

# Sistem Monitoring Cerdas Lahan Gambut berbasis *Internet of Things* untuk Pemantauan pH, Suhu, dan Kelembapan Tanah

Daniel M. Garang<sup>1</sup>, Nenry Kurniawati<sup>2</sup>, Wilson Jefriyanto<sup>3\*</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Fisika, Universitas Palangka Raya, Indonesia

e-mail: [wilsonjefriyanto@gmail.com](mailto:wilsonjefriyanto@gmail.com)

## Abstrak

Lahan gambut merupakan ekosistem yang sangat dipengaruhi oleh perubahan kondisi lingkungan sehingga memerlukan sistem pemantauan yang mampu menyajikan informasi secara real time. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring lahan gambut berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan Raspberry Pi 4 Model B untuk mengamati parameter suhu, kelembapan, dan pH tanah. Sistem dirancang menggunakan sensor suhu DS18B20, sensor kelembapan tanah YL-69, sensor pH tanah, modul ADS1115 sebagai konverter analog-ke-digital, serta platform Blynk untuk menampilkan hasil pengukuran. Evaluasi performa sensor dilakukan melalui analisis regresi linear, koefisien determinasi ( $R^2$ ), Mean Absolute Error (MAE), dan Root Mean Square Error (RMSE). Hasil kalibrasi memperlihatkan nilai  $R^2$  masing-masing sensor kelembapan, suhu, dan pH sebesar 0,9796; 0,9686; dan 0,9886 dengan nilai MAE serta RMSE yang relatif rendah. Pengamatan selama empat hari menunjukkan bahwa ketiga parameter mengalami perubahan yang mengikuti dinamika kondisi lahan gambut. Sistem mampu menjalankan proses akuisisi, pemrosesan, transmisi, dan visualisasi data secara real time melalui Blynk. Walaupun performa beberapa sensor menurun setelah digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama akibat karakteristik lingkungan gambut, sistem tetap dapat beroperasi untuk mendukung pemantauan kondisi lahan secara berkesinambungan dan berpotensi dimanfaatkan sebagai pendukung pengelolaan lahan gambut berbasis data.

**Kata kunci:** *Internet of Things* (IoT), lahan gambut, Raspberry Pi, monitoring real time, sensor tanah.

## 1. PENDAHULUAN

Lahan gambut merupakan ekosistem yang memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan, terutama sebagai penyimpan karbon alami, pengatur tata air, serta habitat bagi berbagai jenis flora dan fauna. Indonesia termasuk negara dengan luas lahan gambut yang signifikan, yang dicirikan oleh kandungan bahan organik tinggi, kondisi tanah yang selalu jenuh air, serta tingkat keasaman relatif tinggi. Karakteristik tersebut menyebabkan ekosistem gambut sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan, baik yang dipicu oleh aktivitas manusia maupun perubahan iklim. Oleh sebab itu, pemantauan kondisi lahan secara berkesinambungan menjadi salah satu langkah penting untuk mendukung upaya pengelolaan dan pelestarian ekosistem gambut secara berkelanjutan (Lestariningsih et al., 2018; Sudrajat & Subekti, 2019).

Parameter pH, suhu, dan kelembapan tanah merupakan indikator utama yang menggambarkan kondisi lahan gambut. Ketiga parameter tersebut berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme, ketersediaan unsur hara, serta kualitas lingkungan tanah sehingga sering digunakan sebagai indikator kondisi lahan. Meskipun demikian, proses pemantauan yang masih dilakukan secara manual memiliki berbagai keterbatasan, antara lain membutuhkan waktu dan tenaga yang cukup besar, tidak mampu menyediakan data secara terus-menerus, serta kurang efektif dalam memberikan informasi kondisi lahan secara langsung. Seiring berkembangnya teknologi *Internet of Things* (IoT), proses monitoring dapat dilakukan secara otomatis melalui integrasi sensor, perangkat komputasi, dan jaringan internet sehingga data hasil pengukuran dapat dikirim, disimpan, dan diakses dari lokasi yang berbeda secara *real time* (Arisandi et al., 2024; Mitchell et al., 2024; Selay et al., 2022).

Beberapa penelitian telah menerapkan teknologi IoT untuk mendukung sistem pemantauan lingkungan maupun mitigasi bencana (Jefriyanto et al., 2023). Penggunaan mikrokontroler seperti ESP32 juga telah banyak diterapkan untuk memantau suhu dan kelembapan tanah, sedangkan sistem monitoring berbasis web dan jaringan sensor berbiaya rendah terbukti meningkatkan efektivitas pemantauan lahan gambut

(Arisandi et al., 2024; Mitchell et al., 2024; Pangestu et al., 2020; Prakoso et al., 2022). Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan pada kemampuan komputasi dan hanya memantau sebagian parameter lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan melalui penggunaan Raspberry Pi sebagai perangkat *edge computing* yang memiliki kapasitas komputasi lebih tinggi dibandingkan ESP32, sehingga mampu mengintegrasikan sensor suhu DS18B20, sensor kelembapan tanah YL-69, dan sensor pH tanah dalam satu sistem monitoring lahan gambut yang lebih komprehensif.

Raspberry Pi 4 Model B merupakan komputer papan tunggal yang memiliki kemampuan pemrosesan lebih tinggi dibandingkan mikrokontroler konvensional karena mendukung sistem operasi Linux, multitugas (*multitasking*), serta integrasi dengan berbagai sensor dan layanan *cloud* (Mulyanto et al., 2021; Ulil Albab et al., 2023). Selain itu, penggunaan modul ADS1115 memungkinkan Raspberry Pi membaca keluaran sensor analog dengan resolusi 16-bit sehingga proses akuisisi data menjadi lebih presisi (Harnawan et al., 2023; Rahman et al., 2025). Kombinasi perangkat tersebut berpotensi menghasilkan sistem monitoring yang lebih stabil untuk pemantauan kondisi lahan gambut secara *real time*.

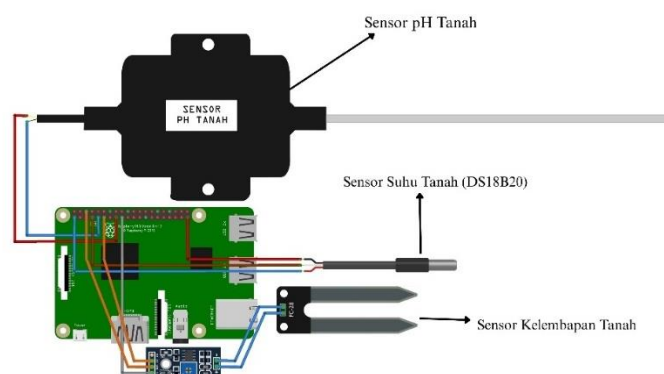
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring lahan gambut berbasis IoT menggunakan Raspberry Pi 4 Model B untuk memantau parameter pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah secara *real time*. Sistem monitoring yang dikembangkan diharapkan mampu menyediakan data kondisi lahan secara berkesinambungan dengan akses yang mudah dan penyajian informasi yang cepat. Ketersediaan data tersebut diharapkan dapat menjadi bahan pendukung dalam proses pengambilan keputusan terkait pengelolaan lahan gambut secara berbasis data..

## 2. METODE PENELITIAN

Pengembangan sistem pada penelitian ini dilakukan dengan pendekatan *Research and Development* (R&D) untuk menghasilkan sistem monitoring lahan gambut berbasis *Internet of Things* (IoT). Proses penelitian mencakup analisis kebutuhan, penelaahan literatur, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, integrasi sistem, kalibrasi sensor, pengujian, pengambilan data di lokasi penelitian, hingga evaluasi hasil pengukuran. Dalam implementasinya, Raspberry Pi 4 Model B dimanfaatkan sebagai unit pemrosesan utama yang bertugas membaca, mengolah, dan mengirimkan data pH, suhu, serta kelembapan tanah secara *real time*..

### 2.1 Arsitektur Sistem

Sistem monitoring dibangun menggunakan Raspberry Pi 4 Model B yang dipadukan dengan sensor suhu DS18B20, sensor kelembapan tanah YL-69, sensor pH tanah, modul ADS1115, jaringan WiFi, dan platform Blynk. Sensor DS18B20 berkomunikasi langsung dengan Raspberry Pi melalui antarmuka 1-Wire, sedangkan sensor pH dan kelembapan tanah dihubungkan menggunakan modul ADS1115 melalui protokol I<sup>2</sup>C untuk mengatasi keterbatasan Raspberry Pi yang tidak memiliki ADC bawaan. Data yang diperoleh dari seluruh sensor kemudian diolah oleh Raspberry Pi dan diteruskan melalui koneksi internet ke *platform* Blynk sehingga hasil pemantauan dapat diakses secara *real time* melalui perangkat komputer maupun *smartphone*.



**Gambar 1.** Arsitektur Sistem Monitoring

## 2.2 Implementasi Sistem

### 2.2.1 Perancangan Perangkat Keras

Konfigurasi perangkat keras pada sistem terdiri atas Raspberry Pi 4 Model B yang berfungsi sebagai pusat kendali, sensor suhu DS18B20, sensor kelembapan tanah YL-69, sensor pH tanah, modul ADS1115, sumber catu daya, serta koneksi WiFi. Seluruh perangkat kemudian dipasang dan dihubungkan mengikuti rancangan diagram blok agar proses akuisisi, pengolahan awal, dan integrasi data dari setiap sensor dapat berjalan secara optimal.

### 2.2.2 Perancangan Perangkat Lunak

Sistem perangkat lunak dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python yang berjalan pada sistem operasi Raspberry Pi OS. Program tersebut bertanggung jawab terhadap proses akuisisi data sensor, konversi sinyal analog ke data digital melalui modul ADS1115, pengolahan hasil pengukuran, serta transmisi data ke *platform* Blynk menggunakan koneksi internet. Setelah diterima oleh *platform*, data disajikan dalam bentuk nilai numerik dan grafik sehingga pengguna dapat memantau kondisi lahan secara *real time*.

### 2.2.3 Pengujian dan Kalibrasi

Kalibrasi seluruh sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap instrumen acuan yang sesuai. Sensor pH dan sensor kelembapan tanah menggunakan *Digital Soil Analyzer Tester Meter* sebagai alat referensi dengan spesifikasi rentang pengukuran pH 3,5–9,0 dan resolusi 0,1 pH. Untuk sensor suhu DS18B20 digunakan *Hygrometer/Thermometer* HTC-1 yang memiliki rentang pengukuran –10 hingga 50 °C, resolusi 0,1 °C, serta tingkat akurasi  $\pm 1$  °C. Selanjutnya, pengujian dilakukan sebanyak delapan kali pengulangan pada media tanah gambut untuk setiap sensor.

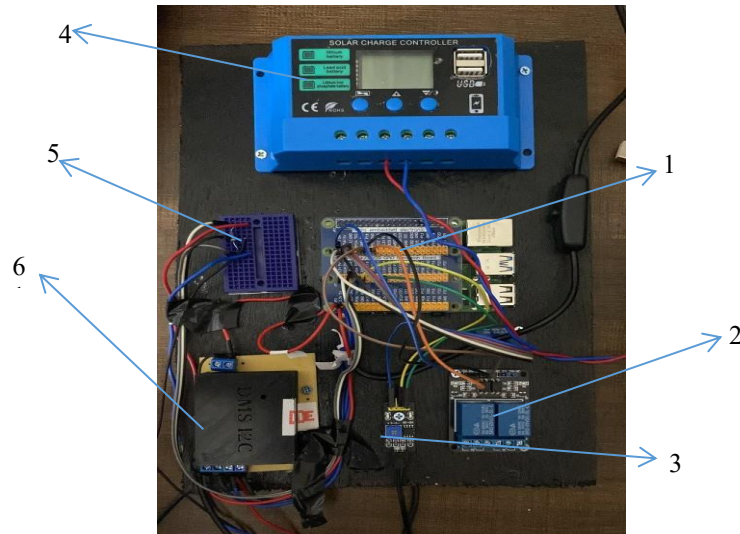
## 2.3 Analisis Data

Data hasil kalibrasi dianalisis menggunakan regresi linear untuk mengetahui hubungan antara hasil pembacaan sensor dan alat referensi. Tingkat performa sensor dievaluasi menggunakan koefisien determinasi ( $R^2$ ), Mean Absolute Error (MAE), dan Root Mean Square Error (RMSE). Koefisien determinasi ( $R^2$ ) digunakan untuk menilai kekuatan hubungan antara hasil pembacaan sensor dan alat referensi, sedangkan MAE dan RMSE digunakan untuk mengukur besarnya kesalahan pengukuran, dengan RMSE lebih sensitif terhadap kesalahan bernilai besar dibandingkan MAE (Chicco et al., 2021; Kang et al., 2022).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Implementasi Sistem Monitoring

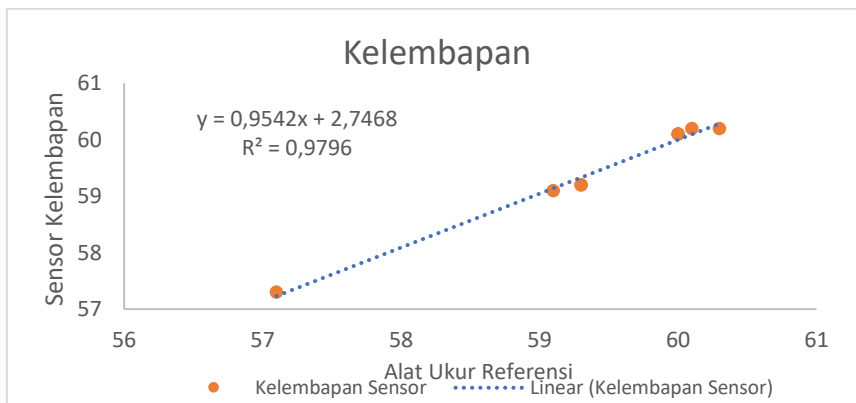
Implementasi sistem monitoring lahan gambut berbasis IoT dilakukan dengan menjadikan Raspberry Pi 4 Model B sebagai pusat pengolahan data sekaligus pengendali utama. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2, meliputi: (1) Raspberry Pi 4 Model B sebagai unit pemrosesan dan pengendali utama, (2) *modul relay* untuk mengatur suplai daya ke sensor, (3) sensor kelembapan tanah YL-69 yang berfungsi mengukur kadar kelembapan tanah, (4) *solar charge controller* sebagai pengendali proses pengisian dan distribusi energi dari sumber catu daya, (5) *terminal block* yang mempermudah koneksi sensor suhu DS18B20 dengan Raspberry Pi, serta (6) sensor pH tanah untuk mengukur tingkat keasaman tanah gambut. Seluruh perangkat bekerja secara terintegrasi sehingga proses pembacaan sensor, pengolahan data, pengiriman informasi, hingga penyajian hasil pada *platform* Blynk dapat berlangsung secara *real time*.



**Gambar 2.** Rangkaian Sistem Monitoring

### 3.2 Hasil Kalibrasi Sensor

Kalibrasi dilakukan menggunakan alat ukur acuan pada tiga jenis sensor, yaitu sensor pH tanah, sensor suhu DS18B20, serta sensor kelembapan tanah. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa hubungan linear yang paling kuat dengan alat referensi diperoleh oleh sensor suhu DS18B20. Sementara itu, sensor pH dan sensor kelembapan tanah menghasilkan penyimpangan yang lebih tinggi, yang diduga dipengaruhi oleh perubahan konduktivitas listrik serta tingkat keasaman tanah gambut yang bersifat dinamis.



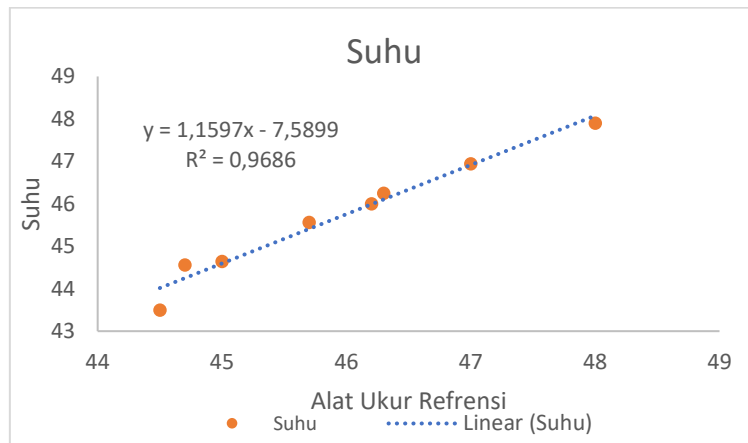
**Gambar 3.** Kalibrasi Sensor Kelembapan

**Tabel 1.** Hasil Analisis MAE dan RMSE Sensor Kelembapan

|            | N Total | MAE | RMSE |
|------------|---------|-----|------|
| Kelembapan | 8,00    | 0,1 | 0,11 |

$$y = 0,9542x + 2,7468 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,9796 \quad (2)$$



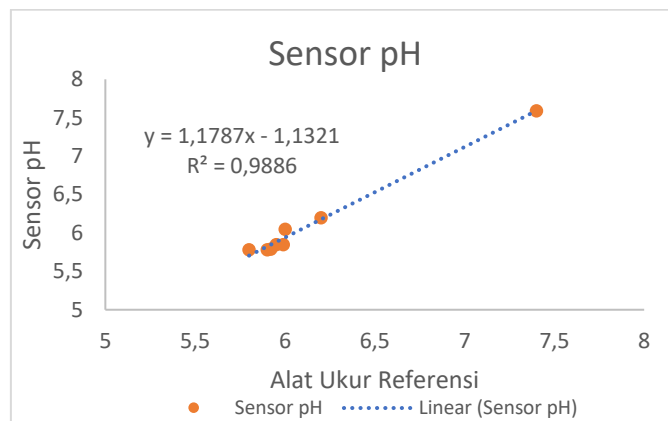
**Gambar 2.** Kalibrasi Sensor Suhu

**Tabel 2.** Hasil Analisis MAE dan RMSE Sensor Suhu

|      | N Total | MAE  | RMSE |
|------|---------|------|------|
| Suhu | 8,00    | 0,26 | 0,39 |

$$y = 1,1597x - 7,5899 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,9686 \quad (4)$$



**Gambar 3.** Kalibrasi Sensor pH

**Tabel 3.** Hasil Analisis MAE dan RMSE Sensor pH

|    | N Total | MAE  | RMSE |
|----|---------|------|------|
| pH | 8,00    | 0,09 | 0,11 |

$$y = 1,1787x - 1,1321 \quad (5)$$

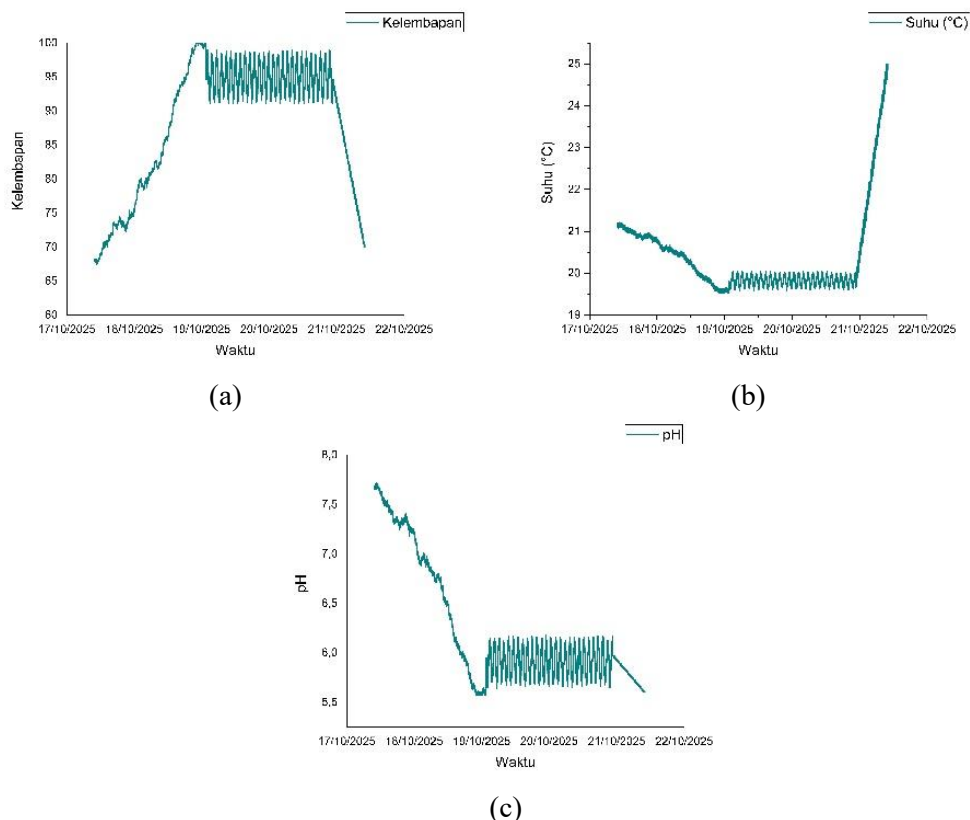
$$R^2 = 0,9886 \quad (6)$$

Berdasarkan hasil kalibrasi, sensor kelembapan tanah YL-69 mampu memberikan hasil pengukuran yang masih konsisten dalam merepresentasikan kondisi kelembapan tanah, sehingga layak digunakan sebagai indikator pada sistem monitoring lahan gambut. Sensor suhu DS18B20 menunjukkan performa pengukuran yang stabil dengan tingkat kesalahan yang rendah, sehingga mampu merepresentasikan perubahan suhu tanah secara akurat. Sementara itu, sensor pH tetap mampu mengikuti perubahan nilai keasaman tanah dengan tingkat penyimpangan yang relatif kecil dibandingkan alat referensi, sehingga masih dapat dimanfaatkan untuk memantau perubahan nilai pH tanah secara *real time*.

Secara umum, hasil kalibrasi menunjukkan bahwa seluruh sensor memiliki kinerja yang memadai untuk diintegrasikan ke dalam sistem monitoring lahan gambut berbasis Internet of Things (IoT). Meskipun demikian, karakteristik tanah gambut yang memiliki kandungan bahan organik tinggi, tingkat keasaman yang rendah, serta konduktivitas listrik yang bervariasi berpotensi memengaruhi stabilitas pembacaan sensor, terutama pada sensor analog. Oleh karena itu, kalibrasi secara berkala diperlukan untuk menjaga keakuratan dan keandalan sistem selama digunakan dalam jangka panjang.

### 3.3 Monitoring pH, Suhu, dan Kelembapan Tanah.

Sistem berhasil melakukan monitoring kondisi lahan gambut secara kontinu selama periode pengujian. Data hasil pengukuran dikirim ke platform Blynk dan ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga perubahan nilai pH, suhu, dan kelembapan tanah dapat diamati secara *real time*.



**Gambar 4** Grafik Monitoring Selama 4 hari periode pengamatan a) Kelembapan, b) Suhu dan c) pH

Berdasarkan hasil monitoring, nilai pH, suhu, dan kelembapan tanah menunjukkan fluktuasi selama empat hari pengamatan. Fluktuasi suhu dipengaruhi oleh perubahan suhu lingkungan akibat siklus siang dan malam, sedangkan perubahan kelembapan tanah berkaitan dengan kondisi kadar air di lahan gambut yang dipengaruhi oleh proses evaporasi, curah hujan, dan kemampuan gambut dalam menyerap serta menyimpan air yang tinggi. Sementara itu, perubahan nilai pH diduga dipengaruhi oleh dinamika kandungan air dan karakteristik lahan gambut yang kaya bahan organik dan bersifat masam menyebabkan proses dekomposisi berlangsung secara alami serta memengaruhi lingkungan kerja sensor. Walaupun sistem berhasil melakukan akuisisi dan transmisi data ke platform Blynk secara *real time*, pengoperasian dalam waktu yang lama mengakibatkan penurunan kinerja beberapa sensor. Hal tersebut diperkirakan disebabkan oleh kondisi lingkungan yang lembap dan asam sehingga mempercepat korosi pada komponen sensor dan meningkatkan kemungkinan terjadinya kesalahan pengukuran. Dengan demikian, pelaksanaan kalibrasi serta perawatan secara rutin menjadi langkah penting untuk menjaga ketelitian dan keandalan sistem.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring lahan gambut berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil direalisasikan dengan Raspberry Pi 4 Model B sebagai pusat pengendali. Sistem mampu mengintegrasikan sensor pH, sensor suhu DS18B20, sensor kelembapan tanah, modul ADS1115, dan platform Blynk sehingga proses pengambilan, pengolahan, pengiriman, hingga penyajian data dapat dilakukan secara otomatis dan *real time* melalui jaringan internet.

Pengujian performa sensor memperlihatkan bahwa DS18B20 memiliki tingkat kestabilan dan akurasi pengukuran terbaik. Di sisi lain, hasil pembacaan sensor pH dan sensor kelembapan tanah masih dipengaruhi oleh kondisi khas lahan gambut, terutama kelembapan tinggi dan tingkat keasaman tanah. Walaupun terdapat keterbatasan tersebut, sistem tetap mampu menjalankan fungsi monitoring dengan baik dan berpotensi menjadi pendukung pengelolaan lahan gambut berbasis data. Pada penelitian berikutnya, penggunaan sensor yang lebih tahan terhadap lingkungan gambut disarankan untuk meningkatkan kestabilan operasional serta akurasi hasil pengukuran.

Secara praktis, sistem yang dikembangkan berpotensi dimanfaatkan sebagai pendukung pemantauan kondisi lahan gambut secara berkelanjutan serta sebagai sumber informasi awal dalam upaya mitigasi risiko kebakaran lahan gambut melalui pemantauan perubahan parameter lingkungan secara *real time*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arisandi, D., Syamsuadi, A., & Trisnawati, L. (2024). Design of a Human-Centric Sensing Technology and Systems for Wildfire Prevention in Peatland of Riau Province. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 12(16s), 690–697.
- Chicco, D., Warrens, M. J., & Jurman, G. (2021). The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. *PeerJ Computer Science*, 7, 1–24. <https://doi.org/10.7717/PEERJ-CS.623>
- Harnawan, A. A., Mazdadi, M. I., Diyanah, M. N., & Ansari, W. (2023). SISTEM PENGUKUR JARAK MENGGUNAKAN SENSOR INFRARED BERBASIS RASPBERRY PI. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 8(3), 135–146.
- Jefriyanto, W., Samudra, A., Adelia, K. A. C., Bryan, K., & Sukoco, Y. C. (2023). Penerapan Sistem Monitoring Pergeseran Tanah berbasis Internet of Things (IoT) di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kahayan, Kota Palangka Raya. *Pengabdian Kampus : Jurnal Informasi Kegiatan Pengabdian Pada Masyarakat*, 10(2), 153–158. <https://doi.org/10.52850/jpmupr.v10i2.11046>
- Kang, Y., Aye, L., Ngo, T. D., & Zhou, J. (2022). Performance evaluation of low-cost air quality sensors: A review. *Science of the Total Environment*, 818. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151769>
- Lestariningsih, N., Handayani, F., & Salasiah, S. (2018). Karakteristik Tanah Gambut Dan Keanekaragaman Tumbuhan Tinggi Di Taman Nasional Sebangau Kalimantan Tengah. *Biosfer : Jurnal Tadris Biologi*, 9(1), 114. <https://doi.org/10.24042/biosf.v9i1.2893>
- Mitchell, H. L., Cox, S. J., & Lewis, H. G. (2024). A Low-Cost Sensor Network for Monitoring Peatland. *Sensors*, 24(18). <https://doi.org/10.3390/s24186019>
- Mulyanto, T. A., Habiby, M., Kusnadi, & Adam, R. (2021). HOME AUTOMATION SYSTEM DENGAN MENGGUNAKAN RASPBERRY PI 4. *JURNAL DIGIT*, 11(1), 60–73. <https://doi.org/10.55041/ijsrem32505>
- Pangestu, A., Latifa, U., & Nurpulaela, L. (2020). PERANCANGAN SISTEM MONITORING JARAK JAUH PADA SMART AGRICULTURE SYSTEM Abie. *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*, 5(1), 1–11.
- Prakoso, S. Y., Harnawan, A. A., Mazdadi, M. I., & Pambudi, Y. (2022). Sistem Monitor Suhu dan Kelembaban Berbasis Cloud pada Lahan Gambut. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 19(1), 60. <https://doi.org/10.20527/flux.v19i1.10379>
- Rahman, A., Nurfalaq, A., & Manrulu, R. H. (2025). Rancang Bangun Alat Ukur Getaran Mesin berbasis Arduino. *Applied Physics of Cokroaminoto Palopo (APCP)*, 6(1), 23–30.
- Selay, A., Andgha, G. D., Alfarizi, M. A., Bintang, M. I., Falah, M. N., Khaira, M., & Encep, M. (2022).

INTERNET OF THINGS. *Karimah Tauhid*, 1(2963-590X), 861–862.

Sudrajat, A. S. E., & Subekti, S. (2019). Pengelolaan Ekosistem Gambut Sebagai Upaya Mitigasi Perubahan Iklim Di Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Planologi*, 16(2), 219.

<https://doi.org/10.30659/jpsa.v16i2.4459>

Ulil Albab, Rony Darpono, & Fahreza Moch Revikansyah. (2023). Rancang Bangun Sistem Informasi Gempa Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Web. *Jurnal Ilmiah Sains Teknologi Dan Informasi*, 1(1), 11–20.

<https://doi.org/10.59024/jiti.v1i1.118>