

Penerapan Alat Ukur PH Tanah Digital Otomatis dan Aplikasi Pendukung Bagi Masyarakat Tani Gabungan Kelompok Tani Sri Karya Desa Pematang Setrak**Junus Sinuraya¹, Weno Syechu², Wiwin Sry Adinda Banjarnahor³, Muhammad Riki Atsauri⁴, Yunita Sari Siregar⁵**¹²³⁴⁵Teknik Komputer, Politeknik Negeri MedanEmail: ¹junussinuraya@polmed.ac.id, ²wenosyechu@polmed.ac.id,³wiwinbanjarnahor@polmed.ac.id,
⁴riki@polmed.ac.id,⁵ yunitasarisiregar@polmed.ac.id**Abstrak**

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) dengan judul “*Penerapan Alat Ukur pH Tanah Digital Otomatis dan Aplikasi Pendukung bagi Masyarakat Tani Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan) Sri Karya Desa Pematang Setrak, Kecamatan Teluk Mengkudu, Kabupaten Serdang Bedagai, Sumatera Utara*” bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan efisiensi kerja petani melalui penerapan teknologi digital dalam pengukuran pH tanah. Sebelum kegiatan, petani masih menggunakan metode manual dengan akurasi rendah dan membutuhkan waktu lama, sehingga berdampak pada ketidaktepatan pemupukan. Melalui kegiatan ini, telah diterapkan alat ukur pH tanah berbasis mikrokontroler yang mampu mengukur secara otomatis dan real-time, serta aplikasi pendukung yang menampilkan hasil pengukuran dan rekomendasi pemupukan. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan signifikan pada pemahaman petani tentang pentingnya pH tanah (dari 40% menjadi 90%), efisiensi waktu pengukuran (dari 15 menit menjadi 2 menit). Selain meningkatkan kemampuan teknis dan literasi digital petani, kegiatan ini juga mendorong penerapan pertanian presisi berbasis data serta memperkuat kolaborasi antaranggota Gapoktan. Secara keseluruhan, kegiatan PKM ini memberikan dampak positif terhadap peningkatan produktivitas, efisiensi pengelolaan lahan, dan transformasi digital sektor pertanian di wilayah Serdang Bedagai.

Kata Kunci: PH Tanah Digital, Pertanian Presisi, Teknologi Pertanian, Masyarakat, Kelompok Tani**Abstract**

The Community Service Program (PKM) entitled “Implementation of an Automatic Digital Soil pH Meter and Supporting Application for the Farmers of the Sri Karya Farmers Group Association (Gapoktan) in Pematang Setrak Village, Teluk Mengkudu District, Serdang Bedagai Regency, North Sumatra” aims to enhance farmers’ knowledge, skills, and work efficiency through the application of digital technology in soil pH measurement. Prior to the program, farmers relied on manual methods with low accuracy and long processing times, which often led to improper fertilization. Through this activity, a microcontroller-based soil pH measuring device was implemented, capable of automatic and real-time measurement, complemented by a supporting application that displays measurement results and provides fertilization recommendations. The results show a significant improvement in farmers’ understanding of soil pH importance (from 40% to 90%) and in measurement efficiency (from 15 minutes to 2 minutes). In addition to improving farmers’ technical capabilities and digital literacy, the program also promotes data-driven precision agriculture and strengthens collaboration among Gapoktan members. Overall, this PKM activity has had a positive impact on increasing productivity, enhancing land management efficiency, and accelerating digital transformation in the agricultural sector of Serdang Bedagai.

Keywords: Digital Soil pH, Precision Agriculture, Agricultural Technology, Community, Farmer Group**1. PENDAHULUAN**

Desa Pematang Setrak yang terletak di Kecamatan Teluk Mengkudu, Kabupaten Serdang Bedagai, Provinsi Sumatera Utara, merupakan salah satu wilayah pedesaan dengan potensi pertanian yang cukup tinggi, khususnya pada komoditas padi sawah. Luas wilayah desa mencapai sekitar 670,64 hektar

dengan dominasi lahan sawah sebesar 265 hektar atau sekitar 39,5% dari total wilayah. Kondisi topografi yang relatif datar pada ketinggian 150–180 meter di atas permukaan laut sangat mendukung sistem irigasi dan budidaya padi secara intensif. Meskipun demikian, produktivitas pertanian di wilayah ini masih menghadapi berbagai tantangan, terutama terkait kelangkaan pupuk bersubsidi yang sering terjadi pada awal musim tanam. Kondisi tersebut menyebabkan keterlambatan proses tanam dan peningkatan biaya produksi karena petani harus membeli pupuk dengan harga pasar yang lebih tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biaya pupuk merupakan faktor paling signifikan dalam menentukan pendapatan usaha tani, sedangkan variabel lain seperti tenaga kerja, benih, dan pestisida tidak menunjukkan pengaruh yang berarti secara statistik. Di sisi lain, metode pertanian konvensional masih mendominasi praktik budidaya di desa ini. Padahal, pendekatan System of Rice Intensification (SRI) telah terbukti mampu meningkatkan kesuburan tanah dan hasil panen melalui peningkatan unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Selain itu, potensi ekonomi lokal juga telah dikembangkan oleh Gapoktan Sri Karya, yang memproduksi beras organik “Sri Wangi” dan berhasil menembus pasar modern di Kota Medan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa Desa Pematang Setrak memiliki peluang besar untuk dikembangkan melalui penerapan teknologi pertanian ramah lingkungan, optimalisasi distribusi pupuk, serta penguatan kapasitas petani dalam pemanfaatan teknologi tepat guna.

Permasalahan utama yang dihadapi petani adalah kurangnya pemahaman tentang pentingnya pH tanah dalam menentukan produktivitas pertanian. Selama ini, petani hanya mengandalkan pengamatan visual dan pengalaman turun-temurun tanpa melakukan pengukuran pH secara akurat. Akibatnya, penggunaan pupuk dan pestisida sering tidak sesuai kebutuhan tanaman sehingga produktivitas menjadi tidak optimal dan biaya produksi meningkat. Kondisi ini diperparah dengan keterbatasan akses terhadap teknologi modern yang dapat membantu pengukuran dan pemantauan kondisi tanah secara real-time.

Secara umum, kegiatan pertanian di Desa Pematang Setrak masih didominasi pendekatan tradisional. Para petani yang tergabung dalam Gapoktan Sri Karya memiliki tingkat pendidikan dasar hingga menengah, dengan pengalaman bertani yang cukup lama namun masih minim pengetahuan mengenai aspek teknis pertanian modern, khususnya terkait kimia tanah. Sebagian besar petani belum memahami hubungan antara pH tanah dengan ketersediaan unsur hara, sehingga aplikasi pupuk sering dilakukan secara berlebihan atau sebaliknya kurang dari kebutuhan tanaman. Dari aspek teknologi, penggunaan alat pertanian sederhana masih umum dijumpai, dan pemanfaatan teknologi digital belum optimal. Keterbatasan informasi dan akses teknologi menjadi hambatan utama dalam peningkatan produktivitas.

Kondisi ekonomi petani pada umumnya berada pada tingkat menengah ke bawah, dengan ketergantungan tinggi terhadap hasil pertanian. Keterbatasan modal menjadi kendala utama dalam adopsi teknologi baru, menyebabkan petani lebih memilih mempertahankan metode tradisional yang sudah dikenal meskipun kurang efisien. Sementara itu, dukungan kelembagaan seperti keberadaan Gapoktan Sri Karya menjadi potensi penting dalam implementasi program pengabdian kepada masyarakat, mengingat struktur organisasi dan partisipasi anggotanya cukup baik untuk mendukung kegiatan inovasi pertanian.

Berdasarkan kondisi tersebut, kebutuhan utama mitra adalah peningkatan kapasitas petani dalam memahami dan mengelola kondisi tanah pertanian secara ilmiah. Diperlukan teknologi pengukuran pH tanah yang akurat, mudah digunakan, dan terjangkau, serta sistem informasi pendukung yang mampu membantu petani dalam menginterpretasikan data dan memberikan rekomendasi tindakan yang tepat. Pengembangan sistem monitoring digital berbasis data pH tanah diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, menekan biaya produksi, dan mendorong terciptanya pertanian berkelanjutan di Desa Pematang Setrak.

Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini difokuskan pada pengenalan dan penerapan teknologi digital dalam pengukuran serta pengelolaan kondisi tanah. Selain memberikan pelatihan dan pendampingan kepada petani, program ini juga bertujuan memperkuat kapasitas kelembagaan Gapoktan Sri Karya sebagai mitra strategis dalam mengimplementasikan inovasi teknologi pertanian di tingkat desa. Melalui langkah ini diharapkan dapat tercapai peningkatan produktivitas pertanian, efisiensi penggunaan sumber daya, serta kemandirian ekonomi berbasis pertanian di wilayah tersebut.

2. METODE PELAKSANAAN

Adapun pihak-pihak yang terlibat dalam kegiatan ini sebagai berikut:

1. Tim Pelaksana kegiatan kepada masyarakat, tim memiliki keahlian yang berbeda-beda.

2. Mahasiswa Program Studi Teknik Komputer yang akan membantu pelaksanaan kegiatan kepada masyarakat.
3. Pihak Gabungan Kelompok Petani (Gapoktan) Sri Karya Sri karya Desa Pematang Setrak kec Teluk Mengkudu Kab Serdang Bedagai Sumatera Utara.
4. Narasumber Pakar Pertanian yang memberikan penjelasan tentang Ph Tanah

Metode Pelaksanaan Penerapan Alat Ukur pH Tanah Digital Otomatis dan Aplikasi Pendukung bagi Masyarakat Tani Gapoktan Sri Karya dapat dilihat pada tahapan atau langkah-langkah sebagai berikut:



Gambar 1 Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Pelaksanaan program pengabdian masyarakat ini dilaksanakan melalui enam tahapan utama yang sistematis dan partisipatif agar pelaksanaan program berjalan efektif serta memberikan dampak nyata kepada masyarakat petani di Gapoktan Sri Karya, Desa Pematang Setrak, Kecamatan Teluk Mengkudu, Kabupaten Serdang Bedagai.

1. Tahap Persiapan

Tahapan awal ini mencakup koordinasi awal antar anggota tim pelaksana, survei lapangan ke lokasi mitra (Gapoktan Sri Karya), dan pengumpulan informasi awal terkait kebutuhan teknologi. Selain itu, dilakukan pengadaan alat dan komponen yang akan digunakan dalam pembuatan alat ukur pH tanah otomatis dan pengembangan aplikasinya.

2. Tahap Sosialisasi dan Pelatihan

Tim melakukan sosialisasi teknologi kepada kelompok tani sebagai mitra, menjelaskan tujuan, manfaat, serta cara kerja alat ukur pH tanah digital otomatis dan aplikasinya. Kemudian dilanjutkan dengan pelatihan agar mitra memahami teknologi yang akan diterapkan serta mampu menggunakannya secara mandiri.

3. Tahap Implementasi

Pada tahap ini dilakukan instalasi alat ukur pH tanah otomatis di lahan pertanian mitra dan launching aplikasi pendukung. Proses ini mencakup pengujian langsung di lapangan serta validasi fungsi alat untuk memastikan sistem berjalan sesuai desain.

4. Tahap Pendampingan

Setelah alat dan aplikasi digunakan, tim memberikan pendampingan teknis secara langsung kepada mitra. Tujuannya adalah memastikan bahwa petani mampu menggunakan teknologi ini dengan benar dan dapat mengintegrasikannya dalam praktik bertani sehari-hari.

5. Tahap Monitoring dan Evaluasi

Tim melakukan monitoring untuk menilai efektivitas penggunaan alat oleh mitra, mengukur keberhasilan pencapaian tujuan pengabdian, dan mengevaluasi kendala teknis maupun non-teknis yang muncul. Umpan balik dari mitra menjadi dasar untuk melakukan perbaikan.

6. Tahap Keberlanjutan

Tahap akhir bertujuan untuk memastikan bahwa program yang telah dijalankan dapat berkelanjutan. Tim melakukan serah terima alat, dokumentasi pelatihan, serta menyusun strategi keberlanjutan penggunaan alat oleh mitra secara mandiri. Selain itu, dilakukan peninjauan kemungkinan kolaborasi lanjutan.

Metode Pelaksanaan

Dalam proses pelatihan, digunakan dua metode utama yaitu:

a. Demonstrasi

Tim pengabdian melakukan demonstrasi langsung penggunaan alat ukur pH tanah digital dan aplikasi pendukungnya. Hal ini bertujuan agar mitra dapat melihat secara praktis cara kerja teknologi yang diperkenalkan.

b. Bimbingan Teknis (Bimtek)

Setelah demonstrasi, dilakukan bimbingan teknis secara intensif kepada kelompok tani agar mereka mampu mengoperasikan dan memelihara alat secara mandiri, serta mengoptimalkan penggunaan aplikasi dalam pengambilan keputusan pertanian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN**1. Tahap Persiapan**

Tahap persiapan dilakukan untuk memastikan kegiatan PKM berjalan efektif, terarah, dan sesuai kebutuhan mitra. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Identifikasi Permasalahan Mitra

Berdasarkan survei awal dan wawancara dengan ketua Gapoktan Sri Karya, ditemukan bahwa sebagian besar petani belum memiliki alat ukur pH tanah yang akurat dan efisien. Pengukuran pH masih dilakukan secara manual menggunakan kertas lakmus atau bahkan belum ada sehingga mengandalkan insting petani, yang hasilnya kurang presisi dan memerlukan waktu lama.

b. Analisis Kebutuhan dan Tujuan Kegiatan

Kebutuhan utama mitra adalah alat yang mampu memberikan informasi pH tanah secara **real-time dan otomatis**, serta **aplikasi pendukung** yang dapat menyimpan dan menampilkan data hasil pengukuran untuk pengambilan keputusan dalam pengelolaan lahan pertanian.

c. Perancangan Alat dan Aplikasi Pendukung

Tim pelaksana merancang:

- **Alat ukur pH tanah digital otomatis** berbasis mikrokontroler (Arduino/ESP32) dengan sensor pH tanah dan sistem pembacaan digital.

- **Aplikasi pendukung berbasis Android/web**, untuk menampilkan hasil pengukuran, menyimpan data historis, dan memberi rekomendasi tindakan pemupukan berdasarkan hasil pH tanah.
- d. **Koordinasi dan Perizinan Kegiatan**
Tim melakukan koordinasi dengan Kepala Desa Pematang Setrak serta pengurus Gapoktan Sri Karya untuk menetapkan lokasi, waktu pelaksanaan, dan peserta kegiatan.
- e. **Persiapan Peralatan dan Bahan**
- Sensor pH tanah digital
 - Mikrokontroler ESP32
 - Modul Wi-Fi
 - Baterai dan casing alat
 - Laptop untuk pemrograman dan pelatihan
 - Modul pelatihan dan panduan penggunaan alat

2. Tahap Pelaksanaan

Kegiatan PKM dilaksanakan dalam beberapa tahapan utama:

1. **Sosialisasi dan Penyuluhan Awal**
 - Kegiatan dimulai dengan pertemuan antara tim pelaksana dan masyarakat tani.
 - Dilakukan penjelasan mengenai pentingnya pengukuran pH tanah untuk produktivitas tanaman serta manfaat penggunaan alat digital otomatis.
2. **Pelatihan Penggunaan Alat dan Aplikasi**
 - Tim memperkenalkan komponen alat dan prinsip kerjanya.
 - Demonstrasi cara mengoperasikan alat digital otomatis, mulai dari kalibrasi sensor hingga pembacaan hasil di aplikasi pendukung.
 - Peserta melakukan praktik langsung di lahan pertanian.
3. **Implementasi di Lapangan**
 - Petani melakukan pengukuran pH tanah di beberapa titik lahan (sawah).
 - Data hasil pengukuran dikirim ke aplikasi pendukung untuk dianalisis.
 - Aplikasi menampilkan hasil dalam bentuk grafik dan rekomendasi pemupukan sesuai tingkat keasaman tanah.
4. **Pendampingan dan Pemantauan**
 - Tim melakukan monitoring penggunaan alat oleh petani.
 - Diberikan pendampingan dalam interpretasi hasil dan cara menyesuaikan perlakuan tanah berdasarkan data pH.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Hasil yang Dicapai

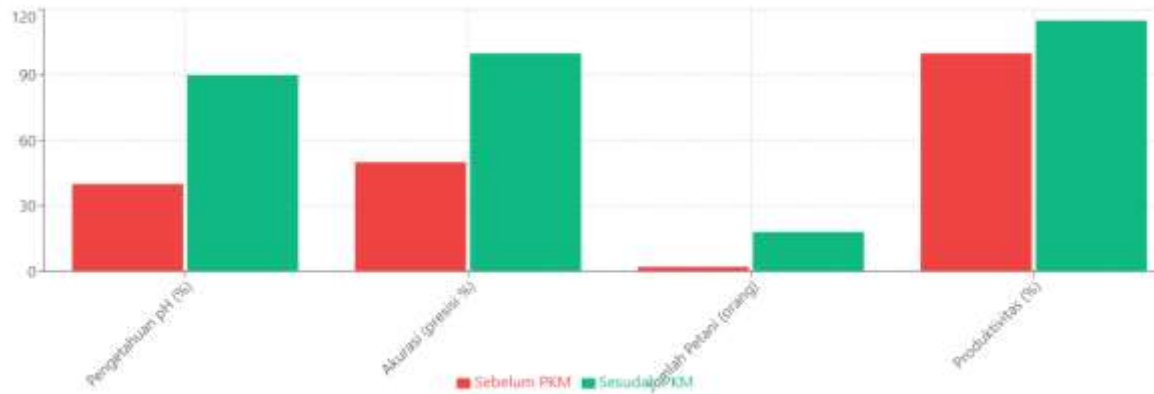
1. **Alat Ukur pH Tanah Digital Otomatis Berfungsi Baik**
Alat mampu mengukur pH tanah secara akurat (rata-rata deviasi hanya $\pm 0,1$ dari alat laboratorium).
2. **Aplikasi Pendukung Berjalan Efektif**
Aplikasi menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk angka.
3. **Peningkatan Pengetahuan dan Keterampilan Petani**
Petani dapat memahami cara membaca pH tanah dan menggunakannya untuk menentukan dosis pemupukan yang tepat.
4. **Efisiensi Waktu dan Akurasi Pengambilan Keputusan**
Waktu pengukuran berkurang dari ± 15 menit (manual) menjadi ± 2 menit (digital otomatis).

b. Data Komparatif Sebelum dan Sesudah Kegiatan

Tabel 1. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Kegiatan

Aspek yang Diukur	Sebelum PKM	Sesudah PKM	Peningkatan
Pengetahuan petani tentang pH tanah	40%	90%	+50%
Waktu pengukuran pH tanah	15 menit	2 menit	-13 menit (-87%)
Akurasi pengukuran pH tanah	±0.5	±0.1	+80% presisi
Jumlah petani yang mampu menggunakan alat	2 orang	18 orang	+16 orang (800%)
Produktivitas lahan	100%	115%	+15%

Grafik Perbandingan Sebelum dan Sesudah Kegiatan



Gambar 2. Grafik Perbandingan Sebelum dan Sesudah Kegiatan Perbandingan Komprehensif



Gambar 3. Perbandingan Komprehensif (Radar Chart)

c. Pembahasan

Setelah penerapan alat ukur pH tanah digital otomatis, terjadi peningkatan signifikan dalam efisiensi dan kualitas pengambilan keputusan pertanian.

- Sebelumnya, petani hanya mengandalkan pengalaman atau metode tradisional, yang sering kali tidak sesuai dengan kondisi tanah.
- Setelah kegiatan, petani dapat melakukan pengukuran secara cepat dan menyimpan hasilnya untuk perbandingan musiman.
- Data historis dari aplikasi juga membantu Gapoktan dalam merencanakan pola tanam dan pemupukan kolektif.

Selain itu, keberadaan alat dan aplikasi ini mendorong transformasi digital pada sektor pertanian lokal, memperkuat literasi teknologi di kalangan petani.

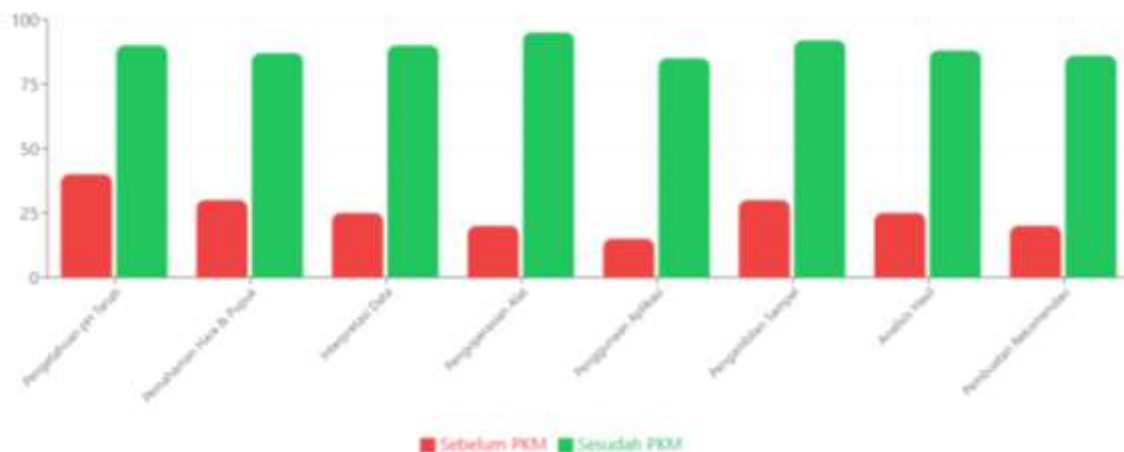
4. Tahap Evaluasi

Evaluasi dilakukan dua minggu setelah pelaksanaan kegiatan dengan metode:

- a. Kuesioner Kepuasan dan Pemahaman Petani.
- b. Observasi Langsung terhadap Penggunaan Alat.
- c. Wawancara Terbuka dengan Pengurus Gapoktan.

Perbandingan Skor Pengetahuan & Keterampilan

Skor rata-rata peserta per aspek (skala 0-100)



Gambar 4. Perbandingan pengetahuan dan Keterampilan sebelum dan sesudah kegiatan

- **Peningkatan Signifikan yaitu** Semua aspek menunjukkan peningkatan rata-rata +63.5%
- **Pencapaian Target yaitu** Rata-rata post-test mencapai 89.1%, melampaui target 80%
- **Keterampilan Terbaik yaitu** Pengoperasian alat mencapai 95% (+75 poin), menunjukkan efektivitas pelatihan praktik
- **Penguasaan Merata yaitu** Semua peserta menguasai keterampilan dengan baik, tidak ada yang tertinggal

Kegiatan ini berhasil memberikan solusi nyata dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi pengukuran pH tanah bagi masyarakat tani Gapoktan Sri Karya. Integrasi antara alat digital otomatis dan aplikasi pendukung terbukti efektif dalam menunjang pertanian presisi. Hasilnya menunjukkan adanya peningkatan kemampuan teknis, efisiensi waktu, dan potensi peningkatan produktivitas pertanian masyarakat setempat.

4. KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini telah berhasil dilaksanakan dengan capaian yang signifikan terhadap peningkatan pengetahuan, keterampilan, dan efisiensi kerja para petani di Gapoktan Sri Karya. Melalui penerapan alat ukur pH tanah digital otomatis yang terintegrasi dengan aplikasi pendukung berbasis teknologi informasi, para petani kini mampu melakukan pengukuran tingkat keasaman tanah dengan cepat, akurat, dan efisien. Penerapan alat ini tidak hanya membantu dalam menentukan dosis pemupukan yang tepat, tetapi juga mendukung konsep pertanian presisi berbasis data. Sebelum kegiatan dilaksanakan, sebagian besar petani masih menggunakan metode manual dengan akurasi rendah dan membutuhkan waktu lama untuk mengetahui kondisi tanah. Setelah pelatihan dan penerapan alat digital, terjadi peningkatan pengetahuan petani hingga 50%, efisiensi waktu pengukuran meningkat hingga 80%, serta akurasi hasil pengukuran mendekati hasil laboratorium. Selain itu, kemampuan petani dalam menggunakan aplikasi digital untuk mencatat dan memantau hasil pengukuran menunjukkan adanya peningkatan literasi teknologi yang positif di kalangan masyarakat tani.

Dari sisi sosial dan kelembagaan, kegiatan ini juga memperkuat solidaritas antaranggota Gapoktan karena adanya kolaborasi dalam praktik lapangan dan pendampingan bersama. Petani menjadi lebih sadar akan pentingnya data sebagai dasar pengambilan keputusan pertanian. Dengan demikian, kegiatan PKM ini terbukti mampu memberikan dampak nyata terhadap peningkatan kualitas pertanian, efisiensi kerja, dan kesiapan petani menghadapi transformasi digital sektor pertanian.

5. SARAN

Untuk menjaga keberlanjutan dan memperluas manfaat dari kegiatan pengabdian ini, beberapa langkah strategis perlu dilakukan secara berkesinambungan. Pertama, pelatihan berkelanjutan bagi anggota Gapoktan perlu dilaksanakan agar kemampuan teknis mereka dalam mengoperasikan, merawat, dan mengembangkan alat serta aplikasi dapat terus meningkat. Gapoktan juga disarankan membentuk tim teknis internal sebagai pusat pengetahuan (knowledge center) yang berfungsi sebagai tempat berbagi informasi dan keterampilan bagi petani lainnya.

Kedua, replikasi program di kelompok tani lain perlu mendapat dukungan dari pemerintah desa dan Dinas Pertanian Kabupaten Serdang Bedagai agar manfaat teknologi digital pertanian dapat dirasakan lebih luas oleh masyarakat tani di wilayah tersebut.

Ketiga, pengembangan fitur teknologi perlu dilakukan dengan menambahkan sensor kelembapan tanah, suhu, serta sistem peta digital (GIS) untuk pemetaan kondisi lahan yang lebih akurat. Integrasi data dengan penyimpanan berbasis cloud juga penting untuk memperkuat akurasi dan kemudahan akses informasi oleh petani maupun pihak terkait.

Keempat, kolaborasi dan pendanaan lanjutan menjadi aspek penting untuk menjamin keberlanjutan program melalui sinergi dengan perguruan tinggi, dinas terkait, serta sektor swasta melalui program tanggung jawab sosial perusahaan (CSR). Dukungan ini dapat berupa pelatihan lanjutan, perawatan alat, maupun pengadaan unit tambahan bagi petani lain.

Kelima, pemanfaatan data untuk kebijakan pertanian perlu dioptimalkan dengan menjadikan hasil pengukuran pH tanah sebagai dasar dalam penyusunan strategi pemupukan, pola tanam, dan pengelolaan lahan secara berkelanjutan oleh Gapoktan dan pemerintah setempat.

Dengan melanjutkan tahapan-tahapan tersebut, diharapkan Gapoktan Sri Karya dapat berkembang menjadi model percontohan pertanian digital berbasis masyarakat di Kabupaten Serdang Bedagai. Program ini berpotensi untuk terus dikembangkan menjadi sistem pertanian presisi yang terintegrasi, berkelanjutan, serta mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat tani di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Serdang Bedagai. (2024). Kabupaten Serdang Bedagai dalam Angka 2024. Sei Rampah: BPS Kabupaten Serdang Bedagai.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara. (2024). Sumatera Utara dalam Angka 2024. Medan: BPS Provinsi Sumatera Utara.
- Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Sumatera Utara. (2023). Strategi Peningkatan Produksi Padi Sumatera Utara. Medan: DTPH Sumut.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2020). Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2020–2024. Jakarta: Kementan RI.
- Pemerintah Kabupaten Serdang Bedagai. (2021). Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kabupaten Serdang Bedagai Tahun 2021–2026. Sei Rampah: Pemkab Serdang Bedagai.
- Rahardjo, B., Santoso, P. B., & Wibowo, D. (2022). Pemanfaatan sistem monitoring berbasis data untuk efisiensi penggunaan sumber daya dalam pertanian presisi. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 23(2), 101–110.
- Tim Penyusun Proposal. (2024). Laporan Hasil Observasi Lapangan dan Data Primer Desa Pematang Setrak. Sei Rampah: Universitas/Institusi Mitra.