Vol. 11, No. 2 – Oktober 2026
ISSN: 2503-5274(p), 2657-1900(e)

Jurnal Fisika
Fisika Sains dan Aplikasinya

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA SENSOR SUHU DHT22, NTC, DAN DS18B20 PADA PEMANTAUAN MIKROKLIMAT GOA KARS BERBASIS Internet of Things (IOT)

Rizki Sidik, Hanna Azmi Fathin dan Jehunias Leonidas Tanesib

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik,Universitas Nusa Cendana Jl. Adisucipto-Penfui, Kota Kupang, Kode Pos 85001, Indonesia

E-mail: rizki.sidik@staf.undana.ac.id

Abstrak

Pemantauan suhu pada ekosistem goa kars memerlukan instrument yang memiliki tingkat presisi dan reliabilitas tinggi karena goa kars memiliki kondisi mikroklimat spesifik di mana terdapat gradien suhu dan kelembapan yang drastic antara mulut goa dengan zona gelap. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi dan membandingkan tiga jenis sensor suhu, yaitu DHT22, NTC, DS18B20, pada ekosistem mikroklimat goa kars Uilebahan di Kupang Nusa Tenggara Timur. Evaluasi performa sensor dilakukan secara komprehensif berdasarkan tiga parameter, yaitu keakuratan, kestabilan data, serta nilai sensitivitas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki tingkat keakuratan rata-rata tertinggi mencapai 95,88%, diikuti oleh sensor NTC sebesar 95,29%, dan DS18B20 sebesar 89,78%. Sensor NTC mencatatkan nilai gradien (sensitivitas) tertinggi sebesar 0.1801, disusul DS18B20 sebesar 0,1525, dan DHT22 sebesar 0,1145. Sensor DHT22 memiliki kestabilan data tertinggi, diikuti oleh NTC lalu DS18B20. Berdasarkan keseluruhan parameter kinerja tersebut, sensor DHT22 direkomendasikan sebagai sensor yang paling optimal dan tangguh untuk diaplikasikan pada sistem pemantauan lingkungan mikroiklim goa kars berbasis IoT yang menuntut tingkat presisi dan reliabilitas tinggi Karena memiliki keakuratan dan kestabilan nya mendudukan peringkat satu diantara kedua sensor lainnya walaupun memilik sensititas peringkat ketiga,

Kata kunci*: Sensor DHT22; Sensor NTC; Sensor DS18B20; Goa Kars; IOT*

Abstract

Temperature monitoring in karst cave ecosystems requires instruments with high precision and reliability due to unique microclimatic conditions, which are characterized by drastic temperature and humidity gradients between the cave entrance and the dark zone. This study aims to evaluate and compare three temperature sensors—DHT22, NTC, and DS18B20—within the microclimatic ecosystem of the Uilebahan karst cave in Kupang, East Nusa Tenggara. Sensor performance was comprehensively evaluated based on three parameters: accuracy, data stability, and sensitivity. The experimental results indicate that the DHT22 sensor achieved the highest average accuracy at 95.88%, followed by the NTC sensor at 95.29% and the DS18B20 at 89.78%. Meanwhile, the NTC sensor recorded the highest gradient (sensitivity) value of 0.1801, followed by the DS18B20 at 0.1525, and the DHT22 at 0.1145. Furthermore, the DHT22 sensor exhibited the highest data stability, followed by the NTC and DS18B20, respectively. Considering all performance parameters, the DHT22 sensor is recommended as the most optimal and robust choice for IoT-based karst cave microclimate monitoring systems that demand high precision and reliability, as it ranks first in both accuracy and stability despite exhibiting the lowest sensitivity among the three sensors.

Keywords*: Sensor DHT22; Sensor NTC; Sensor DS18B20; Kars Cave; IOT*

PENDAHULUAN

Wilayah Kota Kupang dan sekitarnya didominasi oleh topografi karst yang memiliki karakteristik suhu permukaan yang sangat panas dan kering, terutama pada musim kemarau (dengan suhu di Kota Kupang berkisar antara 26,3 °C hingga 39 °C, dengan rata-rata curah hujan 1371,1 mm per tahun). Di balik kondisi ekstrem tersebut, ekosistem goa karst menyimpan kondisi mikroklimat yang sangat spesifik, di mana terdapat gradien suhu dan kelembapan yang drastis antara area mulut goa

(terpapar cuaca luar) dengan zona gelap abadi di kedalaman goa [1] . Pemantauan mikroklimat ini sangat penting untuk kajian pola ekologi dan proses biologis [2], konteks perkotaan[3], dinamika organisme dalam ekosistem[4], pelestarian instrumen ilmiah yang sensitif terhadap perubahan suhu dan kelembapan [5], fisika lingkungan, geologi, maupun ekologi.

Untuk melakukan pemetaan mikroklimat tersebut, diperlukan instrumen pengukuran suhu dan kelembapan yang portabel, low-cost, dan reliabel dapat merekam data secara real-time [6]. Sistem akuisisi data berbasis mikro kontroler (seperti Arduino) dengan sensor suhu komersial seperti LM35, DHT22, dan DS18B20 sering menjadi pilihan utama dan sangat umum dalam berbagai aplikasi [7] . Namun, masing-masing sensor ini memiliki spesifikasi material dan cara kerja yang berbeda (analog vs. digital, material semikonduktor vs. termistor).

Sebagian besar penelitian terdahulu yang membandingkan kinerja ketiga sensor ini hanya dilakukan di dalam ruangan (suhu kamar) atau pada kondisi laboratorium yang terkontrol seperti pada penelitan [8] membandingkan kinerja sensor suhu LM35DZ, DS18B20 and AM2320 pada suhu ruang dengan Kesimpulan sensor DS18B20 and AM2320 lebih akurat dari sensor suhu LM35DZ, penelitan [9] pembandingkan sensor MLX90614 dan DS18B20 dalam hal menawarkan pengukuran suhu tanpa kontak yang cepat dan efisien dalam suhu ruang, penelitian [10] membandingkan karakteristik sensor temperature DS18B20, TMP 36, dan DHT 22 pada pemantauan suhu ruang industry dengan kesimpulan sensor sensor DHT22 memiliki akurasi terbaik,

Namun, sangat jarang ditemukan analisis komparasi sensor suhu pada lingkungan dengan fluktuasi ekstrem dan kelembapan tinggi seperti ekosistem goa. Pada kondisi kelembapan tinggi dan perubahan suhu mendadak (saat alat dibawa masuk dari luar goa ke dalam goa), sensor berpotensi mengalami error pembacaan, keterlambatan waktu respon (lag), atau efek hysteresis [11].

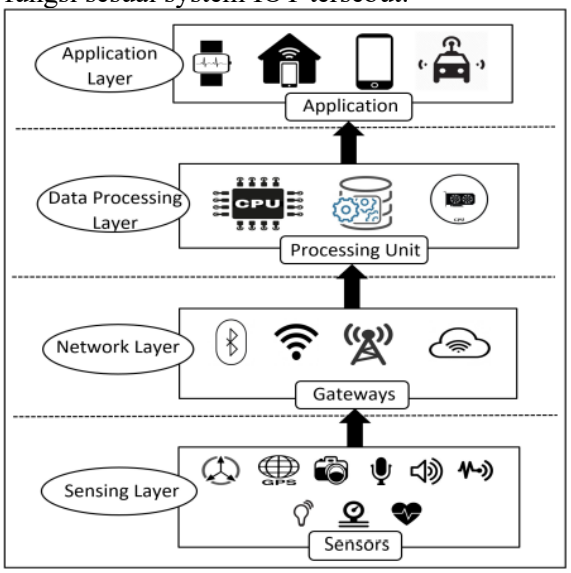
Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan (novelty) berupa pengujian performa secara in situ (langsung di lapangan) terhadap sensor NTC, DHT22, dan DS18B20 pada kondisi mikroklimat goa karst di Goa Uilebahan Kupang Nusa Tenggara Timur. Parameter yang dianalisis mencakup tingkat akurasi terhadap alat ukur standar pabrik, sensitivitas terhadap gradien spasial goa, dan stabilitas sensor. Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi rujukan instrumentasi yang presisi bagi peneliti lingkungan dalam melakukan pemetaan mikroklimat di area ekstrem.

METODE

Tahap penelitian ini terdiri dari dua tahap, tahap perancangan sistem dan taham implemtasi pengambilan data. Sistem yang digunakan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang kedua nya kan saling berhubungan di dalam satu jaringan wifi yang sama. Implementasi pengambilan data dilakukan pada mikroclimat goa.

Perancangan sistem

Arsitektur komponen sistem dalam penelitian menggunakan komponen-komponen penting yang memiliki oleh system IOT. komponen-komponen tersebut terbagi menjadi 4 *layer* seperti pada Gambar 1 [12] sehingga setiap perangkat pada system akan memiliki fungsi sesuai system IOT tersebut.



Gambar 1. Arsitektur komponen dan layer dalam system IoT

Perangkat keras

Perangkat keras dalam system bertindak sebagai sensing layer pada system IOT. Perangkat keras terdiri dari ESP32 sebagai microkontroler, dan sensor NTC dengan spesifikasio pada tabel 1 serta resistansi dikonversi menjadi suhu menggunakan Model Parameter Beta seperti pada persamaan 1, DHT22 dengan spesifikasi tabel 3, dan DS18B20 dengan spesiffikasi pada tabel 2

sebagai sensor pembaca suhu dan sensor mini temperature humidity meter uni-T UT333 dengan spesifikasi pada tabel 4 sebagai sensor reverensi. Seluruh sensor dirangkai pada microkontroler dengan penghubung kabel seperti pada gambar 2.

Tabel 1 Spesifikasi sensor NTC

No	Parameter	Spesifikasi/nilai
1	Resistansi nimonal	10 kΩ (±1%)
2	Nilai konstanta beta	3950 K (±1%)
3	Rentang Pengukuran Suhu	$-50°C$ hingga $+250°$ /300°C
4	Toleransi Resistansi	±1% s/d ±5%
5	Konstanta Waktu Termal	≤ 10 detik (di udara) ≤ 2 detik (didalam air)

$$T = \frac{1}{\frac{1}{T_0}+\frac{1}{\beta}.ln\left(\frac{R_{ntc}}{R_0}\right)} \quad (1)$$

Keterangan :
T = suhu hasil pengukuran (K)
T_0 = suhu acuan 25° C = 291.15 K
R_0 = resistansi nominal = 10 kΩ
β = 3950 K
R_{ntc} = nilai resistansi NTC yang terbaca

Tabel 2 Spesifikasi sensor DS18B20

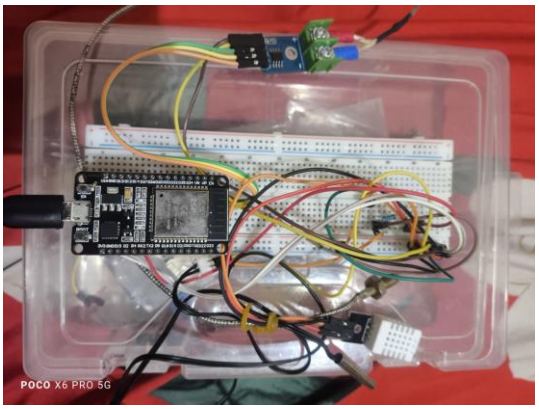
No	Parameter	Spesifikasi/nilai
1	Tegangan operasi	3.0 V hingga 5.5 V
2	Akurasi pengukuran	±0.5%
3	Rentang Pengukuran Suhu	$-50°C$ hingga $+125°C$
4	Waktu Konversi Suhu	$\approx 750\ ms$

Tabel 3. Spesifikasi sensor DHT2

No	Parameter	Spesifikasi/nilai
1	Tegangan operasi	3.0 V hingga 5.5 V
2	Akurasi pengukuran	±0.5%
3	Rentang Pengukuran Suhu	$-4C$ hingga $+80°C$
4	Resolusi Suhu	0.1°C
5	Akurasi Kelembapan	$\pm 2\% - 5\%$ RH
6	Resolusi Kelembapan	0.1% RH
7	Frekuensi Sampling Data	0.5 Hz (1 pembacaan setiap 2 detik)

Tabel 4. Spesifikasi sensor DHT2

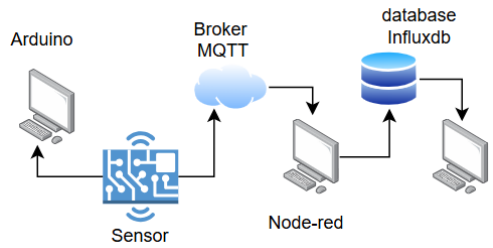
No	Parameter	Spesifikasi/nilai
1	Rentang suhu	$-10°C$ hingga 60°C
2	Resolusi suhu	$0,1°C$
3	Akurasi suhu	1.0°C
4	Rentang kelembapan	0% RH hingga 100% RH
5	Akurasi kelembapan	±5% RH
6	Resolusi Kelembapan	0.1% RH
7	Frekuensi Sampling Data	1 kali per detik



Gambar 2. Rangkaian perangkat keras

Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang diapakai pada sistem ini terdiri Arduino, MQTT, Node-red, dan Inluxdb. Semua perangkat lunak dan keras saling berhubungan seperti yang tampilkan pada gambar 3. Fungsi dari setiap perangkat sebagai berikut



Gambar 3. Hubungan antar perangkat

Broker MQTT

Broker bertindak sebagai perantara yang mengelola komunikasi antara berbagai perangkat[13]. Perangkat lunak ini bertindak sebagai penghubungan antara perangkat keras dan perangkat lunak agar bisa saling berbagi data.

Arduino

Fungsi aplikasi Arduino mencakup pengendalian perangkat elektronik melalui

komunikasi antara berbagai komponen menggunakan pin input dan output [14]. Perangkat lunak ini digunakan untuk memberikan perintah kedalam microkontroler. Perintah yang diberikan berupa pengaktifan, pengambilan, dan mengirim data suhu, serta perintah untuk menghubungakan microkontroler dengan broker MQTT daan mengirimkan data ke MQTT.

Node-red

Fungsi Node-RED adalah sebagai platform pengembangan dan kontrol sumber terbuka yang memungkinkan integrasi sistem multi-platform dan multi-protokol[15]. Perangkat lunak ini terhubung dengan broker sehingga dapat menerima data sensor suhu. Perangkat ini juga terhubungan dengan database influxdb sehingga berfungsi mengirim data yang diterima ke data base imflukxdb.

Database influxdb

Fungsi InfluxDB adalah untuk analisis, penyimpanan, dan visualisasi data berbasis waktu dalam ilmu pengukuran [16]. Perangkat lunak ini berfungsi menerima dan menyimpan data yang dikirimkan oleh node-red, menyimpannya, dan menampilkan data nya dalam bertuk grafik.

Implementasi

Implementasi dilakukukan dengan mengukur suhu diluar mulut gua, lalu berjalan masuk kedalam goal sampai bagian dalam goa yang terdapat genangan air. Gua yang menjadi tempat penelitian adalah Goa Uilebahan yang ada di Kupang Nusa Tenggara Timur. Gua ini memiliki deskripsi memiliki kontur menurun dari mulut goa, ruang didalam goa luas, dan terdapat genangan air alami hasil dari air tanah di ujung goa seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Kondisi bentuk Goa Uilebahan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan untuk menganalisis performa secara in situ (langsung di lapangan) terhadap sensor NTC, DHT22, dan DS18B20 pada kondisi mikroklimat goa karst di Goa Uilebahan Kupang Nusa Tenggara Timur dilakuakn dalam beberapa tahap. Tahap pertama yaitu pengujuian sistem, kedua pengujian tingkat akurasi terhadap alat ukur standar pabrik, ketiga pengujian sensitivitas, dan keempat Tingkat stabilitas dari ketika sensor. Parameter-parameter tersebutlah yang akan digunakan untuk menyimpulkan sensor mana yang paling baik digunakan pada kasus ini.

Pengujian Sistem

pengujian sistem dilakukan untuk memastikan data yang dikirim dari sensor itu nilainya sama sampai dengan perangkat lunak terakhir didatabase influxdb. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan data tang diterima oleh sensor, lalu data yang diterima oleh node-red, dan terakhir data yang diterima oleh database influxdb.

```
15:51:56.664 -> WiFi connected
15:51:57.484 -> suhu max6675 : 32.50 C
15:51:57.484 -> SUHU DHT : 30.80 °C
15:51:57.518 -> SUHU NTC : 35.22 °C
15:51:57.518 -> Mengirim ke broker suhu max6675 : 32.50
15:51:57.518 -> Mengirim ke broker SUHU DHT: 30.80
15:51:57.518 -> Mengirim ke broker SUHU NTC: 35.22
15:51:57.518 -> Mengirim ke broker kelembapan: 72.60
```

Gambar 5. Data dari sensor



Gambar 6. Data pada node-red

_start	_stop	_time	_value	_field	_measurem...
2026-10-17 03:...	2026-10-17 03:...	2026-10-17 03:...	30.80	dht	dataTest3
2026-10-17 03:...	2026-10-17 03:...	2026-10-17 03:...	35.16	ntc	dataTest3
2026-10-17 03:...	2026-10-17 03:...	2026-10-17 03:...	32.75	termocouple	dataTest3
2026-10-17 03:...	2026-10-17 03:...	2026-10-17 03:...	72.60	kelembapan	dataTest3

Gambar 7. Data pada database Influxdb

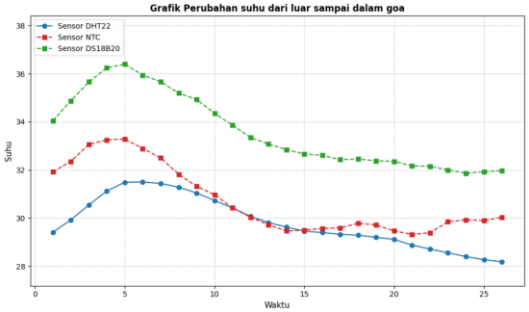
Nilai suhu pada sensor DHT22 dari sensor sampai databse influxdb menunjukan 100% nilai yang diterima identik, nilai suhu pada sensor NTC dari sensor sampai database influxdb menunjukan 99% nilai yang diterima identik, Nilai suhu pada sensor DS18B20 dari sensor sampai database influxdb menunjukan

100% nilai yang diterima identik, kelembapan pada sensor DHT22 dari sensor sampai database influxdb menunjukan menunjukan 100% nilai yang diterima identik seperti yang ditunjukan pada gambar 5, 6, 7.

Dari hasil analisis sistem ini, dapat disimpulkan bahwa sistem bekerja dengan baik dan dapat digunakan dalam pengambilan data.

Pengujian Sensitifitas Sensor di Goa Uilebahan

Analisis rata-rata sensitivitas (gradien global) dihitung menggunakan metode regresi linier (y = mx + c) terhadap seluruh indeks sampel data padda gambar 8, dimana nilai m (kemiringan) mempresentasikan tren perubahan rata-rata dari awal hingga akhir pengamatan. Semakin besar nilai gradien maka semakin besar laju perubahan rata-rata (Sensitifitas).



Gambar 8. grafik perubahan suhu dari luar goa sampai dalam goa

Dari hasil pengolahan dan kalkulasi data, didapat hasil data DHT22 menghasilkan nilai gradien sebesar -0,1145 satuan/sample, data DS18B20 menghasilkan nilai gradien sebesar -0,1525 satuan/sample, data DS18B20 menghasilkan nilai gradien sebesar -0,1801 satuan/sample. Tanda negatif menunjukan adanya tren penurunan nilai pada pembacaan sensor dari sample pertama sampai terakhir.

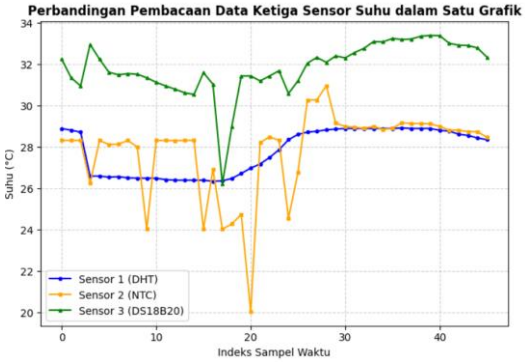
Sensor NTC memiliki nilai absolut gradien terbesar (0.1801) yang berarti sensor ini mengalami penurunan tren rata-rata paling cepat diantara ketiganya. Sensor DS18B20 berada di urutan kedua (0.1525) dan DHT22 memiliki gradien terkecil (0.1145) yang mengindikasikan pergerakan yang lebih landai.

Dari hasil pengolahan dan kalkulasi data juga didapat nilai sensitivitas maksimum perubahan yang mengukur respons transien. Paling tajam yang dialami oleh sensor saat mendeteksi fluktuasi lingkungan yang mendadak. NTC memiliki nilai sensitivitas maksimum perubahan sebesar 0.8287, DS18B20 sebesar 0.5893, dan DHT22 sebesar 0.5982. NTC memiliki nilai tertinggi yang menandakan bahwa sensor ini sangat agresif merespons perubahan mendadak (bisa berupa sinyal fisik yang cepat atau Tingkat kepekaan terhadap noise derau tinggi pada titik tertentu) sedangkan DHT22 dan DS18B20 menunjukan batas loncatan perubahan local yang hampir setara.

Dapat disimpulkan bahwa sonsor suhu NTC memiliki sensitifitas nomor satu, sonsor suhu DS18B20 kedua, dan sonsor suhu DHT22 ketika. Hal ini bisa terjadi karena salah satu kelebihan sensor suhu NTC yang menunjukkan ketahanan yang baik terhadap deformasi dan laju pemanasan, sehingga dapat diandalkan dalam berbagai aplikasi[17].

Pengujian Stabilitas Sensor di Goa Uilebahan

Analisis Stabilitas sensor suhu di Goa Uilebahan dilakukan dengan menganalisis grafik pada gambar 9 yang menggambarkan hasil pembacaan sensor DHT22 , NTC, DS18B20 saat tidak ada perubahan posisi. analisis stabilitas dilakukan dengan mengihitung Standar Deviasi (Kestabilan), Koefisien Variasi (CV), Fluktuasi Maksimum (Peak-to-Peak). Penggunaan ketiga ukuran ini secara bersamaan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang stabilitas data sensor [18]. Semakin kecil ketiga nilai tersebut maka stabilitas sensor semakin tinggi .



Gambar 9. grafik ketiga sensor suhu

Tabel 5 menyajikan rekapitulasi perhitungan parameter kestabilan dari ketiga sensor suhu yang diuji. Parameter tersebut meliputi standar deviasi, koefisien variasi, fluktuasi maksimum.

Tabel 5. Rekapitulasi Parameter Kestabilan Pembacaan Sensor Suhu

Jenis Sensor	standar deviasi (°C)	koefisien variasi (%)	fluktuasi maksimum (°C)
DHT22	1,103	3,97	2,5750
NTC	1,292	4,06	7, 1686
DS18B20	2,0429	7,33	10,9286

Sensor DHT22

Sensor DHT22 menunjukkan performa kestabilan paling unggul di antara ketiga kandidat. Hal ini dibuktikan oleh nilai standar deviasi terkecil sebesar 1,103 °C dan tingkat Koefisien Variasi (CV) terendah sebesar 3,97% (di bawah rentang acuan 5%). Kestabilan relatif yang rendah ini mengindikasikan bahwa pembacaan sensor DHT22 memiliki tingkat keterulangan (*repeatability*) yang tinggi dengan tingkat dispersi data yang konsisten di sekitar nilai rata-ratanya. Ketangguhan sinyal sensor DHT juga diperkuat oleh nilai fluktuasi *peak-to-peak* yang sangat kecil, yaitu 2,5750 °C, yang menandakan bahwa rentang lonjakan *noise* ekstrem maupun *drift* sinyal acak pada sensor ini sangat minim.

Sensor NTC

Sensor termistor NTC menempati urutan kedua dengan tingkat kestabilan relatif yang masih tergolong baik. Sensor ini mencatatkan nilai standar deviasi sebesar 1,292 °C dan CV sebesar 4,06%. Meskipun nilai presisi relatifnya (CV) hampir setara dengan sensor DHT, sensor NTC menunjukkan amplitudo fluktuasi *peak-to-peak* yang lebih lebar, yaitu 7,1686 °C. Rentang *peak-to-peak* yang cukup signifikan ini mengindikasikan hadirnya beberapa efek lonjakan respon (*transient spikes*) atau kepekaan instan yang lebih tinggi terhadap fluktuasi termal lokal dan gangguan *noise* analog eksternal pada pembacaan sensor NTC.

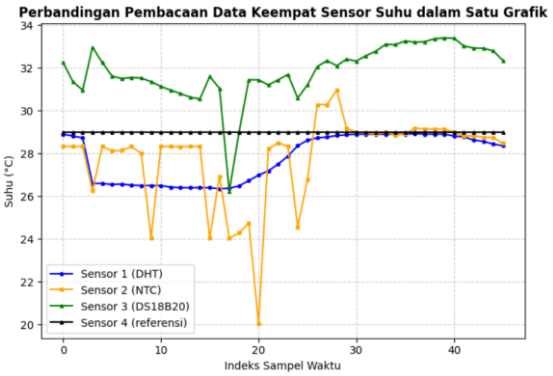
Sensor DS18B20

Berbeda dengan dua sensor sebelumnya, sensor digital DS18B20 mencatatkan variabilitas data tertinggi. Sensor ini menghasilkan nilai standar deviasi sebesar 2,0429 °C, CV sebesar 7,33%, serta fluktuasi *peak-to-Peak* terbesar mencapai 10,9286 °C. Nilai CV yang melebihi 5% serta deviasi *peak-to-peak* yang mencapai dua digit menandakan adanya dispersi data yang lebih lebar di sekitar nilai rata-rata selama pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa pembacaan sensor DS18B20 pada kondisi pengujian ini mengalami dinamika fluktuasi sinyal atau deviasi ekstrem yang lebih tinggi dibandingkan sensor DHT dan NTC.

Dapat disimpulkan bahwa sonsor suhu DHT memiliki kestabilan nomor satu, sonsor suhu NTC kedua, dan sonsor suhu DS18B20 ketiga.

Pengujian Keakuratan Sensor di Goa Uilebahan

Untuk menguji tingkat keakuratan, data deret waktu yang diperoleh dari pengujian ketiga jenis sensor suhu dibandingkan secara langsung (*point-to-point*) terhadap nilai referensi (*ground truth*) dari alat ukur patokan yang tercantum pada gambar 10 [19]. perhitungan akurasi biasanya dievaluasi menggunakan metode statistik agregat untuk seluruh titik data N.



Gambar 10. grafik keempat sensor suhu

Berdasarkan hasil pengolahan dan kalkulasi data dari ketiga data sensor, diperoleh nilai keakuratan masing-masing sensor, yaitu DHT22 = 95.88%, sensitifitas NTC = 95.29% dan sensitifitas DS18B20 = 89.78%.

Sensor DHT

Sensor ini enunjukkan performa keakuratan tertinggi dengan rata-rata tingkat kesesuaian mencapai 95,88%. Nilai ini mengonfirmasikan bahwa sensor DHT memiliki tingkat deviasi yang paling kecil terhadap alat patokan, sehingga sangat handal dalam merepresentasikan suhu aktual secara presisi.

Sensor NTC

Sensor ini menyusul di posisi kedua dengan tingkat akurasi rata-rata sebesar 95,29%. Meskipun memiliki sedikit selisih di bawah sensor DHT, performa sensor NTC masih tergolong sangat baik dan akurat untuk digunakan dalam pemantauan suhu lingkungan.

Sensor DS18B20

Sensor ini mencatatkan tingkat akurasi rata-rata terendah di antara ketiganya, yakni sebesar 89,78%. Angka ini mengindikasikan adanya bias pengukuran atau sensitivitas terhadap fluktuasi sinyal yang lebih tinggi, sehingga menghasilkan jarak simpangan yang lebih lebar dari nilai acuan alat patokan selama periode pengujian. Dapat disimpulkan bahwa sonsor suhu DHT memiliki keakuratan nomor satu, sonsor suhu NTC kedua, dan sonsor suhu DS18B20 ketiga.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, Sensor suhu yang paling baik digunakan pada kondisi mikroklimat goa karst di Goa Uilebahan Kupang Nusa Tenggara Timur adalah Sensor suhu DHT22. Karena memiliki keakuratan dan kestabilannya mendudukan peringkat satu diantara kedua sensor lainnya walaupun memilik sensititas peringkat ketiga,

Saran

Adapun saran yang ingin penulis tawarkan agar menjadi bahan rujukan untuk penelitian-penelitian selanjutnya demi meningkatkan kualitas penelitian tentang sensor pada kondisi mikroklimat goa karst yaitu bandingkan dengan sensor-sensor suhu lainnya.dan bandingkan data satu lokasi goa dengan lokasi goa yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

1 Urals SCS, Gogoleva NE, Nasyrova MA, Balkin AS, Chervyatsova OY, Kuzmina LY, Shagimardanova EI, Gogolev Y V, Plotnikov AO. 2024. Flourishing in Darkness : Protist Communities of Water Sites in. Diversity. **16**(9): 526.

2 Dyukarev E.A., Kurakov S.A. & VNN. Microclimate monitoring network based on Soil-Atmosphere Measurement Complexes International Conference and Early Career Scientists School on Environmental Observations, Modeling and Information Systems (ENVIROMIS-2022). vol 1.

3 Bustos MA, De EA, Rocha D. 2020. Instrumentação para medições na escala microclimática. ma Propos. mochila bioclimática. **26**: 96.

4 Rebaudo F et al. 2023. A low-cost IoT network to monitor microclimate variables in ecosystems To cite this version : HAL Id : hal-04060411 PR ACTICAL TOOLS A low- - cost IoT network to monitor microclimate variables in ecosystems. Methods Ecol. Evol. **14**(4): 1025.

5 Errarese, S., Bertoni, D., Dentis, V., Gena, L., Leone, M., & Rinaudo M. 2018. Microclimatic analysis in the Museum of Physics, University of Turin, Italy: A case-study*. Eur. Phys. J. Plus. **133**(12): 558.

6 Ullman M, Kletzerman M, Oron A, Porat R, Langford B. 2026. Year-round hourly temperature and humidity sensor readings from arid caves , Judean Desert , Israel. Sci. Data. **13**(105): 1.

7 Hadi S, Putra R, Davi M, Widayaka PD, Informasi T, Bumigora U, Elektro T, Elektro T, Surabaya UN. 2022. Perbandingan Akurasi Pengukuran Sensor Lm35 Dan Sensor Dht11 Untuk Monitoring Suhu Berbasis Internet. String (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol. **6**(3): 269.

8 Škultéty E, Pivarčiová E, Karrach L. 2018. The Comparing Of The Selected Temperature Sensors Compatible With The Arduino Platform Technical University in Zvolen. Manag. Syst. Prod. Eng. **26**(3): 168.

9 Bambulkar P, Deshmukh K, Dhoble V, Narlawar M. 2025. Arduino Based Temperature Measurement System. Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol. **13**(IV): 6092.

10 Finali, A., Mu'tashim Billah, M. H., Trianasari, E., Abdul Wahid, M., & Wardhana PBW. 2025. Analisis perbandingan sensor temperatur menggunakan mikrocontroller. J. Inov. Teknol. Manufaktur, Energi Dan Otomotif. 10.

11 A. Aurora. 2022. Algorithmic Correction of MOS Gas Sensor for Ambient Temperature and Relative Humidity Fluctuations. IEEE Sens. J. **22**(15): 15054.

12 Sikder AK et al. 2018. A Survey on Sensor-Based Threats to Internet-of-Things (IoT). Devices Appl. .

13 Chien, H., Shih, A.-T., & Huang Y-M. 2025. Exploring MQTT Broker-Based,

End-to-End Models for Security and Efficiency. Sensors. **25**(17): 5308.

14 Prasetiyanto, A. E., & Hadisusila CP. 2023. Aplikasi Arduino dalam Teknik I/O untuk Mengintegrasikan dan Mengendalikan Perangkat Elektronik. urnal Nusant. Eng. J. Ilm. Fak. Tek. Univ. Nusant. PGRI Kediri. **6**(2): 96.

15 Martirano, L., Jasinski, M., Najafi, A., Cocira, V., & Leonowicz Z. 2021. Integration of supervision and monitoring systems of microgrids – a case study from Lambda Microgrid for correlation analysis. Int. Conf. Environ. Electr. Eng. .

16 S. Kirešová, M. Guzan, B. Sobota, V. Fedák RB and DB. 2023. he Use of Time Series Database in Measurements. Int. Conf. Electr. Drives Power Electron. **p**(p): 1.

17 Zhu Y. 2022. Highly flexible TPU/SWCNTs composite-based temperature sensors with linear negative temperature coefficient effect and photo-thermal effect. omposites Sci. Technol. **217**: 109133.

18 RAKRAK M. 2025. Exploring Variability in Data: The Role of Range, Variance, and Standard Deviation. Int. J. Multidiscip. Res. Anal. **08**(03): 1327.

19 O. Vasilevskyi, V. Didych, O. Zabula VS and EMP. 2023. Developing and using measurement models to assess accuracy: using the example of measurements of the activity of ions. EEE Int. Conf. Ind. 4.0, Artif. Intell. Commun. Technol. 125.