Jurnal Teknologi Industri (JTI)
Vol. 13, No. 2, Agustus 2024, hal. 69 – 74
ISSN: 2302-2191 (Print) 3030-9964 (Online)
https://doi.org/10.35968/jti.v13i2.2265

Perancangan dan Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Udara Apartemen Berbasis Raspberry Pi 5 dan Home Assistant

Teguh Wicaksana[1*], Yohannes Dewanto[2]
[1,2]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Dirgantara dan Industri, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:
Diajukan: 7 September 2026
Direvisi: 13 Oktober 2026
Diterima: 29 November 2026

Kata kunci:
Home Assistant
Kualitas Udara Dalam Ruangan
Raspberry Pi 5
SCD30
SDS011

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem monitoring kualitas udara kamar apartemen berbasis Internet of Things menggunakan Raspberry Pi 5 dan Home Assistant. Sensor SCD30 digunakan untuk mengukur suhu, kelembaban, dan karbon dioksida melalui komunikasi I2C ke ESP32, sedangkan sensor SDS011 mengukur PM2.5 dan PM10 melalui USB serial ke Raspberry Pi 5. Data dikirim, disimpan, dan ditampilkan secara real time pada dashboard Home Assistant. Pengujian dilakukan di kamar apartemen pada tiga waktu pengambilan data dengan membandingkan pembacaan sistem terhadap Portable Air Quality Monitor 9-in-1. Hasil menunjukkan seluruh perangkat berhasil terintegrasi dan dapat diakses melalui komputer maupun smartphone. Rata-rata error yang diperoleh adalah 7,82% untuk suhu, 28,20% untuk kelembaban, 21,43% untuk CO2, 83,21% untuk PM2.5, dan 74,92% untuk PM10, dengan rata-rata keseluruhan 43,12%. Sistem sesuai digunakan untuk pemantauan terintegrasi dan pengamatan kecenderungan data, namun pengukuran partikel memerlukan penyamaan posisi, waktu respons, dan kalibrasi lebih lanjut agar hasil antarsensor lebih sebanding.

Keywords:
Home Assistant
Indoor Air Quality
Raspberry Pi 5
SCD30
SDS011

Penulis Korespondensi:
Teguh Wicaksana
Email:
teguhzv@gmail.com

This study aimed to design, implement, and evaluate an Internet of Things-based apartment indoor air quality monitoring system using a Raspberry Pi 5 and Home Assistant. An SCD30 sensor measured temperature, humidity, and carbon dioxide through an I2C connection to an ESP32, while an SDS011 sensor measured PM2.5 and PM10 through a USB serial connection to the Raspberry Pi 5. The data were transmitted, stored, and displayed in real time on a Home Assistant dashboard. Testing was conducted in an apartment bedroom at three measurement times by comparing the system readings with a Portable Air Quality Monitor 9-in-1. All devices were successfully integrated and the dashboard could be accessed from computers and smartphones. The mean errors were 7.82% for temperature, 28.20% for humidity, 21.43% for CO2, 83.21% for PM2.5, and 74.92% for PM10, resulting in an overall mean error of 43.12%. The system is suitable for integrated monitoring and trend observation; however, particle measurements require improved sensor placement, response-time synchronization, and further calibration to obtain more comparable readings.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Kualitas udara di dalam ruangan dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, ventilasi, aktivitas penghuni, penggunaan pendingin ruangan, serta keberadaan polutan berbentuk gas dan partikel. Pada ruang tertutup, konsentrasi karbon dioksida (CO_2) dapat meningkat ketika pertukaran udara tidak sebanding dengan jumlah penghuni, sedangkan partikel PM2.5 dan PM10 dapat berasal dari udara luar maupun aktivitas di dalam ruangan[1]. Kondisi tersebut tidak selalu dapat dikenali secara langsung oleh indera manusia, sehingga pemantauan berkelanjutan diperlukan untuk membantu pengguna memahami perubahan kondisi udara dari waktu ke waktu.

Pemantauan menggunakan alat ukur terpisah mempunyai keterbatasan karena nilai harus dibaca secara langsung dan riwayat data tidak selalu tersimpan dalam satu antarmuka. Konsep Internet of Things (IoT) memungkinkan sensor, perangkat pengolah, jaringan komunikasi, penyimpanan, dan aplikasi visualisasi diintegrasikan dalam satu sistem[2] . Penerapan IoT pada sistem monitoring telah digunakan untuk mengirim dan menampilkan kondisi perangkat secara jarak jauh. Namun, sistem pemantauan kualitas udara ruangan memerlukan integrasi beberapa sensor dengan prinsip dan jalur komunikasi yang berbeda agar seluruh parameter dapat disajikan secara bersamaan[3], [4] .

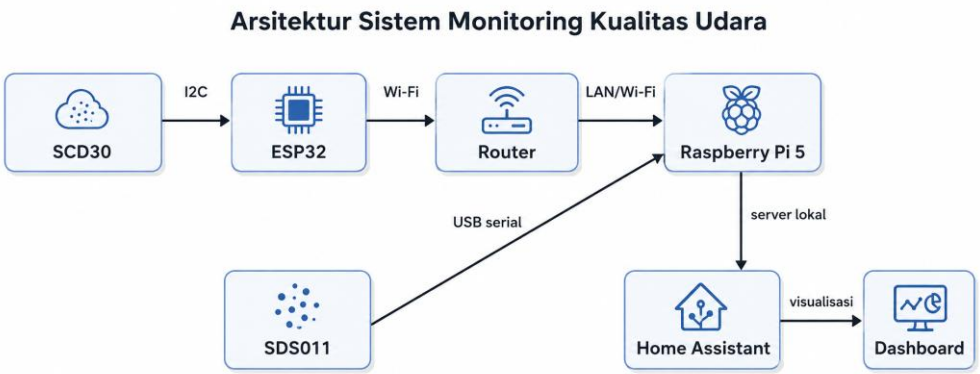
Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring kualitas udara kamar apartemen menggunakan Raspberry Pi 5 sebagai server lokal yang menjalankan Home Assistant[5], [6] . Sensor SCD30 digunakan untuk membaca suhu, kelembaban, dan CO_2 secara langsung dengan prinsip non-dispersive infrared untuk parameter CO_2, sedangkan SDS011 digunakan untuk membaca PM2.5 dan PM10 berdasarkan hamburan laser. Keterbaruan rancangan terletak pada penggabungan dua jalur akuisisi: SCD30 terhubung ke ESP32 melalui I2C dan mengirimkan data melalui Wi-Fi, sementara SDS011 terhubung langsung ke Raspberry Pi 5 melalui USB serial[7] . Seluruh data kemudian dipusatkan dalam dashboard Home Assistant yang dapat diakses melalui komputer dan smartphone[8] .

Tujuan penelitian adalah merancang dan menguji integrasi perangkat keras, komunikasi data, konfigurasi perangkat lunak, serta tampilan dashboard untuk lima parameter, yaitu suhu, kelembaban, CO_2, PM2.5, dan PM10[9] . Kinerja sistem dievaluasi dengan membandingkan pembacaan yang ditampilkan Home Assistant terhadap Portable Air Quality Monitor 9-in-1. Perbandingan digunakan untuk menghitung selisih dan persentase error pada kondisi lapangan, bukan sebagai kalibrasi laboratorium[10], [11] .

II. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan dan Lokasi Pengujian

Penelitian menggunakan metode perancangan dan pengujian eksperimental. Sistem dibangun, dikonfigurasi, diintegrasikan, kemudian diuji pada kamar apartemen berukuran 5,5 m x 4 m x 4,5 m yang menggunakan AC split 2,5 PK. Pengambilan data dilakukan pada 3 Juni 2026 pukul 20.00 serta 4 Juni 2026 pukul 07.00 dan 20.00 waktu Abu Dhabi. Pada setiap waktu pengujian, nilai pada dashboard Home Assistant dan alat pembanding dicatat secara bersamaan agar kondisi lingkungan yang dibandingkan mendekati sama.



Gambar 1 Arsitektur sistem monitoring kualitas udara

Arsitektur pada Gambar 1 terdiri atas dua jalur pembacaan. Jalur pertama menggunakan SCD30 yang terhubung ke ESP32 melalui I2C pada alamat 0x61. GPIO 21 digunakan sebagai serial data dan GPIO 22 sebagai serial clock. ESP32 menjalankan ESPHome dan meneruskan nilai sensor melalui jaringan Wi-Fi ke Home Assistant. Tabel 1 menggambarkan jalur kedua menggunakan SDS011 yang terhubung ke Raspberry Pi 5 melalui adaptor USB serial. Integrasi serial particulate matter membaca keluaran sensor setiap 60 detik, sedangkan sensor statistik menghitung rata-rata PM2.5 dan PM10 selama 10 menit.

Tabel 1 Parameter dan jalur komunikasi sistem

Parameter	Sensor	Jalur akuisisi	Interval	Satuan
Suhu	SCD30	I2C - ESP32 - Wi-Fi	10 s	°C
Kelembaban	SCD30	I2C - ESP32 - Wi-Fi	10 s	%
CO2	SCD30	I2C - ESP32 - Wi-Fi	10 s	Ppm
PM2.5	SDS011	USB serial - Raspberry Pi 5	60 s; mean 10 min	µg/m³
PM10	SDS011	USB serial - Raspberry Pi 5	60 s; mean 10 min	µg/m³

2.2 Tahapan Implementasi dan Pengujian

Tahapan penelitian meliputi studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan hubungan perangkat keras dan alur data, perakitan perangkat, instalasi Home Assistant Operating System pada NVMe, konfigurasi ESPHome, integrasi sensor, pembuatan dashboard, pengujian fungsi, pengambilan data, dan analisis. Pengujian fungsi dinyatakan berhasil apabila SCD30 terdeteksi pada alamat 0x61, ESP32 berstatus online, SDS011 terbaca melalui device path USB serial, seluruh entity memperbarui data, dan grafik riwayat dapat ditampilkan.

Dashboard disusun menggunakan entity card untuk menampilkan nilai terbaru dan history graph untuk menampilkan perubahan nilai terhadap waktu. Selain angka pengukuran, template sensor menampilkan kategori operasional suhu, kelembaban, dan CO2 agar informasi lebih mudah dipahami. Kategori tersebut hanya berfungsi sebagai interpretasi pada sistem monitoring dan tidak menggantikan penilaian kenyamanan termal atau standar kalibrasi.

2.3 Analisis Data

Analisis dilakukan secara kuantitatif menggunakan selisih absolut dan persentase error terhadap alat pembanding. Selisih absolut dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\Delta X = |X_s - X_p| \tag{1}$$

Pada Persamaan (1), ΔX adalah selisih absolut, Xs adalah nilai yang ditampilkan sistem, dan Xp adalah nilai alat pembanding. Persentase error dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$\text{Error } (\%) = \frac{|X_s - X_p|}{X_p} \times 100\% \tag{2}$$

Rata-rata error untuk setiap parameter dihitung dari tiga waktu pengambilan data menggunakan Persamaan (3), dengan Errori sebagai error data ke-i dan n sebagai jumlah data.

$$\text{Rata} - \text{rata error } (\%) = \sum \frac{\text{Error}_i}{n} \tag{3}$$

Istilah error pada penelitian ini menyatakan perbedaan relatif terhadap alat pembanding. Nilai tersebut tidak menyatakan ketidakpastian pengukuran dan tidak digunakan untuk menyimpulkan bahwa salah satu perangkat telah terkalibrasi terhadap perangkat lainnya.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Implementasi Sistem

Raspberry Pi 5 berhasil menjalankan Home Assistant sebagai server lokal dan menyimpan konfigurasi serta riwayat sensor pada media NVMe. SCD30 dapat dibaca oleh ESP32 melalui I2C dan

ketiga *entity*, yaitu suhu, kelembaban, dan CO2, diterima oleh *Home Assistant* melalui integrasi ESPHome. SDS011 terdeteksi sebagai perangkat USB serial dan menghasilkan *entity* PM2.5 serta PM10. Seluruh *entity* dapat memperbarui nilai sesuai interval yang ditentukan tanpa memerlukan pembacaan manual pada masing-masing alat.



Gambar 2 Tampilan parameter kualitas udara pada dashboard Home Assistant

Gambar 2 menunjukkan bahwa parameter dari kedua jalur sensor dapat ditempatkan dalam satu *dashboard*. Nilai PM2.5, PM10, CO2, kelembaban, dan suhu ditampilkan dalam kartu yang dilengkapi grafik singkat. Status kondisi pada bagian atas memudahkan pengguna memperoleh gambaran cepat, sedangkan riwayat yang tersimpan dapat digunakan untuk mengamati kecenderungan perubahan selama ruangan digunakan.

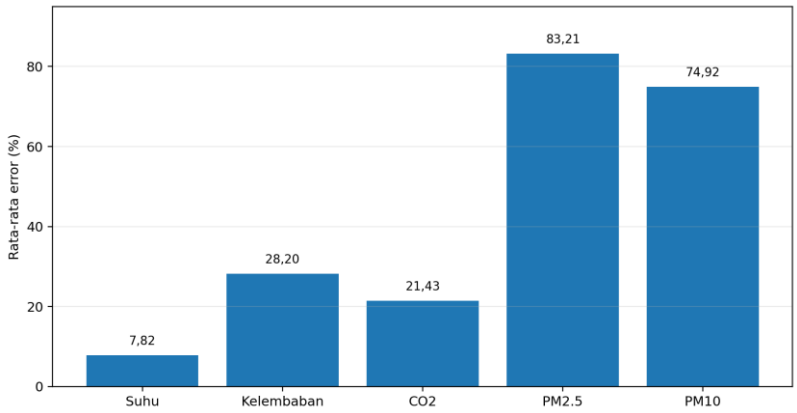
3.2 Hasil Perbandingan Pembacaan

Pengujian dilakukan pada tiga waktu dan menghasilkan 15 pasangan data. Nilai mentah terdiri atas pembacaan *Home Assistant*, pembacaan *Portable Air Quality* Monitor 9-in-1, selisih absolut, dan persentase *error*. Agar hasil lebih ringkas dan bermakna, Tabel 2 menyajikan rata-rata pembacaan sistem, rata-rata alat pembanding, rata-rata selisih absolut, dan rata-rata *error* untuk setiap parameter.

Tabel 2 Ringkasan hasil perbandingan tiga waktu pengujian

Parameter	Satuan	Rata-rata sistem	Rata-rata pembanding	Selisih rata-rata	Error rata-rata (%)
Suhu	°C	22,67	21,33	1,60	7,82
Kelembaban	%	38,77	54,00	15,23	28,20
CO2	ppm	414,00	527,67	125,67	21,43
PM2.5	µg/m³	3,84	23,67	19,82	83,21
PM10	µg/m³	7,40	30,67	23,27	74,92

Rata-rata error keseluruhan dari lima parameter adalah 43,12%. Nilai tersebut tidak tersebar merata. Suhu memiliki error paling rendah, sedangkan PM2.5 dan PM10 memiliki error paling tinggi. Perbedaan pola tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Rata-rata error setiap parameter

3.3 Pembahasan

Pengukuran suhu menghasilkan rata-rata error 7,82%, sehingga merupakan parameter dengan kesesuaian paling baik terhadap alat pembanding. Rata-rata kelembaban mempunyai error 28,20%. Kedua parameter dipengaruhi oleh posisi sensor, hembusan langsung AC, panas perangkat elektronik, dan waktu respons. Walaupun alat diletakkan dalam ruangan yang sama, perbedaan jarak beberapa sentimeter terhadap aliran udara dapat menghasilkan pembacaan kelembaban yang berbeda, khususnya pada ruangan berpendingin.

Rata-rata error CO2 sebesar 21,43% dengan variasi yang besar antarwaktu, yaitu 27,95%, 31,93%, dan 4,42%. SCD30 menggunakan teknologi NDIR dan mempunyai rentang pengukuran pabrikan 400-10.000 ppm serta akurasi ±(30 ppm + 3% nilai ukur) pada kondisi pengujian yang ditentukan. Salah satu pembacaan SCD30 pada data pengujian adalah 299 ppm, yaitu di bawah rentang pabrikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi baseline, kompensasi, waktu pemanasan, atau kalibrasi sensor perlu diperiksa. Catatan perangkat penguji juga menunjukkan bahwa kanal CO2 pada alat pembanding merupakan nilai estimasi eCO2 berbasis sensor gas; oleh karena itu, perbandingan CO2 harus diperlakukan sebagai evaluasi lapangan dan bukan perbandingan dua sensor CO2 referensi.

Error PM2.5 dan PM10 masing-masing mencapai 83,21% dan 74,92%. SDS011 mengestimasi konsentrasi partikel menggunakan hamburan laser dan mempunyai kipas internal. Perbedaan tinggi dapat dipengaruhi oleh arah aliran udara, lokasi inlet, distribusi partikel yang tidak homogen, interval pembacaan, proses rata-rata 10 menit, serta perbedaan algoritma konversi intensitas hamburan menjadi konsentrasi massa. Nilai alat pembanding juga tidak dapat dianggap sebagai standar kalibrasi karena karakteristik sensor internal dan ketidakpastiannya tidak diuji dalam penelitian ini.

Secara fungsional, sistem memenuhi indikator keberhasilan karena seluruh sensor terbaca, komunikasi berjalan, data tersimpan, dan dashboard dapat diakses secara real time. Namun, rata-rata error keseluruhan 43,12% menunjukkan bahwa keberhasilan integrasi tidak sama dengan ketelitian metrologis. Sistem lebih tepat digunakan untuk pemantauan terintegrasi, pengamatan tren, dan pemberian informasi awal. Penggunaan untuk penilaian kuantitatif yang menuntut ketelitian tinggi memerlukan prosedur kalibrasi, alat referensi yang tertelusur, penempatan inlet yang seragam, waktu stabilisasi, serta jumlah pengambilan data yang lebih banyak.

Keterbatasan penelitian adalah pengujian hanya dilakukan pada satu ruangan dan tiga waktu, serta tidak menggunakan ruang uji terkendali. Variasi suhu, kelembaban, aktivitas penghuni, dan kondisi AC tidak diisolasi. Meskipun demikian, hasil penelitian memperlihatkan bahwa Raspberry Pi 5 dan Home Assistant dapat menjadi pusat integrasi yang fleksibel untuk sensor dengan protokol berbeda dan mampu menyajikan data kualitas udara dalam satu antarmuka lokal.

IV. KESIMPULAN

Sistem monitoring kualitas udara apartemen berhasil dirancang menggunakan SCD30, SDS011, ESP32, Raspberry Pi 5, dan Home Assistant. SCD30 mengirimkan data suhu, kelembaban, dan CO2 melalui I2C serta Wi-Fi, sedangkan SDS011 mengirimkan data PM2.5 dan PM10 melalui USB serial. Seluruh parameter dapat diterima, disimpan, ditampilkan dalam dashboard, dan diakses melalui komputer maupun smartphone secara real time.

Hasil perbandingan menunjukkan rata-rata error 7,82% untuk suhu, 28,20% untuk kelembaban, 21,43% untuk CO2, 83,21% untuk PM2.5, dan 74,92% untuk PM10. Sistem telah memenuhi tujuan integrasi dan monitoring, tetapi perbedaan tinggi pada pengukuran partikel membatasi penggunaan hasil sebagai nilai referensi. Pengembangan selanjutnya perlu menambah jumlah data, menyeragamkan posisi dan waktu respons sensor, menggunakan alat pembanding terkalibrasi, serta melakukan kalibrasi atau koreksi berdasarkan kondisi ruang uji.

.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. I. Medan, "Perancangan Apartemen Mahasiswa Dengan Tema Arsitektur Hijau."

[2] M. Tidar Dan N. Kn, "Prototype Sistem Presensi Kelas Di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma Berbasis Iot."

[3] U. Albab, Qirom, Bahrun Niam, Rozin Arkan, Dan Muhammad Faruq Elhaq, "Peningkatan Pengetahuan Penggunaan Raspberry Pi Sebagai Sistem Kontrol Perangkat Dan Monitoring Data Sensor Berbasis Iot Di Smk N 1 Brebes," Jurpikat (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat), Vol. 4, No. 2, Hlm. 1–8, Agu 2023, Doi: 10.37339/Jurpikat.V4i2.1252.

[4] N. Kusuma Ningrum, "Perancangan Pembuatan Permen Kapas Otomatis Berbasis Arduino Uno."

[5] U. Muhammad, M. Ihsan, A. Renanda, P. Studi Teknik Listrik Politeknik Bosowa Jlnkapasa Raya No, Dan T. Makassar, "Prototype Teknologi Home Assistant Berbasis Internet Of Things (Iot)," Journal Of Electrical Engineering (Joule), Vol. 4, No. 1, 2023.

[6] Y. Dewanto, A. Setiawan, B. Yulianti, M. Haryanti, Dan Y. Com, "Prototipe Monitoring Penggunaan Daya Berbasis Home Assistant Pada Laboratorium Teknik Elektro Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma."

[7] Z. Rokhandi, B. Yulianti, B. Pangaribuan, Dan N. Kn, "Simulator Pengatur Otomatis Suhu Air Hangat 37°C-55 °C Pada Water Heater Berbasis Microkontroller Atmega 8535," 2017.

[8] U. Sari Dan J. Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe, "Rancang Bangun Sistem Smart Home Dengan Arduino Uno R3 Berbasis Internet Of Things (Iot)," 2019.

[9] W.Tedja Bhirawa Dkk., "Pelatihan Google Sketchup Untuk Menggambar Produk Teknik Berupa Clamp Bagi Siswa Sma Gutama Jakarta Timur," Jurnal Bakti Dirgantara, Vol. 2, No. 2, Hlm. 72–79, Mei 2025, Doi: 10.35968/Yk37gs69.

[10] I. Trianiza, Abdurrahim Sidiq, Dan Ayu Novia Lisdawati, "Pelatihan Dan Pendampingan Dasar Pemrograman Matlab (Matrix Laboratory) Di Smk Pgri Banjarbaru," Beujroh : Jurnal Pemberdayaan Dan Pengabdian Pada Masyarakat, Vol. 1, No. 1, Hlm. 87–96, Nov 2023, Doi: 10.61579/Beujroh.V1i1.28.

[11] Muh. F. Etc Sukma Rizki, "Home Assistant With Iot Smart Solution For Smart Home," Vol. 2, 2024.