasarkan hasil uji kelayakan alat dengan persentase $\geq 76\%$ sedangkan dari segi kegunaan dan manfaat sebesar 87,7%.
 4. Dengan demikian dari hasil penelitian ini terkait luaran teknologi TTG tempat sampah pintar dapat diimplementasikan di SD Negeri 2 Kuwasen Jepara. Dengan harapan dapat membawa perubahan kepada warga sekolah khususnya siswa dalam membudayakan perilaku yang baik dan disiplin dengan membuang sampah pada tempatnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sukarjadi, A. Arifiyanto, D. T. Setiawan, & M. Hatta, "Perancangan dan Pembuatan Smart Trash Bin di Universitas Maarif Hasyim Latif," *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 1(2), (2017), 101-110.
- [2] A. Ardiyanto, A. Ariman, A., & E. Supriyadi, "Alat Pengukur Suhu Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Inframerah Dan Alarm Pendeteksi Suhu Tubuh Diatas Normal," *SINUSOIDA*, 23(1), (2021), 11-21.
- [3] A. N. Trisetiyanto, "Rancang Bangun Alat Penyemprot Disinfektan Otomatis untuk Mencegah Penyebaran Virus Corona," *Journal of Informatics Education*, 3(1), (2020), 45-51.
- [4] A. Hilal, & S. Manan, "Pemanfaatan Motor Servo Sebagai Penggerak Cctv Untuk Melihat Alat-Alat Monitor Dan Kondisi Pasien Di Ruang Icu". *Gema Teknologi*, 17(2), (2015).
- [5] Wikipedia, "Pengeras Suara". [Internet]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Pengeras_suara
- [6] IAVT.2014. *IAVT 2014*. Liege Belgium. Montefiore Institut
- [7] Teknik Elektronika, "Pengertian Speaker dan Prinsip kerjanya". [Internet]. Available: <https://teknikelektronika.com/fungsi-pengertian-speaker-prinsip-kerja-speaker/>
- [8] S. Beta, & S. Astuti, "Modul Timbangan Benda Digital Dilengkapi Led Rgb Dan Dfplayer Mini," *Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa dan Sosial*, 15(1), (2019), 10-15.
- [9] Y. Mochtiarsa, "Rancangan kendali lampu menggunakan mikrokontroler ATMega328 berbasis sensor getar," *Jurnal Informatika SIMANTIK*, 1(1), (2016), 40-44.
- [10] Teknik Komputer Universitas Pendidikan Indonesia, "Bahasa C dan C++", (2021). [Internet]. Available: <https://tekkom.upi.edu/2021/04/bahasa-c-dan-c/>
- [11] I. Budiman, S. Saori, R. N. Anwar, F. Fitriani, & M. Y. Pangestu, "Analisis Pengendalian Mutu Di Bidang Industri Makanan (Studi Kasus: Umkm Mochi Kaswari Lampion Kota Sukabumi)," *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(10), (2021), 2185-2190.
- [12] Priya Pedamkar, "Prototype Model", [Internet]. Available: <https://www.educba.com/prototype-model/>