

RANCANG BANGUN SISTEM PEMILAH LIMBAH MEDIS BERBASIS ARDUINO DAN INDUCTIVE PROXIMITY

Cia Renhoran¹, Muthia Muthmainnah Ismail¹, Ajeng Ayu Priyaniti¹, Edi Arno Saputra¹, Dhananjaya Yama Hudha Kumarajati¹.

¹Jurusan Teknik Biomedis, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Yogyakarta. Jl. PGRI I Sonosewu No. 117 Daerah Istimewa Yogyakarta 55182 Indonesia Phone: (0274) 376808, 418077 Fax: (0274) 376808.

Received: 12 Juli 2024

Accepted: 31 Juli 2024

Published: 7 Agustus 2024

Keywords:

Limbah Medis;

Arduino;

Sensor Infrared;

Sensor Inductive Proximity;

Correspondent Email:

ciarenhoran03@gmail.com

Abstrak. Rumah sakit dan industri kesehatan menjadi sumber limbah medis dan non-medis yang signifikan. Apabila tidak dikelola dengan baik, dapat mencemari lingkungan dan menimbulkan risiko kesehatan. Di Indonesia, limbah medis mencapai 138 ton/hari dengan potensi kenaikan 30-50% setiap tahun. Teknologi modern, termasuk otomatisasi, dapat membantu meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah. Salah satu solusi inovatif adalah sistem pemilah limbah medis berbasis Arduino dan sensor Inductive Proximity. Sistem ini dirancang untuk mengidentifikasi dan memilah limbah medis secara efisien, mengurangi risiko infeksi, dan melindungi lingkungan. Arduino Atmega 2560 mengontrol sensor Inductive Proximity dan infrared untuk mendeteksi jenis limbah medis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor Inductive Proximity efektif mendeteksi limbah logam seperti jarum suntik, pisau, klip bedah, pipet, dan gunting, dengan waktu respons cepat berkisar antara 0.1 hingga 0.5 detik. Sementara itu, sensor infrared mampu mendeteksi limbah non-logam seperti face shield, masker, sarung tangan karet, perban, dan bekas botol infus dengan respons cepat antara 0.1 hingga 0.3 detik.

Abstract. Hospitals and healthcare industries are a significant source of medical and non-medical waste. If not managed properly, it can pollute the environment and pose health risks. In Indonesia, medical waste reaches 138 tons/day with a potential increase of 30-50% annually. Modern technology, including automation, can help improve waste management efficiency. One innovative solution is a medical waste sorting system based on Arduino and Inductive Proximity sensors. The system is designed to efficiently identify and sort medical waste, reduce the risk of infection, and protect the environment. Arduino Atmega 2560 controls Inductive Proximity and infrared sensors to detect the type of medical waste. Test results show that the Inductive Proximity sensor effectively detects metal waste such as syringes, knives, surgical clips, pipettes, and scissors, with fast response times ranging from 0.1 to 0.5 seconds. Meanwhile, the infrared sensor was able to detect non-metallic waste such as face shields, masks, rubber gloves, bandages, and infusion bottle marks with a fast response time of between 0.1 to 0.3 seconds.

1. PENDAHULUAN

Rumah sakit dan industri kesehatan berkontribusi besar sebagai sumber limbah, baik medis maupun non-medis[1]. Limbah medis dapat menyebabkan dampak negatif dan mencemari lingkungan jika tidak dikelola

dengan baik[2]. Pengelolaan limbah rumah sakit menjadi salah satu aspek penting dalam mengelola dampak lingkungan dari kegiatan rumah sakit[2]

Jumlah limbah medis yang dihasilkan dari seluruh rumah sakit di Indonesia sebanyak 138

ton/hari dan terus berpotensi meningkat. Persentase kenaikan jumlah sampah medis berpeluang 30-50%[3]. Hal ini karena adanya kendala tempat, pengelolaan, dan pembuangan yang layak[4].

Manajemen limbah rumah sakit harus dijalankan dengan efektif, terutama setelah pandemi Covid-19. Pengelolaan yang tidak baik terhadap limbah medis, dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi masyarakat dan berpotensi menyebabkan infeksi merusak kelestarian lingkungan, menurunkan kualitas alam, dan mengancam ekosistem karena bahan kimia beracun yang terkandung[5]

Teknologi modern telah berkembang dengan sangat pesat, memudahkan manusia dalam berbagai pekerjaan dan meningkatkan efisiensi di berbagai sektor seperti komunikasi dan industri[6]. Salah satu inovasi teknologi ini adalah perangkat yang bisa beroperasi secara otomatis[7]. Otomatisasi memberikan manfaat besar bagi pengguna karena mempermudah pekerjaan. Teknologi otomatis ini dapat diterapkan dalam berbagai kegiatan, memungkinkan pekerjaan manusia menjadi lebih mudah dan memakan waktu lebih sedikit[8]. Salah satu teknologi yang memudahkan dalam pemilahan limbah medis adalah Rancang Bangun Sistem Pemilah limbah medis berbasis Arduino dan Inductive Proximity.

Tujuan dari perancangan sistem pemilah limbah medis berbasis Arduino dan Inductive proximity adalah untuk mengidentifikasi jenis limbah medis, sehingga petugas dapat menangani dan mengelola limbah tersebut dengan lebih efisien.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Medis

Limbah medis adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan yang berpotensi tercemar oleh bahan infeksius atau kontak dengan pasien dan tenaga medis di fasilitas pelayanan kesehatan seperti di Unit Gawat Darurat (UGD), ruang isolasi, ruang ICU (Intensive Care Unit), ruang perawatan, dan area pelayanan lainnya, dikategorikan sebagai limbah B3 medis padat[4]. Limbah ini termasuk jarum suntik, masker bekas, sarung tangan bekas, perban, tisu, plastik dan kertas bekas makanan dan minuman, alat suntik, set infus, Alat Pelindung

Diri (APD), sisa makanan pasien, dan lainnya [5].

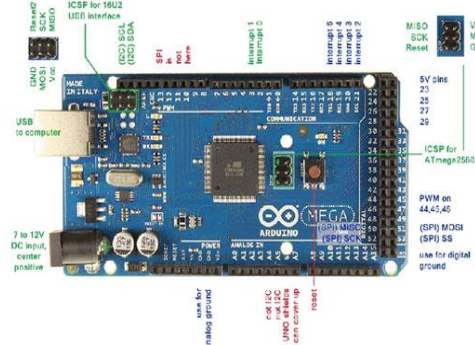


Gambar 1. Limbah Medis

2.2. Arduino

Arduino Atmega 2560 memiliki 14 pindigital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, dan konektor sumber tegangan[9]. Fungsi Arduino Uno dalam Sistem Pemilah Limbah Medis adalah mengendalikan berbagai komponen sensor dan aktuator untuk memastikan pemilahan limbah berjalan dengan efektif[8].

Arduino membaca data dari sensor Inductive Proximity dan infrared untuk mendeteksi keberadaan dan jenis limbah. Arduino mengirimkan sinyal ke sistem untuk mengambil tindakan apabila sensor mendeteksi limbah medis. Gambar 2 adalah arduino Atmega 2560



Gambar 2. Arduino Atmega 2560

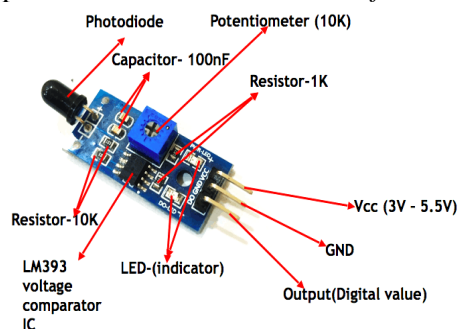
2.3. Inductive Proximity

Sensor Inductive proximity digunakan untuk mendeteksi sampah logam[10]. Inductive Proximity Sensor dapat digunakan untuk mendeteksi limbah medis benda tajam, terutama jika benda tajam tersebut terbuat dari logam atau memiliki komponen logam yang cukup besar[11]. Gambar 3 adalah tampilan Sensor Inductive proximity yang bekerja dengan mendeteksi perubahan dalam medan elektromagnetik ketika objek logam mendekat.

Gambar 3. *Sensor Inductive proximity*

2.4. Infrared

Sensor inframerah (IR) adalah perangkat yang menggunakan gelombang cahaya inframerah untuk mendeteksi objek, mengukur jarak, atau mengidentifikasi perubahan lingkungan[12]. Sensor infrared dapat menentukan keberadaan manusia dan sampah yang mendekat sehingga memicu sistem untuk mengambil tindakan lebih lanjut, seperti mengaktifkan mekanisme pengumpulan sampah. Gambar 4 adalah sensor *Infrared*

Gambar 4. *Sensor Infrared*

3. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah desain perancangan, dan pengujian alat. Tabel 1 menunjukan alat dan bahan yang dibutuhkan serta fungsi dari masing-masing alat.

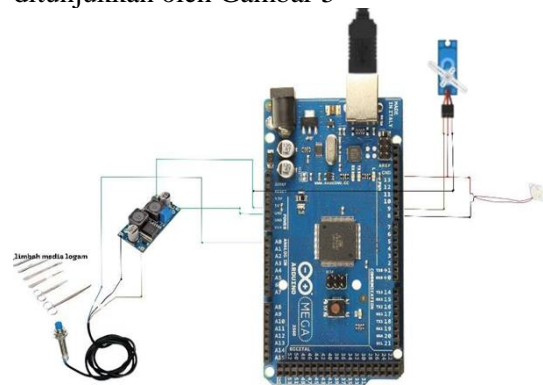
Tabel 1. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan	Fungsi	Jumlah
Arduino Atmega 2560	Mikrocontroller untuk mengontrol seluruh rangkaian.	1
Inductive Proximity	Mendeteksi limbah medis logam	1

Motor Servo	Untuk menggerakkan mekanisme tempat sampah	1
Infrared	Mendeteksi objek non-logam dan gerak manusia	2
Power Supply	Sumber daya untuk Arduino	1
Kabel Jumper Male to Male	Menyambungkan koneksi pin di Arduino	10
Kabel Jumper Male to Female	Menyambungkan koneksi pin di Arduino	10
Buzzer	Memberikan sinyal audio apabila limbah medis terdeteksi	1

3.1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pemilah limbah medis terdapat dua komponen utama yang harus diperhatikan, yaitu *hardware* dan *software* dari sistem. *Hardware* pada sistem yang dibuat ditunjukkan oleh Gambar 5

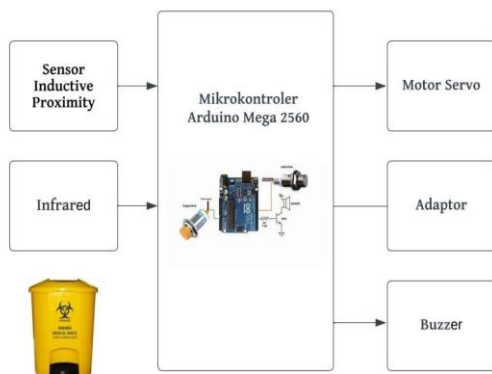
Gambar 5 *Wiring sistem*

Jalur perkabelan sistem pada gambar 1 adalah dengan menghubungkan kabel seperti pada tabel 2.

Tabel 2 Koneksi Komponen dan Jenis Kabel

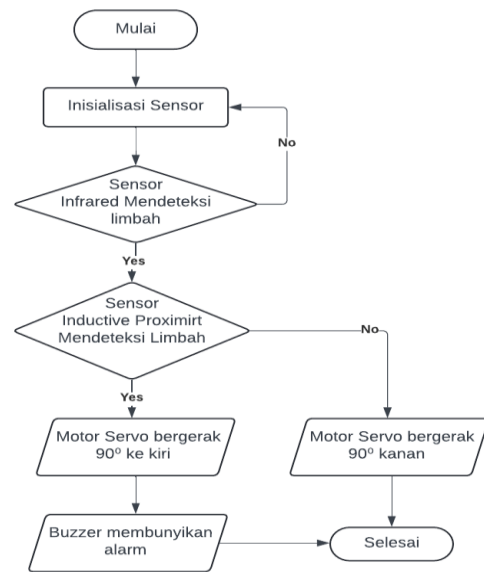
Komponen	Koneksi	Pin Arduino	Jenis Kabel
<i>Sensor Proximity Induktif</i>	VCC (daya)	5V	<i>Male-to-Male</i>
	GND	GND	<i>Male-to-Male</i>
<i>Sensor Inframerah</i>	OUT (sinyal)	A0	<i>Male-to-Female</i>
	VCC (daya)	5V	<i>Male-to-Male</i>
	GND	GND	<i>Male-to-Male</i>
Servo Motor	OUT (sinyal)	2	<i>Male-to-Female</i>
	VCC (daya)	5V	<i>Male-to-Male</i>
	GND	GND	<i>Male-to-Male</i>
<i>Buzzer</i>	Signal	10	<i>Male-to-Female</i>
	Positif	3	<i>Male-to-Female</i>
	Negatif	GND	<i>Male-to-Male</i>

Perancangan *hardware* elektronik meliputi catu daya atau *power supply* 12V untuk mensupply Arduino Mega 2560. Input arduino berupa sensor *inductive proximity* dan *infrared*, sedangkan output arduino berupa motor servo dan *buzzer*. Diagram blok pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram Blok

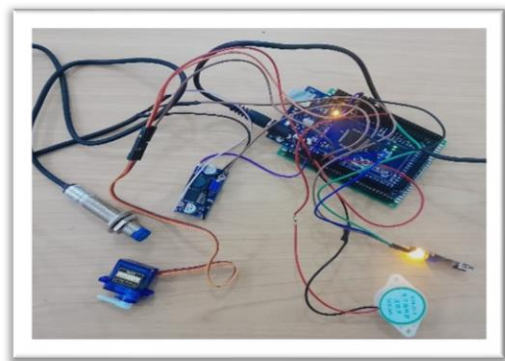
Gambar 7 merupakan diagram alir (*flowchart*) perancangan *Software* sistem pemilah limbah medis.



Gambar 7. Flowchart kerja Software

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah selesai melakukan perancangan pada perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*Software*) maka akan dilakukan pengujian sistem kerja alat. Pada gambar 4.1 merupakan rangkaian komponen dengan menggunakan arduino, dimana *Sensor Inductive Proximity* dan *sensor Infrared* merupakan *input* kemudian *ouput* adalah *buzzer* dan motor servo.



Gambar 8. Rangkaian Komponen

4.1 Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan untuk melihat apakah fungsi sensor dapat bekerja dan mampu mendeteksi jenis limbah medis secara optimal.

a. Pengujian Sensor *Inductive Proximity*

Sensor *Inductive Proximity* dirancang untuk mendeteksi limbah medis yang mengandung logam sehingga

menghasilkan sinyal digital sebagai respon. Output sinyal dari sensor dihubungkan ke pin input A0 pada arduino. Nilai ini menunjukkan apakah ada limbah medis logam yang terdeteksi atau tidak. Apabila limbah medis logam terdeteksi maka *buzzer* akan mengeluarkan bunyi sebagai tanda bahwa limbah terdeteksi.

b. Pengujian Sensor *Infrared*

Sensor *Infrared* dirancang untuk mendeteksi segala jenis limbah medis non-logam. Output sinyal dari sensor dihubungkan ke pin input 2 digital Arduino. Dalam kode Arduino, menggunakan fungsi *digitalRead* untuk membaca nilai dari sensor. Nilai ini menunjukkan apakah ada objek non-logam yang terdeteksi atau tidak.

4.2 Pengujian Identifikasi Limbah

Jenis limbah medis yang digunakan sebagai uji coba terdiri dari limbah medis logam dan limbah medis non-logam pada tabel 1.

Tabel 1. Keterangan jenis limbah medis

Jenis Limbah Medis	Keterangan
Jarum suntik	Limbah medis logam
Pisau	Limbah medis logam
Klip	Limbah medis logam
Pipet	Limbah medis logam
Gunting	Limbah medis logam
Masker	Limbah medis non-logam
Sarung tangan karet	Limbah medis non-logam
<i>Face shield</i>	Limbah medis non-logam
Perban	Limbah medis non-logam
Bekas botol infus	Limbah medis non-logam

Pengujian identifikasi limbah dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor *infrared* dan *inductive proximity* dalam mendeteksi limbah medis.

Tabel 2 Pengujian Jenis Limbah Medis

Jenis Limbah Medis	Keterangan	
	<i>Infrared</i>	<i>Inductive Proximity</i>
Jarum suntik	√	√
Pisau	√	√
Klip	√	√

Pipet	√	√
Gunting	√	√
<i>Face shield</i>	√	X
Masker	√	X
Sarung tangan	√	X
Perban	√	X
Botol infus	√	X

Hasil pengujian tabel 2 menunjukkan bahwa sensor *infrared* mampu mendeteksi semua jenis limbah medis yang diuji, baik limbah logam maupun non-logam. Hal ini menunjukkan bahwa sensor *infrared* cukup efektif dalam mendeteksi keberadaan objek tanpa membedakan material dari objek tersebut. Sensor *inductive proximity* hanya mampu mendeteksi limbah medis yang mengandung logam seperti jarum suntik, pisau, klip, pipet, dan gunting. Sensor ini tidak mampu mendeteksi limbah medis non-logam seperti *face shield*, masker, sarung tangan, perban, dan botol infus. Sensor *infrared* dapat digunakan untuk deteksi awal semua jenis limbah, sedangkan sensor *inductive proximity* dapat digunakan untuk verifikasi lebih lanjut terhadap limbah logam.

Tabel 3. Pengujian sensor *Inductive Proximity*

Jenis Limbah Medis	Terdeteksi (ya/tidak)	Waktu (sekon)
Logam		
Jarum Suntik	Ya	0.1
Pisau	Ya	0.5
Klip	Ya	0.4
Pipet	Ya	0.4
Gunting	Ya	0.5

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3, sensor *inductive proximity* mampu mendeteksi semua jenis limbah medis logam yang diuji dengan waktu respons yang cepat, berkisar antara 0.1 hingga 0.5 detik. Jarum suntik, merupakan limbah logam kecil, terdeteksi paling cepat dalam waktu 0.1 detik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor *inductive proximity* efektif dalam mendeteksi limbah medis logam. Sensor ini responsif terhadap keberadaan objek logam, membuatnya ideal untuk digunakan dalam sistem pemilah limbah medis yang memerlukan deteksi cepat dan akurat. Sensor ini dapat diandalkan untuk mengidentifikasi limbah logam berbahaya seperti jarum suntik dan pisau bedah, sehingga

membantu dalam proses pemilahan dan penanganan limbah medis secara efisien.

Tabel 4. Pengujian *Sensor Infrared*

Jenis Limbah Medis Non-Logam	Terdeteksi (ya/tidak)	Waktu (sekon)
Face shield	Ya	0.1
Masker	Ya	0.2
Sarung tangan karet	Ya	0.3
Perban	Ya	0.1
Bekas botol infus	Ya	0.1

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4, sensor *inframerah* mampu mendeteksi semua jenis limbah medis non-logam yang diuji. Deteksi ini terjadi dengan waktu respons cukup cepat, berkisar antara 0.1 hingga 0.3 detik. *Face shield*, perban, dan bekas botol infus terdeteksi paling cepat dalam waktu 0.1 detik. Waktu deteksi yang singkat menunjukkan bahwa sensor *infrared* responsif terhadap keberadaan objek non-logam, menjadikannya ideal untuk digunakan dalam sistem pemilah limbah medis yang memerlukan deteksi cepat dan akurat.

5. KESIMPULAN

- Sensor *Inductive Proximity* menunjukkan efektivitas tinggi dalam mendeteksi limbah medis logam. Semua jenis limbah logam yang diuji, seperti jarum suntik, pisau, klip bedah, pipet, dan gunting, berhasil terdeteksi dengan waktu respons yang cepat, berkisar antara 0.1 hingga 0.5 detik.
- Sensor *infrared* mampu mendeteksi semua jenis limbah medis non-logam yang diuji, seperti face shield, masker, sarung tangan karet, perban, dan bekas botol infus, dengan waktu respons cepat antara 0.1 hingga 0.3 detik.
- Sistem pemilah limbah medis yang dirancang menggunakan kombinasi sensor *Inductive Proximity* dan *infrared* untuk mengidentifikasi jenis limbah medis. Sensor *infrared* digunakan untuk deteksi awal limbah medis non logam, sementara sensor *Inductive Proximity* digunakan untuk verifikasi lebih lanjut terhadap limbah logam

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini, dan Belmawa yang telah meloloskan proposal pendanaan PKM RE.

DAFTAR PUSTAKA

- R. Rachmat and M. Nadjib, "Implementasi Kebijakan Pengelolaan Limbah Medis Infeksius pada Era Covid-19: A Systematic Review," *Journals of Ners Community*, 2022, [Online]. Available: <https://journal.unigres.ac.id/index.php/JNC/article/view/2088>
- M. N. Wowiling, R. R. I. Legrans, and I. R. Mangangka, "Evaluasi Pengelolaan Limbah Medis Padat Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Infeksius Menggunakan Autoclave Di RSUP Prof. Dr. RD Kandou," *TEKNO*, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/tekno/article/view/50265>
- P. Prihartanto, "Penelitian-penelitian tentang timbulan limbah b3 medis dan rumah tangga selama bencana pandemic covid-19," *Jurnal ALAMI: Jurnal Teknologi Reduksi Risiko* ..., 2020, [Online]. Available: <https://ejurnal.bppt.go.id/index.php/Alami/article/view/4512>
- R. W. Triputro, W. B. Santoso, R. Y. G. Raditya, and ..., "Fasilitasi Pengelolaan Limbah Medis Kabupaten Purworejo," *The Journal* ..., 2022, [Online]. Available: <http://thejournalish.com/ojs/index.php/books/article/view/233>
- N. Tri Nurwahyuni, L. Fitria, O. Umboh, and D. Katiandagho, "Pengolahan Limbah Medis COVID-19 Pada Rumah Sakit," *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol. 10, no. 2, pp. 52–59, Oct. 2020, doi: 10.47718/jkl.v10i2.1162.
- E. Rosiana and R. Perdana, "Rancang Bangun Sistem Robot Pemilah Sampah Anorganik dengan Inductive Proximity dan LDR Sebagai Sensor," *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 4, no. 2, Sep. 2022, doi: 10.47065/bits.v4i2.2017.
- ..., A. V. Candra, P. K. Rheynaldi, and I. R. Hutabarat, "Pemanfaatan Depo Penyimpanan Limbah Medis Berbasis Wilayah di Jakarta," ... *Nasional Sains dan* ..., 2021, [Online]. Available: <https://prosaintek.ub.ac.id/index.php/prosainte/k/4/paper/view/148>
- R. S. Santoso, S. Qisti, M. Subito, T. S. Solli, R. Fauzi, and E. Ardias, "Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Dengan Pemilah

- Sampah Organik Dan Anorganik Disertai Notifikasi Sms Berbasis Arduino,” *Foristek*, Vol. 14, No. 2, Nov. 2023, Doi: 10.54757/Fs.V14i2.323.
- [9] A. Aldi, “Rancang Bangun Sistem Kendali Intensitas Cahaya Lampu Ruangan Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3642.
- [10] A. Palit, “Inductive proximity switch,” *US Patent App. 16/630,370*, 2020, [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US20200136614A1/en>
- [11] R. Wulandari, M. R. Ariwibowo, T. Taryo, and ..., “Design Smart Trash Based On the Inductive Proximity Sensor,” *International Journal of ...*, 2024, [Online]. Available: <https://risetpress.com/index.php/ijmars/article/view/394>
- [12] D. Darussalam and A. Goeritno, “Pemanfaatan RFID, Loadcell, dan Sensor Infrared Untuk Miniatur Penukaran Botol Plastik Bekas,” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 5, no. 2, pp. 281–291, Apr. 2021, doi: 10.29207/resti.v5i2.3048.