

Penerapan sistem pemantauan cerdas kelembapan dan derajat keasaman tanah untuk optimalisasi produksi padi berkelanjutan

Asri Amalia Muti*, Puteri Nurul Ma'rifah, Siti Eneng Sururiyatul Muaziyah

Universitas Trunojoyo Madura, Bangkalan, Indonesia

*email Koresponden Penulis: asri.amaliamuti@trunojoyo.ac.id

Info Artikel

Riwayat Artikel

Diajukan: 2025-08-21

Diterima: 2025-10-16

Diterbitkan: 2025-11-03



Lisensi: cc-by-sa

Copyright © 2025 Penulis

ABSTRAK

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat di Desa Gili Barat dilakukan untuk memperkenalkan sistem cerdas pemantauan kelembapan dan derajat keasaman tanah sebagai upaya peningkatan efisiensi dan produktivitas budidaya padi. Kegiatan ini mencakup sosialisasi dan demonstrasi penggunaan alat kepada kelompok tani, dengan tujuan meningkatkan pengetahuan dan pemahaman petani terhadap teknologi pertanian berbasis data. Melalui kegiatan ini, petani memahami prinsip kerja alat serta manfaatnya dalam memantau kondisi tanah secara lebih akurat untuk mendukung pengelolaan air dan pupuk yang efisien. Selain itu, kegiatan ini juga memperkuat kolaborasi antara dosen, mahasiswa, dan petani dalam pengembangan pertanian berbasis teknologi di tingkat desa. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan pengetahuan petani terhadap pemahaman kualitas tanah, yang terbukti dari hasil pretest dan posttest dengan kenaikan rata-rata sebesar 30% dari 20 orang peserta yang sebelumnya memiliki tingkat pemahaman awal sekitar 50%. Peningkatan ini mencerminkan efektivitas metode sosialisasi dan demonstrasi yang diterapkan. Program ini diharapkan menjadi langkah awal menuju penerapan sistem pertanian cerdas yang berkelanjutan serta mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya dalam aspek ketahanan pangan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat desa.

Kata Kunci: sistem cerdas; kelembapan tanah; derajat keasaman tanah

Cara mensitasi artikel:

Muti, A. A., Ma'rifah, P. N., & Muaziyah, S. E. S. (2025). Penerapan sistem pemantauan cerdas kelembapan dan derajat keasaman tanah untuk optimalisasi produksi padi berkelanjutan. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, 6(4), 1411-1422. <https://doi.org/10.33474/jp2m.v6i4.24275>

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor utama yang menopang kehidupan masyarakat di Desa Gili Barat, Kecamatan Kamal, Kabupaten Bangkalan. Sebagian besar penduduk menggantungkan penghidupan pada usaha tani padi, namun dalam praktiknya mereka menghadapi tantangan yang semakin kompleks akibat perubahan iklim, ketidakstabilan cuaca, dan keterbatasan akses terhadap informasi kondisi tanah. Fluktuasi kelembapan dan tingkat keasaman tanah sering kali menyebabkan ketidaktepatan dalam pengelolaan air dan penggunaan pupuk,

yang pada akhirnya berdampak pada penurunan produktivitas lahan serta efisiensi biaya produksi.

Selama ini, petani di Desa Gili Barat masih mengandalkan cara tradisional untuk menilai kondisi tanah, seperti memperkirakan kesuburan melalui warna, tekstur, atau kelembapan tanah berdasarkan kebiasaan dan pengalaman turun-temurun. Meskipun metode ini memiliki nilai kearifan lokal, pendekatan tersebut tidak lagi memadai untuk menghadapi dinamika sistem pertanian modern yang menuntut ketepatan data dalam pengambilan keputusan (Mujahid et al., 2023). Penelitian menunjukkan bahwa dua faktor utama yang memengaruhi pertumbuhan tanaman adalah kelembapan dan pH tanah, di mana keduanya menentukan ketersediaan air dan nutrisi bagi tanaman (Adetia & Adirakasiwi, 2022; Barrow & Hartemink, 2023). Sayangnya, keterbatasan akses terhadap alat ukur modern menyebabkan petani sulit memperoleh informasi yang akurat mengenai kondisi tanahnya.

Berbagai studi menegaskan pentingnya penerapan teknologi digital dalam mendukung pertanian presisi, termasuk penggunaan sensor kelembapan dan pH yang terhubung dengan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan produksi (Iriyanta et al., 2023; Manjula et al., 2024; Pawar & TarunKumar, 2020). Namun, di tingkat pedesaan, adopsi teknologi tersebut sering terkendala oleh rendahnya pemahaman teknis petani dan terbatasnya pendampingan dalam penggunaan alat.

Berdasarkan kondisi tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dirancang untuk menjembatani kesenjangan antara kemajuan teknologi dan kebutuhan praktis petani melalui program pelatihan dan pendampingan penerapan sistem cerdas pemantauan kelembapan dan derajat keasaman tanah. Program ini tidak hanya berfokus pada pengenalan alat *Smart Soil Moist pH Analyzer* sebagai teknologi tepat guna, tetapi juga pada peningkatan kapasitas petani agar mampu memahami, mengoperasikan, dan memanfaatkan data hasil pengukuran secara mandiri dalam pengambilan keputusan budidaya. Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan dapat mendorong transformasi menuju praktik pertanian berbasis data yang lebih efisien, adaptif, dan berkelanjutan di Desa Gili Barat.

METODE

Program Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini dirancang dengan pendekatan partisipatif dan berorientasi pada tindakan. Dengan kata lain, setiap langkah tidak hanya diinisiasi oleh tim proyek, tetapi juga secara aktif melibatkan petani lokal, pendamping pertanian, dan Kepala Desa Gili Barat sebagai mitra utama. Melalui metode ini, teknologi yang diperkenalkan—*Smart Soil Moist pH Analyzer*—tidak dianggap sebagai alat eksternal yang dipaksakan pada komunitas, melainkan sebagai solusi bersama yang dapat dipahami, diterima, dan diterapkan oleh warga desa sendiri.

Penilaian Kebutuhan & Pelibatan Masyarakat, sebelum memperkenalkan teknologi apa pun, penting untuk terlebih dahulu memahami kebutuhan nyata dan pengalaman sehari-hari para petani di Desa Gili Barat. Tim memulai dengan

mengunjungi ladang, mengamati praktik pertanian, dan mengadakan percakapan informal dengan petani selama aktivitas rutin mereka. Percakapan ini membantu mengungkap tidak hanya tantangan teknis yang mereka hadapi—seperti kelembapan tanah yang tidak konsisten dan kesuburan tanah yang tidak pasti—tetapi juga realitas sosial dan ekonomi yang mempengaruhi keputusan mereka dalam bertani. Proses keterlibatan masyarakat dirancang agar inklusif dan menghormati kebijaksanaan lokal. Kepala Desa, Pendamping Pertanian Desa, dan kelompok petani diundang untuk berpartisipasi dalam diskusi, memastikan bahwa berbagai suara didengar. Anggota komunitas yang lebih muda, terutama yang lebih familiar dengan alat digital, juga dilibatkan agar pengetahuan dapat dibagikan antar generasi. Hal ini menciptakan rasa kolaborasi daripada instruksi *top-down*. Melalui penilaian kebutuhan ini, menjadi jelas bahwa petani bersemangat untuk mengadopsi solusi yang praktis, terjangkau, dan mudah digunakan, asalkan mereka dapat melihat manfaat langsung bagi tanaman dan penghasilan mereka. Temuan ini memperkuat keputusan untuk menerapkan *Smart Soil Moist pH Analyzer*, bukan sebagai pengganti pengetahuan tradisional, tetapi sebagai pelengkap yang dapat memperkuat intuisi petani dengan data akurat dan *real-time*.

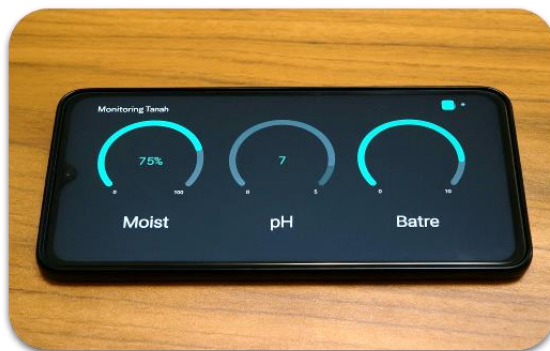
Persiapan & Kalibrasi Alat Setelah kebutuhan diidentifikasi, langkah berikutnya adalah mempersiapkan *Smart Soil Moist pH Analyzer* dan memastikan alat tersebut siap digunakan dalam konteks lokal.



Gambar 1. Alat smart soil moist ph analyzer

Tim memeriksa setiap komponen—sensor, modul tampilan, dan sumber daya—untuk memastikan semuanya berfungsi dengan baik dan dapat bertahan dalam kondisi outdoor (lihat Gambar 1). Karena pertanian di Gili Barat sering terpapar panas, debu, dan air, alat tersebut harus andal dan tahan lama. Perangkat ini (lihat Gambar 1) dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32, yang berfungsi sebagai “otak” sistem. Mikrokontroler kecil namun bertenaga ini mampu memproses data sensor dan mentransmisikannya secara nirkabel melalui Wi-Fi. Konsumsi daya yang rendah dan fleksibilitasnya membuatnya sangat cocok untuk digunakan di lingkungan pertanian pedesaan di mana efisiensi dan keandalan sangat penting (Li et al., 2024; Verma & Bodade, 2025). Sensor kelembapan dan pH tanah diintegrasikan ke dalam sistem. Sensor kelembapan tanah mengukur jumlah

air yang terdapat dalam tanah dengan mendeteksi perubahan resistansi listrik atau kapasitansi (Zen et al., 2023). Hal ini memungkinkan petani mengetahui apakah tanaman mereka kekurangan air atau kelebihan air, keduanya dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Di sisi lain, Sensor pH tanah mendeteksi keasaman atau alkalinitas tanah (Mohapatra et al., 2023). Karena tingkat pH secara langsung mempengaruhi ketersediaan nutrisi, sensor ini membantu petani memutuskan jenis pupuk atau amandemen tanah yang diperlukan untuk menjaga kesehatan ladang mereka. Untuk membuat alat ini lebih ramah pengguna, sistem dihubungkan ke Blynk, aplikasi seluler yang memungkinkan pemantauan *real-time* melalui *smartphone* (Naik J et al., 2024). Dengan Blynk (lihat Gambar 2), petani—atau bahkan anggota keluarga yang lebih muda yang lebih familiar dengan perangkat seluler—dapat melihat data kelembaban dan pH tanah secara instan tanpa perlu menginterpretasikan angka atau grafik yang kompleks. Aplikasi ini juga dapat menyimpan pembacaan sebelumnya, memungkinkan petani melacak tren seiring waktu dan membuat keputusan yang lebih terinformasi.



Gambar 2. Tampilan aplikasi monitoring alat

Dengan mengintegrasikan perangkat keras yang andal (ESP32), sensor kelembapan dan pH tanah, serta antarmuka digital sederhana (Blynk), alat ini tidak hanya siap secara teknis tetapi juga praktis dan mudah diakses untuk penggunaan sehari-hari oleh komunitas petani. Kalibrasi menjadi bagian penting pada tahap ini. Sensor-sensor diuji dengan sampel tanah yang berbeda dari Gili Barat sendiri, memastikan bahwa pembacaan mencerminkan kondisi tanah sebenarnya di desa tersebut daripada hanya mengandalkan standar laboratorium. Dengan mengambil langkah-langkah ini, alat tersebut tidak hanya siap secara teknis tetapi juga disesuaikan dengan realitas sehari-hari petani, sehingga lebih mungkin diterima dan digunakan secara konsisten dalam jangka panjang.

Uji Alat & Pelatihan Petani, setelah alat disiapkan dan dikalibrasi, langkah selanjutnya adalah membawa alat tersebut langsung ke ladang para petani. Uji alat dilakukan bekerja sama dengan beberapa petani sukarelawan yang membawa sampel tanah lahan mereka sebagai demonstrasi. Pendekatan praktis ini memungkinkan komunitas untuk melihat sendiri bagaimana *Smart Soil Moist pH Analyzer* berfungsi dalam kondisi pertanian nyata, bukan hanya secara teori. Selama sesi ini, petani belajar langkah demi langkah cara mengoperasikan alat

tersebut. Mereka berlatih memasukkan sensor ke dalam tanah, membaca hasilnya, dan menginterpretasikan data. Pelatihan ini menekankan aplikasi praktis: memahami kapan harus menyiram, berapa banyak air yang harus diberikan, dan jenis pupuk apa yang paling sesuai dengan kondisi tanah. Untuk membuat pembelajaran lebih menarik, diskusi kelompok diadakan agar petani dapat berbagi pendapat dan mengajukan pertanyaan.

Perhatian khusus juga diberikan pada melibatkan pemuda desa. Banyak dari mereka lebih familiar dengan *smartphone* dan alat digital, sehingga mereka cepat memahami cara *analyzer* terhubung dengan aplikasi sederhana untuk mencatat dan memantau kondisi tanah. Dengan menggabungkan generasi muda dengan petani senior, pelatihan tidak hanya mentransfer keterampilan teknis tetapi juga memperkuat kerja sama antar generasi dalam komunitas.

Uji coba alat ini menunjukkan kepada petani bahwa alat analisa bukan sekadar gadget rumit, tetapi teman praktis dalam pekerjaan sehari-hari mereka. Melihat hasil langsung—seperti mengidentifikasi tanah yang terlalu kering atau tanah dengan pH yang tidak seimbang—membantu membangun kepercayaan dan keyakinan dalam menggunakan alat tersebut secara rutin.

Pemantauan, Evaluasi, dan Transfer Pengetahuan, tahap akhir program ini berfokus pada memastikan bahwa penggunaan Alat akan berlanjut secara berkelanjutan di luar uji coba awal. Pemantauan dilakukan oleh tim proyek dan petani itu sendiri. Petani didorong untuk mencatat pengukuran tanah secara teratur dan membagikan hasilnya selama pertemuan tindak lanjut. Proses ini memungkinkan komunitas melihat perubahan seiring waktu, seperti peningkatan kesehatan tanaman atau pengurangan penggunaan air dan pupuk yang tidak perlu. Evaluasi dilakukan tidak hanya dalam hal kinerja teknis tetapi juga dalam hal dampak praktis pada kehidupan sehari-hari petani. Petani ditanya: Apakah alat ini memudahkan pekerjaan mereka? Apakah alat ini membantu mereka menghemat sumber daya? Apakah mereka lebih percaya diri dalam mengelola ladang mereka? Masukan mereka dikumpulkan dan dibahas secara terbuka, menjadikan mereka peserta aktif dalam membentuk penggunaan teknologi di masa depan. Bagian penting dari tahap ini adalah transfer pengetahuan. Para petani lokal—petani dan pemuda yang menunjukkan minat kuat dan pemahaman cepat—diidentifikasi dan diberikan bimbingan tambahan agar dapat bertindak sebagai pelatih sesama bagi warga desa lainnya. Dengan cara ini, pengetahuan tetap berada di dalam komunitas, mengurangi ketergantungan pada ahli luar.

Melalui pendekatan ini, proyek ini melampaui intervensi jangka pendek dan menjadi aset jangka panjang bagi desa. Analisator tidak lagi hanya sekadar peralatan, tetapi menjadi sumber daya bersama yang didukung oleh pengetahuan lokal dan dipertahankan oleh komitmen komunitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan *Smart Soil Moist pH Analyzer* di Desa Gili Barat menghasilkan hasil yang terukur melalui uji kalibrasi, pemantauan lapangan, dan evaluasi bersama petani. Hasil Kalibrasi Alat Sebelum perangkat dipasang di lapangan, kalibrasi dilakukan untuk memastikan bahwa sensor pH tanah dan kelembapan

tanah memberikan pembacaan yang mendekati standar referensi. Langkah ini sangat penting karena sensor yang tidak dikalibrasi dapat menghasilkan informasi yang menyesatkan bagi petani, yang dapat menyebabkan keputusan pertanian yang salah.

Tabel 1. Hasil kalibrasi dari sensor pH tanah

Standar Larutan pH	pH Referensi (Lab Meter)	Pembacaan Sensor (pH Sensor)	Error ($\pm$)
Buffer 4.0	4.01	4.05	0.04
Buffer 7.0	7.01	6.95	0.06
Buffer 10.0	10.02	9.95	0.07

Sensor pH diuji menggunakan tiga larutan buffer standar (pH 4.0, 7.0, dan 10.0). Seperti terlihat pada Tabel 1, pembacaan sensor sedikit berbeda dari meter laboratorium referensi tetapi tetap dalam batas kesalahan $\pm 0,1$. Misalnya, pada larutan buffer 7,0, sensor menampilkan 6,95, hanya 0,06 lebih rendah dari referensi. Akurasi ini dianggap dapat diterima untuk pekerjaan lapangan pertanian, di mana variasi kecil tidak secara signifikan memengaruhi pengambilan keputusan praktis. Hasil ini menunjukkan bahwa perangkat dapat secara andal membedakan antara kondisi tanah asam, netral, dan alkali, yang kritis untuk menentukan aplikasi pupuk dan kesesuaian tanaman, sehingga dapat memberikan petunjuk yang dapat diandalkan kepada petani apakah tanah terlalu asam (yang dapat membatasi ketersediaan nutrisi) atau terlalu basa (yang dapat mengurangi efektivitas pupuk).

Tabel 2. Hasil kalibrasi dari sensor kelembapan tanah

Kelembapan Gravimetrik (%)	Nilai Referensi	Pembacaan Sensor (%)	Error ($\pm$)
10	10.1	9.8	0.3
20	20.3	19.9	0.4
30	30.2	30.5	0.3

Selain itu, kalibrasi sensor kelembapan tanah dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor dengan pengukuran gravimetrik, yang dianggap sebagai standar yang andal untuk kandungan air tanah. Seperti terlihat pada Tabel 2, perbedaan antara nilai referensi dan pembacaan sensor berada dalam rentang $\pm 0,5\%$. Misalnya, pada kelembapan referensi 20%, sensor mencatat 19,9%, menunjukkan perbedaan hanya 0,4%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor cukup sensitif untuk mendeteksi perubahan kecil dalam kandungan air tanah. Hal ini sangat bermanfaat untuk manajemen irigasi karena petani dapat mengetahui secara tepat kapan tanah mendekati tingkat kekeringan yang dapat merusak tanaman.

Hasil kalibrasi secara keseluruhan menunjukkan bahwa *Smart Soil Moist pH Analyzer* secara teknis dapat diandalkan untuk digunakan di lapangan. Tingkat kesalahan kedua sensor berada dalam rentang yang dapat diterima untuk tujuan pertanian. Yang paling penting, langkah kalibrasi ini membangun kepercayaan petani terhadap perangkat, karena mereka diperlihatkan perbandingan langsung antara alat laboratorium tradisional dan analisis murah. Transparansi ini

meningkatkan keyakinan mereka bahwa pembacaan dapat digunakan untuk keputusan pertanian yang nyata.

Hasil Pemantauan di Lapangan, setelah sensor dikalibrasi, *Smart Soil Moist pH Analyzer* dipasang di lahan pertanian terpilih selama dua minggu. Tujuannya adalah untuk mengamati bagaimana perangkat tersebut berfungsi dalam kondisi pertanian nyata dan bagaimana petani menggunakan data tersebut untuk pengambilan keputusan.

Tabel 3. Hasil sample pemantauan dalam satu minggu

Pemantaun ke-	Kelembapan Tanah (%)	pH Tanah	Tindakan yang dilakukan Petani
Hari- 1	20	6.8	Lahan diirigasi
Hari- 3	78	6.7	Tidak ada tindakan
Hari- 5	38	6.5	Lahan diirigasi
Hari- 7	84	6.6	Tidak ada tindakan

Tabel 3 menunjukkan cuplikan data pemantauan tanah selama minggu pertama. Petani dapat melihat fluktuasi tingkat kelembaban tanah tergantung pada irigasi dan penguapan alami. Misalnya, pada Hari 1, tingkat kelembaban tercatat 20%, yang menunjukkan tanah relatif kering. Berdasarkan pembacaan ini, petani memutuskan untuk mengairi ladang. Dua hari kemudian, pada Hari 3, tingkat kelembaban naik menjadi 78%, sehingga petani tidak mengairi karena tanah masih cukup lembab. Pada Hari 5, tingkat kelembaban turun lagi menjadi 50%, yang memicu pengairan kembali.

Hasil menunjukkan bahwa alat analisis memungkinkan petani untuk menerapkan jadwal irigasi yang lebih berbasis data. Alih-alih menyiram tanaman setiap hari secara rutin, mereka menunggu hingga kelembaban tanah turun di bawah 40% sebelum melakukan irigasi. Hal ini membantu mengurangi konsumsi air dan tenaga kerja yang tidak perlu. Selain itu, selama pemantauan, pH tanah tetap dalam rentang 6.5–6.8, yang dianggap optimal untuk sebagian besar tanaman. Petani sebelumnya tidak memiliki cara untuk mengetahui hal ini dan seringkali menerapkan kapur atau pupuk hanya berdasarkan asumsi. Dengan alat analisis, mereka dapat memastikan bahwa kondisi tanah sudah sesuai, menghindari penggunaan berlebihan input. Hal ini memberikan manfaat praktis kepada petani yang melaporkan bahwa pembacaan data memberikan mereka kepercayaan diri untuk menunda irigasi tanpa takut merusak tanaman, sesuatu yang belum pernah mereka lakukan sebelumnya. Hal ini sejalan dengan praktik pertanian berkelanjutan yang menekankan efisiensi penggunaan air.

Pemantauan lapangan juga mengungkapkan perubahan perilaku yang menarik. Petani muda, yang lebih familiar dengan aplikasi *smartphone*, sering memeriksa data dan memberitahu petani yang lebih tua ketika irigasi diperlukan. Hal ini mendorong kolaborasi dan berbagi pengetahuan di desa. Selain itu, data numerik yang jelas yang disediakan oleh alat ini membantu petani menjelaskan keputusan mereka dengan lebih baik, misalnya saat berdiskusi dengan tetangga tentang kapan dan berapa banyak air yang harus diirigasi.

Evaluasi dan Tanggapan Masyarakat, Pada akhir uji coba, 15 petani yang berpartisipasi dalam program diminta untuk mengevaluasi *Smart Soil Moist pH*

Analyzer dalam hal kemudahan penggunaan, keandalan, dan kegunaannya untuk praktik bertani sehari-hari mereka. Tanggapan mereka dirangkum dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil evaluasi dari petani (n = 15 responden)

Aspek Evaluasi	Sangat Puas	Puas	Netral	Tidak Puas
Kemudahan penggunaan	9	5	1	0
Akurasi pembacaan	10	4	1	0
Kegunaan dalam bertani	11	3	1	0
Kepuasan keseluruhan	12	3	0	0

Hasil survei untuk kemudahan penggunaan, yaitu sebagian besar responden (9 sangat puas, 5 puas) menemukan perangkat ini mudah dioperasikan. Petani menyoroti bahwa lampu indikator dan aplikasi *smartphone* intuitif, meskipun satu petani mengeluhkan kesulitan dalam menangani sensor di kondisi tanah yang keras. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun teknologi ini umumnya ramah pengguna, pelatihan atau dukungan tambahan dapat membuatnya lebih mudah diakses. Untuk ketepatan pembacaan, sepuluh petani sangat puas dengan ketepatan pembacaan, mencatat bahwa pembacaan sesuai dengan kondisi tanah yang terlihat dan hasil irigasi. Hanya satu petani yang netral, kemungkinan karena kurang familiar dengan membandingkan data digital dengan metode tradisional. Hal ini menunjukkan tingkat kepercayaan yang tinggi terhadap teknologi. Mayoritas (11 sangat puas) menekankan bahwa perangkat ini untuk kegunaan dalam bertani secara langsung membantu mereka membuat keputusan yang lebih baik tentang irigasi dan penggunaan pupuk. Petani melaporkan bahwa mereka dapat menghemat air dan mengurangi biaya input yang tidak perlu. Manfaat praktis ini merupakan salah satu hasil paling berharga dari proyek ini. Sedangkan pada hasil kepuasan secara keseluruhan, dengan 12 sangat puas dan 3 puas, semua peserta mengekspresikan pengalaman positif secara keseluruhan. Petani setuju bahwa perangkat tersebut merupakan pelengkap yang berguna bagi pengetahuan tradisional mereka, dan mereka terbuka untuk terus menggunakannya di masa depan. Di luar dari data tersebut, evaluasi menunjukkan adanya rasa pemberdayaan yang kuat di dalam komunitas. Petani merasa bahwa perangkat tersebut memberikan “bukti” untuk mendukung keputusan mereka, sehingga mereka lebih percaya diri dalam mengelola lahan mereka. Menariknya, pemuda desa sering membantu petani yang lebih tua dalam menginterpretasikan data aplikasi, yang memupuk kerja sama antar generasi. Dinamika ini tidak hanya meningkatkan adopsi teknologi tetapi juga memperkuat ikatan komunitas. Meskipun tingkat kepuasan umumnya tinggi, petani mengemukakan kekhawatiran tentang pemeliharaan jangka panjang dan ketahanan sensor di tanah basah atau berbatu. Mereka menyarankan sesi pemeliharaan untuk memastikan alat ini masih dapat berfungsi dengan baik.

Hasil keseluruhan proyek layanan masyarakat ini menunjukkan bahwa *Smart Soil Moist pH Analyzer* tidak hanya berfungsi secara teknis tetapi juga memberikan dampak yang berarti pada praktik pertanian dan kehidupan masyarakat di Desa Gili Barat. Hal ini ditunjukkan dari hasil tabel kalibrasi bahwa sensor pH dan kelembaban tanah beroperasi dalam rentang kesalahan yang dapat

diterima ($\pm 0,1$ untuk pH dan $\pm 0,5\%$ untuk kelembaban). Akurasi ini berarti petani dapat mengandalkan alat ini tanpa khawatir data yang menyesatkan. Misalnya, dalam kalibrasi pH, selisih antara meteran laboratorium dan sensor secara konsisten di bawah 0,1 pada semua larutan *buffer*. Ketepatan ini membuktikan bahwa analisator dapat membedakan antara kondisi asam, netral, dan alkali — faktor krusial untuk ketersediaan nutrisi dan pengelolaan pupuk. Demikian pula, kalibrasi kelembaban tanah membuktikan bahwa perubahan kecil dalam kandungan air terdeteksi dengan akurat, yang vital untuk mencegah stres tanaman.

Untuk tabel pemantauan menunjukkan bagaimana petani beralih dari irigasi rutin ke pengambilan keputusan berbasis data. Pada Hari 1 dan Hari 5, ketika kelembaban turun menjadi 20% dan 38%, petani melakukan irigasi; pada Hari 3 dan Hari 7, ketika tanah masih cukup lembab (78–84%), mereka menunda irigasi. Ini menunjukkan perubahan perilaku: alih-alih mengikuti kebiasaan, mereka mempercayai perangkat untuk memberitahu kapan air benar-benar dibutuhkan. Implikasinya dua kali lipat terkait Penghematan air yakni irigasi yang tidak perlu dihindari, mengurangi penggunaan air di musim kering. Serta efisiensi tenaga kerja yang mana petani menghemat waktu dan tenaga, karena irigasi hanya dilakukan saat diperlukan.

Selain itu, pembacaan pH tanah yang stabil (6,5–6,8) meyakinkan petani bahwa tanah mereka sudah berada dalam rentang yang sehat, menghindari penambahan kapur atau pupuk yang tidak perlu. Hal ini tidak hanya mengurangi biaya pertanian tetapi juga meminimalkan dampak lingkungan potensial dari pemupukan berlebihan. Tabel evaluasi menunjukkan umpan balik yang sangat positif: 80% petani melaporkan sangat puas dengan kegunaan alat ini, dan semua responden menyatakan kepuasan secara keseluruhan. Hal ini menunjukkan tingkat penerimaan dan kepercayaan yang kuat. Di luar angka-angka, evaluasi mengungkapkan manfaat social diantaranya terkait kepercayaan dalam pengambilan keputusan: Petani menghargai adanya “bukti” (data numerik) untuk mendukung pilihan mereka, membuat mereka merasa lebih profesional dan kurang bergantung pada tebakan. Serta kolaborasi antar generasi: Petani muda yang terampil menggunakan aplikasi Blynk menjadi fasilitator kunci dalam mengajarkan petani tua cara menginterpretasikan hasil. Hal ini memfasilitasi transfer pengetahuan dan memperkuat kohesi komunitas. Meskipun hasilnya positif, dari table evaluasi juga menunjukkan area yang memerlukan perhatian. Seorang petani tetap netral terkait kemudahan penggunaan, menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar menemukan aplikasi ini sederhana, tidak semua orang sepenuhnya nyaman dengan teknologi ini. Selain itu, kekhawatiran yang diungkapkan selama evaluasi tentang ketahanan sensor dan kalibrasi menyoroti kebutuhan akan pelatihan berkelanjutan dan dukungan pemeliharaan. Tanpa ini, manfaat mungkin tidak dapat dipertahankan dalam jangka panjang.

Integrasi sensor yang dikalibrasi, pemantauan *real-time*, dan evaluasi petani menunjukkan bagaimana alat digital berbiaya rendah dapat mengubah praktik pertanian di komunitas pedesaan. Kombinasi antara kebijaksanaan tradisional (pertanian berbasis pengalaman) dan data ilmiah (dari analisis) menciptakan sistem

pengetahuan hibrida. Hal ini memperkuat efisiensi pertanian dan ketahanan komunitas. Secara lebih luas, inisiatif semacam ini menunjukkan bahwa teknologi, ketika diperkenalkan secara partisipatif dan berorientasi pada manusia, dapat mendukung pertanian berkelanjutan sambil memberdayakan komunitas lokal.

Hasil dari proyek ini tidak hanya relevan di tingkat desa tetapi juga selaras dengan agenda SDGs PBB 2030 diantaranya SDG 2 (Tanpa Kelaparan) dimana Dengan menggunakan alat tersebut untuk pemantauan tanah, mitra dapat meningkatkan ketahanan pangan lokal yang berkelanjutan, serta memastikan ketersediaan pangan yang cukup dan berjangka panjang (tanpa kelaparan). SDG 9 (Memfasilitasi akses yang lebih besar terhadap teknologi di desa) dimana Memfasilitasi akses yang lebih besar terhadap teknologi di desa peri-urban yang sebelumnya terbatas, guna meningkatkan produktivitas pertanian. Hal ini juga mendorong pembangunan infrastruktur di kawasan perdesaan, mendukung pertumbuhan ekonomi inklusif dan berkelanjutan. SDG 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab) dimana pengaplikasian pupuk dan sumber daya alam seperti air yang dipergunakan dengan lebih tanggung jawab untuk keberlanjutan lingkungan.

Dengan menghubungkan inovasi lokal dengan SDGs FT UTM, proyek ini menunjukkan bahwa layanan masyarakat skala kecil dapat secara langsung berkontribusi pada pencapaian target global yang berkelanjutan. Selain itu, sebagai bagian dari komitmennya terhadap Tridharma Perguruan Tinggi, UTM berperan aktif dalam mentransformasikan penelitian akademik menjadi solusi praktis untuk komunitas pedesaan diantaranya adalah Pendidikan: Petani memperoleh pengetahuan baru tentang teknologi pertanian cerdas; Penelitian: Proses kalibrasi, pemantauan, dan evaluasi menghasilkan data yang dapat menjadi dasar untuk inovasi pertanian di masa depan; Layanan Masyarakat: Dampak nyata terlihat dalam pemberdayaan petani, praktik pertanian yang lebih efisien, dan kolaborasi komunitas yang lebih kuat.

Proyek ini menyoroti visi UTM sebagai katalisator untuk pengembangan pedesaan berkelanjutan (Yuniawati & Muti, 2021), menunjukkan bagaimana universitas dapat menghubungkan kebutuhan lokal dengan agenda keberlanjutan global (lihat gambar 3).



Gambar 3. Diagram alur dampak program

Gambar 3 secara ringkas, proyek ini dapat dilihat sebagai siklus perbaikan berkelanjutan yakni Kalibrasi → Memastikan perangkat akurat dan dapat diandalkan; Pemantauan → Menyediakan data real-time untuk pengambilan Keputusan; Evaluasi → Merekam umpan balik dan kepuasan petani; Pemberdayaan Komunitas → Membangun kepercayaan, kolaborasi, dan adopsi;

Keberlanjutan & SDGs → Menghubungkan tindakan lokal dengan tujuan global. Alur ini menunjukkan bagaimana intervensi teknologi sederhana, ketika dikombinasikan dengan partisipasi petani dan dukungan institusional, dapat menciptakan perubahan yang berkelanjutan.

SIMPULAN

Program Pengabdian kepada Masyarakat ini berhasil membuktikan bahwa *Smart Soil Moist pH Analyzer* tidak hanya secara teknis handal tetapi juga memiliki dampak sosial yang signifikan. Kalibrasi memastikan akurasi, sementara pemantauan dan evaluasi membuktikan kegunaannya dalam praktik pertanian sehari-hari. Petani di Desa Gili Barat beralih dari irigasi berdasarkan kebiasaan menjadi irigasi berbasis data, yang menghasilkan penghematan air, pengurangan biaya, dan pengelolaan tanaman yang lebih berkelanjutan.

Di luar hasil teknis, proyek ini mendorong pemberdayaan komunitas: petani memperoleh kepercayaan diri dalam pengambilan keputusan, generasi muda memfasilitasi literasi digital, dan kepercayaan kolektif terhadap teknologi meningkat. Masukan juga menyoroti pentingnya pelatihan berkelanjutan dan pemeliharaan untuk memastikan manfaat jangka panjang.

Pada tingkat yang lebih luas, inisiatif ini secara langsung mendukung beberapa Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) PBB 2030, termasuk tanpa kelaparan (SDG 2), memfasilitasi akses yang lebih besar terhadap teknologi di desa (SDG 9) dan konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (SDG 12). Ini juga memperkuat peran UTM dalam mengintegrasikan pendidikan, penelitian, dan pelayanan masyarakat untuk mendorong pembangunan pedesaan yang berkelanjutan. Akhirnya, inovasi teknologi berskala kecil namun terkalibrasi dengan baik, ketika dipadukan dengan keterlibatan partisipatif, dapat membawa perbaikan signifikan pada praktik pertanian dan ketahanan komunitas. Proyek ini menjadi model bagaimana universitas dapat menghubungkan kebutuhan pertanian lokal dengan agenda keberlanjutan global.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih atas dukungan dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia melalui Program Hibah BIMA. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura atas dukungan institusional dan komitmennya dalam mendorong Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya dalam mempromosikan pertanian berkelanjutan dan pemberdayaan masyarakat.

DAFTAR RUJUKAN

- Adetia, R., & Adirakasiwi, A. G. (2022). Kemampuan pemecahan masalah matematis ditinjau dari self-efficacy siswa. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 8(2), 526–536. <https://doi.org/10.31949/educatio.v8i2.2036>
- Barrow, N. J., & Hartemink, A. E. (2023). The effects of pH on nutrient availability depend on both soils and plants. *Plant and Soil*, 487(1), 21–37.

- <https://doi.org/10.1007/s11104-023-05960-5>
- Iriyanta, K., Putranto, B. P. D., & Andriyani, W. (2023). IOT based soil moisture monitoring and soil moisture prediction using linear regression (case study of vinca plants). *Journal of Intelligent Software Systems*, 2(1), 1–5. <https://doi.org/10.26798/jiss.v2i1.929>
- Li, S., Wu, S., Xing, Y., Ye, Z., & Jin, Z. (2024). Implementation of agricultural products sales APP based on ESP32 image transmission system. *6th International Academic Exchange Conference on Science and Technology Innovation (IAECST)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IAECST64597.2024.11117805>
- Manjula, M., Karnik, M. P., Ramesh, P. N., Suri, S., Vijayaraghavan, P., & Sohal, J. (2024). Ubiquitous sensing the convergence of wsns and IoT in contemporary scenarios. *4th International Conference on ICT in Business Industry & Government (ICTBIG)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICTBIG64922.2024.10911770>
- Mohapatra, K., Singh, D., & Biswal, A. K. (2023). IoAT-based smart farming technology. *International Conference on Industrial Electronics: Developments & Applications (ICIDEA)*, 585–590. <https://doi.org/10.1109/ICIDEA59866.2023.10295169>
- Mujahid, A., Jannah, M., Salahuddin, & Taufiq. (2023). Penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor pH tanah dan sensor kelembaban. *Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI)*, 9(2), 5–9. <https://doi.org/10.19184/jaei.v9i2.32623>
- Naik J, C., Nanditha, S. R., Tejaswini, C., Sunitha, P. H., & Jayaprakash, S. (2024). An IoT-based smart irrigation system using the blynk application. *Third International Conference on Artificial Intelligence, Computational Electronics and Communication System (AICECS)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/AICECS63354.2024.10956971>
- Pawar, P., & TarunKumar, M. (2020). An IoT based intelligent smart energy management system with accurate forecasting and load strategy for renewable generation. *Measurement*, 152, 107187. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107187>
- Verma, A., & Bodade, R. (2025). Design and implementation of a low-cost IoT-based smart agricultural system using ESP32 and LoRa technology. *International Conference on Computational, Communication and Information Technology (ICCCIT)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICCCIT62592.2025.10928022>
- Yuniawati, R. D., & Muti, A. A. (2021). Pemberdayaan santri kreatif dan wirausaha melalui pemanfaatan limbah kayu menjadi kerajinan. *Jurnal Sains Teknologi Dalam Pemberdayaan Masyarakat*, 2(1), 41–46. <https://doi.org/10.31599/jstpm.v2i1.672>
- Zen, M., Hadi, S., Altarin, D. A., & Yuliana, M. (2023). Smart agriculture system design to realize food sustainability based on LoRa communication. *IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT)*, 591–596. <https://doi.org/10.1109/COMNETSAT59769.2023.10420793>