

Rancang Bangun Sistem Robot Pemilah Sampah Anorganik dengan Inductive Proximity dan LDR Sebagai Sensor

Elfirza Rosiana, Rizky Perdana*

Fakultas Teknik, Teknik Elektro, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia

Email: ¹dosen00689@unpam.ac.id, ^{2,*}rizkyperdana777@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: rizkyperdana777@gmail.com

Submitted:31/07/2022; Accepted:10/09/2022; Published: 30/09/2022

Abstrak—Keberadaan sampah dari hari ke hari selalu mengalami kenaikan. Di tahun 2019 sampah di Indonesia mencapai 98 juta ton. Pengelompokan sampah yang tidak dilakukan dengan baik dapat menghambat pengelolaan sampah. Sehingga perlu dibuat sistem yang dapat memilah sampah sesuai jenisnya agar pengelompokan sampah menjadi lebih praktis dan proses daur ulang dapat mudah dilakukan. Pada penelitian ini, dibuat robot pemilah sampah anorganik yang dapat digunakan sebagai tempat sampah otomatis yang dapat memilah dan menempatkan sampah anorganik sesuai dengan jenisnya. Sistem ini bekerja dengan melibatkan inductive proximity sensor untuk mendeteksi sampah logam dan sensor light dependent resistor (LDR) yang dilengkapi dengan laser untuk mendeteksi sampah kertas dan sampah plastik. Dari hasil pengujian terhadap alat, diperoleh keakuratan deteksi jenis sampah untuk sampah logam, sampah kertas dan sampah plastik berturut-turut adalah 84%, 88% dan 90%. Sedangkan rata-rata respon time dari robot pemilah sampah non-organik dalam mendeteksi setiap jenis sampahnya adalah 2,15028 second untuk sampah logam, 2,15014 second untuk sampah kertas dan 2,15028 second untuk sampah plastik.

Kata Kunci: Inductive Proximity Sensor; Light Dependent Resistor; Robot Pemilah Sampah; Respon Time

Abstract—The existence of garbage from day to day has always increased. In 2019, waste in Indonesia reached 98 million tons. Problems that arise because management of waste that is not done well, can hinder waste management. It is necessary to create a system that can sort waste according to its type so that the grouping of waste becomes more practical and the recycling process can be done easily. In this research, inorganic waste sorting robot was created that can be used as an automatic trash can that can sort and place inorganic waste according to its type. This system works by involving an inductive proximity sensor to detect metal waste and a light dependent resistor sensor equipped with a laser to detect metal waste, paper and plastic waste. From the results of testing on the tool, the accuracy of the detection of waste types for metal waste, paper waste and plastic waste is 84%, 88% and 90%, respectively. While the average response time of the non-organic waste sorting robot in detecting each type of waste is 2.15028 seconds for metal waste, 2.15014 seconds for paper waste and 2.15028 seconds for plastic waste.

Keywords: Inductive Proximity Sensor; Light Dependent Resistor; Garbage Sorter Robot; Respon Time

1. PENDAHULUAN

Sampah saat ini menjadi masalah serius yang dihadapi mayoritas masyarakat Indonesia. Setiap hari sampah terus menerus di hasilkan oleh industry, rumah tangga, pertanian dan peternakan, baik itu sampah anorganik maupun organik. Semakin bertambahnya jumlah penduduk, maka semakin bertambah pula produksi sampah, laju bertambahnya sampah sebanding dengan laju pertambahan penduduk[1]. Peningkatan sampah tersebut juga disebabkan karena urbanisasi dan industrialisasi [2]. Salah satu permasalahan klasik kota adalah kebiasaan masyarakatnya yang tidak peduli dengan kebersihan lingkungannya. Kesadaran membuang dan mengelola sampah dengan baik masih belum menjadi pertimbangan penting. Hal ini didasarkan pada dua hal. Pertama adalah kondisi fasilitas sampah yang kurang dari segi kualitas dan kuantitas, dan yang kedua adalah pola pikir masyarakat yang masih menganggap pembuangan sampah yang paling praktis dengan membiarkannya tergeletak di pinggir jalan atau membuangnya ke sungai [3]. Padahal kebiasaan buruk ini dapat memberikan efek negatif bagi lingkungan dan bumi.

Tempat sampah merupakan tempat untuk menampung sementara material sisa yang tidak digunakan. Tempat sampah umumnya hanya terpisah antara sampah organik dan anorganik. Sampah anorganik masih tercampur dalam satu wadah tempat sampah. Sampah anorganik yang tercampur ini, menyulitkan ketika ingin melakukan daur ulang. Selama ini masih banyak masyarakat yang membuang sampah tidak sesuai golongan sampah, padahal sudah diberikan wadah sampah sesuai golongan jenis sampahnya, misalnya golongan logam, kertas dan plastik. Masyarakat yang awam kesulitan dalam membuang sampah berdasarkan jenisnya, meskipun sudah diberikan perbedaan pada tempat sampah itu baik dalam tulisan maupun melalui warna tempat sampahnya. Beberapa orang juga enggan membuka tutup tempat sampah dikarenakan takut terkontaminasi kuman dari penutup tempat sampah. Hal ini semakin berbahaya bagi lingkungan.

Tuti Hendrawati Mintarsih selaku Dirjen Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3 KLKH menyebut total sampah di Indonesia tahun 2019 mencapai angka 68 juta ton [4]. Berkembangnya isu pemanasan global akhirnya membuat masyarakat dan perusahaan-perusahaan di dunia mulai menyadari bahwa hal-hal yang mereka pakai dan cara mereka membuangnya dapat menjadi dampak besar pada dunia. Sehingga penelitian dan pengembangan produk untuk mengurangi dampak tersebutpun bermunculan. Salah satunya adalah penggunaan teknologi dalam pengelolaan sampah, mulai dari media pembuangan, pengangkutan hingga pengolahan. Tempat sampah pintar dapat mempengaruhi pola pikir masyarakat dalam membuang sampah pada tempatnya. Dan merupakan salah satunya dari banyak solusi untuk mengatasi orang yang masih memiliki pola pikir membuang sampah sembarangan[5][6].

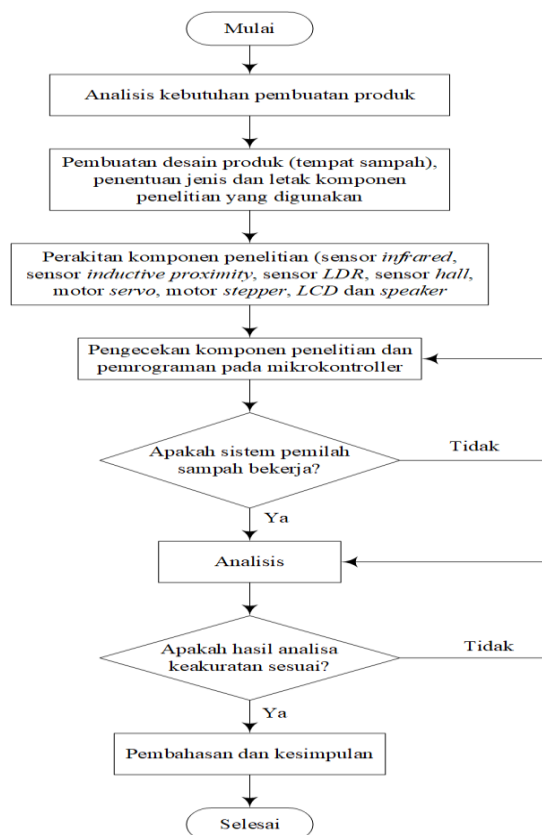
Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya terkait permasalahan sampah antara lain, Desain tempat sampah pintar yang dapat membuka tutup pintu otomatis ketika ada orang yang ingin membuang sampah, mendeteksi adanya bau lalu membunyikan *buzzer* untuk memberitahu bahwa sampah telah mengganggu indera penciuman dan memberitahukan tempat sampah sudah penuh sehingga petugas akan lebih tepat waktu dalam mengosongkan sampah[7]. Desain Pemilahan Sampah Otomatis yang dapat mengklasifikasikan sampah jenis logam dan non logam menggunakan *inductive proximity sensor* dan *capacitive proximity sensor* dengan ukuran sampah yang ditentukan lebih dari 5 cm dilengkapi dengan notifikasi Suara [8]. Pengembangan Mesin Penyortir Sampah Cerdas Otomatis yang menghasilkan sistem bernama SMART untuk membuat lingkungan lebih cocok untuk hidup, mengurangi pemanasan global dan membuat dunia lebih sehat [9]. Perancangan Prototype Alat Pemilah Sampah Otomatis yang menghasilkan kesimpulan bahwa pemilahan sampah otomatis dapat memilah sampah sesuai jenisnya. Namun masih ada kesalahan berupa limbah yang macet dan deteksi kesalahan oleh sensor [10]. Sorting and Miniaturization of Household Waste yang mengusulkan unit pemilahan sampah dan miniaturisasi yang diuji menggunakan *drop tests* dan *compression tests* [11]. Pemilah sampah organik dan anorganik[12][13][14].

Mempertimbangkan permasalahan dan penelitian diatas, mendasari penelitian ini untuk mengembangkan alat yang digunakan sebagai pengendali kebersihan lingkungan berupa sebuah tempat sampah yang dapat memilah sampah anorganik dan mengelompokkannya kedalam kelompok logam, kertas dan plastik secara otomatis dan dapat membuka penutup tempat sampah secara otomatis. *Inductive proximity sensor* digunakan untuk mendeteksi sampah logam dan sensor LDR yang dilengkapi dengan laser untuk mendeteksi sampah kertas dan sampah plastik. Pada penelitian terdahulu fokusnya adalah memilah sampah logam dan non-logam. Sedangkan penelitian ini mengelompokkan sampah kedalam jenis logam, kertas dan plastik. Penggunaan mikrokontroler sangat diperlukan dalam membuat suatu alat otomasi. Mikrokontroler yang bisa digunakan salah satunya Arduino, fungsinya untuk menyederhanakan proses dan kelebihan lainnya tidak perlu perangkat chip programmer karena didalamnya sudah ada *boot loader* yang akan menangani *upload* program dari komputer [15]. Dengan adanya penelitian ini diharapkan akan mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh sampah, memilah sampah berdasarkan jenisnya akan mempermudah pengelolaan sampah untuk dapat didaur ulang.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem robot pemilah sampah anorganik. Fungsinya sebagai otaknya robot. Sistem robot ini akan mendeteksi jenis sampah dan mengarahkan sampah ke kotak dalam box yang telah diploting berdasarkan jenisnya. Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Terdapat beberapa tahap yang dilakukan selama pembuatan alat. Berikut penjelasan dari masing-masing tahap penelitian:

- a. Analisis Kebutuhan
Pada tahapan ini merupakan analisis kebutuhan yang dibutuhkan untuk rancang bangun sistem. Meliputi desain produk tempat sampah dan tataletak komponen penelitian yang digunakan.
- b. Perencanaan dan Perancangan
Pada tahapan ini merupakan proses perencanaan dan analisis bagaimana cara memilah sampah secara otomatis dan menutup penutup tempat sampah secara otomatis.
- c. Implementasi
Pada tahapan ini hasil analisis kebutuhan sistem, pemilihan sensor yang tepat, cara pengelompokan sampah anorganik diimplementasikan. Apabila sistem dapat berjalan maka akan dilanjutkan ke dalam proses pengujian. Jika sistem belum berjalan maka akan dilakukan pengecekan kembali terhadap komponen penelitian dan pemrograman pada mikrokontroler.
- d. Pengujian
Pada tahapan ini merupakan tahapan akhir dari proses-proses sebelumnya yaitu perangkat yang telah dibuat harus diuji sehingga dapat mengetahui hasilnya.

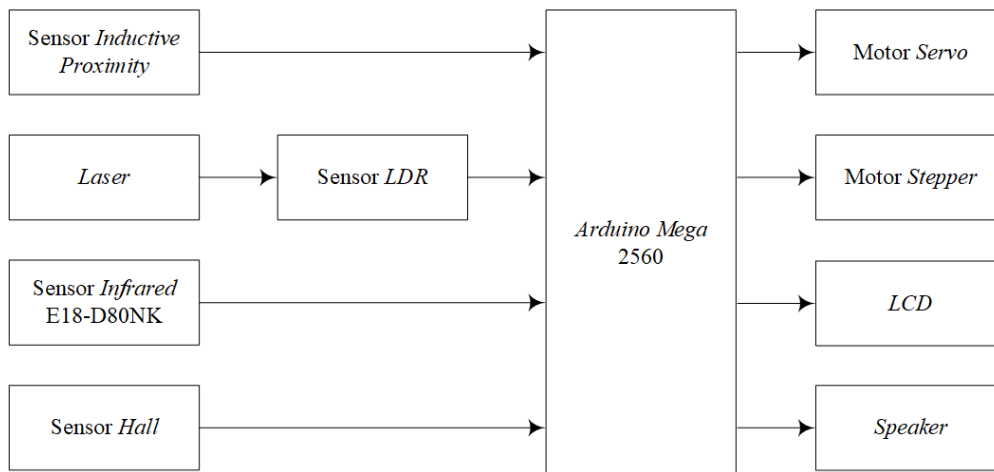
2.2 Komponen Alat

Komponen pada pembuatan sistem robot pemilah sampah anorganik ini terdiri dari komponen perangkat keras dan komponen perangkat lunak. Berikut komponen perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini beserta fungsinya:

Tabel 1. Komponen Penelitian

No	Nama	Satuan	Jumlah	Kegunaan
1	Sensor <i>infrared E18-D80NK</i>	Unit	1	Mendeteksi ada tidaknya sampah di area <i>box sensing</i> .
2	Sensor <i>Light Dependent Resistor (LDR)</i>	Unit	1	Menerima cahaya yang dipancarkan oleh laser untuk mendeteksi material sampah yang berupa kertas dan plastik pada area <i>box sensing</i>
3	Motor Servo	Unit	1	Menggerakkan katup pada pintu <i>box sensing</i> .
4	Arduino Mega 2560	Unit	1	Mengendalikan proses <i>input</i> , <i>output</i> dan komunikasi. Berperan sebagai pengendali utama, arduino mega 2560 berfungsi dalam menjalankan sistem <i>robot</i> pemilah sampah non-organik ini secara keseluruhan.
5	Kabel Jumper	Meter	50	Media penghubung antara Arduino Mega dengan komponen lainnya sehingga dapat memutus atau menyambungkan aliran sirkuit antar dua komponen.
6	<i>Inductive proximity sensor</i>	Unit	2	Mendeteksi material sampah untuk menentukan sampah material berjenis logam atau non-logam.
7	Laser	Unit	1	Memancarkan cahaya ke arah material sampah yang ada di area <i>box sensing</i> . Cahaya yang dipancarkan akan diolah oleh sensor <i>LDR</i> .
8	Hall Effect Sensor	Unit	1	Menentukan posisi awal <i>box sensing</i> yaitu di bawah pintu. Sensor ini dibutuhkan <i>box sensing</i> dapat berpindah tempat terlebih ketika robot dalam kondisi mati.
9	Motor Stepper	Unit	1	Memindahkan material sampah yang telah melalui proses identifikasi jenis sampah ke dalam tabung sampah yang sesuai dengan jenisnya.
10	Accu/Aki	Unit	1	Menyediakan sumber energi listrik sebagai penggerak kerja sistem robot pemilah sampah non-organik ini.
11	<i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	Unit	1	Menampilkan informasi hasil deteksi material sampah apakah termasuk dalam sampah logam, plastik atau kertas.
12	Speaker	Unit	1	Memberikan output berupa suara baik berupa instruksi maupun informasi kepada aktor yang membuang sampah.

Selain kebutuhan perangkat keras, pada pembuatan sistem robot pemilah sampah anorganik terdapat perangkat lunak terdiri dari AutoCAD, bahasa pemrograman Arduino, Arduino IDE, dan Solidworks. AutoCAD digunakan untuk membuat gambar teknik dua dimensi (2D) dan skema rangkaian untuk rancangan desain robot pemilah sampah anorganik. Arduino IDE digunakan untuk membuat program yang akan dimasukkan ke dalam mikrokontroler Arduino Mega 2560[16]. Sedangkan Solidworks digunakan untuk membuat gambar teknik tiga dimensi (3D) untuk rancangan desain robot pemilah sampah anorganik. Gambar 2 menunjukkan diagram blok sistem robot pemilah sampah anorganik.



Gambar 2. Diagram Blok Desain Sistem Robot Pemilah Sampah Anorganik

Pada sistem robot pemilah sampah anorganik arduino Mega 2560 sebagai mikrokontrolernya. Komponen yang berfungsi menginputkan data ke Arduino yaitu sensor infrared FC-51 untuk mendeteksi ada atau tidaknya sampah pada box sensing, sensor *inductive proximity* sebagai pendeteksi sampah logam, laser dan LDR untuk mendeteksi sampah kertas atau plastik dan sensor hall berfungsi untuk menentukan posisi awal box sensing. Arduino akan mengeluarkan *output* atau perintah ke motor servo, motor stepper, LCD dan speaker.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah pengintegrasian perangkat keras dan perangkat lunak selesai maka dilanjutkan dengan pengujian terhadap beberapa variabel yang berpengaruh dalam sistem. Pengujian dilakukan terhadap variabel bebas (keberhasilan identifikasi sampah dan pengujian sensor) dan variabel terikat (*respon time*). Adapun sampah yang digunakan sebagai uji coba masing-masing jenis sampah terdiri dari 5 macam yaitu untuk sampah logam terdiri dari kemasan kaleng, plat baja, aluminium foil, aluminium, dan baterai. Sampah kertas terdiri dari kertas HVS, kardus, kertas karton, kantong kertas, dan tisu. Dan sampah plastik terdiri dari kantong plastik, gelas plastik, botol plastik, plastik mika, dan bubble wrap. Gambar 3 menunjukkan hasil pembuatan robot pemilah sampah anorganik dan peletakan mikrokontroler sebagai otaknya. Gambar 4 menunjukkan bagian dalam robot yang terdapat sekat-sekat untuk peletakan sampah sesuai dengan jenisnya, hasil dari identifikasi sensor yang terletak pada box sensing.



Gambar 3. Hasil Pembuatan Robot Pemilah Sampah Anorganik



Gambar 4. Bagian Dalam Robot

3.1 Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan untuk mendapatkan nilai sensor dari dua jenis sensor yang berbeda yaitu *inductive proximity sensor* dan sensor *LDR*. Masing-masing sensor memiliki nilai sensor yang berbeda-beda. Nilai sensor diperoleh dari *output* yang muncul pada program setelah sampah berhasil diidentifikasi sesuai jenisnya.

a. Pengujian *Inductive Proximity Sensor* Dalam Mendeteksi Sampah Logam

Pada pengujian robot sampah anorganik yang telah dibuat yaitu pada pengujian identifikasi kategori sampah logam, dilakukan percobaan sebanyak 10 kali. Pada saat sensor mengidentifikasi, akan ada nilai sensor yang dihasilkan oleh *inductive proximity sensor* tersebut. Sensor ini, mempunyai nilai sensor digital yaitu “0” dan “1”, dimana “0” menunjukkan sampah yang diidentifikasi adalah sampah logam. Sedangkan nilai digital “1” menunjukkan sensor mengidentifikasi sampah yang masuk bukanlah sampah logam. Terdapat dua sensor dimana S1 mewakili sensor *inductive proximity sensor* yang pertama dan S2 mewakili sensor *inductive proximity sensor* yang kedua. Apabila salah satu sensor menghasilkan nilai “0” maka sampah dapat dinyatakan sebagai sampah logam.

b. Pengujian Sensor *LDR* Dalam Mendeteksi Sampah Kertas

Berdasarkan hasil pengambilan data yang telah dilakukan yaitu pengujian identifikasi kategori sampah kertas sebanyak 10 kali. Laser menyinari sampah yang masuk dalam area box sensing yang kemudian cahaya yang mengenai sampah dan tembus akan dikelola oleh sensor *LDR*. Hasil dari pengolahan cahaya oleh *LDR* berupa nilai sensor dalam satuan lux. Sedangkan pada sistem ini, apabila nilai sensor yang ditunjukkan oleh *LDR* kurang dari sama dengan 1 (≤ 1) maka sampah tersebut akan diidentifikasi sebagai sampah kertas.

c. Pengujian Sensor *LDR* pada Sampah Plastik

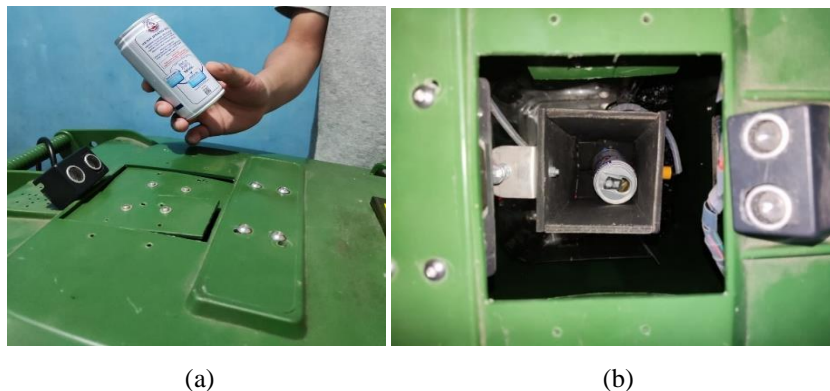
Ketika nilai sensor yang ditunjukkan oleh *LDR* berada di angka lebih dari 1 (>1) maka sampah tersebut akan diidentifikasi sebagai sampah plastik dalam artian sederhananya cahaya dari laser dapat menembus sampah. Diperoleh kesimpulan bahwa semakin transparan sampah plastik maka nilai lux akan semakin besar.

3.2 Pengujian Identifikasi Sampah

Pengujian identifikasi sampah bertujuan untuk menguji kinerja sistem dalam mengidentifikasi kategori sampah yang masuk ke dalam box sensing. Hasil percobaan untuk masing-masing identifikasi kategori sampah adalah berhasil dideteksi dengan benar atau tidak. Adapun penentuan benar atau tidak ini didasarkan pada nilai sensor yang dihasilkan saat pengujian sampah. Kode “O” mewakili kategori sampah berhasil dideteksi oleh sensor dengan benar (sensor berhasil mendeteksi kategori sampah dengan benar) sedangkan kode “X” mewakili kategori sampah tidak berhasil dideteksi oleh sensor (sensor gagal mendeteksi kategori sampah dengan benar).

a. Pengujian Identifikasi Sampah Logam

Pengujian identifikasi sampah logam melibatkan 5 jenis sampah logam yaitu kemasan kaleng, baja, aluminium foil, aluminium dan baterai. Gambar 5 menunjukkan pengujian sampah berupa sampah logam. Tempat sampah belum mendeteksi keberadaan sampah maka pintu masih tertutup. Ketika keberadaan sampah terdeteksi maka pintu akan terbuka secara otomatis lalu sampah masuk kedalam box sensing untuk diidentifikasi masuk kedalam kelompok sampah anorganik jenis apa. Setelah terdeteksi jenis sampah logam maka box sensing akan bergerak dan menjatuhkan sampah kedalam sekat sampah jenis logam.



Gambar 5. Pengujian Sampah Logam: (a) Kondisi Pintu belum Terbuka, (b) Kondisi Sampah Sudah Masuk Kedalam Box Sensing

Hasil pengujian sistem dalam mengidentifikasi sampah logam memiliki keakuratan sebesar 84%. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian terhadap 5 jenis sampah logam. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pada masing-masing jenis sampah. Kemasan kaleng dan kemasan aluminium termasuk jenis logam yang sangat efektif diidentifikasi oleh *Inductive Proximity Sensor* pada sistem ini. Terdapat beberapa kegagalan pada hasil identifikasi sampah, penyebabnya karena letak material sampah tidak berada di area sensing dari *inductive proximity sensor*

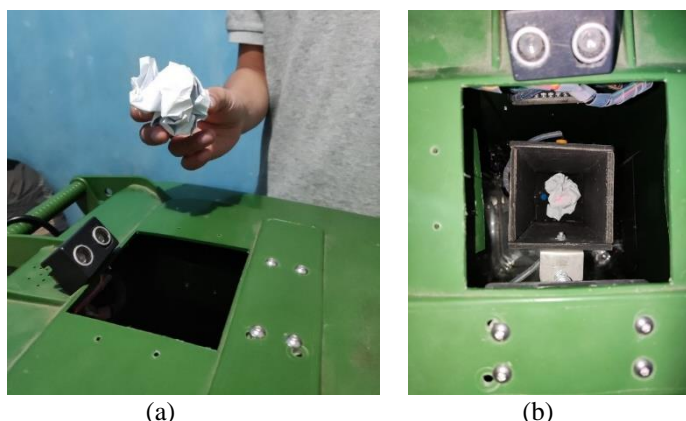
sehingga sampah tidak terdeteksi keberadaannya. Hal ini mengakibatkan sampah tersebut gagal diidentifikasi sebagai material sampah logam.

Tabel 1. Hasil Pengujian Identifikasi Sampah Logam

Percobaan Ke-	Material Sampah Logam				
	Kemasan kaleng	Plat Baja	Aluminium Foil	Aluminium	Baterai
1	O	O	O	O	O
2	O	O	X	O	X
3	O	O	O	O	O
4	O	O	O	O	X
5	O	X	O	O	O
6	O	X	O	O	O
7	O	X	X	O	O
8	O	O	O	O	O
9	O	O	X	O	O
10	O	O	O	O	O

b. Pengujian Identifikasi Sampah Kertas

Sampah kertas yang digunakan dalam pengujian sistem ada 5 jenis yaitu, kertas HVS, kardus, Kemasan Karton, kantong kertas dan tisu. Gambar 6 memperlihatkan pengujian sistem dalam mendeteksi sampah jenis kertas. Pada gambar 6.a pintu tempat sampah sudah terbuka karena tempat sampah sudah mendeteksi adanya sampah. Lalu box sensing akan memutuskan sampah tersebut masuk kedalam kategori sampah kertas. Pada bagian ini *inductive proximity sensor* tidak mendeteksi adanya sampah logam, maka sensor LDR akan memutuskan sampah ini masuk kedalam kategori sampah kertas atau plastik.



Gambar 6. Pengujian Sampah Kertas; (a) Kondisi pintu terbuka karena mendeteksi adanya sampah, (b) Kondisi Sampah Sudah Masuk Kedalam Box Sensing.

Hasil pengujian sistem dalam mengidentifikasi sampah kertas ditunjukkan dalam tabel 2. Hasilnya menunjukkan keakuratan sebesar 88%. Setelah dilakukan analisis penyebab dari kegagalan tersebut antara lain disebabkan karena peletakan material sampah yang berada di luar area sensing antara laser dan *LDR*. Karena berada di luar area sensing maka sampah memiliki kemungkinan kegagalan lebih tinggi saat diidentifikasi. Penyebab kedua berasal dari sifat atau bahan kandungan dari sampah kertas itu sendiri. Ada sampah kertas yang memiliki kandungan aluminium foil seperti kertas pembungkus cokelat dan minuman kemasan karton. Hal ini menyebabkan tingkat keakuratan sensor *LDR* berkurang.

Tabel 2. Hasil Pengujian Identifikasi Sampah Kertas

Percobaan Ke-	Pengujian Material Sampah Kertas				
	Kertas HVS	Kardus	Kemasan Karton	Kantong Kertas	Tisu
1	O	O	X	O	O
2	O	O	O	O	O
3	O	X	X	O	O
4	O	O	O	O	O
5	X	O	O	O	O
6	O	O	O	O	X
7	O	O	O	O	O
8	O	O	O	O	O
9	X	O	O	O	O
10	O	O	O	O	O

c. Pengujian Identifikasi Sampah Plastik

Kantong plastik, gelas plastik, botol plastik, plastik mika, buble warp digunakan untuk menguji keberhasilan sistem dalam mendeteksi sampah plastic. Gambar 5 menunjukkan ketika sampah plastik sudah masuk kedalam box *sensing*. Keakuratan sistem dalam mendeteksi sampah plastik adalah sebesar 90%.



Gambar 7. Pengujian Sampah plastik

Setelah dilakukan analisis terhadap sampah plastik dan cara kerja dari robot pemilah sampah ditemukan beberapa penyebab kegagalan dalam mendeteksi sampah plastik. Pertama adalah peletakan dari sampah plastik yang tidak berada di area *sensing* dari sensor. Karena tidak berada di area *sensing* maka sensor tidak akan bisa melakukan identifikasi terhadap sampah tersebut. Penyebab kedua adalah kepekatan warna dari sampah plastik. Apabila sampah memiliki kepekatan warna yang tinggi maka cahaya sulit untuk menembus sampah tersebut. Hal ini akan berpengaruh terhadap hasil dari sensor LDR yang akan mengarahkan hasil identifikasi sampah sebagai sampah kertas karena tidak dapat ditembus sinar laser. Penyebab ketiga yaitu ketebalan plastik. Meskipun sebuah plastik pada dasarnya adalah transparan, namun jika plastik dimasukkan dalam keadaan terlipat maka akan mengurangi tingkat transparansi dari sampah plastik itu sendiri. Hal tersebut berpengaruh terhadap hasil identifikasi yang dilakukan sensor LDR dengan kemungkinan besar akan terdeteksi sebagai sampah kertas karena sinar laser tidak dapat menembus sampah.

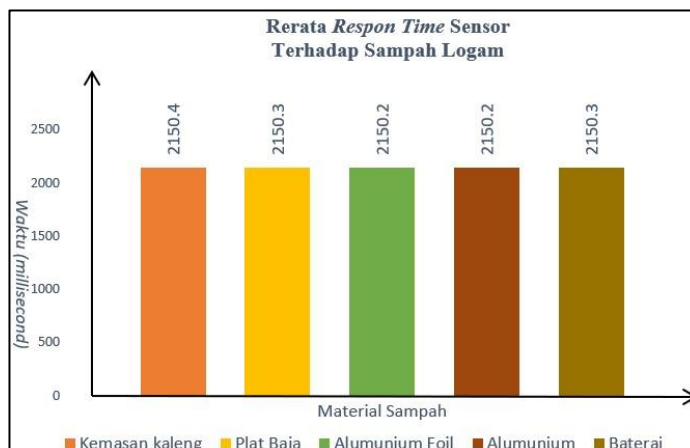
Tabel 3. Hasil Pengujian Identifikasi Sampah Plastik

Percobaan Ke-	Pengujian Material Sampah Plastik				
	Kantong Plastik	Gelas Plastik	Botol Plastik	Plastik Mika	Bubble Wrap
1	X	O	O	O	O
2	X	O	O	O	O
3	O	O	O	O	O
4	X	O	O	O	O
5	X	O	O	O	X
6	X	O	O	O	O
7	O	O	O	O	O
8	O	O	O	O	O
9	X	O	O	O	O
10	O	O	O	O	O

3.3 Analisis Respon time

Pengujian yang dilakukan terhadap kinerja sistem robot pemilah sampah memerlukan *respon time* atau waktu dimana sensor dapat berhasil merespon apa (mengenali) yang ada di area box *sensing*. Perhitungan *respon time* dimulai ketika sistem mendeteksi adanya sampah yang masuk ke dalam robot pemilah sampah hingga sampah berhasil diidentifikasi jenisnya. Masing-masing sensor memiliki *respon time* yang berbeda-beda yang terpengaruh oleh banyak hal. Sehingga dari pengujian yang telah dilakukan, peneliti mencatat *respon time* untuk kemudian dianalisis. Berikut pencatatan *respon time* dari hasil percobaan pada masing-masing jenis sampah yang telah dilakukan sebelumnya.

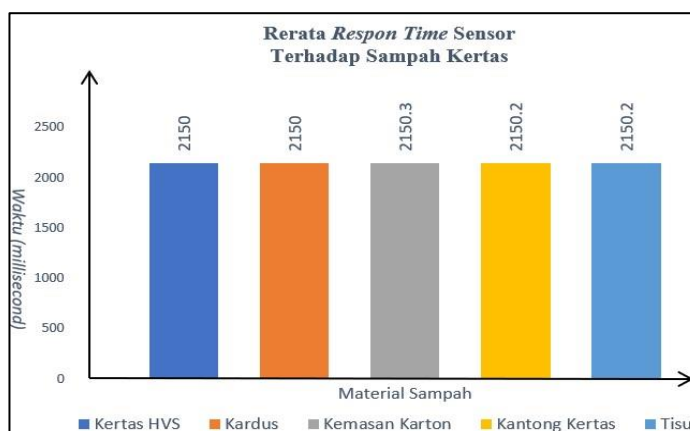
a. Analisis *Respon time* pada *Inductive proximity sensor* untuk Sampah Logam



Gambar 2 Rerata Respon time pada Sampah Logam

Dari perhitungan rerata di atas, dilakukan perhitungan rerata total *respon time inductive proximity sensor* dalam merespon sampah logam yang masuk yaitu sebesar 2150.28 *milisecond*.

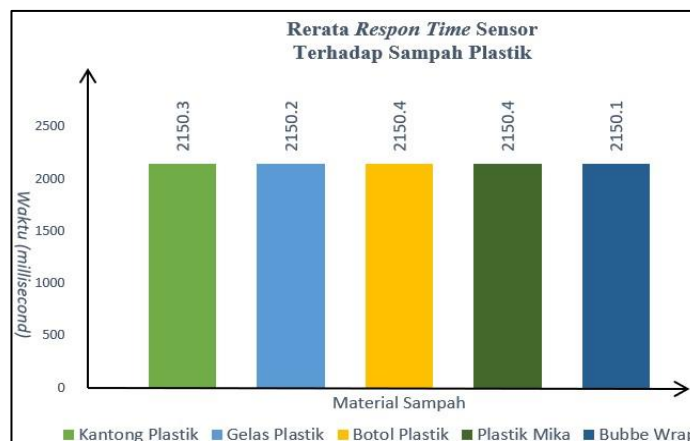
b. Analisis *Respon time* pada Sensor *LDR* untuk Sampah Kertas



Gambar 3 Rerata Respon time Pada Sampah Kertas

Pada pengujian sampah kertas yang telah dicatat *respon time* nya kemudian dihitung rerata total dari pengujian ini dimana total *respon time* sensor *LDR* untuk sampah kertas sebesar 2150.14 *milisecond*.

c. Analisis *Respon time* pada Sensor *LDR* untuk Sampah Plastik



Gambar 4. Rerata Respon time Pada Sampah Plastik

Setelah melakukan perhitungan rerata *respon time* pada masing-masing jenis material sampah plastik, dilakukan perhitungan terhadap total *respon time* sampah plastik. Adapun *respon time* dari sensor *LDR* untuk sampah plastik adalah 2150.28 *milisecond*.

3.4 Evaluasi Sistem

Evaluasi sistem berkaitan dengan kinerja inductive proximity sensor yang merupakan sensor induktif sehingga hanya dapat mendeteksi material logam yang ada pada jarak terbatas. Dalam sistem ini, inductive proximity sensor hanya dapat mendeteksi dengan optimal pada jarak 1 cm. Evaluasi lainnya berkaitan dengan ukuran sampah yang berukuran kecil (kurang dari 2 cm) dan jatuhnya jauh dari sensor. Apabila ditemukan kondisi seperti ini, maka sampah akan dideteksi sebagai sampah plastik. Setelah dilakukan evaluasi, perbaikan sistem ada pada perancangan box *sensing* yang ukurannya harus diperbaiki dan disesuaikan dengan ukuran kotak sampah. Selain itu jumlah sensor dapat ditambahkan untuk menambah keakuratan robot pemilah sampah anorganik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembuatan robot pemilah sampah anorganik yang telah dibuat dan diuji coba. alat ini dapat digunakan untuk memilah sampah anorganik sesuai dengan jenisnya. *Inductive proximity sensor* dapat mendeteksi sampah logam dengan baik dengan keakuratan sebesar 84% dan sensor *LDR* yang dilengkapi dengan laser dapat mendeteksi sampah kertas dengan keberhasilan 88% dan plastik dengan keberhasilan 90%. Adapun rata-rata *respon time* dari robot pemilah sampah non-organik untuk masing-masing jenis sampah yaitu sampah logam, kertas dan plastik berturut-turut adalah 2,15028 *second*, 2,15014 *second*, dan 2,15028 *second*.

REFERENCES

- [1] H. P. Putra and S. N. Wahid, "Pembuatan Trainer Tempat Sampah Otomatis Guna Menyiasati Masalah Sampah Di Lingkungan Masyarakat," *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 120–137, 2019, doi: 10.21070/jeeeu.v3i1.2087.
- [2] S. Keerthana, B. Kiruthika, R. Lokeshvaran, B. Midhunchakkaravarthi, and G. Dhivyasri, "A Review on Smart Waste Collection and Disposal System," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1969, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1969/1/012029.
- [3] F. R. Maulana, T. A. S. Widyanto, Y. Pratama, and K. Mutijarsa, "Design and Development of Smart Trash Bin Prototype for Municipal Solid Waste Management," *Proceeding - 2018 Int. Conf. ICT Smart Soc. Innov. Towar. Smart Soc. Soc. 5.0, ICISS 2018*, no. October, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/ICTSS.2018.8550013.
- [4] Y. G. Wibowo and A. Izzuddin, "Integrasi Pengolahan Sampah Metode 3r Dengan Bank Sampah Di SMA Bima Ambulu," *J. Pengabd. Masy. Manag.*, vol. 2, no. 1, pp. 19–23, 2021, doi: 10.32528/jpmm.v2i1.5002.
- [5] R. P. Chandra and T. Tawami, "Design of Smart Trash Bin," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 879, no. 1, pp. 0–6, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/879/1/012155.
- [6] D. Nusyirwan, "Tong Sampah Pintar Dengan Perintah Suara Guna Menghilangkan Perilaku Siswa Membuang Sampah Sembarangan Di Sekolah," *J. Teknoinfo*, vol. 14, no. 1, p. 48, 2020, doi: 10.33365/jti.v14i1.336.
- [7] M. Wijayanti, "Design and Construction of Smart Garage Using Ultrasonic Sensor HC-SR04 and MQ-2 Gas Sensor Based on Arduino Uno," *J. Info Sains Inform. dan Sains*, vol. 12, no. 01, pp. 1–6, 2022.
- [8] E. W. Vetricha Wulandari, "Automated Trash Sorting Design Based Microcontroller Arduino Mega 2560 with LCD Display and Sound Notification," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 725, no. 1, pp. 0–12, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/725/1/012054.
- [9] M. H. Chowdhury, "Development of Automatic Smart Waste Sorter Machine Paper ID : AM-012 Development of Automatic Smart Waste Sorter Machine," vol. 2013, no. November, pp. 1–3, 2013.
- [10] F. I. Pasaribu and M. Marcopolo, "Perancangan Prototype Alat Pemilah Sampah Otomatis," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 22–29, 2019, doi: 10.30596/rele.v2i1.3645.
- [11] G. Sabiini and J. Rishmany, "Sorting and Miniaturization of Household Waste," *Eur. J. Sci. Res.*, vol. 153, no. 3, pp. 283–298, 2019.
- [12] M. Yunus, "Rancang Bangun Prototipe Tempat Sampah Pintar Pemilah Sampah Organik Dan Anorganik Menggunakan Arduino," *Proceeding STIMA*, vol. 1, no. 1, pp. 340–343, 2018.
- [13] S. A. Yudhistirani, L. Syaufina, and S. Mulatsih, "Desain Sistem Pengelolaan Sampah Melalui Pemilahan Sampah Organik Dan Anorganik Berdasarkan Persepsi Ibu - Ibu Rumah Tangga," *J. Konversi*, vol. 4, no. 2, p. 29, 2016, doi: 10.24853/konversi.4.2.29-42.
- [14] K. Fatmawati, E. Sabna, and Y. Irawan, "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Menggunakan Sensor Jarak Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Riau J. Comput. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 124–134, 2020.
- [15] H. Zakaria, D. Febiyanto, and P. Rosyani, "Sistem Bilik Steril Dengan Perangkat Mist Maker Dan Arduino Uno Menggunakan Metode Sekuensial Linier," vol. 4, no. 1, pp. 263–269, 2022, doi: 10.47065/bits.v4i1.1687.
- [16] W. A. Nurtiyanto, P. Rosyani, and M. K. Ihksanudin, "Security Sistem Pada Brankas dengan Metode Personal Identifikasi Number Berpola Aritmatika Modulo," *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 3, no. 4, pp. 610–616, 2022, doi: 10.47065/bits.v3i4.1368.