

RANCANG BANGUN TEMPAT SAMPAH CERDAS TERINTEGRASI DENGAN IOT DI POLITEKNIK PENERBANGAN MEDAN

Dwi Kurniawan¹, Usman², Heru Kusdarwanto³

Politeknik Penerbangan Medan, Medan

e-mail: ¹dwikurniawan1121@gmail.com, ²usmanatkp@yahoo.co.id,

³hkusdarwanto@gmail.com

Abstract: Waste management problems in the Medan Aviation Polytechnic environment are still a challenge, especially in terms of waste sorting which is often not done independently by users. This research aims to create a smart trash can that is able to sort organic, inorganic, and metal waste automatically. This system uses an ESP32 microcontroller and Arduino Uno combined with several types of sensors, such as inductive proximity sensors, capacitive sensors, infrared sensors, and ultrasonic sensors. The sorting mechanism is carried out by two servo motors based on the type of waste detected. This system is also equipped with a speaker as a voice notification for users who are going to throw away trash. The results of the classification of waste types and information on the height of the waste will be displayed on a 20x4 LCD. In addition, data on the height of the contents of the trash can is sent to the Blynk application in real-time, so it can be monitored remotely. Test results show that the tool functions effectively and responsively in identifying, sorting, and monitoring the condition of waste. This innovation is expected to support technology-based campus waste management.

Keyword: Smart Trash Bin, Proximity Sensor, Arduino, ESP32, Internet of Things

Abstrak: Permasalahan pengelolaan sampah di lingkungan Politeknik Penerbangan Medan masih menjadi tantangan, khususnya dalam hal pemilahan sampah yang sering tidak dilakukan secara mandiri oleh pengguna. Penelitian ini bertujuan membuat tempat sampah cerdas yang mampu memilah sampah organik, anorganik, dan logam secara otomatis. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 dan Arduino Uno yang dikombinasikan dengan beberapa jenis sensor, seperti sensor proximity induktif, sensor kapasitif, sensor infrared, dan sensor ultrasonik. Mekanisme pemilahan dilakukan oleh dua buah motor servo berdasarkan jenis sampah yang terdeteksi. Sistem ini juga dilengkapi *speaker* sebagai notifikasi suara untuk pengguna yang akan membuang sampah. Hasil klasifikasi jenis sampah dan informasi ketinggian sampah akan ditampilkan pada LCD 20x4. Selain itu, data ketinggian isi tempat sampah dikirim ke aplikasi Blynk secara *real-time*, sehingga dapat dipantau dari jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan alat berfungsi secara efektif dan responsif dalam mengidentifikasi, memilah, dan memantau kondisi sampah. Inovasi ini diharapkan mendukung pengelolaan sampah kampus berbasis teknologi.

Kata kunci: Tempat Sampah Cerdas, Sensor Proximity, Arduino, ESP32, *Internet of Things*

PENDAHULUAN

Permasalahan lingkungan di Indonesia masih didominasi oleh persoalan sampah yang kurang terkelola akibat rendahnya pemahaman dan kesadaran masyarakat. Sampah adalah

benda yang telah dianggap tidak memiliki nilai guna oleh pemilik atau pengguna sebelumnya dan kemudian dibuang. (Wiryono et al., 2020) Sampah dapat berbentuk limbah padat maupun setengah padat yang berasal dari bahan organik maupun anorganik, baik dari unsur logam

maupun non-logam, serta mencakup material yang dapat terbakar maupun yang tidak dapat terbakar. (Nuha, 2021) Menurut Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2024 mencatat timbulan sampah mencapai 31,9 juta ton, dengan 35,67% belum terkelola optimal, sehingga menimbulkan dampak serius terhadap lingkungan dan kesehatan.

Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 menegaskan pentingnya fasilitas pemilahan, seperti TPST dan TPA, guna meningkatkan potensi daur ulang. Namun, survei Katadata Insight Center (KIC) menunjukkan 50,80% responden masih tidak memilah sampah sesuai jenisnya karena keterbatasan fasilitas dan lemahnya pengawasan. Kondisi serupa terlihat di Politeknik Penerbangan Medan, di mana sampah organik, anorganik, dan logam kerap tercampur di laboratorium, kelas, dan kantin, sehingga menyulitkan proses daur ulang serta menambah beban kerja petugas.

Sebagai institusi pendidikan berbasis teknologi, Politeknik Penerbangan Medan perlu menyelesaikan permasalahan tersebut. Pemanfaatan otomatisasi berbasis sensor dan mikrokontroler ESP32 yang terhubung ke aplikasi Blynk, dapat mendukung penyelesaian masalah tersebut. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat tempat sampah cerdas dengan sistem pemilah organik, anorganik, dan logam terintegrasi dengan IoT di Politeknik Penerbangan Medan.

METODE

Pelaksanaan penelitian ini mengacu pada metode RnD. metode penelitian RnD adalah metode yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut. (Sugiyono, 2011)

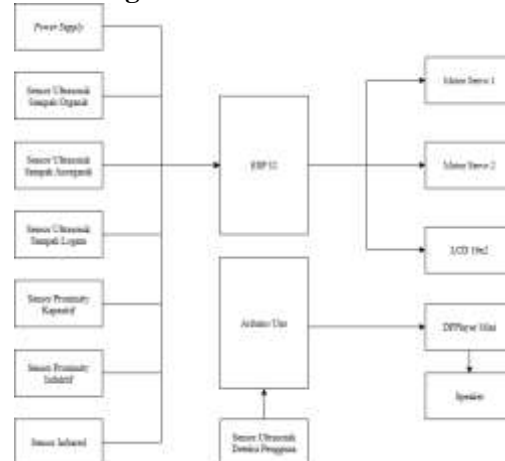
Tahapan pada penelitian ini dimulai dari mengamati permasalahan yang terjadi sampai ke tahap uji coba produk.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Blok Diagram Alat



Gambar 2 Blok Diagram Alat

Sistem mulai bekerja ketika pengguna mendekat, di mana sensor ultrasonik mendeteksi keberadaan lalu mengaktifkan *speaker* untuk memberikan instruksi awal. Sampah kemudian dimasukkan ke penampung pertama dan jenisnya ditentukan oleh tiga jenis sensor yaitu sensor infrared, sensor proximity kapasitif dan proximity induktif.

sensor infrared yang bekerja dengan memancarkan sinar inframerah melalui LED dan mendeteksi pantulannya menggunakan modul penerima untuk mengetahui keberadaan objek. (Bahar, Abdul kodir al, 2021) Pada penampung satu terdapat pula sensor proximity induktif dengan cara Sensor akan mengeluarkan logika 1 setelah mendeteksi logam berulang hingga melewati ambang batas tertentu. (Khoeri, 2021) Kemudian juga terdapat sensor proximity kapasitif yang mampu mendeteksi jarak dan

berbagai material, termasuk plastik, kaca, maupun cairan, bahkan melalui wadah transparan tanpa kontak langsung. (Widharma et al., 2020)

Hasil deteksi dari ke tiga sensor ini akan di proses oleh mikrokontroler ESP 32 kemudian ditampilkan pada LCD sebagai umpan balik, kemudian motor servo yang merupakan aktuator rotasi dengan sistem kontrol umpan balik tertutup yang dapat mengatur dan mempertahankan posisi sudut poros output secara presisi. (Sunardi et al., 2024) Pada penampang pertama mengarahkan sampah ke tempat logam jika terdeteksi logam, atau ke penampang kedua jika non-logam. Pada penampang kedua, motor servo kedua berfungsi memilah antara sampah organik dan anorganik sesuai hasil deteksi sensor. Selain itu, setiap tempat sampah dilengkapi sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian isi. Data ketinggian ini ditampilkan pada LCD dan dikirim secara *real-time* ke aplikasi Blynk, sehingga operator dapat memantau kondisi tanpa harus melakukan pengecekan langsung.

Desain 3D Alat

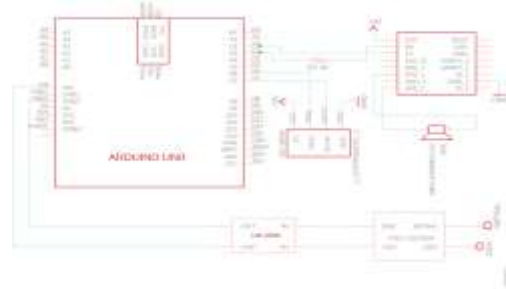


Gambar 3 Desain 3D Alat

Pembuatan rancangan visual tiga dimensi dari alat direalisasikan melalui *Software AutoCAD 2021*. Desain 3D ini berfungsi untuk menggambarkan bentuk fisik, serta dimensi alat yang dibuat secara keseluruhan. Dengan visualisasi ini, proses pembuatan alat dapat dilakukan secara lebih terstruktur dan presisi.

Perancangan Perangkat Keras

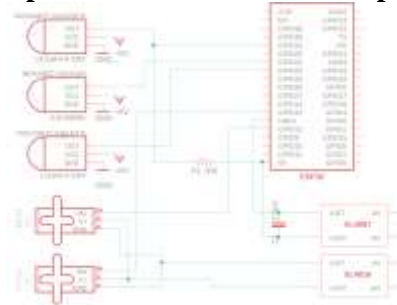
Komponen Pendeteksi Orang



Gambar 4 wiring deteksi pengguna

Rangkaian sistem diawali dengan menghubungkan modul *step-down* LM2596 ke *power supply* 12 V, lalu diatur *output*-nya menjadi 5 V untuk menstabilkan tegangan kerja Arduino Uno dan komponen lainnya. Sensor ultrasonik HC-SR04 terhubung ke Arduino melalui pin VCC ke 5V, GND ke GND, Trig ke D6, dan Echo ke D7 untuk mendeteksi jarak. Modul DFPlayer Mini dikoneksikan menggunakan *SoftwareSerial* dengan pin TX ke D2 dan RX ke D3, sedangkan speaker dipasang pada pin SPK_1 dan SPK_2 DFPlayer Mini agar dapat menghasilkan *output* suara.

Komponen Klasifikasi Jenis Sampah

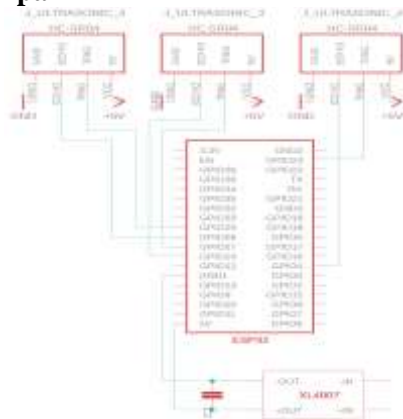


Gambar 5 wiring klasifikasi sampah

Modul *step-down* XL4007 digunakan untuk menurunkan tegangan adaptor 12 V menjadi 5 V yang kemudian menyuplai sensor infrared, sensor proximity induktif LJ12A3-4-Z, dan sensor proximity kapasitif LJC18A3-H-Z/BX. Sensor infrared terhubung ke ESP32 melalui pin data GPIO 32, sedangkan sensor induktif dihubungkan ke GPIO 33 untuk mendeteksi logam. Sensor kapasitif dihubungkan ke GPIO 34 melalui resistor *pull-up* 10 k Ω agar sinyal

logika dapat terbaca dengan baik. Sementara itu, motor servo tipe MG996R mendapat pasokan 5 V dari *step-down* XL4016, dengan konfigurasi pin data servo pertama ke GPIO 13 dan servo kedua ke GPIO 12 ESP32, keduanya memanfaatkan sinyal PWM untuk mengatur posisi sesuai instruksi pemilahan sampah.

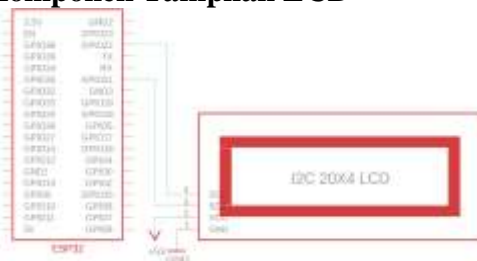
Komponen Pendeteksi Ketinggian Sampah



Gambar 6 wiring deteksi ketinggian sampah

Sensor ultrasonik mendapat suplai 5 V dari modul *step-down* XL4007, dengan konfigurasi pin Trigger sebagai pemicu dan Echo sebagai penerima pantulan sinyal yang dihubungkan ke ESP32. Pada tempat sampah organik, sensor terhubung ke GPIO 27 (Trigger) dan GPIO 14 (Echo); untuk anorganik ke GPIO 23 (Trigger) dan GPIO 4 (Echo); sedangkan pada logam ke GPIO 25 (Trigger) dan GPIO 26 (Echo). Dengan pengaturan ini, ketiga sensor mampu memantau ketinggian sampah secara *real-time*.

Komponen Tampilan LCD



Gambar 7 wiring LCD

Sistem ini menggunakan LCD I2C 20x4 untuk menampilkan informasi secara *real-time*. LCD bekerja dengan teknologi CMOS logic yang memantulkan cahaya sekitar melalui *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit* tanpa menghasilkan cahaya sendiri. (Mindasari et al., 2022)

Modul LCD dihubungkan ke ESP32 melalui protokol I2C dengan konfigurasi pin SDA ke GPIO 21 dan SCL ke GPIO 22, sementara suplai daya diperoleh dari *step-down* XL4007 sebesar 5 V dengan ground yang sama.

Perancangan Perangkat Lunak Pemrograman Arduino Uno dan ESP32

Dalam merancang sistem tempat sampah otomatis dengan pemilahan jenis sampah berbasis mikrokontroler, diperlukan perangkat lunak untuk memprogram fungsi dari mikrokontroler.

1. Melakukan penginstalan Arduino IDE dan memilih versi yang sesuai dengan sistem perangkat yang kita gunakan.
2. Melakukan Penambahan *library* Arduino yang dibutuhkan sesuai dengan perangkat keras yang digunakan dalam pembuatan tempat sampah cerdas.
3. melakukan pemrograman sensor ultrasonik untuk deteksi pengguna, jika jarak ≤ 20 cm maka sensor ultrasonik memerintah modul DFP Player mini mengeluarkan notifikasi.
4. ESP32 dikoneksikan ke Wi-Fi dan aplikasi Blynk menggunakan token autentikasi sebagai identitas perangkat. Fungsi `Blynk.begin()` menghubungkan ke server, sedangkan `timer.setInterval()` menjadwalkan pengiriman data sensor tiap 1 detik.
5. Fungsi `sensorsampah()` memproses data dari sensor Induktif, Infrared, dan kapasitif untuk menentukan jenis sampah, kemudian menggerakkan servo sesuai klasifikasi (logam, organik, atau anorganik), serta

- menampilkan hasil deteksi pada LCD.
- Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur ketinggian sampah pada tiap wadah (logam, organik, anorganik) dengan menghitung waktu pantulan gelombang suara, sehingga dapat menentukan status penuh atau tidak.
 - LCD 20x4 menampilkan jenis sampah dan ketinggian tiap wadah melalui komunikasi I2C, dengan indikator “FULL” muncul bila tinggi sampah ≥ 20 cm.

Tampilan Aplikasi Blynk

Untuk memantau status ketinggian sampah secara *real-time*, sistem ini diintegrasikan dengan *platform* Blynk IoT.

- mengakses situs <https://blynk.cloud> dan membuat *template* baru dengan memilih perangkat ESP32 dengan jenis koneksi Wi-Fi.
- menambahkan *datastream* yang digunakan untuk menampung data dari sensor, *Datastream* dibuat dengan memilih tipe *Virtual Pin*, dan masing-masing diberi nama dan batas nilai sesuai fungsinya.
- Membuat tampilan *Web Dashboard* dengan menambahkan *widget* Gauge (untuk Ketinggian) dan Label (untuk status penuh) pada sampah, kemudian setiap *widget* dihubungkan ke *Virtual Pin* yang sesuai.
- Pengaturan serupa juga diterapkan pada aplikasi Blynk *mobile* dengan *login* melalui aplikasi yang sama dan memilih *template* yang sudah dibuat kemudian menambahkan *widget* yang telah dibuat dan mencocokkannya pada masing-masing *Virtual Pin*.

Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Pengujian deteksi pengguna

Pengujian dilakukan dengan mendekatkan objek (pengguna) ke sensor ultrasonik. Sensor akan mendeteksi keberadaan objek pada jarak kurang dari

20 cm dari sensor ultrasonik. Jika pengguna terdeteksi, maka sistem memberikan notifikasi melalui *speaker*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu mendeteksi keberadaan pengguna

Tabel 1 Pengujian Deteksi Pengguna

No	Jarak Pengguna dari sensor (cm)	Keterangan
1.	20 cm	Terdeteksi
2.	18 cm	Terdeteksi
3.	15 cm	Terdeteksi
4.	13 cm	Terdeteksi
5.	10 cm	Terdeteksi

Pengujian Klasifikasi Jenis Sampah

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas masing-masing sensor dalam mengklasifikasikan jenis sampah. Dari hasil pengujian dengan menggunakan *sample* sampah yang umum ditemui di lingkungan kampus Politeknik Penerbangan Medan, sensor induktif mampu mengenali sampah logam dengan baik. Namun, sensor kapasitif terkadang kurang konsisten saat mendeteksi sampah organik yang terlalu kering atau tipis, seperti daun. Data hasil pengujian sensor dapat dilihat pada tabel 2. mengenai pengujian sensor pemilah jenis sampah di bawah ini.

Tabel 2 Pengujian Klasifikasi Sampah

No.	Nama Sampah	Jenis Sampah	Ket.
1.	Jeruk	Organik	Sesuai
2.	Semangka	Organik	Sesuai
3.	Pisang	Organik	Sesuai
4.	Pir	Organik	Sesuai
5.	Salak	Organik	Sesuai
6.	Jambu	Organik	Sesuai
7.	Mangga	Organik	Sesuai
8.	Apel	Organik	Sesuai
9.	Daun Basah	Organik	Sesuai
10.	Daun Kering	Organik	Tidak Sesuai
11.	Bungkus <i>Snack</i>	Anorganik	Sesuai

No.	Nama Sampah	Jenis Sampah	Ket.
12.	Bubble Wrap	Anorganik	Sesuai
13.	Kertas	Anorganik	Sesuai
14.	Botol Plastik	Anorganik	Sesuai
15.	Botol Kaca	Anorganik	Sesuai
16.	Sikat Gigi	Anorganik	Sesuai
17.	Tempat Pasta Gigi	Anorganik	Sesuai
18.	Kaos Kaki	Anorganik	Sesuai
19.	Sendok Plastik	Anorganik	Sesuai
20.	Styrofoam	Anorganik	Sesuai

Pengukuran Ketinggian Sampah

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan sensor ultrasonik dalam membaca ketinggian sampah di tiap tempat sampah. Akurasi sensor dibandingkan dengan pengukuran manual menggunakan penggaris dan didapatkan data sebagai berikut.

Tabel 3 Sampah Organik

Percobaan	Penggaris	Sensor Ultrasonik
1.	8 cm	8 cm
2.	11 cm	11 cm
3.	16 cm	16 cm
4.	20 cm	19 cm
5.	24 cm	24 cm

Tabel 4 Sampah Anorganik

Percobaan	Penggaris	Sensor Ultrasonik
1.	5 cm	5 cm
2.	9 cm	9 cm
3.	11 cm	11 cm
4.	14 cm	14 cm
5.	17 cm	17 cm

Tabel 5 Sampah Logam

Percobaan	Penggaris	Sensor Ultrasonik
1.	4 cm	11 cm

2.	7 cm	7 cm
3.	8 cm	8 cm
4.	16 cm	16 cm
5.	21 cm	21 cm

Kemampuan Mengirim Data Ke Blynk

Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa data ketinggian sampah dari masing-masing tempat dapat dikirim ke aplikasi Blynk menggunakan koneksi Wi-Fi dari ESP32. Aplikasi Blynk dapat menampilkan informasi ketinggian sampah secara *real-time*. Selama pengujian, koneksi stabil dan data berhasil dikirim tanpa kendala.



Gambar 8 Tampilan Blynk

SIMPULAN

Tempat sampah cerdas dengan sistem pemilah organik, anorganik, dan logam terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT) dirancang sebagai solusi inovatif untuk mendukung pengelolaan sampah yang lebih modern dan efisien di Politeknik Penerbangan Medan, karena sebelumnya belum tersedia fasilitas sejenis.

Perancangan dilakukan melalui integrasi perangkat keras seperti sensor proximity induktif, kapasitif, infrared, sensor ultrasonik, motor servo, serta mikrokontroler ESP32 dan Arduino Uno. Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan sistem monitoring berbasis *platform* Blynk IoT, sehingga memungkinkan klasifikasi sampah otomatis dan tampilan informasi secara *real-time*.

Cara kerja sistem dimulai dari deteksi pengguna menggunakan sensor

ultrasonik, dilanjutkan dengan klasifikasi sampah berdasarkan kombinasi sensor. Motor servo mengarahkan sampah sesuai jenisnya, sedangkan sensor ultrasonik memantau ketinggian masing-masing tempat sampah. Data hasil pemantauan ditampilkan pada LCD dan dikirimkan ke aplikasi Blynk, serta pengujian menunjukkan alat berfungsi sesuai dengan tujuan yang dirancang.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahar, Abdul kodir al, F. A. A. (2021). C. Kata Kunci : Hand Sanitizer ,sensor Infrared , Arduino Uno , otomatis , Pompa Air, Sensor GY-906. *Urnal Ilmiah Elektrokrisna*, 9(3).
- Khoeri, M. L. (2021). Mengenal Jenis-jenis Sensor dan Pemanfaatannya di Dunia Industri. *Academia.Edu*, 1, 1–29.
https://www.academia.edu/download/67621843/JURNAL_Liman_Khoeri_Munandar_11218001_Jenis_Jenis_Sensor_dan_Penerapannya_di_dunia_industri.pdf
- Mindasari, S., As'ad, M., & Meilantika, D. (2022). Sistem Keamanan Kotak Amal di Musala Sabilul Khasanah Berbasis Arduino UNO. *Jurnal Teknik Informatika Mahakarya (JTIM)*, 5(2), 7–13.
- Nuha, A. A. (2021). Problematika Sampah Dan Upaya Menjaga Kebersihan Lingkungan Di Dusun Krajan Di Desa Randuagung Kecamatan Randuagung Kabupaten Lumajang. 4(1), 1–23.
- Sugiyono, P. (2011). Metodologi penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D. *Alpabeta, Bandung*, 62, 70.
- Sunardi, R. A., Wijaya, S. H., Hidayat, I., Studi, P., Informatika, T., Teknik, F., Indonesia, U. B., Teknik, F., Indonesia, U. B., Studi, P., Industri, T., Teknik, F., Indonesia, U. B., & Bangun, A. P. R. (2024). *Berbasis Mikrokontroler Arduino Menggunakan Rfid Dan SIM900. January*.
- Widharma, I. G. S., Wiraguna, M. A. A., Natalia, N. K. D., Bintang, R. D., Nugraha, I. G. R. A., & (085. (2020). Otomatisasi Dalam Pandemi Dengan Sensor Proximity. *Politeknik Negeri Bali, December*, 28.
https://www.researchgate.net/publication/346629720_Otomatisasi_Dalam_Pandemi_Dengan_Sensor_Proximit
- Wiryono, B., Muliatiningsih, & Dewi, E. S. (2020). Pengelolaan Sampah Organik Di Lingkungan Bebidas. *Jurnal Agro Dedikasi Masyarakat (JADM)*, 1(1), 15–21.
<http://www.lintauditomo.multiply.c>