

Pemilahan Sampah Rumah Tangga Menggunakan Sensor Proximity dan Monitoring Volume Sampah Berbasis IoT

I Gede Bayu Pramana Putra¹⁾, Gusti Ngurah Mega Nata²⁾, Ni Kadek Sukerti³⁾

¹Teknologi Informasi, ^{2,3}Sistem Informasi

Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali

Denpasar, Indonesia

e-mail: ¹bpramanap06@gmail.com, ²mega@stikom-bali.ac.id, ³dektisamuh@gmail.com

Abstrak

Pemilahan sampah di Indonesia, khususnya di Bali, masih menghadapi banyak tantangan. Provinsi Bali menghasilkan 1,16 juta ton sampah pada tahun 2024, dengan mayoritas sampah berasal dari aktivitas rumah tangga sebesar 64,01%. Maka paper ini bertujuan untuk membangun sistem pemilahan sampah rumah tangga dengan menggunakan sensor proximity dan berbasis Internet of Things (IoT) yang dilengkapi dengan sensor proximity kapasitif, sensor proximity induktif, dan sensor infrared untuk mendeteksi jenis material, serta sensor ultrasonik untuk memantau volume sampah secara real-time melalui aplikasi mobile. Sistem dikembangkan menggunakan metode prototype, melibatkan kombinasi perangkat keras seperti NodeMCU ESP32, berbagai sensor, dan perangkat lunak yang dirancang dengan MIT App Inventor serta Firebase sebagai basis data. Hasil pengujian sistem dengan metode blackbox testing menunjukkan bahwa sistem berhasil memilah sampah sesuai jenisnya dan memonitor volume sampah serta menghasilkan akurasi keseluruhan 73,3% dari 30 sampel sampah sebagai data uji, dengan presisi tinggi pada kategori anorganik (logam). Namun, terdapat kelemahan pada kategori anorganik (plastik) dengan recall 50%.

Kata kunci: Internet of Things (IoT), Sensor Proximity, Aplikasi Mobile, Pemilahan Sampah, Monitoring Volume Sampah.

1. Pendahuluan

Pengelolaan sampah di Indonesia masih menjadi permasalahan yang signifikan [1]. Sampah di Bali khususnya belum dapat dikelola secara optimal [2]. Provinsi Bali memiliki jumlah penduduk sebesar 4.433,3 ribu jiwa dengan kepadatan penduduk 793 jiwa per kilometer persegi, padatnya jumlah penduduk mengakibatkan banyaknya masyarakat yang memproduksi sampah. Berdasarkan Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menyebutkan jumlah timbulan sampah di Provinsi Bali sepanjang tahun 2024 mencapai 1,16 juta ton. Sampah di Bali paling banyak berasal dari aktivitas rumah rumah tangga sebesar 64,01% dari total sampah di Provinsi Bali, diikuti oleh aktivitas perniagaan 11,43% dan aktivitas pasar 7,28% [3], [4]. Mengingat pentingnya pengelolaan sampah, perlu adanya inovasi dalam pengelolaan sampah yang lebih efektif dan berkelanjutan. Salah satu inovasi yang dapat diterapkan adalah teknologi pemilahan sampah menggunakan sensor dan berbasis IoT (*Internet of Things*).

Teknologi sensor diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam pemilahan sampah rumah tangga. Selain itu, penerapan *Internet of things* (IoT) memungkinkan pemantauan volume sampah otomatis yang inovatif. Penulis merujuk pada hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini. Adapun penelitian tersebut antara lain, pertama "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Menggunakan Sensor Jarak Berbasis Mikrokontroler Arduino" oleh Kiki Fatmawati, Eka Sabna, Muhandi, Yuda Irawan (2020) menghasilkan tempat sampah pintar berbasis Arduino dengan sensor ultrasonik dan proximity memilah sampah, mendeteksi kapasitas penuh, dan memberikan notifikasi melalui SMS [5]. kedua "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar sebagai Media Pembelajaran Sekolah" oleh Sari Herliza, Almasri (2022) menghasilkan tempat sampah pintar berbasis Arduino Uno memilah sampah organik dan anorganik menggunakan sensor proximity, laser, LDR, dan konveyor, serta menampilkan output teks dan audio [6]. Dalam hal ini, penggunaan teknologi sensor dan *internet of things* (IoT) bisa menjadi salah satu solusi yang inovatif dan menjanjikan.

Merujuk pada penelitian terdahulu, maka pada penelitian ini penulis akan membangun sistem yang tidak hanya dapat membantu pemilahan sampah dengan sensor proximity kapasitif dan sensor proximity induktif untuk mendeteksi jenis material objek serta sensor infrared untuk mengklasifikasikan tingkat kegelapan material objek, tetapi juga monitoring volume sampah pada alat menggunakan sensor ultrasonik yang berbasis *Internet of Things* (IoT), hal ini menunjukkan alat dapat melakukan monitoring volume

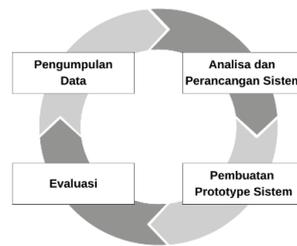
Pemilahan Sampah Rumah Tangga Menggunakan Sensor Proximity dan Monitoring Volume Sampah Berbasis IoT (I Gede Bayu Pramana Putra)

sampah secara *real-time* pada aplikasi mobile. Melalui pembuatan alat ini, diharapkan dapat memberikan solusi yang inovatif terhadap permasalahan sampah dan memudahkan proses pemilahan sampah pada sampah rumah tangga dengan lebih efektif dan efisien.

2. Metode Penelitian

2.1 Metode Prototype

Metode pengembangan sistem yang digunakan dalam membuat sistem Pemilahan Sampah Rumah Tangga Menggunakan Sensor Proximity dan Monitoring Volume Sampah Berbasis IoT ini adalah Metode Prototype. Metode prototype merupakan metode pengembangan untuk menjelaskan sistem, sehingga pengguna sistem dapat memvisualisasikan pengembangan sistem yang akan dibuat serta dapat di evaluasi dan di modifikasi kembali [7].



Gambar 1. Metode Prototype Sumber: (Roger S. Pressman)

2.2 Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang pertama adalah studi literatur dengan data yang diperoleh mencakup materi yang bersumber dari jurnal, buku, karya ilmiah, dan sumber lain baik itu dalam bentuk media elektronik maupun media cetak yang berkaitan dengan *Internet of things* (IoT) dan berhubungan dengan sistem pemilihan sampah dan monitoring volume sampah, dan yang kedua adalah observasi untuk mengidentifikasi sampah yang sering dibuang pada rumah tangga.

2.3 Analisa Dan Perancangan Sistem

1. Analisa

Pada tahapan ini akan dilakukan untuk menganalisis kebutuhan yang diperlukan untuk membuat sistem, agar sistem dibuat sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Pada pembuatan alat ini menggunakan gabungan 2 perangkat yaitu, perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

2. Perancangan

Pada perancangan sistem diawali dengan pembuatan gambaran umum sistem, dan berikutnya perancangan perangkat keras dengan melakukan desain rangkaian elektronik komponen yang akan disatukan.

2.4 Pembuatan Prototype Sistem

1. Implementasi Perangkat Keras

Tahapan ini merupakan implementasi perancangan yang telah dibuat sebelumnya. Pembuatan perangkat keras diawali dengan penghubungan seluruh komponen mikrokontroler dengan NodeMCU ESP32. Setelah komponen terhubung maka akan dilakukan pengujian untuk dapat menyimpulkan bahwa komponen telah berfungsi dengan baik.

2. Implementasi Perangkat Lunak

Tahapan ini merupakan tahapan implementasi perancangan perangkat lunak sebelumnya. Dimulai dari merancang tampilan antarmuka aplikasi menggunakan MIT App Inventor kemudian melakukan *drag and drop blocks* supaya sistem aplikasi dapat bekerja. Kemudian menghubungkan antara Firebase, NodeMCU ESP32, dan aplikasi, agar aplikasi dapat menampilkan volume sampah pada tempat sampah.

2.5 Evaluasi

Evaluasi merupakan sebuah tahapan untuk memastikan kualitas dan validasi hasil suatu kegiatan penelitian berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan sebelumnya. Tahapan evaluasi dilakukan setelah prototype telah rampung dikerjakan. Tahapan ini akan menguji apakah sistem telah berfungsi seperti yang diharapkan pengguna dalam pengujian menggunakan blackbox testing dan confusion matrix.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa Dan Perancangan

1. Analisa Sistem

a. Perangkat Keras

Adapun perangkat keras pendukung yang digunakan pada penelitian ini, sebagai berikut: NodeMCU ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler development board, sensor proximity kapasitif digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi objek dengan dielektrik yang berkapasitas rendah, sensor proximity induktif digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi objek logam, sensor infrared digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi intensitas cahaya objek, sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan sebagai sensor jarak objek dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik, motor servo digunakan sebagai penggerak tutup tempat sampah, DFPlayer digunakan sebagai modul pemutar audio, speaker mini digunakan sebagai output suara audio, power supply digunakan sebagai supply power (listrik).

b. Perangkat Lunak

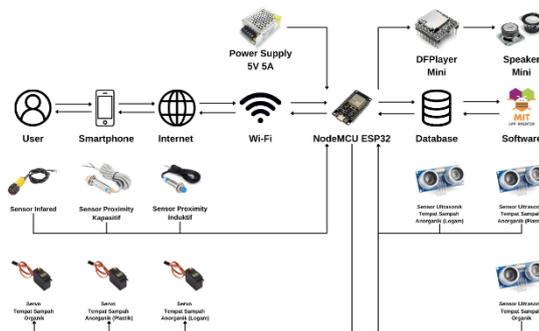
Adapun perangkat keras pendukung yang digunakan pada penelitian, sebagai berikut: Arduino IDE digunakan untuk melakukan penulisan kode program dan kompilasi pada mikrokontroler NodeMCU ESP32, MIT App Inventor digunakan untuk pembuatan aplikasi, Firebase digunakan sebagai *database*.

2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan langkah untuk mengetahui alur dan proses yang terjadi pada sistem yang akan menjadi pedoman dalam proses pengimplementasian [8].

a. Gambaran Umum

Gambaran umum sistem menggambarkan cara kerja sistem dalam melakukan pemilahan dan monitoring pada penelitian ini. Berikut merupakan gambaran umum penelitian ini.

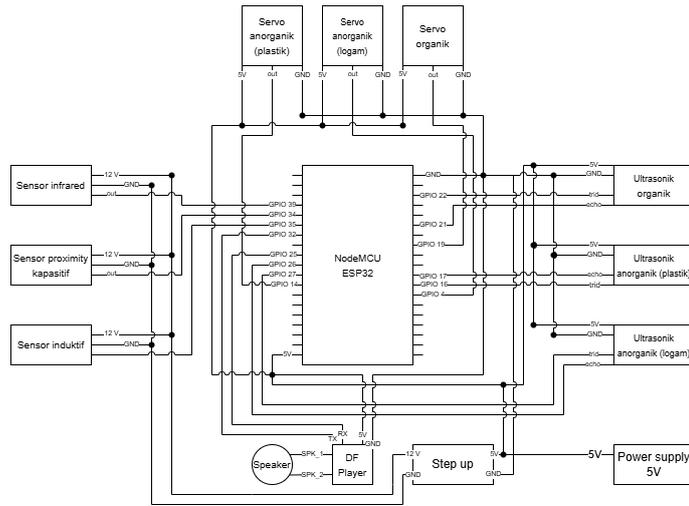


Gambar 2. Gambaran Umum

- 1) Semua data yang didapat dari sensor atau alat *input* akan diproses pada mikrokontroler NodeMCU ESP32.
- 2) Mikrokontroler dan sensor *input* maupun *output* mendapatkan daya dari power supply.
- 3) Sensor proximity kapasitif, sensor proximity induktif, sensor infrared dan sensor ultrasonik HC-SR04 memberikan input ke mikrokontroler NodeMCU ESP32.
- 4) Jika indikator yang diproses NodeMCU ESP32 sesuai akan menghasilkan *output*.
- 5) Motor Servo akan berputar sesuai dengan indikator jenis sampah yang terpenuhi.
- 6) DFPlayer Mini akan memutar sesuai perintah dari NodeMCU ESP32 berdasarkan indikator yang terpenuhi.
- 7) Speaker Mini akan berbunyi sesuai suara yang diproses di DFPlayer Mini.
- 8) NodeMCU ESP32 yang terhubung dengan *database* berfungsi untuk mencatat nilai yang *diinputkan* dari Sensor Ultrasonik HC-SR04 melalui NodeMCU ESP32.
- 9) *Database* akan terhubung dengan *software* berupa aplikasi mobile yang dibuat dengan MIT App Inventor untuk menampilkan volume sampah terisi pada tempat sampah.

b. Skema Elektronika

Perancangan skema elektronika menggambarkan penjelasan mengenai komponen-komponen yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3. Skema Elektronika

3.2 Implementasi Sistem

1. Implementasi Perangkat Keras

Berikut ini merupakan tampilan dari keseluruhan rancangan perangkat keras yang telah dirancang untuk menghasilkan alat yang dapat berfungsi dengan baik. Rancangan perangkat keras dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Perangkat Keras

2. Implementasi Perangkat Lunak

Berikut ini merupakan tampilan halaman monitoring yang telah dirancang untuk menghasilkan aplikasi yang dapat berfungsi dengan baik. halaman monitoring dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Halaman Monitoring

3.3 Pengujian Sistem

1. Blackbox Testing

Blackbox testing adalah metode pengujian yang menguji fungsionalitas sistem tanpa melihat struktur kode, pengujian ini sepenuhnya didasarkan pada kebutuhan dan spesifikasi sistem [9]. Manfaat blackbox testing untuk memastikan fungsi-fungsi sistem dapat berjalan sesuai yang diinginkan [10]. Berikut hasil pengujian sistem.

Tabel 1. Pengujian Blackbox Testing

No	Skenario pengujian	Test	Hasil diharapkan	Kesimpulan
1	Pengguna melakukan scan sampah anorganik (logam) berupa kaleng, maka muncul suara sampah anorganik (logam), dan tempat sampah anorganik (logam) terbuka	Scan sampah anorganik (logam) berupa kaleng pada tempat sampah pintar	Mengeluarkan jenis suara sampah anorganik (logam) dan tempat sampah anorganik (logam) terbuka	Sesuai
2	Pengguna melakukan scan sampah anorganik (plastik) berupa kresek, maka muncul suara sampah anorganik (plastik), dan tempat sampah anorganik (plastik) terbuka	Scan sampah anorganik (plastik) berupa kresek pada tempat sampah pintar	Mengeluarkan jenis suara sampah anorganik (plastik) dan tempat sampah anorganik (plastik) terbuka	Sesuai
3	Pengguna melakukan scan sampah organik berupa kulit jeruk, maka muncul suara sampah organik, dan tempat sampah organik terbuka	Scan sampah organik berupa kulit jeruk pada tempat sampah pintar	Mengeluarkan jenis suara sampah organik dan tempat sampah organik terbuka	Sesuai
4	Sensor ultrasonik tempat sampah anorganik (logam) mendeteksi objek sampah maka data dikirim ke <i>database</i> dan persentase volume sampah terisi akan di tampilkan pada aplikasi	Tempat sampah anorganik (logam) terisi	Menampilkan presentase volume tempat sampah anorganik (logam) terisi pada aplikasi	Sesuai
5	Sensor ultrasonik tempat sampah anorganik (plastik) mendeteksi objek sampah maka data dikirim ke <i>database</i> dan persentase volume sampah terisi akan di tampilkan pada aplikasi	Tempat sampah anorganik (plastik) terisi	Menampilkan presentase volume tempat sampah anorganik (plastik) terisi pada aplikasi	Sesuai
6	Sensor ultrasonik tempat sampah organik mendeteksi objek sampah maka data dikirim ke <i>database</i> dan persentase volume sampah terisi akan di tampilkan pada aplikasi	Tempat sampah organik terisi	Menampilkan presentase volume tempat sampah organik terisi pada aplikasi	Sesuai

2. Confusion Matrix

Confusion matrix adalah metode yang digunakan untuk melakukan perhitungan akurasi [11]. Berikut hasil pengujian, perhitungan akurasi, presisi dan recall. Pada simulasi pengujian menggunakan 10 data uji untuk masing-masing sampah anorganik (logam), sampah anorganik (plastik) dan sampah organik.

Tabel 2. Hasil Pengujian

Aktual/Prediksi	Infrared (Organik)	Infrared dan Proximity Kapasitif (Anorganik (Plastik))	Infrared dan Proximity Induktif (Anorganik (Logam))
Organik	8	1	1
Anorganik (Plastik)	5	5	0
Anorganik (Logam)	1	0	9

Tabel 3. Hasil Presisi, Recall dan Akurasi

Kelas	Presisi	Recall	Akurasi
Organik	0.571	0.800	0.733
Anorganik (Plastik)	0.833	0.500	0.733
Anorganik (Logam)	0.900	0.900	0.733

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa penelitian ini menghasilkan sistem Pemilahan Sampah Rumah Tangga Menggunakan Sensor Proximity dan Monitoring Volume Sampah Berbasis IoT, dengan menggunakan sensor proximity induktif, sensor proximity kapasitif dan sensor infrared untuk membedakan objek material serta aplikasi untuk monitoring volume sampah. Selain itu, pengujian sistem dilakukan dengan metode pengujian blackbox testing dengan memperoleh hasil yang sesuai dengan yang diharapkan dan pada confusion matrix mendapatkan akurasi keseluruhan (73.3%), dengan kategori anorganik (logam) (presisi 0.900 dan recall 0.900) dan kategori organik (presisi 0.571 dan recall 0.800). Namun, pada kategori anorganik (plastik), yang memiliki recall relatif rendah (0.500). Dari hasil pengujian lebih baik untuk menyesuaikan kembali sensitivitas sensor proximity kapasitif agar dapat mendeteksi sampah anorganik (plastik) menjadi lebih akurat.

Daftar Pustaka

- [1] M. Lailiyah, "Pengembangan Purwarupa Tempat Sampah Otomatis Berbasis IOT Dengan Sistem Pemantauan Kapasitas Melalui Aplikasi Mobile. Studi Kasus: Kabupaten Gresik," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu ...*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2024, [Online]. Available: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/13612%0Ahttps://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/download/13612/6037>
- [2] A. Syukron *et al.*, "Design Thinking: Metode Perancangan Aplikasi Bapeling Dalam Penanganan Sampah Berbasis Sumber Provinsi Bali," *Softw. Dev. Digit. Bus. Intell. Comput. Eng.*, vol. 1, no. 02, pp. 41–48, 2023, doi: 10.57203/session.v1i02.2023.41-48.
- [3] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, "Data Timbulan Sampah," Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). Accessed: Jan. 08, 2025. [Online]. Available: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbulan>
- [4] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, "Data Sumber Sampah," Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). Accessed: Jan. 08, 2025. [Online]. Available: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/sumber>
- [5] K. Fatmawati, E. Sabna, Muhardi, 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.
- [6] S. Herliza and Almasri, "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar sebagai Media Pembelajaran Sekolah," *Pendidik. Tambusai*, vol. 6, no. 1, pp. 2984–2995, 2022.
- [7] R. Aditya, V. H. Pranatawijaya, and P. B. A. A. Putra, "Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Kegiatan Menggunakan Metode Prototype," *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 47–57, 2021.
- [8] G. N. M. Nata, I. Wayan Wiraguna, and I. Putu Ramayasa, "Sistem Informasi Kehadiran Siswa Berbasis Sms Gateway Dengan Qr Code," *J. Manaj. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 6, no. 1, pp. 62–72, 2023, doi: 10.36595/misi.v6i1.732.
- [9] I. G. Putu, N. Daniswara, D. Pramana, and A. Nugroho, "Aplikasi Manajemen Data Pesanan pada PT . Aura Bali Craft Menggunakan Framework Laravel," vol. 1, no. 2, pp. 532–537, 2024.
- [10] Dewi Purnamasari, Siti Umi Damayanti, Jumrianto, and Nisrina Qurratu Aini, "Rancang Bangun Sistem Informasi Berbasis Website untuk Monitoring RAB di Unit Pelaksana Transmisi PT. PLN Salatiga dengan Blackbox Testing," *J. Inform. Polinema*, vol. 10, no. 2, pp. 189–196, 2024, doi: 10.33795/jip.v10i2.4910.
- [11] P. Mayadewi and E. Rosely, "Prediksi Nilai Proyek Akhir Mahasiswa Menggunakan Algoritma Klasifikasi Data Mining," *Semin. Nas. Sist. Inf. Indones.*, vol. 2019, no. November, pp. 329–334, 2019.