

## Purwarupa Tempat Sampah Pintar Berbasis Arduino Uno

**Sutarti<sup>1</sup>, Siswanto<sup>2</sup>, Jefri Mulyanto<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas Teknologi Informasi,  
Universitas Serang Raya, Serang - Banten  
e-mail: <sup>1</sup>sutarti86@gmail.com, <sup>2</sup>fitraakbar06@gmail.com,  
<sup>3</sup>jefrimulyanto55@gmail.com

### Intisari

Sekolah merupakan tempat penghasil sampah terbanyak setelah industri dan pasar, termasuk juga di SMK PGRI 1 Kota Serang. Rata-rata jumlah sampah yang dihasilkan adalah 50 Kg per hari. Sampah tersebut terdiri dari sampah yang masih dapat didaur ulang, sehingga pihak sekolah menyediakan tempat sampah untuk memisahkan jenis sampah organik, anorganik dan logam. Namun penempatan tempat sampah organik, anorganik dan logam yang disediakan kurang produktif dan baru berjalan sekitar 50% dalam pelaksanaannya. Permasalahan yang ditemukan adalah masih adanya sampah berbeda jenis yang tercampur dalam satu tempat.

Salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk permasalahan tersebut, yaitu dengan merancang suatu alat berupa *smart trash* pemilah sampah organik, anorganik dan logam berbasis Arduino Uno. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merealisasikan perancangan dari alat tersebut. Adapun metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan mengimplementasikan rancang bangun *smart trash* pemilah sampah organik, anorganik dan logam berbasis Arduino Uno dalam sebuah bentuk *prototype* yang memiliki *input* berupa sensor ultrasonik, LDR, dan *proximity*, serta *output* berupa LCD dan motor *servo*.

Hasil pengujian pada *input* dan *output* menunjukkan jika sensor ultrasonik dapat mengukur jarak dengan rata-rata *error* 3.9%, sensor LDR dapat mendeteksi keberadaan sampah, sensor *proximity* dapat membedakan jenis sampah, LCD dapat menampilkan teks sesuai dengan jenis sampah, dan motor *servo* dapat menggerakkan sistem mekanik alat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem kerja *smart trash* secara keseluruhan dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.

**Kata kunci** — Arduino Uno, *prototype*, sampah, sensor, *smart trash*.

## PENDAHULUAN

Sampah merupakan sisa suatu usaha atau kegiatan manusia yang berwujud padat, baik berupa zat organik maupun anorganik yang bersifat dapat terurai maupun tidak dapat terurai dan dianggap sudah tidak berguna lagi sehingga dibuang ke lingkungan [1]. Sampah banyak dihasilkan dari tempat-tempat yang menjadi pusat berkumpulnya banyak orang, salah satunya adalah sekolah termasuk di SMK PGRI 1 Kota Serang. Sekolah menjadi tempat penghasil sampah terbesar selain pasar, rumah tangga, industri dan perkantoran. Terdapat 1589 orang yang melakukan kegiatan setiap harinya (kecuali hari libur) di lingkungan SMK PGRI 1 Kota Serang yang terdiri dari siswa, guru, staf tata usaha, dan pedagang. Rata-rata jumlah sampah yang dihasilkan dari kegiatan tersebut adalah 50 Kg per hari, yang terdiri dari sampah dedaunan, kertas, plastik, sisa makanan dan logam. Sampah-sampah tersebut merupakan jenis sampah yang tergolong dapat didaur ulang (*recycle*). Oleh karena itu pihak sekolah berupaya menyediakan tempat sampah tiga warna (merah, kuning, hijau) yang bertujuan untuk memisahkan jenis sampah organik, anorganik dan logam, agar mempermudah proses pemilahan sampah untuk kemudian di-*recycle*. Namun penempatan tempat sampah organik, anorganik dan logam tersebut masih bersifat manual dan kurang produktif, sehingga dalam pelaksanaannya baru berjalan sekitar 50%. Hal ini dikarenakan kesadaran siswa-siswi di sana masih kurang untuk dapat membuang sampah pada tempatnya, ada juga sebagian siswa-siswi yang salah menempatkan sampah pada saat membuangnya (tidak sesuai dengan jenisnya).

Masalah tersebut yang menjadi dasar pemikiran peneliti untuk merancang suatu alat berupa *smart trash* (tempat sampah pintar) yang akan memilah jenis sampah organik, anorganik dan logam secara otomatis berbasis Arduino Uno. Alat ini memiliki sensor yang akan mendeteksi seseorang yang hendak membuang sampah. Dan akan menganalisis jenis bahan dasar sampah yang dibuang. Hasil analisis jenis bahan sampah selanjutnya akan ditampilkan pada LCD sebagai sarana informasi. Alat ini juga memiliki sistem mekanik yang berfungsi untuk memilah sampah.

Penelitian dan pengembangan tempat sampah pintar telah banyak dilakukan. Tingkat produktivitas dan manfaat pemasangan tong sampah organik dan anorganik dapat diketahui dengan metode *pre work sampling* dan *work sampling* [2]. Hasil penelitian menunjukkan secara keseluruhan rasio produktif adanya tong sampah organik dan anorganik sebesar 27% dan rasio tidak produktif adanya tong sampah organik dan anorganik sebesar 73%.

Sensor ultrasonik merupakan sebuah sensor yang menggunakan gelombang suara sehingga sensor dapat dipakai pada tempat-tempat dengan intensitas cahaya rendah [3]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat alat yang dapat mengukur resonansi bunyi analog menjadi digital agar lebih mudah dan akurat. Hasil penelitian menunjukkan jika sensor *parallax ping* mempunyai kemampuan mendeteksi jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik 40 KHz selama 200  $\mu$ s dan menangkap gelombang pantul. Kecepatan gelombang ultrasonik melalui udara adalah 344 m/s. Jarak terdekat objek yang dapat ditangkap adalah 2,34 cm dan jarak terjauh adalah 374 cm.

Tempat sampah memiliki dua sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai *input* dan tiga komponen *output* yaitu motor *servo*, *buzzer* dan LED [4]. Sensor pertama ditempatkan pada bagian depan tempat sampah yang berfungsi sebagai pendeteksi keberadaan objek yang berjarak kurang dari 30 cm dari sensor, sensor yang kedua ditempatkan di dalam tempat sampah untuk mendeteksi ketika sampah di dalamnya sudah terisi penuh. Sementara itu motor *servo* berfungsi sebagai penggerak tutup tempat sampah, sedangkan *buzzer* dan LED berfungsi sebagai notifikasi ketika isi tempat sampah tersebut penuh. Hasil pengujian alat

menunjukkan ketika sensor pertama mendeteksi objek yang jaraknya tidak lebih dari 30 cm, maka motor *servo* akan bergerak  $90^{\circ}$  membuka tutup tempat sampah dan akan menutup kembali ketika objek melebihi jarak 30 cm dari sensor. Sedangkan ketika sensor kedua mendeteksi objek pada jarak 15 cm meter, *buzzer* dan LED akan aktif sebagai notifikasi bahwa tempat sampah sudah penuh.

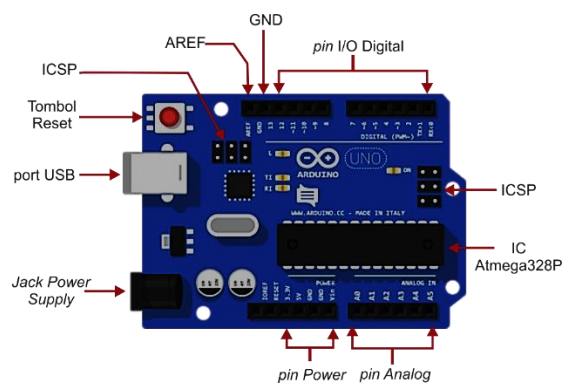
Tempat sampah dapat dirancang membuka dan menutup otomatis serta dapat membedakan jenis sampah logam dan non logam berbasis mikrokontroler AT89S52 [5]. Setelah dilakukan beberapa pengujian pada sensor-sensor yang digunakan, didapat hasil jika sensor metal dapat membaca jenis sampah pada jarak 0 – 10 mm, sedangkan sensor *infrared* dan *photodiode* dapat membaca sampah dari jarak 5 – 30 cm.

Jaringan saraf tiruan *backpropagation* dapat diimplementasikan pada alat yang dapat membedakan jenis sampah organik dan anorganik [6]. Terdapat tiga parameter sebagai lapis masukan yang digunakan untuk dapat melakukan klasifikasi berdasarkan sifat dari sampah organik dan anorganik yaitu, kandungan air di dalamnya, tingkat transparansi, dan kandungan logam. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sistem mampu memprediksi jenis sampah dengan tingkat keakuratan mencapai 90% dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk prediksi adalah 42,9 ms.

Tempat sampah otomatis dapat membedakan jenis sampah logam seperti tembaga, besi, dan kaleng minuman dengan jenis sampah non logam seperti kertas, botol plastik dan karet [7]. Hasil pengujian menunjukkan jika sensor ultrasonik dapat mendeteksi jarak objek 10 cm di depan tempat sampah. Sensor *proximity* kapasitif dapat mendeteksi jenis sampah logam dan non logam pada jarak 0-15 mm, sementara sensor *proximity* induktif dapat mendeteksi jenis sampah logam pada jarak 0-8 mm. Motor *servo* dapat bergerak membuka dan memilah sampah, penggunaan LDR sebagai pendeteksi kapasitas isi tempat sampah dapat bekerja dengan baik.

## Arduino Uno

Arduino Uno merupakan mikrokontroler dari keluarga Arduino yang menggunakan IC kontroler ATMEL Atmega328P. Terdiri dari 14 *pin* I/O digital di mana terdapat 6 *pin* yang dapat digunakan sebagai *pin output* analog atau *Pulse Width Modulation* (PWM), 6 *pin input* analog, *clock speed* 16 MHz, *port USB* (*Universal Serial Bus*) to Serial, *jack power supply*, *header ICSP* (*In Circuit Serial Programmer*) dan tombol *reset*. Pada sistem catu daya Arduino Uno memiliki dua koneksi yang dapat digunakan, yaitu melalui USB komputer dan melalui *jack power supply*. Tegangan yang digunakan pada Arduino adalah tegangan searah atau DC yang berkisar dari 7 – 12 Volt.



Gambar 1. Bagian-bagian Arduino Uno R3 [8]

### Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik merupakan suatu sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan gelombang suara terhadap suatu objek, sehingga dapat dipakai untuk mengukur jarak suatu benda dengan frekuensi tertentu [9]. Jarak dapat diukur berdasarkan dengan durasi lamanya gelombang yang memantul dari objek menuju sensor. Salah satu sensor ultrasonik yang banyak dipakai adalah sensor HC-SR04. Sensor HC-SR04 bekerja pada tegangan 5 Volt DC dan mempunyai empat *pin*, yaitu *pin* VCC untuk sumber tegangan positif, *pin* GND untuk sumber tegangan negatif, *pin trigger* untuk mengeluarkan sinyal dan *pin echo* untuk menerima sinyal pantulan dari benda.



Gambar 2. Sensor ultrasonik HC-SR04 [10]

### Sensor Proximity

Sensor *proximity* merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi ada atau tidak adanya suatu objek tanpa melakukan kontak fisik [11]. Dapat juga dikatakan bahwa sensor *proximity* adalah perangkat yang dapat mengubah informasi tentang gerakan atau keberadaan objek menjadi sinyal listrik. Sensor ini bekerja dengan memperhatikan perubahan amplitudo pada lingkungan dengan medan frekuensi tinggi. Terdapat beberapa jenis sensor *proximity*, di antaranya adalah sensor *proximity* induktif dan sensor *proximity* kapasitif. Sensor *proximity* induktif adalah sensor yang dapat mendeteksi objek yang terbuat dari bahan logam. Sensor ini pada dasarnya terdiri dari sebuah osilator, sebuah koil dengan inti ferit, rangkaian detektor, rangkaian *output*, kabel dan konektor.

### Motor Servo

Motor *servo* merupakan motor dengan sistem umpan balik yang dapat mengatur posisi motor [12]. *Servo* dapat berputar sampai 180°, meskipun ada juga jenis *servo* yang dapat berputar sampai 360°. *Servo* terdiri dari motor DC kecil, *gear box* pengurang kecepatan, poros potensiometer *encoder* dan rangkaian *driver* motor. Rangkaian *driver* motor inilah yang menerima sinyal *input* pulsa dan kemudian menerjemahkannya ke dalam gerakan motor. Sinyal yang digunakan *servo* adalah pulsa listrik yang dihasilkan dengan ketepatan waktu yang presisi dari 1 – 2 ms. *Servo* bekerja pada tegangan 4,8 – 6 VDC dengan torsi yang berbeda-beda untuk setiap jenisnya.



Gambar 3. Motor *servo* SG90 [13]

**Relay**

*Relay* adalah komponen yang dapat digunakan sebagai sakelar elektronik. Secara singkat, cara kerja *relay* adalah memanfaatkan magnet buatan untuk memicu kontak dari keadaan *off* menjadi *on*, atau sebaliknya [13]. *Relay* terdiri dari *coil* dan kontak bantu *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC). *Relay* dapat bekerja dengan tegangan mulai dari 5 – 36 VDC. *Relay* biasa digunakan sebagai kontak tambahan yang berfungsi untuk mengalirkan tegangan atau arus listrik yang tidak dapat dialirkan melalui Arduino. Karena arduino hanya dapat menghasilkan tegangan sebesar 5 VDC, maka untuk dapat mengalirkan tegangan yang lebih dari 5 VDC diperlukan kontak bantu *relay*. Salah satu modul *relay* yang dapat digunakan dengan Arduino adalah modul *relay 5 V dual channel*.

**METODE PENELITIAN**

**Alat dan Bahan**

Dalam penelitian ini memerlukan beberapa *hardware* seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Alat dan Bahan Tempat Sampah Pintar

No	Alat dan Bahan	Spesifikasi
1.	Arduino Uno	Mikrokontroler ATmega328 P Tegangan Pengoperasian : 5V Tegangan Input (Rekomendasi) : 7-12V Batas Tegangan Input : 6-20V Pin I/O Digital : 14 Pin Digital PWM : 6 Pin Input Analog : 6 Arus DC Tiap Pin I/O : 20 mA Arus DC untuk pin 3.3V : 50 mA Flash Memory : 32 KB SRAM : 2 KB EEPROM : 1 KB Clock Speed : 16 MHz LED_BUILTIN : 13 Panjang : 68.6 mm Lebar : 53.4 mm Berat : 25 g
2.	<i>Relay Arduino</i>	input logic supply : 5V max tegangan AC : 250 V, 10A max tegangan DC : 30 V, 10A Indikator tegangan : Led hijau Indikator relay : Led merah dimensi : 48mm x 18mm x 20mm COM : Common NC : Normally Close

		NO : Normally Open
3.	Modul <i>step down</i> LM2596	Input voltage : DC 3V - 40V Output voltage : DC 1.5V - 35V Arus max : 3 A Ukuran board : 42 mm x 20 mm x 14 mm
4.	Sensor ultrasonik HC-SR04	Input tegangan : 5V DC Arus : <2 mA Frekuensi kerja : 40 KHz Jarak maksimum : 5 meter Jarak minimum : 2 centimeter Tingkat untuk kepresisian pengukuran = ± 3mm Sudut pengukuran : <15° Input sinyal tigger : us pulsa TTL Output sinyal echo : Sinyal level TTL Dimensi modul : 45*20*15 mm
5.	Sensor LDR	Tegangan maksimum (DC) : 150V Konsumsi arus maksimum : 100mW Tingkatan Resistansi/Tahanan : 10Ω sampai 100KΩ Puncak spektral : 540nm Waktu Respon Sensor : 20ms – 30ms Suhu operasi : -30° Celsius – 70° Celcius
6.	Sensor <i>proximity</i> kapasitif LJC18A3-B-Z/AX	Tegangan DC : 6 -36 Volt Tipe : 3 kabel NPN Material : Metal Dimensi : M18 Jarak Deteksi : 1-10mm M18 : 3 kabel DC NPN
7.	Sensor <i>proximity</i> induktif LJ12A3-4-Z/BY	Diameter : 12mm Jarak Deteksi : 4mm Suplai tegangan : DC 6-36V Arus Output : 300mA Frekuensi : 0.5KHz Temperatur operasi : -25°C to +55°C Ukuran : 6.2 x 2cm Panjang Kabel : 110cm Berat : 46g
8.	LCD CHARACTER 16X02/16X2/1602/1602A	Tampilan 2 baris @ 16 karakter, 5 x 8 pixel Display controller: HD44780 (standar industri LCD) Dilengkapi lampu latar warna biru/hijau/kuning Sudut pandang lebar dengan tingkat kontras yang dapat diatur dan terlihat jelas Tegangan kerja: 5V DC Dimensi modul: 80 x 36 x 12 mm Dimensi layar tampilan: 64,5 mm x 16 mm

9	Motor <i>servo</i> SG90S	Tegangan Operasi : 4.8V~6.0V Kecepatan Operasi : 0.12sec/60 degree Torsi Output : 1.6kg/cm 4.8V Dimensi : 21.5 x 11.8 x 22.7mm Berat : 9g
10.	Motor <i>servo</i> MG996R	Berat :- 55g Dimensi : 40.7*19.7*42.9mm Torsi : 10kg/cm Kecepatan : 0.20sec/60degree(4.8v) Tegangan Operasi : 4.8-7.2V

### Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Perencanaan input
2. Perencanaan proses
3. Perencanaan output
4. Perencanaan rangkaian keseluruhan
5. Pengujian

### Perencanaan *Input*

Perencanaan *input* dilakukan untuk menentukan komponen masukan apa saja yang dapat digunakan pada alat sesuai dengan kebutuhan fungsi masukan dari sistem kerja alat yang akan dibuat. Dalam hal ini, fungsi yang dimaksud adalah untuk mendeteksi keberadaan objek di depan alat, keberadaan sampah di dalam alat dan jenis bahan dasar sampah yang dibuang.

### Perencanaan Sensor Ultrasonik

Perencanaan sensor ultrasonik dilakukan untuk menentukan posisi sensor dan konfigurasi *pin* pada Arduino yang digunakan oleh sensor tersebut. Sensor ultrasonik yang digunakan adalah sensor HC-SR04 yang memiliki empat *pin*, sensor ini ditempatkan pada bagian depan alat agar dapat mengukur jarak seseorang yang mendekat pada alat.

### Perencanaan Sensor LDR

Sensor LDR yang digunakan pada alat ini memiliki ukuran 4 mm yang ditempatkan sejajar dengan LED laser di dalam alat. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan cahaya dari laser dan berfungsi untuk mendeteksi keberadaan sampah yang dibuang di dalam alat. LDR memiliki dua kaki sebagai *input* dan *output* dimana salah satu kakinya dihubungkan dengan *pin* analog Arduino.

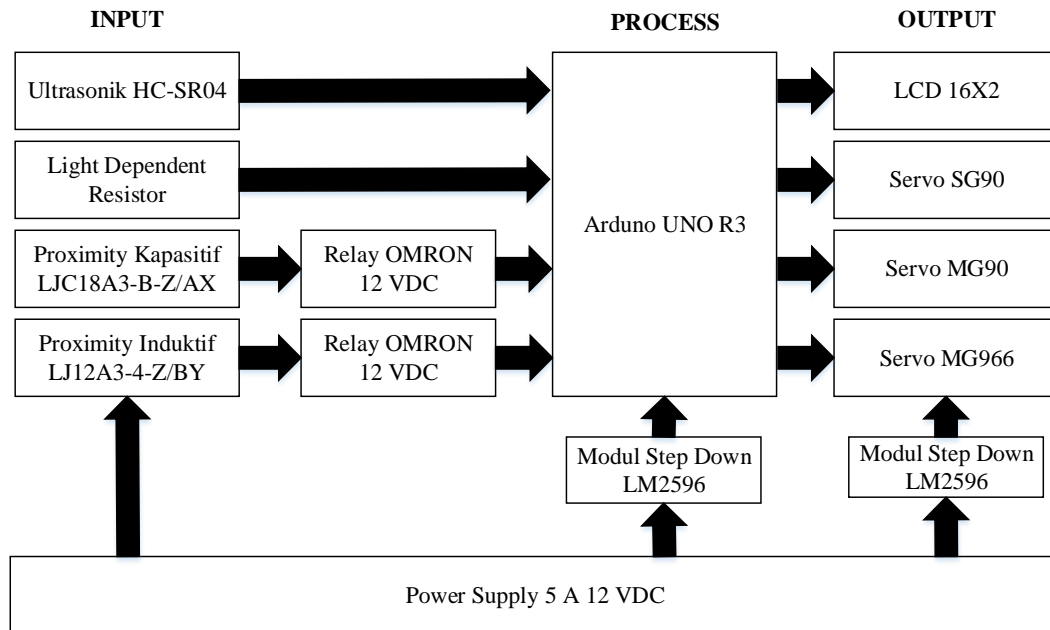
### Perencanaan Sensor *Proximity*

Perencanaan sensor *proximity* dilakukan untuk menentukan rangkaian *wiring* sensor dan posisi sensor agar dapat membaca jenis bahan dasar sampah yang dibuang pada alat. Sensor *proximity* yang digunakan terdiri dari dua jenis yaitu, *proximity* kapasitif LJC18A3-B-Z/AX dan *proximity* induktif LJ12A3-4-Z/BY. Kedua sensor ini ditempatkan pada bagian tengah di dalam alat, agar ketika ada sampah masuk, maka sampah tersebut akan jatuh di atas sensor. Kemudian untuk rangkaian *wiring* sensor, dikarenakan kedua sensor *proximity* bekerja pada tegangan 12 Volt sementara *pin* digital Arduino hanya dapat menerima sinyal pada tegangan 0 – 5 Volt, maka dibutuhkan kontak bantu NO dan NC *relay* untuk mengirim

sinyal masukan pada *pin* digital Arduino. Sedangkan kedua sensor *proximity* hanya berfungsi untuk mengaktifkan dan menonaktifkan *coil relay*.

### Blok Diagram

Berikut ini adalah gambar blok diagram alat yang mewakili keseluruhan sistem yang digunakan pada perancangan *smart trash* pemilah sampah organik, anorganik dan logam berbasis Arduino Uno.



Gambar 4. Blok diagram alat

### Perencanaan Proses

Perencanaan *process* dilakukan untuk menentukan kontroler pada alat yang dapat membaca nilai masukan dari komponen *input* berupa sensor ultrasonik, LDR, *proximity* kapasitif dan *proximity* induktif serta memproses nilai tersebut menjadi suatu gerakan atau tampilan yang dilakukan oleh komponen *output* berupa tiga buah *servo* dan satu LDC 16x2. Selain itu kontroler yang digunakan juga harus memiliki spesifikasi dan jumlah *pin I/O* yang memadai, adapun kontroler yang digunakan untuk alat ini adalah Arduino Uno. Arduino Uno memiliki jumlah *pin* yang cukup untuk keperluan komponen *input* dan komponen *output* yang digunakan pada alat.

### Perencanaan Output

Perencanaan *output* dilakukan untuk menentukan komponen keluaran apa saja yang dapat digunakan pada alat sesuai dengan kebutuhan fungsi keluaran dari sistem kerja alat yang akan dibuat. Dalam hal ini, fungsi yang dimaksud adalah untuk menampilkan informasi jenis sampah, membuka dan menutup tutup tempat sampah, memilah sampah, dan menempatkan sampah. Komponen keluaran yang digunakan pada alat untuk memenuhi fungsi-fungsi tersebut antara lain:

1. LCD 16x2, berfungsi untuk menampilkan informasi berupa teks dari jenis bahan sampah yang telah terdeteksi oleh alat.
2. Motor *servo* SG90S, berfungsi sebagai penggerak untuk membuka dan menutup tutup tempat sampah.



3. Motor *servo* MG90S, berfungsi sebagai penggerak penampung sampah untuk menempatkan sampah yang telah dipilah.
4. Motor *servo* MG996R, berfungsi sebagai penggerak wadah pemisah sampah untuk memilah sampah sesuai jenisnya.

### **Perencanaan Program**

Perencanaan program dilakukan untuk membuat *sketch* program yang berfungsi untuk mengatur komponen *input*, *process* dan *output* sesuai dengan prinsip kerja dari *smart trash* pemilah sampah organik, anorganik dan logam berbasis Arduino Uno. Perancangan *sketch* program dibuat melalui aplikasi Arduino IDE menggunakan sistem operasi Windows 10. Selanjutnya program akan di-*compile* dan di-*upload* ke *board* Arduino Uno.

### **Pengujian Hardware**

Pengujian *hardware* merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat keras yang digunakan pada alat dapat berfungsi dengan baik. Pengujian ini dilakukan pada masing-masing komponen *hardware* yang terdapat pada alat, mulai dari komponen *input*, *process* dan *output*. Adapun komponen *hardware* yang diuji antara lain:

1. Sensor ultrasonik HC-SR04.
2. Sensor LDR.
3. Sensor *proximity* kapasitif LJC18A3-B-Z/AX
4. *Proximity* induktif LJ12A3-4-Z/BY.
5. Arduino Uno.
6. LCD 16x2.
7. Motor *servo*.

### **Pengujian Software**

Pengujian *software* merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah *sketch* program yang telah dibuat sudah benar dan tidak terdapat *error* di dalamnya agar dapat di-*upload* ke Arduino Uno. Pengujian ini dilakukan menggunakan aplikasi Arduino IDE versi 1.8.9 pada sistem operasi Windows 10.

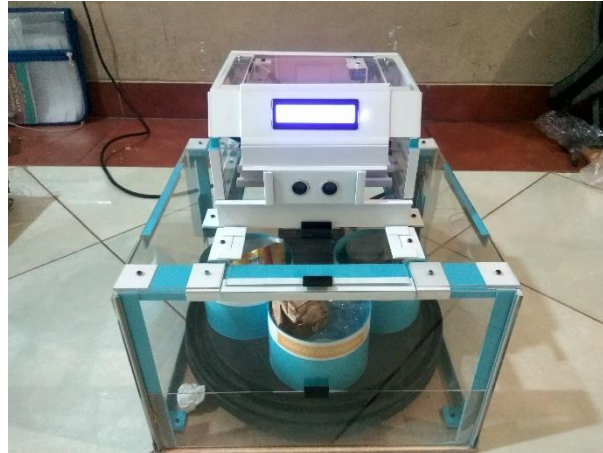
### **Pengujian Sistem Kerja Alat**

Pengujian sistem kerja alat merupakan pengujian untuk mengetahui sistem kerja dan fungsi alat secara keseluruhan, apakah sudah sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan percobaan untuk membuang sampah satu per satu dengan jenis organik, anorganik atau logam seperti bekas kaleng minuman, lap, daun, buah mangga, biji ketapang, kertas, botol plastik, tisu dan batang pohon pada *smart trash*.

Percobaan dilakukan dengan cara berjalan menuju *smart trash* dan berhenti pada jarak kurang dari 50 cm di depan alat. Tutup *smart trash* akan terbuka secara otomatis selama tiga detik. Setelah tiga detik, tutup *smart trash* akan menutup kembali. Selanjutnya sampah yang dibuang masuk akan dideteksi oleh sensor LDR yang terpasang pada bagian dalam alat. Jika tidak terdapat sampah, maka LCD akan menampilkan teks “tidak ada sampah”.

Jika sensor LDR mendeteksi keberadaan sampah, maka proses yang selanjutnya dilakukan adalah mendeteksi jenis bahan sampah. Jenis sampah akan dideteksi oleh sensor *proximity* kapasitif dan induktif yang terdapat pada bagian penampung sampah di dalam *smart trash*. Jenis sampah yang telah terdeteksi oleh sensor *proximity* kapasitif dan induktif akan diinformasikan melalui LCD 16x2. Proses selanjutnya adalah motor *servo* 3 pada *smart trash* akan memilah sampah yang telah terdeteksi jenisnya dengan cara menggerakkan wadah penampung sampah yang berada pada bagian bawah *smart trash* sesuai dengan jenis sampah yang terdeteksi. Dan proses terakhir adalah motor *servo* 2 akan menggerakkan penampung sampah pada posisi miring sehingga sampah akan terjatuh pada wadah

penampung sampah. Pengujian sistem kerja alat ini dilakukan secara berulang kali dengan beberapa sampel jenis sampah organik, anorganik dan logam yang telah disiapkan.



Gambar 5. *Smart trash* pemilah sampah organik, anorganik dan logam

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian

#### Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sensor ultrasonik dalam mendeteksi keberadaan seseorang yang berada di depan alat, jarak hasil pengukuran oleh sensor kemudian akan dibandingkan dengan jarak sebenarnya untuk mengetahui selisih pengukuran. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan objek di depan sensor pada jarak tertentu. Hasil pengukuran jarak oleh sensor selanjutnya akan ditampilkan melalui *serial monitor* pada Arduino IDE.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04

Jarak Sebenarnya (cm)	Pengukuran dengan Sensor (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
5	4	1	20
10	10	0	0
20	20	0	0
30	31	1	3,3
40	39	1	2,5
50	49	1	2
60	61	1	1,6
70	72	1	1,4
<b>Rata – rata error</b>			<b>3,9</b>

Hasil pengujian sensor HC-SR04 pada tabel 2, membuktikan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik, dengan selisih jarak *error* rata-rata 3,9%.

#### Pengujian Sensor LDR

Pengujian sensor LDR dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sensor LDR dalam mendeteksi keberadaan sampah yang berada di dalam *smart trash*. Pengujian dilakukan dengan cara menempatkan sampah diantara sensor LDR dan laser LED yang terpasang pada sisi penampung. Nilai *output* sensor LDR selanjutnya akan dibaca oleh

Arduino. Hasil pengujian oleh sensor akan ditampilkan melalui *serial monitor* pada Arduino IDE. Data hasil pengujian oleh sensor LDR yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian sensor LDR

Nilai <i>Output</i> LDR	Hasil Deteksi	Kondisi Sebenarnya	Keterangan
510	Tidak ada sampah	Tidak ada sampah	Sesuai
520	Tidak ada sampah	Tidak ada sampah	Sesuai
530	Tidak ada sampah	Tidak ada sampah	Sesuai
497	Ada sampah	Ada sampah	Sesuai
496	Ada sampah	Ada sampah	Sesuai
495	Ada sampah	Ada sampah	Sesuai

Hasil pengujian sensor LDR pada tabel 3, membuktikan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik dalam mendeteksi keberadaan sampah yang terdapat di dalam *smart trash*.

### Pengujian Sensor *Proximity*

Pengujian sensor *proximity* dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sensor dalam mendeteksi jenis bahan sampah yang berada di dalam *smart trash*. Pengujian dilakukan dengan cara menempatkan beberapa jenis sampah di atas sensor *proximity* kapasitif dan induktif yang terdapat pada penampang. Nilai hasil pengujian oleh sensor *proximity* selanjutnya akan ditampilkan melalui *serial monitor* pada Arduino IDE.

Tabel 4. Hasil pengujian sensor *proximity*

Jenis Sampah	Nilai Sensor <i>Proximity</i>		Hasil Pembacaan Jenis Sampah	Keterangan
	Kapasitif	Induktif		
Kertas HVS	1	1	Anorganik	Sesuai
Kaleng minuman	0	0	Logam	Sesuai
Buah mangga	0	1	Organik	Sesuai
Batang kayu	0	1	Organik	Sesuai
Dedaunan	0	1	Organik	Sesuai
Botol plastik	1	1	Anorganik	Sesuai
Tisu bekas	1	1	Anorganik	Sesuai
Lap bekas	1	1	Anorganik	Sesuai
Kantong plastik	1	1	Anorganik	Sesuai
Tahu	0	1	Organik	Sesuai
Tempe	0	1	Organik	Sesuai
Paku	1	0	Logam	Sesuai
Plat besi	0	0	Logam	Sesuai

Hasil pengujian sensor *proximity* kapasitif dan induktif pada tabel 4, membuktikan bahwa sensor *proximity* kapasitif dan induktif dapat bekerja dengan baik dalam membedakan jenis sampah yang dibuang pada *smart trash*.

### Pengujian *Servo*

Pengujian motor *servo* dilakukan untuk mendapat sudut putaran yang tepat agar *servo* yang digunakan dapat melakukan gerakan yang akurat sebagai penggerak sistem mekanik pada *smart trash*. Pengujian ini dilakukan pada ketiga motor *servo* yang terpasang pada alat. Adapun fungsi dari ketiga motor *servo* ini adalah sebagai berikut:

1. *Servo* 1, berfungsi sebagai penggerak tutup *smart trash*.

2. *Servo 2*, berfungsi sebagai penggerak penampung sampah pada *smart trash*.
3. *Servo 3*, berfungsi sebagai penggerak wadah penampung sampah pada *smart trash*.

Hasil pengujian dari ketiga motor *servo* ini dapat dilihat pada tabel 5, 6 dan 7.

Tabel 5. Hasil pengujian *servo 1*

<b>Syntax</b>	<b>Sudut putar</b>	<b>Posisi Tutup</b>	<b>Keterangan</b>
Servo_1.write(180);	175°	Terbuka penuh	Sesuai
Servo_1.write(100);	99°	Terbuka separuh	Tidak sesuai
Servo_1.write(80);	80°	Tertutup	Sesuai
Servo_1.write(40);	40°	Tertutup melewati batas	Tidak sesuai
Servo_1.write(0);	0°	Tertutup melewati batas	Tidak sesuai

Berdasarkan data hasil pengujian *servo 1* pada tabel 5, didapat jika sudut putar *servo 1* yang paling tepat untuk membuka tutup *smart trash* berada pada sudut 180°. Sedangkan sudut yang tepat untuk menutup tutup *smart trash* adalah pada sudut 80°.

Tabel 6. Hasil pengujian *servo 2*

<b>Syntax</b>	<b>Sudut Putar</b>	<b>Posisi Penampung</b>	<b>Keterangan</b>
Servo_2.write(100);	99°	Terlalu ke atas	Tidak sesuai
Servo_2.write(85);	85°	Horizontal	Sesuai
Servo_2.write(45);	45°	Kurang miring	Tidak sesuai
Servo_2.write(0);	0°	Kemiringan cukup	Sesuai

Dari hasil pengujian yang terdapat pada tabel 6, didapat data yang menunjukkan posisi untuk penampung sampah. Posisi yang diharapkan untuk pergerakan penampung adalah harus memiliki kemiringan yang cukup agar sampah bisa terjatuh pada wadah penampung sampah dan berada pada posisi horizontal saat kembali ke posisi semula. Sehingga konfigurasi untuk sudut putar yang digunakan pada motor *servo 2* berada pada sudut 85° untuk posisi horizontal dan 0° untuk posisi miring.

Tabel 7. Hasil pengujian *servo 3*

<b>Syntax</b>	<b>Sudut Putar</b>	<b>Posisi Wadah</b>		
		<b>Organik</b>	<b>Anorganik</b>	<b>Logam</b>
Servo_3.write(0);	0°	Tidak sesuai	Tidak sesuai	Tidak sesuai
Servo_3.write(15);	15°	Belakang	Samping kanan	Tengah
Servo_3.write(45);	45°	Tidak sesuai	Tidak sesuai	Tidak sesuai
Servo_3.write(90);	90°	Samping kanan	Tengah	Samping kiri
Servo_3.write(120);	120°	Tidak sesuai	Tidak sesuai	Tidak sesuai
Servo_3.write(160);	155°	Tidak sesuai	Tidak sesuai	Tidak sesuai
Servo_3.write(175);	170°	Tengah	Samping kiri	Belakang

Dari hasil pengujian yang terdapat pada tabel 7, didapat data yang menunjukkan posisi untuk masing-masing wadah penampung sampah. Posisi yang sesuai untuk wadah penampung sampah adalah berada pada posisi tengah, sehingga konfigurasi untuk sudut putar yang digunakan pada motor *servo 3* adalah 15° untuk posisi wadah logam, 90° untuk posisi wadah anorganik dan 175° untuk posisi wadah organik.

### Pengujian Sistem Kerja Alat Keseluruhan

Hasil pengujian dari sistem kerja alat secara keseluruhan diambil dari beberapa percobaan untuk membuang sampah jenis organik, anorganik dan logam pada *smart trash*. Pengujian sistem kerja alat ini dilihat dari fungsi yang dapat dikerjakan oleh masing-masing komponen *input*, *process* dan *output* yang telah diprogram sesuai dengan rancangan alat yang dibuat. Hasil dari pengujian sistem kerja alat secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengujian sistem kerja alat

Jenis Sampah	Ultrasonik (cm)	LDR (nilai)	Sensor Proximity (logika)		LCD (teks)	Motor servo (°)		
			Kapasitif	Induktif		1	2	3
Kertas	48	0	1	1	Anorganik	180	0	90
Kaleng	40	0	0	0	Logam	180	0	15
Buah mangga	37	0	0	1	Organik	180	0	175
Batang kayu	35	0	0	1	Organik	180	0	175
Dedaunan	29	0	0	1	Organik	180	0	175
Botol plastik	28	39	1	1	Anorganik	180	0	90
Tisu	24	1	1	1	Anorganik	180	0	90
Lap bekas	22	0	1	1	Anorganik	180	0	90
Kantong plastik	22	3	1	1	Anorganik	180	0	90
Tahu	20	0	0	1	Organik	180	0	175
Tempe	18	0	0	1	Organik	180	0	175
Plat besi	7	0	0	0	Logam	180	0	15
Tidak ada sampah	10	505	-	-	-	180	85	-
Tidak ada sampah	143	-	-	-	-	-	-	-

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan oleh tabel 8, dapat disimpulkan jika secara keseluruhan sistem kerja alat ini dapat berfungsi dengan baik untuk memilah secara otomatis jenis bahan sampah yang dibuang ke dalam alat sesuai dengan rancangan dan program yang telah dibuat.

### Analisis Hasil

Setelah melalui serangkaian pengujian pada *hardware* dan *software* serta pengujian sistem kerja alat dan ketahanan alat terkait dengan rancang bangun *smart trash* pemilah sampah organik, anorganik dan logam berbasis Arduino Uno, didapat hasil yang menunjukkan jika secara keseluruhan *smart trash* ini dapat berfungsi dengan baik untuk memilah jenis sampah organik, anorganik dan logam. Selain memiliki kelebihan untuk dapat memilah jenis sampah secara otomatis, *smart trash* ini juga memiliki beberapa kekurangan.

Adapun kelebihan dari *smart trash* pemilah sampah organik, anorganik dan logam berbasis Arduino Uno ini adalah sebagai berikut:

1. Alat ini dapat memilah jenis sampah organik, anorganik dan logam secara otomatis berdasarkan jenisnya.

2. Alat ini menggunakan perangkat mikrokontroler berupa Arduino Uno yang mudah dikembangkan untuk penelitian lebih lanjut dikemudian hari.
3. LCD dapat menampilkan informasi jenis sampah secara otomatis dan komunikatif pada saat proses kerja alat.
4. Alat ini dapat mendeteksi keberadaan sampah di dalamnya, sehingga lebih efisien untuk proses dalam pemilahan sampah.

Sementara kekurangan dari *smart trash* pemilah sampah organik, anorganik dan logam berbasis Arduino Uno ini adalah sebagai berikut:

1. Alat ini masih berupa *prototype* sehingga banyak evaluasi yang masih perlu dilakukan agar siap untuk diimplementasikan.
2. Alat ini tidak dapat memilah sampah yang berbeda jenis dalam waktu yang bersamaan.
3. Diperlukan posisi yang pas pada saat meletakkan sampah di dalam alat agar dapat terbaca dengan baik oleh sensor *proximity*.
4. Diperlukan rangkaian *supply* tegangan baru yang lebih efisien dalam pembagian daya untuk IC 7805 agar dapat berjalan dengan stabil.
5. Sensor *proximity* kapasitif pada alat ini kurang sensitif pada saat mendeteksi jenis sampah organik yang berukuran kecil dan terlalu kering.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan *smart trash* pemilah sampah organik, anorganik dan logam berbasis Arduino Uno telah berhasil dibuat dalam bentuk *prototype* alat yang terdiri dari sensor ultrasonik HC-SR04, sensor LDR, sensor *proximity* kapasitif, sensor *proximity* induktif, LCD 16x2 dan tiga buah motor *servo*.
2. *Smart trash* ini dapat bekerja dengan cara mendeteksi keberadaan seseorang yang akan membuang sampah pada jarak kurang dari 50 cm dengan sensor ultrasonik. Setelah itu tutup *smart trash* akan terbuka dan tertutup secara otomatis setelah 3 detik. Sampah yang dibuang ke dalam alat akan terdeteksi oleh sensor LDR, kemudian jenis sampah akan dideteksi oleh sensor *proximity* kapasitif dan *proximity* induktif. Selanjutnya LCD akan menampilkan jenis sampah dan sampah akan ditempatkan pada bak penampung sampah yang terdapat pada bagian *smart trash* sesuai dengan jenisnya.
3. Secara keseluruhan sistem kerja dari *smart trash* pemilah sampah organik, anorganik dan logam berbasis Arduino Uno dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.

## SARAN

Berikut beberapa saran untuk pengembangan alat ke depannya, di antaranya:

1. Alat ini belum bisa memilah sampah yang berbeda jenis secara bersamaan sehingga perlu ditambahkan fungsi pada alat agar dapat bekerja secara maksimal.
2. Alat ini membutuhkan sensor yang lebih sensitif untuk mendeteksi jenis sampah organik yang berukuran kecil dan kering.
3. Akan lebih menarik jika pada alat ini ditambahkan roda penggerak agar alat dapat bergerak menghampiri seseorang yang terlihat membuang sampah sembarangan.

4. Alat ini belum memiliki sistem *monitoring* dan kendali lewat jaringan internet atau perangkat *mobile* sehingga perlu penambahan sistem *internet of things*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yuwono, Nasih Widya. (2010). “Pengelolaan Sampah yang Ramah Lingkungan di Sekolah.” *Makalah* pada Pelatihan Pengembangan Sekolah Hijau untuk guru-guru SMK RSBI se-DIY, Yogyakarta. DIY.
- [2] Cahyawati, Amanda Nur. (2016). “Analisis Pemanfaatan Tong Sampah Organik dan Anorganik dengan Metode *Work Sampling*.” *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI)*. Vol. 8. 282-285.
- [3] Budiarmo, Z. dan Prihandono, A. (2015). “Implementasi Sensor Ultrasonik Untuk Mengukur Panjang Gelombang Suara Berbasis Mikrokontroler.” *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*. Vol. 20. No. (2). 171-177.
- [4] Afriyanto, *et al.* (2017). “Perancangan dan Pembuatan *Smart Trash Bin* Berbasis Arduino Uno di Universitas Maarif Hasyim Latif.” *Teknika: Engineering and Sains Journal*. Vol. 1. No. (2). 101-110.
- [5] Purba, M. A., *et al.* (2018). “Rancangan Sistem Otomatis Buka Tutup Bak Sampah Berbasis Mikrokontroler AT89S52 dan Sensor Metal Detektor.” *Journal of Electrical and System Control Engineering*. Vol. 2. No. (1). 13-20.
- [6] Fantara, F. P., *et al.* (2018). “Implementasi Sistem Klasifikasi Sampah Organik dan Anorganik dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation*.” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. Vol. 2. No. (11). 5577-5586.
- [7] Aritonang, P., *et al.* (2017). “Rancang Bangun Alat Pemisah Sampah Cerdas Otomatis.” *SNITT – Politeknik Negeri Balikpapan*. Vol. 2. 375-381.
- [8] Novianto, Andi. (2017). *Sistem Komputer untuk SMK/SMA Kelas X*. Jakarta: Erlangga.
- [9] Margolis, Michael. (2013). *Make an Arduino – Controlled Robot*. United State of America: O’reilly Media Inc.
- [10] Santoso, Hari. (2015). *Panduan Praktis Arduino Untuk Pemula*. [Online]. Tersedia: <https://project.elangsakti.com/ebook-monster-arduino-1/> [1 Januari 2019].
- [11] Karim, Syaiful. (2013). *Sensor dan Aktuator Untuk SMK/MAK Kelas XI Semester 1*. Malang: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- [12] McRoberts, Michael. (2010). *Beginning Arduino*. United State of America: Apress.
- [13] Santoso, Hari. (2017). *Monster Arduino Paduan Praktis Belajar Arduino Untuk Pemula*. [Online]. Tersedia: <https://project.elangsakti.com/ebook-monster-arduino-2/> [1 Januari 2019].