

Rancang Bangun Alat Ukur Portabel Berbasis *Internet of Things* (IoT) Untuk Pengukuran Suhu dan Kelembapan Udara Serta Tanah

Andini Dengak^{(1,a)*}, Ari Bangkit Sanjaya Umbu^(1,b), Jonshon Tarigan⁽¹⁾,
Ali Warsito⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Fisika, Universitas Nusa Cendana, Kota Kupang, Indonesia, 85228
Email :andinidengak6@gmail.com,

Diterima (19 Juni 2025), Direvisi (30 September 2025)

Abstract. Global climate change has significantly impacted the agricultural sector, particularly in terms of air and soil temperature and humidity, which are crucial for plant growth. Therefore, it is essential to develop a measurement device capable of accurately and in real-time monitoring these parameters. This study aims to design and test a portable Internet of Things (IoT)-based measurement device that can simultaneously measure air and soil temperature and humidity. The device utilizes a NodeMCU ESP32 microcontroller integrated with DHT22, DS18B20, and Capacitive Soil Moisture Sensor v2.0. The measurement data are displayed in real-time on an OLED screen and transmitted to the Blynk application, enabling access via mobile devices. A calibration process using linear regression was carried out to enhance the accuracy of sensor readings compared to standard measuring instruments. System testing was conducted in three different locations-Naikoten 1, BTN Kolhua, and Penfui-each with varying environmental characteristics. The results show that the device functions effectively, providing accurate data measurement and convenient access for users. This tool has the potential to serve as a practical solution to support data-driven agricultural management.

Keywords: internet of things, temperature, humidity, sensor, portable.

Abstrak. Perubahan iklim global berdampak signifikan terhadap sektor pertanian, terutama pada parameter suhu dan kelembapan udara serta tanah yang memengaruhi pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, diperlukan alat ukur yang mampu mengukur parameter-parameter tersebut secara akurat dan *real-time*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji alat ukur portabel berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat mengukur suhu dan kelembapan udara serta tanah secara simultan. Alat ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang terintegrasi dengan sensor DHT22, DS18B20, dan *Capacitive Soil Moisture Sensor* v2.0. Data hasil pengukuran ditampilkan secara langsung melalui layar OLED dan dikirim secara *real-time* ke aplikasi Blynk sehingga dapat diakses melalui perangkat seluler. Proses kalibrasi dilakukan menggunakan metode regresi linear untuk meningkatkan akurasi pembacaan sensor terhadap alat ukur standar. Pengujian sistem dilakukan di tiga lokasi berbeda, yaitu Naikoten 1, BTN Kolhua, dan Penfui, dengan karakteristik lingkungan yang bervariasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini bekerja dengan baik, mampu melakukan pengukuran data secara akurat, serta memberikan kemudahan akses bagi pengguna. Alat ini berpotensi menjadi solusi praktis dalam mendukung pengelolaan pertanian berbasis data.

Kata kunci: internet of things, suhu, kelembapan, sensor, portabel.

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara agraris yang sebagian besar penduduknya

menggantungkan mata pencaharian pada sektor pertanian. Sektor ini berperan penting dalam mendukung perekonomian nasional. Berdasarkan data Kementerian Koordinator

Bidang Perekonomian Republik Indonesia, pada tahun 2021 sektor pertanian tumbuh sebesar 1,84% dan memberikan kontribusi sebesar 13,28% terhadap produk domestik bruto (PDB) nasional. Meskipun mengalami sedikit penurunan, sektor ini tetap menunjukkan pertumbuhan positif sebesar 1,37% dengan kontribusi sebesar 12,98% pada tahun 2022 [1].

Namun, sektor ini menghadapi tantangan signifikan akibat perubahan iklim. Perubahan ini ditandai oleh fluktuasi suhu, kelembapan, curah hujan, dan kecepatan angin [2]. Kenaikan suhu global yang disebabkan oleh akumulasi gas rumah kaca berdampak langsung pada pola iklim yang tidak menentu, seperti terjadinya kekeringan, curah hujan tidak teratur, serta peningkatan suhu dan kelembapan udara yang signifikan. Kondisi ini menghambat produktivitas sektor pertanian dan mengganggu kestabilan sistem pangan [3].

Seiring dengan perkembangan teknologi, inovasi di bidang pertanian berkembang pesat, khususnya dalam mengatasi keterbatasan lahan dan tantangan iklim [4]. Perkembangan sistem berbasis kecerdasan buatan dan teknologi tertanam (*embedded systems*) juga berperan dalam memudahkan aktivitas pertanian masyarakat Indonesia [5]. Teknologi ini berpotensi memberikan solusi berbasis data yang tepat sasaran guna meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan pertanian [6].

Suhu dan kelembapan merupakan dua parameter lingkungan penting yang sangat memengaruhi proses fisiologis tanaman. Suhu dan kelembaban udara memiliki peran besar terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara umum [7]. Sementara itu suhu tanah turut memengaruhi kelembapan tanah, struktur tanah, aktivitas mikroba, proses dekomposisi bahan organik, serta ketersediaan unsur hara [8]. Menurut Sari dkk [9], suhu tanah merupakan parameter yang sangat penting karena

berperan dalam proses fisik, kimia, dan biologis dalam tanah, termasuk dalam aktivitas mikroorganisme dan dinamika kandungan air tanah. Di sisi lain, kelembapan tanah yakni air yang mengisi pori-pori tanah bersifat dinamis dan sangat dipengaruhi oleh proses penguapan serta perkolasasi. Tingkat kelembapan yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menghambat aktivitas pertanian, seperti penanaman dan pemeliharaan tanaman [10].

Salah satu teknologi yang berkembang pesat dan menawarkan solusi inovatif dalam upaya meningkatkan efisiensi serta produktivitas sektor pertanian adalah *Internet of Things* (IoT) [11]. Menurut Wahyu dkk [12], penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam sistem monitoring pertanian dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan tanaman melalui pemantauan parameter lingkungan secara *real-time*.

Di wilayah Nusa Tenggara Timur (NTT), variabilitas suhu dan kelembapan semakin kompleks akibat pengaruh fenomena El Nino. Hal ini menyebabkan kekeringan berkepanjangan dan penurunan hasil pertanian [13]. Di sisi lain, ketersediaan informasi iklim yang akurat dan *real-time* masih sangat terbatas, padahal informasi tersebut sangat dibutuhkan dalam pengambilan keputusan pertanian yang adaptif.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring berbasis IoT, namun masih memiliki berbagai keterbatasan. Penelitian oleh Vien dkk [14] hanya mengukur pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah tanpa mempertimbangkan parameter udara. Muchtar dan Ulhaq [15] memfokuskan sistem pada suhu dan kelembapan udara serta kelembapan tanah, namun tidak mengintegrasikan suhu tanah. Zaelani dan Zafia [16] mengembangkan sistem monitoring suhu udara, kelembapan udara, dan kelembapan tanah, tetapi masih terbatas pada tanaman hias dan belum mencakup

suhu tanah. Sementara itu, Rifaat dkk [17] merancang sistem penyiraman otomatis berbasis IoT dengan pemantauan suhu dan kelembapan udara serta tanah, namun fokus utamanya lebih kepada otomasi penyiraman daripada akurasi pengukuran.

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan, belum terdapat sistem monitoring berbasis IoT yang mengintegrasikan seluruh parameter penting, yakni suhu udara, kelembapan udara, suhu tanah, kelembapan tanah, dalam satu perangkat yang ringkas, portabel, serta dilengkapi proses kalibrasi sensor untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Selain itu, sebagian besar perangkat yang telah dikembangkan masih bergantung pada sumber daya listrik tetap dan belum dirancang untuk penggunaan lapangan yang fleksibel. Penelitian ini menawarkan kebaruan melalui perancangan sistem monitoring lingkungan berbasis IoT yang tidak hanya mampu mengukur empat parameter tersebut secara simultan, tetapi juga dirancang dalam bentuk alat portabel yang ditenagai oleh baterai sehingga dapat beroperasi tanpa ketergantungan pada listrik. Sistem ini turut dilengkapi tampilan OLED serta integrasi *real-time* melalui aplikasi Blynk guna menyediakan data lingkungan yang lebih valid, akurat, dan andal untuk berbagai kondisi lapangan.

Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji alat ukur portabel berbasis IoT yang dapat mengukur suhu dan kelembapan udara serta tanah secara bersamaan. Sistem ini dilengkapi dengan sensor DHT22, DS18B20, dan *capacitive soil moisture sensor v2.0*, serta didukung oleh tampilan OLED dan integrasi dengan aplikasi Blynk untuk monitoring data secara *real-time*. Hipotesis dari penelitian ini adalah bahwa alat yang dikembangkan mampu menghasilkan data lingkungan yang akurat dan andal, serta dapat menunjang pengambilan keputusan pertanian berbasis data.

METODE PENELITIAN

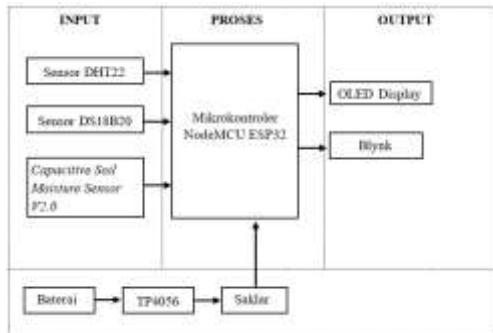
Tahapan Penelitian

Penelitian diawali dengan studi literatur untuk memperoleh dasar teori serta referensi yang relevan terkait perancangan alat ukur berbasis *Internet of Things* (IoT). Literatur dikumpulkan dari buku, jurnal ilmiah, serta publikasi akademik lainnya yang berkaitan.

Tahap selanjutnya adalah perancangan perangkat keras dan proses kalibrasi sensor. NodeMCU ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler utama dalam sistem, dengan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, DS18B20 untuk suhu tanah, dan *capacitive soil moisture sensor v2.0* untuk kelembapan tanah. Seluruh komponen didesain agar dapat beroperasi secara portabel, dengan menggunakan baterai Li-ion sebagai sumber daya yang dikendalikan melalui modul TP4056. Selain itu, sistem juga dilengkapi layar OLED yang berfungsi menampilkan data pengukuran secara langsung di lapangan.

Agar data yang dihasilkan memiliki tingkat keakuratan yang baik, dilakukan proses kalibrasi terhadap sensor-sensor yang digunakan. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari sensor dengan alat ukur standar dalam kondisi lingkungan yang terkendali. Tujuan dari kalibrasi adalah untuk mengurangi deviasi nilai dan meningkatkan kepercayaan terhadap data yang diperoleh dari sistem.

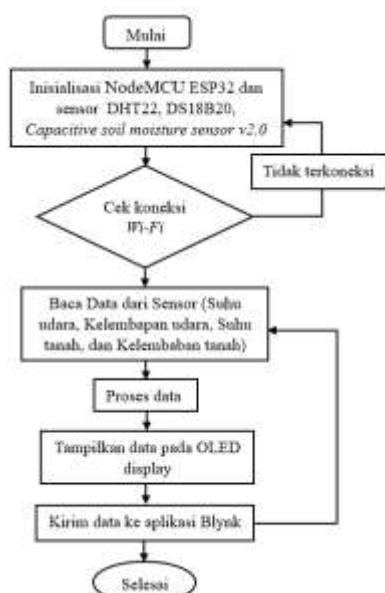
Perancangan sistem mencakup dua aspek utama, yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Pada tahap perancangan perangkat keras, digunakan diagram blok yang menggambarkan alur kerja sistem secara keseluruhan. **Gambar 1** menunjukkan diagram blok yang menggambarkan alur kerja sistem secara keseluruhan.



Gambar 1. Diagram Blok

Diagram ini memperlihatkan hubungan antara sensor-sensor (DHT22, DS18B20, *Capacitive soil moisture sensor v2.0*) dengan mikrokontroler NodeMCU ESP32. Data dari sensor diproses oleh mikrokontroler dan ditampilkan pada OLED display serta dikirim ke aplikasi Blynk melalui koneksi internet. Sistem memperoleh catu daya dari baterai Li-ion yang dapat diisi ulang melalui modul TP4056 dan dikendalikan oleh saklar untuk efisiensi penggunaan energi, sehingga alat dapat digunakan secara fleksibel di lapangan.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, perangkat lunak dirancang menggunakan flowchart yang menggambarkan alur kerja sistem secara menyeluruh.



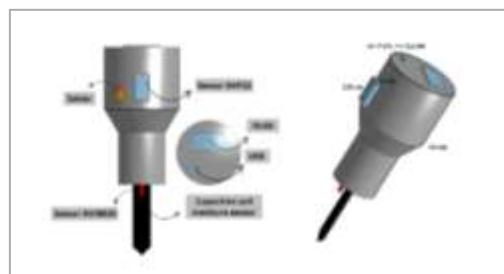
Gambar 2. Flowchart Perangkat Lunak

Flowchart ini menjelaskan proses otomatisasi mikrokontroler dalam membaca data dari sensor suhu dan kelembapan (DHT22, DS18B20, *Capacitive soil moisture sensor v2.0*), kemudian menampilkannya di layar OLED dan mengirimkannya ke aplikasi Blynk secara real-time. Setiap siklus berlangsung secara berkala tanpa memerlukan intervensi pengguna, memastikan data lingkungan terus diperbarui. Alur ini mencakup tahapan inisialisasi, pembacaan sensor, pemrosesan data, pengiriman ke Blynk, serta penundaan sebelum pengulangan siklus berikutnya.

Setelah tahap perancangan selesai, dilakukan pengujian sistem untuk mengevaluasi kinerja alat secara menyeluruh. Pengujian mencakup aspek fungsionalitas masing-masing komponen, kestabilan koneksi antara mikrokontroler dan aplikasi blynk, serta keakuratan data hasil pengukuran.

Desain Alat

Desain alat ditampilkan pada Gambar 3, yang memperlihatkan tampilan fisik alat ukur portabel berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang, lengkap dengan susunan komponen utamanya.



Gambar 3. Rancangan Desain Alat

Gambar ini menunjukkan letak masing-masing komponen penting pada alat, termasuk sensor DHT22 untuk suhu dan kelembapan udara, DS18B20 untuk suhu tanah, dan *Capacitive soil moisture sensor v2.0* untuk kelembapan tanah. Selain itu, tampak juga posisi layar OLED untuk menampilkan data secara lokal serta saklar

utama sebagai pengendali daya. Keseluruhan desain dibuat kompak dan portabel, memungkinkan alat digunakan secara praktis di lapangan dengan efisien energi dan kemudahan mobilitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4 memperlihatkan bentuk fisik alat ukur suhu dan kelembapan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah berhasil dirancang.



Gambar 4. Hasil Perancangan Alat

Alat ini didesain portabel sehingga dapat digunakan pada berbagai kondisi lapangan. Seluruh komponen seperti sensor, layar OLED, saklar, baterai dan modul catu daya ditata secara terintegrasi dalam satu wadah yang ringkas untuk memastikan kemudahan penggunaan dan efisiensi pengukuran di lapangan.

Kalibrasi Sensor DHT22

Kalibrasi sensor DHT22 dilakukan untuk menyesuaikan hasil pembacaan sensor DHT22 dengan alat ukur standar, yaitu *Mini Temperature Humidity Meter*. Pengukuran dilakukan sebanyak 30 kali untuk memperoleh data awal suhu dan kelembapan udara. **Tabel 1** menyajikan data hasil pengukuran suhu udara.

Tabel 1. Data Pengukuran Suhu Udara

Data Ke-	Sensor DHT22 (°C)	Mini Temperature Humidity Meter (°C)	Error (%)
1	21,9	21,8	0,46

2	22,9	22,6	1,33
3	23,8	23,7	0,42
4	24,2	24,5	1,22
5	25,4	25,8	1,55
6	26,5	26,7	0,75
7	27,8	27,4	1,46
8	28,5	28,2	1,06
9	29,8	29,7	0,34
10	30,8	30,5	0,98
11	31,5	31,2	0,96
12	32,8	32,6	0,61
13	33,5	33,3	0,60
14	34,5	34,7	0,58
15	35,9	35,7	0,56
16	36,7	36,4	0,82
17	37,1	37,2	0,27
18	38,7	38,5	0,52
19	39,7	39,8	0,25
20	40,7	40,5	0,49
21	41,8	41,7	0,24
22	42,5	42,8	0,70
23	43,4	43,5	0,23
24	44,6	44,3	0,68
25	45,4	45,2	0,44
26	46,8	46,6	0,43
27	47,5	47,4	0,21
28	48,5	48,8	0,61
29	49,7	49,5	0,40
30	50,8	50,6	0,40
Rata-rata			0,65

Dari **Tabel 1** terlihat bahwa nilai suhu udara menunjukkan rata-rata *error* 0,65% dengan standar deviasi *error* 0,35%, sehingga variasi penyimpangan sesor terhadap alat standar tergolong rendah. Rentang *error* berada pada 0,21% hingga 1,55%, yang secara konsisten menunjukkan bahwa DHT22 sedikit *overshoot* pada suhu tinggi. Nilai *error* yang kecil ini menunjukkan bahwa sensor memiliki kinerja suhu yang cukup baik meskipun tetap diperlukan proses kalibrasi untuk menghilangkan bias linier yang tersisa.

Sementara itu, hasil pengukuran kelembapan udara disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Data Pengukuran Kelembapan Udara

Data Ke-	Sensor DHT22 (°C)	Mini Temperature Humidity Meter (°C)	Error (%)
1	83,8	73,2	14,48
2	73,7	69,1	6,66
3	68,1	64,4	5,75
4	65,8	63,1	4,28
5	62	61,3	1,14
6	57,7	68,1	15,27
7	54,7	58,2	6,01
8	53	64,1	17,32
9	77,3	70,9	9,03
10	74,3	67,1	10,73
11	72,1	65,3	10,41
12	68,8	62	10,97
13	66,1	60,3	9,62
14	63,5	56,8	11,80
15	60,5	54,7	10,60
16	58,6	53,2	10,15
17	58,2	51	14,12
18	54	48,7	10,88
19	51,7	46,1	12,15
20	49,9	44,9	11,14
21	47,8	42,8	11,68
22	46,4	40,8	13,73
23	45,4	39,7	14,36
24	43,2	38,6	11,92
25	41,8	37,2	12,37
26	39,4	35,3	11,61
27	38,5	34,1	12,90
28	37	32,3	14,55
29	35,6	31,5	13,02
30	34,1	30	13,67
Rata-rata		11,08	

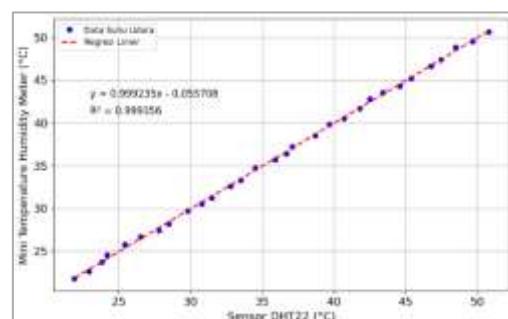
Berdasarkan **Tabel 2**, pembacaan kelembapan udara menunjukkan *error* rata-rata yang jauh lebih besar yakni 11,08% dengan standar deviasi *error* 3,32%. Nilai ini menunjukkan fluktuasi tinggi dan pola *error* mengindikasikan adanya sistematik bias berupa *overestimation* pada kelembapan rendah. Sensor DHT22 cenderung memberikan nilai kelembapan yang lebih tinggi dibandingkan alat standar, terutama pada rentang kelembapan rendah.

Untuk meningkatkan akurasi kedua paramater, digunakan metode regresi linier. Dengan data standar sebagai variabel dependen (*y*) dan pembacaan sensor sebagai

variabel independen (*x*). Persamaan regresi suhu udara yang diperoleh adalah $y = 0.999235x - 0.055708$, dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,999356. Nilai R^2 yang sangat tinggi menunjukkan bahwa hubungan antara data sensor dan data standar bersifat hampir sempurna. Hal ini menandakan bahwa model regresi sangat efektif digunakan untuk proses kalibrasi suhu udara. Sedangkan untuk kelembapan udara diperoleh persamaan regresi $y = 0.936607x - 0.383667$, dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,886410.

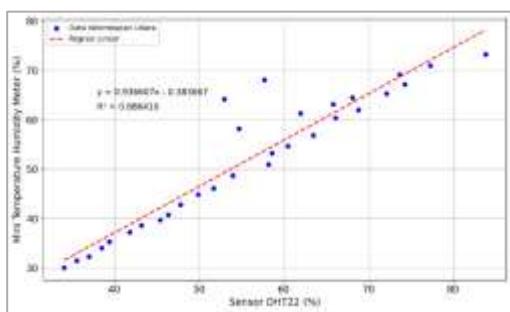
Secara statistik, nilai $R^2 > 0,88$, menunjukkan bahwa regresi linier layak digunakan sebagai model kalibrasi, meskipun kelembapan membutuhkan *error correction* yang lebih signifikan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa meskipun variasi data kelembapan lebih besar dibandingkan suhu model regresi masih mampu merepresentasikan pola hubungan keduanya dengan cukup baik. Slope yang lebih kecil dari 1 memperjelas bahwa sensor konsisten membaca kelembapan lebih tinggi dibanding alat standar, dan koreksi linier ini mampu mengurangi bias tersebut.

Gambar 5 dan **Gambar 6** menampilkan visualisasi grafik regresi linier untuk suhu dan kelembapan udara.



Gambar 5. Grafik Regresi Linier Suhu Udara

Pada **Gambar 5**, titik-titik data suhu udara terlihat berada sangat dekat dengan garis regresi, menunjukkan bahwa sensor memiliki presisi tinggi terhadap alat standar.



Gambar 6. Grafik Regresi Linier Kelembapan Udara

Sementara itu pada **Gambar 6**, sebaran titik kelembapan udara tampak lebih menyebar tetapi masih berada dalam pola linier yang jelas, sehingga model regresi tetap layak digunakan untuk kalibrasi.

Secara keseluruhan, proses kalibrasi sensor DHT22 berhasil meningkatkan akurasi pembacaan untuk kedua parameter. Kalibrasi suhu memperbaiki *error* yang relatif kecil, sedangkan kalibrasi kelembapan secara signifikan mengurangi bias pembacaan sensor yang sebelumnya cukup tinggi. Dengan persamaan regresi yang diperoleh, data yang dihasilkan sensor menjadi lebih valid dan dapat digunakan dalam analisis pengujian lapangan pada lokasi penelitian.

Kalibrasi Sensor DS18B20

Kalibrasi sensor DS18B20 dilakukan untuk menyesuaikan pembacaan sensor dengan alat ukur standar, yaitu termometer kaca. Pengukuran dilakukan sebanyak 30 kali untuk memperoleh data awal suhu tanah. **Tabel 3** menyajikan hasil pengukuran suhu tanah oleh sensor DS18B20 dan termometer kaca.

Tabel 3. Data Pengukuran Suhu Tanah

Data Ke-	Sensor DS18B20 (°C)	Termometer Kaca (°C)	Error (%)
1	21,6	21	2,86
2	22,5	22	2,27
3	23,3	23	1,30
4	24,7	24	2,92
5	25,2	25	0,80
6	26,1	26	0,38

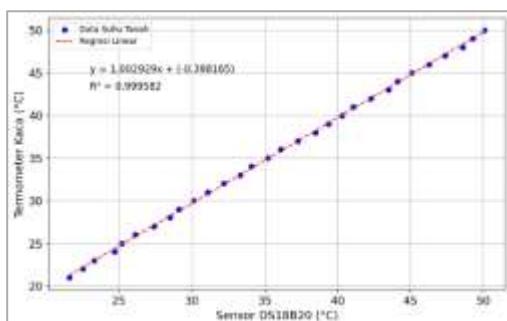
7	27,4	27	1,48
8	28,5	28	1,79
9	29,1	29	0,34
10	30,1	30	0,33
11	31,1	31	0,32
12	32,2	32	0,63
13	33,3	33	0,91
14	34,1	34	0,29
15	35,2	35	0,57
16	36,1	36	0,28
17	37,3	37	0,81
18	38,5	38	1,32
19	39,4	39	1,03
20	40,3	40	0,75
21	41,1	41	0,24
22	42,3	42	0,71
23	43,5	43	1,16
24	44,1	44	0,23
25	45,1	45	0,22
26	46,3	46	0,65
27	47,4	47	0,85
28	48,6	48	1,25
29	49,3	49	0,61
30	50,1	50	0,20
Rata-rata			0,92

Berdasarkan **Tabel 3**, hasil pembacaan suhu tanah memperlihatkan *error* rata-rata 0,92% dengan standar deviasi *error* 0,73%. *Error* yang relatif rendah ini menunjukkan bahwa sensor memiliki kestabilan sensor. Meskipun demikian, kalibrasi tetap diperlukan untuk mengoreksi bias linier sehingga hasil pengukuran menjadi lebih akurat.

Proses kalibrasi dilakukan menggunakan regresi linier dengan pembacaan termometer kaca sebagai variabel dependen (*y*) dan data sensor sebagai variabel independen (*x*). Hasil analisis regresi linier memberikan persamaan $y = 1,002929x - 0,398165$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,999582. Nilai R^2 yang sangat tinggi ini menunjukkan bahwa hubungan antara pembacaan sensor dan alat standar hampir sempurna. Artinya, variasi pembacaan suhu tanah oleh sensor dapat dijelaskan sepenuhnya oleh model regresi,

sehingga persamaan ini sangat layak digunakan sebagai model koreksi.

Gambar 7 menunjukkan grafik regresi linier yang menggambarkan hubungan antara data sensor DS18B20 dan alat ukur standar.



Gambar 7. Grafik Regresi Linier Suhu Tanah

Berdasarkan **Gambar 7**, titik-titik hasil pengukuran tampak mengikuti garis regresi dengan sangat baik. Sebaran data yang rapat pada garis menunjukkan bahwa sensor bekerja dengan stabil dan konsisten, serta sangat responsif terhadap perubahan suhu tanah.

Pergeseran nilai *intercept* sebesar -0,398165 pada persamaan regresi menunjukkan adanya bias pembacaan kecil yang cenderung membuat sensor membaca suhu sedikit lebih tinggi pada beberapa titik pengukuran. Setelah dikalibrasi menggunakan model tersebut, bias ini dapat diperbaiki sehingga data suhu tanah menjadi lebih akurat dan dapat digunakan untuk pengujian lapangan. Secara keseluruhan, proses kalibrasi sensor DS18B20 berhasil meningkatkan akurasi hasil pengukuran dengan koreksi matematis yang sangat representatif.

Kalibrasi Capacitive Soil Moisture Sensor V2.0

Kalibrasi *Capacitive soil moisture sensor v2.0* dilakukan untuk mengonversi keluaran sensor berupa nilai ADC (*Analog to Digital Conversion*) menjadi persentase kelembapan tanah yang lebih representatif secara fisik. Prinsip kalibrasi ini didasarkan

pada penetapan dua titik acuan, yaitu kondisi tanah kering dan kondisi tanah basah. Pengukuran awal dilakukan dengan menempatkan sensor pada tanah kering dan tanah basah, kemudian mencatat nilai ADC pada kedua kondisi tersebut. Hasil pengukuran disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Respon ADC terhadap Kelembapan Tanah

Data Ke -	Jenis Tanah	Nilai ADC
1	Kering	3100
2	Basah	1380

Berdasarkan **Tabel 4**, nilai ADC pada kondisi tanah kering tercatat sebesar 3100, sedangkan pada kondisi tanah basah nilai ADC menurun sebesar 1380. Nilai ini menjadi batas minimum dan maksimum dalam proses kalibrasi, dimana 3100 dikonversi sebagai 0% (kering) dan 1380 dikonversi sebagai 100% (basah).

Berdasarkan dua titik referensi tersebut, dilakukan pemetaan linier untuk memperoleh persentase kelembapan tanah menggunakan **Persamaan 1**.

$$\text{Kelembapan} = \frac{ADC_{kering} - ADC_{aktual}}{ADC_{kering} - ADC_{basah}} \times 100\% \quad (1)$$

Persamaan 1 ini digunakan untuk mengonversi seluruh nilai ADC hasil pengujian menjadi persentase kelembapan tanah. Data hasil konversi disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Data Konversi Nilai ADC ke Persentase Kelembapan Tanah

Data Ke -	Volume Air (ml)	Nilai ADC	Persentase Kelembapan (%)
1	2	2970	7
2	6	2839	15
3	13	2638	26
4	18	2511	34
5	24	2384	41
6	32	2186	53
7	41	1951	66
8	52	1743	78
9	55	1690	81
10	67	1463	95

Dari **Tabel 5** dapat dilihat bahwa rentang nilai ADC hasil pengukuran berkisar antara 2970 hingga 1463, yang setara dengan kelembapan tanah sebesar 7% hingga 95% menunjukkan sensitivitas sensor terhadap kondisi kelembapan tanah yang berbeda. Hasil kalibrasi memperlihatkan bahwa sensor mampu merespon perubahan kelembapan secara konsisten, di mana penurunan nilai ADC selalu berkaitan dengan peningkatan persentase kelembapan tanah. Hal ini sesuai dengan karakteristik dasar sensor kapasitif yang bekerja berdasarkan perubahan konstanta dielektrik tanah. Semakin tinggi kadar air tanah, semakin besar perubahan kapasitansi sehingga nilai ADC yang dibaca oleh mikrokontroler semakin rendah.

Bentuk pemetaan linier dipilih karena memberikan hubungan yang sederhana, stabil, dan cukup representatif untuk aplikasi monitoring lapangan. Meskipun model linier belum menggambarkan seluruh kompleksitas interaksi fisik tanah dan air, pendekatan ini tetap dianggap memadai karena profil respon sensor menunjukkan pola penurunan yang relatif seragam sepanjang rentang pengukuran.

Hasil Pengujian Secara Keseluruhan

Pengujian dilakukan pada tiga lokasi berbeda, yaitu Naikoten 1, BTN Kolhua, dan Penfui. Masing-masing lokasi memiliki karakteristik lingkungan yang berbeda, sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai kinerja alat dalam kondisi lapangan yang beragam.

Lokasi 1 Naikoten 1

Lokasi pertama pengambilan data berada di Kelurahan Naikoten 1, Kota Kupang, yang terletak pada ketinggian sekitar 103,68 meter di atas permukaan laut (mdpl), dengan koordinat 10°11'05" LS dan 123°35'36" BT. **Gambar 8** menunjukkan

kondisi lokasi Naikoten 1 saat dilakukan pengambilan data.



Gambar 8. Lokasi Naikoten 1

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 7 April 2025 mulai pukul 08.00 hingga 17.00 WITA. Sistem yang digunakan berbasis mikrokontroler, dan pengambilan data dilakukan secara otomatis setiap 10 menit.

Tabel 6 menyajikan hasil pengujian parameter suhu dan kelembapan udara serta tanah yang direkam pada lokasi ini.

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Lokasi Naikoten 1

Waktu	Suhu Udara (°C)	Kel. Udara (%)	Suhu Tanah (°C)	Kel. Tanah (%)
13:15	31,80	60,60	28,06	64,00
13:25	31,00	61,80	28,31	64,00
13:35	30,60	63,10	28,69	64,00
13:45	30,60	63,30	28,56	63,00
13:55	30,80	63,00	28,50	63,00
14:05	30,60	64,40	28,19	63,00
14:15	30,20	65,70	28,06	63,00
14:25	29,90	66,00	27,75	63,00
14:35	29,80	66,10	27,69	62,00
14:45	29,50	66,40	27,44	62,00
14:55	29,50	66,60	27,25	62,00
15:05	29,20	67,10	27,25	62,00
15:15	29,10	67,40	27,13	61,00
15:25	28,80	67,60	27,06	61,00
15:35	28,20	68,10	26,81	61,00

Berdasarkan **Tabel 6**, suhu udara mengalami penurunan dari 31,8°C pada pukul 13:15 menjadi 28,2°C pada pukul 15:35. Secara statistik, suhu udara memiliki range perubahan sebesar 3,6°C dalam rentang waktu tersebut. Penurunan suhu ini

diikuti oleh peningkatan kelembapan udara dari 60,6% menjadi 68,1%, dengan range peningkatan sebesar 7,5%. Pola invers antara suhu dan kelembapan ini merupakan fenomena umum di lingkungan terbuka. Ketika intensitas radiasi matahari menurun pada siang hingga sore hari, suhu udara turun, sehingga kapasitas udara untuk menahan uap air menurun dan kelembapan relatif meningkat. Pola ini sesuai dengan penjelasan Rifaat dkk [17] yang menyatakan bahwa kelembapan relatif akan meningkat saat suhu udara menurun.

Suhu tanah di lokasi ini juga menurun dari 28,06°C menjadi 26,81°C, dengan rentang perubahan sebesar 1,25°C, yang jauh lebih kecil dibandingkan perubahan suhu udara. Hal ini mengonfirmasi bahwa tanah memiliki kapasitas panas yang tinggi sehingga tidak cepat mengalami perubahan suhu. Kelembapan tanah relatif stabil di kisaran 61% hingga 64%, dengan range perubahan hanya 3%, menunjukkan bahwa tanah di lokasi ini memiliki kemampuan retensi air yang baik.

Secara keseluruhan, lokasi Naikoten 1 memperlihatkan konsistensi hubungan antara suhu, kelembapan, dan intensitas radiasi matahari. Sistem monitoring berhasil memberikan data *real-time* melalui aplikasi Blynk, membuktikan bahwa alat mampu beroperasi stabil pada lingkungan lapangan yang dinamis. Tampilan Blynk untuk lokasi ini ditunjukkan pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Tampilan Blynk Lokasi Naikoten 1

Lokasi 2 BTN Kolhua

Pengujian kedua dilakukan di Kelurahan BTN Kolhua, Kota Kupang, yang berada pada ketinggian sekitar 236,8 meter di atas permukaan laut (mdpl), dengan koordinat 10°12'02"LS dan 123°37'47"BT. **Gambar 10** menunjukkan kondisi lokasi BTN Kolhua saat dilakukan pengambilan data.



Gambar 10. Lokasi Pengujian BTN Kolhua

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 17 April 2025, dari pukul 08.00 hingga 17.00 WITA, dengan interval pencatatan setiap 10 menit.

Tabel 7 menyajikan hasil pengujian parameter suhu dan kelembapan udara serta tanah yang direkam pada lokasi ini.

Tabel 7. Data Hasil Pengujian Lokasi BTN Kolhua

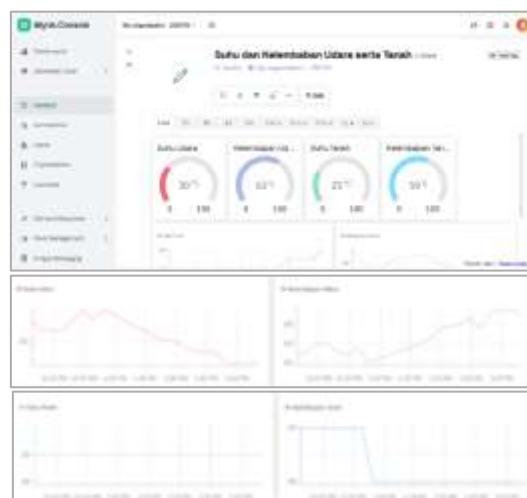
Waktu	Suhu Udara (°C)	Kel. Udara (%)	Suhu Tanah (°C)	Kel. Tanah (%)
11:31	32,80	57,40	26,31	59,00
11:41	31,90	60,10	26,31	59,00
11:51	31,80	60,30	26,31	59,00
12:01	31,80	60,40	26,37	59,00
12:11	32,60	58,90	26,44	59,00
12:21	33,00	57,30	26,50	59,00
12:31	32,60	56,90	26,56	59,00
12:41	33,30	55,00	26,62	58,00
12:51	32,10	56,10	26,50	58,00
13:01	31,60	61,90	26,31	58,00

13:11	31,20	61,50	26,31	58,00
13:21	30,80	62,70	26,31	58,00
13:31	30,40	63,90	26,34	58,00
13:41	30,80	63,30	26,37	58,00
13:51	30,10	64,80	26,37	58,00

Dari data **Tabel 7** suhu udara turun dari 32,8°C menjadi 30,1°C, dengan range perubahan 2,7°C. Pada saat yang sama, kelembapan udara meningkat dari 57,4% menjadi 64,8%, sehingga menghasilkan kenaikan sebesar 7,4%. Pola ini konsisten dengan lokasi sebelumnya dan sesuai dengan teori umum mengenai siklus harian suhu dan kelembapan. Vien dkk [14] menyatakan bahwa penurunan suhu pada siang hari akan menyebabkan peningkatan kelembapan karena udara mulai kehilangan kemampuannya menahan uap air.

Suhu tanah di lokasi ini berada dalam rentang 26,31°C hingga 26,62°C, dengan perubahan yang sangat kecil, yaitu 0,31°C, menunjukkan kestabilan termal tanah. Sementara itu, kelembapan tanah berubah dari 59% menjadi 58%, yang berarti hanya terjadi perubahan sebesar 1%, sehingga dapat dikatakan relatif konstan. Hasil ini mempertegas bahwa tanah merespon perubahan suhu lebih lambat dibandingkan udara. Konsistensi kestabilan suhu tanah ini mendukung temuan Muchtar dan Ulhaq [15] bahwa sensor pada umumnya mencatat perubahan yang lebih kecil selama tidak ada hujan atau penyiraman.

Selama pengujian, data dari sensor dikirimkan secara *real-time* ke aplikasi Blynk melalui koneksi internet, sehingga memungkinkan pemantauan jarak jauh. Hal ini memudahkan pengguna dalam mengakses informasi dengan cepat, efisien, dan tanpa harus berada di lokasi secara langsung. Tampilan Blynk untuk lokasi ini ditunjukkan pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Tampilan Blynk Lokasi BTN Kolhua

Lokasi 3 Penfui

Lokasi ketiga pengambilan data berada di Kelurahan Penfui, Kota Kupang, yang terletak pada ketinggian 60,11 meter di atas permukaan laut (mdpl), dengan koordinat 10°09'39" LS dan 123°39'13" BT. Pada **Gambar 12** menunjukkan kondisi lokasi Penfui saat dilakukan pengambilan data.



Gambar 12. Lokasi Pengujian Penfui

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 21 April 2025 mulai pukul 08:00 hingga 17:00 WITA. Data direkam setiap 10 menit secara otomatis oleh sistem monitoring berbasis mikrokontroler.

Tabel 8 menyajikan hasil pengujian parameter suhu dan kelembapan udara serta tanah yang direkam pada lokasi ini.

Tabel 8. Data Hasil Pengujian Lokasi Penfui

Waktu	Suhu Udara (°C)	Kel. Udara (%)	Suhu Tanah (°C)	Kel. Tanah (%)
11:37	32,40	58,20	30,52	86,00
11:47	33,20	48,40	31,47	86,00
11:57	32,10	49,90	32,44	87,00
12:07	30,50	53,50	30,69	87,00
12:17	29,90	54,20	29,81	87,00
12:27	29,80	55,20	29,44	87,00
12:37	29,60	56,40	29,19	87,00
12:47	28,40	58,00	28,69	87,00
12:57	29,10	56,00	28,56	87,00
13:07	29,20	54,60	28,44	87,00
13:17	30,90	55,30	29,90	87,00
13:27	31,50	53,30	30,00	87,00
13:37	31,10	55,50	29,88	87,00
13:47	31,50	55,10	30,34	87,00

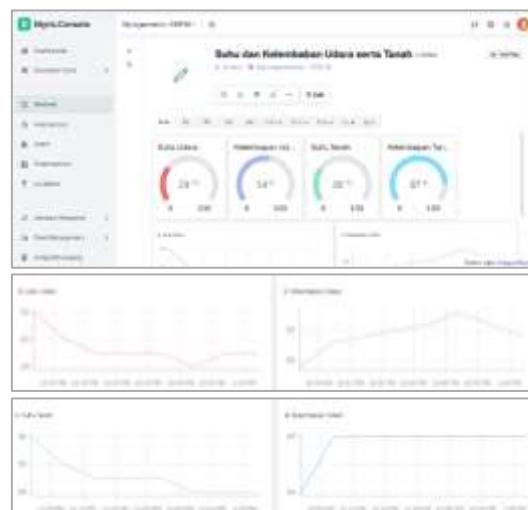
Berdasarkan data **Tabel 8**, suhu udara mengalami penurunan dari 32,4°C menjadi 28,4°C, dengan range perubahan 4,0°C, disertai peningkatan kelembapan udara dari 48,4% menjadi 58,2%, dengan kenaikan sebesar 9,8%. Hubungan terbalik antara suhu dan kelembapan kembali muncul, sebagaimana dikemukakan dalam penelitian oleh Rifaat dkk [17] yang menyatakan bahwa saat suhu turun, kelembapan relatif meningkat.

Suhu tanah menurun dari 32,44°C menjadi 28,44°C, dengan perubahan 4,0°C, yang lebih besar dibandingkan dua lokasi sebelumnya. Hal ini mengindikasikan bahwa tanah di Penfui kemungkinan memiliki kapasitas panas lebih rendah atau kondisi fisik tanah lebih berpasir sehingga lebih cepat melepaskan panas. Sementara itu, kelembapan tanah tetap stabil di kisaran 86% hingga 87%. Kelembapan yang tinggi ini disebabkan oleh kandungan air yang cukup besar di dalam tanah atau kemungkinan lahan tersebut baru disiram.

Dibandingkan lokasi lainnya, Penfui menunjukkan nilai kelembapan tanah yang jauh lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa alat mampu mengukur kelembapan

tanah dalam rentang yang luas dan tetap konsisten pada kondisi tanah jenuh air.

Seperti pada lokasi sebelumnya, data hasil pengukuran berhasil dikirimkan secara *real-time* ke aplikasi Blynk, yang menegaskan bahwa alat bekerja stabil dan responsif dalam kondisi lapangan dengan karakteristik tanah yang berbeda. Tampilan Blynk untuk lokasi ini ditunjukkan pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Tampilan Blynk Lokasi Penfui

Perbandingan Hasil Pengujian Antar Lokasi

Untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai kinerja alat pada kondisi lingkungan yang berbeda, dilakukan analisis perbandingan hasil pengujian di tiga lokasi, yaitu Naikoten 1, BTN Kolhua, dan Penfui. Data hasil perbandingan rata-rata antar lokasi disajikan pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Data Perbandingan Antar Lokasi

Parameter	Naikoten 1	BTN Kolhua	Penfui
Rata-rata Suhu Udara (°C)	29,97	31,79	30,66
Rata-rata Kel. Udara (%)	65,15	60,03	54,54

Rata-rata			
Suhu Tanah (°C)	27,78	26,40	29,95
Rata-rata Kel. Tanah (%)	62,53	58,47	86,66

Berdasarkan data pada **Tabel 9**, nilai rata-rata pada ketiga lokasi pengujian menunjukkan adanya perbedaan karakteristik mikroklimat yang signifikan, yang memengaruhi pola variasi suhu dan kelembapan yang terekam oleh sistem. Pada parameter suhu udara, lokasi BTN Kolhua memiliki nilai rata-rata tertinggi yaitu 31,79°C, diikuti oleh Penfui sebesar 30,66°C dan Naikoten 1 sebesar 29,97°C. Secara statistik, hal ini menunjukkan bahwa BTN Kolhua memiliki intensitas pemanasan permukaan yang lebih tinggi, kemungkinan dipengaruhi oleh kondisi topografi yang lebih terbuka serta vegetasi yang lebih jarang sehingga radiasi matahari lebih mudah memanaskan udara. Sebaliknya, Naikoten 1 memperlihatkan kondisi lingkungan yang lebih sejuk dengan kelembapan udara yang lebih tinggi.

Nilai rata-rata kelembapan udara memperkuat karakteristik tersebut, dimana Naikoten 1 menempati posisi tertinggi dengan rata-rata 65,15%, sedangkan BTN Kolhua sebesar 60,03% dan Penfui menjadi lokasi dengan kelembapan terendah yaitu 54,54%. Secara ilmiah, hal ini mengindikasikan bahwa Naikoten 1 memiliki tingkat evaporasi yang lebih rendah dan retensi uap air di udara lebih tinggi. Sebaliknya, kelembapan udara yang lebih rendah di Penfui menunjukkan bahwa udara lebih cepat memanas sehingga kapasitas udara menahan uap air menurun dan nilai kelembapan relatif menjadi lebih kecil.

Pada parameter suhu tanah, statistik menunjukkan bahwa Penfui memiliki nilai rata-rata tertinggi sebesar 29,95°C, yang

mengindikasikan karakter tanah berpasir dengan kapasitas panas lebih rendah sehingga cepat mengalami peningkatan suhu saat terkena radiasi matahari. BTN Kolhua memiliki suhu tanah paling rendah dan stabil (26,40°C), mengonfirmasi bahwa tanah di lokasi ini lebih padat dan mampu menahan perubahan panas dalam rentang yang sempit. Sementara Naikoten 1 berada pada kondisi menengah dengan suhu tanah rata-rata 27,78°C.

Perbedaan paling mencolok terlihat pada parameter kelembapan tanah. Penfui memiliki rata-rata kelembapan tanah sebesar 86,86%, jauh di atas Naikoten 1 (62,53%) maupun BTN Kolhua (58,47%). Secara statistik, nilai ini menunjukkan bahwa tanah Penfui berada dalam kondisi sangat basah atau jenuh air, yang memberikan bukti bahwa alat mampu membaca kondisi ekstrem dengan stabil. Nilai kelembapan tanah yang lebih rendah di Naikoten 1 dan BTN Kolhua menunjukkan kemampuan retensi air yang lebih kecil serta tingkat penguapan yang lebih tinggi pada permukaan tanah.

Secara keseluruhan, variasi rata-rata pada keempat parameter lingkungan ini menunjukkan bahwa alat mampu mengukur perbedaan kondisi lingkungan antar lokasi secara konsisten dan sensitif.

KESIMPULAN

Telah berhasil dirancang sebuah alat ukur portabel berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk pengukuran suhu dan kelembapan udara serta tanah. Sistem ini memanfaatkan sensor DHT22 yang memiliki tingkat akurasi sebesar 99,47% untuk suhu udara dan 95,79% untuk kelembapan udara, serta sensor DS18B20 dengan akurasi 99,41% untuk pengukuran suhu tanah. Selain itu, digunakan juga *Capacitive Soil Moisture Sensor v2.0* untuk memantau kelembapan tanah. Seluruh sensor ini terintegrasi dengan

mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang berperan sebagai pusat kendali utama sistem. Alat ini mampu menampilkan data pengukuran secara *real-time* melalui layar OLED dan aplikasi Blynk, sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi lingkungan secara langsung.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada orang tua atas dukungan yang diberikan. Terima kasih juga kepada Bapak Ari Bangkit Sanjaya Umbu, S.Si., M.Si, Bapak Jonshon Tarigan, S.Si., M.Sc, Bapak Ali Warsito, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing, yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Talli, W. I. S. A., Irawan, J. D., & Ariwibisono, F. X , “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Tanah Untuk Tanaman Cabai Berbasis IoT (Internet of Things),” *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 7, no. 4, pp. 2428–2435, 2023.
- [2] Khriswanti, J. T., Fitriyah, H., & Prasetyo, B. H, “Sistem Pengendali Suhu dan Kelembaban Udara Prototipe Greenhouse pada Tanaman Hidroponik menggunakan Metode Regresi Linier Berganda berbasis Arduino,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 6, no. 4, pp. 1531–1538, 2022.
- [3] Rozci, F, “Dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian padi,” *Jurnal Ilmiah Sosio Agribis*, vol. 23, no. 2, pp. 108–116, 2024.
- [4] Junaedi, N. A., Amrita, A. A. N., & Setiawan, N , “Implementasi sistem pemantauan suhu dan kelembaban udara berbasis IoT pada plant factory kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Udayana,” *Jurnal Spektrum*, vol. 9, no. 2, 2022.
- [5] Hayatunnufus, H., & Alita, D, “Sistem Cerdas Pemberi Pakan Ikan Secara Otomatis,” *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, vol. 1, no. 1, pp. 11–16, 2020.
- [6] Goda, K. D., & Neta, A. D. P. S, “Kajian Pengembangan Internet of Things (IoT) pada Sektor Pertanian di Kabupaten Ngada, Nusa Tenggara Timur,” *Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi*, vol. 6, no. 2, pp. 478–493, 2024.
- [7] Roby, F., & Junadhi, J, “Sistem kontrol intensitas cahaya, suhu dan kelembaban udara pada greenhouse berbasis Raspberry Pi,” *JTIS*, vol. 2, no. 1, 2019.
- [8] Marcos, H., & Muzaki, H, “Monitoring Suhu Udara dan Kelembaban Tanah Pada Budidaya Tanaman Pepaya,” *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, vol. 3, no. 2, pp. 32–43, 2022.
- [9] Sari, D. V., Surtono, A., & Warsito, W, “Sistem Pengukuran Suhu Tanah Menggunakan Sensor DS18B20 dan Perhitungan Resistivitas Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner,” *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 4, no. 2, pp. 105–110, 2016.
- [10] Tullah, R., Sutarmen, S., & Setyawan, A. H , “Sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno pada toko tanaman hias Yopi,” *Jurnal Sisfotek Global*, vol. 9, no. 1, 2019.
- [11] M. Y. Ridwan, L. Nurpulaela, and I. A. Bangsa, “Pengaplikasian Sistem IoT Pada Alat Penyiram Tanaman Otomatis

- Berbasis Arduino Nano,” *JE-Unisla*, vol. 7, no. 1, pp. 26–31, 2022
- [12] Wahyu, S., Syafaat, M., Yuliana, A., & Meliyani, R, “Aplikasi Sensor BH1750 Untuk Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Cabai Menggunakan Arduino Bertenaga Surya Terintegrasi Internet of Things (IoT),” *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 9, no. 2, pp. 71–78, 2021.
- [13] Kain, M. M., Wahid, A., & Geru, A. S, “Analisis Pengaruh El Nino Terhadap Hujan di NTT,” *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, vol. 3, no. 2, pp. 155–162, 2018.
- [14] Vien, B. H., Hadary, F., & Yurisinthae, E, “Sistem monitoring pH tanah, suhu dan kelembaban tanah pada tanaman jagung berbasis Internet of Things (IoT),” *Jurnal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, vol. 11, no. 1, 2023.
- [15] Muchtar, H., & Ulhaq, M. Z. H, “Rancang bangun smart monitoring farming pada media tanah menggunakan sistem IoT (Internet of Things),” *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, vol. 6, no. 2, pp. 133–142, 2023.
- [16] Zaelani, M., & Zafia, A, “Sistem monitoring suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah dan penyiraman otomatis pada tanaman hias Janda Bolong,” *JIMP - Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan*, vol. 8, no. 1, pp. 21–27, 2023.
- [17] Rifaat, A. B., Sephiani, F., Ridwang, R., & Adriani, A , “Pengembangan Sistem Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Sensor Suhu, Kelembapan Udara dan Kelembapan Tanah,” *VERTEX ELEKTRO*, vol. 16, no. 2, pp. 15–23, 2024

Andini Dengak dkk: Rancang Bangun Alat Ukur Portabel Berbasis Internet of Things Untuk Pengukuran Suhu dan Kelembapan Udara serta Tanah