

Penerapan *Human Centered Technology* untuk Ekosistem Pertanian Digital Berkelanjutan di Desa Sei Penjara, Kecamatan Sei Bingai, Kabupaten Langkat

Relita Buaton^{1*}, Devi Andriani Luta², Selfira³, I Gusti Prahmana⁴,

¹Teknik Informatika, STMIK Kaputama,Binjai, Indonesia

²Agroteknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia

^{3,4}Sistem Informasi, STMIK Kaputama,Binjai, Indonesia

e-mail: bbcbuaton@gmail.com^{1*}, deviluta@dosen.pancabudi.ac.id², selfira.yap@gmail.com³, igustiprahmana4@gmail.com⁴

Informasi Artikel

Article History:

Received : 10 November 2025

Revised : 11 Desember 2025

Accepted : 19 Desember 2025

Published : 3 Februari 2026

***Korespondensi:**

bbcbuaton@gmail.com

Keywords: Internet of Things, Smart Agriculture, Human Centered Technology, Community Empowerment, Precision Agriculture

Hak Cipta ©2025 pada Penulis.
Dipublikasikan oleh Universitas
Dinamika



Artikel ini *open access* di bawah lisensi
[CC BY-SA](#).



10.37802/society.v7i1.1285

Society : Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat

2745-4525 (*Online*)

2745-4568 (*Print*)

<https://e-journals.dinamika.ac.id/index.php/society>

Abstract

Technology implementation in rural areas often faces sustainability challenges due to a lack of user focus. In Sei Penjara Village, specific problems were identified in inefficient, high-risk agricultural management, and a high dependence on a single individual. To address these issues, this program adopted a Human Centered Technology approach through a two track strategy that integrates the development of Internet of Things (IoT) hardware for precision agriculture with human resource empowerment through digital marketing training. The implementation method is through technology design and preparation, including the design of soil and water nutrient monitoring tools, application development, and implementation, installation, and training on the use of IoT tools, sensors, and applications. The results in the field show that the results of community service activities have a real, direct, and measurable impact on increasing the capacity of village communities, the application of IoT-based soil and water nutrient monitoring tools has been proven to increase fertilization efficiency by ± 25% and reduce agricultural operational costs by around 35%, more than 80% of training participants are able to use ChatBot independently, participants are able to produce promotional content independently, understand product storytelling strategies, and utilize social media analytics features to reach a wider market, and the next stage plan is to monitor the development of the impact of the IoT tools produced in optimizing community harvests. If there are obstacles, they will be evaluated, but if there are no obstacles, this program will be implemented in villages in Langkat Regency and its surroundings.

PENDAHULUAN

Ketersediaan dan pemenuhan kebutuhan pangan memiliki peranan vital dalam menciptakan masyarakat yang sehat serta mencegah terjadinya kasus *stunting*. Berdasarkan laporan UNICEF (2021), tercatat sekitar 767,9 juta penduduk dunia mengalami kekurangan gizi, menunjukkan bahwa isu ketahanan pangan masih menjadi

persoalan global yang serius. Untuk menghadapi tantangan tersebut, diperlukan penerapan teknologi berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dalam sektor pangan, pertanian, dan kesehatan agar proses penanganan lebih efektif dan berkelanjutan. Menurut *World Health Organization* (WHO), malnutrisi merupakan salah satu ancaman serius terhadap kesehatan masyarakat dunia dan diperkirakan menjadi penyebab utama kematian sekitar 3,1 juta anak setiap tahunnya (Rizaty 2022). Kondisi serupa juga terjadi di Indonesia, di mana angka prevalensi *stunting* pada balita mencapai 24,4% pada tahun 2021 dan hampir seperempat dari total balita masih mengalami *stunting* pada tahun 2022 (Bayu 2022). Temuan tersebut diperkuat oleh hasil penelitian yang menunjukkan bahwa ibu dengan tingkat pendidikan rendah memiliki risiko dua kali lebih besar untuk melahirkan anak yang mengalami *stunting* (Senbanjo et al. 2011). *Stunting* sangat mempengaruhi terhadap kecerdasan otak pada anak maka sangat penting untuk diminimalisasi (Zarlis et al. 2023). Jumlah kalori harian yang dikonsumsi, jumlah protein, karbohidrat, dan vitamin yang dikonsumsi harian, status kesehatan atau berat badan peserta yang dicatat setiap minggu, pola ini dapat digunakan untuk prediksi dampak terhadap kecerdasan anak dengan kecerdasan buatan (Buaton, Zarlis, and Mawengkang 2020)(Relita Buaton, Muhammad Zarlis, Elviwani, Ami Dilham 2022), salah satu pendekatan yang digunakan adalah membangun model dengan penerapan *machine learning* berbasis kecerdasan buatan (Relita Buaton, Muhammad Zarlis, Elviwani, Ami Dilham 2022) (Buaton et al. 2020), *stunting* dapat diminimalisasi dengan kecukupan nutrisi melalui optimalisasi hasil pertanian.

Desa Sei Penjara, Kecamatan Sei Bingai, Kabupaten Langkat yang terletak di Provinsi Sumatera Utara, memiliki potensi pertanian yang besar, namun banyak petani yang menghadapi masalah dalam meningkatkan hasil pertanian dan memasarkan produk. Desa ini mayoritas dihuni oleh petani yang menggantungkan hidup mereka pada sektor pertanian, khususnya padi, jagung, dan kelapa sawit yang diharapkan menjadi salah satu penyedia pangan untuk masyarakat. Desa Sei Penjara, Kecamatan Sei Bingai, Kabupaten Langkat memiliki struktur sosial yang terdiri dari berbagai kelompok usia, termasuk petani yang telah berusia lanjut serta pemuda dan remaja yang semakin tertarik dengan teknologi namun masih minim pengalaman dalam sektor pertanian. Selain persoalan *stunting* yang diakibatkan oleh kurangnya nutrisi akibat hasil panen pertanian yang kurang, salah satu tantangan utama adalah rendahnya hasil pertanian yang diperoleh karena masih mengandalkan teknik pertanian tradisional, serta kurangnya pemahaman dalam memanfaatkan Teknologi Informasi (TI) dan Kecerdasan Buatan (AI) yang dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Digitalisasi desa telah menjadi salah satu strategi prioritas nasional di Indonesia untuk menjembatani kesenjangan digital dan mengoptimalkan potensi lokal. Sektor pertanian, sebagai tulang punggung ekonomi di banyak wilayah pedesaan, menjadi fokus utama dalam implementasi teknologi. Pemanfaatan teknologi digital di bidang pertanian (*Agri tech*) diharapkan tidak hanya meningkatkan produktivitas dan efisiensi, tetapi juga memperkuat ketahanan pangan dan daya saing ekonomi masyarakat desa secara keseluruhan.

Meskipun demikian, implementasi di lapangan menghadapi tantangan kontekstual yang spesifik, seperti yang teridentifikasi di Desa Sei Penjara, Kabupaten Langkat. Observasi awal menemukan beberapa permasalahan krusial. Pertama, dalam praktik budidaya konvensional, petani masih sangat bergantung pada kebiasaan dalam pemberian pupuk, bukan berdasarkan data kebutuhan nutrisi tanah yang terukur. Praktik ini menyebabkan inefisiensi biaya produksi yang signifikan akibat pemborosan pupuk. Kedua, aset desa berupa *greenhouse* hidroponik masih dioperasikan sepenuhnya secara manual, sehingga sangat memakan waktu dan rentan terhadap *human error*. Adanya riwayat kegagalan panen total di masa lalu juga menimbulkan tantangan psikologis bagi pengelola, yang berdampak

pada kehati-hatian dalam adopsi teknologi baru. Terakhir, sistem pengelolaan asset desa ini teridentifikasi sangat bergantung pada satu individu (*person dependent*), yang menciptakan risiko tinggi terhadap keberlanjutan program jangka panjang.

Menjawab permasalahan tersebut, program ini mengadopsi kerangka kerja *Human Centered Technology* (HCT). Pendekatan ini dipilih secara sadar untuk memitigasi risiko kegagalan adopsi teknologi. Berbeda dengan pendekatan *top down* yang seringkali menghasilkan "proyek mercusuar" teknologi canggih yang tidak terpakai karena tidak sesuai dengan realitas operasional HCT memposisikan pengguna akhir sebagai pusat dari proses desain. Solusi dirancang secara kolaboratif untuk memastikan bahwa teknologi yang dihasilkan benar-benar menjawab kebutuhan, praktis, dan dapat dikelola secara mandiri oleh masyarakat.

Pertanian merupakan sektor utama dalam memenuhi kebutuhan pangan dan perekonomian Indonesia, namun pengelolaannya masih banyak dilakukan secara manual. Kondisi ini menyebabkan Efisiensi dan produktivitas yang belum optimal. Kemajuan teknologi, khususnya IoT, menawarkan solusi otomatisasi dan pemantauan lingkungan yang mampu meningkatkan efektivitas kerja petani. IoT dapat menghubungkan berbagai perangkat melalui internet untuk memantau faktor-faktor seperti kesuburan tanah, kelembapan, suhu, dan curah hujan secara real-time, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dan cepat (Sari et al. 2024). Pertanian merupakan sektor Vital yang mendukung kehidupan masyarakat, terutama di negara berkembang seperti Indonesia. Keberhasilan pengembangan pertanian sangat ditunjang oleh faktor karakteristik petani, modal sosial, dan produktivitas usaha tani yang saling berkaitan dan mendukung satu sama lain (Ni Luh Putu Rossita Dewi, Made Suyana Utama 2017), rendahnya produktivitas pertanian menjadi permasalahan utama yang memerlukan solusi terpadu dan kolaboratif seperti minimnya infrastruktur, terbatasnya akses petani terhadap teknologi dan modal, serta kurangnya partisipasi generasi muda dalam pertanian (Rosiana et al. 2025). Kendala utama yang dihadapi adalah rendahnya produktivitas, efisiensi, dan kualitas hasil pertanian. Teknologi modern seperti IoT, kecerdasan buatan, dan alat pertanian canggih diharapkan mampu mengatasi tantangan tersebut. Meskipun teknologi ini membawa manfaat besar, penerapannya masih terbatas karena faktor seperti kurangnya pengetahuan petani, biaya tinggi, dan keterbatasan fasilitas pendukung, termasuk akses internet di daerah pedesaan. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengabdian masyarakat berupa pelatihan dan pendampingan teknis untuk meningkatkan adopsi teknologi di kalangan petani. Meskipun demikian, tantangan utama terkait keterbatasan infrastruktur, khususnya akses internet di daerah pedesaan, masih perlu mendapatkan perhatian untuk mendukung keberlanjutan dan penyebarluasan teknologi ini (Mursa et al. 2025). Konsep smart farming atau pertanian digital hadir sebagai inovasi cerdas dalam sektor pertanian yang memanfaatkan teknologi IoT untuk melakukan pemantauan serta pengendalian otomatis terhadap berbagai aktivitas di lahan pertanian. Penerapan IoT bersama teknologi digital lainnya diyakini mampu menjadi solusi terhadap beragam kendala yang dihadapi petani sekaligus membuka peluang menuju sistem pertanian yang lebih efisien, adaptif, dan berkelanjutan. Agar transformasi ini dapat memberikan dampak maksimal, diperlukan peningkatan literasi teknologi dan pelatihan berkelanjutan bagi para petani sehingga mereka dapat mengadopsi dan memanfaatkan teknologi tersebut secara luas dan efektif dalam kegiatan pertanian sehari-hari (Halawa 2024), sebagaimana dilakukan oleh (Sari, Surya, and Rianti 2025) dengan pemberdayaan petani melalui pelatihan, secara signifikan meningkatkan pengetahuan mereka sekitar 66%, dan secara berkelanjutan dapat mendorong praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, penerapan teknologi sistem *monitoring* kelembaban dan pH tanah secara

real time dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengoptimalkan kegiatan pertanian (Muna et al. 2024).

Permasalahan global terkait pertanian, lingkungan, masyarakat, dan sumber daya semakin kompleks seiring meningkatnya populasi manusia dan perubahan iklim. Teknologi pertanian masa depan diharapkan mampu meningkatkan produksi pangan melalui inovasi *urban farming*, vertikultur, *plant factory*, dan pemanfaatan teknologi AI, IoT dan pertanian presisi yang mampu mengatasi permasalahan penurunan minat generasi muda terhadap pertanian dan memaksimalkan hasil produksi secara (Efendi 2022). Menurut (Sari and Sari 2025) yang mengeksplorasi penerapan teknologi IoT dalam mendukung pertanian berkelanjutan di Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. Teknologi IoT diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, pemantauan *real time*, dan pengambilan keputusan berbasis data dalam aktivitas pertanian. Meskipun demikian, sebagian petani yang telah mengadopsi teknologi ini merasakan peningkatan dalam efisiensi penggunaan air dan pupuk, kolaborasi antara pemerintah dan sektor swasta sangat penting untuk membangun infrastruktur yang mendukung keberhasilan implementasi teknologi ini di lapangan (Sari and Sari 2025), penerapan teknologi IoT dalam bidang pertanian, termasuk sistem irigasi otomatis dan pemantauan kondisi tanaman secara *real time*. Program ini juga menunjukkan potensi keberlanjutan melalui pembinaan berkelanjutan dan kerja sama antar institusi, yang mendukung penerapan teknologi modern dalam praktik pertanian modern di sekolah dan masyarakat, sekaligus meningkatkan pengetahuan dan sumber daya manusia dalam bidang pertanian berbasis teknologi IoT (Al-hafiz et al. 2023).

Perkembangan pesat teknologi komunikasi telah menjadikan internet sebagai media strategis dalam penyebaran informasi di bidang pertanian. Dalam konteks ini, petugas atau penyuluh pertanian berperan penting sebagai penghubung informasi agroindustri dan diharapkan mampu mengadaptasi serta memanfaatkan kemajuan teknologi komunikasi digital secara efektif untuk mendukung pelaksanaan tugas penyebaran pengetahuan dan inovasi kepada masyarakat tani (Windihastuty 2021). Pemanfaatan IoT ini mampu mendeteksi dan memonitor kondisi lahan secara otomatis, memberikan informasi yang berguna bagi petani untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dalam kegiatan pertanian (Sari et al. 2024), penggunaan sensor suhu dan kelembaban udara juga umum, mendukung optimasi proses pertanian dan pengendalian lingkungan. Penelitian ini juga menyoroti perlunya peningkatan kualitas dan jumlah publikasi agar lebih banyak artikel dapat terbit di jurnal berperingkat lebih tinggi (Setyawan and Marjunus 2024).

Penggunaan teknologi IoT dalam pertanian hidroponik memiliki potensi besar dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi budidaya tanaman. Dengan memonitor kepekatan nutrisi *AB Mix* secara *real time*, sistem IoT dapat otomatis mendistribusikan nutrisi dan menyesuaikan tingkat air sesuai kebutuhan tanaman. Implementasi ini diharapkan membantu usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) berkembang, meningkatkan hasil panen, dan mengurangi pemborosan sumber daya (Firmansyah, Bayu Wibisana, Yusuf Hendra Pratama, Muhammad Ziad Iqbal 2025). Pertanian sangat bergantung pada ketersediaan air, sehingga sistem irigasi yang efisien menjadi faktor utama keberlanjutan pertanian, penerapan teknologi IoT dalam sistem irigasi cerdas di Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara, merupakan langkah strategis untuk mengatasi permasalahan irigasi tradisional yang sering menyebabkan pemborosan air dan rendahnya produktivitas pertanian. Secara kuantitatif, penerapan sistem ini mengurangi pemborosan air secara signifikan dan meningkatkan hasil panen (Gerald and Manoppo 2025). Teknologi IoT memiliki potensi yang sangat signifikan dalam mentransformasi sektor pertanian melalui berbagai penerapan inovatif yang mampu meningkatkan efisiensi operasional, produktivitas hasil, serta keberlanjutan sistem pertanian secara keseluruhan. Namun,

dibutuhkan dukungan dari pemerintah melalui regulasi, kebijakan, dan insentif finansial, serta kolaborasi dengan berbagai pihak seperti institusi pendidikan dan swasta. Tantangan utama meliputi pembangunan infrastruktur yang memadai, pelatihan tenaga kerja, dan pengelolaan dana yang cukup besar (Goda, Del, and Stein 2024). *Data mining time series* adalah teknik analisis data yang mempelajari data berurutan yang dicatat secara periodik dari waktu ke waktu, dengan tujuan menemukan pola tersembunyi (Muhammad Zarlis 2019) (Buaton et al. 2020), melalui pembelajaran secara terus menerus sehingga menghasilkan model dengan mutu yang terbaik dan sudah pernah dipatenkan (Relita Buaton, Ami Dilham, Muhammad Zarlis 2021) (Buaton et al. 2024). Algoritma ini secara otomatis menemukan pola perawatan, mengevaluasi kesesuaian dengan kebutuhan penduduk, algoritma yang digunakan seperti *Decision Tree*, *Random Forest*, SVM, dan KNN digunakan (Karadeniz et al. 2025) dan mampu menghasilkan prediksi presisi, mengurangi risiko kesalahan klasifikasi yang didasarkan pada analisis data secara mendalam (Boozary et al. 2025). Data set dapat dikelola menjadi data *warehouse* yang selanjutnya diolah dengan menggunakan beberapa algoritma *association rule*, *clustering*, jaringan saraf tiruan, *decision tree*, KNN, algoritma genetika dan *random forest* (Relita Buaton, Muhammad Zarlis, Elwiwani, Ami Dilham 2022) (Buaton and Zarlis 2021)(Muhammad Zarlis 2019)(Buaton and Solikhun 2023). Metode-metode tersebut dapat digunakan untuk menganalisis masalah pada pertanian dengan menggunakan kecerdasan buatan untuk optimalisasi.

Ditemukan banyak petani usia tua yang kesulitan mengoperasikan teknologi modern dan menghambat potensi sektor pertanian serta pemasaran hasil pertanian secara konvensional di Desa Sei Penjara. Untuk itu, dibutuhkan upaya kolaboratif dalam mengatasi masalah pertanian dan pemasaran secara digital. Tujuan utama dari program ini adalah untuk membangun sebuah ekosistem pertanian digital yang berkelanjutan di Desa Sei Penjara. Untuk mencapai tujuan tersebut, diterapkan strategi dua jalur (*dual track*) yang berjalan secara paralel. Jalur pertama berfokus pada pengembangan perangkat keras (*hardware*), yaitu perancangan dan implementasi teknologi IoT untuk pertanian presisi pada *greenhouse hidroponik*. Jalur kedua berfokus pada pemberdayaan "perangkat lunak" atau sumber daya manusia (*human empowerment*), yang mencakup pelatihan literasi digital, pemanfaatan *Artificial Intelligence* (AI) untuk manajemen kebun, serta strategi pemasaran digital untuk hasil panen.

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini melibatkan masyarakat desa sebanyak 20 orang yang terdiri dari kaum bapak dan ibu dan memberdayakan 20 orang mahasiswa magang dari STMIK Kaputama. Peserta dilatih oleh 3 orang dosen dari STMIK Kaputama untuk teknologi IoT, sedangkan 1 orang dosen dari Universitas Pembangunan Panca Budi khusus untuk bidang pertanian. Pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat ini dengan pendekatan studi kasus sesuai dengan diagram berikut ini:



Gambar 1. Tahapan Pengabdian Kepada Masyarakat

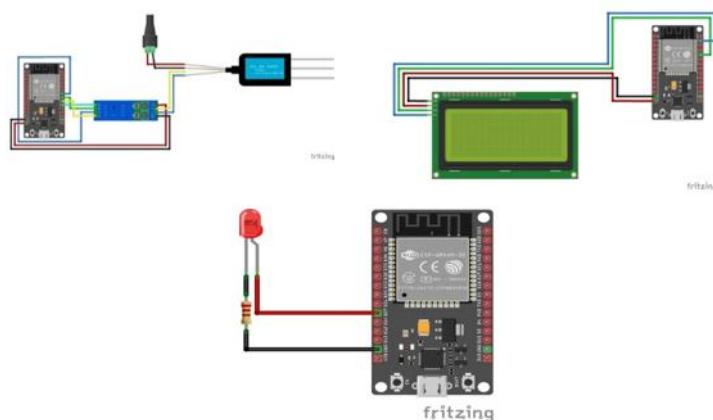
Framework ini untuk memberikan gambaran yang mendalam dan komprehensif mengenai proses implementasi program digitalisasi pertanian dari tahap perencanaan hingga evaluasi di Desa Sei Penjara. Lokasi penelitian bertempat di Desa Sei Penjara,

Kecamatan Sei Bingai, Kabupaten Langkat, dengan periode pelaksanaan program berlangsung dari Juli hingga November 2025. Untuk mendapatkan informasi di lapangan dengan menggunakan tiga teknik pengumpulan data:

1. **Observasi Partisipatif:** Peneliti terlibat langsung dalam seluruh rangkaian kegiatan di lapangan, mulai dari diskusi awal, proses uji coba alat, hingga sesi pelatihan. Hal ini memungkinkan pengamatan mendalam terhadap realitas operasional, dinamika sosial, dan respon spontan dari masyarakat.
2. **Wawancara Mendalam:** Wawancara dilakukan dengan informan kunci, yaitu salah satu petani warga sebagai pengelola utama *greenhouse* hidroponik. Wawancara ini bertujuan untuk menggali pengalaman, tantangan operasional harian, dan persepsi terhadap teknologi yang diimplementasikan.
3. **Focus Group Discussion(FGD):** Sesi diskusi interaktif dilaksanakan selama pelatihan digitalisasi bersama kelompok Ibu-ibu PKK dan Karang Taruna untuk memahami kebutuhan, tingkat literasi digital, serta aspirasi mereka terkait pemanfaatan teknologi untuk pengembangan UMKM dan pemasaran hasil pertanian, variable FGD mencakup jenis tanaman, hasil panen, periode panen, jenis pupuk, kendala tanaman, kendala pertumbuhan, kondisi tanah, air, suhu dan curah hujan.

HASIL dan PEMBAHASAN

Rangkaian skematik alat pendekripsi kondisi tanah berbasis IoT, menjadi solusi teknologi pertanian presisi yang membantu petani memantau kesuburan tanah secara cepat dan akurat. Menggunakan integrasi *sensor multi parameter*, ESP32, dan aplikasi *Android*, sistem ini mampu memberikan data real-time serta rekomendasi otomatis untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan menjaga keberlanjutan lahan pertanian.



Gambar 2. Rangkaian Skematik Alat Pendekripsi Kandungan Nutrisi Tanah Berbasis IoT

Tabel 1. Interpretasi Data dan Rekomendasi Alat

Parameter	Rentang Ideal	Rekomendasi
Suhu	20–30°C	Di bawah 20°C: kurangi penyiraman; Di atas 30°C: tambah kelembapan
Kelembapan	50–70%	<50%: siram; >70%: kurangi air
pH	6.0–7.5	<6.0: tambah kapur dolomit; >7.5: tambah belerang
Nitrogen (N)	40–60 mg/kg	Jika rendah: pupuk urea
Fosfor (P)	20–40 mg/kg	Jika rendah: pupuk SP-36
Kalium (K)	40–60 mg/kg	Jika rendah: pupuk KCl

1. Implementasi Jalur Teknologi (Hardware): Menavigasi Antara Visi dan Realitas Lapangan

Implementasi jalur perangkat keras dalam program ini berpusat pada pengembangan dan uji coba prototipe sistem *monitoring* nutrisi hidroponik, yang diberi nama "TaniQ Hydroponik". Pada uji coba lapangan perdana yang dilaksanakan, prototipe tersebut berhasil menunjukkan fungsionalitas dasar yang esensial. Seluruh komponen perangkat keras, mulai dari catu daya, *mikrokontroler*, hingga sensor, terbukti dapat beroperasi sebagai satu kesatuan sistem dan merespons ketika diuji langsung di dalam tandon air nutrisi milik desa. Analisis lebih lanjut mengidentifikasi bahwa akar permasalahannya bukan terletak pada kerusakan komponen perangkat keras, melainkan pada perangkat lunak alat yang belum melalui proses kalibrasi yang presisi, di mana formula konversi dari konduktivitas listrik (EC) ke nilai PPM belum disesuaikan dengan larutan standar.

Dari perspektif *Human Centered Technology*, temuan ini memiliki implikasi yang sangat bermanfaat. Bagi pengelola adanya trauma akibat kegagalan yang pernah terjadi, sebuah alat yang memberikan data salah hanya kehilangan utilitasnya, tetapi juga berpotensi merusak kepercayaan masyarakat. Hal ini dapat memicu penolakan total terhadap adopsi teknologi di masa depan, karena alat yang tidak akurat justru lebih berbahaya daripada tidak memiliki alat sama sekali. Kegagalan kalibrasi ini juga menjadi tantangan sosio ekonomi yang lebih luas dalam merancang teknologi tepat guna. Tim dihadapkan pada dilema strategis: antara mengadopsi sensor berjangkauan terbatas (1000 PPM) yang terjangkau secara ekonomis namun akan mengunci potensi kebun hanya pada tanaman bernilai jual rendah seperti kangkung, atau berinvestasi pada sensor ideal (2000 PPM) yang fungsionalitasnya sejalan dengan visi bisnis jangka panjang (seperti penanaman pakcoy atau selada) namun memiliki biaya modal yang sangat tinggi.



Gambar 3. Sesi Pelatihan Digitalisasi dan Peningkatan SDM

Kegiatan ini berfokus pada digitalisasi pertanian(peningkatan kapasitas SDM dilaksanakan di Balai Desa Sei Penjara) dan evaluasi tindak lanjut di *greenhouse* (peningkatan kapasitas *hardware* di taman hidroponik desa), salah satu kegiatan yang dilakukan berupa pengenalan AI melalui pemanfaatan *tools ChatGPT*, peserta dibekali cara membuat *prompting* untuk mendapatkan informasi penyelesaian masalah malalui *ChatGPT*.



Gambar 4. Peninjauan Lokasi *Green House*

Kegiatan ini melakukan validasi atas temuan sebelumnya. Uji coba penggunaan Ajinomoto sebagai pengganti *AB Mix* terbukti gagal total. Ini menjadi bukti konkret bahwa nutrisi hidroponik adalah formula kimia kompleks yang tidak bisa digantikan sembarangan. Walaupun nutrisi komersial mahal, sangat kompleks dan diperlukan, maka solusi terbaik bukanlah mengganti nutrisi (yang berisiko), melainkan menghemat pemakaian nutrisi yang mahal melalui otomatisasi yang presisi.



Gambar 5. Uji coba Alat

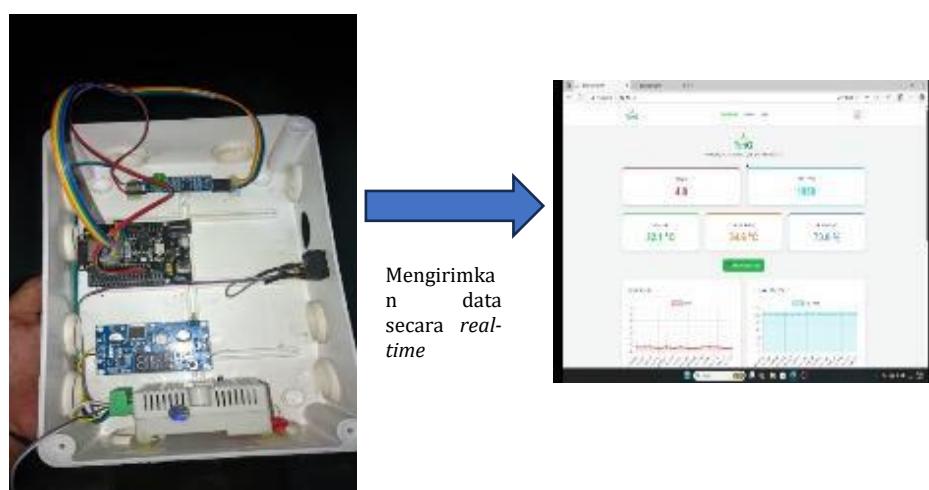
Produk *hard technology* yang diterapkan adalah alat *monitoring* nutrisi tanah dan sensor pengecek nutrisi air. Alat monitoring tanah berfungsi untuk mengukur kadar *Nitrat* (N), *Fosfor* (P), *Kalium* (K), serta parameter lingkungan seperti kelembapan, suhu, dan pH tanah. Sedangkan sensor air digunakan untuk mengukur kualitas air yang digunakan dalam sistem pertanian hidroponik, meliputi kandungan nutrisi, tingkat keasaman, dan suhu air. Alat-alat ini dirancang agar mudah digunakan oleh petani, dengan tampilan data yang dapat terhubung ke *smartphone*, sehingga dapat dibaca secara langsung tanpa memerlukan keahlian teknis tinggi. Penerapan alat ini membantu petani menentukan dosis pemupukan dan jadwal penyiraman secara lebih akurat, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk dan air. Berdasarkan hasil pengujian alat IoT dapat membaca suhu udara 30,3°C, kelembapan 84%, suhu air mencapai 29,6°C dan pH air 7,65



Gambar 6. *Hardware dan Software Monitoring Nutrisi Kandungan Tanah*



Gambar 7. *Hardware dan Software Monitoring Nutrisi Air*



Gambar 8. *Hardware dan Software Monitoing Nutrisi Air 2.0*

Sementara itu, produk *soft technology* yang dikembangkan meliputi aplikasi TaniQ, TaniQ *Hydroponik*, dan *TaniQ Hydroponik 2.0* yang berfungsi untuk memantau data hasil pembacaan alat *monitoring* melalui *smartphone*. Penerapan alat monitoring nutrisi tanah dan air berbasis IoT terbukti meningkatkan efisiensi pemupukan hingga ±25% serta menurunkan biaya operasional pertanian sekitar 35%.

2. Perluasan market hasil pertanian dengan optimalisasi media sosial

Untuk optimalisasi hasil pemasaran hasil petanian desa, peserta juga dibekali dengan pemanfaatan media sosial sebagai sarana promosi. Sesi pelatihan pemasaran digital yang berfokus pada pemanfaatan *platform* media sosial populer seperti *TikTok* dan *Facebook*, serta pengenalan AI sebagai asisten digital untuk konsultasi pertanian, peserta sangat antusias mengikuti pelatihan media sosial. Tingkat partisipasi aktif terlihat sangat jelas, terutama dari kelompok ibu-ibu PKK yang berhasil mengatasi keraguan awal dan dengan sukses melakukan simulasi *live streaming* untuk mempromosikan produk-produk contoh. Peserta mampu menggunakan *ChatGPT* untuk menjawab pertanyaan praktis yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, seperti "cara membasi hama kutu putih pada cabai" atau "ide judul *video TikTok* untuk mempromosikan keripik ubi", penggunaan *ChatBot* pertanian berbasis GPT memberikan akses cepat terhadap informasi pertanian, seperti pemupukan, pengendalian hama, dan kondisi cuaca. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa lebih dari 80% peserta pelatihan mampu menggunakan *ChatBot* secara mandiri.

Materi pelatihan dirancang atas kebutuhan nyata dan mendesak yang dirasakan oleh masyarakat yaitu memasarkan hasil pertanian dan produk UMKM untuk market yang lebih luas. Dengan memberikan keterampilan praktis yang relevan seperti teknik *storytelling* produk (misalnya, bukan hanya menjual "kangkung hidroponik", tetapi merawat kangkung bebas pestisida di kebun desa") dan penguasaan teknis *live streaming*, program ini berhasil memfasilitasi pergeseran pola pikir peserta dari sekadar produsen pasif menjadi pemasar yang proaktif dan berdaya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilaksanakan selama empat bulan di Desa Sei Penjara, Kecamatan Sei Bingai, Kabupaten Langkat

1. Memberikan dampak nyata, langsung, dan terukur terhadap peningkatan kapasitas masyarakat desa, khususnya pada sektor pertanian dan UMKM berbasis teknologi digital. Program ini berhasil mengintegrasikan inovasi teknologi, peningkatan literasi digital, dan pendampingan berkelanjutan dalam satu ekosistem pemberdayaan desa yang aplikatif dan relevan dengan kebutuhan lokal.
2. Penerapan alat monitoring nutrisi tanah dan air berbasis IoT terbukti meningkatkan efisiensi pemupukan hingga ±25% serta menurunkan biaya operasional pertanian sekitar 35%. Petani tidak lagi bergantung pada metode konvensional berbasis perkiraan, melainkan mampu mengambil keputusan pemupukan dan pengelolaan air secara presisi berbasis data real time.
3. Pada aspek literasi digital dan kecerdasan buatan, penggunaan *ChatBot* pertanian berbasis GPT memberikan akses cepat terhadap informasi pertanian, seperti pemupukan, pengendalian hama, dan kondisi cuaca. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa lebih dari 80% peserta pelatihan mampu menggunakan *ChatBot* secara mandiri, sehingga ketergantungan terhadap penyuluh lapangan dapat dikurangi.
4. Pada sektor UMKM dan pemasaran digital, pelatihan pemanfaatan media sosial (*TikTok* dan *Facebook Pro*) berdampak pada peningkatan penjualan rata-rata sebesar ±20% dalam satu bulan pertama setelah pelatihan.

5. Secara sosial, kegiatan ini juga berhasil meningkatkan partisipasi aktif masyarakat, dengan tingkat kehadiran dan keterlibatan peserta mencapai lebih dari 85% pada seluruh rangkaian kegiatan.

Untuk pengembangan program di masa mendatang, beberapa saran diajukan. Pertama, dari aspek teknis, prototipe alat "TaniQ Hydroponik" harus melalui proses kalibrasi yang presisi di laboratorium untuk memastikan akurasi data sebelum diimplementasikan secara penuh di lapangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Kemendiktisaintek atas bantuan material pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat dan Pemerintahan Kabupaten Langkat, Desa Sei Penjara atas kerjasama pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat sebagai mitra STMIK Kaputama.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-hafiz, Nofri Wandi, Helpi Nopriandi, Febri Haswan, and M. Yusfahmi. 2023. "Pelatihan Pengenalan Perangkat IoT Bidang Pertanian Pada Smk Negeri 3 Teluk Kuantan." 3:221-27.
- Bayu, Dimas. 2022. "Prevalensi Stunting Di Indonesia Capai 24,4% Pada 2021."
- Boozary, Payam, Sogand Sheykhan, Hamed GhorbanTanhaei, and Cosimo Magazzino. 2025. "Enhancing Customer Retention with Machine Learning: A Comparative Analysis of Ensemble Models for Accurate Churn Prediction." *International Journal of Information Management Data Insights* 5(1):100331.
- Buaton, Relita, Informatics Engineering, Study Program, Sekolah Tinggi, Ilmu Komputer, Tunas Bangsa, and Pematang Siantar. 2024. "Comparative Evaluating Numerical Measure Variations In K- Medoids Clustering For Effective Data Grouping." 10(2):394-403.
- Buaton, Relita, and Solikhun Solikhun. 2023. "The Application of Numerical Measure Variations in K-Means Clustering for Grouping Data." *MATRIX: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika Dan Rekayasa Komputer* 23(1):103-12.
- Buaton, Relita, and Muhammad Zarlis. 2021. *Konsep Data Mining Dalam Implementasi*.
- Buaton, Relita, Muhammad Zarlis, and Herman Mawengkang. 2020. "Optimization Of Forecasting Time Series With Rbt (Rule Best Time Series)." 98(15):2977-89.
- Efendi, Rustam. 2022. "Teknologi Pertanian Masa Depan Dan Peranannya Dalam Menunjang Ketahanan Pangan." 1(1):1-12.
- Firmansyah, Bayu Wibisana, Yusuf Hendra Pratama, Muhammad Ziad Iqbal, Rifqi Sulthon Abqari. 2025. "Pertanian Cerdas Berbasis Internet of Things Untuk Meningkatkan." 4(20):80-85.
- Gerald, Franky, and Cliford Manoppo. 2025. "Jurnal Pengabdian Masyarakat (PENGAMAS) IMPLEMENTATION OF IoT IN SMART IRRIGATION SYSTEMS FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE BERKELANJUTAN." 2(1):445-52.
- Goda, Karina Dhena, Agusto Del, and Piero Stein. 2024. "Kajian Pengembangan Internet of Things (IoT) Pada Sektor Pertanian Di Kabupaten Ngada , Nusa Tenggara Timur." 6(02):478-93.
- Halawa, Destri Nugrahni. 2024. "Peran Teknologi Pertanian Cerdas (Smart Farming) Untuk Generasi Pertanian Indonesia." 6(02):502-12.
- Karadeniz, M. B., Ebru Efeoğlu, Burak Çelik, Adem Kocyigit, and Bahattin Türetken. 2025. "Clipper: An Efficient Cluster-Based Data Pruning Technique for Biomedical Data to Increase the Accuracy of Machine Learning Model Prediction." *Egyptian Informatics Journal* 30(October 2024):100641.

- Muhammad Zarlis, Syahril Efendi Relita Buaton. 2019. *Time Series Data Mining*. Vol. 2. Wade Group.
- Muna, Nailul, Haryadi Amran Darwito, Titon Dutono, and Nanang Syahroni. 2024. "Pengembangan Dan Penyuluhan Sistem Pemantau Kelembaban Dan PH Tanah Tanaman Padi Untuk Petani Desa Sambit." *Society: Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat* 5(1):1-10.
- Mursa, Gunawan, Rabatul Ain, Sri Reski Ramadhani, Dewi Aliyah Sabrina, Teknik Informatika, Universitas Lamappapoleonro, Universitas Lamappapoleonro, Teknik Sipil, Universitas Lamappapoleonro, Universitas Lamappapoleonro, and Pendampingan Petani. 2025. "Pemanfaatan Teknologi Di Bidang Pertanian." 3:75-78.
- Ni Luh Putu Rossita Dewi, Made Suyana Utama, Ni Nyoman Yuliarmi. 2017. "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Usaha Tani Dan Keberhasilan Program Simantri Di Kabupaten Klungkung." 2:701-28.
- Relita Buaton, Ami Dilham, Muhammad Zarlis, Elviwani. 2021. "Perangkat Lunak Audit Mutu Internal Berbasis Kecerdasan Kecerdasan Buatan Secara Online."
- Relita Buaton, Muhammad Zarlis, Elviwani, Ami Dilham, Verdi Yasin. 2022. *Kecerdasan Buatan Era Revolusi Industri 4.0*. Mitra Wacana Media.
- Rizaty, Monavia Ayu. 2022. "Unicef: 767,9 Juta Penduduk Dunia Menderita Kekurangan Gizi."
- Rosiana, Devy Surya, Hesti Agustin, Hafidh Al, and Fathan Wijaya. 2025. "Model Peningkatan Produktivitas Pertanian Berbasis Kelembagaan." 14(2):501-16.
- Sari, Dina Kartika, Titis Surya, and Maha Rianti. 2025. "Peningkatan Kesejahteraan Petani Kopi Desa Ketindan Melalui Pertanian Regeneratif Pupuk Organik Plus." *Society : Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat* 5(2):146-56.
- Sari, Indah Purnama, Aisar Novita, Fanny Ramadhani, and Andy Satria. 2024. "Pemanfaatan Internet of Things (IoT) Pada Bidang Pertanian Menggunakan Arduino UnoR3."
- Sari, Yusi Nurmala, and Maya Sari. 2025. "Inovasi Teknologi IoT Untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan IoT Technology Innovation to Support Sustainable Agriculture." 8(1):271-84.
- Senbanjo, Idowu O., Kazeem A. Oshikoya, Olumuyiwa O. Odusanya, and Olisamedua F. Njokanma. 2011. "Prevalence of and Risk Factors for Stunting among School Children and Adolescents in Abeokuta , Southwest Nigeria." (August).
- Setyawan, Dodi Yudo, and Roniyus Marjunus. 2024. "Automasi Dan Internet of Things (IoT) Pada Pertanian Cerdas : Review Artikel Pada Jurnal Terakreditasi Kemenristek." (April):1-9.
- Windihastuty, Wiwin. 2021. "Pemanfaatan Internet of Things (IoT) Dalam Sektor Pertanian Oleh Petugas Pertanian Di Kecamatan Pamijahan , Bogor Internet of Things (IoT) Utilization in the Agricultural Sector by Agricultural Officers in Pamijahan , Bogor." 1:18-24.
- Zarlis, Muhammad, Tanty Oktavia, Relita Buaton, Ferda Ernawan, and Kevin Andrian. 2023. "Minimizing the Number of Stunting Prevalence Using the Euclid Algorithm Clustering Approach." Pp. 1-7 in *2023 International Conference of Computer Science and Information Technology (ICOSNIKOM)*.