

Rancang Bangun Sistem Pemilahan Sampah Medis Berbasis Sensor Ultrasonik Menggunakan Mikrokontroler ESP8266

Vira Saleha^{1*}, Farida Idifitriani², Juniardi Akhir Putra³, Fahri Hamdani⁴

^{1,2,3}Universitas Teknologi Sumbawa, Indonesia

¹Virasaleha16@email.com, ²farida.idifitriani@uts.ac.id, ³juniardi.akhir.putra@uts.ac.id,

⁴fahri.hamdani@uts.ac.id,



Histori Artikel:

Diajukan: 13 Juli 2026

Disetujui: 25 Juli 2026

Dipublikasi: 28 Juli 2026

Kata Kunci:

Component; Sampah

Medis; Sensor

Ultrasonik; Mikrokontroler

ESP8266; IoT;

Real-time

Digital Transformation

Technology (Digitech) is an

Creative Commons License

This work is licensed under

a Creative Commons

Attribution-NonCommercial

4.0 International (CC BY-NC

4.0).

Abstrak

Permasalahan pengelolaan sampah di klinik bersalin masih menjadi isu penting akibat tingginya volume limbah yang dihasilkan serta rendahnya kepatuhan dalam pemilahan sampah sesuai jenisnya. Kesalahan pemilahan dan penumpukan sampah berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan serta resiko kesehatan bagi pasien dan tenaga medis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pemilahan sampah medis otomatis berbasis *internet of things* menggunakan mikrokontroler Esp8266. Sistem ini bertujuan untuk mendeteksi limbah berbahan non-logam. Metode penelitian ini. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan pendekatan rekayasa prototipe, meliputi tahap perancangan, perakitan, pengujian, serta evaluasi sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memilah sampah medis dan non medis secara otomatis sesuai jenis materialnya serta memantau kapasitas tempat sampah dengan akurasi yang baik. Informasi kapasitas ditampilkan melalui LCD dan dikirimkan sebagai notifikasi secara *real-time* ketika tempat sampah penuh. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan berfungsi dengan baik dan layak digunakan sebagai solusi pendukung pengelolaan sampah medis di klinik bersalin guna meningkatkan efisiensi pemilahan, kebersihan dan keamanan lingkungan.

PENDAHULUAN

Fasilitas kesehatan ialah lembaga penting dalam meningkatkan standar kesehatan masyarakat dengan menyediakan layanan promosi kesehatan, pencegahan, pengobatan, dan rehabilitasi. Dalam kegiatan operasionalnya, fasilitas kesehatan misalnya rumah sakit, puskesmas, dan rumah sakit bersalin menghasilkan berbagai jenis limbah, baik limbah medis maupun non-medis. Jika limbah medis tidak dikelola dengan baik, limbah tersebut dapat memiliki sifat berbahaya dan menimbulkan ancaman infeksi, pencemaran lingkungan, serta bahaya kesehatan bagi pasien, tenaga medis, dan masyarakat umum. Oleh karena itu, pengelolaan limbah medis yang tepat, terutama pada tahap pemisahan, sangat penting untuk sistem kesehatan yang aman dan berkelanjutan (Miswan et.al. 2021).

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang dilakukan di klinik bersalin sebagai lokasi penelitian, limbah yang dihasilkan setiap hari terdiri atas limbah medis dan nonmedis. Limbah medis yang paling sering ditemukan meliputi jarum suntik bekas, ampul obat, dan kemasan obat-obatan, gunting medis. Sementara itu, limbah nonmedis berupa botol plastik minuman, kertas, kardus, serta sampah rumah tangga lainnya yang berasal dari aktivitas pasien maupun tenaga kesehatan. Rata-rata volume limbah yang dihasilkan mencapai sekitar 15 liter per hari atau sekitar 1 kantong sampah per hari. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengelolaan limbah menjadi salah satu aspek penting yang harus diperhatikan untuk menjaga kebersihan dan keamanan lingkungan klinik (Ciawi et al. 2024).

Saat ini proses pemilahan limbah di klinik masih dilakukan secara manual oleh petugas kesehatan dengan menggunakan tempat sampah yang dipisahkan berdasarkan kategori tertentu. Namun, dalam praktiknya masih ditemukan limbah yang tercampur akibat kurangnya ketelitian saat pembuangan maupun keterbatasan sistem pengawasan terhadap tempat sampah. Selain itu, petugas harus melakukan pengecekan secara langsung untuk mengetahui kondisi kapasitas tempat sampah. Proses tersebut tidak hanya membutuhkan waktu dan tenaga, tetapi juga meningkatkan risiko kontak langsung dengan limbah medis yang berpotensi mengandung zat infeksius dan membahayakan kesehatan petugas (Dwipayanti et al. 2024).

Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa diperlukan suatu sistem yang mampu membantu proses pemilahan limbah secara otomatis sekaligus melakukan pemantauan kapasitas tempat sampah secara *real-time*. Dengan memanfaatkan sensor induktif, sensor kapasitif, sensor ultrasonik, serta mikrokontroler ESP8266 berbasis *Internet of Things* (IoT), sistem yang dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan ketepatan pemilahan

limbah, mengurangi kontak langsung petugas dengan sampah medis, serta meminimalkan terjadinya penumpukan limbah di lingkungan klinik bersalin (Maulida et al. 2025).

STUDI LITERATUR

Internet Of Things (IoT)

IoT ialah gagasan inovatif yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan perangkat yang terhubung. Ketersediaan konektivitas internet yang terus-menerus merupakan aspek penting dalam hal kegunaannya sebagai sarana berbagi. Data, kendali jarak jauh, dan penerimaan sensor yang melibatkan berbagai item, seperti makanan, menjadi contoh utama. Dalam ranah konektivitas jaringan, seseorang dapat menemukan banyak sekali item mulai dari barang elektronik dan barang koleksi hingga berbagai bentuk peralatan, bahkan hingga organisme hidup (Afriзал dan Eriana 2023).

Sampah

Dalam konteks lingkungan, sampah didefinisikan sebagai seluruh sisa material hasil kegiatan manusia yang sudah tidak dimanfaatkan lagi dan keberadaannya tidak lagi diinginkan. Sampah dapat berbentuk padatan, cairan, gas, maupun material yang mengandung unsur beracun. Beberapa contoh yang termasuk dalam kategori ini meliputi sisa makanan, kertas, plastik, kaca, logam, tekstil, bahan kimia, dan limbah medis. Sumber penghasil sampah sangat beragam, mulai dari aktivitas rumah tangga hingga kegiatan yang dilakukan oleh organisasi, perusahaan, dan berbagai institusi publik. Ketidakefektifan dalam pengelolaan sampah dapat memicu berbagai konsekuensi yang merugikan, baik bagi lingkungan maupun kesehatan manusia, seperti meningkatnya risiko penularan penyakit, terjadinya pencemaran air, serta memburuknya kualitas udara. Dengan demikian, pengelolaan sampah yang terencana dan berkelanjutan diperlukan untuk mendukung terciptanya kondisi lingkungan yang sehat, bersih, dan berkelanjutan (Pipi and Furqan 2023).

Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik umumnya menggunakan kristal *piezoelektrik* yang berguna sebagai pemancar dan penerima gelombang ultrasonik pada frekuensi sekitar 40 kHz. Gelombang ini akan memantul dari objek di depan dan memiliki kecepatan sekitar 340 m/s. Sensor menangkap pantulan ini dan menghitung waktu pantulan untuk menentukan jarak objek (Hudati et al. 2021).

ESP8266

Sebagai salah satu teknologi komunikasi nirkabel, ESP8266 (*Modul Transceiver Serial Wi-Fi*) dirancang untuk mendukung berbagai kebutuhan konektivitas pada sistem modern yang saling terhubung. Chip ini menghadirkan *platform* jaringan *Wi-Fi* yang lengkap dan terintegrasi, sehingga mampu menjalankan fungsi pemrosesan aplikasi secara mandiri ataupun menangani seluruh aktivitas jaringan *Wi-Fi* yang kemudian dikendalikan atau dimanfaatkan oleh prosesor aplikasi lainnya (Wahyu and Kiswantono 2022).

Fritzing

Fritzing ialah suatu perangkat lunak *open-source* yang dipakai untuk membuat skematik elektronik, rancangan papan sirkuit cetak (PCB), dan prototipe perangkat keras dengan cara visual. *Software* ini sangat terkenal di lingkungan penggemar elektronika, pembuat proyek IoT, serta memberikan kemudahan penggunaannya serta dukungannya untuk berbagai modul seperti mikrokontroler Arduino dan ESP 8266. Dengan *Fritzing*, pengguna dapat merancang, mendokumentasikan, dan mensimulasikan rangkaian elektronik secara intuitif tanpa memerlukan pengetahuan pemrograman yang mendalam (Susanto and Tarigan 2022).

Arduino IDE

Perangkat lunak resmi untuk menulis, mengedit, serta mengunggah kode program ke papan mikrokontroler Arduino disebut Arduino IDE. Arduino IDE menyediakan bahasa pemrograman yang sederhana berbasis C/C++, yang memudahkan pengembang dari berbagai tingkat pengalaman untuk membuat program pengendali perangkat keras. Melalui Arduino IDE, pengguna bisa menulis kode, memeriksa kesalahan (*compile*), serta mengupload langsung ke perangkat Arduino misalnya Arduino Uno, Arduino Mega, maupun papan berbasis ESP32 dan NodeMCU. Kode yang dibuat biasanya berupa *file* berekstensi .ino yang dapat diintegrasikan dengan berbagai *library* sensor dan aktuator untuk memudahkan pengembangan sistem *embedded* dan IoT (*Internet of Things*) (Fahmizal 2022).

Buzzer

Buzzer ialah komponen elektronik yang dipakai dalam berbagai proyek elektronik, termasuk proyek berbasis Arduino, untuk menciptakan suara sebagai sinyal ataupun peringatan. Buzzer dapat berupa tipe aktif yang hanya perlu diberi daya untuk menghasilkan bunyi, atau tipe pasif yang memerlukan sinyal frekuensi dari mikrokontroler untuk menghasilkan suara (Hutapea And Setiawan 2021).

Servo

Servo MG996R ialah motor digital yang dirancang untuk memberikan kontrol posisi dengan torsi tinggi dan presisi yang baik. Motor ini dilengkapi dengan *gear* logam yang membuatnya kuat dan tahan lama, mampu menghasilkan torsi hingga 12 kgf.cm pada tegangan 6V dengan sudut rotasi maksimal 180 derajat. MG996R banyak digunakan dalam aplikasi robotika dan sistem otomasi yang memerlukan pengendalian gerak dengan ketelitian tinggi (Sanjaya, Muhtar, and Prasetyawan 2023).

LCD16x212C

Perangkat elektronik yang menggunakan kristal cair dalam kaca atau plastik untuk menampilkan titik, garis, simbol, huruf, angka, dan gambar disebut LCD. Berdasarkan cara penampilannya, LCD dibagi menjadi dua kategori LCD grafis, yang menampilkan titik, garis, dan gambar, serta LCD yang menampilkan huruf atau angka. Protokol I2C dapat digunakan untuk mengakses LCD ini secara serial. Alamat keempat pin pada modul LCD VCC, GND, SDA, serta SCL dapat diatur antara 0x20 dan 0x27. Resistor variabel modul dapat diputar untuk mengubah ketajaman karakter LCD; sumber daya SVDC adalah satu-satunya yang dibutuhkan (Pratama et al. 2023).

Inductive Proximity Sensor

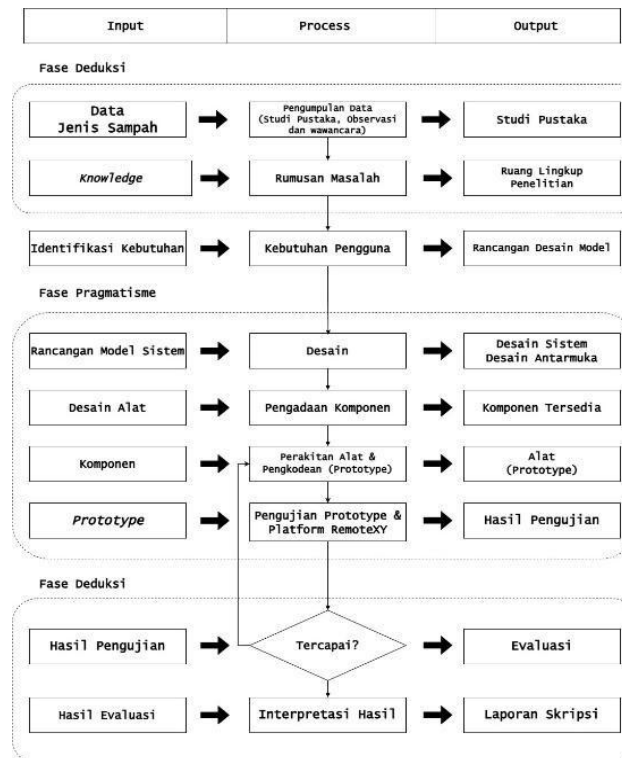
Salah satu jenis sensor yang dapat mendeteksi keberadaan suatu objek di depannya tanpa melakukan kontak fisik adalah sensor jarak induktif. Logam seperti tembaga, baja, aluminium, dan lainnya termasuk dalam objek yang dapat diidentifikasi oleh sensor jarak induktif. Induktansi adalah prinsip kelistrikan yang menggerakkan pengoperasian sensor jarak induktif. Gaya gerak listrik (EMF) diinduksi pada benda target oleh arus yang berfluktuasi, yang menurut definisinya mengandung komponen magnetik. Fenomena ini dikenal sebagai induktansi. Henry digunakan untuk mengukur induktansi dalam desain rangkaian. Sensor ini memiliki kumparan yang memungkinkan arus melewatinya untuk meningkatkan efek induktansi perangkat (Yusman 2024).

Capacitive Proximity Sensor

Capacitive proximity sensor merupakan perangkat sensor yang dirancang untuk mengidentifikasi keberadaan suatu objek tanpa memerlukan kontak fisik secara langsung. Sensor ini mampu mendeteksi berbagai jenis material, baik logam maupun non-logam, seperti kertas, kayu, plastik, kaca, serbuk, cairan, dan bahan lainnya. Mekanisme kerjanya didasarkan pada kemampuan objek untuk menyimpan atau mengakumulasi muatan listrik. Karena material konduktif maupun nonkonduktif sama-sama memiliki karakteristik dielektrik yang memungkinkan penyimpanan muatan listrik, keduanya dapat dikenali oleh sensor kapasitif tersebut (Hidayat dan Rakhman 2023).

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan pendekatan rekayasa prototipe (*Prototype Method*). Pendekatan ini dipilih karena penelitian difokuskan pada perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem pemilahan sampah medis otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP8266 dan sensor ultrasonik. Melalui metode ini, peneliti dapat melakukan proses pengembangan sistem secara bertahap, dimulai dari identifikasi kebutuhan, perancangan, pembuatan prototipe, hingga evaluasi fungsionalitas sistem. Tahapan dalam pendekatan ini memungkinkan adanya umpan balik berkelanjutan (*iteratif*) untuk meningkatkan kinerja dan keakuratan alat sebelum diimplementasikan secara nyata.



Gambar 1. Alur Penelitian

Gambar 1 menjelaskan alur penelitian yang dilakukan. Berikut merupakan penjelasannya:

Pada tahap ini, peneliti melakukan pengumpulan informasi dan data yang relevan untuk mendukung pencapaian tujuan penelitian serta perancangan sistem yang akan dikembangkan. Proses pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan beberapa metode yang disesuaikan dengan fokus penelitian, yaitu sistem pemilahan sampah medis berbasis *Internet of Things* (IoT).

a. Studi Pustaka

Tujuan melakukan pencarian literatur adalah untuk mengidentifikasi berbagai Sumber literatur dan referensi yang terkait dengan Penelitian ini mengumpulkan data dengan menganalisis buku-buku yang ditemukan melalui penelitian dan di perpustakaan artikel dan jurnal akademik di internet yang berkaitan dengan topik penelitian.

b. Observasi

Pengamatan lapangan secara langsung dilaksanakan di ruangan klinik guna memperoleh data informasi yang relevan untuk kebutuhan penelitian.

c. Wawancara

Wawancara ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi lebih detail dari pihak-pihak pemilik klinik. Peneliti akan menanyakan kendala yang dihadapi secara keseluruhan, wawancara ini menghasilkan data kualitatif mendalam tentang isu lapangan

d. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan sebagai metode pengumpulan data pendukung yang bertujuan untuk memperoleh bukti serta informasi terkait objek penelitian.

e. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memperoleh data mengenai kinerja dan tingkat keberhasilan sistem yang telah dirancang.

Tahap Penelitian

Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Identifikasi Kebutuhan

Tahap identifikasi kebutuhan merupakan salah satu langkah yang sangat penting dalam proses penelitian dan pengembangan sistem, karena berperan dalam menggali secara mendalam permasalahan yang hendak diselesaikan serta menetapkan spesifikasi teknis dari alat yang akan dirancang. Pada tahap ini, peneliti melakukan pemetaan terhadap berbagai kebutuhan yang berhubungan dengan sistem yang dikembangkan, baik dari aspek fungsional, teknis, maupun kebutuhan pengguna. Hasil dari tahap ini menjadi dasar dalam merumuskan rancangan sistem pemilahan sampah medis otomatis yang sesuai dengan kondisi lapangan dan tujuan penelitian.

2. Desain Rakitan

Desain sistem kontrol dibuat untuk menjelaskan aspek teknis dari sistem secara lebih rinci. Tahap ini berfokus pada penyusunan logika dan koneksi yang lebih spesifik guna memastikan setiap komponen dapat berfungsi serta terintegrasi dengan baik sesuai kebutuhan sistem.

3. Pengadaan Komponen

Setelah proses perancangan alat selesai dilakukan, tahap berikutnya adalah pengadaan komponen yang akan digunakan dalam perakitan sistem pemilahan sampah medis berbasis Internet of Things (IoT). Tahap ini memiliki peranan penting karena pemilihan dan kualitas komponen sangat menentukan fungsi serta keandalan sistem yang akan dibangun. Pada tahap ini, peneliti melakukan proses pengadaan seluruh komponen sesuai hasil perancangan sebelumnya dengan mempertimbangkan aspek ketersediaan, mutu, harga, serta kemudahan integrasi antarperangkat agar sistem dapat berfungsi dengan baik dan mencapai kinerja yang optimal.

4. Perakitan Komponen

Tahap perakitan alat merupakan proses implementasi nyata dari desain sistem yang telah dirancang pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini, seluruh komponen yang telah ditentukan dan diperoleh dirangkai menjadi satu kesatuan sistem yang siap beroperasi. Proses perakitan meliputi penyusunan rangkaian elektronik, penghubungan antar komponen, serta pengujian awal terhadap fungsi sistem untuk memastikan setiap bagian bekerja sebagaimana mestinya. Ketelitian dan ketepatan dalam tahap ini sangat diperlukan agar sistem yang dikembangkan dapat berfungsi secara optimal sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu mendukung pemilahan sampah medis secara otomatis berbasis Internet of Things (IoT).

5. Pengujian Alat

Bagian pengujian alat menjelaskan proses uji coba terhadap sistem pemilahan sampah otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dirancang. Tujuan utama dari tahap ini adalah untuk mengetahui performa dan keakuratan sistem dalam kondisi nyata. Pengujian dilakukan untuk menilai sejauh mana sensor dapat mendeteksi jenis sampah dan kapasitas sampah.

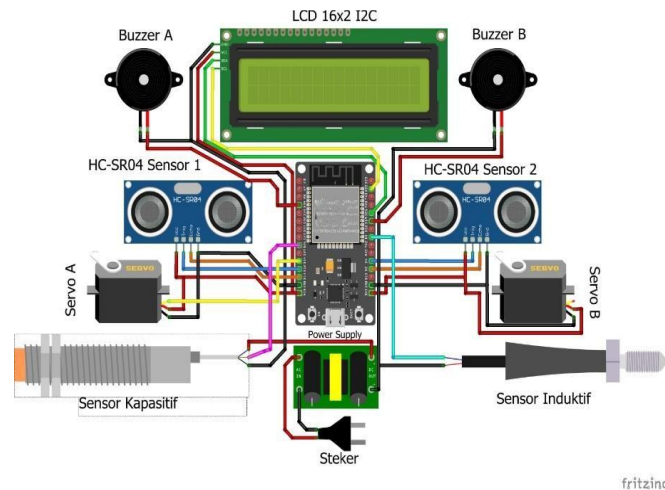
6. Analisis Evaluasi

Bagian analisis evaluasi merupakan tahap lanjutan dari proses pengujian alat yang berfokus pada penilaian hasil uji serta perbandingannya dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap kinerja sensor dan sistem kontrol untuk menilai stabilitas data. Selain itu, dilakukan analisis dan efisien waktu dan aspek keselamatan kerja guna memastikan bahwa alat mampu mempercepat pemilahan.

HASIL

Desain Rangkaian Alat

Desain sistem kontrol dibuat untuk menjelaskan aspek teknis dari sistem secara lebih rinci. Tahap ini berfokus pada penyusunan logika dan koneksi yang lebih spesifik guna memastikan setiap komponen dapat berfungsi serta terintegrasi dengan baik sesuai kebutuhan sistem. Berikut merupakan gambar desain sistem kontrol alat:



Gambar 2. Desain Rangkaian Alat

Desain alat pemilahan sampah medis otomatis ini menggunakan mikrokontroler ESP 8266 sebagai pusat pengendali untuk memproses data sensor dan mengatur aktuator dalam sistem. Pada jalur masuk sampah, dua sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi keberadaan dan jarak objek sehingga proses identifikasi hanya berlangsung ketika sampah berada dalam posisi yang tepat. Untuk menentukan jenis material sampah, alat ini memanfaatkan sensor kapasitif dan induktif yang mendeteksi sampah. Berdasarkan hasil deteksi tersebut, servo menggerakkan mekanisme pemilah untuk mengarahkan sampah ke wadah yang sesuai.

Pengujian Prototype

Pengujian *prototype* sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem pemilahan sampah medis setelah seluruh komponen dirangkai dan diintegrasikan menjadi satu kesatuan alat. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja sesuai dengan perancangan, mulai dari proses pendeteksian, pemilahan sampah, hingga pemberian informasi kepada pengguna. Pengujian dilakukan dengan cara mengoperasikan prototipe dalam kondisi nyata dengan memasukkan beberapa jenis sampah dalam *prototype*. Jenis sampah yang diuji meliputi sampah medis berbahan logam dan non-logam. Setiap sampah yang dimasukkan akan melewati tahap pendeteksian oleh sensor ultrasonik, sensor induktif, dan sensor kapasitif sebelum diproses oleh mikrokontroler ESP 8266.

Tabel 1. Hasil Pengujian Mikrokontroler ESP8266

No.	Parameter Uji	Kondisi Pengujian	Hasil	Keterangan
1.	Catu daya	Diberi tegangan 5V	Berfungsi	ESP8266 menyala normal
2.	Upload program	Program diunggah melalui Arduino IDE	Berhasil	Tidak terjadi error
3.	Respon GPIO	GPIO diberi logika HIGH/LOW	Berfungsi	Output sesuai program

Hasil tersebut menunjukkan bahwa ESP8266 mampu berfungsi sebagai pusat kendali sistem yang mengoordinasikan seluruh proses pemilahan sampah secara otomatis. Mikrokontroler menerima data dari sensor, memproses informasi sesuai algoritma yang telah diprogram, kemudian mengirimkan perintah kepada aktuator untuk mengarahkan sampah ke wadah yang sesuai serta menampilkan informasi kapasitas tempat sampah pada

LCD dan sistem monitoring. Kinerja ESP8266 yang stabil menjadi faktor penting dalam menjaga keandalan sistem sehingga proses pemilahan dan pemantauan dapat dilakukan secara otomatis dan *real-time* tanpa mengalami kendala selama pengujian.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Jarak Sensor (cm)	Persentase (%)	Status
35	0	Kosong
30	17	Terisi
20	50	Terisi
10	83	Hampir Penuh
5	100	Penuh

Berdasarkan Tabel 2, sensor ultrasonik mampu mendeteksi perubahan jarak secara konsisten terhadap tingkat keterisian tempat sampah. Saat jarak objek berada pada 35 cm sistem mengidentifikasi kondisi tempat sampah masih kosong, sedangkan pada jarak 5 cm sistem mendeteksi kondisi penuh dengan persentase keterisian mencapai 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki kemampuan yang baik dalam memantau kapasitas tempat sampah secara *real-time* sehingga dapat digunakan sebagai dasar pemberian notifikasi ketika kapasitas telah mencapai batas maksimum.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Induktif

No	Jenis Objek	Hasil Deteksi	Keterangan
1	Botol Obat Farmasi	Terdeteksi	Berfungsi
2.	Gunting Medis	Terdeteksi	Berfungsi
2	Blister obat	Terdeteksi	Berfungsi
3	Plastik	Tidak terdeteksi	Sesuai
4	Karet	Tidak terdeteksi	Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian, sensor induktif berhasil mendeteksi seluruh objek berbahan logam seperti gunting medis, blister obat, dan botol obat, sedangkan objek non-logam tidak terdeteksi. Hal ini menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat selektivitas yang baik terhadap material logam sehingga mampu meminimalkan kesalahan proses pemilahan sampah medis.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Kapasitif

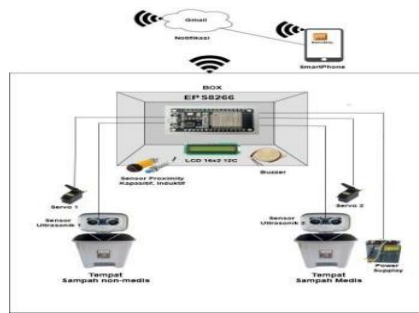
No	Jenis Objek	Hasil Deteksi	Keterangan
1.	Leteks	Terdeteksi	Berfungsi
2.	Masker Medis	Terdeteksi	Berfungsi
3.	Botol Infus	Terdeteksi	Berfungsi
4.	Kertas	Terdeteksi	Berfungsi
4.	Logam	Tidak terdeteksi	Sesuai

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor kapasitif mampu mendeteksi berbagai objek non-logam seperti masker medis, sarung tangan lateks, botol infus, dan kertas. Sebaliknya, material logam tidak terdeteksi oleh sensor ini. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kombinasi sensor induktif dan sensor kapasitif mampu saling melengkapi dalam proses identifikasi jenis material sehingga meningkatkan akurasi sistem pemilahan sampah.

PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Sistem Kontrol

Penelitian ini berhasil merancang sistem pemilahan sampah medis otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP8266 sebagai pusat pengendali sistem. ESP8266 berfungsi mengolah data yang diterima dari sensor ultrasonik, sensor induktif, dan sensor kapasitif, kemudian mengirimkan perintah kepada motor servo untuk mengarahkan sampah ke wadah yang sesuai berdasarkan hasil identifikasi material. Selain itu, ESP8266 juga mengirimkan informasi kapasitas tempat sampah ke LCD dan aplikasi RemoteXY melalui jaringan *Wi-Fi* sehingga kondisi tempat sampah dapat dipantau secara *real-time*.



Gambar 3. Hasil Perancangan Sistem Kontrol Prototipe

Pada Gambar 3, ditunjukkan bahwa seluruh komponen telah terintegrasi menjadi satu sistem yang bekerja secara berurutan. Sensor ultrasonik mendeteksi keberadaan objek sekaligus mengukur kapasitas tempat sampah, sensor induktif mengidentifikasi material logam, sedangkan sensor kapasitif mendeteksi material non-logam. Data dari ketiga sensor diproses oleh ESP8266 untuk menentukan keputusan pemilahan, kemudian motor servo bergerak mengarahkan sampah ke wadah yang sesuai. Integrasi tersebut menunjukkan bahwa setiap komponen mampu berkomunikasi dengan baik sehingga proses pemilahan berlangsung secara otomatis tanpa memerlukan intervensi pengguna.

Hasil perancangan ini menunjukkan bahwa penggunaan ESP8266 sebagai mikrokontroler utama memberikan kinerja yang stabil dalam mengoordinasikan seluruh proses sistem. Kemampuan ESP8266 untuk mengolah data sensor secara cepat serta menyediakan konektivitas *Wi-Fi* memungkinkan sistem tidak hanya melakukan pemilahan sampah secara otomatis, tetapi juga menyediakan fitur monitoring jarak jauh. Dengan demikian, petugas dapat mengetahui kondisi kapasitas tempat sampah secara *real-time*, sehingga risiko keterlambatan pengangkutan limbah medis dapat diminimalkan.

Tabel 5. Hasil Pengujian Prototipe Sistem Secara Keseluruhan

No	Skenario Pengujian	Kondisi Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Keterangan
1.	Sistem dinyalakan	<i>Power supply</i> aktif	Sistem menyala dan siap digunakan	Sistem menyala normal	Berhasil
2.	Deteksi keberadaan sampah	Sampah dimasukkan ke alat	Sensor mendeteksi objek	Sampah terdeteksi	Berhasil
3.	Identifikasi sampah medis	Sampah logam dimasukkan	Sensor induktif aktif	Sampah terdeteksi sebagai logam	Berhasil
4.	Identifikasi sampah non-medis	Sampah plastik dimasukkan	Sensor kapasitif aktif	Sampah terdeteksi sebagai non-logam	Berhasil
5.	Pemilahan sampah	Sampah terdeteksi	Servo bergerak sesuai jenis sampah	Sampah masuk wadah yang sesuai	Berhasil
6.	Pemantauan kapasitas	Wadah mulai penuh	Sensor ultrasonik membaca jarak	Kapasitas terbaca pada LCD	Berhasil
7.	Tampilan informasi	Sistem berjalan	Informasi tampil di LCD	Informasi tampil jelas	Berhasil
8.	Notifikasi peringatan	Sampah Terdeteksi	Buzzer berbunyi	Buzzer aktif	Berhasil
9.	Operasi berulang	Pengujian dilakukan beberapa kali	Sistem tetap stabil	Sistem berjalan stabil	Berhasil
10.	Integrasi sistem	Semua komponen aktif	Sistem bekerja terpadu	Tidak terjadi error	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian secara keseluruhan, seluruh skenario berhasil dijalankan tanpa mengalami kegagalan fungsi. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara sensor ultrasonik, sensor induktif, sensor kapasitif,

motor servo, LCD, buzzer, dan mikrokontroler ESP8266 telah bekerja sesuai rancangan. Sistem mampu melakukan proses deteksi, klasifikasi, pemilahan, serta monitoring kapasitas secara otomatis. Keberhasilan integrasi ini menunjukkan bahwa sistem layak digunakan sebagai alternatif pengelolaan sampah medis di klinik bersalin untuk meningkatkan efisiensi kerja petugas dan meminimalkan kontak langsung dengan limbah medis.

Cara Kerja Sistem Secara Keseluruhan

Pada Gambar 4 tersebut merupakan hasil perancangan desain alat



Gambar 4. Hasil Perancangan Desain Alat

Berdasarkan hasil perancangan alat yang telah dilakukan serta fungsi dan keterkaitan antar komponen, dapat disimpulkan bahwa cara kerja sistem secara keseluruhan dimulai ketika sistem dihidupkan. Mikrokontroler ESP8266 akan menginisialisasi seluruh komponen, kemudian membaca data dari sensor induktif, sensor kapasitif, dan sensor ultrasonik secara terus-menerus. Saat sampah dimasukkan ke dalam saluran masuk, sensor induktif akan mendeteksi apakah sampah mengandung material logam, sedangkan sensor kapasitif akan mendeteksi sampah non-logam. Berdasarkan hasil pembacaan kedua sensor tersebut, ESP8266 akan memproses data dan memberikan perintah kepada motor servo untuk mengarahkan sampah ke wadah yang sesuai dengan jenisnya. Setelah proses pemilahan selesai, sensor ultrasonik akan mengukur kapasitas tempat sampah dengan mendeteksi jarak antara permukaan sampah dan sensor. Informasi kapasitas tempat sampah kemudian ditampilkan pada LCD 16×2 I2C serta dikirimkan melalui jaringan *Wi-Fi* ke aplikasi RemoteXY sehingga dapat dipantau secara *real-time*.

Analisis Dan Evaluasi

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem pemilahan sampah medis berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP8266 mampu berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem berhasil mendeteksi jenis sampah menggunakan sensor induktif dan sensor kapasitif, mengarahkan sampah ke wadah yang sesuai melalui motor servo, serta memantau kapasitas tempat sampah menggunakan sensor ultrasonik secara *real-time*. Informasi kapasitas dapat ditampilkan pada LCD dan dipantau melalui aplikasi RemoteXY, sedangkan buzzer memberikan peringatan ketika sampah logam terdeteksi. Secara keseluruhan, seluruh komponen bekerja secara terintegrasi dengan baik sehingga sistem mampu meningkatkan efektivitas proses pemilahan sampah medis, mempermudah proses pemantauan kapasitas tempat sampah, serta membantu mengurangi risiko penumpukan limbah di lingkungan klinik.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan ESP8266 sebagai pusat kendali mampu meningkatkan efisiensi proses pemilahan sampah medis serta mengurangi kebutuhan pengecekan kapasitas tempat sampah secara manual. Otomatisasi proses ini berpotensi mengurangi kontak langsung petugas dengan limbah medis sehingga dapat meningkatkan aspek keselamatan kerja sekaligus meminimalkan risiko terjadinya penumpukan limbah di lingkungan klinik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pemilahan sampah medis berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP8266 berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem mampu mendeteksi jenis sampah menggunakan sensor induktif dan sensor kapasitif, kemudian mengarahkan sampah ke wadah yang sesuai melalui motor servo secara otomatis. Selain itu, sensor ultrasonik dapat memantau kapasitas tempat sampah secara *real-time*, sementara informasi kondisi tempat sampah ditampilkan pada LCD dan aplikasi RemoteXY sehingga memudahkan proses *monitoring*. Seluruh komponen sistem bekerja secara terintegrasi dengan baik, sehingga mampu meningkatkan efektivitas proses pemilahan sampah medis, mengurangi kontak langsung petugas dengan limbah medis, serta membantu mencegah terjadinya penumpukan sampah di lingkungan klinik.

REFERENSI

- Abdillah, Muhammad Izzan, Denny Darlis, S Si, and Rizki Ardianto. 2021. "Perancangan Dan Implementasi Perangkat Pengukur Jarak Dengan Sistem Vlc Pada Sepeda Motor Untuk Komunikasi Antar Kendaraan Design and Implementation Distance Measures With Vlc System on Motorcycles for Vechicle To Vehicle Communication." 5(1): 267–79.
- Adiwiranto, Mohamad Nursamsi, and Catur Budi Waluyo. 2021. "Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Serta Estimasi Biaya Pada Peralatan Rumah Tangga Berbasis Internet of Things." 2(2): 69–78.
- Agustya, A. F., et al. (2021). *Rancang Bangun Alat Otomatis Pemilah Sampah Logam, Organik dan Anorganik Menggunakan Sensor Proximity Induksi dan Sensor Proximity Kapasitif*. 475–480.
- Akhiruddin. (2023). *Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Logam dan Non Logam Menggunakan Sensor Proximity Induktif dan Infrared Berbasis Arduino UNO R3*. 8(3).
- Alrabiah, Haneen, Vian Ahmed, and Zied Bahroun. 2025. "A Systematic Review of Waste Management Practices in the Healthcare Sector." *Cleaner Waste Systems* 12(August): 100400. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100400>.
- Budi Kusumawardhani, O., Putri, T. K., & Ayu, A. K. (2023). Perilaku Petugas dalam Pengelolaan Sampah Medis di Rumah Sakit: Literature Review. *Prosiding Seminar Informasi Kesehatan Nasional (SIKESNas)*, 1.
- Damayanti, S., & Noer, Z. M. (2025). Smart Dustbin Berbasis Internet of Things (IoT) Sistem Informasi Menggunakan Telegram. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 5(1), 451–462.
- Fahmizal. (2022). *Mudah Belajar Arduino dengan Pendekatan Berbasis Fritzing, Tinkercad dan Proteus*.
- Girang Permata Gusti, H. (2023). *Metode Penelitian Eksperimen untuk Pemula* (Edisi Pertama). Wawasan Ilmu.
- Hudati, I., Kusuma, D. Y., Permatasari, N. B., & Pebriani, R. R. (2021). Sensor Ultrasonik Waterproof A02YYUW Berbasis Arduino Uno pada Sistem Pengukuran Jarak. *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan (JuLIET)*, 2(2), 14–19.
- Khalifah, I. N., Prihatini, T. A., & Sapala, A. R. (2023). Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Motor Servo.
- Lagimpe, S. H., Miswan, & Jufri, M. (2021). Sistem Pengelolaan Sampah Medis di Rumah Sakit Umum Daerah Poso.
- Laksmiati, D., & Fariansyah, I. (2025). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Sampah Logam dan Non Logam Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler ESP32. 28(1), 25–39.
- Mar'ah Nailul Faroh, dkk. (2023). *Internet of Things*. Penamuda Media.
- Maulida, A., et al. (2025). Design of IoT-Based Smart Trash Bin Monitoring Using ESP32 and Firebase. *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Informasi (JUKTISI)*, 4(2), 420–428.
- Pipi Agpina, & Furqan, M. (2023). Penerapan Sistem Pengelolaan Limbah Medis di Rumah Sakit Umum Daerah Dr. Pirngadi Kota Medan. *Health Information: Jurnal Penelitian*, 15(Supplement), 1–10.
- Priyansah, A., et al. (2025). Kotak Sampah Pintar Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dan Sensor Ultrasonik. 176–187.
- Putra, A. T. (2021). Penggunaan Aplikasi Ubidots untuk Sistem Kontrol dan Monitoring pada Gudang Gula Berbasis Arduino UNO. 2(1), 40–48.
- Rahmalia Syaputri. (2022). *Internet of Things ESP8266 ESP32 Web Server*.
- Sanjaya, S., Muhtar, A., & Prasetyawan, P. (2023). Perancangan Sistem Penembakan Menggunakan Motor Servo MG996R untuk Autonomous Robot Gun (ARO-GUN). *Injection: Indonesian Journal of Vocational Mechanical Engineering*, 3(1), 12–20.
- Sari, W. M. (2025). Rancangan Alat Smart Bin 3 Klasifikasi Berbasis IoT. 1233–1240.
- Setyawan, D. Y. (2022). *Internet of Things ESP8266 ESP32 Web Server*. (8).
- Tri Nur Arifin, G. F., Pratiwi, & Janrafsasih, A. (2022). Sensor Ultrasonik sebagai Sensor Jarak. *Jurnal Tera*, 2(2), 55–65.
- Yusman. (2024). *Sensor dan Aktuator: Konsep Dasar dan Aplikasi di Industri*. Ebukune Litera Media.
- Zein, A., & Eriana, E. S. (2023). *Internet of Things*. Penerbit Adab.