

Terbit online pada laman web jurnal: <https://jurnal.plb.ac.id/index.php/tematik/index>

T E M A T I K

Jurnal Teknologi Informasi Komunikasi (e-Journal)

Vol. 10 No. 2 (2023) 233 - 238

ISSN Media Elektronik: 2443-3640

## Prototipe Sistem Deteksi dan Monitoring Penurunan Muka Tanah Pada Lahan Pertanian Gambut Berbasis IoT

### *IoT-Based Peatland Subsidence Detection and Monitoring System*

Aulia Fitri<sup>1</sup>, Yulisa Suryana<sup>2</sup>, Ade Putri Maharani<sup>3</sup>, Elisa Fitriana<sup>4</sup>, Ihsanudin<sup>5</sup>, Rudy Ansari<sup>6</sup>,  
Finki Dona Marleny<sup>7\*</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin

<sup>1</sup>gaaaulia@gmail.com, <sup>2</sup>yulisasuryana@gmail.com, <sup>3</sup>adeputrimaharani09@gmail.com, <sup>4</sup>elizafitriana13@gmail.com,

<sup>5</sup>ihsan.udin17.iu@gmail.com, <sup>6</sup>rudy@umbjm.ac.id, <sup>7</sup>finkidona@umbjm.ac.id

#### Abstract

*Agriculture on peatlands has great potential to meet food and economic needs but also requires attention to sustainable management. Agriculture on peatlands faces several serious challenges. Peatlands tend to be fragile, with risks of subsidence, fire, and degradation. To overcome the problem of land subsidence in peatland agriculture, action, integration from various parties, and proper monitoring are needed. IoT systems integrated with soil level monitoring can help minimize peatland destruction and improve agricultural sustainability. From the problem of land subsidence in peat farmland, a solution to monitor land subsidence is proposed as a prototype system to detect and monitor land subsidence on peat agricultural land. This system uses an integrated sensor system designed on Arduino and integrated with the web to facilitate the monitoring process. The prototype is designed according to the characteristics of peat farmland. The results obtained from this prototype can vary depending on the complexity of the system and the data collected, from the results of trials and simulations carried out by this system prototype can be an alternative in increasing the productivity and sustainability of peatland while reducing the risk of environmental damage. In the long term, these results can also have a positive impact on agricultural sustainability and peatland sustainability.*

*Keywords: land subsidence, IoT, arduino, agriculture, peat*

#### Abstrak

Pertanian di lahan gambut memiliki potensi besar untuk memenuhi kebutuhan pangan dan ekonomi, tetapi juga memerlukan perhatian dalam pengelolaan yang berkelanjutan. Pertanian di lahan gambut dihadapkan pada sejumlah tantangan serius. Lahan gambut cenderung rapuh, dengan risiko penurunan muka tanah, kebakaran, dan degradasi. Untuk mengatasi masalah penurunan muka tanah di lahan pertanian gambut, diperlukan tindakan, integrasi dari berbagai pihak dan pemantauan yang tepat. Sistem IoT yang terintegrasi dengan pemantauan muka tanah dapat membantu meminimalkan kerusakan lahan gambut dan meningkatkan keberlanjutan pertanian. Dari permasalahan penurunan muka tanah di lahan pertanian gambut solusi untuk memonitor penurunan muka tanah diusulkan sebuah prototipe sistem untuk mendeteksi dan memonitor penurunan muka tanah pada lahan pertanian gambut. Sistem ini menggunakan integrasi sistem alat sensor yang di rancang pada Arduino dan terintegrasi dengan web untuk memudahkan proses monitoring. Prototipe di rancang sesuai dengan keadaan karakteristik lahan pertanian gambut. Hasil yang didapatkan dari prototipe ini dapat bervariasi tergantung pada kompleksitas sistem dan data yang dikumpulkan, dari hasil ujicoba dan simulasi yang dilakukan prototipe sistem ini dapat menjadi alternatif dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan lahan pertanian gambut sambil mengurangi risiko kerusakan lingkungan. Dalam jangka panjang, hasil ini juga dapat berdampak positif pada keberlanjutan pertanian dan kelestarian lahan gambut.

Kata kunci: penurunan muka tanah, IoT, arduino, pertanian, gambut

#### 1. Pendahuluan

Penurunan muka tanah (*land subsidence*) merupakan fenomena yang sedang dikaji di beberapa negara, termasuk Indonesia. Penurunan muka tanah terjadi

karena ekstraksi air tanah yang berlebih[1]. Dampak buruk yang dapat ditimbulkan akibat penurunan tanah pada lahan pertanian gambut adalah tumbangny tanaman[2], [3]. Akibatnya, tanaman tidak mampu berproduksi kembali, dan jika dibiarkan terus menerus

akan menimbulkan krisis daerah resapan air yang mana dapat menyebabkan banjir. Selain itu, sifat fisik gambut yang tidak *rewettable* atau *irreversible drying*, mengakibatkan lahan gambut tidak dapat kembali menggenang setelah mengalami kekeringan yang berlebihan[4]–[6]. Sehingga, permukaan lahan gambut yang mengalami penurunan memiliki kemungkinan terbakar lebih besar di musim kemarau dan pada musim hujan akan terendam air[7].

Berbagai manfaat lahan gambut yang dapat dirasakan masyarakat yaitu dapat menjaga tata air dan mengurangi dampak musim penghujan atau musim kemarau[8]. Gambut bermanfaat untuk mencegah kekeringan, banjir dan pencampuran air asin untuk irigasi di area pertanian[9]. Lahan gambut juga dapat menyimpan cadangan karbon dalam jumlah besar, yang jika dilepaskan ke udara akan berubah menjadi emisi gas rumah kaca dalam jumlah besar. Emisi ini akan membawa ancaman perubahan iklim[10], [11]. Selain itu lahan gambut juga dapat menopang penghidupan masyarakat yang hidup dengan bergantung pada jasa lingkungan yang diberikan oleh ekosistem gambut[12]. Di antaranya lewat pertanian, perikanan dan usaha ekonomi khas gambut lainnya. Dari berbagai manfaat lahan gambut ini perlu adanya langkah awal dalam melakukan studi yang berkaitan dengan lahan gambut yaitu untuk mengukur penurunan tanah gambut yang berada di area lahan pertanian[13].

Selama ini proses mengukur penurunan tanah pada lahan gambut dilakukan secara langsung atau turun ke lapangan sehingga seringkali terjadi kelalaian dalam memeriksa keadaan tanah, sehingga banyak yang tidak sadar bahwa permukaan tanah semakin menurun akibat kondisi dan berbagai faktor yang mempengaruhinya. Proses monitoring dan deteksi penurunan muka tanah pada lahan pertanian gambut belum banyak dikembangkan. Perlunya mengetahui kondisi tanah gambut dapat membantu berbagai pihak yang berkepentingan dalam memantau kondisi lahan pertanian gambut agar manfaat dari lahan gambut tetap dapat di rasakan di kemudian hari dan terjaga kelestariannya.

Survei literatur mengungkapkan bahwa tidak banyak penelitian yang menganalisis terjadinya penurunan muka tanah lahan pertanian gambut menggunakan IoT. Faktor teknik yang dibahas terkait IoT dan lahan pertanian adalah merancang IoT untuk mengembangkan pertanian cerdas dengan menggunakan sistem pemikiran untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian[14]. IoT digunakan untuk membuka tantangan penerapan dalam rantai pasokan pertanian dan pangan[15]. IoT juga dapat digunakan sebagai alat untuk memantau irigasi secara digital untuk lahan pertanian[16]. Dan Iot juga digunakan untuk pemantauan[17].

Dari permasalahan di atas maka dibutuhkannya suatu sistem yang dapat memberikan informasi kepada masyarakat yang berada di daerah lahan gambut untuk mengetahui bagaimana penurunan tanah yang terjadi di tempat tersebut. Setiap sensor akan diletakkan pada tingkat kedalaman tanah gambut yang berbeda dari permukaan, sinyal listrik dari sensor dikondisikan oleh pengondisi sinyal dan proses dalam sistem diatur oleh mikrokontroler Arduino dan modul ESP32[16]. Data hasil pengukuran ditampilkan oleh LCD agar dapat dilihat dengan mudah oleh pemakainya. Sedangkan data sensor akan terkirim dan dimonitoring pada website. Luasan pengukuran dari sensor disesuaikan dengan tempat sensor, sehingga tidak seluruh permukaan sensor tersebut digunakan dalam proses pengukuran. Sistem diuji untuk mengukur keadaan tanah seperti ketinggian permukaan tanah gambut, kelembaban sampel tanah gambut yang ditempatkan pada tabung silinder.

## 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Yaitu dengan merancang dan merangkai alat-alat sensor yang terhubung kedalam sistem. Dalam pembuatan alat tersebut dibutuhkan beberapa komponen yang digunakan, komponen tersebut diantaranya adalah:

Mikrokontroler yang digunakan untuk alat ini adalah ESP32. Mikrokontroler berfungsi untuk mengendalikan sistem yang telah dilengkapi dengan jaringan WiFi untuk mengirimkan gambar secara realtime ke smartphone dengan basis Internet of Things[17].

LCD (Liquid Crystal Display) merupakan jenis tampilan panel datar yang mengguankan kristal cair dalam pengoperasiannya. Fungsi LCD adalah untuk menampilkan data, karakter, karakter, atau grafik. Kristal cair ini tipis, sedikit panas, dan memiliki resolusi tinggi.

Akrilik adalah bahan plastik transparan yang kuat, kaku dan jernih transparan. mika banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri dan konsumen. Mika banyak dipilih karena kokoh, transparan, fleksibel, dan tahan korosi.

Sensor DFRobot Waterproof DS18B20 merupakan sensor pengukur temperatur atau suhu yang dapat dihubungkan dengan mikrokontroler. Sensor ini memiliki keluaran digital sehingga tidak membutuhkan rangkaian ADC, tingkat keakuratan serta kecepatan dalam mengukur suhu memiliki kestabilan yang lebih baik dari sensor suhu lainnya[18].

Soil moisture sensor YL-69 adalah sensor kelembaban yang dapat mendeteksi kelembaban dalam tanah. Sensor ini sangat sederhana, tetapi ideal untuk memantau taman kota, atau tingkat air pada tanaman pekarangan[19].

Sensor DHT11 yang merupakan modul sensor yang berfungsi untuk mensensing objek suhu dan kelembaban yang memiliki output tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler[20].

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu

Breadboard adalah papan yang digunakan untuk menempatkan dan menyusun piranti/komponen-komponen elektronika menjadi rangkaian elektronika tanpa penyolderan.

Kabel jumper male to female adalah kabel yang kedua ujungnya berbeda, satu menggunakan pin konektor male dan satunya lagi female.

Gambaran umum kerangka kerja sistem yang dirancang seperti terlihat pada Gambar 1 terbagi atas dua layer sistem, yaitu: A. Manajemen data secara real time dan B. Integrasi sistem.

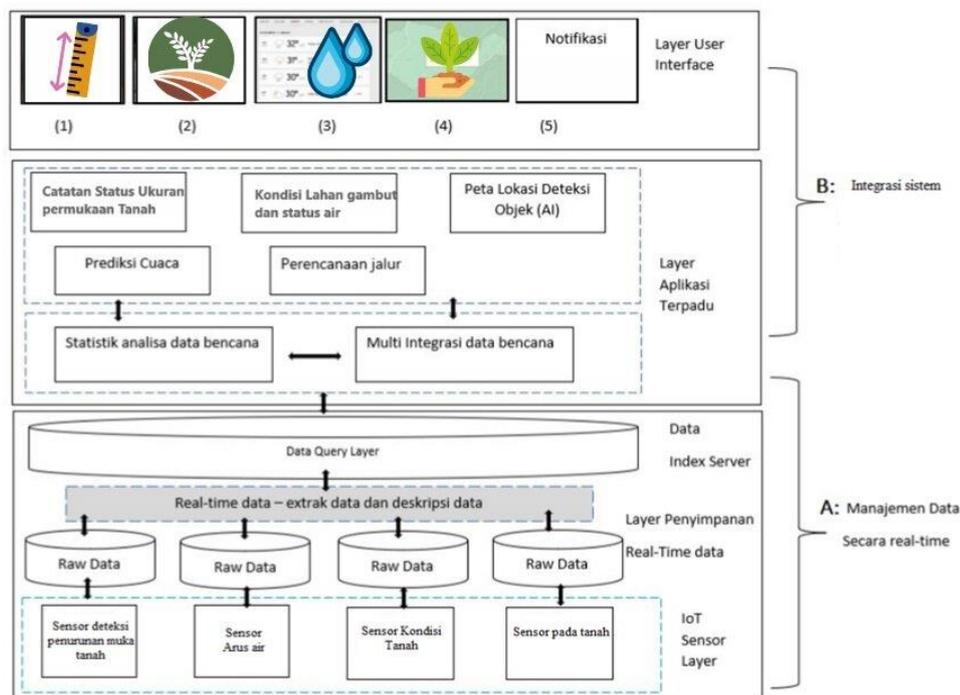
Pada layer A, data baru yang dihasilkan dari sensor yang terpasang pada rangkaian alat pada lahan pertanian gambut akan tersimpan di sistem yang

kemudian akan dimanajemen dengan baik. Data tersebut akan menghasilkan grafik untuk melihat bagaimana pergerakan data yang dihasilkan oleh sensor yang telah tertanam.

Pada layer B, merupakan integrasi sistem, dimana terdapat dua layer utama pada rancangan tersebut. Layer pertama adalah tampilan web untuk pengguna dimana terdapat hasil yang akan diterima pengguna pada interface sistem. Pengguna dapat melihat hasil pengukuran jarak muka tanah apakah ada penurunan muka tanah. Kedua hasil dari kelembaban tanah yang dapat membantu pengguna dalam informasi kelembaban tanah. Ketiga pengguna dapat melihat temperatur. Keempat pengguna dapat mengetahui rekomendasi tanaman yang cocok dengan kondisi tanah dan kelima pengguna mendapatkan notifikasi dari data yang termanajemen kedalam sistem di website.

Gambaran umum kerangka kerja sistem ini merupakan integrasi dari rangkaian alat yang telah di rancang dengan aplikasi yang berbentuk website. Web di rancang untuk melihat hasil monitoring dari sensor-sensor yang telah tertanam pada prototipe. Dari web tersebut pengguna mendapatkan informasi lebih lanjut tentang monitoring sistem.

Gambar 1 adalah gambaran umum dari kerangka kerja sistem yang akan ditampilkan kedalam sistem.

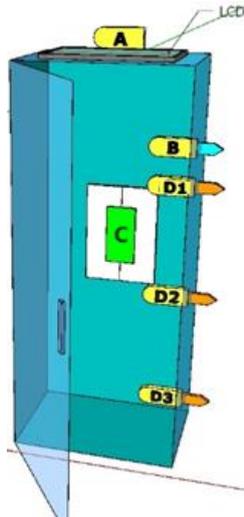


Gambar 1. Gambaran Umum Kerangka Kerja Sistem

Pada prototipe sistem alat dan sensor dirangkai dan dirancang kedalam kotak rangkaian alat yang Sebagian alat ini akan dibenamkan di dalam tanah. Dari Gambar 2, prototipe sistem yang dirancangkan memiliki beberapa

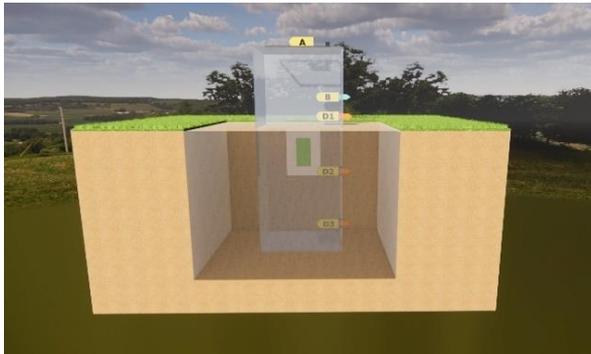
komponen. Pada komponen A terdapat LCD untuk menginformasikan hasil jarak pengukuran muka tanah. Apakah terjadi penurunan. Kemudian pada komponen B adalah sensor ultrasonic untuk mengukur jarak muka

tanah. Pada komponen C adalah Arduino dan Breadboard yang digunakan untuk Menyusun piranti serta kabel-kabel yang terhubung antar sensor. Komponen D merupakan sensor untuk kelembapan tanah. Komponen D dibuat menjadi 3. Karena tekstur dan karakteristik tanah gambut berair di bawah permukaan maka alat dari komponen D di buat menjadi 3 untuk mengetahui bagaimana kondisi kelembapan tanah gambut.



Gambar 2. Prototipe sistem

Dari prototipe sistem ini pada bagian A dan B akan berada pada permukaan tanah, sedangkan pada bagian D akan berada di dalam tanah. Gambar 3 adalah gambaran 3D dari simulasi prototipe sistem deteksi dan monitoring penurunan muka tanah pada lahan pertanian gambut berbasis IoT.



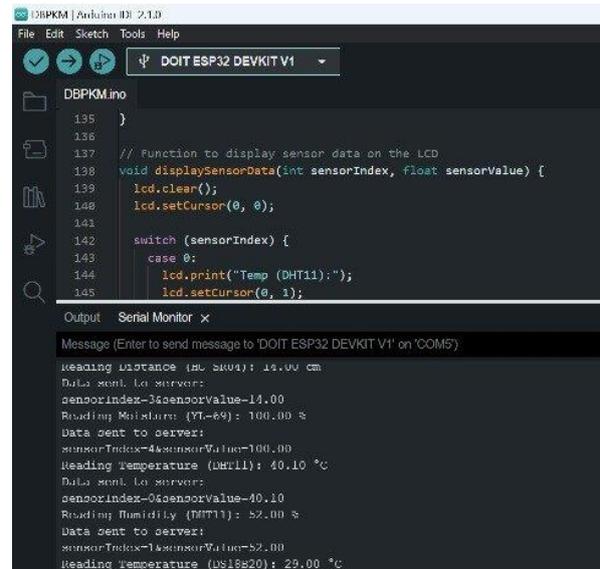
Gambar 3. Simulasi peletakan alat rangkaian pada kondisi tanah gambut

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil yang didapatkan dari prototipe sistem deteksi dan monitoring penurunan muka tanah pada lahan pertanian gambut berbasis IoT adalah pengguna dapat memonitoring kondisi tanah gambut terhadap penurunan tanah berbasis IoT. Untuk menghitung penurunan tanah prototipe ini memanfaatkan jaringan internet sebagai sarana pengiriman data jarak jauh

melalui sinyal wifi yang telah terkoneksi pada sistem. Sehingga pengguna tidak perlu menunggu atau mengecek setiap saat untuk memastikan apakah telah terjadinya penurunan muka tanah pada lahan gambut. Untuk data penurunan muka tanah tersebut dapat di pantau di website.

Gambar 4 adalah hasil ujicoba dari pengujian semua alat sensor yang ditampilkan dalam serial monitor Arduino Ide.

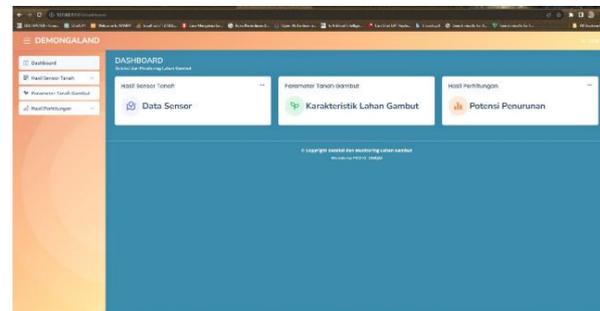


Gambar 4. Tampilan hasil ujicoba dalam serial monitor Arduino Ide

Dari Gambar 4, serial monitor terlihat hasil sensor seperti sensor Dfrobot Waterproof DS18B20 29.00oC, DHT11 40.10oC, Sensor Ultrasonik 13.00oC, dan Soilmoisture YL-69 100.00oC. Dengan hasil tersebut menunjukkan bahwa semua rangkaian sensor berhasil dijalankan dengan baik.

Prototipe sistem deteksi dan monitoring penurunan muka tanah pada lahan pertanian gambut berbasis IoT dapat di akses oleh pengguna dari laman web.

Tampilan interface yang dapat dilihat oleh pengguna dalam website dimulai dari tampilan menu utama. Gambar 5 adalah tampilan pada menu utama.



Gambar 5. Tampilan halaman utama web

Pada halaman sensor sistem dapat melihat hasil dari beberapa sensor, yaitu pada Gambar 6 untuk melihat

hasil pengukuran jarak muka tanah, pada Gambar 7 pengguna dapat melihat hasil sensor yang berkaitan dengan temperatur. Gambar 8 pengguna dapat melihat hasil sensor untuk kelembapan tanah. Pada gambar 9 adalah grafik yang di hasilkan dari simulasi yang dilakukan selama 28 hari untuk mengetahui hasil deteksi dan monitoring penurunan muka tanah.

No.	Distance	Timestamp
1	12,304	2023-09-09 11:12:20
2	12,304	2023-09-09 11:12:30
3	12,304	2023-09-09 11:12:38
4	12,304	2023-09-09 11:12:54
5	12,304	2023-09-09 11:13:01
6	12,304	2023-09-09 11:13:07

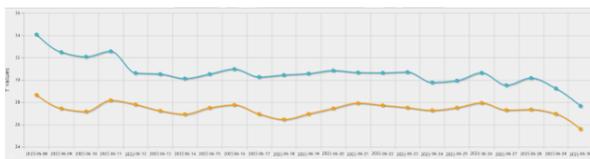
Gambar 6. Hasil sensor untuk mengukur jarak muka tanah

No.	Temperature	Timestamp
1	38 °C	2023-09-09 11:12:20
2	38 °C	2023-09-09 11:12:30
3	38 °C	2023-09-09 11:12:38
4	38 °C	2023-09-09 11:12:48
5	38 °C	2023-09-09 11:12:58
6	38 °C	2023-09-09 11:13:06

Gambar 7. Hasil sensor untuk temperatur

No.	Humidity	Timestamp
48	100%	2023-09-01 12:19:31
49	100%	2023-09-12 12:19:40
50	100%	2023-09-12 12:20:04
51	100%	2023-09-12 12:20:20
52	100%	2023-09-12 12:20:27
53	100%	2023-09-12 12:20:52
54	100%	2023-09-12 12:21:10
55	100%	2023-09-12 12:21:30

Gambar 8. Hasil sensor untuk kelembapan tanah



Gambar 9. Grafik hasil deteksi dan monitoring penurunan muka tanah  
 Pada Gambar 9, grafik hasil deteksi dan monitoring penurunan muka tanah terlihat ada pergerakan data simulasi untuk mengukur jarak muka tanah yang di tunjukan pada garis biru. Pada grafik terlihat ada kenaikan dan rata-rata terjadi penurunan. Pergerakan ini dipengaruhi oleh simulasi dilakukan selama 23 hari. Agar sistem dapat membaca data jarak, maka selama

masa simulasi dilakukan serangkaian ujicoba untuk mengetahui apakah prototipe ini dapat berfungsi. Untuk penurunan muka tanah memiliki banyak faktor dan kondisi untuk diterapkan pada lahan pertanian sesungguhnya. Maka dari itu dilakukan ujicoba dan simulasi untuk melihat apakah sistem dapat membaca kondisi dari faktor-faktor tertentu yang terjadi pada lahan simulasi.

#### 4. Kesimpulan

Hasil yang didapatkan dari prototipe ini dapat bervariasi tergantung pada kompleksitas sistem dan data yang dikumpulkan, dari hasil ujicoba dan simulasi yang dilakukan prototipe sistem ini dapat menjadi alternatif dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan lahan pertanian gambut sambil mengurangi risiko kerusakan lingkungan. Dalam jangka panjang, hasil ini juga dapat berdampak positif pada keberlanjutan pertanian dan kelestarian lahan gambut. Manfaat dari program ini adalah memberikan akses kepada masyarakat untuk memperoleh informasi terkini mengenai penurunan tanah. Informasi ini sangat penting karena penurunan tanah dapat memiliki dampak serius pada pertanian dan lingkungan. Dengan adanya sistem ini diharapkan dapat membantu masyarakat yang berada di daerah pertanian lahan gambut dalam menghadapi penurunan tanah serta memetakannya.

#### Ucapan Terimakasih

Kami ucapkan terimakasih kepada Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan (Belmawa) yang menyelenggarakan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) Tahun 2023 yang telah memberikan pendanaan dan kami ucapkan terimakasih banyak kepada Program Studi Informatika Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah yang telah memberikan fasilitas dan membantu dalam pelaksanaan kegiatan ini.

#### Daftar Rujukan

- [1] B. D. Yuwono, H. Z. Abidin, and M. Hilmi, "Analisa geospasial penyebab penurunan muka tanah di Kota Semarang," *Pros. SNST ke-4 Tahun 2013*, no. January 2013, pp. 1–12, 2013.
- [2] L. Ferdianto and N. Gofar, "Analisis Penurunan Tanah Berdasarkan Data Settlement Plate Dengan Metode Asaoka," in *Bina Darma Conference on Engineering Science* <http://conference.binadarma.ac.id/index.php/BDCES>, pp. 1060–1067.
- [3] A. D. Ahsan, G. Yanti, and S. W. Megasari, "Analisis Penurunan Tanah Menggunakan Metode Vacuum Consolidation Dengan Variasi Jarak Pemasangan Pvd," *Konstruksia*, vol. 13, no. 1, pp. 54–68, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/konstruksia/article/view/10072>.
- [4] F. Arrizimi, "Pengaruh Infiltrasi Terhadap Penurunan Permukaan Tanah Pada Lahan Gambut Kawasan Konservasi Taman Wisata Alam (Twa) Baning Kabupaten Sintang," *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2015.

- doi: 10.26418/jtlb.v3i1.9080.
- [5] N. Masganti, Maftu'ah, E. Wakhid, "Degradasi Lahan Gambut," *J. Degrad. dan Remediasi*, vol. 2, no. 10, pp. 40–71, 2018.
- [6] S. A. Nugroho, "Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Gambut dengan Kombinasi Geotekstil dan Grid Bambu," *J. Tek. Sipil*, vol. 18, no. 1, p. 31, 2011, doi: 10.5614/jts.2011.18.1.3.
- [7] Novrianti, "Karakteristik Dan Kadar Air ( Gravimetri ) Gambut Daerah Sebangau Kota Palangkaraya," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Tahun 2021, 2022*, vol. 2021, no. Senastika.
- [8] M. A. S. Masganti, Khairil Anwar, "Potensi dan Pemanfaatan Lahan Gambut Dangkal untuk Pertanian (Potential and Utilization of Shallow Peatland for Agriculture)," *J. Sumberd. Lahan*, vol. 11, no. 1, pp. 43–52, 2017.
- [9] R. Fasla, "Pengelolaan lahan gambut untuk pertanian secara berkelanjutan," in *Quo Vadis Restorasi Gambut di Indonesia: Tantangan & peluang Menuju Ekosistem Gambut Berkelanjutan*, 2022, pp. 1–23.
- [10] S. Nugrahany, "Potensi Pertanian Lahan Gambut Dangkal di Provinsi Riau," in *Quo Vadis Restorasi Gambut di Indonesia: Tantangan & peluang Menuju Ekosistem Gambut Berkelanjutan*, 2019, pp. 56–60.
- [11] H. S. Lestari, "Pertanian Cerdas Sebagai Upaya Indonesia Mandiri Pangan," *AGRITA (AGri)*, vol. 2, no. 1, p. 55, 2020, doi: 10.35194/agri.v2i1.983.
- [12] Noviar and B. Wardhana, "Rencana Restorasi Ekosistem Gambut Provinsi Sumatera Selatan tahun 2018-2023," *Badan Restor. Gambut*, pp. 1–172, 2019.
- [13] N. Putu, A. Dewi, I. N. Sujana, and M. A. Meitriana, "Evaluasi Program Sistem Pertanian Terintegrasi ( Simantri )," *J. Pendidik. Ekon. Undiksha*, vol. 12, no. 1, pp. 107–116, 2020.
- [14] M. Galang, S. Wicaksono, E. Suryani, and R. A. Hendrawan, "Increasing productivity of rice plants based on IoT ( Internet Of Things ) to realize Smart Agriculture using System Thinking approach," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 197, pp. 607–616, 2022, doi: 10.1016/j.procs.2021.12.179.
- [15] A. Maroli, V. S. Narwane, and B. B. Gardas, "Applications of IoT for achieving sustainability in agricultural sector: A comprehensive review," *J. Environ. Manage.*, vol. 298, no. August, p. 113488, 2021, doi: 10.1016/j.jenvman.2021.113488.
- [16] F. D. Mambang; Cipta, Subhan Panji;Marleny, "Internet of things : prototipe irigasi digital berbasis mikrokontroler," *JTIULM*, vol. 4, no. 2, pp. 59–64, 2019.
- [17] Y. Huang, L. Wang, Y. Hou, W. Zhang, and Y. Zhang, "A prototype IOT based wireless sensor network for traffic information monitoring," *Int. J. Pavement Res. Technol.*, vol. 11, no. 2, pp. 146–152, 2018, doi: 10.1016/j.ijprt.2017.07.005.
- [18] I. Ezzahoui, "ScienceDirect ScienceDirect Hydroponic and Aquaponic Farming: Comparative Study Based on Hydroponic and Aquaponic Farming: Comparative Study Based on Internet of things IoT technologies . Internet of things IoT technologies .," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 191, pp. 499–504, 2021, doi: 10.1016/j.procs.2021.07.064.
- [19] E. A. Abioye *et al.*, "IoT-based monitoring and data-driven modelling of drip irrigation system for mustard leaf cultivation experiment," *Inf. Process. Agric.*, vol. 8, no. 2, pp. 270–283, 2021, doi: 10.1016/j.inpa.2020.05.004.
- [20] R. Akhter and S. A. Sofi, "Precision agriculture using IoT data analytics and machine learning," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, no. xxxx, 2021, doi: 10.1016/j.jksuci.2021.05.013.