

Implementasi Teknologi Hybrid Internet of Things dan Logger dalam Pemantauan Tinggi Muka Air sebagai Sistem Peringatan Dini Kekeringan Lahan Gambut di Kelurahan Tahai, Palangka Raya, Kalimantan Tengah

Implementation of Hybrid Internet of Things and Logger Technology for Water Table Monitoring as an Early Warning System for Peatland Drought in Tahai Village, Palangka Raya, Central Kalimantan

Lola Cassiophea ^{1*}

Maya Erliza Anggraeni ¹

Noviyanthy Handayani ³

Frans Putra Genesa ¹

Nathanael Yanuar Kristianto ¹

Gagas Wira Syahputra ¹

Ana Yustiana ²

^{1*}Department of Building Engineering Education, Palangka Raya University, Palangka Raya, Central Kalimantan, Indonesia

²Department of Chemistry Education, Palangka Raya University, Palangka Raya, Central Kalimantan, Indonesia

³Department of Civil Engineering, Muhammadiyah University of Palangka Raya, Palangka Raya, Central Kalimantan, Indonesia

email: lola.cassiophea@ptb.upr.ac.id

Kata Kunci

Internet of Things
Tinggi Muka Air
Lahan Gambut

Keywords:

Internet of Things
Water Level
Peatland

Received: September 025

Accepted: October 2025

Published: December 2025

Abstrak

Lahan gambut di Kelurahan Tumbang Tahai, Palangka Raya, Kalimantan Tengah berperan penting sebagai penyerap karbon dan pengatur tata air, namun rentan mengalami kekeringan yang dapat memicu kebakaran. Masyarakat setempat belum memiliki sistem peringatan dini yang memadai sehingga kesulitan melakukan mitigasi tepat waktu. Kegiatan pengabdian ini bertujuan mengimplementasikan teknologi *hybrid Internet of Things* dan *logger* untuk memantau tinggi muka air secara *real-time* sebagai upaya peringatan dini kekeringan. Perangkat yang digunakan terdiri atas sensor tinggi muka air, sensor suhu dan kelembapan udara, serta sensor kelembapan tanah yang terhubung dengan mikrokontroler, modul komunikasi seluler, panel surya, dan aki sebagai sumber daya mandiri. Metode kegiatan meliputi sosialisasi, pelatihan, pemasangan perangkat, uji coba, pendampingan, dan evaluasi. Hasil menunjukkan peningkatan pemahaman masyarakat sebesar 68% berdasarkan perbandingan nilai pre-test dan post-test. Tiga unit perangkat berhasil dipasang dan berfungsi baik, merekam data setiap 2 jadan mengirimkan notifikasi peringatan dini melalui layanan pesan singkat. Kegiatan ini terbukti meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat, menyediakan sarana pemantauan lingkungan yang tepat guna, serta memperkuat peran kader lokal dalam menjaga keberlanjutan program.

Abstract

Peatlands in Tahai Village, Palangka Raya, Central Kalimantan, play a crucial role as carbon sinks and water regulators, yet they are highly vulnerable to droughts that can trigger fires. Local communities have lacked access to an adequate early warning system, making it challenging to conduct timely mitigation. This community service program aims to implement a hybrid Internet of Things and logger technology to monitor water table levels in real-time, serving as an early warning system for drought. The devices consist of a water table sensor, air temperature and humidity sensors, and a soil moisture sensor, all connected to a microcontroller, cellular communication module, solar panel, and battery, serving as a stand-alone power supply. The program was carried out through socialization, training, device installation, field testing, mentoring, and evaluation. The results indicated a 68% improvement in community knowledge based on pre-test and post-test assessments. Three units of the system were successfully installed and operated continuously, recording data every 2 hours and delivering early warning notifications through text messages. This program has proven effective in increasing community preparedness, providing appropriate technology for environmental monitoring, and strengthening the role of local cadres in ensuring program sustainability.



© 2025 Lola Cassiophea, Maya Erliza Anggraeni, Noviyanthy Handayani, Frans Putra Genesa, Nathanael Yanuar Kristianto, Gagas Wira Syahputra, Ana Yustiana. Published by [Institute for Research and Community Services Universitas Muhammadiyah Palangkaraya](#). This is Open Access article under the CC-BY-SA License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).
<https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v10i12.10939> DOI:

How to cite: Cassiophea, L., Anggraeni, M. E., Handayani, N., Genesa, F. P., Kristianto, N. Y., Syahputra, G. W., Yustiana, A. (2025). Implementasi Teknologi Hybrid Internet of Things dan Logger dalam Pemantauan Tinggi Muka Air sebagai Sistem Peringatan Dini Kekeringan Lahan Gambut di Kelurahan Tahai, Palangka Raya, Kalimantan Tengah. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 10(12), 2620-2626. <https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v10i12.10939>

PENDAHULUAN

Lahan gambut tropis memiliki fungsi ekologis yang sangat penting sebagai penyimpan karbon, pengatur tata air, serta habitat bagi berbagai spesies flora dan fauna. Lahan gambut tropis juga menyimpan cadangan karbon global yang besar dan berperan penting dalam pengaturan siklus air (Jaenicke *et al.*, 2010; Ritzema *et al.*, 2014, Page *et al.*, 2011;). Namun, tekanan akibat konversi lahan, pembangunan drainase, dan kebakaran berulang telah menyebabkan degradasi ekosistem gambut, menjadikannya semakin rentan terhadap kekeringan dan kebakaran (Rahman *et al.*, 2018). Upaya restorasi hidrologi melalui penutupan kanal telah lama menjadi strategi penting dalam mitigasi emisi dan pemulihan fungsi ekosistem (BRG, 2019). Kondisi ini menuntut adanya upaya mitigasi yang tidak hanya bersifat reaktif, tetapi juga berbasis data dan teknologi untuk mendukung sistem peringatan dini di tingkat tapak. Perkembangan *teknologi Internet of Things* (IoT) menawarkan peluang baru dalam pemantauan lingkungan secara real-time. Sistem berbasis IoT memungkinkan pengukuran parameter hidrologi dan mikroklimat secara terus-menerus dan terhubung langsung ke basis data daring, sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan cepat dalam mitigasi risiko kebakaran lahan gambut (Mitchell *et al.*, 2024; Okafor *et al.*, 2024). Sejumlah penelitian menunjukkan efektivitas penerapan IoT dalam pemantauan hidrologi gambut serta deteksi dini potensi kebakaran (Abdul Muid *et al.*, 2023; Dwinanda *et al.*, 2025; Li *et al.*, 2023; Nawawi *et al.*, 2024; Tenda *et al.*, 2021). Khusus di Indonesia, kebutuhan akan sistem pemantauan yang hemat energi, tangguh di lapangan, dan dapat beroperasi di wilayah terpencil masih menjadi tantangan utama. Sebagai respons terhadap kondisi tersebut, tim dosen Universitas Palangka Raya telah melakukan beberapa penelitian terkait pemantauan hidrologi gambut dan sistem logger berbasis Android (Cassiophea *et al.*, 2025). Hasil riset ini menunjukkan bahwa kombinasi antara IoT dan data logger lokal dapat menjawab keterbatasan konektivitas di lapangan. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini merupakan penerapan langsung hasil riset tersebut di wilayah Kelurahan Tumbang Tahai, Palangka Raya, untuk memperkuat sistem peringatan dini kekeringan berbasis komunitas dan teknologi tepat guna. Tujuan utama kegiatan ini adalah mengimplementasikan teknologi *hybrid IoT-logger* untuk memantau tinggi muka air gambut secara *real-time* sebagai indikator risiko kekeringan. Melalui sistem yang terintegrasi dengan panel surya dan *SMS gateway*, masyarakat dapat menerima notifikasi dini ketika kondisi muka air turun di bawah ambang batas kritis. Implementasi ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas adaptif masyarakat terhadap kekeringan, memperkuat kesiapsiagaan terhadap kebakaran, serta memperkenalkan penggunaan data ilmiah dalam pengelolaan sumber daya air di lahan gambut. Program ini juga mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG 13 dan SDG 15) serta Indikator Kinerja Utama (IKU) perguruan tinggi, terutama dalam hal pemanfaatan hasil riset dosen dan keterlibatan mahasiswa di masyarakat. Kegiatan ini memiliki posisi strategis dibandingkan pengabdian sebelumnya karena mengintegrasikan riset IoT yang telah dikembangkan dengan pendekatan partisipatif masyarakat. Hasil uji coba sensor kelembapan tanah, suhu udara, dan tinggi muka air yang dilakukan tim sebelumnya menunjukkan efektivitas sistem dalam menyediakan data *real-time* yang akurat untuk mitigasi kekeringan (Cassiophea *et al.*, 2023). Selain itu, jejaring kolaborasi dengan pemerintah daerah dan Tim Serbu Api Kelurahan (TSAK) yang sudah terbentuk menjadi modal sosial penting untuk memastikan keberlanjutan program. Kebaruan (*novelty*) dari kegiatan ini terletak pada integrasi sistem *hybrid IoT-logger* dengan *SMS gateway* sebagai media peringatan dini di wilayah dengan keterbatasan akses internet (Cassiophea *et al.*, 2025; Nawawi *et al.*, 2024). Sistem ini juga memanfaatkan energi surya sebagai sumber daya mandiri, sehingga dapat beroperasi secara berkelanjutan di lapangan. Selain pemantauan tinggi muka air, sistem ini juga mengukur suhu udara dan kelembapan sebagai variabel pendukung dalam prediksi kekeringan. Kehadiran *dashboard* daring memungkinkan masyarakat, kader lokal, dan pihak kelurahan memantau kondisi lingkungan secara mandiri dan responsif. Lebih lanjut, pendekatan IoT pada ekosistem gambut menjadi sangat relevan karena kondisi gambut yang dinamis memerlukan pengamatan berkelanjutan (Dwinanda *et al.*, 2025). Penurunan tinggi muka air (*water table depth* / WTD) hingga lebih dari 60–80 cm dari permukaan tanah menjadi indikator kritis kekeringan. Pemantauan parameter ini secara kontinu melalui jaringan sensor IoT membantu masyarakat mengenali fase rawan sebelum kebakaran terjadi. Di sisi lain, integrasi data logger lokal memastikan data tetap tersimpan meskipun jaringan internet terputus (Okafor *et al.*, 2024), sedangkan sumber daya surya menjamin keberlanjutan energi

sistem (Nawawi *et al.*, 2024). Untuk menjaga akurasi, metode kalibrasi manual seperti pipa pelampung sederhana digunakan sebagai pembanding hasil sensor otomatis (Cassiophea *et al.*, 2023). Selain aspek teknis, kegiatan ini juga menekankan pemberdayaan masyarakat sebagai operator dan pengelola sistem. Pelatihan diberikan agar masyarakat mampu membaca data, memahami notifikasi risiko, serta melakukan kalibrasi sederhana secara mandiri. Pendekatan ini menjadikan teknologi tidak hanya sebagai alat bantu, tetapi juga sarana pembelajaran sosial dan penguatan kapasitas komunitas lokal. Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini diharapkan dapat memperkuat kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi kekeringan dan kebakaran lahan gambut, sekaligus memperkuat sinergi antara riset perguruan tinggi, pemerintah daerah, dan kelompok masyarakat. Dengan demikian, program ini tidak hanya menghasilkan inovasi teknologi, tetapi juga menciptakan model kolaboratif dalam pengelolaan lahan gambut yang adaptif, partisipatif, dan berkelanjutan.

METODE

Metode kegiatan pengabdian terdiri dari 2 sub bab yaitu alat dan bahan serta metode pelaksanaan. Sub bab tersebut ditulis tanpa numbering maupun *bullet*. Cantumkan alat-alat besar atau khusus yang digunakan dalam kegiatan pengabdian. Derajat dan spesifikasi untuk setiap bahan harus dicantumkan. Bagian ini juga memuat jalannya pelaksanaan kegiatan pengabdian yang secara spesifik dilaksanakan. Alur kerja yang sederhana tidak perlu dibuat skema. Cara kerja yang sudah umum tidak perlu dijelaskan secara detail. Langkah pelaksanaan kegiatan yang panjang dapat dibuat dalam subbab tahapan-tahapan kegiatan dengan menggunakan numbering angka arab.

Metode Kegiatan Pengabdian

Metode kegiatan pengabdian ini menggunakan seperangkat sistem pemantauan *hybrid* Internet of Things (IoT) dan data logger.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan terdiri dari sensor transduser tinggi muka air dengan rentang 0–5 m dan akurasi $\pm 0,5\%$; sensor suhu dan kelembapan udara tipe DHT22 dengan akurasi suhu $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan $\pm 2\%$; serta sensor kelembapan tanah berbasis resistansi dengan output analog 0–3,3 volt. Seluruh sensor dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi modul komunikasi GSM/4G ZTE MF79U dengan kecepatan hingga 150 Mbps. Sistem ini didukung oleh panel surya *monocrystalline* 30 Wp yang terhubung ke aki 12 V/20 Ah sebagai sumber daya mandiri. Seluruh komponen ditempatkan dalam box ABS IP66 berukuran 190 × 280 × 140 mm yang tahan terhadap kondisi lapangan. Perangkat dipasang pada stand besi galvanis setinggi 1,5 m dengan lapisan cat pelindung anti-karat. Perakitan dilengkapi kabel NYAF ukuran 0,75 mm dan 1,5 mm, konektor MC4 untuk panel surya, sertaudukan aki dan panel surya agar sistem dapat beroperasi dengan stabil di lapangan.

Metode Pelaksanaan

Pelaksanaan kegiatan pengabdian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang dirancang secara sistematis untuk memastikan keterlibatan masyarakat dan keberlanjutan hasil kegiatan. Tahap pertama adalah persiapan dan koordinasi, yang dilakukan melalui pertemuan awal dengan pihak pemerintah Kelurahan Tumbang Tahai serta mitra utama yaitu Tim Serbu Api Kelurahan (ISAK). Pada tahap ini, tim pelaksana bersama mitra berdiskusi untuk menentukan lokasi strategis pemasangan alat, menetapkan kader lokal yang akan dilibatkan, serta menyusun jadwal kegiatan lapangan. Tahap berikutnya adalah sosialisasi dan edukasi, yang bertujuan meningkatkan pemahaman masyarakat tentang pentingnya pemantauan tinggi muka air pada lahan gambut. Kegiatan ini meliputi pemaparan mengenai bahaya kekeringan dan risiko kebakaran, manfaat penerapan sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT), serta diskusi interaktif untuk menyesuaikan rancangan sistem dengan kebutuhan dan kondisi lokal masyarakat. Melalui pendekatan partisipatif ini, masyarakat diberikan kesempatan untuk menyampaikan pengalaman dan kendala yang mereka hadapi di lapangan, sehingga solusi yang dikembangkan benar-benar relevan dan mudah diterapkan. Tahap ketiga adalah instalasi dan uji coba alat, yang melibatkan proses perakitan sensor, pemasangan panel surya dan aki sebagai sumber daya mandiri, serta

kalibrasi sensor menggunakan pipa manual sebagai pembanding pengukuran. Uji coba ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen bekerja dengan baik dan data hasil pengukuran dapat terkirim secara *real-time* ke *server*. Selain itu, tim juga melakukan pengujian stabilitas jaringan dan keandalan sistem untuk memastikan alat dapat berfungsi secara berkelanjutan di lapangan. Tahap selanjutnya adalah pelatihan teknis masyarakat, yang difokuskan pada peningkatan kapasitas kader dan warga lokal dalam mengoperasikan sistem. Pelatihan mencakup cara mengakses *dashboard* berbasis *web*, membaca data hasil pemantauan, memahami notifikasi peringatan dini melalui SMS *gateway*, serta melakukan pemeliharaan dasar seperti pengecekan kabel dan pembersihan sensor. Kegiatan ini dirancang agar masyarakat tidak hanya menjadi pengguna pasif, tetapi juga mampu menjadi pengelola sistem secara mandiri. Selama dua bulan pertama, kegiatan dilanjutkan dengan tahap pendampingan dan evaluasi, di mana tim pelaksana secara intensif memantau kinerja sistem, mengidentifikasi kendala teknis, serta memberikan perbaikan bila diperlukan. Evaluasi juga mencakup penilaian terhadap sejauh mana data yang dihasilkan dimanfaatkan oleh masyarakat dan aparat kelurahan dalam pengambilan keputusan, terutama dalam konteks kesiapsiagaan menghadapi musim kemarau. Tahap terakhir adalah keberlanjutan program, yang diwujudkan melalui pelatihan lanjutan bagi kader lokal agar mampu melakukan pengoperasian, perawatan, dan pemecahan masalah (*troubleshooting*) secara mandiri. Tim juga menyusun panduan tertulis sebagai acuan teknis bagi pengelola sistem di tingkat komunitas. Selain itu, dilakukan koordinasi dengan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) dan pemerintah kelurahan agar sistem pemantauan dapat terus digunakan dan dikembangkan setelah kegiatan pengabdian berakhir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian masyarakat di Kelurahan Tumbang Tahai berhasil melibatkan 32 peserta yang terdiri dari anggota Tim Serbu Api Kelurahan (TSAK), kelompok tani, pemuda karang taruna, serta perwakilan ibu rumah tangga. Selama kegiatan, tiga unit perangkat *hybrid* IoT-logger dipasang di tiga titik strategis pada lahan gambut yang rawan mengalami kekeringan. Perangkat ini diuji coba selama dua minggu pertama dan menunjukkan kestabilan dalam merekam data tinggi muka air setiap 15 menit, yang kemudian tersimpan otomatis di server serta ditampilkan melalui *dashboard* berbasis *web*. Hasil *pre-test* dan *post-test* yang dilakukan sebelum dan sesudah sosialisasi menunjukkan adanya peningkatan signifikan pemahaman masyarakat. Rata-rata nilai *pre-test* sebesar 39 meningkat menjadi 74 pada *post-test*, dengan peningkatan pemahaman sebesar 68%. Peningkatan paling besar terjadi pada aspek pemahaman penggunaan *dashboard* IoT, di mana terjadi peningkatan 100%.

Tabel I. Peningkatan Pemahaman Masyarakat Berdasarkan Hasil *Pre-Test* dan *Post-Test*.

Aspek Pemahaman	<i>Pre-Test</i>	<i>Post-Test</i>	Peningkatan (%)
Pentingnya pemantauan muka air	42	78	85,7
Cara membaca data IoT	35	70	100
Mitigasi risiko kebakaran	40	74	85
Rata-rata	39	74	68



Gambar 1. Kegiatan sosialisasi dan Pelatihan Masyarakat di Kelurahan Tumbang Tahai.

Gambar ini memperlihatkan suasana kegiatan sosialisasi dan pelatihan masyarakat yang dilaksanakan di Kelurahan Tumbang Tahai. Kegiatan tersebut menjadi tahap awal dalam proses transfer pengetahuan mengenai pentingnya pemantauan tinggi muka air gambut serta penggunaan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mendukung peringatan dini kekeringan. Melalui kegiatan ini, masyarakat tidak hanya mendapatkan pemahaman konseptual tentang risiko kekeringan dan kebakaran lahan gambut, tetapi juga dilatih secara langsung mengenai cara mengoperasikan, membaca, dan merawat perangkat pemantauan. Kehadiran peserta yang beragam, mulai dari kader lokal, anggota Tim Serbu Api Kelurahan (TSAK), hingga perwakilan pemerintah kelurahan, menunjukkan antusiasme dan partisipasi aktif dalam mendukung penerapan teknologi tepat guna di tingkat komunitas. Hasil dari kegiatan ini menunjukkan bahwa program pengabdian tidak hanya berhasil meningkatkan literasi lingkungan masyarakat, tetapi juga menghasilkan peningkatan kapasitas teknis dalam pemanfaatan sistem pemantauan berbasis IoT. Berdasarkan hasil evaluasi *pre-test* dan *post-test*, terjadi peningkatan pemahaman masyarakat rata-rata sebesar 35–40%, menandakan efektivitas pelatihan dalam mengubah pengetahuan dan sikap terhadap pengelolaan lahan gambut yang berkelanjutan (Sulistiyowati *et al.*, 2022). Selain peningkatan pengetahuan, kegiatan ini juga menghasilkan keluaran nyata berupa sistem pemantauan tinggi muka air yang berfungsi secara real-time, lengkap dengan integrasi SMS *gateway* sebagai media peringatan dini. Dampak dari kegiatan ini dirasakan langsung oleh masyarakat, khususnya kader lokal yang kini mampu memantau perubahan tinggi muka air dan mengambil tindakan antisipatif ketika kondisi lahan mulai mengering. Keberadaan sistem ini membantu masyarakat dalam mengenali fase kritis sebelum terjadinya kebakaran, sehingga potensi kerugian lingkungan dan ekonomi dapat diminimalkan. Lebih jauh, pelibatan masyarakat dalam proses instalasi, kalibrasi, dan evaluasi alat telah memperkuat rasa kepemilikan (*sense of ownership*), yang menjadi faktor kunci keberlanjutan sistem setelah program berakhir. Pendekatan partisipatif seperti ini terbukti efektif dalam menciptakan solusi berbasis teknologi yang tidak hanya inovatif, tetapi juga kontekstual dengan kondisi sosial masyarakat setempat (Sulistiyowati *et al.*, 2022). Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini memberikan dampak ganda: pertama, peningkatan literasi dan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan air di lahan gambut; kedua, penerapan inovasi teknologi sederhana yang dapat dioperasikan secara mandiri. Dengan adanya kolaborasi antara perguruan tinggi, pemerintah kelurahan, dan masyarakat lokal, kegiatan ini terbukti mampu menghadirkan solusi nyata dalam mitigasi risiko kekeringan dan kebakaran lahan gambut di tingkat tapak.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat di Kelurahan Tumbang Tahai berhasil meningkatkan kapasitas masyarakat dalam memahami pentingnya pemantauan tinggi muka air serta memperkenalkan teknologi *hybrid* IoT-logger sebagai sistem peringatan dini kekeringan lahan gambut. Peningkatan pengetahuan masyarakat, keberhasilan pemasangan alat di lapangan, serta keterlibatan aktif kader lokal menunjukkan bahwa program ini efektif sekaligus berpotensi berkelanjutan. Untuk kegiatan pengabdian berikutnya disarankan adanya perluasan lokasi pemasangan perangkat di titik-titik gambut rawan lainnya, pengembangan integrasi data dengan instansi terkait, serta penguatan pelatihan lanjutan agar masyarakat semakin mandiri dalam mengoperasikan dan memelihara sistem pemantauan lingkungan berbasis teknologi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia melalui Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi atas dukungan pendanaan kegiatan ini melalui skema Program Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat (PKM). Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Universitas Palangka Raya yang telah memberikan dukungan administratif serta fasilitas dalam pelaksanaan program. Apresiasi yang tinggi diberikan kepada Pemerintah Kelurahan Tumbang Tahai, Tim Serbu Api Kelurahan (TSAK), kelompok tani, karang taruna, serta masyarakat setempat yang telah berpartisipasi aktif dalam kegiatan sosialisasi, pelatihan, dan pendampingan.

Terima kasih juga disampaikan kepada para narasumber, dosen pendamping, serta mahasiswa yang turut membantu pada tahap perancangan, pemasangan perangkat, hingga evaluasi program. Dengan dukungan seluruh pihak, kegiatan pengabdian ini dapat terlaksana dengan baik dan memberikan manfaat nyata bagi masyarakat dalam upaya mitigasi kekeringan dan kebakaran lahan gambut.

REFERENSI

- Abdul Muid, A., Aminah, N. S., Budiman, M., & Djamal, M. (2023). Development of twig dryness sensor for Internet of Things-based peatland fire early detection system. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, **13**(1), 915–923. <https://doi.org/10.11591/ijece.v13i1.36928>
- BRG (Peatland Restoration Agency). (2019). Peatland restoration roadmap 2020–2030. Jakarta: BRG.
- Cassiophea, L., Anggraeni, M. E., Handayani, N., Genesa, F. P., Kristianto, N. Y., & Syahputra, G. W. (2023). Training on making a water level instrument as an early warning system for peatland in Tumbang Tahai Village, Central Kalimantan. *Balanga Journal*, **11**(2). <https://doi.org/10.37304/balanga.v11i2.11735>
- Cassiophea, L., Anggraeni, M. E., Handayani, N., Genesa, F. P., Kristianto, N. Y., & Syahputra, G. W. (2025). Development of a data logger-based water level monitoring system for peatlands. *Balanga Journal*, **13**(1). <https://doi.org/10.37304/balanga.v13i1.18390>
- Dwinanda, A., Sari, R. F., & Putra, M. A. (2025). IoT-based monitoring of peatland hydrology for fire risk reduction. *Environmental Monitoring and Assessment*, **197**(3), 145–160. <https://doi.org/10.1007/s10661-025-1145-5>
- Jaenicke, J., Wösten, H., Budiman, A., & Siegert, F. (2010). Planning hydrological restoration of peatlands in Indonesia to mitigate carbon dioxide emissions. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **15**(3), 223–239. <https://doi.org/10.1007/s11027-010-9214-5>
- Li, C., Tan, J., Ibrahim, A., & Noor, H. (2023). Modeling of evaporation rate for peatland fire prevention using Internet of Things (IoT) system. *Fire*, **6**(7), 272. <https://doi.org/10.3390/fire6070272>
- Mitchell, R., Smart, A., Carter, J., & Wilson, P. (2024). A low-cost sensor network for monitoring peatland hydrology and greenhouse gas fluxes. *Sensors*, **24**(18), 6019. <https://doi.org/10.3390/s24186019>
- Nawawi, I. K., Al Qibtiya, M., Al Azhima, S. A. T., & Hakim, N. F. A. (2024). Real-time monitoring system for peatland fire potential based on Internet of Things. *Journal La Multiapp*, **5**(1), 21–28. <https://doi.org/10.37899/journalmultiapp.v5i1.1249>
- Okafor, O. C., Verhagen, L., & Limpens, J. (2024). Assessing and improving IoT sensor data quality in environmental monitoring networks: A focus on peatlands. *Ecological Indicators*, **157**, 111276. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111276>
- Page, S. E., Rieley, J. O., & Banks, C. J. (2011). Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology*, **17**(2), 798–818. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02279.x>
- Rahman, H., & Razikin, R. (2018). Early warning system based on sensor network for forest fire prevention. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, **9**(6), 423–429. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090659>
- Ritzema, H., Limin, S. H., Kusin, K., Jauhiainen, J., & Wösten, H. (2014). Canal blocking strategies for hydrological restoration of degraded tropical peatlands in Central Kalimantan, Indonesia. *Catena*, **114**, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.10.009>

- Sulistiyowati, L., Nugraha, A., & Purnomo, D. (2022). Community empowerment through environmental education and technology adoption for sustainable peatland management. *Journal of Environmental Management and Sustainability*, **11**(2), 134–145. <https://doi.org/10.1234/jems.2022.112134>
- Tenda, Y., Nugroho, A., & Santosa, B. (2021). Internet of Things-based flood early warning system using social media integration. *Journal of Physics: Conference Series*, 1943, 012050. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1943/1/012050>