

ANALISIS AKURASI DAN STABILITAS SENSOR SUHU LOW-COST DAN INDUSTRIAL GRADE PADA SISTEM IOT BERBASIS EDGE COMPUTING

Aji Nurrohman, Pramono, Nibras Faiq Muhammad

Fakultas Ilmu Komputer Universitas Duta Bangsa Surakarta,
Jl. Bhayangkara No.55, Tipes, Kec. Serengan, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57154 0
nurrohmanaji24@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan Internet of Things (IoT) mendorong penggunaan sensor suhu pada berbagai sistem monitoring yang memerlukan pengukuran secara real-time. Keandalan sistem tersebut sangat dipengaruhi oleh akurasi dan stabilitas sensor yang digunakan. Namun, perbedaan performa antara sensor suhu low-cost dan industrial grade pada sistem IoT berbasis edge computing masih memerlukan kajian lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan tingkat akurasi serta stabilitas kedua jenis sensor suhu tersebut. Metode penelitian dilakukan dengan mengimplementasikan sensor DHT22 dan DS18B20 pada satu platform IoT berbasis edge computing. Pengujian dilakukan pada kondisi lingkungan dan interval pengambilan data yang sama, kemudian hasil pengukuran dibandingkan dengan alat referensi terkalibrasi. Evaluasi dilakukan menggunakan parameter Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Relative Error (MRE), dan standar deviasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DS18B20 memiliki nilai MAE sebesar 0,13°C, RMSE sebesar 0,13°C, dan MRE sebesar 0,49%, sedangkan sensor DHT22 memperoleh nilai MAE sebesar 0,63°C, RMSE sebesar 0,63°C, dan MRE sebesar 2,43%. Kedua sensor menghasilkan nilai standar deviasi sebesar 0,30°C yang menunjukkan kestabilan pengukuran yang baik. Berdasarkan hasil tersebut, DS18B20 memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan DHT22 dan lebih sesuai digunakan pada aplikasi monitoring suhu yang membutuhkan presisi tinggi.

Kata kunci : *Internet of Things, sensor suhu, DHT22, DS18B20, edge computing, akurasi.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah mendorong penerapan sistem pemantauan lingkungan secara otomatis pada berbagai sektor, seperti industri manufaktur, pertanian cerdas, laboratorium, serta penyimpanan produk yang memerlukan kontrol suhu. Melalui integrasi sensor dan jaringan komunikasi, sistem IoT mampu menyediakan informasi kondisi lingkungan secara real-time sehingga proses pengawasan dapat dilakukan dengan lebih efektif. Pada aplikasi yang membutuhkan kestabilan suhu, seperti cold storage untuk penyimpanan bahan pangan dan produk farmasi, kualitas data pengukuran menjadi aspek yang sangat penting karena berpengaruh terhadap mutu dan keamanan produk yang disimpan[1].

Kualitas data suhu yang di hasilkan sangat bergantung pada karakteristik sensor yang digunakan. Saat ini tersedia berbagai jenis sensor suhu dengan spesifikasi dan rentang harga yang berbeda. Sensor kategori low-cost banyak digunakan karena biaya implementasinya relatif rendah dan mudah diintegrasikan dengan perangkat IoT. Namun, sensor jenis ini sering kali memiliki tingkat akurasi dan konsistensi pembacaan yang bervariasi pada kondisi operasional tertentu. Di sisi lain, sensor industrial grade dirancang untuk aplikasi yang membutuhkan ketelitian lebih tinggi, ketahanan lingkungan yang lebih baik, serta kestabilan pengukuran dalam jangka waktu panjang[2].

Selain pemilihan sensor, arsitektur pengolahan data juga memengaruhi performa keseluruhan sistem. Salah satu pendekatan yang banyak diterapkan adalah edge computing, yaitu pemrosesan data pada perangkat lokal sebelum data dikirim ke server atau cloud. Pendekatan ini dapat mengurangi latensi komunikasi, menekan penggunaan bandwidth, serta meningkatkan respons sistem terhadap perubahan kondisi yang terjadi di lapangan. Meskipun demikian, kajian yang membandingkan performa sensor suhu low-cost dan industrial grade pada platform IoT berbasis edge computing dengan skenario pengujian yang sama masih relatif terbatas[3].

Berdasarkan kondisi tersebut, permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana perbedaan tingkat akurasi dan stabilitas pembacaan antara sensor suhu low-cost dan sensor industrial grade ketika diterapkan pada sistem IoT berbasis edge computing. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja kedua jenis sensor melalui pengujian pada kondisi operasional yang seragam. Penyelesaian permasalahan dilakukan dengan merancang sistem monitoring suhu berbasis IoT yang dilengkapi mekanisme edge computing, kemudian melakukan pengambilan data secara simultan dari kedua sensor dan membandingkan hasil pengukurannya terhadap alat referensi. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik masing-masing sensor serta menjadi dasar dalam menentukan sensor yang sesuai untuk kebutuhan sistem monitoring suhu berbasis IoT[4].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Keandalan sensor merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kualitas sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT). Penelitian yang dipublikasikan pada Jurnal JBETA menunjukkan bahwa data sensor yang stabil sangat diperlukan untuk mendukung proses pemantauan dan pengambilan keputusan secara tepat. Variasi pembacaan yang terlalu besar dapat menyebabkan informasi yang diterima sistem menjadi kurang akurat sehingga berpotensi menurunkan performa monitoring secara keseluruhan. Oleh karena itu, pengujian terhadap konsistensi hasil pengukuran menjadi bagian penting dalam evaluasi kinerja sensor [5].

Studi yang dilakukan oleh Adhi Kusmantoro mengkaji karakteristik beberapa sensor suhu dan kelembapan yang digunakan pada sistem berbasis mikrokontroler. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap sensor memiliki kemampuan pengukuran yang berbeda-beda. Sensor dengan spesifikasi yang lebih baik umumnya mampu menghasilkan data yang lebih mendekati nilai acuan, sedangkan sensor berbiaya rendah cenderung menunjukkan variasi hasil yang lebih besar pada kondisi pengujian tertentu. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pemilihan sensor harus mempertimbangkan kebutuhan tingkat ketelitian dari aplikasi yang akan dikembangkan [6].

Perkembangan teknologi IoT juga mendorong pemanfaatan edge computing sebagai metode pengolahan data yang dilakukan lebih dekat dengan sumber data. Penelitian yang dilakukan oleh Agung Andri Tri Purnama menjelaskan bahwa pendekatan ini mampu meningkatkan efisiensi sistem melalui pengurangan latensi komunikasi dan percepatan respons terhadap perubahan kondisi lingkungan. Selain itu, pemrosesan data pada perangkat lokal membantu mengurangi ketergantungan terhadap koneksi jaringan sehingga sistem dapat bekerja dengan lebih stabil [7].

Penelitian lain mengenai evaluasi sensor suhu pada sistem monitoring lingkungan menunjukkan adanya perbedaan performa antara sensor kategori low-cost dan industrial grade. Sensor industrial grade umumnya memiliki tingkat ketelitian yang lebih baik serta menghasilkan data yang lebih konsisten dalam jangka waktu pengukuran tertentu. Sebaliknya, sensor low-cost menawarkan biaya implementasi yang lebih rendah, namun kualitas hasil pengukurannya dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan maupun karakteristik perangkat itu sendiri.

Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa akurasi pengukuran, kestabilan data, dan metode pengolahan informasi merupakan aspek yang berpengaruh terhadap kualitas sistem monitoring berbasis IoT. Meskipun demikian, kajian yang membandingkan secara langsung performa sensor suhu low-cost dan industrial grade dalam lingkungan IoT yang menerapkan edge

computing masih belum banyak ditemukan. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada analisis dan perbandingan tingkat akurasi serta stabilitas kedua jenis sensor tersebut untuk memperoleh rekomendasi sensor yang sesuai dengan kebutuhan implementasi sistem monitoring suhu berbasis IoT.

2.2. Edge Computing

Edge computing merupakan Merupakan komputasi terdistribusi yang memindahkan proses pengolahan data lebih dekat ke sumber data atau perangkat pengguna. Pendekatan ini bertujuan untuk mengurangi latensi, meningkatkan efisiensi jaringan, serta mendukung sistem real-time. Dalam sistem IoT, data sensor dapat diproses secara lokal pada perangkat seperti mikrokontroler sebelum dikirim ke server atau cloud, sehingga mampu meningkatkan stabilitas dan kecepatan respon sistem [8].

2.3. Sensor Suhu

Sensor suhu adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mendeteksi perubahan temperatur dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang dapat diproses oleh sistem. Dalam implementasinya, sensor suhu terbagi menjadi beberapa jenis, seperti sensor digital (misalnya DHT22 dan DS18B20) serta sensor resistif seperti PT100 yang banyak digunakan pada aplikasi industri karena memiliki tingkat presisi yang lebih tinggi.

Karakteristik performa sensor suhu dipengaruhi oleh beberapa parameter, antara lain response time, range suhu, dan ketahanan lingkungan. Response time menunjukkan waktu yang dibutuhkan sensor untuk mencapai kondisi stabil setelah terjadi perubahan suhu. Range suhu menggambarkan batas minimum dan maksimum suhu yang dapat diukur, sedangkan ketahanan lingkungan berkaitan dengan kemampuan sensor dalam bekerja pada kondisi tertentu [9].

2.4. Akurasi Sensor

Akurasi sensor merupakan tingkat kedekatan antara hasil pengukuran dengan nilai referensi yang telah terkalibrasi. Nilai akurasi biasanya ditentukan berdasarkan selisih atau error antara data sensor dan nilai referensi. Semakin kecil nilai error yang dihasilkan, maka semakin tinggi tingkat akurasi sensor tersebut [10].

2.5. Stabilitas Pembacaan Sensor

Stabilitas pembacaan sensor adalah kemampuan sensor dalam menghasilkan data yang konsisten pada kondisi yang relatif tetap. Stabilitas umumnya dianalisis menggunakan metode statistik seperti standar deviasi. Nilai standar deviasi yang kecil menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat kestabilan yang baik, sedangkan nilai yang besar menunjukkan adanya fluktuasi data yang signifikan [11] adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Keterangan:

x_i = nilai hasil pembacaan sensor

y_i = nilai referensi

$\bar{x}$ = nilai rata-rata pembacaan sensor

n = jumlah data

2.6. Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor merupakan proses perbandingan hasil pengukuran sensor dengan alat referensi yang telah terkalibrasi untuk mengurangi kesalahan sistematis. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi sensor sehingga data yang dihasilkan lebih mendekati nilai sebenarnya[12].

2.7. Error Measurement (MAE, MSE, RMSE)

Pengukuran error digunakan untuk mengetahui tingkat kesalahan antara data sensor dan nilai referensi. Beberapa metode yang umum digunakan adalah Mean Absolute Error (MAE), Mean Squared Error (MSE), dan Root Mean Squared Error (RMSE). MAE menghitung rata-rata nilai absolut error, MSE menghitung rata-rata kuadrat error, sedangkan RMSE merupakan akar dari MSE yang memberikan nilai error dalam satuan yang sama dengan data asli[13].

a. Mean Absolute Error (MAE)

MAE digunakan untuk mengukur rata-rata besarnya kesalahan tanpa memperhatikan arah kesalahan.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

Keterangan:

y_i = nilai referensi (termometer)

$\hat{y}_i$ = nilai hasil pembacaan sensor

n = jumlah data pengujian

b. Mean Squared Error (MSE)

MSE digunakan untuk mengukur rata-rata kuadrat kesalahan antara hasil pengukuran sensor dan nilai referensi.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

c. Root Mean Squared Error (RMSE)

RMSE merupakan akar kuadrat dari nilai MSE sehingga hasilnya memiliki satuan yang sama dengan data pengukuran.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

2.8. Sistem Real-Time pada IoT

Sistem real-time merupakan sistem yang mampu memberikan respon terhadap suatu input dalam batas waktu tertentu. Dalam konteks IoT, sistem real-time sangat penting karena data sensor harus diproses dan ditampilkan secara cepat untuk mendukung pengambilan keputusan. Penerapan edge computing dalam sistem IoT juga berperan dalam meningkatkan

performa real-time dengan memproses data secara lokal sehingga mengurangi delay[14].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis perbandingan akurasi dan stabilitas sensor suhu low-cost dan industrial grade pada sistem Internet of Things (IoT) berbasis edge computing. Pengujian dilakukan dengan mengintegrasikan kedua sensor dalam satu platform yang sama sehingga kondisi pengambilan data dapat dikontrol secara seragam.

Data suhu yang diperoleh dari masing-masing sensor dibandingkan dengan alat referensi terkalibrasi untuk menghitung nilai error sebagai indikator akurasi. Selain itu, dilakukan analisis stabilitas menggunakan pendekatan statistik berupa standar deviasi untuk mengetahui konsistensi pembacaan sensor dalam interval waktu tertentu.

3.2. Perancangan Sistem

Sistem yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sensor suhu low-cost (DHT22), sensor suhu industrial grade (DS18B20), mikrokontroler ESP32 sebagai edge device, serta media komunikasi berbasis WiFi. Data yang diperoleh dari sensor diproses secara lokal pada perangkat edge computing sebelum dikirim ke server atau ditampilkan secara real-time.



Gambar 1. Perancangan Sistem

3.3. Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan sistem monitoring suhu berbasis Internet of Things (IoT). Kebutuhan sistem terdiri dari perangkat keras sebagai media pengambilan data suhu, serta perangkat lunak sebagai media pemrograman, penyimpanan data, dan monitoring secara real-time.

3.4. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan ruangan secara digital.
- Sensor DS18B20 untuk mengukur suhu dengan tingkat akurasi yang lebih stabil.
- ESP32 sebagai mikrokontroler utama untuk memproses data sensor dan mengirimkan data ke database secara realtime melalui koneksi WiFi.
- Breadboard dan kabel jumper sebagai media penghubung antar komponen elektronika.
- Laptop atau komputer sebagai media pemrograman dan monitoring sistem.

3.5. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan sistem meliputi:

- Arduino IDE untuk menulis, mengedit, dan mengunggah program ke ESP32.
- Firebase Realtime Database sebagai media penyimpanan data sensor secara realtime.
- Visual Studio Code untuk mengembangkan website dashboard monitoring.
- HTML, CSS, dan JavaScript sebagai bahasa pemrograman dalam membangun antarmuka website monitoring.
- Chart.js untuk menampilkan grafik monitoring suhu secara realtime.
- Web browser sebagai media untuk menampilkan dashboard monitoring suhu berbasis website secara realtime.

3.6. Implementasi Sistem

Tahap implementasi sistem dilakukan dengan menggabungkan perangkat keras dan perangkat lunak untuk membangun sistem monitoring kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) secara real-time. Pada penelitian ini, sensor DHT22 digunakan untuk membaca suhu dan kelembapan udara, sedangkan sensor DS18B20 digunakan sebagai sensor pembanding suhu agar hasil monitoring lebih akurat.

Data yang diperoleh dari sensor kemudian diproses oleh ESP32 yang berperan sebagai edge computing. Proses ini dilakukan sebelum data dikirim ke database Firebase melalui jaringan WiFi. Selanjutnya, data yang tersimpan pada Firebase ditampilkan pada dashboard monitoring sehingga pengguna dapat memantau kondisi lingkungan secara online dan real-time melalui perangkat komputer maupun smartphone.

3.7. Pengujian system

Tahap pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dan stabilitas pembacaan sensor DHT22 dan DS18B20. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan kedua sensor terhadap thermometer digital standar sebagai acuan pengukuran. Proses pengujian dilakukan pada beberapa kondisi suhu ruangan, yaitu kondisi normal, dingin, dan panas, guna mengetahui konsistensi kinerja sensor pada perubahan lingkungan yang berbeda.

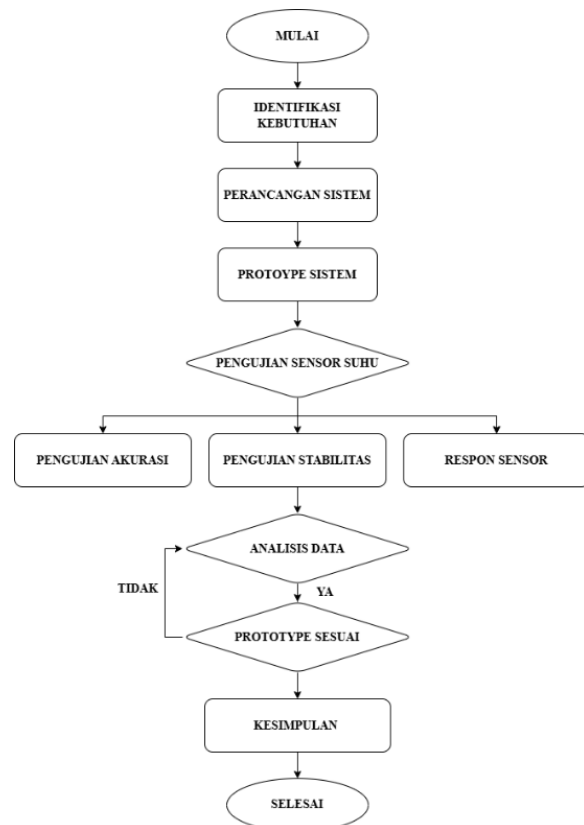
3.8. Evaluasi

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, sistem sebagai bahan evaluasi dalam menentukan karakteristik sensor yang digunakan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dan stabilitas sensor DHT22 dan DS18B20 dengan membandingkan hasil pembacaannya terhadap thermometer digital standar.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap sensor memiliki karakteristik yang berbeda pada kondisi suhu normal, dingin, dan panas. Sensor

DS18B20 cenderung memberikan hasil pembacaan yang lebih stabil, sedangkan DHT22 memiliki kemampuan tambahan dalam membaca kelembapan udara. Oleh karena itu, penelitian ini dapat memberikan rekomendasi kepada peneliti maupun pengembang sistem IoT dalam memilih jenis sensor yang lebih sesuai berdasarkan kebutuhan akurasi, kestabilan data, dan kondisi lingkungan pengujian.

3.9. Alur Penelitian



Gambar 2. Flowchart Alur Penelitian

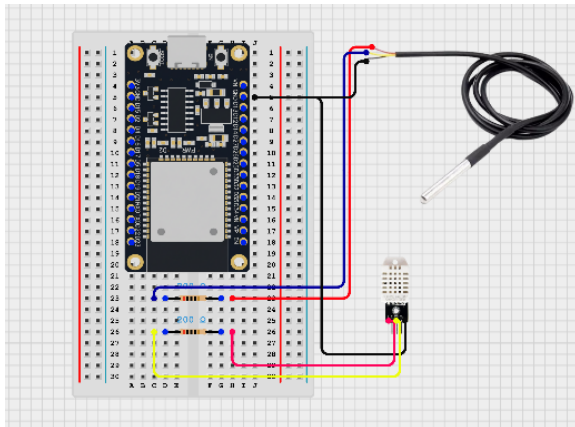
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Desain Rangkaian Sistem

Sistem monitoring suhu dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data (edge computing) dengan dua sensor suhu, yaitu DHT22 dan DS18B20. Sensor DHT22 dihubungkan ke pin GPIO 15 ESP32 dengan resistor pull-up 10 kΩ pada jalur data, sedangkan sensor DS18B20 dihubungkan ke pin GPIO 4 dengan konfigurasi resistor pull-up yang sama. Kedua sensor menggunakan sumber tegangan 3,3 V dan ground dari ESP32.

Untuk menguji tingkat akurasi sensor, hasil pembacaan DHT22 dan DS18B20 dibandingkan dengan pengukuran menggunakan thermometer digital sebagai nilai acuan (standar). Perbandingan tersebut digunakan untuk menghitung nilai deviasi atau selisih pengukuran masing-masing sensor terhadap thermometer sehingga dapat diketahui sensor yang

memiliki tingkat akurasi lebih baik dalam pengukuran suhu lingkungan.

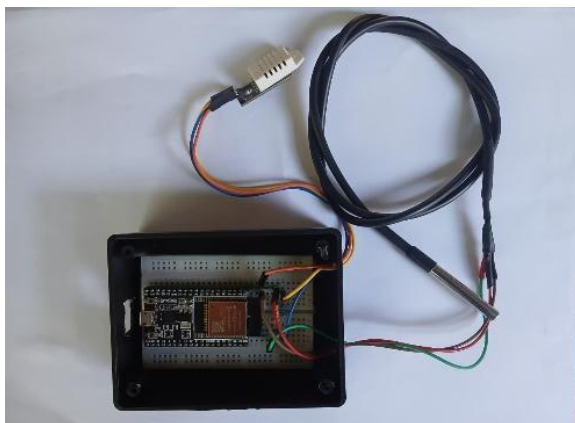


Gambar 3. Desain rancangan sistem

4.2. Merancang Perangkat keras

Implementasi perangkat keras pada penelitian ini dilakukan dengan mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, sensor DHT22, dan sensor DS18B20 ke dalam satu sistem monitoring suhu berbasis IoT. ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali sekaligus perangkat edge computing yang bertugas membaca, mengolah, dan mengirimkan data hasil pengukuran sensor ke Firebase Realtime Database melalui jaringan Wi-Fi.

Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu lingkungan dan dihubungkan ke pin GPIO 15 pada ESP32, sedangkan sensor DS18B20 digunakan sebagai sensor pembanding dan dihubungkan ke pin GPIO 4. Kedua sensor memperoleh sumber tegangan 3,3 V dan ground dari ESP32. Pada jalur data masing-masing sensor dipasang resistor pull-up untuk menjaga kestabilan komunikasi data.



Gambar 4 .Gambar rangkaian alat IoT

Seluruh komponen dirangkai pada breadboard dan ditempatkan di dalam sebuah box untuk memudahkan pengoperasian serta melindungi rangkaian dari gangguan eksternal. Data suhu yang diperoleh dari kedua sensor kemudian diproses secara lokal oleh ESP32 untuk keperluan analisis akurasi dan stabilitas sensor sebelum dikirim ke database Firebase

dan ditampilkan pada dashboard monitoring secara real-time.

4.3. Implementasi Web Monitoring

Dashboard monitoring dikembangkan berbasis web untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor suhu dan kelembapan secara real-time. Dashboard ini berfungsi sebagai media pemantauan dan analisis data yang diperoleh dari sensor DHT22 dan DS18B20 yang terhubung melalui sistem IoT.

Tujuan utama penggunaan dashboard monitoring adalah untuk membandingkan hasil pembacaan kedua sensor sehingga dapat diketahui tingkat stabilitas dan akurasi masing-masing sensor. Data yang diterima dari Firebase ditampilkan dalam bentuk nilai numerik dan grafik historis sehingga memudahkan proses pengamatan perubahan suhu dari waktu ke waktu.

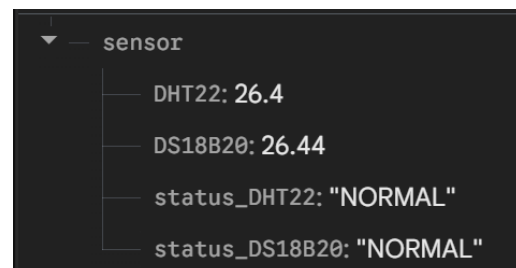


Gambar 5. Dashboard Monitoring Sistem IoT

Hasil pengujian yang ditampilkan pada dashboard kemudian digunakan untuk menganalisis performa sensor pada tiga kondisi lingkungan, yaitu kondisi dingin, normal, dan panas. Dari hasil tersebut dapat diketahui sensor yang memiliki tingkat kesalahan paling kecil dan tingkat kestabilan pembacaan yang lebih baik.

4.4. Firebase Realtime Database

Data hasil pembacaan sensor disimpan pada Firebase Realtime Database dalam node sensor. Node ini berfungsi sebagai media penyimpanan data yang dikirimkan oleh mikrokontroler ESP32 secara real-time sehingga dapat diakses dan ditampilkan pada dashboard monitoring. Pada penelitian ini, data yang tersimpan meliputi nilai suhu dari sensor DHT22 dan DS18B20 beserta status kondisi yang dihasilkan berdasarkan rentang suhu yang telah ditentukan. Struktur data pada Firebase Realtime Database ditunjukkan pada Gambar berikut.



Gambar 6. Firebase realtime database

Data yang tersimpan pada Firebase Realtime Database akan diperbarui secara otomatis setiap kali ESP32 melakukan pengiriman data sensor. Selanjutnya, data tersebut digunakan sebagai sumber informasi pada dashboard monitoring untuk menampilkan hasil pengukuran secara real-time serta sebagai bahan analisis dalam menentukan tingkat akurasi, kestabilan, dan nilai error antara sensor DHT22 dan DS18B20.

Tabel 1. Pengujian Sensor pada Kondisi Dingin

No	Waktu	Termometer (°C)	DHT22 (°C)	DS18B20 (°C)	Status Sensor
1	00:01	18,6	19,0	18,7	Dingin
2	00:06	18,2	18,7	18,3	Dingin
3	00:11	18,4	18,8	18,5	Dingin
4	00:16	18,6	18,5	18,1	Dingin
5	00:21	18,8	19,2	18,9	Dingin

Tabel 2. Pengujian Sensor pada Kondisi Normal

No	Waktu	Termometer (°C)	DHT22 (°C)	DS18B20 (°C)	Status Sensor
1	09:16	25,8	26,4	25,9	Normal
2	09:21	25,2	25,8	25,3	Normal
3	09:26	25,4	26,0	25,5	Normal
4	09:31	25,6	26,2	25,7	Normal
5	09:36	25,0	25,6	25,1	Normal

Tabel 3. Pengujian Sensor pada Kondisi Panas

No	Waktu	Termometer (°C)	DHT22 (°C)	DS18B20 (°C)	Status Sensor
1	11:36	35,0	35,8	35,2	Panas
2	11:41	35,2	36,0	35,4	Panas
3	11:46	35,4	36,2	35,6	Panas
4	11:51	35,4	36,2	35,8	Panas
5	11:56	35,8	36,6	36,0	Panas

Tabel 4. Analisis Akurasi Menggunakan MAE, RMSE, dan MRE

Kondisi	Sensor	MAE	RMSE	MRE (%)
Dingin	DHT22	0,50	0,50	2,71
Dingin	DS18B20	0,10	0,10	0,54
Normal	DHT22	0,60	0,60	2,37
Normal	DS18B20	0,10	0,10	0,39
Panas	DHT22	0,80	0,80	2,24
Panas	DS18B20	0,20	0,20	0,56

Tabel 5. Analisis Stabilitas Menggunakan Standar Deviasi

Kondisi	Sensor	Rata-rata (°C)	Standar Deviasi (°C)
Dingin	DHT22	18,84	0,27
Dingin	DS18B20	18,50	0,32
Normal	DHT22	26,00	0,32
Normal	DS18B20	25,50	0,32
Panas	DHT22	36,20	0,32
Panas	DS18B20	35,60	0,32

Tabel 6. Hasil Perbandingan Sensor

Sensor	MAE	RMSE	MRE (%)	Standar Deviasi
DHT22 (Low-Cost)	0,63	0,63	2,43	0,30
DS18B20 (Industrial Grade)	0,13	0,13	0,49	0,30

Berdasarkan Tabel di atas, sensor DS18B20 memiliki nilai MAE, RMSE, dan MRE yang lebih rendah dibandingkan sensor DHT22. Nilai MAE sebesar 0,13°C dan RMSE sebesar 0,13°C menunjukkan bahwa hasil pengukuran DS18B20 lebih mendekati nilai referensi termometer dibandingkan DHT22 yang memiliki nilai MAE dan RMSE sebesar 0,63°C. Selain itu, nilai MRE DS18B20 sebesar 0,49% juga lebih rendah dibandingkan DHT22 sebesar 2,43%, yang menunjukkan tingkat kesalahan relatif yang lebih kecil. Dari sisi stabilitas, kedua sensor memiliki nilai standar deviasi yang sama yaitu 0,30°C, sehingga keduanya menunjukkan tingkat kestabilan yang baik selama pengujian. Namun secara keseluruhan, DS18B20 memiliki performa yang lebih unggul karena menghasilkan tingkat akurasi yang lebih tinggi dengan error yang lebih rendah dibandingkan DHT22.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem monitoring suhu berbasis IoT menggunakan ESP32 sebagai perangkat edge computing. Pengujian yang dilakukan pada kondisi dingin, normal, dan panas menunjukkan bahwa sensor DHT22 dan DS18B20 mampu melakukan pengukuran suhu dengan baik. Namun, berdasarkan analisis akurasi menggunakan parameter Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), dan Mean Relative Error (MRE), serta analisis stabilitas menggunakan standar deviasi, sensor DS18B20 menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan sensor DHT22. Sensor DS18B20 memiliki tingkat kesalahan yang lebih rendah dan hasil pengukuran yang lebih stabil terhadap nilai acuan termometer, sehingga lebih sesuai digunakan pada sistem monitoring suhu yang membutuhkan tingkat akurasi dan kestabilan yang tinggi. Sementara itu, sensor DHT22 tetap dapat digunakan sebagai alternatif sensor suhu berbiaya rendah untuk kebutuhan monitoring umum. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan agar pengujian dilakukan dengan jumlah sampel data yang lebih banyak dan rentang waktu yang lebih panjang sehingga hasil analisis menjadi lebih representatif. Selain itu, penggunaan alat ukur referensi yang telah terkalibrasi dapat meningkatkan validitas hasil pengujian. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penggunaan sensor suhu lain sebagai pembanding guna memperoleh hasil analisis yang lebih komprehensif mengenai akurasi dan stabilitas sensor pada sistem IoT berbasis edge computing.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. W. D. Putri, J. R. Firdaus, L. S. K. Khaerunnisa, and S. Sobur, "SISTEM MONITORING SUHU, KELEMBAPAN DAN GAS BERBASIS IOT PADA LAB KOMPUTER," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3S1, Oct. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3S1.8175.
- [2] J. A. Abdinoor *et al.*, "Performance of Low-Cost Air Temperature Sensors and Applied Calibration Techniques—A Systematic Review," Jul. 01, 2025, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/atmos16070842.
- [3] D. Suryadi, C. S. Octiva, T. I. Fajri, U. W. Nuryanto, and M. L. Hakim, "Optimasi Kinerja Sistem IoT Menggunakan Teknik Edge Computing," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 13, no. 2, pp. 1456–1461, Sep. 2024, doi: 10.33395/jmp.v13i2.14102.
- [4] Ayu Syahfitri, "Internet of Things (IoT), Sejarah, Teknologi, dan Penerapannya," *Uranus : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*, vol. 3, no. 1, pp. 113–120, Jan. 2025, doi: 10.61132/uranus.v3i1.667.
- [5] P. Studi Teknik Pertanian, F. Teknologi Pertanian, and H. Hower, "JURNAL BETA (BIOSISTEM DAN TEKNIK PERTANIAN) Analisis Perbandingan dan Kinerja Sensor DHT22 dan DHT11 Berdasarkan Studi Literatur Prisma untuk Pengembangan IoT di Pertanian Lahan Rawa The Comparative Analysis of DHT22 and DHT11 Sensor Performance Based On Prisma Literature Study for IoT Development in Swamp Land Agriculture." [Online]. Available: <http://ojs.unud.ac.id/index.php/beta>
- [6] Adhi Kusmantoro, "Studi perbandingan sensor SHT40 dan CHT8305 dalam pengukuran suhu dan kelembapan berbasis ESP8266," 2024.
- [7] 2025 Agung Andri Tri Purnama, "Optimalisasi Smart home IoT Melalui Edge Computing Dan Fuzzy Q-Learning Secara Real-Time," Apr. 2025.
- [8] D. Suryadi, "Optimasi Kinerja Sistem IoT Menggunakan Teknik Edge Computing," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 13, no. 2, pp. 1456–1461, Sep. 2024, doi: 10.33395/jmp.v13i2.14102.
- [9] A. Y. Setiawati and M. Haryanti, "Evaluasi Akurasi Sensor Suhu Digital untuk Aplikasi Pemantauan Suhu Ruangan Penyimpanan: Studi Indoor dan Outdoor," *JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI*, vol. 14, no. 1, pp. 1–6, Dec. 2025, doi: 10.35968/jti.v14i1.1712.
- [10] I. ' Ad Suwandi, "Perancangan Sistem Pengukuran Suhu Dan Kelembaban Otomatis Dengan Md_Parola Dan Sensor Dht22," *JPER) Sekolah Tinggi Teknologi Bontang CCS*, vol. x, No.x.
- [11] A. Y. Setiawati and M. Haryanti, "Evaluasi Akurasi Sensor Suhu Digital untuk Aplikasi Pemantauan Suhu Ruangan Penyimpanan: Studi Indoor dan Outdoor," *JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI*, vol. 14, no. 1, pp. 1–6, Dec. 2025, doi: 10.35968/jti.v14i1.1712.
- [12] S. Sugeng, T. N. Nizar, D. A. Jatmiko, R. Hartono, and Y. Y. Kerlooza, "Kalibrasi Sensor Monitoring Cuaca pada Area Lokal untuk Meningkatkan Akurasi pada Sensor Biaya Rendah," *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, vol. 13, no. 2, pp. 277–287, Oct. 2024, doi: 10.34010/komputika.v13i2.13949.
- [13] A. Liwijaya *et al.*, "Journal of applied Smart electrical network and systems (jasens)Implementasi Deep Learning Dalam Prediksi Real time Iradian Surya," vol. 6, no. 2, pp. 90–96, 2025, [Online]. Available: <http://journal.isas.or.id/index.php/JASENS>
- [14] Mauli Fathia Zahra and Muhammad Irwan Padli Nasution, "Manajemen Data Real-Time Untuk Aplikasi Internet Of Things (IOT)," *JURNAL PENELITIAN SISTEM INFORMASI (JPSI)*, vol. 2, no. 2, pp. 111–120, May 2024, doi: 10.54066/jpsi.v2i2.1917