



PENERAPAN PERTANIAN CERDAS BERBASIS *INTERNET OF THINGS* DAN AGROGEOFISIKA DI MADRASAH ALIYAH ITTAQOLLAH AMBON

Implementation of Smart Agriculture Based on the Internet of Things and Agrogeophysics at Ittaqollah Islamic Senior High School, Ambon

Samsul Bahri^{1*}, Gede Wiratma Jaya², Zulfiah³

¹Program Studi Teknik Geofisika, Universitas Pattimura, ²Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pattimura, ³Program Studi Teknik Geologi, Universitas Pattimura

Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon, Maluku 97111

*Alamat Korespondensi: samsulbahri96.sb57@gmail.com

(Tanggal Submission: 23 September 2025, Tanggal Accepted : 28 Januari 2026)



Kata Kunci :

*Geofisika
Pertanian, lot,
Irigasi Otomatis,
Pemanenan Air
Hujan*

Abstrak :

Ketahanan pangan memerlukan transformasi sektor pertanian melalui penerapan teknologi. Artikel ini membahas program pengabdian masyarakat yang bertujuan mengatasi permasalahan kelangkaan air dan rendahnya minat generasi muda terhadap pertanian di MA Ittaqollah, Ambon. Kegiatan pengabdian dilakukan pada bulan Juli hingga September 2025, dengan jumlah peserta kegiatan sebanyak 30 peserta. Metode yang digunakan adalah community development dengan pendekatan interdisipliner, menggabungkan geofisika untuk eksplorasi air dan teknologi Internet of Things (IoT) untuk irigasi cerdas. Kegiatan diawali dengan pemetaan bawah permukaan menggunakan geolistrik resistivitas, yang mengungkap kedalaman air tanah >52 meter. Temuan ini menjadi dasar untuk menerapkan solusi pemanenan air hujan (rainwater harvesting) yang dipasang di atap sekolah. Selanjutnya, dibangun dan diinstalasi sistem irigasi otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor kelembapan tanah dan dapat dikendalikan via smartphone. Program ini juga mencakup sosialisasi dan pelatihan praktik bagi siswa dan guru. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem irigasi beroperasi optimal dengan mode otomatis dan manual. Program ini membuktikan bahwa integrasi geofisika dan IoT mampu menciptakan solusi berkelanjutan untuk ketahanan air, meningkatkan efisiensi irigasi, dan memberdayakan generasi muda sebagai pelaku pertanian masa depan.

Key word :

*Agricultural
Geophysics, lot,
Automatic*

Abstract :

Food security requires transformation of the agricultural sector through the application of technology. This article discusses a community service program aimed at addressing water scarcity and low interest in agriculture among young

*Irrigation,
Rainwater
Harvesting,
Community
Empowerment*

people at Ittaqollah Islamic High School in Ambon. The method used was community development with an interdisciplinary approach, combining geophysics for water exploration and Internet of Things (IoT) technology for smart irrigation. The activity began with subsurface mapping using geoelectric resistivity, which revealed a groundwater depth of >52 meters. This finding became the basis for implementing a rainwater harvesting solution installed on the school's roof. Next, an automatic irrigation system based on an ESP32 microcontroller was built and installed, integrated with a soil moisture sensor and controllable via smartphone. The program also included outreach and practical training for students and teachers. The results showed that the irrigation system operated optimally in both automatic and manual modes. This program demonstrates that the integration of geophysics and IoT can create sustainable solutions for water security, improve irrigation efficiency, and empower young people as future agricultural actors.

Panduan sitasi / citation guidance (APPA 7th edition) :

Bahri, S., Jaya, G. W., & Zulfiah. (2026). Penerapan Pertanian Cerdas Berbasis Internet of Things dan Agrogeofisika di Madrasah Aliyah Ittaqollah Ambon. *Jurnal Abdi Insani*, 13(1), 80-4667. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v13i1.3189>

PENDAHULUAN

Ketahanan pangan merupakan salah satu isu global yang semakin mendesak seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dunia dan perubahan iklim yang mempengaruhi sektor pertanian. Perubahan iklim yang ditandai dengan peningkatan suhu rata-rata bumi serta peristiwa iklim yang tidak teratur mengganggu produksi tanaman (Kumar *et al.*, 2025). Hal ini mengarah pada ketidakstabilan hasil panen dan penurunan keragaman hayati (Sade & Peleg, 2020). Transformasi pada sektor pertanian sangat diperlukan untuk dapat beradaptasi terhadap perubahan iklim dan mencapai target yang tertuang dalam Sustainable Development Goal's (SDGs) poin kedua yakni tanpa kelaparan, dimana Mengakhiri kelaparan, mencapai ketahanan pangan, meningkatkan gizi, dan mempromosikan pertanian berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang sangat potensial untuk dikembangkan ialah penerapan smart farming berbasis geofisika pertanian. Teknologi ini melibatkan data dan alat canggih seperti sensor, citra satelit, dan teknologi pemetaan untuk dapat mengoptimalkan penggunaan lahan, meningkatkan hasil panen, dan mengurangi dampak lingkungan (Luo & Dou, 2024).

Metode geofisika merupakan sebuah metode eksplorasi bawah permukaan bumi dengan menerapkan kaidah-kaidah fisika. Secara umum metode ini telah banyak diaplikasikan, seperti untuk eksplorasi sumber daya alam, pemantauan aktivitas gunung api, dan monitoring lingkungan (Fadillah *et al.*, 2023; Ripamole *et al.*, 2025). Topik yang saat ini sedang banyak diperbincangkan dan dikembangkan ialah geofisika pertanian. Geofisika pertanian memang semakin banyak diterapkan untuk memantau dan mengelola kondisi lahan pertanian. Teknologi ini membantu petani dalam memahami berbagai aspek fisik dan kimia tanah, serta faktor lingkungan yang dapat memengaruhi hasil pertanian. Metode seperti Electrical Resistivity Tomography (ERT) mampu menunjukkan dinamika air di dalam tanah (Carrera *et al.*, 2022). ERT juga dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas air tanah dan monitoring indikasi adanya pencemaran intrusi air laut (Bahri *et al.*, 2023, 2024). Metode ERT seringkali juga dikombinasikan dengan metode lain seperti Ground Penetrating Radar (GPR) dan Electromagnetic Induction (EMI) untuk mengukur kelembapan tanah serta implikasinya terhadap kesuburan lahan (Pavoni *et al.*, 2024; Widodo, 2023). Metode ini sangat efektif untuk menunjang aktivitas pertanian dan mendukung pertanian presisi (Loiseau *et al.*, 2023).

Tim pengabdian telah melakukan pengamatan awal di Madrasah Aliyah Ittaqollah yang berlokasi di Kebun Cengkeh, Kota Ambon. Institusi ini memiliki lahan yang cukup luas dan belum dimanfaatkan. Hal ini karena pasokan air yang cukup sulit mengingat lokasi sekolah yang berada di elevasi yang cukup tinggi. Hal ini mengakibatkan beberapa kali mitra mengalami gagal panen karena

kekeringan yang berkepanjangan. Selain itu minat para santri terhadap dunia pertanian juga sangat rendah, karena pertanian tradisional dinilai melelahkan dan kurang menguntungkan. Sehingga untuk mengembangkan kegiatan pertanian di sekolah ini perlu dilakukan kegiatan pemanenan air hujan untuk penyediaan sumber air penyiraman tanaman. Selain itu untuk meningkatkan minat para generasi muda perlu dilakukan pengenalan dan pelatihan terkait teknologi smart farming berbasis Internet of Thing (IoT). Pada era saat ini, penggunaan IoT telah banyak diterapkan di berbagai bidang dan terbukti dapat mempermudah pekerjaan manusia (Mamun *et al.*, 2026; Rajak *et al.*, 2023).

METODE KEGIATAN

Kegiatan pengabdian kepada siswa dan guru MA Ittaqollah Ambon telah dilakukan pada bulan Juli – September 2025, yang merupakan implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) tentang penerapan geofisika pertanian dan smart farming menggunakan Internet of Things (IoT). Pelaksanaan kegiatan pemberdayaan kemitraan masyarakat (PKM) dilakukan berdasarkan hasil analisis situasi, permasalahan yang ditemukan pada mitra, dan solusi yang sudah disepakati tim pelaksana dengan mitra. Metode yang digunakan ialah Community Development, dimana metode ini berorientasi kepada pengembangan pemberdayaan kemitraan masyarakat dengan menjadikan siswa dan guru di Madrasah Aliyah Ittaqollah sebagai subyek, obyek pembangunan, dan keterlibatan secara langsung dalam berbagai kegiatan pengabdian yang akan dilaksanakan untuk melakukan pemetaan potensi air tanah dan pemantauan karakteristik lahan untuk menunjang sistem smart farming serta memberikan pelatihan kepada siswa dan guru di Madrasah Aliyah Ittaqollah terkait penggunaan metode geofisika dan IoT pada dunia pertanian.

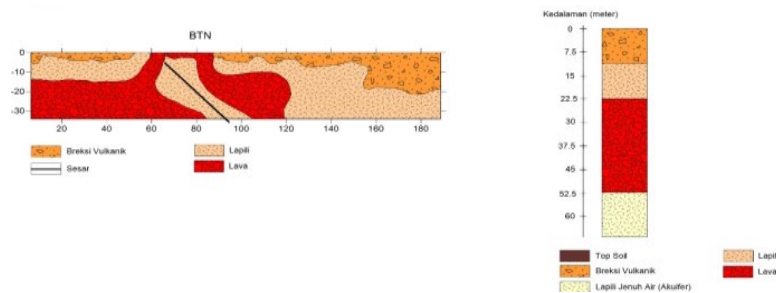
Kegiatan pengabdian terbagi atas lima kegiatan, yaitu:

1. Pemantauan kondisi bawah permukaan menggunakan metode geolistrik
Kegiatan diawali dengan survei geolistrik resistivitas untuk memetakan kondisi bawah permukaan lahan. Metode ini bertujuan mengidentifikasi sebaran lapisan tanah, potensi air tanah, dan karakteristik kelembapan. Hasilnya menjadi dasar ilmiah untuk menentukan strategi pengairan dan pemilihan jenis tanaman yang sesuai, mendukung pertanian presisi dan berkelanjutan.
2. Pembuatan rangkaian pemanenan air hujan dan penyiraman otomatis berbasis IoT
Berdasarkan hasil survei, dibangun sistem irigasi terintegrasi yang terdiri dari unit pemanenan air hujan dan penyiraman otomatis berbasis IoT. Sistem ini memanfaatkan sensor kelembapan tanah, mikrokontroler ESP32, dan modul relay untuk mengaktifkan pompa air secara otomatis ketika tanah kering. Konektivitas Wi-Fi memungkinkan monitoring dan kontrol jarak jauh via smartphone, menjadikan irigasi lebih efisien dan adaptif.
3. Sosialisasi tentang geofisika pertanian, smart farming, dan Internet of Things untuk bidang pertanian
Sosialisasi dilakukan untuk memperkenalkan konsep geofisika pertanian, smart farming, dan IoT kepada mitra. Materi disampaikan secara partisipatif dengan contoh nyata, bertujuan mengubah paradigma bahwa pertanian modern adalah bidang yang menarik dan menjanjikan melalui pemanfaatan teknologi.
4. Pemasangan dan pelatihan instrumentasi yang telah dikembangkan kepada mitra sasaran
Mitra dilibatkan secara langsung dalam pemasangan sistem irigasi di lapangan melalui pelatihan praktik. Mereka diajarkan cara memasang komponen, mengoperasikan sistem, dan melakukan troubleshooting dasar. Pendekatan learning by doing ini bertujuan membangun kapasitas mitra agar mampu mengelola dan merawat sistem secara mandiri.
5. Evaluasi kegiatan
Evaluasi dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Aspek kuantitatif mengukur kinerja teknis sistem irigasi, sementara kualitatif menggunakan kuisisioner dan FGD untuk menilai peningkatan pengetahuan, keterampilan, dan sikap mitra. Hasil evaluasi menjadi umpan balik untuk perbaikan sistem dan penyusunan strategi keberlanjutan program.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemantauan Bawah Permukaan dan Implikasinya

Pengukuran geolistrik dilakukan pada area sekitar lahan pertanian untuk mengetahui kondisi bawah permukaan. Konfigurasi yang digunakan ialah Wenner dengan panjang lintasan 200 meter dengan spasi elektroda 5 meter. Hasil pengukuran geolistrik resistivitas di lahan mitra mengungkapkan bahwa akuifer (lapisan pembawa air) berada pada kedalaman yang signifikan, yaitu lebih dari 52 meter di bawah permukaan (Gambar 1). Temuan ini memiliki implikasi langsung pada strategi pengairan. Pengeboran sumur dalam bukanlah pilihan yang ekonomis dan layak untuk skala lahan mitra yang ada.



Gambar 1. Hasil Pengukuran Geolistrik Resistivitas

Berdasarkan analisis ini, tim mengambil keputusan strategis untuk mengadopsi sistem pemanenan air hujan (*rainwater harvesting*) sebagai sumber air primer. Untuk memaksimalkan efisiensi ruang dan memanfaatkan infrastruktur yang ada, instalasi sistem dilakukan di atap bangunan sekolah. Lokasi ini dipilih karena memiliki area tangkapan yang luas, tidak mengganggu aktivitas belajar atau lahan pertanian, dan memanfaatkan gravitasi untuk membantu distribusi air. Opsi ini sangat relevan secara ekologis dan ekonomis mengingat Kota Ambon memiliki curah hujan yang tinggi dengan musim hujan yang teratur. Sistem yang terpasang (Gambar 2) berhasil menangkap dan menampung air hujan, mengatasi ketergantungan sebelumnya pada sungai ephemeral yang menjadi penyebab gagal panen.



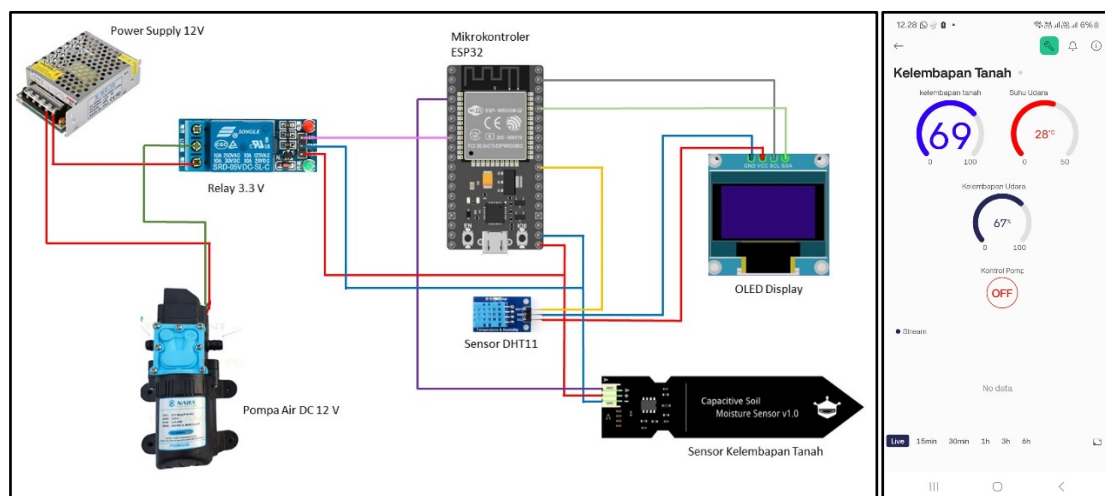
Gambar 2. Instalasi Pemanenan Air Hujan di Atap Sekolah

Temuan dan solusi ini sejalan dengan prinsip pertanian berkelanjutan dan adaptif, di mana pemahaman kondisi lokal melalui metode geofisika seperti *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) menjadi kunci dalam pengambilan keputusan yang tepat dan inventif. Hasil karakterisasi lahan tidak hanya menjawab pertanyaan tentang sumber air tetapi juga memberikan dasar untuk memilih tanaman yang lebih toleran terhadap kondisi tanah setempat (Nggolaon *et al.*, 2025).

Implementasi dan Operasional Sistem Irigasi Berbasis IoT

Sistem irigasi otomatis berbasis mikrokontroler ESP32, yang dialiri oleh air dari sistem pemanenan atap, berhasil diimplementasikan dan berfungsi optimal. Diagram blok dari alat yang dikembangkan serta gambaran antarmuka yang terhubung dengan smartphone dapat dilihat pada

gambar 3. Sistem terintegrasi dengan sensor kelembapan tanah yang memicu pompa air secara otomatis ketika kelembapan turun di bawah 20% dan mematikannya setelah mencapai di atas 80%. Nilai kelembapan 20% sebagai batas bawah dan 80% sebagai batas atas dipilih untuk menciptakan sistem irigasi yang efisien dan andal. Rentang ini mencegah tanaman mengalami stres kekeringan dengan mengaktifkan pompa sebelum tanah terlalu kering, sekaligus menghindari kondisi jenuh yang dapat merusak akar dengan mematikannya sebelum tanah benar-benar basah. Selisih yang cukup besar antara kedua batas (histeresis) juga memastikan pompa tidak terlalu sering menyala dan mati dalam waktu singkat, sehingga menghemat energi dan mengurangi keausan komponen. Selain itu, rentang yang lebar ini mampu mengakomodasi ketidakakuratan kecil sensor dan cocok untuk berbagai jenis tanaman serta kondisi tanah, menjadikannya pilihan praktis yang aman untuk sistem otomatis (Syafi'i *et al.*, 2024). Selain mode otomatis, sistem juga dilengkapi dengan kendali manual melalui aplikasi smartphone berbasis platform Blynk (Gambar 4), memberikan fleksibilitas penuh kepada pengguna.



Gambar 3. Diagram blok rangkaian alat penyiraman otomatis menggunakan ESP32 dan gambaran antarmuka pada smartphone



Gambar 4. Alat Penyiraman Otomatis Menggunakan ESP32 dan Tampilan Antarmuka Blynk pada Smartphone

Keberhasilan integrasi antara sumber air (pemanenan hujan), komponen elektronik, dan konektivitas IoT ini merupakan bukti konsep (*proof of concept*) yang sangat aplikatif dan mandiri. Sistem ini secara efektif memitigasi risiko gagal panen akibat kekeringan dengan memastikan tanaman

mendapat air yang tepat pada waktu yang tepat. Efisiensi air yang dicapai melalui sistem ini sangat signifikan karena mencegah penyiraman berlebihan (*overwatering*) yang boros air dan dapat merusak struktur tanah (Syafi'i *et al.*, 2024). Penerapan IoT dalam irigasi ini merupakan realisasi dari smart farming yang bertujuan untuk optimasi sumber daya dan meningkatkan produktivitas.

Peningkatan Kapasitas dan Perubahan Paradigma Mitra

Kegiatan sosialisasi dan pelatihan diikuti dengan antusiasme tinggi oleh 32 siswa dan pengurus MA Ittaqollah (Gambar 5). Capaian utama dari kegiatan ini bukan hanya pada transfer pengetahuan teknis mengenai komponen IoT dan geofisika, tetapi lebih penting pada perubahan paradigma. Peserta yang sebelumnya memandang pertanian sebagai kegiatan tradisional yang melelahkan, kini dapat melihatnya sebagai bidang yang modern, menarik, dan berbasis teknologi.



Gambar 5. Kegiatan Sosialisasi dan Pelatihan Kepada Siswa MA Ittaqollah

Keterlibatan langsung mitra dalam proses instalasi, termasuk pemasangan pipa dari atap ke lahan, dan pelatihan praktik (*hands-on experience*) merupakan metode *community development* yang efektif untuk membangun rasa kepemilikan (*ownership*) dan kepercayaan diri. Hal ini adalah kunci utama untuk menjamin keberlanjutan (*sustainability*) program. Respon peserta berdasarkan lembar evaluasi sangat baik, dimana hal ini menunjukkan bahwa pendekatan pelatihan yang diberikan telah berhasil. Para santri tidak lagi sebagai objek pembangunan, tetapi telah menjadi subjek yang mampu mengoperasikan dan melakukan troubleshooting dasar terhadap sistem yang terpasang. Sinergi antara solusi teknis dan pemberdayaan manusia inilah yang membuat program ini berpotensi memiliki dampak jangka panjang. Sistem IoT yang terpasang tidak akan berarti tanpa adanya SDM yang mampu mengelolanya, dan sebaliknya, pelatihan akan kurang aplikatif tanpa adanya teknologi nyata yang bisa dijadikan media belajar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan seluruh rangkaian kegiatan pengabdian, dapat disimpulkan bahwa integrasi metode geofisika dan teknologi Internet of Things (IoT) berhasil menciptakan solusi yang efektif dan berkelanjutan untuk permasalahan pertanian di MA Ittaqollah. Investigasi geolistrik berperan krusial dalam mengambil keputusan strategis untuk memanfaatkan air hujan sebagai sumber irigasi utama, mengatasi kendala sumber air tanah yang dalam. Implementasi sistem irigasi otomatis berbasis ESP32 telah membuktikan peningkatan efisiensi penggunaan air melalui presisi penyiraman yang

dikendalikan oleh sensor dan dapat dipantau dari jarak jauh. Selain itu, pendekatan community development melalui pelatihan dan pendampingan langsung tidak hanya berhasil meningkatkan kapasitas teknis mitra tetapi juga secara signifikan mengubah persepsi dan minat siswa terhadap pertanian. Perubahan paradigma dari pertanian tradisional yang melelahkan menjadi pertanian modern yang menarik dan berbasis teknologi merupakan luaran non-materiil yang sangat berharga untuk keberlanjutan program. Dengan demikian, model pendampingan yang memadukan eksplorasi ilmiah, teknologi tepat guna, dan pemberdayaan sumber daya manusia ini dapat menjadi replika untuk mengatasi masalah serupa di wilayah lain, sekaligus berkontribusi pada pembangunan pertanian presisi yang adaptif dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM), Kemendikbudristek atas dukungan pendanaan melalui skema Penelitian/Pengabdian Masyarakat Tahun Anggaran 2025. Dukungan dana ini telah menjadi enabler utama dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian serta pembuatan perangkat teknologi yang dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S., Ramadhan, A., & Zulfiah. (2023). Investigation of Groundwater Quality Using Vertical Electrical Sounding and Dar Zarrouk Parameter in Leihitu, Maluku, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 8(3), 221–228. <https://doi.org/10.25299/jgeet.2023.8.3.12976>
- Bahri, S., Tualepe, D., Batlolona, Y. T., Ramadhan, A., & Parnadi, W. W. (2024). Vertical Electrical Sounding Method and Dar Zarrouk Analysis to Identify the Distribution of Seawater Intrusion in Pelauw Village, Maluku. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 11(4), 6089–6097. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2024.114.6089>
- Carrera, A., Longo, M., Piccoli, I., Mary, B., Cassiani, G., & Morari, F. (2022). Electro-Magnetic Geophysical Dynamics Under Conservation and Conventional Farming. *Remote Sensing*, 14, 6243. <https://doi.org/10.3390/rs14246243>
- Fadillah, A., Harijoko, A., Hendrayana, H., Wibowo, H. E., Baud, B., Lachassagne, P., Muhammad, A. S., & Dörfliger, N. (2023). Hydrogeological Interpretation Using Electrical Resistivity Tomography: Methodology and Conceptual Model in Andesitic Volcanic Context. *International Journal of GEOMATE*, 24(106), 25–36. <https://doi.org/10.21660/2023.106.3728>
- Kumar, A., Antoniella, G., Blasi, E., & Chiti, T. (2025). Recent Advances in Regenerative Sustainable Agricultural Strategies for Managing Soil Carbon and Mitigating Climate Change Consequences. *Catena*, 258, 109208. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2025.109208>
- Loiseau, B., Carrière, S. D., Jougnot, D., Singha, K., Mary, B., Delpierre, N., Guérin, R., & Martin-StPaul, N. K. (2023). The Geophysical Toolbox Applied to Forest Ecosystems – A Review. *Science of the Total Environment*, 899, 165503. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165503>
- Luo, B., & Dou, X. (2024). Climate Change, Agricultural Transformation, and Climate-Smart Agriculture Development in China. *Heliyon*, 10(21), e40008. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40008>
- Mamun, Q., Zaman, A., Ip, R. H. L., & Haque, K. M. S. (2026). A Bibliographic Study of Integrating IoT and Geospatial Modelling for Sustainable Smart Agriculture in Developed Countries: Focus on Australia. *Computers and Electronics in Agriculture*, 241, 111289. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.111289>
- Nggolaon, D., Bahri, S., Zulfiah, Jaya, G. W., Silahooy, S., & Ramadhan, A. (2025). Pemetaan Karakteristik Lahan Pertanian untuk Meningkatkan Produktivitas Hasil Pertanian pada Kelompok Tani Taman Sari Indah. *GERVASI: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 9(1), 152–164.
- Pavoni, M., Boaga, J., Peruzzo, L., Barone, I., Mary, B., & Cassiani, G. (2024). Characterization of a Contaminated Site Using Hydro-Geophysical Methods. *Water*, 16, 1280. <https://doi.org/10.3390/w16091280>

- Rajak, P., Ganguly, A., Adhikary, S., & Bhattacharya, S. (2023). Internet of Things and Smart Sensors in Agriculture: Scopes and Challenges. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100776. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100776>
- Ripamole, J. N. A., Warsa, & Bahri, S. (2025). Identification of Nickel Laterite Deposit in Hukurila Ambon Based on Electrical Resistivity Tomography Data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1458(1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1458/1/012010>
- Sade, N., & Peleg, Z. (2020). Future Challenges for Global Food Security Under Climate Change. *Plant Science*, 295, 110467. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110467>
- Syafi'i, A., Kurniawan, A. H., & Rusda. (2024). Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis ESP32 di Desa Purwajaya. *PoliGrid*, 5(2), 50–56. <https://doi.org/10.46964/poligrid.v5i2.47>
- Widodo, W. (2023). DC Resistivity and Electromagnetic Induction Techniques for Soil Characterization in Agricultural Land (Case Study in Cidadap, West Bandung, West Java). *Journal of Environmental and Engineering Geophysics*, 28(4), 197–208. <https://doi.org/10.32389/JEEG23-004>