Jurnal Riset Multidisiplin Edukasi
https://journal.hasbaedukasi.co.id/index.php/jurmie
Halaman : 577 - 595

PENERAPAN INTERNET OF THINGS (IOT) PADA ROBOT PEMBERSIH OTOMATIS

Dita Riyani[1], Mhd. Zulfansyuri Siambaton[2], Tasliyah Haramaini[3]
Universitas Islam Sumatera Utara, Medan, Indonesia [1,2,3]
Email: ditariyani65@gmail.com[1], zulfansyuri@ft.uisu.ac.id[2], tasliyah@ft.uisu.ac.id[3]

Informasi

Volume : 3
Nomor : 11
Bulan : November
Tahun : 2026
E-ISSN : 3062-9624

Abstract

The development of Internet of Things (IoT) technology encourages the creation of automated systems, including floor-cleaning robots. This study aims to develop an IoT-based automatic floor-cleaning robot by integrating Arduino Uno R3 and ESP32-CAM, sensors, and the MobileNetV2 artificial intelligence model. The Arduino Uno R3 controls the robot, while the ESP32-CAM captures floor images classified as clean or dirty. Image classification is performed using FastAPI through HTTP, while Firebase Realtime Database supports monitoring data transmission to an Android application developed with Flutter. Ultrasonic sensors are used to detect obstacles and monitor the trash container capacity. This study applies an experimental method consisting of system design, implementation, and testing. The tests cover sensor functions, robot movement, image classification, and IoT communication. The expected result is a robot prototype that assists floor cleaning and displays floor conditions and robot status through an Android application.

Keyword: *Internet of Things, Floor-Cleaning Robot, Arduino uno R3, ESP32-CAM, MobileNetV2, FastAPI*

Abstrak

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) mendorong pengembangan sistem otomatis, salah satunya robot pembersih lantai. Penelitian ini bertujuan mengembangkan robot pembersih otomatis berbasis IoT dengan mengintegrasikan Arduino Uno R3, ESP32-CAM, sensor, dan model kecerdasan buatan MobileNetV2. Arduino Uno R3 berfungsi sebagai pengendali robot, sedangkan ESP32-CAM mengambil citra lantai untuk diklasifikasikan menjadi kondisi bersih dan kotor. Proses klasifikasi dilakukan melalui FastAPI menggunakan protokol HTTP, sementara Firebase Realtime Database digunakan untuk mengirimkan data monitoring ke aplikasi Android berbasis Flutter. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi halangan dan memantau kapasitas wadah sampah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang meliputi perancangan, implementasi, dan pengujian sistem. Pengujian mencakup fungsi sensor, pergerakan robot, klasifikasi citra, serta komunikasi dan monitoring IoT. Hasil yang diharapkan adalah prototipe robot yang mampu membantu proses pembersihan lantai serta menampilkan informasi kondisi lantai dan status robot melalui aplikasi Android.

Kata Kunci : *Internet of Things, Robot Pembersih Lantai, Arduino Uno R3, ESP32-CAM, MobileNetV2, FastAPI.h.*

A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi robotika dan kecerdasan buatan telah mendorong pengembangan perangkat yang dapat membantu pekerjaan manusia secara otomatis. Salah satu penerapannya adalah robot pembersih lantai. Robot pembersih otomatis dirancang untuk melakukan proses pembersihan dengan memanfaatkan sistem penggerak, sensor, dan perangkat pembersih. Pengembangan robot tersebut dapat ditingkatkan dengan menambahkan kemampuan pengenalan kondisi permukaan lantai melalui pengolahan citra, sehingga sistem tidak hanya menjalankan fungsi mekanis, tetapi juga dapat memperoleh informasi mengenai kondisi lantai.

Membersihkan lantai merupakan kegiatan rutin untuk menjaga kebersihan dan kenyamanan suatu ruangan. Proses pembersihan yang dilakukan secara manual membutuhkan waktu dan tenaga, terutama apabila dilakukan secara berulang. Robot pembersih lantai dapat menjadi salah satu alternatif untuk membantu pekerjaan tersebut. Agar dapat bekerja dengan baik, robot perlu memiliki sistem penggerak, kemampuan mendeteksi penghalang, mekanisme pengumpulan kotoran, serta wadah penampung sampah.

Pada penelitian ini, robot dirancang menggunakan Arduino Uno R3 sebagai pengendali utama perangkat keras. Motor DC gearbox digunakan untuk menggerakkan roda robot melalui driver motor L298N, sedangkan roller brush digunakan untuk menyapu kotoran pada permukaan lantai dan dikendalikan menggunakan relay. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi penghalang dan mengukur jarak permukaan tumpukan sampah di dalam wadah. Dua buah motor servo SG90 digunakan untuk menggerakkan sensor pemindai penghalang dan mekanisme pembuka wadah sampah ketika kondisi penuh terdeteksi berdasarkan batas pengukuran yang ditentukan pada program.

Selain sistem mekanis dan kendali, penelitian ini menambahkan kemampuan identifikasi kondisi lantai menggunakan kamera ESP32-CAM. Kamera digunakan untuk mengambil citra permukaan lantai yang kemudian dikirimkan ke server untuk diproses. Penggunaan kamera memungkinkan sistem memperoleh informasi visual mengenai kondisi lantai, sedangkan proses pengenalan atau klasifikasi citra dilakukan pada sisi server agar beban komputasi tidak seluruhnya dibebankan kepada modul kamera.

Pengolahan citra pada penelitian ini menggunakan arsitektur MobileNetV2. MobileNetV2 merupakan arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) yang dirancang dengan memperhatikan efisiensi komputasi sehingga dapat digunakan pada berbagai aplikasi pengenalan citra. Model MobileNetV2 yang telah dilatih digunakan untuk mengklasifikasikan

citra lantai ke dalam dua kategori, yaitu bersih dan kotor. Kinerja klasifikasi bergantung pada kualitas dataset, proses pelatihan, serta kondisi citra yang diperoleh kamera.

Untuk menjalankan proses klasifikasi, penelitian ini menggunakan FastAPI sebagai layanan server atau Application Programming Interface (API). ESP32-CAM mengirimkan gambar ke server FastAPI melalui protokol HTTP. Selanjutnya, FastAPI menerima gambar dan meneruskannya ke model MobileNetV2 untuk memperoleh hasil klasifikasi. Hasil tersebut kemudian dapat digunakan sebagai informasi kondisi kebersihan lantai dalam sistem robot. Dengan pemisahan proses pengambilan citra dan pengolahan model, ESP32-CAM berfokus pada pengambilan serta pengiriman gambar, sedangkan proses inferensi dilakukan oleh server yang menjalankan FastAPI dan model MobileNetV2.

Di samping fungsi utama robot dan klasifikasi citra, penelitian ini menerapkan Internet of Things (IoT) sebagai sistem pendukung pemantauan dan pengendalian. Aplikasi Android dikembangkan menggunakan Flutter, sedangkan Firebase Realtime Database digunakan untuk menyimpan dan menyinkronkan data antara aplikasi dan sistem robot. Melalui jaringan Wi-Fi dan integrasi tersebut, pengguna dapat memantau informasi robot serta mengirimkan perintah kendali melalui aplikasi sesuai fungsi yang telah diterapkan. Dengan demikian, IoT berperan sebagai sarana konektivitas dan antarmuka pengguna, sedangkan fokus teknis penelitian tetap pada pembangunan robot dan penerapan klasifikasi citra.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan dan pembangunan robot pembersih otomatis yang dilengkapi sistem pendeteksian penghalang, pemantauan kapasitas wadah sampah, dan mekanisme pembersihan menggunakan roller brush. Penelitian juga menerapkan pengolahan citra menggunakan model MobileNetV2 yang dijalankan melalui server FastAPI untuk mengklasifikasikan kondisi lantai berdasarkan gambar dari ESP32-CAM. Integrasi Flutter dan Firebase Realtime Database digunakan sebagai pendukung pemantauan dan pengendalian robot.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menerapkan teknologi Internet of Things (IoT) pada robot pembersih otomatis agar dapat dilakukan monitoring dan pengendalian melalui jaringan Wi-Fi, bagaimana menerapkan Arduino Uno R3 dan ESP32-CAM serta model MobileNetV2 untuk mendukung pengambilan citra dan klasifikasi kondisi lantai pada robot pembersih otomatis, serta bagaimana merancang dan menguji robot pembersih otomatis agar mampu melakukan proses pembersihan lantai sekaligus menjalankan fungsi sensor, sistem pembersih, dan komunikasi IoT.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun prototipe robot pembersih otomatis yang mampu bergerak, mendeteksi penghalang, memperkirakan kapasitas wadah sampah, dan menjalankan roller brush. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan FastAPI dan model MobileNetV2 dalam memproses citra yang diperoleh melalui ESP32-CAM serta mengklasifikasikan kondisi lantai ke dalam kategori bersih dan kotor. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengintegrasikan robot dengan aplikasi Flutter dan Firebase Realtime Database guna mendukung pemantauan dan pengendalian robot melalui jaringan Wi-Fi.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk merancang, mengimplementasikan, dan menguji prototipe robot pembersih lantai otomatis di rumah peneliti. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pengumpulan dataset citra lantai bersih dan kotor, pengembangan model MobileNetV2, implementasi sistem, pengujian, serta analisis hasil. Sistem dirancang dengan Arduino Uno R3 sebagai pengendali komponen robot dan ESP32-CAM untuk mengambil citra serta menyediakan komunikasi melalui Wi-Fi. Dua sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi halangan dan memantau kapasitas wadah sampah. Motor DC gearbox yang dikendalikan driver L298N menggerakkan robot, sedangkan relay mengatur motor roller brush. Dua servo SG90 menjalankan mekanisme pemindai dan pintu wadah. FastAPI menerima citra melalui HTTP dan menjalankan klasifikasi menggunakan MobileNetV2.

Data penelitian dikumpulkan melalui pengamatan langsung, pembacaan sensor, pengambilan citra, dan pengujian respons aktuator. Dataset diberi label bersih atau kotor, kemudian diproses melalui preprocessing sebelum digunakan untuk pelatihan, validasi, dan pengujian model. Model dikembangkan menggunakan Python, TensorFlow, dan Keras, lalu dikonversi ke TensorFlow Lite dengan kuantisasi INT8 untuk digunakan pada layanan FastAPI. Firebase Realtime Database mendukung pertukaran informasi monitoring, sedangkan aplikasi Flutter Android menampilkan hasil klasifikasi dan status robot. Pengujian mencakup koneksi Wi-Fi, pengiriman citra, klasifikasi, sensor, pergerakan, sistem pembersih, kapasitas wadah, serta komunikasi IoT. Data dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif dengan membandingkan respons sistem terhadap kondisi pengujian. Evaluasi klasifikasi menggunakan accuracy, precision, recall, F1-score, dan confusion matrix. Keberhasilan ditentukan berdasarkan kesesuaian fungsi komponen dan hasil pengujian aktual. Hasil pengujian dicatat dalam tabel,

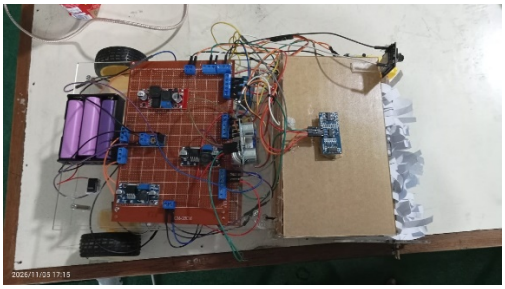
dianalisis untuk menilai kesesuaian rancangan, dan dilaporkan pada bab hasil penelitian secara sistematis.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Implementasi Sistem

Hasil Implementasi Sistem Pengendali dan Sensor

Implementasi Perangkat Keras



Gambar 1 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras dilakukan dengan memasang seluruh komponen pada rangka robot sesuai fungsi masing-masing. Arduino Uno R3 ditempatkan sebagai pusat pengendali yang menghubungkan sensor dan aktuator. ESP32-CAM dipasang sebagai perangkat kamera untuk mengambil gambar permukaan lantai.

Dua motor DC gearbox dihubungkan ke driver motor L298N untuk menggerakkan roda kiri dan kanan. Motor DC JGA25-370 12V digunakan untuk memutar roller brush dan dikendalikan menggunakan relay 1 channel. Selain itu, dua motor servo SG90 digunakan untuk menggerakkan mekanisme pemindai halangan dan membuka atau menutup pintu wadah sampah.

Sistem catu daya menggunakan baterai sebagai sumber energi utama dan rangkaian pengatur tegangan untuk menyesuaikan kebutuhan masing-masing komponen. Pemasangan ground bersama diterapkan agar komunikasi sinyal antarperangkat dapat berjalan dengan baik.

Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak dilakukan dengan membuat program yang mengatur pembacaan sensor, pengendalian motor, pengaturan servo, pengaktifan relay, koneksi jaringan, serta pengiriman informasi monitoring.

Program utama dijalankan pada Arduino Uno R3 menggunakan Arduino IDE. Program tersebut melakukan inisialisasi pin, menghubungkan perangkat ke jaringan Wi-Fi, membaca data sensor, dan menentukan respons robot berdasarkan kondisi yang diterima.

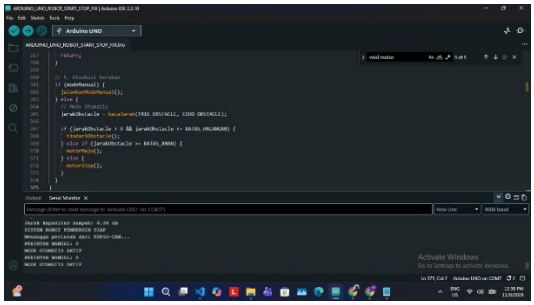
ESP32-CAM menjalankan program untuk mengaktifkan kamera dan menyediakan streaming gambar melalui jaringan Wi-Fi. Gambar yang diperoleh selanjutnya dikirimkan ke komputer yang menjalankan layanan FastAPI untuk diproses menggunakan model klasifikasi kondisi lantai.

Pada sisi aplikasi, Flutter digunakan untuk membuat dashboard monitoring. Firebase Realtime Database digunakan sebagai media penyimpanan dan pertukaran data yang dibaca oleh aplikasi. Dengan demikian, perangkat keras, layanan pengolahan citra, dan aplikasi monitoring memiliki fungsi masing-masing dalam mendukung sistem robot pembersih otomatis.

Hasil Implementasi Sistem Pengendali dan Sensor

Pengujian Arduino Uno R3

Pengujian Arduino Uno R3 dilakukan untuk mengetahui kemampuan mikrokontroler dalam menjalankan program utama dan membaca data dari komponen yang terhubung. Pengujian dilakukan dengan mengunggah program melalui Arduino IDE, kemudian mengamati keluaran melalui Serial Monitor dengan baud rate 9600.



Gambar 2 Pengujian Arduino Uno R3

Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur jarak berdasarkan waktu yang diperlukan gelombang ultrasonik untuk dipancarkan dan diterima kembali setelah mengenai objek. Pada penelitian ini, dua sensor HC-SR04 digunakan untuk mendukung fungsi pendeteksian halangan dan pemantauan kapasitas wadah sampah. Sensor HC-SR04 pertama berfungsi mendeteksi halangan di sekitar robot, dengan hasil pembacaan jarak diolah oleh Arduino Uno R3 sebagai dasar menentukan pergerakan robot. Apabila terdapat halangan pada jarak yang telah ditentukan, robot seharusnya berhenti dan melakukan manuver penghindaran. Pada pengujian sebelumnya, sensor obstacle pernah menghasilkan pembacaan jarak sekitar 7,49 cm, 50,73 cm, 51,60 cm, dan 86,08 cm pada kondisi pengujian yang berbeda, sehingga menunjukkan bahwa sensor pernah mampu membaca jarak objek. Namun, pada

pengujian integrasi terakhir, Serial Monitor menampilkan nilai jarak sebesar -1,00 cm disertai pesan "Sensor obstacle gagal membaca", sehingga program menghentikan robot setelah terjadi kegagalan pembacaan sebanyak tiga kali.

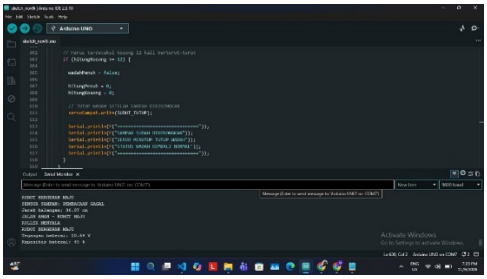
Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor HC-SR04 untuk Pendeteksian Halangan

No	Kondisi pengujian	Hasil pembacaan	Keterangan
1	Pengujian objek pada jarak dekat	7,49 cm	Pernah terbaca
2	Pengujian objek pada jarak sedang	50,73 cm	Pernah terbaca
3	Pengujian objek pada jarak sedang	51,60 cm	Pernah terbaca
4	Pengujian objek pada jarak lebih jauh	86,08 cm	Pernah terbaca

Berdasarkan Tabel 1, sensor HC-SR04 pertama pernah berhasil membaca jarak objek, tetapi belum dapat bekerja secara stabil pada pengujian integrasi terakhir. Nilai -1,00 cm menunjukkan bahwa program tidak memperoleh hasil pengukuran jarak yang valid. Kondisi tersebut menyebabkan robot berhenti sebagai bentuk pengamanan ketika sensor mengalami kegagalan pembacaan.

Sensor HC-SR04 kedua digunakan untuk mengukur jarak antara bagian atas wadah dengan permukaan sampah. Semakin kecil jarak yang terbaca, semakin tinggi tingkat kepenuhan wadah sampah.

Kalibrasi awal dilakukan dengan menggunakan jarak 6 cm sebagai kondisi wadah kosong dan 3 cm sebagai kondisi wadah penuh.



Gambar 3 Hasil Pengujian Sensor HC-SR04 untuk Pendeteksian Halangan

Tabel 2 Hasil Kalibrasi Awal Sensor Kapasitas Wadah Sampah

No	Kondisi wadah	Jarak
1	kosong	6 cm
2	Mulai terisi	5 cm
3	Hampir penuh	4 cm
4	penuh	3 cm

Berdasarkan hasil kalibrasi tersebut, semakin kecil jarak yang terbaca oleh sensor, semakin penuh kondisi wadah sampah.

Dengan demikian, persamaan yang digunakan adalah:

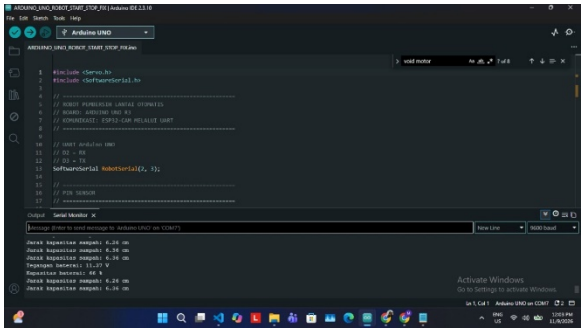
$$K = \frac{6 - J_s}{6 - 3} \times 100\%$$

Sebagai contoh, apabila jarak yang terbaca sebesar 4,5 cm, maka:

$$K = \frac{6 - 45}{6 - 3} \times 100\% = 50\%$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa estimasi kapasitas wadah sampah sebesar 50%.

Meskipun kalibrasi awal telah dilakukan, pada pengujian integrasi terakhir sensor kapasitas sampah masih menampilkan pesan pembacaan gagal. Oleh karena itu, fungsi pemantauan kapasitas wadah sampah belum dapat dinyatakan bekerja secara stabil.



Gambar 4 Hasil Kalibrasi Awal Sensor Kapasitas Wadah Sampah

Hasil Pengujian Sistem Pergerakan dan Pembersih

Pengujian Motor Penggerak

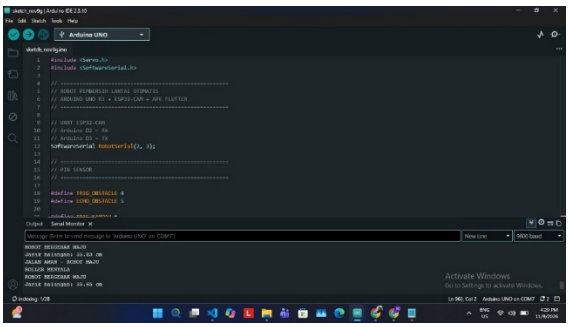
Tabel 3 Hasil Pengujian Motor Penggerak

No	Perintah	Hasil pengujian
1	Maju	Motor pernah bergerak, tetapi arah awal sempat terbalik.
2	Mundur	Motor pernah bergerak berlawanan arah, tetapi durasi gerak belum

		konsisten.
3	Berhenti	Motor dapat berhenti sesuai perintah program.
4	Belok kanan/ kiri	Respons belok pernah muncul, tetapi belum stabil pada pengujian integrasi.

Berdasarkan Tabel 3, motor penggerak telah dapat menjalankan beberapa perintah dasar. Penyesuaian logika arah motor dilakukan untuk memperbaiki perbedaan arah gerakan antara perintah program dan kondisi aktual robot.

Namun, pada pengujian integrasi terakhir robot masih mengalami kendala pergerakan akibat pembacaan sensor obstacle yang gagal. Program memberikan perintah berhenti ketika sensor tidak menghasilkan jarak yang valid. Dengan demikian, kemampuan motor untuk bergerak telah diuji pada tingkat dasar, sedangkan pergerakan otomatis berdasarkan kondisi lingkungan masih memerlukan pengujian lanjutan.



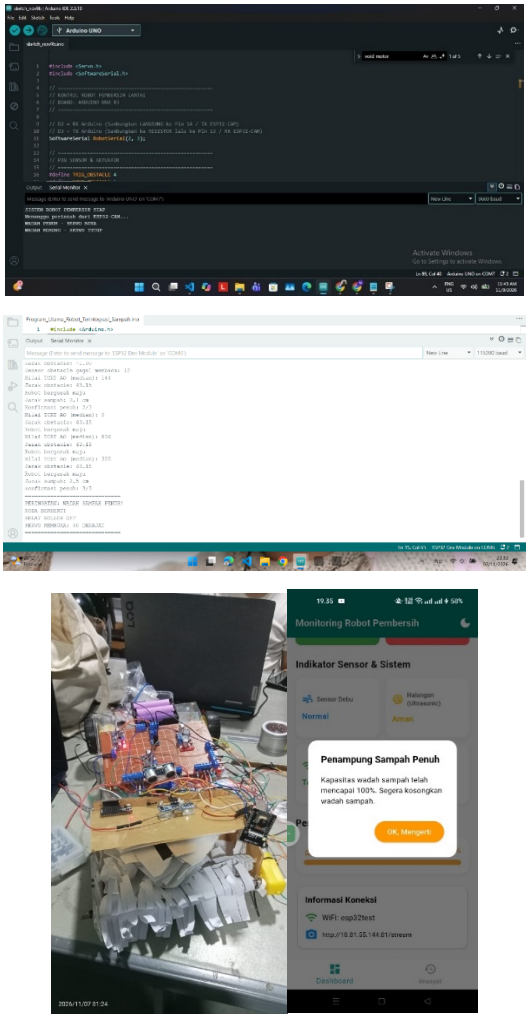
Gambar 5 Hasil Pengujian Motor Penggerak

Pengujian Motor Servo SG90

Tabel 4 Hasil Pengujian Motor Servo

No	**Komponen**	**Fungsi**	**Hasil Pengujian**
1	Servo pemindai/halangan	Menggerakkan sensor ke kiri dan kanan.	Pernah bergerak pada pengujian sebelumnya.
2	Servo pintu wadah	Membuka dan menutup pintu wadah sampah.	Pernah bergerak pada pengujian sebelumnya.

Berdasarkan hasil pengujian, kedua servo pernah memberikan respons terhadap perintah program. Namun, pergerakan servo belum selalu stabil pada seluruh pengujian. Oleh karena itu, pengujian lanjutan masih diperlukan untuk memastikan servo dapat bergerak sesuai sudut yang ditentukan dan tetap stabil ketika digunakan bersama komponen lainnya.



Gambar 5 Hasil Pengujian Motor Servo

Pengujian Sistem Pembersih Lantai

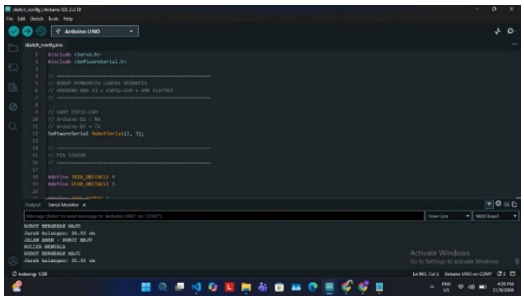
Tabel 5 Hasil Pengujian Relay dan Motor Roller Brush

No	Komponen	Kondisi pengujian	Hasil
1	Relay 1 channel	On	Relay memberikan respons berupa bunyi klik.
2	Relay 1 channel	Off	Relay kembali ke kondisi tidak aktif.
3	Motor JGA25-370	Diberikan daya melalui relay	Motor pernah berhasil berputar setelah rangkaian diperbaiki.
4	Roller brush	Proses pengumpulan kotoran	Belum tersedia hasil pengukuran jumlah kotoran yang terkumpul.

Berdasarkan Tabel 6, relay telah berhasil memberikan respons terhadap perintah ON dan

OFF. Motor roller brush JGA25-370 juga pernah berhasil berputar setelah rangkaian diperbaiki. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengendalian dasar sistem pembersih telah dapat dijalankan.

Namun, putaran motor belum cukup untuk membuktikan efektivitas pembersihan. Pengujian lebih lanjut perlu dilakukan dengan memberikan jumlah kotoran yang sama pada permukaan lantai, kemudian membandingkan kondisi sebelum dan sesudah robot melewati area pengujian.



Tabel 6 Pengujian Relay dan Motor Roller Brush

Hasil Implementasi dan Pengujian Klasifikasi Kondisi Lantai

Hasil Pengumpulan Dataset

Tabel 7 Jumlah Dataset Kondisi Lantai

No	Kategori	Jumlah citra
1	Lantai bersih	42
2	Lantai kotor	41
Total		83

Dataset tersebut kemudian dibagi menjadi data pelatihan, data validasi, dan data pengujian.

Tabel 8 Pembagian Dataset

No	Jenis data	Jumlah citra	Persentase
1	Training	58	69,88%
2	Validation	12	14,46%
3	Testing	13	15,66%
Total		83	100%

Data training digunakan untuk melatih model agar dapat mengenali karakteristik citra lantai bersih dan lantai kotor. Data validation digunakan untuk memantau proses pelatihan,

sedangkan data testing digunakan untuk mengevaluasi kemampuan model terhadap citra yang tidak digunakan selama proses pelatihan.

Implementasi Model MobileNetV2

Model klasifikasi kondisi lantai pada penelitian ini menggunakan arsitektur MobileNetV2 dengan pendekatan transfer learning. Model digunakan untuk mengenali dua kategori citra, yaitu lantai bersih dan lantai kotor.

Proses pengembangan model dilakukan menggunakan Python, TensorFlow, dan Keras. Dataset yang telah dikumpulkan melalui tahap preprocessing berupa penyesuaian ukuran citra dan normalisasi sesuai kebutuhan masukan model.

Setelah proses pelatihan dilakukan, model disiapkan untuk digunakan pada layanan FastAPI. Model yang digunakan dalam proses pengembangan juga melalui tahap konversi ke format TensorFlow Lite dengan kuantisasi INT8 sesuai rancangan penelitian.

Model klasifikasi kemudian diintegrasikan dengan layanan FastAPI agar gambar yang dikirimkan oleh ESP32-CAM dapat diproses dan menghasilkan prediksi kondisi lantai.

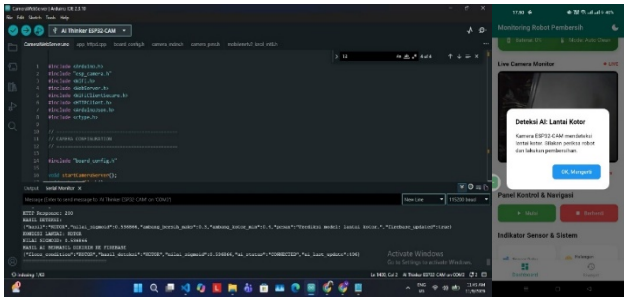
Pengujian Prediksi Kondisi Lantai

Tabel 9 Hasil Pengujian Prediksi Kondisi Lantai

No	**Parameter**	**Hasil Pengujian**
1	Pengiriman gambar	Berhasil pada pengujian sebelumnya.
2	Endpoint	/predict
3	Hasil klasifikasi	KOTOR
4	Nilai prediksi	0,871848
5	Proses prediksi	Berhasil pada gambar yang diuji.

Nilai prediksi tersebut merupakan hasil dari salah satu pengujian gambar dan bukan nilai akurasi keseluruhan model. Untuk mengetahui kinerja model secara menyeluruh, diperlukan hasil evaluasi akhir menggunakan data testing yang meliputi confusion matrix, accuracy, precision, recall, dan F1-score.

Dengan demikian, implementasi prediksi kondisi lantai telah berhasil dilakukan pada pengujian gambar, sedangkan pengukuran kinerja keseluruhan model masih memerlukan hasil evaluasi final.



Gambar 7 Hasil Pengujian Prediksi Kondisi Lantai

Hasil Pengujian Komunikasi Internet of Things (IoT)

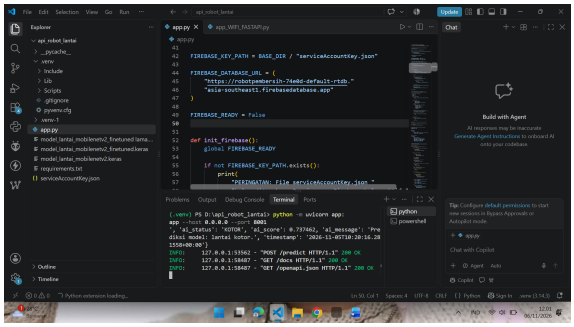
Tabel 10 Konfigurasi Jaringan Pengujian

No	Parameter	Konfigurasi
1	SSID Wi-Fi	esp32test
2	Password Wi-Fi	12345678
3	IPv4 komputer	10.81.55.188
4	Port FastAPI	8001
5	Endpoint prediksi	/predict
6	Alamat streaming ESP32-CAM	http://10.81.55.144:81/stream

Pada implementasi pengolahan citra, ESP32-CAM digunakan untuk mengambil gambar dan menyediakan streaming kamera melalui jaringan Wi-Fi. Gambar yang diperoleh dikirimkan ke komputer yang menjalankan FastAPI untuk diproses menggunakan model MobileNetV2.

Salah satu alamat layanan prediksi yang digunakan adalah http://10.81.55.188:8001/predict. Berdasarkan pengujian sebelumnya, layanan FastAPI pernah berhasil menerima gambar dan memberikan hasil prediksi kondisi lantai.

Pada bagian monitoring, aplikasi Flutter yang telah dikembangkan menggunakan Firebase Realtime Database untuk membaca informasi robot pada node /robot. Data yang disiapkan untuk monitoring meliputi kondisi lantai, nilai baterai, kapasitas wadah sampah, status robot, dan informasi lainnya sesuai data yang tersedia pada program.



Tabel 11 Hasil Pengujian Komunikasi IoT

No.	Bagian Sistem	Hasil yang Diperoleh	Keterangan
1	Koneksi Wi-Fi	Konfigurasi jaringan telah digunakan.	Implementasi tersedia.
2	Streaming ESP32-CAM	Streaming kamera pernah berhasil ditampilkan.	Berhasil pada pengujian streaming.
3	Pengiriman gambar ke FastAPI	Gambar pernah diterima oleh layanan prediksi.	Berhasil pada pengujian prediksi.
4	Prediksi MobileNetV2	Pernah menghasilkan kategori KOTOR.	Berhasil pada gambar yang diuji.
5	Firebase Realtime Database	Program aplikasi membaca node /robot.	Implementasi tersedia, sinkronisasi perlu diuji.

Berdasarkan Tabel 11, bagian streaming kamera dan proses prediksi FastAPI telah berhasil dijalankan pada pengujian sebelumnya. Implementasi pembacaan data Firebase pada aplikasi juga telah dikerjakan. Hasil komunikasi yang dapat dijelaskan berdasarkan implementasi aplikasi saat ini adalah penggunaan Firebase Realtime Database untuk pembacaan data monitoring.

Hasil Pengujian Pembacaan Tegangan Baterai

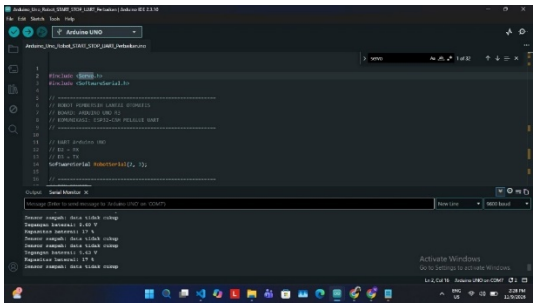
Tabel 12 Hasil Pembacaan Sensor Tegangan Baterai

No.	Parameter	Hasil
1	ADC GPIO36 (raw)	2.863
2	Tegangan GPIO36	2,403 V
3	Faktor kalibrasi	5,33
4	Tegangan baterai hasil perhitungan	12,81 V

Berdasarkan Tabel 12, program memperoleh tegangan pada GPIO36 sebesar 2,403 V. Setelah dikalikan dengan faktor kalibrasi 5,33, program menghasilkan perkiraan tegangan baterai sebesar 12,81 V. Program juga menampilkan perkiraan kapasitas baterai sebesar 100%.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa program telah berhasil melakukan pembacaan nilai analog dan menjalankan proses perhitungan tegangan baterai. Akan tetapi, nilai 12,81 V merupakan hasil perhitungan program dan belum dapat dianggap sebagai hasil pengukuran langsung menggunakan multimeter pada waktu pengujian yang sama.

Oleh karena itu, ketepatan pembacaan sensor masih perlu diverifikasi dengan membandingkan hasil perhitungan program terhadap hasil pengukuran multimeter. Perbandingan tersebut diperlukan untuk memastikan faktor kalibrasi yang digunakan telah sesuai dengan karakteristik modul sensor tegangan.



Gambar 8 Hasil Pembacaan Sensor Tegangan Baterai

Pembahasan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, prototipe robot pembersih otomatis berbasis Internet of Things (IoT) telah berhasil dikembangkan dengan menggabungkan perangkat keras, perangkat lunak, sensor, aktuator, pengolahan citra, dan aplikasi monitoring.

Arduino Uno R3 telah berhasil menjalankan program utama dan menampilkan informasi pembacaan melalui Serial Monitor. Hal tersebut menunjukkan bahwa mikrokontroler dapat digunakan sebagai pusat pengendali untuk membaca masukan sensor dan mengatur respons aktuator.

Pada pengujian sensor ultrasonik HC-SR04, sensor obstacle pernah menghasilkan pembacaan jarak pada pengujian sebelumnya. Akan tetapi, pada pengujian integrasi terakhir nilai yang ditampilkan adalah -1,00 cm. Sensor kapasitas wadah sampah juga menampilkan pesan pembacaan gagal. Kondisi tersebut menyebabkan program menghentikan robot ketika pembacaan sensor tidak valid. Dengan demikian, kestabilan sensor ultrasonik menjadi salah satu bagian yang masih perlu diperbaiki sebelum robot dapat menjalankan pergerakan otomatis secara konsisten.

Pada sistem pergerakan, dua motor DC gearbox telah dapat menjalankan perintah dasar berupa maju, mundur, dan berhenti pada pengujian komponen. Penyesuaian logika arah motor juga telah dilakukan karena pada pengujian awal arah gerakan robot tidak sesuai dengan perintah yang diberikan. Meskipun demikian, durasi gerakan mundur dan respons belok masih perlu diuji kembali agar robot dapat melakukan manuver dengan baik.

Pada sistem pembersih, relay 1 channel telah memberikan respons terhadap perintah ON dan OFF. Motor DC JGA25-370 yang digunakan untuk menggerakkan roller brush juga pernah berhasil berputar setelah rangkaian diperbaiki. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem pengendalian dasar motor pembersih telah dapat dijalankan. Namun, efektivitas roller brush dalam mengumpulkan kotoran belum dapat disimpulkan karena belum tersedia pengukuran jumlah kotoran sebelum dan sesudah proses pembersihan.

Pada bagian pengolahan citra, dataset sebanyak 83 citra telah disiapkan yang terdiri atas 42 citra lantai bersih dan 41 citra lantai kotor. Dataset tersebut dibagi menjadi data training, validation, dan testing. Model MobileNetV2 telah diimplementasikan pada layanan FastAPI untuk melakukan klasifikasi citra. Salah satu pengujian menghasilkan prediksi KOTOR dengan nilai sekitar 0,871848. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses prediksi telah berjalan pada gambar yang diuji, tetapi belum dapat digunakan untuk menyatakan tingkat akurasi model secara keseluruhan.

Pada bagian komunikasi IoT, ESP32-CAM pernah berhasil menyediakan streaming kamera dan mengirimkan gambar untuk diproses oleh FastAPI melalui jaringan Wi-Fi. Implementasi aplikasi Flutter juga telah menggunakan Firebase Realtime Database untuk membaca informasi pada node /robot. Namun, sinkronisasi seluruh data monitoring masih perlu diuji kembali agar informasi yang ditampilkan sesuai dengan kondisi aktual robot.

Pada pengujian baterai, Arduino Uno R3 telah berhasil membaca nilai analog melalui pin A1 dan menghitung perkiraan tegangan baterai. Program menampilkan hasil perhitungan sebesar 12,81 V dengan perkiraan kapasitas 100%. Meskipun demikian, hasil tersebut masih

memerlukan verifikasi menggunakan multimeter untuk mengetahui ketepatan faktor kalibrasi.

Berdasarkan seluruh pengujian yang telah dilakukan, Arduino Uno R3 berhasil menjalankan program utama dan menampilkan data pada Serial Monitor, sedangkan ESP32-CAM berhasil menampilkan streaming kamera pada pengujian sebelumnya. Sensor HC-SR04 untuk mendeteksi hambatan pernah berhasil membaca jarak, tetapi pada pengujian terakhir menunjukkan hasil -1,00 cm sehingga belum stabil. Sensor HC-SR04 untuk mengukur kapasitas sampah juga telah melalui kalibrasi awal pada jarak 6 cm dan 3 cm, namun pembacaan terakhir masih mengalami kegagalan. Motor DC gearbox pernah bergerak maju, mundur, berhenti, dan memberikan respons belok, tetapi keberhasilannya masih sebagian. Kedua servo SG90 juga pernah bergerak pada pengujian sebelumnya sehingga dinyatakan berhasil sebagian.

Relay 1 channel berhasil memberikan respons terhadap perintah ON dan OFF, sementara motor roller brush berhasil berputar setelah rangkaian diperbaiki dan diuji pada tingkat komponen. Model MobileNetV2 yang diintegrasikan dengan FastAPI juga berhasil melakukan prediksi gambar dengan hasil klasifikasi KOTOR dan nilai sekitar 0,871848. Sementara itu, Firebase dan Flutter telah memiliki implementasi pembacaan data pada node /robot, tetapi masih memerlukan pengujian integrasi akhir. Dengan demikian, beberapa komponen sistem telah berhasil berfungsi pada pengujian masing-masing, tetapi sistem secara keseluruhan masih memerlukan penyempurnaan, terutama pada kestabilan sensor dan pengujian integrasi seluruh komponen.

Namun, masih terdapat beberapa kendala yang perlu diperbaiki, terutama pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04, kestabilan pergerakan robot, respons servo, serta sinkronisasi data monitoring. Selain itu, pengujian efektivitas pembersihan dan evaluasi akhir model MobileNetV2 masih perlu dilengkapi.

Dengan demikian, prototipe telah berhasil diimplementasikan pada beberapa fungsi utama, tetapi belum dapat dinyatakan bekerja secara otomatis dan terintegrasi sepenuhnya. Hasil pengujian ini menjadi dasar untuk melakukan penyempurnaan sistem dan pengujian lanjutan.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem robot pembersih otomatis berbasis Internet of Things (IoT), dapat disimpulkan bahwa penelitian ini telah menghasilkan prototipe robot pembersih otomatis yang mengintegrasikan Arduino Uno R3 sebagai pengendali utama, ESP32-CAM sebagai perangkat pengambilan citra, sensor ultrasonik

HC-SR04, motor DC dengan driver L298N, motor roller brush, dan motor servo. Motor DC dapat dikendalikan untuk menggerakkan robot, sedangkan roller brush dapat diaktifkan melalui relay, tetapi pembacaan sensor ultrasonik untuk mendeteksi halangan dan memperkirakan kapasitas wadah sampah masih mengalami kegagalan sehingga kedua fungsi tersebut belum bekerja secara stabil. Penerapan FastAPI dan model MobileNetV2 telah dilakukan untuk mengolah citra yang diperoleh dari ESP32-CAM melalui pengiriman gambar menggunakan protokol HTTP pada jaringan Wi-Fi, kemudian mengklasifikasikan kondisi lantai ke dalam kategori bersih dan kotor. Selain itu, integrasi robot dengan aplikasi Flutter dan Firebase Realtime Database telah diterapkan untuk mendukung pemantauan dan pengendalian robot melalui jaringan Wi-Fi, dengan Firebase Realtime Database sebagai media penyimpanan dan pertukaran data antara sistem robot dan aplikasi Android sehingga informasi kondisi robot serta data sensor dapat ditampilkan sesuai dengan data yang berhasil dikirimkan oleh sistem. Secara keseluruhan, penelitian ini telah menghasilkan prototipe robot pembersih otomatis berbasis IoT yang menerapkan pengolahan citra menggunakan MobileNetV2 serta sistem pemantauan melalui aplikasi Android, namun masih diperlukan penyempurnaan pada pembacaan sensor dan integrasi seluruh komponen agar robot dapat menjalankan proses pembersihan secara otomatis dan stabil sesuai dengan tujuan penelitian.

E. DAFTAR PUSTAKA

Anjasmara, R. E., Fattah, F., & Gaffar, M. A. (2026). Implementasi Model MobileNetV2 pada ESP-32-CAM untuk Klasifikasi Botol Plastik . Jurnal Minfo Polgan (JMP) , 1263-1271 e-ISSN : 2797-3298 .

Akbar, W. K., & Elfizon. (2023). Perancangan robot pembersih lantai berbasis mikrokontroler dengan sensor jarak. Jurnal Teknik Elektro Indonesia, 750–759 e-ISSN 2723-0589.

Anggasemara, I. N., Suarjaya, D. I., & Bayupati, A. I. (2023). Rancang Bangun Penyedot Debu Berbasis Internet of Things. Walisongo Journal of Information Technology, 1 14 ISSN 2715-0143 .

Budijanto, A., Slamet Winardi., S., & Dr. Kunto, E. (2021). Interfacing ESP32. Surabaya: Scopindo Media Pustaka.

Budijanto, A., Winardi, S., & susilo, E. K. (2021). Interfacing ESP32. Surabaya: Scopindo Media Pustaka.: 2021.

Fathan , F. D. (2023). RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KEBERSIHAN LANTAI BERBASIS PENGOLAHAN CITRA MENGGUNAKAN RASPBERRY PI YANG TERINTEGRASI

DENGAN ROBOT PEMBERSIH LANTAI MELALUI KOMUNIKASI MQTT . SKRIPSI - ELEKTRONIKA.

Henny, Y. S., & Risma, A. S. (2016). Modul Guru Pembelajar Paket Keahlian Teknik Gambar Bangunan/Konstruksi Lantai dan Dinding. UNP Padang: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, PPPPTK Medan halaman 98–103.

Husnurrizqi, A. H., Kurnia, A. D., Wijaya, A. Y., Dikananda, F., & Umi , H. (2026). KLASIFIKASI CITRA MENGGUNAKAN ARSITEKTUR MOBILENETV2 DENGAN PENDEKATAN TRANSFER LEARNING. JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE (JCSAI), 1-5.

Ihsan, M., & Made, R. (2023). Robot Pembersih Lantai Otomatis Berbasis Arduino Uno . JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia , 332-344 e-ISSN 2723-0589 .

Iwan, S. S. (2009). SENSOR DAN TRANSDUSER. Semarang: Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Jaya, H. D. (2017). Buku Ajar Embedded System and Robotics. Makassar: Universitas Negeri Makassar.

Prio, H. (2023). SISTEM TERTANAM (UNTUK PEMULA). Tangerang Selatan: Universitas Pembangunan Jaya.

Putra, D. E. (2025). Konsep Dasar Internet of Things (IoT) dengan Mikrokontroler ESP32. Padang: Pustaka Galeri Mandiri.

Semiconductors, V. (2009). TCRT5000, TCRT5000L: Reflective Optical Sensor with Transistor Output. Produsen: Vishay Semiconductors.

Siswoyo, A. (2024). Aplikasi ESP32-CAM. Yogyakarta: Sanata Dharma University Press.

Sukowati, A. I. (2024). Internet of Things (IoT) dengan ESP32: Belajar Publikasi Data Telemetri Sederhana pada Thingspeak.com dengan Bantuan Simulator Online Wokwi.com. Tangerang: UCA Press.

Sunardi, A. S. (2021). Belajar Cepat Internet of Thing: Dengan Project Arduino Sederhana. . Kediri: Cakrawala Satria Mandiri.

Tarigan, S. O. (2014). Pengukuran Kinerja Sistem Publish/Subscribe Menggunakan Protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). Jurnal Telematika, 9-20.

Wibowo, S. H. (2023). Robotika. Padang: PT Global Eksekutif Teknologi.