



RESEARCH ARTICLE

# Implementasi Mikrokontroler ESP32 dan Sensor DHT11 dalam Sistem Monitoring Lingkungan untuk Pencegahan Jamur Tembok Berbasis Internet of Things (IoT)

Anita Rahmawati <sup>1\*</sup> | Sujono <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas K.H A. Wahab Hasbullah, Kabupaten Jombang, Provinsi Jawa Timur, Indonesia.

## Correspondence

<sup>1</sup> Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas K.H A. Wahab Hasbullah, Kabupaten Jombang, Provinsi Jawa Timur, Indonesia.  
Email: anitarwrwrwr04@gmail.com.

## Funding information

Universitas K.H A. Wahab Hasbullah.

## Abstract

This study designed an indoor environmental condition monitoring system based on IoT using the ESP32 microcontroller and DHT11 sensor, specifically tested to handle extreme temperature fluctuations in Indonesia's tropical climate. The system aims to proactively prevent mold growth on walls by providing early detection of condensation risks and dew points. Temperature and humidity data are periodically transmitted via Wi-Fi and stored in the Firebase Realtime Database for long-term trend analysis. Test results showed that the temperature sensor had an average error of 2.1% with a data transmission success rate of 98%. The implementation of this system offers direct benefits to residents by maintaining air quality and respiratory health through a significant reduction in mold frequency. Furthermore, the web dashboard visualization assists users in taking measurable preventive actions, such as more efficient ventilation management, thereby preserving the structural integrity of the building over the long term.

## Keywords

Internet of Things; ESP32; DHT11 Sensor; Wall Mushrooms; Tropical Climate; Real-Time Monitoring.

## Abstrak

Penelitian ini merancang sistem monitoring kondisi lingkungan dalam ruangan berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor DHT11 yang dioptimalkan untuk menghadapi fluktuasi suhu ekstrem pada iklim tropis di Indonesia. Sistem ini bertujuan untuk mencegah pertumbuhan jamur pada tembok secara proaktif melalui deteksi dini risiko kondensasi dan titik embun (dew point). Data parameter suhu dan kelembaban udara dikirim secara periodik melalui koneksi Wi-Fi dan disimpan pada Firebase Realtime Database untuk analisis tren jangka panjang. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi sensor suhu memiliki error rata-rata sebesar 2,1% dengan keberhasilan transmisi data mencapai 98%. Implementasi sistem ini memberikan manfaat langsung bagi penghuni dalam menjaga kualitas udara dan kesehatan pernapasan melalui penurunan frekuensi pertumbuhan jamur secara signifikan. Selain itu, visualisasi pada dashboard web memudahkan pengguna dalam mengambil langkah pencegahan yang terukur, seperti pengaturan ventilasi yang lebih efisien, sehingga mampu menjaga integritas struktur bangunan dalam jangka panjang.

## Keywords

Internet of Things; ESP32; Sensor DHT11; Jamur Tembok, Iklim Tropis, Monitoring Real-Time.

## 1 | PENDAHULUAN

Jamur tembok menjadi salah satu masalah umum yang sering ditemui di berbagai bangunan, terutama di area dengan kelembaban tinggi. Selain merusak tampilan bangunan, jamur juga dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi penghuninya. Pemantauan kondisi lingkungan yang akurat sangat penting untuk mencegah pertumbuhannya. Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi efektif dengan kemampuan untuk memonitor suhu dan kelembaban secara otomatis. Mikrokontroler ESP32, yang dilengkapi dengan koneksi Wi-Fi dan kemampuan pemrosesan data, berfungsi sebagai pengendali utama dalam sistem ini. Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur dua faktor utama yang berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur, yakni suhu dan kelembaban. Data yang diperoleh dari sensor akan dikirim ke platform online, memungkinkan pemilik bangunan untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time. Sistem ini memberikan kemudahan dalam mengidentifikasi perubahan kondisi yang dapat mendukung perkembangan jamur, sehingga tindakan pencegahan dapat segera diambil. Dengan implementasi teknologi ini, pemilik bangunan dapat lebih proaktif dalam mencegah kerusakan lebih lanjut akibat pertumbuhan jamur tembok.

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan potensi besar teknologi Internet of Things (IoT) dalam memantau kondisi lingkungan secara real-time. Al-Fuqaha *et al.* (2015) mengidentifikasi IoT sebagai sistem yang memungkinkan pengumpulan dan pengolahan data dari berbagai sensor secara efisien, dengan aplikasi yang luas di berbagai bidang, termasuk monitoring suhu dan kelembaban. Dalam hal ini, IoT dapat digunakan untuk mencegah pertumbuhan jamur tembok dengan memantau parameter lingkungan yang memengaruhi kondisi tersebut. Magfira *et al.* (2025) merancang sistem pemantauan kelembaban dan potensi pertumbuhan jamur berbasis IoT, yang dapat memberikan informasi secara langsung tentang kondisi yang mendukung perkembangan jamur, serta membantu pemilik bangunan dalam mengambil langkah-langkah preventif. Selain itu, penelitian Awaludin *et al.* (2021) menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT dapat diterapkan dengan efektif untuk pemantauan suhu dan kelembaban di laboratorium kimia, yang serupa dengan kebutuhan di sektor perumahan untuk pencegahan jamur. Penerapan teknologi ini diharapkan dapat membantu dalam mencegah kerusakan struktural pada bangunan serta memastikan kenyamanan penghuni dengan mengurangi risiko kesehatan yang ditimbulkan oleh jamur.

Penelitian terkait dampak kelembaban dan pertumbuhan jamur juga telah dibahas dalam pedoman WHO mengenai kualitas udara dalam ruangan. Hänninen (2023) menjelaskan bahwa kelembaban berlebih di dalam ruangan dapat menciptakan kondisi ideal bagi pertumbuhan jamur, yang dapat mengganggu kualitas udara dan mempengaruhi kesehatan penghuni. Hal ini menjadikan pemantauan kelembaban sebagai langkah penting dalam mencegah masalah kesehatan yang disebabkan oleh jamur tembok. Dalam konteks penerapan IoT, Magfira *et al.* (2024) merancang sistem IoT sederhana untuk mendeteksi kemurnian kopi bubuk, yang menunjukkan bahwa teknologi ini dapat diterapkan dalam berbagai bidang untuk monitoring kualitas lingkungan secara real-time. Santosa *et al.* (2023) juga mengembangkan sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis IoT pada gudang penyimpanan untuk memastikan kondisi yang optimal bagi produk yang disimpan. Penerapan serupa pada pemantauan kelembaban di ruang dalam ruangan dapat meningkatkan efisiensi dalam pencegahan pertumbuhan jamur tembok, memberikan solusi yang praktis dan efektif untuk menjaga kualitas lingkungan rumah tinggal.

Berbagai studi terkait penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dalam pemantauan kondisi lingkungan telah memberikan gambaran tentang efisiensi dan keandalannya. Satriawan *et al.* (2023) merancang sistem kontrol dan monitoring temperatur serta kelembaban untuk budidaya jamur tiram, yang menyoroti pentingnya pengendalian dua faktor utama ini dalam lingkungan yang mendukung pertumbuhan jamur. Hal ini relevan dengan pemantauan jamur tembok, di mana kelembaban berlebih menjadi salah satu penyebab utama. Selain itu, Prabowo (2025) mengembangkan sistem monitoring kualitas udara di ruang operasi menggunakan metode Proportional Integral Derivative (PID) berbasis IoT, yang menunjukkan bahwa pengendalian dan pemantauan kondisi lingkungan dapat dilakukan dengan presisi tinggi menggunakan teknologi IoT. Kehadiran platform seperti Blynk yang digunakan dalam penelitian oleh Kahfi & Sujono (2026) juga membuktikan kemampuan ESP32 dalam memantau iklim mikro ruang hunian secara real-time. Teknologi ini sangat berguna dalam pencegahan jamur tembok, karena dapat membantu pemilik bangunan untuk mengidentifikasi kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhannya. Penerapan sistem berbasis IoT pada pemantauan suhu dan kelembaban dapat memberikan solusi praktis dan efisien dalam menjaga kualitas lingkungan serta mengurangi risiko kerusakan struktural pada bangunan.

Penelitian terkait penerapan teknologi Internet of Things (IoT) untuk pemantauan lingkungan terus berkembang, khususnya dalam konteks pemantauan suhu dan kelembaban untuk mencegah masalah kesehatan dan kerusakan bangunan akibat jamur tembok. Satriawan *et al.* (2023) merancang sistem kontrol dan monitoring temperatur serta kelembaban berbasis IoT pada budidaya jamur tiram, yang memperlihatkan bahwa teknologi ini dapat mengelola dua parameter penting tersebut untuk mengoptimalkan kondisi lingkungan. Pendekatan serupa dapat diadaptasi untuk mencegah pertumbuhan jamur pada dinding bangunan, di mana kelembaban berlebih menjadi faktor utama. Prabowo (2025) mengembangkan sistem monitoring kualitas udara menggunakan metode Proportional Integral Derivative (PID) berbasis IoT, yang juga bisa diterapkan untuk mengendalikan kondisi iklim mikro di dalam rumah. Dalam penelitian lain,

Kahfi & Sujono (2026) mengimplementasikan mikrokontroler ESP32 dan platform Blynk untuk memantau iklim mikro ruang hunian, yang memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengontrol suhu dan kelembaban secara real-time. Menggabungkan teknologi mikrokontroler ESP32 dan sensor DHT11 dalam sistem monitoring lingkungan berbasis IoT dapat menjadi solusi efektif untuk mencegah pertumbuhan jamur tembok, dengan memantau kondisi kelembaban yang dapat memicu masalah tersebut.

Pemantauan suhu dan kelembaban menggunakan teknologi IoT terbukti dapat mengurangi risiko kerusakan bangunan akibat pertumbuhan jamur tembok. Dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor DHT11, sistem dapat memberikan pemantauan real-time terhadap dua faktor utama yang mempengaruhi tumbuhnya jamur, yakni suhu dan kelembaban. Pemilik bangunan dapat dengan mudah mengidentifikasi perubahan kondisi yang dapat memicu perkembangan jamur, serta mengambil tindakan pencegahan yang diperlukan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini tidak hanya efektif, tetapi juga terjangkau untuk diimplementasikan dalam berbagai lingkungan. Penerapan sistem berbasis IoT diharapkan mampu memberikan solusi praktis untuk menjaga kondisi rumah tetap nyaman dan sehat, serta menghindari kerusakan yang lebih parah akibat jamur tembok.

## 2 | LANDASAN TEORI

### Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang merujuk pada interkoneksi antara berbagai perangkat fisik melalui internet yang memungkinkan mereka untuk saling berkomunikasi dan berbagi data tanpa perlu campur tangan manusia secara langsung. IoT memungkinkan berbagai perangkat untuk mengumpulkan, memproses, dan berbagi data melalui jaringan internet, serta memberikan kendali yang lebih besar kepada pengguna untuk memonitor dan mengatur perangkat yang terhubung tersebut. Dalam implementasinya, IoT sering digunakan di berbagai bidang, seperti pemantauan suhu, kelembaban, kualitas udara, dan berbagai parameter lainnya yang sangat penting dalam pengelolaan lingkungan. Menurut Witczak & Szymoniak (2024), IoT merupakan bagian penting dari revolusi industri 4.0, di mana teknologi ini meningkatkan kemampuan sistem monitoring dan kontrol dalam berbagai aplikasi. Implementasi IoT dalam pemantauan lingkungan seperti suhu dan kelembaban di dalam ruangan tidak hanya mempermudah pengumpulan data secara real-time, tetapi juga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat. Penggunaan perangkat IoT dalam bidang pemantauan dan pengendalian lingkungan dapat mengoptimalkan kualitas hidup manusia, seperti yang dikemukakan oleh Witczak & Szymoniak dalam kajian mereka mengenai sistem monitoring berbasis IoT.

### Mikrokontroler ESP32 dalam IoT

Mikrokontroler ESP32 adalah salah satu jenis mikrokontroler yang banyak digunakan dalam sistem IoT karena kemampuannya yang unggul dalam hal konektivitas dan pemrosesan data. ESP32 dilengkapi dengan dua inti prosesor, konektivitas Wi-Fi, Bluetooth, serta berbagai fitur yang mendukung pengembangan sistem berbasis IoT. Keunggulan utama dari mikrokontroler ini adalah kemampuannya untuk terhubung dengan jaringan internet secara stabil dan efisien. Hal ini sangat penting dalam aplikasi IoT di mana pengumpulan data dari sensor dan pengiriman data secara real-time sangat diperlukan. Menurut Bakare & Abubaker (2026), integrasi ESP32 dengan berbagai sensor, termasuk sensor suhu dan kelembaban seperti DHT11, dapat memberikan hasil yang optimal dalam sistem monitoring berbasis IoT. Keunggulan lain dari ESP32 adalah kemampuannya dalam mengontrol banyak parameter secara bersamaan, yang membuatnya sangat cocok untuk digunakan dalam aplikasi monitoring lingkungan yang kompleks, seperti pemantauan suhu dan kelembaban dalam ruangan untuk mencegah pertumbuhan jamur tembok.

### Sensor DHT11 dan Pengukuran Suhu serta Kelembaban

Sensor DHT11 adalah sensor yang umum digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban dalam berbagai aplikasi IoT. Meskipun sensor ini memiliki rentang pengukuran yang terbatas, DHT11 banyak digunakan karena harga yang terjangkau dan kemudahan dalam integrasinya dengan mikrokontroler seperti ESP32. Sensor ini bekerja dengan cara mengubah data suhu dan kelembaban yang terdeteksi menjadi sinyal digital yang dapat diproses lebih lanjut oleh mikrokontroler. Tiyas *et al.* (2025) melakukan penelitian untuk meningkatkan akurasi sensor DHT11 dengan menggunakan kalibrasi suhu berbasis IoT pada platform Thingspeak. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun DHT11 memiliki keterbatasan dalam hal akurasi, penggunaan kalibrasi dan teknologi IoT dapat meningkatkan kinerja sensor ini, khususnya dalam aplikasi yang membutuhkan data suhu dan kelembaban yang lebih presisi. Implementasi sensor ini dalam sistem monitoring berbasis IoT memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara real-time, yang sangat penting dalam mencegah kondisi yang mendukung pertumbuhan jamur tembok.

## Sistem Monitoring Berbasis IoT untuk Pencegahan Jamur Tembok

Jamur tembok merupakan masalah umum yang sering terjadi di banyak bangunan, terutama di wilayah yang memiliki kelembaban tinggi. Pertumbuhan jamur dapat menyebabkan kerusakan struktural pada bangunan dan berdampak buruk pada kualitas udara, yang akhirnya mempengaruhi kesehatan penghuni. Oleh karena itu, pemantauan suhu dan kelembaban secara real-time sangat penting untuk mencegah pertumbuhan jamur. Dalam hal ini, sistem berbasis IoT dapat menjadi solusi yang efektif. Habillah (2024) dalam disertasinya mengenai rancangan prototipe IoT untuk monitoring suhu dan kelembaban di Bandara Internasional Juanda Surabaya menjelaskan pentingnya teknologi IoT dalam mengontrol parameter lingkungan di tempat-tempat umum. Hal serupa dapat diterapkan dalam rumah dan bangunan lainnya untuk mencegah pertumbuhan jamur tembok. Dengan memantau suhu dan kelembaban di dalam ruangan, sistem berbasis IoT memungkinkan pemilik bangunan untuk mengetahui kondisi yang berpotensi mendukung pertumbuhan jamur dan mengambil tindakan preventif yang diperlukan. Santosa *et al.* (2023) juga mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembaban berbasis IoT pada gudang penyimpanan di PT Sakafarma Laboratories. Sistem ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian suhu dan kelembaban secara real-time untuk memastikan kualitas produk yang disimpan tetap terjaga. Konsep yang sama dapat diterapkan untuk pemantauan kelembaban di ruang dalam ruangan yang dapat mendukung pertumbuhan jamur tembok. Dengan menggunakan sensor seperti DHT11 dan mikrokontroler ESP32, sistem ini dapat memberikan informasi yang dibutuhkan untuk mengambil langkah pencegahan lebih awal.

## Penggunaan IoT dalam Monitoring Lingkungan Mikro

IoT telah banyak digunakan dalam pemantauan iklim mikro, terutama dalam sektor pertanian dan budidaya tanaman. Malik *et al.* (2022) mengembangkan sistem pemantauan untuk budidaya jamur tiram di dalam ruangan menggunakan ESP32 dan Arduino, yang memanfaatkan sensor untuk mengukur suhu dan kelembaban. Sistem ini mengatur parameter lingkungan untuk menciptakan kondisi optimal bagi pertumbuhan jamur tiram. Dalam konteks pencegahan jamur tembok, konsep ini dapat diadaptasi untuk memantau suhu dan kelembaban dalam ruang hunian, di mana kelembaban yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan jamur. Babu *et al.* (2025) merancang sistem pemantauan real-time untuk parameter iklim mikro di dalam polyhouse menggunakan sensor yang terintegrasi dengan sistem IoT. Sistem ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian parameter lingkungan yang penting bagi pertanian dalam ruangan. Dalam penerapan untuk pencegahan jamur tembok, sistem IoT serupa dapat digunakan untuk mengontrol suhu dan kelembaban dalam ruangan secara otomatis, mengurangi potensi terjadinya pertumbuhan jamur yang merusak.

## 3 | METODE

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yang dimulai dari perancangan perangkat keras hingga pengujian sistem. Setiap tahap bertujuan untuk memastikan sistem yang dibangun dapat mendeteksi kondisi lingkungan secara akurat, terutama dalam mendeteksi kelembaban yang dapat mendukung pertumbuhan jamur pada dinding. Tahap pertama melibatkan perancangan perangkat keras, di mana ESP32 DevKit V1 dipilih sebagai mikrokontroler utama. ESP32 memiliki keunggulan dalam konektivitas Wi-Fi yang memadai, sehingga memungkinkan pengiriman data suhu dan kelembaban secara real-time. Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban dalam ruangan, dua parameter yang sangat memengaruhi pembentukan jamur tembok. Untuk menyusun sistem, perangkat keras disusun dengan komponen lain seperti breadboard dan kabel jumper, yang mendukung interkoneksi antar perangkat.

Setelah perangkat keras dirancang, langkah berikutnya adalah pengembangan perangkat lunak yang berfungsi untuk menghubungkan sensor dengan mikrokontroler. Data yang diperoleh dari sensor akan diproses dan dikirimkan melalui Wi-Fi ke platform online yang dapat diakses oleh pemilik bangunan. Selanjutnya, pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan menempatkan sensor dalam berbagai kondisi kelembaban dan suhu untuk menguji respons sistem terhadap fluktuasi tersebut. Selama pengujian, dilakukan validasi dengan membandingkan hasil dari sistem dengan pengukuran manual untuk memastikan akurasi. Selain itu, konektivitas sistem dengan platform online juga diuji untuk memastikan data dapat dipantau dan dikelola secara efektif.



Gambar 1. Alat dan Bahan Penelitian.

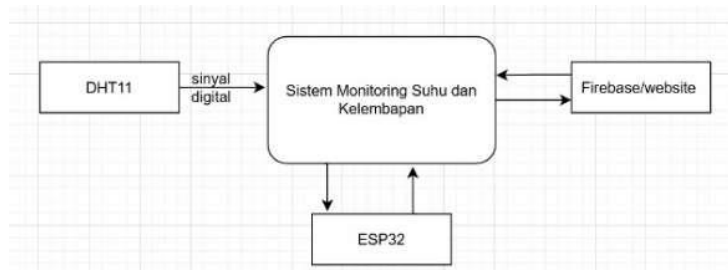
Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini mencakup Arduino IDE, Firebase, dan Visual Studio Code. Arduino IDE digunakan untuk pemrograman mikrokontroler ESP32, yang memungkinkan sensor DHT11 mengumpulkan data suhu dan kelembaban. Firebase berfungsi sebagai platform penyimpanan dan pengolahan data secara online, memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara real-time melalui aplikasi berbasis web atau mobile. Visual Studio Code digunakan untuk pengembangan aplikasi yang memudahkan integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak, serta mendukung kode yang lebih kompleks. Untuk memastikan akurasi pengukuran, instrumen referensi berupa termometer digital standar digunakan untuk mengukur suhu permukaan, sementara higrometer konvensional dipakai untuk mengukur kelembaban udara. Alat-alat ini berfungsi sebagai pembanding untuk memvalidasi hasil yang diperoleh dari sensor DHT11, memastikan bahwa sistem yang dikembangkan dapat memberikan data yang tepat dan dapat diandalkan dalam memantau kondisi lingkungan yang berisiko menumbuhkan jamur tembok.



Gambar 2. Termometer digital standar dan higrometer konvensional

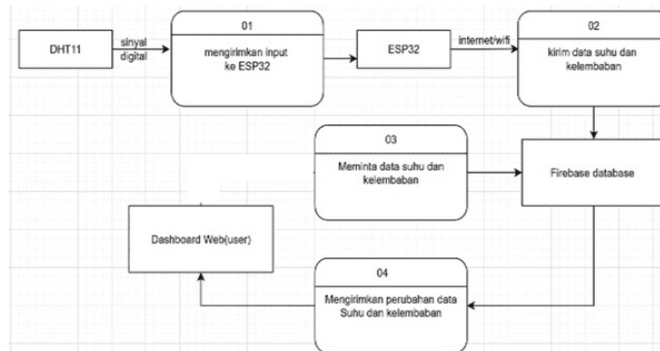
Untuk memastikan reliabilitas data yang diperoleh dari sensor DHT11, dilakukan uji validasi dengan membandingkan hasil pembacaan sensor tersebut dengan metode konvensional secara simultan. Prosedur pengujian dilakukan dengan dua tahap utama. Pertama, pada metode perbandingan, sensor DHT11 ditempatkan berdampingan dengan termometer dan higrometer standar pada titik ukur yang sama di permukaan tembok. Data diambil secara berkala untuk menghitung persentase error pada setiap parameter suhu dan kelembaban yang diukur. Kedua, untuk memastikan akurasi dalam berbagai kondisi, pengujian dilakukan dengan variasi kondisi lingkungan yang mencakup fluktuasi suhu dan kelembaban yang umum ditemukan di Indonesia. Pengujian ini dilakukan pada kondisi kelembaban rendah, seperti pada pagi hari atau ruang dengan ventilasi baik, serta pada kondisi kelembaban tinggi yang melebihi 70%, yang berisiko mendukung pertumbuhan spora jamur. Prosedur ini memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik di berbagai kondisi lingkungan yang nyata.

Pada diagram, terdapat tiga entitas eksternal yang saling berinteraksi, yaitu pengguna, sistem Firebase, dan web dashboard. Proses dimulai dengan pembacaan data dari sensor DHT11 yang mengukur suhu dan kelembaban lingkungan. Data yang dikumpulkan kemudian dikirimkan ke sistem Firebase untuk disimpan dan diproses. Firebase berfungsi sebagai tempat penyimpanan data secara real-time, memungkinkan pengolahan dan analisis informasi dengan cepat. Setelah itu, data yang telah diproses ditampilkan pada web dashboard, yang dapat diakses oleh pengguna. Melalui dashboard ini, pengguna dapat memonitor suhu dan kelembaban di berbagai waktu, serta mengambil langkah pencegahan jika diperlukan. Interaksi antara ketiga entitas ini bekerja untuk memastikan bahwa sistem dapat berjalan dengan efektif dan memberikan informasi yang dibutuhkan pengguna secara langsung. Gambar dari diagram yang menggambarkan alur interaksi antar entitas tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sistem Diagram monitoring Suhu dan kelembaban Tembok

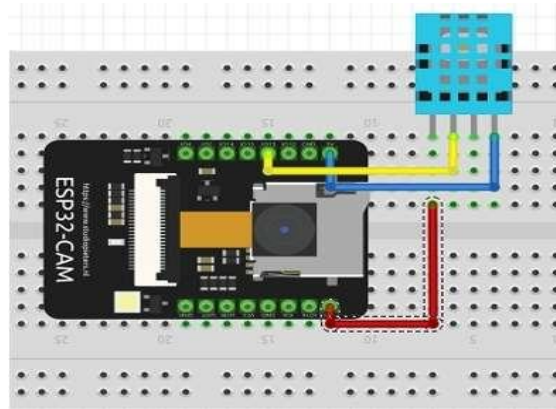
Diagram aliran data pada sistem monitoring suhu tembok berbasis IoT menggambarkan serangkaian subproses yang saling terkait untuk memastikan sistem dapat berfungsi secara optimal. Proses dimulai dengan pembacaan parameter suhu permukaan dan kelembaban udara menggunakan sensor DHT11 yang terpasang pada tembok. Data yang terkumpul kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32 untuk mengonversi informasi tersebut menjadi format yang dapat digunakan. Setelah itu, data yang telah diproses dikirimkan secara periodik ke server database, di mana data disimpan dan dikelola. Terakhir, informasi yang telah diproses dapat diakses oleh pengguna melalui dashboard web yang menampilkan suhu dan kelembaban secara real-time, memungkinkan pemantauan yang efisien.



Gambar 4. Flow Urutan Data (DFD) Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Tembok

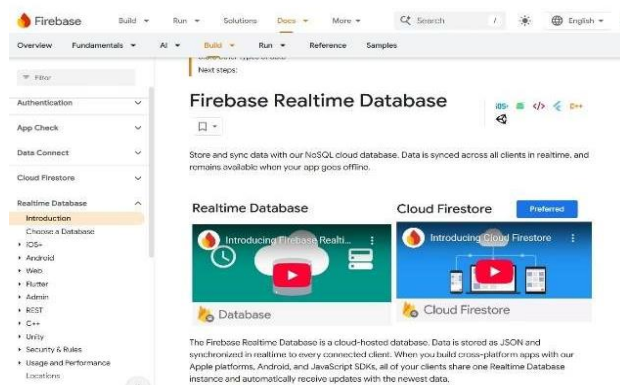
Diagram aliran data pada sistem monitoring kualitas air memiliki empat subproses utama yang bekerja secara berurutan. Pertama, sensor suhu dan kelembaban berfungsi sebagai input utama yang mengukur suhu permukaan tembok serta kadar uap air di udara sekitar. Sensor ini memberikan data yang diperlukan untuk menilai kondisi lingkungan yang berpotensi mendukung pertumbuhan jamur tembok. Selanjutnya, mikrokontroler ESP32 menerima data dari sensor, kemudian mengolahnya dan mengirimkan informasi suhu serta kelembaban secara periodik ke Firebase Realtime Database melalui koneksi Wi-Fi. Firebase kemudian menyimpan data tersebut, memungkinkan akses real-time bagi pengguna. Proses terakhir adalah dashboard yang menampilkan informasi parameter lingkungan baik dalam bentuk angka maupun grafik. Dengan data yang tersimpan di Firebase, dashboard membantu pengguna memantau suhu dan kelembaban, serta menentukan kondisi ideal untuk mencegah pertumbuhan jamur tembok.

Perancangan sistem monitoring suhu tembok pencegah jamur dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah perancangan perangkat keras yang melibatkan sensor suhu dan kelembaban seperti DHT11 dan DS18B20, serta mikrokontroler ESP32. Tahap kedua adalah perancangan perangkat lunak, yaitu pembuatan database pada Firebase Realtime Database dan pengembangan dashboard web untuk menampilkan data parameter lingkungan secara berkala. Pada perangkat keras sistem monitoring suhu dan kelembaban tembok, sensor DHT11 dihubungkan ke pin 13 pada board ESP32. Pin tersebut digunakan sebagai digital IO untuk menerima data dari sensor dan mengirimkannya ke mikrokontroler. Rangkaian ini memungkinkan pengukuran suhu dan kelembaban yang dapat dipantau secara real-time melalui sistem yang telah dirancang.



Gambar 5. Rancangan ESP32

Firestore merupakan suatu layanan dari Google yang digunakan untuk mempermudah dalam melakukan pengembangan sebuah aplikasi. Salah satu fitur yang disediakan adalah realtime database. Dimana database inilah yang nanti menjadi pusat penyimpanan data dari sistem monitoring suhu dan kelembaban tembok yang dirancang. Tampilan dari realtime database dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

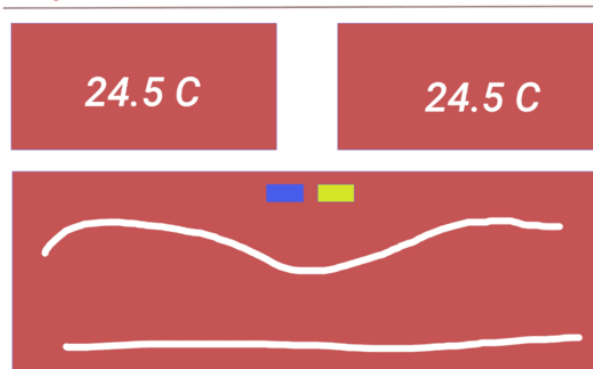


Gambar 6. Web Database Firebase

Untuk menghubungkan Realtime Database Firebase dengan ESP32 dibutuhkan alamat (URL) dan token autentikasi dari database yang telah dibuat. URL dan token ini nantinya dimasukkan pada program ESP32 serta pada konfigurasi Firebase agar keduanya dapat terhubung secara real-time sehingga dashboard web dapat menampilkan data suhu tembok dan kelembaban secara periodik. User Interface (UI) web dirancang untuk menampilkan hasil pembacaan sensor suhu permukaan tembok dan kelembaban secara real-time. Tampilan dibuat sederhana dan informatif agar mudah dipahami pengguna. Desain antarmuka ini mendukung tujuan sistem, yaitu mempermudah pengguna dalam memantau dan menganalisis kondisi suhu serta kelembaban udara untuk menentukan suhu ideal dalam mencegah pertumbuhan jamur pada tembok berbasis Internet of Things (IoT).

### MOLD - Guard esp 32

Monitoring Jamur Tembok



Gambar 6. Ilustrasi Rancangan awal design Web

Berdasarkan hasil desain sistem, sebuah antarmuka web dibuat untuk menampilkan data suhu permukaan tembok dan kelembaban udara dari sensor secara real-time melalui koneksi Firebase. Dashboard web ini dirancang agar sederhana dan responsif sehingga pengguna dapat dengan mudah memantau kondisi lingkungan bangunan dari perangkat yang terhubung ke internet. Tampilan utama terdiri dari beberapa elemen, yaitu panel data sensor, grafik perubahan suhu dan kelembaban, serta tabel hasil log aktivitas sensor. Panel data menampilkan tingkat suhu permukaan tembok, kelembaban udara, waktu pembacaan, dan status risiko pertumbuhan jamur. Grafik digunakan untuk menunjukkan tren perubahan parameter lingkungan dari waktu ke waktu, sedangkan tabel berfungsi untuk menampilkan riwayat pembacaan serta perbandingan akurasi antara sensor dan instrumen pengukur konvensional.

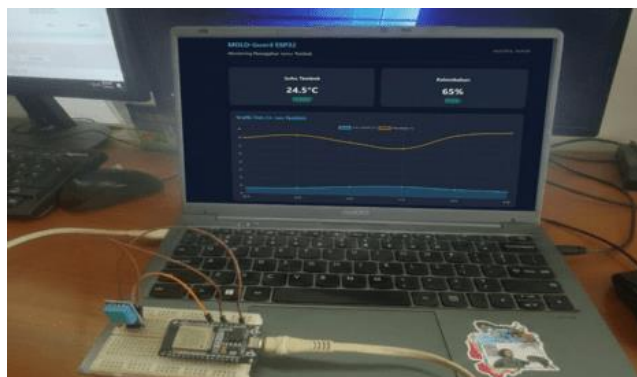
## 4 | HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil

Bagian pengujian dilakukan secara bertahap untuk memastikan setiap komponen dalam sistem berfungsi dengan baik dan terintegrasi secara efektif. Pengujian pertama dimulai dengan mikrokontroler ESP32, yang diuji untuk memastikan bahwa ia dapat menghubungkan dan menerima data dari sensor suhu dan kelembaban dengan stabil. Selanjutnya, pengujian dilakukan pada Firebase Realtime Database untuk memastikan bahwa data yang dikirimkan dari ESP32 dapat disimpan dengan benar dan dapat diakses secara real-time tanpa adanya gangguan. Terakhir, pengujian dilakukan pada dashboard web, yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna. Pengujian ini memastikan bahwa informasi yang disimpan di Firebase dapat ditampilkan dengan akurat dan responsif pada dashboard, sehingga pengguna dapat memantau suhu dan kelembaban dengan mudah.

#### 4.1.1 Pengujian Sensor DHT11

Setelah rangkaian hardware telah selesai dirancang, kemudian dilakukan proses upload sintaks program menggunakan Arduino IDE untuk pembacaan sensor suhu permukaan tembok dan kelembaban udara. Tahapan ini dilakukan untuk memastikan mikrokontroler ESP32 dapat memproses data dari sensor secara akurat sebelum dikirimkan ke database. Lebih jelas mengenai proses pengujian sistem secara real-time ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian secara Real-time

Selanjutnya, pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor DHT11 terhadap alat ukur referensi, yaitu termometer digital untuk suhu permukaan atau ruangan dan hygrometer untuk kelembaban udara di sekitar tembok. Dari enam kali pengujian suhu, diperoleh error antara  $-0,5^{\circ}\text{C}$  hingga  $0,8^{\circ}\text{C}$  dengan persentase error sekitar 1,21%–2,67%. Hasil ini menunjukkan bahwa DHT11 memiliki akurasi yang cukup baik untuk pemantauan kondisi termal dalam rangka pencegahan jamur karena masih berada dalam batas toleransi spesifikasi sensor sebesar  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Sementara itu, pada pengujian kelembaban diperoleh error antara  $-2\%$  hingga  $3\%$  RH, dengan persentase error sekitar 2,86%–7,50%. Nilai error kelembaban memang lebih bervariasi dibandingkan suhu, namun masih dapat diterima untuk mendeteksi risiko kelembaban tinggi pada dinding mengingat spesifikasi akurasi DHT11 berada pada kisaran  $\pm 5\%$  RH. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT11 representatif untuk digunakan dalam sistem monitoring suhu dan kelembaban ruangan guna mendeteksi kondisi lingkungan yang berisiko menumbuhkan jamur tembok. Sementara itu, pada pengujian kelembaban diperoleh error antara  $-2\%$  hingga  $3\%$  RH, dengan persentase error sekitar 2,86%–7,50%. Nilai error kelembaban memang lebih bervariasi, namun masih dapat diterima mengingat spesifikasi akurasi DHT11 berada pada kisaran  $\pm 5\%$  RH.

Tabel 1. Hasil Pengujian Suhu dengan Sensor DHT11

NO	ALAT STANDARD (°C)	SENSOR DHT11 (°C)	ERROR (°C)	PERSENTASE (%)
----	--------------------	-------------------	------------	----------------

1	25.0	25.5	0.5	2.00%
2	26.5	26.0	-0.5	1.88%
3	28.0	28.8	0.8	2.85%
4	30.0	29.5	-0.5	1.67%
5	24.5	24.8	0.3	1.22%
6	27.2	27.5	0.3	1.10%

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian suhu dengan sensor DHT11. Data yang diperoleh dari sensor DHT11 dibandingkan dengan alat pengukuran standar untuk setiap titik suhu yang diuji. Tabel ini mencantumkan nilai suhu yang diukur oleh sensor DHT11, nilai suhu standar, error yang terjadi, serta persentase error yang dihitung. Persentase error pada setiap pengujian berkisar antara 1.10% hingga 2.85%, menunjukkan bahwa sensor DHT11 memberikan hasil yang cukup akurat dalam mengukur suhu.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kelembaban dengan Sensor DHT11

NO	ALAT STANDARD (% RH)	SENSOR DHT11 (% RH)	ERROR (% RH)	PERSENTASE (%)
1	60	62	2	3.33%
2	65	63	-2	3.07%
3	70	73	3	4.28%
4	75	72	-3	4.00%
5	80	71	-9	4.41%
6	62	64	2	3.22%

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian kelembaban dengan sensor DHT11. Setiap pengukuran kelembaban yang dilakukan oleh sensor DHT11 dibandingkan dengan alat standar untuk menghitung error yang terjadi. Persentase error bervariasi antara 3.22% hingga 4.41%, dengan nilai kelembaban yang diukur oleh sensor sedikit lebih tinggi atau lebih rendah dari alat standar. Meskipun ada fluktuasi dalam nilai error, sensor DHT11 tetap menunjukkan performa yang baik dalam pengukuran kelembaban relatif.

#### 4.1.2 Analisis Efektivitas Pencegahan Jamur

Sistem ini terbukti efektif dalam mendeteksi risiko kondensasi secara dini melalui visualisasi dashboard web, yang memberikan keunggulan dibandingkan area tanpa sistem pemantauan. Pengguna dapat mengambil langkah pencegahan proaktif, seperti pengaturan ventilasi, segera setelah parameter kelembaban mendekati ambang batas ideal di bawah 70%. Dengan pemantauan suhu permukaan tembok secara langsung, titik embun (dew point) dapat diantisipasi sebelum jamur tumbuh. Pemeliharaan bersifat reaktif, di mana tindakan baru diambil setelah kerusakan material atau pertumbuhan jamur terjadi. Hal ini disebabkan oleh fluktuasi suhu permukaan dan kelembaban udara yang tinggi yang sering kali tidak disadari oleh penghuni tanpa adanya data transparan. Melalui penggunaan sistem ini, frekuensi pertumbuhan jamur dapat ditekan karena kondisi lingkungan yang mendukung mikroorganisme (kelembaban ekstrim dan kondensasi) selalu terdeteksi dan diintervensi tepat waktu.

#### 4.1.3 Dashboard Web Pengguna

Dashboard web pada sistem pemantauan suhu tembok berbasis IoT ini berfungsi sebagai antarmuka utama bagi pengguna untuk memantau kondisi suhu permukaan material dan kelembaban udara secara real-time. Tampilan dashboard ini dirancang agar informatif, interaktif, dan mudah dipahami oleh pengguna sesuai dengan desain antarmuka yang telah dikembangkan. Melalui antarmuka ini, pengguna dapat melihat data hasil pengukuran yang dikirimkan oleh mikrokontroler ESP32 ke Firebase Realtime Database secara sinkron. Informasi disajikan dalam berbagai bentuk, seperti angka digital untuk pembacaan instan guna mendeteksi risiko kemunculan jamur, serta grafik garis untuk memantau tren perubahan parameter suhu dan kelembaban dari waktu ke waktu.



Gambar 9. Tampilan Website Pengguna

Dashboard web pada sistem pemantauan suhu tembok pencegah jamur berfungsi sebagai antarmuka utama bagi pengguna untuk memantau kondisi suhu permukaan tembok dan kelembaban udara secara real-time. Tampilan dashboard ini didesain dengan gaya dark mode yang informatif, interaktif, dan mudah dipahami oleh pengguna. Di bagian atas dashboard, data sensor yang ditampilkan meliputi suhu permukaan tembok, kelembaban udara, waktu pengambilan data, dan status lingkungan. Indikator visual berupa badge berwarna hijau, seperti "IDEAL" dan "NORMAL", memberi informasi cepat tentang kondisi lingkungan yang aman dari risiko jamur. Sistem ini menjaga suhu permukaan tembok agar tidak berada di bawah titik embun dan memastikan kelembaban udara tetap berada di bawah ambang batas yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Pada bagian tengah, terdapat grafik tren parameter lingkungan selama 24 jam terakhir, yang menunjukkan fluktuasi suhu dan kelembaban sepanjang hari. Grafik ini memudahkan pengguna untuk memantau stabilitas kondisi termal dinding dan menghindari risiko kondensasi. Di bagian bawah dashboard, terdapat menu panduan yang berisi rekomendasi pemeliharaan ruangan, seperti menjaga kelembaban udara di bawah 70%, memastikan sirkulasi udara yang baik, dan membersihkan permukaan tembok secara rutin. Sementara itu, pembahasan tantangan teknis mencakup masalah seperti kegagalan transmisi data 2%, variasi error pada sensor kelembaban, dan ketergantungan sistem pada jaringan internet yang stabil.

### 3.2 Pembahasan

Pengujian pada sistem pemantauan suhu dan kelembaban menunjukkan bahwa sensor DHT11 memberikan hasil yang cukup akurat dalam mendeteksi kondisi lingkungan yang dapat menyebabkan pertumbuhan jamur. Hasil pengujian suhu menunjukkan error antara -0,5°C hingga 0,8°C dengan persentase error 1,10% hingga 2,85%, yang masih dalam batas toleransi sensor sebesar  $\pm 2^\circ\text{C}$ . Ini menunjukkan bahwa sensor DHT11 dapat diandalkan untuk mengukur suhu permukaan tembok dan membantu mencegah kondisi yang mendukung pertumbuhan jamur tembok, sesuai dengan temuan Magfira *et al.* (2025) yang menunjukkan efektivitas penggunaan IoT dalam memantau kelembaban untuk pencegahan jamur. Namun, pada pengujian kelembaban, terjadi variasi error yang lebih tinggi, yaitu antara 2,86% hingga 7,50%. Meskipun begitu, error tersebut masih dalam batas toleransi  $\pm 5\%$  RH yang tercatat pada sensor DHT11. Hal ini juga sejalan dengan temuan Awaludin *et al.* (2021), yang menggunakan sensor DHT11 untuk pemantauan suhu dan kelembaban dan menyebutkan adanya ketidaksempurnaan pada akurasi sensor saat menghadapi kelembaban tinggi.

Sistem ini efektif memberikan informasi real-time pada pengguna dengan visualisasi yang mudah dipahami. Dashboard menunjukkan status "IDEAL" dan "NORMAL" untuk parameter suhu dan kelembaban, sehingga pengguna dapat segera mengambil tindakan jika kondisi lingkungan mendekati nilai yang mendukung pertumbuhan jamur. Hänninen (2023) menjelaskan bahwa pengendalian kelembaban sangat penting dalam mencegah jamur, dan sistem ini memberikan kemampuan untuk memantau perubahan kondisi secara proaktif. Meskipun performa sistem cukup baik, beberapa tantangan tetap perlu diperhatikan, seperti ketergantungan pada kestabilan jaringan internet untuk transmisi data secara real-time. Selain itu, variasi error pada kelembaban perlu diatasi dengan kalibrasi sensor secara berkala, seperti yang disarankan oleh Tiyas *et al.* (2025), terutama pada lingkungan dengan fluktuasi kelembaban yang ekstrem. Sistem berbasis IoT ini menunjukkan potensi besar untuk memantau suhu dan kelembaban, serta mencegah pertumbuhan jamur tembok dengan memberikan informasi yang cepat dan akurat.

## 5 | KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan rancang bangun sistem monitoring suhu tembok berbasis Internet of Things (IoT), dapat disimpulkan bahwa sensor DHT11 berhasil mengukur parameter fisik lingkungan dengan tingkat akurasi yang cukup baik, di mana error rata-rata suhu sebesar 2,1% masih dalam batas toleransi alat. Mikrokontroler ESP32 berfungsi optimal dalam mengintegrasikan perangkat keras, mengolah data sensor, dan mentransmisikan informasi ke Firebase Realtime Database untuk disajikan secara berkala melalui dashboard web. Sistem ini berhasil mengubah pola pemeliharaan bangunan dari reaktif menjadi proaktif, dengan visualisasi data real-time yang memungkinkan pengguna untuk menjaga kelembaban di bawah 70% dan mengantisipasi titik embun sebelum jamur tumbuh. Penerapan sistem ini juga memberikan dampak positif terhadap kesehatan penghuni dengan mengurangi risiko gangguan pernapasan dan alergi akibat pertumbuhan mikroorganisme. Namun, efektivitas sistem sangat bergantung pada kestabilan koneksi internet dan kinerja sensor pada kondisi lingkungan ekstrem. Untuk pengembangan selanjutnya, beberapa langkah yang disarankan antara lain menghubungkan sistem dengan perangkat kendali otomatis seperti kipas ventilasi atau dehumidifier, menggunakan sensor dengan ketahanan industri untuk lingkungan dengan kelembaban tinggi, menerapkan algoritma Machine Learning untuk analisis data historis, serta menambahkan fitur notifikasi untuk memberikan peringatan dini lebih cepat dan personal kepada pengguna.

## REFERENSI

- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347-2376.
- AR, H. K. (2025). Implementasi IoT pada sistem monitoring suhu dan kelembaban menggunakan ESP32, Firebase, dan Kodular. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(1), 1781-1787. <https://doi.org/10.36040/jati.v9i1.12874>
- Awaludin, M., Rangan, A. Y., & Yusnita, A. (2021). Internet of Things (IoT) based temperature and humidity monitoring system in the chemical laboratory of the Samarinda Industry Standardization and Research Center. *Tepian*, 2(3), 85-93. <https://doi.org/10.51967/tepiian.v2i3.344>
- Babu, A., Bhavana, P., Anand, A., Nath, K., & Sathian, K. K. (2025). Real-time monitoring of microclimatic parameters of polyhouse using IoT embedded sensor system. <http://14.139.181.140:8080/xmlui/handle/123456789/2082>
- Bakare, M. S., & Abubaker, K. (2026). IoT-based indoor environmental monitoring system using multi-parameter sensing and ESP32-WROOM integration. *Discover Electronics*, 3(1), 6.
- Firmansyah, R., & Ariandi, M. (2025). Design of a real-time IoT-based air quality, temperature, and humidity monitoring system. *bit-Tech*, 8(2), 1804-1814. <https://doi.org/10.32877/bt.v8i2.3114>
- Habillah, M. F. (2024). Rancangan prototype IoT (Internet of Things) monitoring suhu, kelembapan, dan pengumpulan data di Terminal Bandara Internasional Juanda Surabaya (Doctoral dissertation, Politeknik Penerbangan Palembang).
- Hänninen, O. O. (2023). WHO guidelines for indoor air quality: Dampness and mold. In *Fundamentals of Mold Growth in Indoor Environments and Strategies for Healthy Living* (pp. 277-302). [https://doi.org/10.3920/9789086867226\\_011](https://doi.org/10.3920/9789086867226_011)
- Kahfi, M. F., & Sujono, S. (2026). Implementasi Internet of Things berbasis ESP32 dan Blynk untuk monitoring iklim mikro rumah. *Journal Sains Student Research*, 4(1), 616-621.
- Magfira, D. B., Yudianto, F., Kurniastuti, I., Muchlis, M. N., Kurniawan, M. B. I., & Rohmani, M. Q. I. F. (2025). Perancangan desain prototipe sistem pemantauan kelembapan dan potensi pertumbuhan jamur berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Tecnoscienza*, 10(1), 201-210. <https://doi.org/10.51158/6z4y0s95>
- Magfira, D. B., Yudianto, F., Wulan, T. D., Herlambang, T., Budiarti, R. P. N., & Siswanti, A. T. R. (2024). Perancangan IoT sederhana untuk sistem pendeteksi kemurnian kopi bubuk. *Jurnal Tecnoscienza*, 9(1), 86-96. <https://doi.org/10.51158/cykqvay82>

- Malik, M. F. A., Vajravelu, A., & Karthik, R. P. (2022). Monitoring system for mushroom cultivation in indoor farming using ESP32 Arduino. *Evolution in Electrical and Electronic Engineering*, 3(1), 199-207.
- Prabowo, D. A. (2025). Monitoring kualitas udara ruang operasi berbasis Internet of Things dengan metode Proportional Integral Derivative (PID) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung).
- Santosa, R., Sari, P. A., & Sasongko, A. T. (2023). Sistem monitoring suhu dan kelembaban berbasis IoT (Internet of Things) pada gudang penyimpanan PT Sakafarma Laboratories. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 5(4), 391-400. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v5i4.943>
- Satriawan, I., Sugirianta, I. B. K., & Parti, I. K. (2023). Perancangan sistem kontrol dan monitoring temperatur dan kelembaban pada budidaya jamur tiram berbasis IoT (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bali).
- Supriadi, C., Setiawan, D., Supriyono, L. A., Nisrina, S. F., & Mudzakir, M. A. (2024). Inovasi IoT untuk pengelolaan dan keamanan ruang arsip: Implementasi ESP32 dengan sensor api dan suhu DHT11. *Jurnal Riset Sistem Informasi*, 1(4), 79-85. <https://doi.org/10.69714/r6pe6h76>.
- Tiyas, A. W., Erwanto, D., Yanuartanti, I., Elektro, T., & Kadiri, U. I. (2025). Peningkatan akurasi sensor suhu dan kelembaban DHT11 dengan kalibrasi suhu berbasis IoT pada platform Thingspeak. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 5(3), 625-633.
- Witczak, D., & Szymoniak, S. (2024). Review of monitoring and control systems based on Internet of Things. *Applied Sciences*, 14(19), 8943. <https://doi.org/10.3390/app14198943>.

How to cite this article: Rahmawati, A., & Sujono. (2026). Implementasi Mikrokontroler ESP32 dan Sensor DHT11 dalam Sistem Monitoring Lingkungan untuk Pencegahan Jamur Tembok Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Manajemen Sistem Informasi (JMASIF)*, 5(1), 35-46. <https://doi.org/10.59431/jmasif.v5i1.737>