

Prototype Alat Pemilah Sampah Organik, Logam, dan Non Logam Menggunakan Mikrokontroler Esp32

Riki Saputra*, Syafaruddin Ch, Paniran

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia
Email: ^{1,*}riki39794@gmail.com, ²syafaruddin71@yahoo.com, ³paniran@te.ftunram.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Histori Artikel:

Submitted : Nov 11, 2024
Accepted : Nov 30, 2024
Published : Nov 30, 2024

KORESPONDENSI

Email: riki39794@gmail.com

A B S T R A K

Permasalahan pengelolaan sampah menjadi semakin penting seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan konsumsi masyarakat. Pembuangan sampah yang tidak sesuai dengan jenisnya menyebabkan permasalahan lingkungan dan kesehatan. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan pengembangan teknologi yang dapat membantu proses pemilahan sampah secara efisien. Penelitian ini bertujuan untuk: pertama, Merancang dan membuat alat pemilah sampah organik, logam, dan non-logam menggunakan mikrokontroler ESP32. Kedua, mengetahui sistem kerja alat pemilah sampah organik, logam, dan non-logam. Penelitian ini menggunakan metode perancangan dan implementasi alat pemilah sampah berbasis mikrokontroler ESP32. Alat ini dilengkapi dengan sensor proximity kapasitif dan induktif untuk mendeteksi jenis sampah, serta motor servo untuk memisahkan sampah ke tempat penampungan yang sesuai. Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa, Pertama, Alat pemilah sampah yang dirancang dapat memilah sampah menjadi tiga kategori: organik, logam, dan non-logam. Kedua, Sensor proximity kapasitif dan induktif dapat mendeteksi jenis sampah dengan baik pada jarak 2-6 cm. Ketiga, Motor servo dapat menggerakkan mekanisme pemilahan untuk mengarahkan sampah ke tempat penampungan yang sesuai. Keempat, Alat pemilah sampah ini dapat membantu meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengelolaan sampah.

Kata Kunci: Alat Pemilah Sampah; Mikrokontroler ESP32; Sampah Organik; Sampah Logam; Sampah Non-Logam

A B S T R A C T

The issue of waste management has become increasingly important alongside the growth of population and public consumption. Improper disposal of waste types leads to environmental and health problems. To address this, it is necessary to develop technology that can aid in the efficient sorting of waste. This study aims to: first, design and build a waste sorter for organic, metal, and non-metal waste using the ESP32 microcontroller; and second, understand the operating system of the organic, metal, and non-metal waste sorting device. This research utilizes a design and implementation method for the waste sorter based on the ESP32 microcontroller. The device is equipped with capacitive and inductive proximity sensors to detect waste types, as well as a servo motor to direct waste into the appropriate collection bins. The results of this study indicate that: first, the designed waste sorter can sort waste into three categories: organic, metal, and non-metal. Second, the capacitive and inductive proximity sensors can effectively detect waste types at a range of 2-6 cm. Third, the servo motor can drive the sorting mechanism to direct waste to the appropriate collection bins. Fourth, this waste sorter can help improve efficiency and accuracy in waste management.

Keywords: Waste Sorting Tool; ESP32 Microcontroller; Organic Waste; Metal Waste; Non-Metal Waste

1. PENDAHULUAN

Era globalisasi memberikan dampak yang besar terhadap kemajuan teknologi yang dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari [1], terutama dalam aspek mikrokontroler dan sensor yang berfungsi sebagai media untuk mendeteksi objek [2]. beragam inovasi teknologi baru terus bermunculan [3] contohnya sumber energi alternatif, seperti solar cel, serta penerapan tempat sampah pintar, menunjukkan pendekatan yang progresif dalam pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan [4], semua itu dimaksudkan untuk mendukung dan memperlancar aktivitas manusia, salah satunya yang sering terjadi di tempat umum adalah tentang cara mengelola sampah [5].

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya konsumsi energi masyarakat, produksi sampah-pun meningkat, yang berdampak pada masalah lingkungan dan kesehatan. Undang-Undang Nomor 18 Tahun

2008 tentang Pengelolaan Sampah menyebutkan bahwa “pengelolaan sampah bertujuan meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber energi” [6], Berdasarkan studi terkini yang dilakukan oleh Sustainable Waste Indonesia (SWI) dan Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Dalam Negeri, masih terdapat 24% sampah di Indonesia yang belum dikelola.

Hal ini menunjukkan bahwa sekitar 15 juta ton dari total 65 juta ton sampah yang dihasilkan setiap tahun di Indonesia berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan dan ekosistem, serta dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan. Dengan adanya tempat sampah yang bersifat konvensional, yang menampung baik sampah organik seperti daun kering dan sisa makanan, maupun sampah anorganik seperti botol plastik, kaca, karet, dan logam, (masih) banyak individu yang membuang sampah mereka secara sembarangan tanpa memperhatikan klasifikasi jenis sampah tersebut [7].

Alat pemilah sampah berbasis Arduino berperan dalam membantu proses pengelolaan sampah secara efisien [8]. Arduino adalah platform pengembangan elektronik yang dapat diprogram untuk mengontrol perangkat-perangkat fisik [9] [10]. Dalam konteks pemilahan sampah, Arduino dapat digunakan untuk mengontrol berbagai sensor, aktuator, dan mekanisme pemilahan. Dengan menggunakan Arduino, alat pemilah sampah dapat dilengkapi dengan sensor-sensor yang dapat mendeteksi jenis sampah tertentu, seperti sensor optik untuk mengenali plastik atau sensor berbasis berat untuk mengenali sampah organik [11].

Ketika sensor-sensor ini mendeteksi sampah yang sesuai, Arduino akan memberikan perintah untuk mengaktifkan aktuator [12], seperti motor servo atau solenoid, untuk memindahkan sampah tersebut ke wadah yang tepat. Selain itu, Arduino juga dapat digunakan untuk memantau dan mengumpulkan data terkait pemilahan sampah, seperti jumlah dan jenis sampah yang terpilah. Secara keseluruhan, alat pemilah sampah berbasis Arduino berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi pemilahan sampah, yang pada gilirannya dapat membantu dalam upaya pengurangan limbah dan pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan [13] [14].

Pada masa kini, efisiensi sensor dianggap sangat krusial, karena alat-alat dapat memanfaatkan sensor untuk menyortir objek dengan cepat dan akurat berdasarkan kategorinya [15]. Oleh karena itu, sensor menjadi elemen yang sangat penting dalam setiap mesin di berbagai sektor industry [16], berkat akurasi dan fungsinya yang tinggi serta kemudahan dalam perawatannya [17]. Ini menjadikan sensor sebagai sumber energi yang ramah lingkungan, yang membutuhkan sedikit energi dan perawatan [18].

Ernes Cahyo dkk melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560”. Penelitian ini menggunakan sensor PIR, sensor ultrasonik, sensor proximity kapasitif dan sensor proximity induktif. Metode ini mendapatkan tingkat keberhasilan sebesar 80% ketika mendeteksi sampah organik dan anorganik serta tingkat keberhasilan sebesar 90% ketika mendeteksi sampah logam [19].

S. I. Lubis dkk melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Prototipe Alat Pemilah Limbah Logam Dan Plastik Otomatis Berbasis Arduino Uno” membahas mengenai sistem yang berjalan saat ini masih manual, khususnya pada proses pemilahan barang limbah dimana masih ada kesalahan seperti sering tercampurnya barang limbah logam maupun plastik dan otomatis karyawan memilah ulang limbah tersebut. Dimana kondisi seperti itu sangat tidak baik dan menghabiskan banyak waktu. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk membuat Alat Pemilah limbah berdasarkan bahan logam maupun plastik, alat ini menggunakan Arduino sebagai mikrokontroler, sensor proximity sebagai pembaca limbah logam dan menggunakan motor servo sebagai pemisah, serta conveyor sebagai penggerak hasil [20].

Memen Akbar dkk melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Sensor Proximity dan NodeMCU ESP8266”. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dirancang sebuah alat berbasis Internet of Things yang menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontrolernya. Untuk membedakan sampah organik dan anorganik digunakan tiga sensor sekaligus, yakni sensor proximity infrared, Kapasitif dan Induktif. Data yang dibaca oleh alat ini kemudian menyalakan LED sesuai jenis tempat sampah. Pada penelitian ini, juga dirancang tempat sampah yang menggunakan sensor ultrasonic untuk mendeteksi ketinggian sampah.

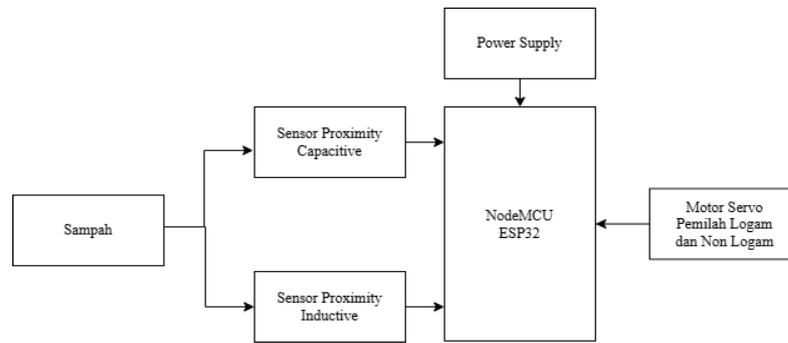
Informasi ketinggian ini kemudian dikirimkan ke aplikasi monitoring berbasis website menggunakan jaringan wifi dan protokol MQTT. Aplikasi ini digunakan oleh petugas kebersihan untuk memantau tempat sampah mana saja yang sudah harus diangkut. Dari hasil pengujian, ketiga sensor proximity yang digunakan berhasil membedakan sampah organik dan anorganik. Jarak yang direkomendasikan agar sensor bekerja optimal adalah 3 mm. Data yang didapatkan oleh alat pemilah juga berhasil dikirimkan ke aplikasi monitoring ketinggian sampah. Petugas mendapatkan notifikasi pada website, tempat sampah mana saja yang sudah harus diangkut [21].

Berdasarkan latar belakang masalah dan penelitian sebelumnya di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: Pertama, Alat pemilah sampah organik, logam dan non logam menggunakan mikrokontroler esp32. Kedua. Untuk mengetahui sistem kerja alat pemilah sampah organik, logam dan non logam dengan menambahkan conveyor yang berfungsi sebagai penggerak untuk memindahkan sampah serta menghemat waktu dan tenaga.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, metodologi yang digunakan digambarkan dalam diagram blok. Tahapan-tahapan yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.

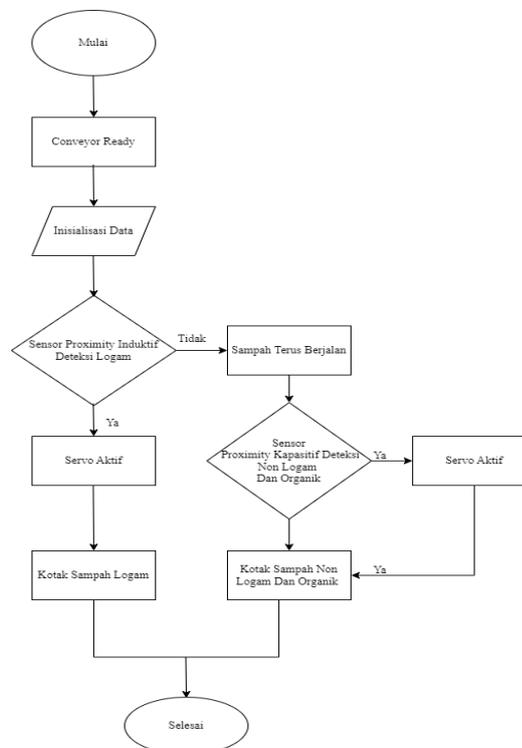


Gambar 1. Diagram Blok Rangkaian

Gambar 1 menggambarkan diagram blok dari sistem pemilah sampah yang mencakup pemisahan antara sampah organik, logam, dan non-logam. Sensor Proximity Kapasitif dan Induktif berfungsi untuk mendeteksi sampah logam dan non-organik. Ketika sensor mendeteksi adanya sampah organik, logam, atau non-logam, informasi tersebut akan dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 [22]. NodeMCU ESP32 bertugas untuk memproses data yang diterima dari sensor dan mengendalikan seluruh sistem. Motor Servo berfungsi untuk mengarahkan sampah ke tempat penampungan yang sesuai dengan jenisnya [23]. Proses kinerja sistem ini didukung oleh sumber tegangan dari Power Supply.

2.2 Flowchart Sistem

Pada Gambar 2 Flowchart Sistem menjelaskan tentang alur kerja dari alat pemilah sampah logam, non logam, dan organik yaitu pertama kita perlu mengaktifkan mesin conveyor dengan mencolokkan kabel motor satu fasa pada stop kontak. jika kabel sudah dicolokkan conveyor akan berjalan atau conveyor ready selanjutnya tegangan 12 volt dari power supply akan mengaktifkan mikrokontroler ESP 32, ketika mikrokontroler sudah aktif maka sensor-sensor yang digunakan seperti sensor proximity kapasitif, proximity induktif, dan proximity infrared serta motor servo sudah dapat bekerja mendeteksi jenis-jenis sampah yang akan dipilah. Pada tahap ini sensor proximity induktif dan proximity kapasitif akan mendeteksi jenis sampah yang berbahan logam dan non logam seperti besi, kaleng, botol plastik, bungkus plastik makanan dan sebagainya. jika terdeteksi maka servo akan mendorong sampah menuju kotak sampah anorganik. Sementara itu untuk sensor proximity kapasitif digunakan untuk mendeteksi jenis sampah organik seperti kulit buah, sisa sayuran, dan makanan lainnya. Jika hanya sensor proximity kapasitif yang mendeteksi sampah maka sampah akan diteruskan menuju kotak sampah organik atau non logam.

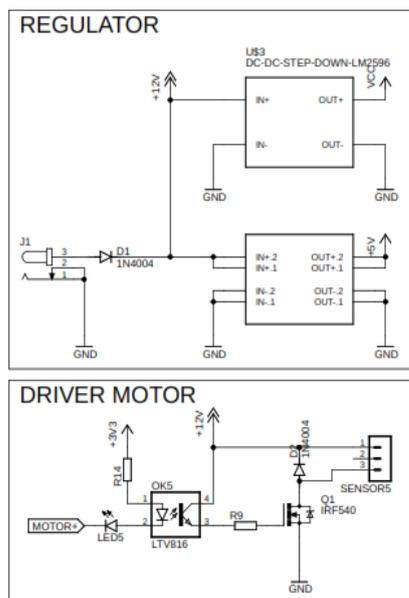


Gambar 2. Flowchart Sistem

2.3 Gambar Rangkaian

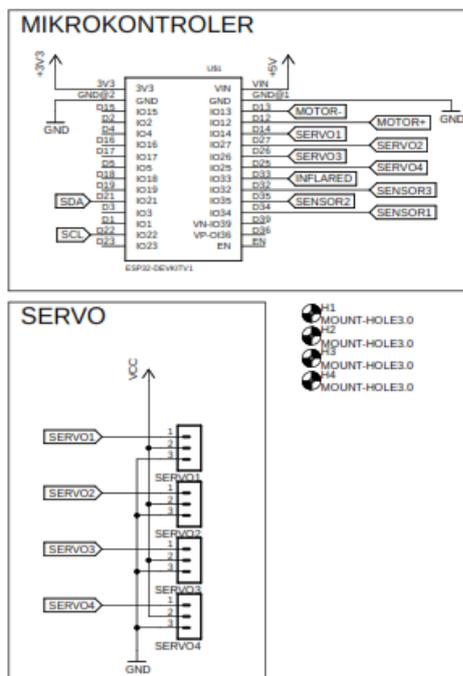
Pada Gambar 3 dapat di jelaskan tentang Skematik Rangkaian Regulator dan Driver Motor tersebut menggambarkan diagram sirkuit dengan dua komponen yaitu, regulator dan driver motor. Bagian Regulator meliputi sumber tegangan input, pot (potensiometer) untuk step-down, dan rangkaian IC. Hal ini menunjukkan bahwa regulator digunakan untuk

mengelola dan mengendalikan level tegangan. Bagian driver motor dengan komponen yang terkait seperti resistor, kapasitor, dan IC. Hal ini menunjukkan bahwa driver motor digunakan untuk memberi daya dan mengendalikan pengoperasian motor. Koneksi antara dua bagian menyiratkan bahwa regulator menyuplai tegangan yang diperlukan ke komponen motor penggerak, sehingga memungkinkannya berfungsi sebagaimana mestinya.



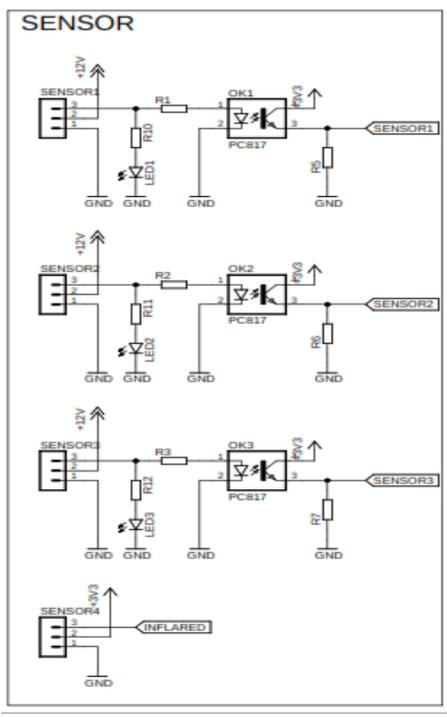
Gambar 3. Skematik Rangkaian Regulator dan Driver Motor

Pada Gambar 4 dapat dijelaskan tentang Skematik Rangkaian Mikrokontroler dan Servo yaitu, pada gambar diagram mikrokontroler tampak seperti pin out atau diagram antarmuka untuk chip mikrokontroler, dengan berbagai pin input/output. Hal ini menunjukkan mikrokontroler digunakan untuk mengontrol dan berinteraksi dengan komponen lain dalam sistem secara keseluruhan. Diagram Servo menunjukkan koneksi untuk motor servo, termasuk pin sinyal daya, ground, dan kontrol. Hal ini menunjukkan motor servo akan dikendalikan oleh mikrokontroler untuk beberapa fungsi dalam sistem.



Gambar 4. Skematik Rangkaian Mikrokontroler dan Servo

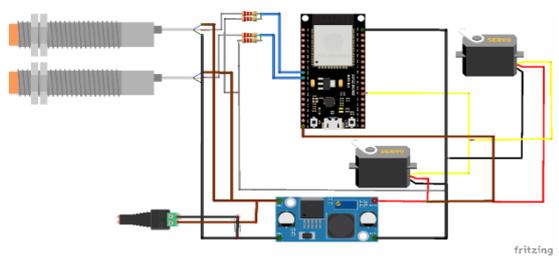
Pada Gambar 5 dapat dijelaskan Skematik Rangkaian Sensor Kapasitif Dan Induktif yaitu, skematik tersebut menunjukkan bahwa untuk sistem sensor terdapat beberapa input sensor. Komponen utamanya adalah, 4 input sensor, masing-masing dengan resistor, indikator LED, dan terminal untuk daya, ground, dan sinyal. Kemudian terdapat daya dan ground umum yang menghubungkan semua input sensor. Untuk terminal tambahan yaitu, sensor proximity induktif untuk deteksi logam, dan sensor proximity kapasitif deteksi non logam dan organik dan akan menghasilkan data dengan nilai "Ya". Berdasarkan seluruh rangkaian sensor ini dirancang untuk mendeteksi benda logam, non logam, dan organik menggunakan sensor jarak.



Gambar 5. Skematik Rangkaian Seonsor Kapasitif dan Induktif

2.3.1 Rangkaian keseluruhan Sistem

Pada rangkaian ini, sensor proximity berfungsi sebagai input pengukuran bagi objek yang akan dikenali, sedangkan motor servo berperan sebagai output dari alat yang dapat bergerak antara sudut 0 hingga 90 dan 180 derajat untuk memisahkan objek yang terdeteksi oleh sensor. Rangkaian regulator juga berfungsi untuk menyuplai daya listrik ke alat tersebut.

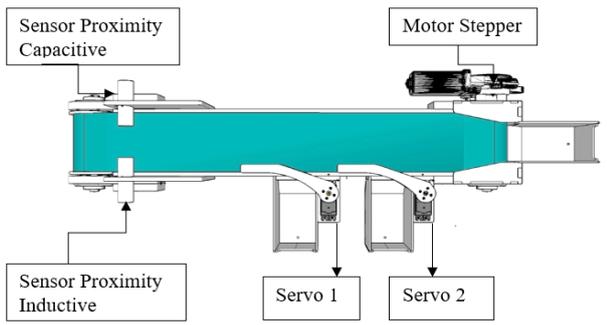


Gambar 6. Skematik Rangkaian Menggunakan Fritzing

Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan nilai sensor akan dibaca oleh ESP32 kemudian ESP32 akan mengirimkan data pada sensor untuk memilah jenis sampah sesuai dengan algoritma program yang diterapkan. Kemudian apabila sampah yang dibaca oleh ESP32 dan sensor induktif dan kapasitif mendeteksi benda logam atau non logam, maka motor servo akan terbuka untuk menempatkan benda yang telah terdeteksi oleh kedua sensor dan benda logam atau non logam akan ditempatkan pada penampungan sampah dengan jenis benda yang telah terdeteksi oleh sensor yang digunakan.

2.3.2 Gambar Desain Alat

Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan skema atau diagram dari sebuah sistem otomasi yang terdiri dari beberapa komponen utama yang terletak pada coveyor:

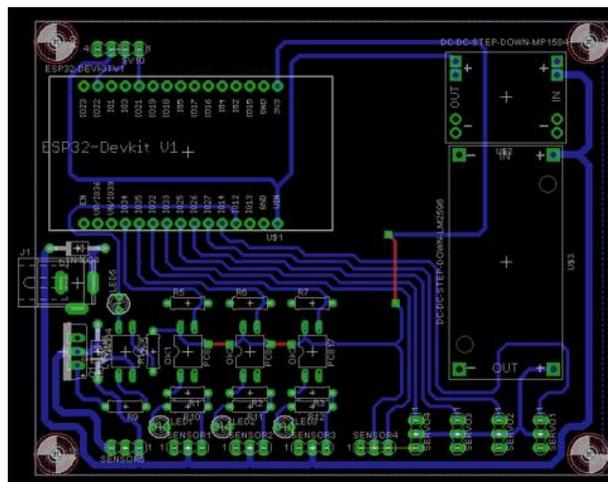


Gambar 7. Letak Servo, Sensor, dan Motor Stepper

Sensor proximity capacitive yang terletak di bagian atas yang berfungsi untuk mendeteksi benda non logam tanpa kontak langsung menggunakan prinsip kapasitansi dan untuk sensor proximity inductive terletak di bagian bawah yang digunakan untuk mendeteksi objek logam tanpa kontak fisik menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. Motor stepper berada di sisi kanan atas yang berfungsi untuk menggerakkan sistem secara presisi dengan pergerakan bertahap (step by step) yang digunakan untuk penggerak conveyor. Servo 1 dan servo 2 terletak di bagian bawah, motor servo ini berfungsi untuk mengontrol posisi, kecepatan dan akselerasi secara presisi dapat berputar dengan sudut tertentu sesuai sinyal kontrol yang diberikan dan di gunakan untuk memilah benda yang telah terdeteksi oleh sensor yang digunakan.

2.3.3 Gambar Rangkaian PCB

Pada Gambar 8 dapat di jelaskan tentang Rangkaian PCB yaitu, menunjukkan bahwa rangkaian ini berbasis mikrokontroler dan terdaot beberapa komponen utama yang digunakan yaitu, mikrokontroler sebagai unit pemrosesan pusat yang mengontrol sistem dan memiliki beberapa pin input/output. Servo dengan 4 koneksi motor servo yang akan dikendalikan oleh mikrokontroler. Kemudian input sensor memiliki 4 terminal input sensor, masing-masing dengan resistor, indikator LED, dan koneksi untuk daya, ground, dan sinyal. Sensor ini dirancang untuk mendeteksi objek logam, non logam, dan organik.



Gambar 8. Rangkaian PCB Menggunakan Aplikasi EAGLE

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Pada tahap ini, akan diuraikan proses perancangan komponen-komponen hardware menjadi sebuah sistem yang utuh, yang mencakup perancangan dan pengujian alat. Hal ini merupakan langkah persiapan untuk tahap berikutnya, yaitu implementasi desain alat pemilah sampah yang terdiri dari logam, plastik, dan organik.

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah memasang perangkat sesuai dengan desain yang telah direncanakan sebelumnya pada badan alat. Proses ini melibatkan penggunaan PCB yang telah dirakit, yang berfungsi sebagai lokasi untuk menempatkan komponen-komponen seperti motor servo, NodeMCU ESP8266, sensor proximity inductive dan sensor proximity capacitive. Gambar 9. di bawah ini menunjukkan ilustrasi pemasangan alat dengan cara tersebut:



Gambar 9. Letak Pemasangan Keseluruhan Komponen

Berikut ini adalah antarmuka dari desain alat yang berfungsi untuk memisahkan sampah logam, non-logam, dan organik. Perangkat keras serta komponen elektronik dirancang dan ditempatkan di samping conveyor. Tampilan antarmuka dapat dilihat pada gambar 10 yang tertera di bawah ini:



Gambar 10. Tampilan Keseluruhan Alat Dari Tampak Atas

3.2 Pembahasan

- a. Pada tahap ini adalah pengujian sensor pemilah sampah untuk memastikan apakah sensor pada jenis sampah logam dapat berfungsi dengan baik atau tidak dengan jarak yang sudah di tentukan yaitu 2 sampai 6 cm, dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1. Hasil pengujian sensor induktif

No.	Jenis sampah logam	Jarak	Sensor induktif	Sensor kapasitif	Keterangan
1.	Kaleng minuman	5 cm	1	0	Terdeteksi
2.	Paku	3 cm	1	0	Terdeteksi
3.	Seng	2 cm	1	0	Terdeteksi
4.	Baut	6 cm	1	0	Terdeteksi
5.	Potongan besi	4 cm	1	0	Terdeteksi

Dari hasil pengujian pada tabel 1 dapat di lihat bahwa jika sampah yang terdeteksi adalah sampah jenis logam, maka sensor induktif akan aktif dan mengeluarkan data angka “1”, sedangkan untuk sensor kapasitif tidak akan mendeteksi benda logam sehingga akan mengeluarkan data berupa angka “0”.

- b. Pada tahap ini adalah pengujian sensor pemilah sampah untuk memastikan apakah sensor pada jenis sampah non logam dapat berfungsi dengan baik atau tidak dengan jarak yang sudah di tentukan yaitu 2 sampai 6 cm, dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Hasil pengujian sensor kapasitif

No.	Jenis sampah non logam	Jarak	Sensor induktif	Sensor kapasitif	Keterangan
1.	Kayu	3 cm	0	1	Terdeteksi
2.	Masker	6 cm	0	1	Terdeteksi
3.	Kertas	3 cm	0	1	Terdeteksi
4.	Tutup botol	4 cm	0	1	Terdeteksi
5.	Plastik	2 cm	0	1	Terdeteksi

Dari hasil pengujian pada tabel 2 dapat di lihat bahwa jika sampah yang terdeteksi adalah sampah jenis non logam, maka sensor kapasitif akan aktif dan mengeluarkan data angka “1”, sedangkan untuk sensor induktif tidak akan mendeteksi benda non logam sehingga akan mengeluarkan data berupa angka “0”.

- c. Pada tahap ini adalah pengujian sensor pemilah sampah untuk memastikan apakah sensor pada jenis sampah organik dapat berfungsi dengan baik atau tidak dengan jarak yang sudah di tentukan yaitu 2 sampai 6 cm, dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Hasil pengujian sensor kapasitif organik

No.	Jenis sampah organik	Jarak	Sensor induktif	Sensor kapasitif	Keterangan
1.	Kangkung	2 cm	0	1	Terdeteksi
2.	Daun	5 cm	0	0	Tidak terdeteksi
3.	Kulit jeruk	4 cm	0	1	Terdeteksi
4.	Kulit pisang	3 cm	0	1	Terdeteksi
5.	Ranting pohon	6 cm	0	1	Terdeteksi

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3 dapat dilihat bahwa jika sensor kapasitif mendeteksi sampah organik maka sensor akan aktif dan mengeluarkan data berupa angka “1”, sedangkan untuk sensor induktif tidak akan

mendeteksi benda non logam yang ditandai oleh data yang keluar berupa angka “0”, sampah yang terlalu tipis seperti daun sulit untuk terdeteksi oleh kedua sensor sehingga menghasilkan data berupa angka “0” di kedua sensor tersebut.

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian alat menunjukkan beberapa kesimpulan yang dapat diambil: Pertama, semua komponen dalam alat pemilah sampah berfungsi meskipun terdapat beberapa kendala pada beberapa bagian. Alat ini berhasil memilah sampah berdasarkan jenisnya. Sensor induktif dan kapasitif berfungsi dengan mendeteksi objek; jika objek terdeteksi, nilai sensor adalah 1, dan jika tidak terdeteksi, nilai sensor menjadi 0. Motor stepper yang menggerakkan conveyor dapat berputar searah jarum jam. Pendorong yang digerakkan oleh servo juga mampu menentukan posisi penampung sampah dengan baik. Kedua, alat ini menggunakan dua jenis sensor, yaitu sensor proximity induktif dan sensor proximity kapasitif. Sensor induktif digunakan untuk mendeteksi logam, seperti kaleng minuman, sedangkan sensor kapasitif digunakan untuk mendeteksi material non-logam, seperti plastik. Setelah sampah terdeteksi oleh kedua sensor, pemilahan dilakukan sesuai dengan jenisnya.

REFERENCES

- [1] M. A. K. Harahap, R. N. Wurarah, A. Fathurohman, A. Suroso, and Y. Iskandar, “Globalization substance and industrial revolution 4.0 and the role of technological innovation for economic development towards entrepreneurship,” *Jurnal Bisnisan: Riset Bisnis Dan Manajemen*, vol. 4, no. 3, pp. 37–51, 2023.
- [2] P. Netinant, T. Utsanok, M. Rukhiran, and S. Klongdee, “Development and Assessment of Internet of Things-Driven Smart Home Security and Automation with Voice Commands,” *IoT*, vol. 5, no. 1, pp. 79–99, 2024.
- [3] S. Feng, R. Zhang, and G. Li, “Environmental decentralization, digital finance and green technology innovation,” *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 61, pp. 70–83, 2022.
- [4] A. T. Hoang and X. P. Nguyen, “Integrating renewable sources into energy system for smart city as a sagacious strategy towards clean and sustainable process,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 305, p. 127161, 2021.
- [5] J. M. Kadang and N. Sinaga, “Pengembangan Teknologi Konversi Sampah Untuk Efektifitas Pengolahan Sampah dan Energi Berkelanjutan,” *TEKNIKA: Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Rekayasa*, vol. 15, no. 1, pp. 33–44, 2021.
- [6] S. Andini, S. Saryono, A. N. Fazria, and H. Hasan, “Strategi pengolahan sampah dan penerapan zero waste di lingkungan kampus STKIP Kusuma Negara,” *Jurnal Citizenship Virtues*, vol. 2, no. 1, pp. 273–281, 2022.
- [7] B. Suwerda, “Bank Sampah (kajian teori dan penerapan),” *Yogyakarta: Pustaka Rihama*, vol. 22, p. 14, 2012.
- [8] G. K. Wijaya, “Perancangan Sistem Pemantauan Kapasitas Dan Alat Pemilah Sampah Berbasis Internet Of Things (IoT),” PhD Thesis, Univeristas Komputer Indonesia, 2021. Accessed: Nov. 06, 2024. [Online]. Available: <https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/5639/>
- [9] Y. D. Mukin, M. A. Noviyanti, “Simulasi Jaringan Smart Home dengan Sistem Berbasis IoT,” *Jurnal Komunikasi, Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 1, pp. 159–168, 2023.
- [10] A. Ridwan, R. Wulandari, S. Sepriano, M. Fahrurrozi, R. Darpono, and L. P. I. Kharisma, *Belajar Dasar Mikrokontroler Arduino: Teori & Praktek*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023. Accessed: Nov. 06, 2024. [Online]. Available: <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=FJvCEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA49&dq=Arduino+adalah+platform+pengembangan+elektronik+yang+dapat+diprogram+untuk+mengontrol+perangkat-perangkat+fisik&ots=kVtc-lDAeZ&sig=NcVs-zpnBrEPbN34fx6DjrN5IIg>
- [11] I. D. Rahman, M. A. Auliq, and S. Sutikno, “Prototype Alat Pemilah dan Penghancur Sampah Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO R3 Sebagai Bahan Pupuk Organik,” *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, vol. 6, no. 2, pp. 245–254, 2024.
- [12] L. Nulhakim, “Pemilahan Jenis Sampah Logam Dan Non-Logam Skala Kecil Secara Otomatis Berbasis Arduino (Smart Trash Can),” *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 9, no. 2, 2020, Accessed: Nov. 12, 2024. [Online]. Available: <http://jurnal.unmur.ac.id/index.php/jurnal/fiki/article/view/363>
- [13] I. G. M. N. Desnanjaya, I. K. B. Sandika, I. B. G. Sarasvananda, P. W. Aditama, and I. K. A. G. Wiguna, “Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Untuk Meningkatkan Management Sampah Berbasis Mikrokontroler,” *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, vol. 13, no. 2, pp. 207–216, 2023.
- [14] M. W. Arifandi, “Pengembangan Sistem Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet Of Things (IOT),” PhD Thesis, Politeknik Negeri Ungjung Pandang, 2020. Accessed: Nov. 06, 2024. [Online]. Available: <http://repository.poliupg.ac.id/id/eprint/4849/>
- [15] R. Hidayat, P. Pangaribuan, and M. H. Barri, “Sistem Monitoring Prototipe Pemilah Sampah Sungai Berbasis Sensor JSN-SR04T dan Internet of Things,” *eProceedings of Engineering*, vol. 11, no. 1, 2024, Accessed: Nov. 12, 2024. [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/22245>
- [16] M. M. Al Maududy, K. Mardianto, and A. Susanto, “Pemanfaatan Berbagai Sensor dalam Manajemen Perkebunan Kelapa Sawit,” *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, vol. 26, no. 2, pp. 117–123, 2021.
- [17] G. M. S. B. Ginting and A. Hasibuan, “Analisis Big Data Informasi dalam Proses Manufaktur Industri 4.0,” *Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 4, pp. 71–80, 2024.
- [18] E. Erwin et al., *Pengantar & Penerapan Internet Of Things: Konsep Dasar & Penerapan IoT di berbagai Sektor*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023. Accessed: Nov. 06, 2024. [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=93_QEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=Efisiensi+sensor+sangat+lah+penting+saat+ini,+dengan+memakai+sensor,+sebuah+alat+dapat+memilah+suatu+benda+dengan+benda+lainya+dengan+sangat+cepat+dan+akurat,+sesuai+jenis+nya,+untuk+itulah+sensor+salah+satu+bagian+utama+dalam+sebuah+mesin+di+industry+manapun,+di+karenakan+fungsi+dan+ketepatan+nya+sangatlah+akurat,+dan+perawatan+nya+sangatlah+mudah,+sehingga+menjadi+salah+satu+energi+yang+ramah+lingkungan+dengan+tidak+banyak+memakan+tenaga+dan+perawatan+yang+besar+&ots=QWAr3zr62y&sig=RVhHOEDuRzmesXFyQU_01d8N3SA
- [19] E. C. Nugroho, A. R. Pamungkas, and I. P. Purbaningtyas, “Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560,” *Go Infotech: Jurnal Ilmiah STMIK AUB*, vol. 24, no. 2, pp. 124–133, 2018.

- [20] S. I. Lubis, U. Khair, and I. Lubis, "Rancang Bangun Prototype Alat Pemilah Limbah Logam Dan Plastik Otomatis Berbasis Arduino Uno," *ALGORITMA: Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, vol. 5, no. 2, 2021, Accessed: Nov. 26, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.uinsu.ac.id/index.php/algorithm/article/view/11465>
- [21] M. Akbar, S. D. Anjasmara, and K. D. K. Wardhani, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Sensor Proximity dan NodeMCU ESP8266," *Jurnal Komputer Terapan*, vol. 7, no. 2, pp. 290–299, 2021.
- [22] Y. Gessel, S. Bahri, and I. Nirmala, "Sistem Pemilah Menggunakan Conveyor dan Pemantauan Ketinggian Sampah Logam, Anorganik, dan Organik Berbasis Internet of Things," *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 4, no. 4, pp. 965–975, 2023.
- [23] M. Marsujitullah and D. A. Kaligis, "Implementasi Tempat Sampah Otomatis Berbasis Internet of Things Pada Pantai Waninggap Nanggo Sebagai Destinasi Wisata Pantai," *Musamus Devotion Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 52–65, 2023.