

Sistem Pemilah Menggunakan Conveyor dan Pemantauan Ketinggian Sampah Logam, Anorganik, dan Organik Berbasis Internet of Things

Youla Gessel, Syamsul Bahri, Irma Nirmala*

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Prodi Rekayasa Sistem Komputer, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

Email: ¹youlagessel@student.untan.ac.id, ²syamsul.bahri@siskom.untan.ac.id, ³*irma.nirmala@siskom.untan.ac.id

Correspondence Author Email: irma.nirmala@siskom.untan.ac.id

Submitted: 12/07/2023; Accepted: 28/08/2023; Published: 29/08/2023

Abstrak–Pemilahan jenis sampah logam, anorganik dan organik dilakukan agar sampah terkumpul sesuai jenisnya dan mempermudah pengolahan. Pemilahan sampah secara manual telah dilakukan dengan menyediakan tempat sampah yang diberi label jenis, namun kurangnya pengetahuan dan peringatan terhadap pemilahan jenis sampah menyebabkan masih terdapat sampah yang terkumpul tidak sesuai jenisnya. Selain itu, pemantauan pada tempat sampah diperlukan untuk memberi informasi pada saat tempat sampah dalam keadaan penuh untuk mempermudah pembuangannya ke tempat pembuangan akhir. Oleh sebab itu, diperlukan sistem yang dapat memilah sampah secara otomatis dan memantau ketinggian sampah pada tempatnya. NodeMCU ESP32 sebagai pengendali keseluruhan sistem. Sensor *proximity* induktif, kapasitif, dan optik untuk deteksi jenis sampah, motor servo untuk pemilahan, dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk pemantauan ketinggian sampah. Antarmuka *website* digunakan untuk pemantauan tempat sampah dari jarak jauh. Selain itu, terdapat peringatan pada saat tempat sampah dalam keadaan penuh menggunakan LED dan *buzzer*. Pengujian keseluruhan oleh ketiga sensor pendeteksi jenis sampah mendapatkan akurasi keberhasilan yaitu 96,67%. Pengujian pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 mendapatkan nilai *error* sebesar 2,517% untuk ultrasonik HC-SR04 1, nilai *error* sebesar 1,9315% untuk ultrasonik HC-SR04 2, dan nilai *error* sebesar 2,176% untuk ultrasonik HC-SR04 3. Hasil pengujian sistem menunjukkan sampah yang terkumpul sudah sesuai dengan jenisnya dan mempermudah pengguna dalam memantau tempat sampah penuh atau tidak.

Kata Kunci: Pemilah Sampah; Logam; Anorganik; Organik; *Website*; Ultrasonik HC-SR04

Abstract–The sorting of metal, inorganic and organic waste is done so that waste is collected according to its type and makes processing easier. In addition, monitoring is needed to provide information when the bins are full. Manual waste sorting has been carried out by providing bins that are labeled with types, but the lack of knowledge and warnings about sorting types of waste means that there is still waste that is collected not according to its type. In addition, monitoring of the bins is necessary to provide information on when the bins are full to facilitate their disposal to the landfill. Therefore, a system is needed that can automatically sort waste and monitor the height of waste in its place.. NodeMCU ESP32 as the controller of the whole system. Inductive, capacitive, and optical proximity sensors for waste type detection, servo motor for sorting, and HC-SR04 ultrasonic sensor for monitoring waste height. The website interface is used for remote monitoring of the bins. In addition, there is a warning when the bins are full using LEDs and buzzers. Overall testing by the three waste type detection sensors obtained a success accuracy of 96.67%. The HC-SR04 ultrasonic sensor reading test obtained an error value of 2.517% for HC-SR04 ultrasonic 1, an error value of 1.9315% for HC-SR04 ultrasonic 2, and an error value of 2.176% for HC-SR04 ultrasonic 3. The results of system testing show that the collected waste is in accordance with its type and makes it easier for users to monitor whether the bins are full or not.

Keywords: Waste Sorting; Metal; Inorganic; Organic; Ultrasonic; Website; Ultrasonic HC-SR04

1. PENDAHULUAN

Sampah adalah sisa atau buangan dari sumber aktivitas makhluk hidup atau merupakan aktivitas alam yang biasanya memiliki bentuk padat [1]. Sampah dibagi menjadi beberapa jenis yaitu sampah berbahan logam, anorganik, dan organik. Sampah logam yaitu sampah berbahan jenis logam contohnya patahan sendok, alat motor bekas, dan peralatan masak dari aluminium yang sudah tidak layak digunakan. Sampah anorganik adalah sampah yang sukar untuk terurai, sama seperti sampah logam namun berbeda bahan dasarnya, contoh dari sampah anorganik yaitu botol minuman, bungkus makanan, dan kaca. Sampah organik yaitu buangan yang diproduksi dari makhluk hidup dan tidak sukar terurai secara alami, contohnya yaitu kulit buah, buah busuk, dan sayuran busuk. Manusia akan selalu memproduksi sampah selama berada di bumi, yang berarti sampah sebanding dengan jumlah penduduk yang ada [2]. Untuk itu perlu dilakukan pengelolaan sampah agar lingkungan tetap terjaga dan sampah tidak tertumpuk. Permasalahan sampah telah dilakukan upaya untuk mengatasinya oleh pemerintah. Namun, keterbatasan dana dan sistem yang kurang tepat bagi masyarakat menjadi salah satu faktor penghambat program pengelolaan sampah [3].

Beberapa dari masyarakat masih banyak yang tidak memedulikan pengetahuan dasar pengelolaan sampah seperti memilah jenis sampah. Permasalahan ini menjadi salah satu faktor penghambat pelaksanaan program pengelolaan sampah. Pengelolaan sampah dapat memberikan beberapa manfaat, contohnya sampah organik yang mudah terurai dapat dijadikan pupuk jika diolah sedemikian rupa, sedangkan sampah anorganik seperti botol minuman dan kaca dapat didaur ulang membentuk suatu benda yang baru.

Pemilahan jenis sampah akan membantu mencegah terjadinya pencemaran dan memudahkan sampah untuk dikelola. Beberapa upaya pemisahan jenis sampah ini sudah diterapkan oleh pemerintah dengan

menyediakan dua buah atau lebih tempat sampah yang diberi keterangan sesuai dengan jenisnya. Akan tetapi, masyarakat masih tidak membuang sampah ke tempat yang sesuai. Kurangnya pengetahuan dan peringatan kepada masyarakat akan pemilahan sampah ini menjadi salah satu faktor masih banyak sampah tidak terkumpul sesuai jenisnya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka dirancanglah sistem yang membantu masyarakat dalam memilah jenis sampah sehingga dapat diolah sesuai dengan manfaatnya masing-masing.

Penelitian terkait telah dilakukan sebelumnya oleh Fahlevi pada tahun 2019 yaitu sebuah prototype sistem pemilah sampah logam dan non-logam serta menghitung beratnya. Sistem menggunakan antarmuka website untuk menampilkan data berat sampah bukan logam dan logam yang telah melewati proses pemilahan sebelumnya menggunakan sensor induktif. Pemilahan sampah dilakukan menggunakan bantuan conveyor sebagai alat yang membawa sampah untuk dipilah dan motor servo untuk memilah sampah yang telah terdeteksi sebelumnya [4].

Penelitian terkait lainnya yaitu sistem pemilah sampah organik menggunakan sensor kapasitif dan induktif yang diintegrasikan dengan sensor inframerah oleh Bahtiar pada tahun 2019. Sistem yang dibangun menggunakan LCD sebagai antarmuka yang memberitahukan hasil pendeteksian sampah. Penelitian ini menyediakan dua buah tempat sampah yang diberi label non organik dan organik, pemilahan sampah sesuai jenisnya masih dilakukan secara manual dengan membuang sampah berdasarkan hasil deteksi dari sensor kapasitif dan sensor induktif yang ditampilkan pada LCD [5].

Penelitian terkait lainnya yaitu sistem yang memilah sampah jenis anorganik dan organik menggunakan sensor proximity dan NodeMCU ESP8266 oleh Akbar pada tahun 2021. Sistem yang dibangun menggunakan website dan LCD sebagai antarmuka dalam memilah jenis sampah anorganik dan organik. Pemilahan sampah dilakukan dengan bantuan motor servo [6].

Penelitian terkait selanjutnya oleh Lukman pada tahun 2019 yaitu sistem pemilah sampah bukan logam dan logam menggunakan sensor induktif. Sistem yang dirancang menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Arduino mega 2560 sebagai pengatur seluruh sistem. Pemilahan dilakukan menggunakan motor servo dengan pertama-tama mendeteksi sampah bukan logam dan logam menggunakan sensor induktif. Pada saat tempat sampah penuh dengan rentang jarak pengukuran oleh sensor ultrasonik HC-SR04 adalah 0-20 cm maka buzzer akan berbunyi untuk memberikan informasi. Penelitian yang dilakukan berhasil memilah sampah bukan logam dan logam serta dapat memberitahukan bahwa tempat sampah dalam keadaan penuh yang datanya ditampilkan pada LCD [7].

Penelitian terkait lainnya yaitu sistem pemilah organik dan non organik menggunakan sensor induktif, sensor infrared, dan sensor LDR oleh Temmy pada tahun 2019. Prototype yang dirancang menggunakan Arduino mega 2560 sebagai kendali utama sistem dalam mendeteksi jenis sampah. Sampah akan dipilah menjadi sampah bukan logam dan logam menggunakan sensor induktif, kemudian sampah bukan logam akan dideteksi oleh sensor LDR di mana jika tidak tembus cahaya maka merupakan sampah organik, dan jika tembus cahaya maka merupakan sampah non organik [8].

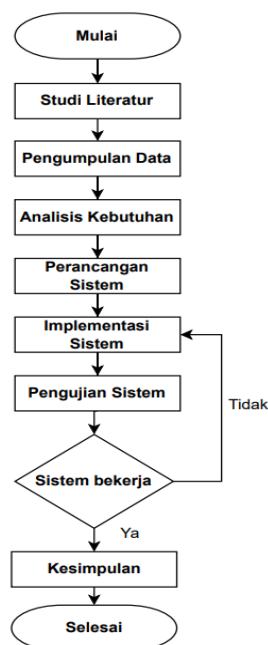
Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dirancanglah suatu sistem pemilah menggunakan conveyor dan pemantauan ketinggian sampah logam, anorganik dan organik berbasis website. Pada penelitian ini, semua sensor yang digunakan merupakan sensor proximity yaitu sebuah sensor yang dapat mendeteksi benda pada jarak tertentu. Sistem ini akan mendeteksi jenis sampah menggunakan sensor proximity induktif, kapasitif, dan optik dan memilah sampah serta menempatkannya pada tempat sampah berbeda sesuai dengan jenisnya. Pemilahan jenis sampah menggunakan media penggerak yaitu conveyor, yang membawa sampah dari tempat deteksi untuk dipilah sesuai dengan jenisnya, sehingga memudahkan pengguna dengan hanya meletakkan sampah yang akan dideteksi, tanpa memilah sampah secara manual. Pada conveyor dipasang aktuator seperti motor servo dan besi pengadang sampah berjumlah tiga buah sesuai sampah yang akan dipilah. Proses pemilahan jenis sampah ini dilakukan untuk melihat hasil dari kesesuaiannya, apakah sampah sudah terkumpul pada tempat sampah sesuai jenisnya. Ketika sampah yang telah dipilah dan berada pada tempatnya dalam keadaan penuh, maka diperlukan pemantauan pada tempat sampah untuk memberi informasi tersebut dengan bantuan dari sensor ultrasonik HC-SR04, yang dapat melakukan pengukuran jarak dari sensor ke sampah yang tertumpuk. Pada sistem secara keseluruhan dari pemilah dan pemantauan sampah logam, anorganik, dan organik yang berbentuk sebuah box, pada bagian atas dipasang tiga buah buzzer dan LED yang digunakan untuk memberi peringatan ketika tempat sampah pada masing-masing jenis sampah dalam keadaan penuh. Pemantauan keadaan tempat sampah juga dapat dilakukan melalui sebuah website yang menampilkan persentase terisinya tempat sampah, dan memberikan notifikasi apabila salah satu tempat sampah dalam keadaan penuh.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian memaparkan langkah membangun sistem pemilah dan pemantauan ketinggian sampah logam, anorganik dan organik berbasis *website*. Tahapan bermula dari melakukan studi literatur kemudian dilanjutkan tahap pengumpulan data. Setelah melakukan pengumpulan data dilanjutkan dengan menganalisis kebutuhan perangkat yang akan digunakan. Tahap selanjutnya yaitu perancangan sistem, implementasi sistem

dan pengujian sistem yang telah dibuat. Pada pengujian sistem terdapat proses untuk melihat apakah sistem bekerja sesuai yang diharapkan, jika sesuai maka dilanjutkan tahap menarik kesimpulan, jika tidak sesuai maka mengulang proses pada implementasi sistem. Adapun Gambar 1 yang memperlihatkan diagram tahap penelitian.



Gambar 1. Diagram Tahap Penelitian

2.2 Studi Literatur

Studi literatur yaitu tahap dalam mengumpulkan data pustaka, mencari, mencatat, dan mengolah bahan untuk penelitian seperti jurnal ilmiah penelitian, buku maupun artikel yang memiliki hubungan dan menunjang penelitian yang akan dilaksanakan. Pada tahap ini, diperoleh beberapa jurnal penelitian terkait, buku, dan artikel yang membahas pengelolaan sampah, jenis-jenis sampah, dan penggunaan sensor pada alat pemilah sampah otomatis.

2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yaitu melakukan pengamatan tempat sampah dan perilaku dalam membuang sampah pada tempat sampah yang diberi label jenis. Data ditinjau untuk mengamati masalah dan memberikan solusi sehingga menjadi acuan pada penelitian ini. Pada tahap ini, diperoleh data perilaku masyarakat dalam membuang sampah pada tempat sampah yang sudah diberi label jenisnya. Pengamatan menunjukkan bahwa masyarakat masih membuang sampah tidak sesuai dengan label jenis sampah, sehingga sampah tidak terkumpul sesuai jenisnya. Untuk itu dilakukan penelitian dengan membangun sistem pemilah menggunakan *conveyor* dan pemantauan ketinggian sampah logam, anorganik, dan organik berbasis *website*.

2.4 Analisis Kebutuhan

Tahapan ini melakukan pemeriksaan keperluan untuk membangun sistem. Pada tahap ini diperoleh detail kebutuhan sistem perangkat keras yang terdiri dari NodeMCU ESP32, sensor *proximity* induktif, kapasitif, optik, sensor ultrasonik HC-SR04, *conveyor*, motor servo, LCD, LED dan *buzzer*. Sementara kebutuhan sistem perangkat lunak untuk membangun *website* dan program NodeMCU ESP32 terdiri dari Arduino IDE, MySQL dan *framework laravel*.

2.4.1 NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP32 adalah sistem murah yang memiliki fitur *wifi* yang membuat sistem ini dapat menjangkau dengan luas dan langsung terhubung ke internet, serta fitur *bluetooth* yang memudahkan pengguna untuk dapat terhubung ke telepon [9]. NodeMCU ESP32 pada penelitian ini berguna sebagai perangkat pengendali utama sistem seperti mengolah, mengirimkan data, dan menyimpan data ke *database* dengan bantuan jaringan internet.

2.4.2 Sensor Proximity Induktif

Sensor *proximity* induktif yaitu sensor pengukur jarak yang memiliki fungsi sebagai pendeteksi logam, baik logam mengandung unsur besi maupun yang tidak mengandung unsur besi. Prinsip kerja dari sensor yaitu pada saat benda logam menyentuh permukaan pendeteksi dari sensor maka medan magnet akan berubah. Medan

magnet yang berubah pada osilator akan mendeteksi sinyal yang menyatakan ada objek terdeteksi [10]. Penggunaan sensor *proximity* induktif pada penelitian ini yaitu untuk mendeteksi sampah dengan jenis logam.

2.4.3 Sensor Proximity Kapasitif

Capacitive Proximity Sensor merupakan sensor berfungsi sebagai pendeteksi bahan dielektrik rendah contohnya kaca dan plastik. Pada saat objek mendekati sensor, maka kapasitor akan menyimpan perubahan medan listrik. Perubahan ini diukur untuk mengindikasikan bahwa terdapat benda dengan bahan dielektrik rendah terdeteksi [10]. Pada penelitian ini *Capacitive Proximity Sensor* berguna sebagai pendeteksi untuk memisahkan sampah jenis bukan organik dan organik.

2.4.4 Sensor Proximity Optik

Sensor *proximity* optik yaitu sensor jarak sebagai pendeteksi ada tidaknya benda. Sensor akan mengirimkan cahaya, di mana pada saat objek didekatkan ke permukaan sensor maka cahaya tersebut akan dipantulkan kembali oleh objek. *Receptor* akan menerima cahaya yang dipantulkan dan mengindikasikan bahwa terdapat benda yang terdeteksi oleh sensor [10]. Sensor *proximity* optik pada penelitian ini berguna sebagai pendeteksi keberadaan sampah.

2.4.5 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ini berguna untuk alat pengukuran jarak dengan bantuan gelombang ultrasonik. Setelah mengirimkan gelombang, sensor akan mengukur waktu hingga gelombang ultrasonik sebelumnya kembali ke sensor. Waktu yang diperoleh berbanding lurus dengan dua kali jarak sensor ke benda [11]. Sensor ultrasonik HC-SR04 pada penelitian ini berguna dalam mendeteksi jarak sampah yang tertumpuk ke sensor sehingga dapat mengetahui tempat sampah dalam keadaan penuh atau tidak.

2.4.6 Conveyor

Conveyor adalah media yang digunakan untuk membawa objek dari tempat awal ke tempat lainnya [12]. *Conveyor* bergerak menggunakan bantuan motor *power window*. Pada penelitian ini *conveyor* sebagai alat yang memindahkan sampah dari tempat deteksi ke kotak sampah.

2.4.7 Motor Power Window

Motor *power window* adalah motor penggerak regulator berputar baik searah jarum jam ataupun arah sebaliknya. Prinsip pada motor *power window* ini bekerja dengan memberikan dua tegangan yang sehingga dapat berinteraksi untuk menghasilkan gerakan [13]. Pada penelitian ini motor *power window* digunakan sebagai penggerak pada *conveyor*.

2.4.8 Motor Servo

Alat yang berguna sebagai penggerak yang dapat memutar dan menghasilkan posisi sudut poros keluaran motor karena dirancang menggunakan sistem kendali umpan balik adalah motor servo [14]. Penelitian ini menggunakan motor servo untuk menggerakkan besi pengadang pada proses pemilahan sampah.

2.4.9 Website

Website merupakan sekumpulan beberapa halaman yang di dalamnya terdapat informasi digital seperti animasi, teks, video, gambar yang memerlukan internet untuk mengaksesnya [15]. Pada penelitian ini *website* digunakan sebagai media antarmuka sistem di mana pada *website* pengguna dapat mengetahui informasi pengukuran sensor ultrasonik HC-SR04, persentase terisinya tempat sampah, dan notifikasi pada saat tempat sampah penuh.

2.4.10 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD adalah alat yang memiliki kegunaan untuk memperlihatkan teks dengan bantuan kristal cair untuk menghasilkan gambar yang tampil di layar [16]. LCD pada penelitian ini berguna sebagai media tampilan untuk informasi dari pekerjaan yang dilakukan oleh sistem.

2.4.11 LED (Light Emitting Diode)

LED merupakan alat yang memancarkan cahaya apabila diberikan tegangan listrik [17]. LED (*Light Emitting Diode*) yang digunakan pada penelitian ini berjumlah tiga buah sesuai jumlah jenis sampah yang dideteksi. LED yang digunakan berwarna merah. Pada penelitian ini LED digunakan untuk memberi peringatan berupa cahaya merah yang menyala pada saat tempat sampah dalam keadaan penuh.

2.4.12 Buzzer

Buzzer adalah suatu alat yang mengeluarkan bunyi apabila diberikan tegangan listrik [18]. Bunyi yang dikeluarkan *buzzer* seperti sebuah alarm pemberitahuan. Pada penelitian ini *buzzer* digunakan untuk memberikan peringatan berupa bunyi pada saat tempat sampah dalam keadaan penuh.

2.4.13 Arduino IDE

Salah satu *software* yang dapat berguna untuk merancang atau membuat sketsa program papan arduino adalah Arduino IDE [19]. Penelitian ini menggunakan Arduino IDE untuk memprogram NodeMCU ESP32.

2.4.14 Framework Laravel

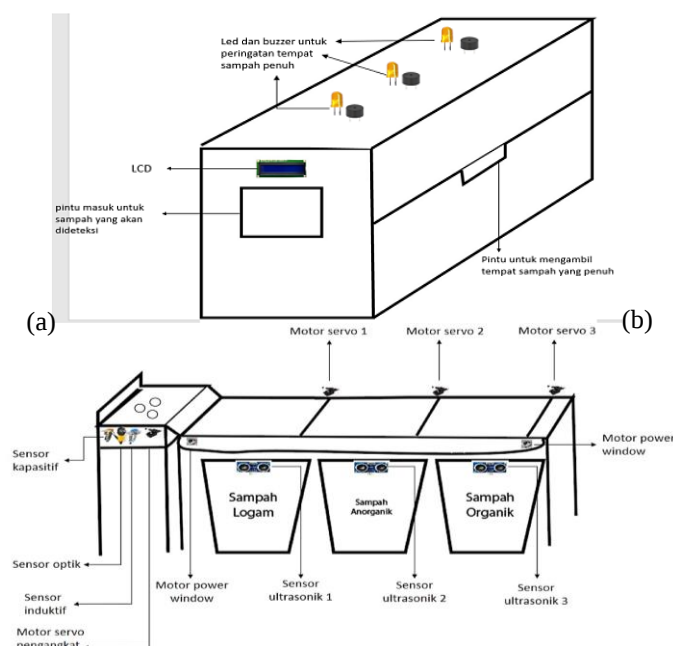
Framework laravel adalah pondasi kerja yang berisi perintah dasar dan fungsi untuk mempermudah dalam membangun aplikasi *website*. pada penelitian ini *website* yang dibangun menggunakan kerangka kerja dari *laravel* [20].

2.4.15 MySQL

MySQL adalah sistem untuk manajemen *database* atau basis data agar pengoperasian dapat dilakukan dengan mudah. MySQL dalam penelitian ini digunakan untuk membuat basis data sebagai tempat penyimpanan data hasil pengukuran sensor ultrasonik HC-SR04 [21].

2.5 Perancangan Sistem

Tahapan perancangan sistem yaitu melakukan perancangan perangkat lunak dan keras. Pada tahap ini, diperoleh perancangan sistem perangkat keras dan perangkat lunak. Sampah dideteksi oleh sensor *proximity* induktif, kapasitif, dan optik. Selanjutnya sampah yang telah terdeteksi akan dibawa ke *conveyor* untuk dilakukan pemilahan dengan motor servo. Data pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 pada tempat sampah dikirimkan, disimpan pada basis data dan ditampilkan pada *website*. Pada saat sensor ultrasonik HC-SR04 mengukur jarak antara sensor dan sampah yang tertumpuk menghasilkan nilai kurang atau sama dengan 12 cm, maka LED dan *buzzer* akan menyala sebagai peringatan langsung untuk memberitahukan tempat sampah dalam keadaan penuh serta ditampilkan juga pada peringatan berupa teks pada LCD. Selain itu, terdapat pemberitahuan yang dapat diakses dari jarak jauh melalui *website* dengan menampilkan notifikasi yang menginformasikan tempat sampah dalam keadaan penuh. Adapun Gambar 2 memperlihatkan gambar perancangan sistem pemilah dan pemantauan ketinggian sampah logam, anorganik dan organik.



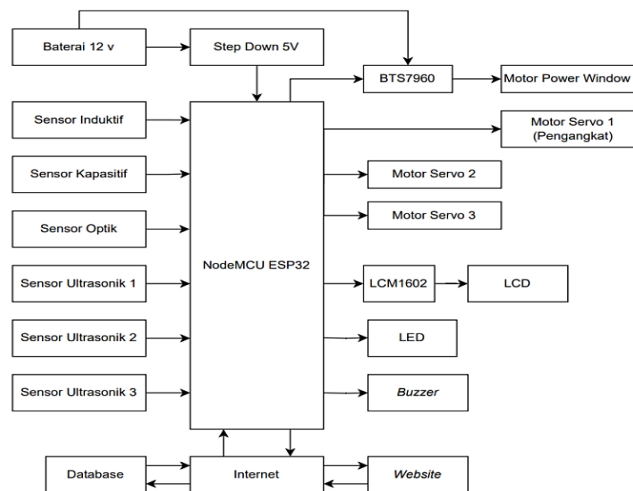
Gambar 2. Perancangan Sistem Pemilah dan Pemantauan Ketinggian Sampah Logam, Anorganik, dan Organik
(a) Tampak Luar (b) Tampak Dalam

Pada Gambar 2 (a), terdapat sebuah perancangan sistem pemilah dan pemantauan ketinggian sampah logam, anorganik, dan organik tampak dari luar yang berupa sebuah *box* yang memiliki lubang berbentuk kotak, lubang tersebut digunakan sebagai jalan masuknya sampah yang akan dideteksi. Pada bagian atas dari *box* terdapat *buzzer* dan LED untuk memberitahukan ketika tempat sampah dalam keadaan penuh. Pada Gambar 2 (b), terdapat perancangan dari *conveyor* dan peletakan sensor-sensor yang digunakan untuk mendeteksi sampah dan pemantauan ketinggian sampah.

2.5.1 Perancangan Perangkat Keras

Sistem ini menggunakan NodeMCU ESP32 pada perancangan perangkat keras untuk mengendalikan sensor dan aktuator. Masukan dari sistem ini yaitu sensor *proximity* induktif, kapasitif, dan optik untuk deteksi jenis sampah dan sensor ultrasonik untuk mengukur jarak dari sensor ke sampah yang tertumpuk. Sementara untuk keluaran

sistem yaitu motor servo pengangkat sampah (servo 1), motor servo pemilah (servo 2 dan 3), tampilan pada LCD (*Liquid Crystal Display*), lampu LED dan *buzzer* untuk memberi peringatan pada saat tempat sampah dalam keadaan penuh. Adapun pada Gambar 3 dapat dilihat gambaran desain perangkat keras sistem.



Gambar 3. Perancangan Desain Sistem

2.6 Implementasi

Tahap ini merupakan tahap penerapan sistem berdasarkan perancangan yang telah dibuat sebelumnya. Kode program ditanamkan ke perangkat keras terlebih dahulu agar perangkat lunak dan perangkat keras dapat terintegrasi. Pada tahap ini, diperoleh sistem pemilah dan pemantauan ketinggian sampah logam, anorganik dan organik hasil dari perancangan sebelumnya.

2.7 Pengujian Sistem

Tahapan pengujian sistem dilaksanakan setelah melalui proses implementasi. Pelaksanaan pengujian sistem berfungsi mengetahui kinerja dari sistem apakah sudah sepadan dengan yang telah dirancang. Pada tahap ini, diperoleh hasil pengujian berupa nilai *error relatif* pada pendeteksian jenis sampah dan pemantauan ketinggian sampah yang menunjukkan keberhasilan sistem yang dirancang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi

Implementasi sistem yaitu tahap menerapkan perencanaan yang sudah dibuat sebelumnya. Implementasi pada sistem ini terdiri dari penerapan dari *software* dan *hardware* pada sistem.

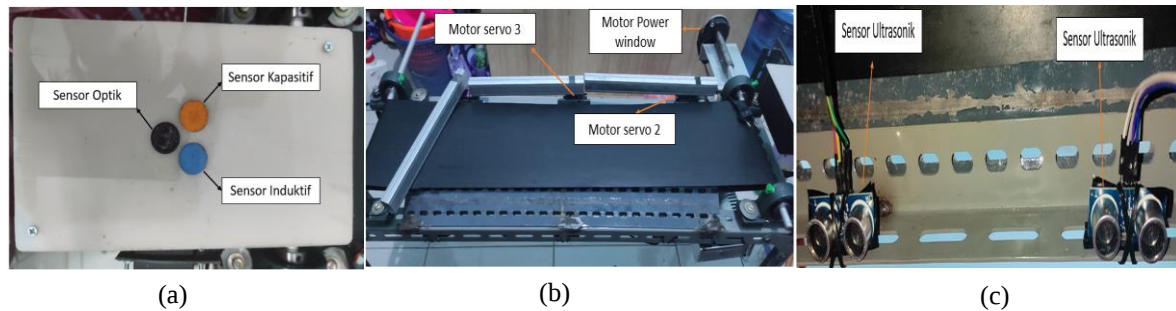
3.1.1 Implementasi Perangkat Keras

Proses penerapan dari bagian-bagian yang telah dirancang pada sistem khususnya pada bagian perangkat keras merupakan tahap implementasi perangkat keras. Proses penerapan perangkat keras dari rancangan yang dilakukan yaitu implementasi sistem pembacaan deteksi jenis sampah, penerapan sistem pemilah menggunakan *conveyor* dan motor servo, dan implementasi pemantauan ketinggian sampah oleh sensor ultrasonik HC-SR04. Perangkat keras yang telah dibuat akan ditempatkan pada sebuah *box*. Adapun pada Gambar 4 dapat dilihat gambar *box* tempat sampah yang digunakan untuk meletakkan perangkat keras dan tempat sampah.



Gambar 4. Perancangan Mekanik (a) Box Tempat Sampah (b) Perangkat Keras Pemilah dan Pemantauan Sampah serta Tempat Sampah

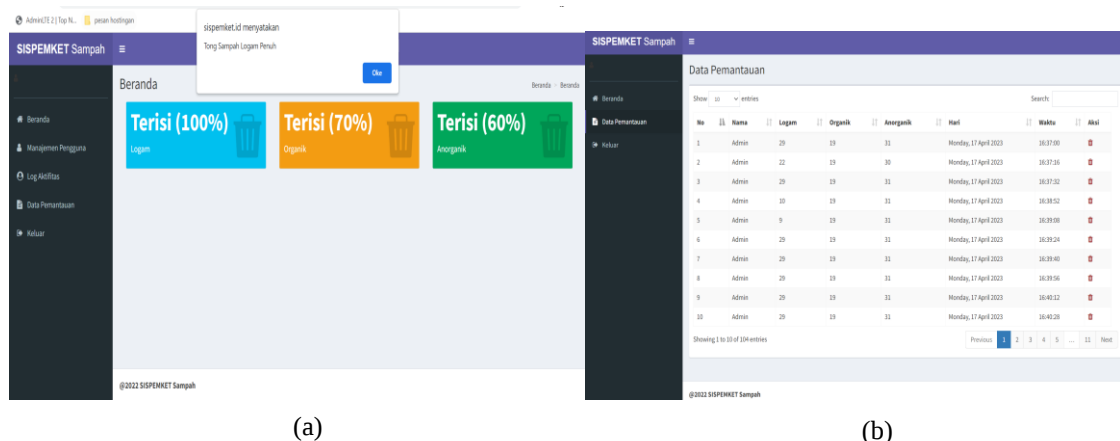
Pada perancangan mekanik di atas terdapat sebuah *box* yang terbuat dari triplek. *Box* tersebut berisi tempat sampah berjumlah 3 buah dan perangkat keras sistem pemilah dan pemantauan ketinggian sampah logam, anorganik, dan organik. Adapun pada Gambar 5 terdapat bagian-bagian dari implementasi perangkat keras yang ada di dalam *box*.



Gambar 5. Implementasi Perangkat Keras (a) Sistem Pembacaan Deteksi Jenis Sampah (b) Sistem Pemilah Menggunakan Conveyor dan Motor Servo (c) Sistem Pemantauan Ketinggian Sampah

3.1.2 Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi *software* atau perangkat lunak adalah langkah penerapan kode program. Implementasi perangkat lunak juga menampilkan hasil implementasi pada antarmuka *website*. Adapun antarmuka *website* pemantauan ketinggian sampah dapat dilihat pada Gambar 6, yang di mana pada halaman beranda *website* terdapat status terisinya tempat sampah dalam persen untuk masing-masing jenisnya dan notifikasi ketika salah satu tempat sampah dalam keadaan penuh, pada halaman data pemantauan berisi data pengukuran sensor ultrasonik HC-SR04 berbentuk tabel.



Gambar 6. Antarmuka Website Sistem Pemantauan Ketinggian Sampah Logam, Anorganik, dan Organik (a) Halaman Beranda (b) Halaman Data Pemantauan

3.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem merupakan pengujian terhadap perangkat yang telah diimplementasikan sebelumnya. Pengujian dilakukan untuk melihat performa dari sistem yang telah dibuat.

3.2.1 Pengujian Sistem Pemilah Sampah

Pengujian sistem pemilah jenis sampah dilakukan dengan mendeteksi jenis sampah menggunakan sensor *proximity* induktif, kapasitif, dan optik. Proses deteksi jenis sampah dilakukan dengan terlebih dahulu meletakkan sampah pada tempat deteksi yaitu tepat di atas ketiga sensor. Sensor *proximity* optik akan mendeteksi keberadaan sampah sebelum mendeteksi jenisnya, dengan kondisi jika bernilai 0 maka terdapat sampah yang terdeteksi, jika bernilai 1 maka tidak ada sampah yang terdeteksi oleh sensor. Pada saat sensor *proximity* optik menghasilkan nilai 1, maka proses tidak dilanjutkan ke proses deteksi jenis sampah dan LCD akan menampilkan teks berupa “tidak ada sampah” yang artinya tidak ada sampah yang terdeteksi. Sementara pada saat sensor *proximity* optik mendeteksi adanya benda di atas sensor, maka dilanjutkan dengan proses deteksi jenis sampah oleh sensor *proximity* induktif dan kapasitif. Pendeteksian jenis sampah memiliki kondisi, yaitu jika induktif bernilai 1 dan kapasitif bernilai 1, maka sampah tersebut masuk ke dalam kategori sampah logam, jika induktif bernilai 0 dan kapasitif bernilai 1, maka sampah termasuk ke dalam kategori sampah organik, jika induktif bernilai 0 dan kapasitif bernilai 0, maka sampah termasuk ke dalam kategori sampah anorganik. Hasil deteksi jenis sampah akan ditampilkan pada LCD. Setelah mengetahui jenis sampah, maka

dilanjutkan dengan proses pemilahan berdasarkan hasil deteksi jenis sampah oleh motor servo dan *conveyor*. Motor servo dipasang pada ujung benda memanjang yang berfungsi untuk mengadang sampah sehingga masuk ke tempat sesuai jenisnya.

Tabel 1. Hasil Pengujian Deteksi Jenis Sampah

No	Nama Sampah	Nilai Sensor			Jenis Sampah menurut Sensor	Jenis sampah sebenarnya
		Induktif	Kapasitif	Optik		
1	Tutup galon	0	0	0	Anorganik	Anorganik
2	Kulit jeruk	0	1	0	Organik	Organik
3	Kaleng minuman	1	1	0	Logam	Logam
4	<i>Styrofoam</i>	0	0	0	Anorganik	Anorganik
5	Kulit pisang	0	1	0	Organik	Organik
6	Gelas seng	1	1	0	Logam	Logam
7	Tutup Toples	0	0	0	Anorganik	Anorganik
8	Ampas tebu	0	1	0	Organik	Organik
9	Besi balok	1	1	0	Logam	Logam
....						
150	Potongan ikat pinggang	-	-	1	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi

Pengujian keseluruhan sistem berhasil dilakukan terhadap 150 buah sampah yang terdiri dari 50 buah sampah logam, 50 buah sampah anorganik, dan 50 buah sampah organik diperoleh nilai galat sebesar 3,33% dan nilai akurasi sebesar 96,67%, di mana dari 150 buah sampah terdapat 5 buah sampah yang tidak terdeteksi oleh ketiga sensor. Perhitungan *error* dilakukan dengan menghitung jumlah sampah yang tidak terdeteksi, untuk satu percobaan yang gagal berarti *error* relatifnya 100%. Pada percobaan terdapat 5 buah sampah yang tidak terdeteksi jenisnya, maka perhitungan *error* relatif rata-rata dari seluruh percobaan yaitu.

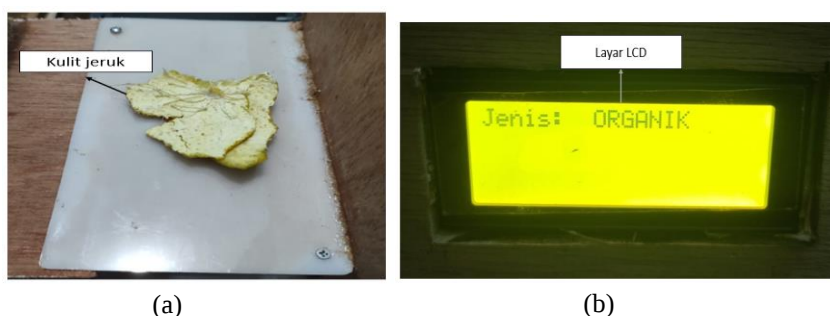
$$\text{Error Relatif Rata-rata (\%)} = 500/150 = 3,33 \%$$

Perhitungan akurasi keberhasilan dari pengukuran sensor, diperoleh dengan menghitung jumlah pengujian yang berhasil dalam mendeteksi jenis sampah, kemudian membandingkannya dengan seluruh percobaan.

$$\text{Keberhasilan rata-rata pengujian terhadap 150 buah sampah (\%)} = 14500/150 = 96,67\%$$

Hasil nilai galat dari pengujian dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu sensor optik yang tidak dapat mendeteksi benda berwarna hitam yang mengakibatkan pada saat sampah tidak terdeteksi keberadaannya, maka proses deteksi jenis sampah tidak dilanjutkan, sehingga sistem tidak dapat mendeteksi jenis sampah tersebut. Pada pengujian menggunakan sampah berupa potongan ikat pinggang berwarna hitam, sensor *proximity* optik tidak dapat mendeteksi keberadaan sampah tersebut. Namun, pada saat melakukan percobaan menggunakan sampah berupa wadah minyak rambut yang berwarna hitam dengan tempelan tutup wadah berwarna biru, sensor *proximity* optik dapat mendeteksi sampah, dengan pengecualian bagian yang menyentuh sensor optik adalah bagian yang tidak berwarna hitam. Pengujian juga dilakukan pada plastik yang mempunyai dua warna berbeda, luaran plastik berwarna pink dan di dalamnya berwarna hitam. Pada sampah tersebut sampah dapat terdeteksi jenisnya yaitu sampah anorganik.

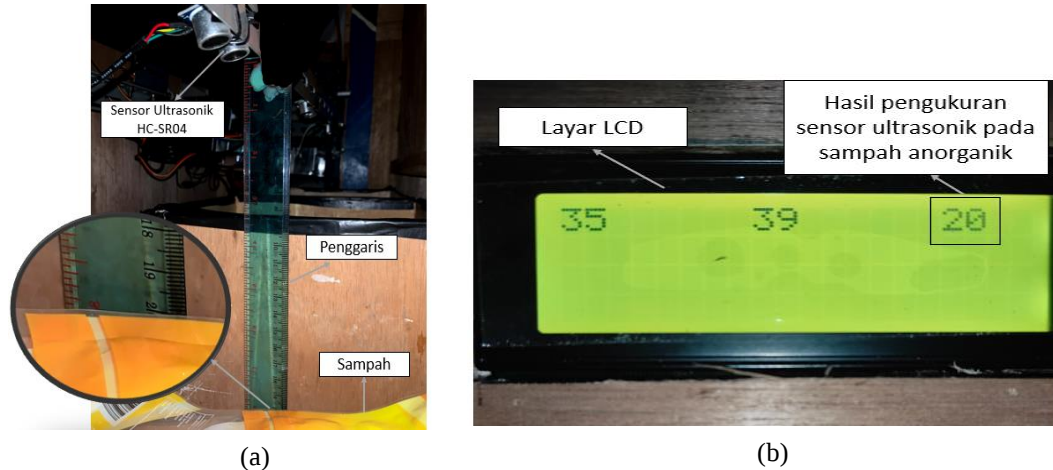
Faktor lainnya yaitu ukuran sampah yang terlalu kecil tidak dapat terdeteksi, karena sampah yang akan dideteksi permukaannya harus mengenai ketiga sensor pendeteksi untuk mengetahui hasilnya. Pada pengujian menggunakan sampah berupa paku, sistem tidak dapat mendeteksi jenisnya, hal ini disebabkan oleh ukuran paku yang permukaannya tidak mengenai seluruh permukaan ketiga sensor pendeteksi jenis sampah. Adapun pada Gambar 7 dapat dilihat gambar dari pengujian pembacaan deteksi sampah.



Gambar 7. Pengujian Pembacaan Deteksi Jenis Sampah (a) Deteksi Jenis Sampah pada Kulit Jeruk (b) Hasil Deteksi Jenis Sampah pada LCD

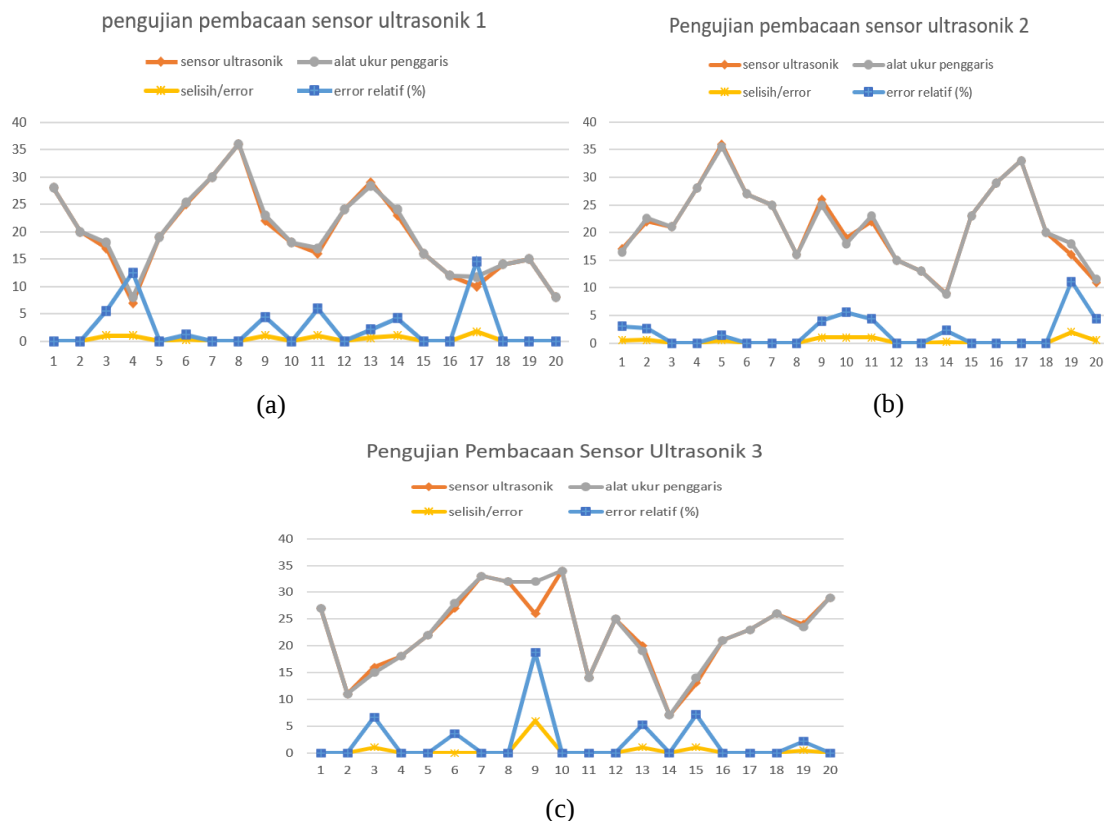
3.2.2 Pengujian Pembacaan Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian dilakukan terhadap tiga buah sensor ultrasonik yaitu dengan membandingkan nilai pengukuran sensor yang ditampilkan pada layar LCD, kemudian melakukan pengukuran manual menggunakan penggaris. Pengukuran dilakukan dengan mengukur jarak antara sensor ke sampah yang tertumpuk. Adapun Gambar 8 memperlihatkan proses pengujian oleh sensor ultrasonik dan alat ukur penggaris.



Gambar 8. Proses Pengujian Sensor (a) Pengukuran Jarak dari Sensor ke Sampah Anorganik Menggunakan Penggaris (b) Hasil Pengukuran Jarak dari Sensor Ultrasonik ke Sampah Anorganik pada LCD.

Pada pengujian dilakukan 20 kali percobaan untuk masing-masing sensor ultrasonik HC-SR04 dan mendapatkan nilai-nilai pengukuran yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Pengujian pada sensor ultrasonik 1 diperoleh *error* relatif rata-rata sebesar 2,517%. Pengujian pada sensor ultrasonik 2 diperoleh *error* relatif rata-rata sebesar 1,9315%. Pengujian pada sensor ultrasonik 3 diperoleh *error* relatif rata-rata sebesar 2,176%. Nilai galat yang diperoleh dipengaruhi oleh sensor ultrasonik HC-SR04 yang kurang akurat dalam mengukur jarak antara sensor ke sampah, yang tertumpuk dalam keadaan tidak rata. Adapun Gambar 9 memperlihatkan perbandingan antara pengukuran sensor ultrasonik HC-SR04 dan alat ukur penggaris beserta galatnya dalam bentuk grafik.



Gambar 9. Pengujian Sensor Ultrasonik dan Alat Ukur Penggaris (a) Grafik Pembacaan Sensor Ultrasonik 1 (b) Grafik Pembacaan Sensor Ultrasonik 2 (c) Grafik Pembacaan Sensor Ultrasonik 3

Pada Gambar 9 (a), (b), dan (c) menunjukkan grafik pengujian antara sensor ultrasonik dan alat ukur penggaris. Pengujian dilakukan pada masing-masing sensor ultrasonik, dan memperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada grafik, di mana pada garis berwarna oranye merupakan hasil pengukuran oleh sensor ultrasonik, garis berwarna abu-abu merupakan hasil pengukuran oleh alat ukur penggaris, garis kuning merupakan hasil selisih dari pengukuran sensor ultrasonik dan penggaris, dan garis berwarna biru merupakan hasil pengukuran *error relatif* tiap percobaan. Garis selisih yang diperoleh tiap-tiap percobaan masing-masing sensor ultrasonik pada grafik ditunjukkan dengan nilai yang rendah, artinya pada tiap percobaan menghasilkan nilai selisih yang rendah. Untuk mendapatkan nilai rata-rata *error relatif* dari masing-masing sensor, dilakukan perhitungan dengan menjumlahkan hasil *error relatif* tiap percobaan yang ditunjukkan oleh garis berwarna biru, kemudian dibagi dengan banyaknya jumlah percobaan yang dilakukan.

3.2.3 Pengujian Pengiriman Data Pengukuran ke website dari NodeMCU ESP32

Pada penelitian yang dilakukan pengiriman data memerlukan jaringan *wifi*. NodeMCU ESP32 dihubungkan dengan internet untuk melakukan proses pembacaan nilai sensor. Data pada NodeMCU ESP32 dikirimkan ke *database* dan *website* akan menampilkannya secara *realtime* pada halaman data pemantauan berbentuk tabel yang diurutkan berdasarkan data terbaru hasil pengukuran oleh sensor ultrasonik HC-SR04. Adapun pada Gambar 10 terdapat hasil dari pengujian pengiriman data.

No	Nama	Logam	Organik	Anorganik	Hari	Waktu
1	Admin	29	19	31	Monday, 17 April 2023	16:37:00

Gambar 10. Tampilan *website* hasil data yang dikirim oleh NodeMCU ESP32

Pada proses kirim data dari NodeMCU ESP32 untuk memperoleh hasil nilai pengukuran sensor data disimpan ke *database* dan diolah oleh sistem. Data yang ditampilkan pada *website* berupa informasi hasil pengukuran sensor ultrasonik HC-SR04, persentase terisinya tempat sampah masing-masing jenis, dan notifikasi untuk memberitahukan kondisi tempat sampah saat dalam keadaan penuh.

4. KESIMPULAN

Penelitian telah berhasil dilakukan dan memperoleh beberapa kesimpulan berdasarkan penelitian yaitu sistem pemilah sampah logam, anorganik dan organik berhasil dilakukan dengan membedakan jenis sampah menggunakan ketiga sensor yaitu sensor *proximity* induktif, kapasitif dan optik. Pengujian dilakukan pada 150 buah sampah yang terdiri dari 50 buah sampah logam, 50 buah sampah anorganik, dan 50 buah sampah organik. Adapun nilai galat yang diperoleh pada pengujian deteksi jenis sampah sebesar 3,33% dan akurasi pendeteksian sampah sebesar 96,67%, di mana pada 150 buah sampah yang diuji, terdapat 5 buah sampah yang tidak dapat terdeteksi jenisnya. Sistem pemantauan ketinggian sampah logam, anorganik, dan organik juga berhasil diterapkan dengan menggunakan tiga buah sensor ultrasonik HC-SR04 dan membangun *website* yang memperlihatkan hasil pengukuran jarak antara sensor ultrasonik HC-SR04 ke sampah yang tertumpuk dalam bentuk tabel, persentase terisinya tempat sampah masing-masing jenisnya, dan notifikasi pada saat tempat sampah dari salah satu jenis sampah dalam keadaan penuh. Adapun akurasi pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 kesatu adalah 97,483%, pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 kedua adalah 98,0685%, pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 ketiga adalah 97,824%. Dari hasil implementasi sistem, sampah dapat terkumpul sesuai dengan jenisnya dengan bantuan motor servo pemilah sampah dan pemantauan terisinya tempat sampah yang dilakukan dengan sensor ultrasonik HC-SR04 dapat dilakukan dari jarak jauh menggunakan *website*.

REFERENCES

- [1] Yudiyanto, E. Yudhistira, and A. L. Tania, "Pengelolaan Sampah Pengabdian Pendampingan Kota Metro," *Lemb. Penelit. dan Pengabdi. Pada Masy.*, vol. 6, no. 11, pp. 1–80, 2019.
- [2] . Sudarti and A. K. Nadhiroh, "Analisis Respon Mahasiswa Terhadap Pemilahan Sampah Rumah Tangga Melalui Pengelolaan Sampah Berbasis Zero Waste," *Ekologia*, vol. 21, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.33751/ekologia.v21i1.2876.
- [3] L. Intan Paradita, "Pemilahan Sampah: Satu Tahap Menuju Masyarakat Mandiri Dalam Pengelolaan Sampah," *BERDIKARI J. Inov. dan Penerapan Ipteks*, vol. 6, no. 2, 2018, doi: 10.18196/bdr.6145.
- [4] F. Rezza, D. Triyanto, and I. Nirmala, "Purwarupa Sistem Pemilahan Dan Penghitung Berat Sampah Logam Dan Non Logam Menggunakan Arduino Dengan Antarmuka Website," *J. Komput. Dan Apl.*, vol. 07, no. 01, pp. 23–32, 2019.
- [5] Y. A. Bahtiar, D. Ariyanto, M. Taufik, and T. Handayani, "Pemilah Organik dengan Sensor Inframerah Terintegrasi Sensor Induktif dan Kapasitif," *J. EECCIS*, vol. 13, no. 3, pp. 109–113, 2019.

- [6] M. Akbar, S. Devi, and K. Diah, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Sensor Proximity dan NodeMCU ESP8266," vol. 7, no. 2, pp. 290–299, 2021.
- [7] L. Nulhakim, "Pemilahan Jenis Sampah Logam Dan Non-Logam Skala Kecil Secara Otomatis Berbasis Arduino (Smart Trash Can)," *J. FIKI*, vol. IX, no. 2, pp. 2087–2372, 2019.
- [8] P. Pemilah, S. Organik, D. Prodi, T. Komputer, F. I. Terapan, and U. Telkom, "1. Pendahuluan 1.1 Latar Belakang," 2019.
- [9] I. W. Suriana, I. G. A. Setiawan, and I. M. S. Graha, "Rancang Bangun Sistem Pengaman Kotak Dana Dunia berbasis Mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan Aplikasi Telegram," *J. Ilm. Telsinas Elektro, Sipil dan Tek. Inf.*, vol. 4, no. 2, pp. 75–84, 2022, doi: 10.38043/telsinas.v4i2.3198.
- [10] Jufriyanto, M. Zulkarnain, Irvawansyah, and S. Mustafa, "Rancang Bangun Media Pembelajaran Penyortiran Benda Berbasis Mikrokontroler," *Electr. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 32–40, 2020.
- [11] F.- Puspasari, I.- Fahrurrozi, T. P. Satya, G.- Setyawan, M. R. Al Fauzan, and E. M. D. Admoko, "Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due Untuk Sistem Monitoring Ketinggian," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 15, no. 2, p. 36, 2019, doi: 10.12962/j24604682.v15i2.4393.
- [12] M. M, S. Rasyid, A. S, and A. N, "Perancangan Belt Konveyor Kapasitas 25 TPH (Studi Kasus : PT. Bumi Mineral Sulawesi)," *J. Tek. Mesin Sinergi*, vol. 18, no. 1, p. 59, 2020, doi: 10.31963/sinergi.v18i1.2238.
- [13] I. W. Sukadana, I. N. Agus, and W. Kusuma, "RANCANG BANGUN PENGENDALI KURSI RODA MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA328 BERBASIS APLIKASI MOBILE Abstrak Seminar Nasional PIMIMD-5 , ITP , Padang," 2019, doi: 10.21063/PIMIMD5.2019.12.
- [14] A. I. Salim, Y. Saragih, and R. Hidayat, "Implementasi Motor Servo SG 90 Sebagai Penggerak Mekanik Pada E. I. Helper (ELECTRONICS INTEGRATION HELMET WIPER)," *Electro Luceat*, vol. 6, no. 2, pp. 236–244, 2020, doi: 10.32531/jelekn.v6i2.256.
- [15] Ismai, "Easy & Simple - Web Programming," p. 1, 2016, [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=E4tKDwAAQBAJ&pg=PA1&dq=pengertian+website&hl=id&sa=X&ved=0ahUKEwjCilYX3t3aAhWBfrwKHb6RCxYQ6AEIPzAF#v=onepage&q=pengertian%0Awebsite&f=false>
- [16] M. Natsir, D. B. Rendra, and A. D. Y. Anggara, "Implementasi IOT Untuk Sistem Kendali AC Otomatis Pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya," *J. PROSISKO (Pengembangan Ris. dan Obs. Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 6, no. 1, pp. 69–72, 2019.
- [17] A. Nur Alfian and V. Ramadhan, "Prototype Detektor Gas Dan Monitoring Suhu Berbasis Arduino Uno," *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 61–69, 2022, doi: 10.30656/prosisko.v9i2.5380.
- [18] H. Al Fani, S. Sumarno, J. Jalaluddin, D. Hartama, and I. Gunawan, "Perancangan Alat Monitoring Pendeteksi Suara di Ruangan Bayi RS Vita Insani Berbasis Arduino Menggunakan Buzzer," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 4, no. 1, p. 144, 2020, doi: 10.30865/mib.v4i1.1750.
- [19] D. Aryani, I. J. Dewanto, and A. Alfiantoro, "Prototype Alat Pengantar Makanan Berbasis Arduino Mega," *Petir*, vol. 12, no. 2, pp. 242–250, 2019, doi: 10.33322/petir.v12i2.540.
- [20] D. Naista, Codeigniter Vs Laravel Kasus Membuat Website Pencari Kerja. Yogyakarta: CV LOKOMEDIA, 2017.
- [21] A. Kadir, Buku Pintar Programmer Pemula PHP. Yogyakarta: Mediakom, 2013.