

Penerapan Teknologi Internet Of Things (IoT) Pada Program Pekarangan Pangan Lestari (P2L) Di Desa Pakuure Tinanian Kecamatan Tenga Kabupaten Minahasa Selatan

Implementation of Internet of Things (IoT) Technology in the 'Pekarangan Pangan Lestari' (P2L) Program in Pakuure Tinanian Village, Tenga District, South Minahasa Regency

Meicsy E.I. Najohan¹⁾, Arthur M. Rumagit,^{1)*}, Janny O. Wuwung,^{1)*}

¹⁾Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi; Kelurahan Bahu Kota Manado Sulawesi Utara 95115

*Email Korespondensi: meicsynajohan@unsrat.ac.id

Article History:

Received: 15 June 2026

Revised: 05 July 2026

Accepted: 12 August 2026

Keywords: -Internet of Things(IoT); Irigasi Otomatis; Ketahanan Pangan; Pekarangan Pangan Lestari (P2L); Smart Greenhouse

Abstract

The objective of this community service program was to implement Internet of Things (IoT) technology in the Sustainable Food Yard Program (Pekarangan Pangan Lestari/P2L) to improve the productivity and sustainability of household-based agriculture in Pakuure Tinanian Village, Tenga District, South Minahasa Regency. The program employed a participatory approach involving greenhouse construction, installation of an IoT-based monitoring and automatic irrigation system, and community training and demonstrations. A 2 × 2 × 2 meter greenhouse equipped with sensors for soil moisture, air temperature, humidity, and automated irrigation was developed to enable real-time monitoring and environmental control. The implementation demonstrated improved plant growth, more efficient water utilization, and enhanced environmental management through automated monitoring and control. Community outreach and hands-on demonstrations also increased participants' knowledge and skills in applying IoT technology for household food production. In conclusion, integrating IoT with the P2L program proved to be an effective approach for optimizing greenhouse cultivation, improving resource efficiency, and strengthening community capacity in adopting smart agricultural technologies. The program provides a practical and sustainable model for supporting local food security and modernizing small-scale agriculture

PENDAHULUAN

Ketahanan pangan merupakan salah satu isu strategis dalam pembangunan berkelanjutan karena berkaitan dengan kemampuan masyarakat memperoleh pangan yang cukup, aman, bergizi, dan berkelanjutan. Tantangan perubahan iklim, keterbatasan sumber daya, dan transformasi sistem pangan semakin menegaskan pentingnya penguatan produksi pangan pada tingkat lokal dan rumah tangga (FAO et al., 2023). Salah satu upaya yang dikembangkan di Indonesia adalah Program Pekarangan Pangan Lestari (P2L), yaitu pemanfaatan lahan pekarangan untuk mendukung ketersediaan dan diversifikasi pangan keluarga. Implementasi P2L dilaporkan memberikan manfaat

ekonomi berupa penghematan belanja sayuran serta dampak sosial berupa perubahan perilaku dan peningkatan kemauan masyarakat untuk mempelajari budidaya tanaman (Saputri et al., 2021). Penelitian lain menunjukkan kontribusi P2L terhadap kecukupan gizi rumah tangga (Sukmawani et al., 2022), sedangkan evaluasi Hafizah et al. (2024) menunjukkan bahwa keberhasilan P2L berkaitan dengan ketepatan sasaran, sosialisasi, pencapaian tujuan, dan pemantauan program.

Desa Pakuure Tinanian, Kecamatan Tenga, Kabupaten Minahasa Selatan memiliki potensi pengembangan pertanian pekarangan karena kondisi agroklimatnya mendukung tanaman perkebunan dan hortikultura. Namun, sebagian masyarakat masih mengandalkan komoditas kelapa dan cengkeh yang memiliki periode panen relatif panjang. Pemanfaatan pekarangan untuk tanaman pangan karena itu dapat menjadi alternatif untuk mendukung ketersediaan pangan keluarga sekaligus meningkatkan produktivitas lahan.

Perkembangan **Internet of Things (IoT)** memberikan peluang untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan pertanian melalui penggunaan sensor, mikrokontroler, jaringan komunikasi, dan sistem monitoring. Penerapan IoT memungkinkan parameter lingkungan tanaman dipantau secara real-time serta digunakan sebagai dasar pengendalian aktuator. Assa et al. (2022) menunjukkan bahwa IoT dapat dimanfaatkan untuk memonitor kondisi budidaya hidroponik dari jarak jauh. Bonde et al. (2021a) juga menerapkan sensor dan aktuator pada greenhouse untuk memonitor dan mempertahankan kondisi lingkungan tanaman, sementara Bonde et al. (2021b) mengembangkan sistem monitoring dan pengendalian smart greenhouse secara daring.

Integrasi IoT dalam pertanian berkembang menjadi bagian dari **smart agriculture**, yang memanfaatkan data lingkungan untuk meningkatkan ketepatan pengelolaan tanaman dan efisiensi sumber daya. Kumar et al. (2024) menjelaskan bahwa IoT telah diterapkan pada smart irrigation, precision farming, crop monitoring, dan smart greenhouse untuk mendukung produktivitas serta keberlanjutan pertanian. Pada greenhouse, IoT memungkinkan otomatisasi pemantauan atmosfer, irigasi, dan pertumbuhan tanaman (Hosny et al., 2025).

Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini bertujuan menerapkan teknologi IoT pada Program P2L melalui pembangunan greenhouse berukuran $2 \times 2 \times 2$ meter yang dilengkapi sensor lingkungan dan sistem penyiraman otomatis. Kegiatan juga diarahkan pada transfer pengetahuan dan keterampilan melalui sosialisasi, demonstrasi, dan pelatihan sehingga masyarakat mampu memahami serta memanfaatkan teknologi smart agriculture untuk mendukung pengelolaan pekarangan dan ketahanan pangan rumah tangga.

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini dilaksanakan pada bulan November 2024 di Desa Pakuure Tinanian, Kecamatan Tenga, Kabupaten Minahasa Selatan. Sasaran kegiatan adalah anggota kelompok Program Pekarangan Pangan Lestari (P2L) dan masyarakat setempat dengan jumlah peserta sebanyak 23 orang.

Kerangka Pemecahan Masalah

Masalah Mitra :

Masyarakat Desa Pakuure Tinanian menghadapi tantangan dalam pengelolaan lahan pekarangan secara efektif, terutama dalam aspek pemantauan kondisi lingkungan tanaman secara real-time. Keterbatasan dalam penggunaan teknologi modern menyebabkan kurangnya efisiensi dalam sistem irigasi dan pengendalian faktor lingkungan yang berdampak pada produktivitas pertanian.

Pemecahan Masalah :

Solusi yang ditawarkan dalam program ini adalah membangun green house berukuran 2x2x2 meter yang dilengkapi dengan teknologi IoT. Sistem ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan tanaman, seperti kelembaban tanah, suhu udara, dan penyiraman otomatis, guna meningkatkan efisiensi pertumbuhan tanaman..

Program PKM ke Mitra:

Kegiatan dalam program ini melibatkan pembangunan green house, pemasangan sensor IoT, serta pelatihan dan sosialisasi kepada masyarakat mengenai pemanfaatan teknologi ini dalam mendukung pertanian berbasis pekarangan.

Montitoring dan Evaluasi :

Implementasi program dilakukan melalui beberapa tahapan, termasuk perencanaan, pembangunan green house, instalasi teknologi IoT, serta sosialisasi dan evaluasi kinerja sistem. Evaluasi dilakukan dengan mengamati efektivitas sistem IoT dalam mengontrol kondisi tanaman serta melalui umpan balik dari masyarakat terkait manfaat yang dirasakan dari teknologi ini.

Metode Pendekatan

Program PKM ini menggunakan metode **pendekatan partisipatif aktif**, di mana masyarakat desa dan tim pengabdian bekerja sama dalam setiap tahapan pelaksanaan. Melalui metode ini, masyarakat tidak hanya menjadi penerima manfaat tetapi juga ikut serta dalam proses perancangan, implementasi, serta pemeliharaan sistem yang diterapkan. Dengan pendekatan ini, diharapkan terjadi transfer ilmu dan teknologi secara lebih efektif, sehingga masyarakat dapat mengelola serta mengembangkan teknologi ini secara mandiri di masa depan.

Adapun yang menjadi subjek dari kegiatan ini adalah mitra dalam hal ini masyarakat dan pemerintah dimana gambaran proses perencanaan dimulai dari permasalahan yang ada di mitra, pemecahan masalah dilanjutkan dengan pemberian pemahaman dari teknologi yang dikembangkan. Tabel 3.1. menunjukkan alur kegiatan antara Tim Pengabdian, Masyarakat dan Pemerintah. Berikut adalah tabel yang menunjukkan keterlibatan antara tim pengabdian dengan mitra (pemerintah setempat dan masyarakat) dalam setiap tahapan kegiatan:

Tabel 3.1. Alur Kegiatan antara Tim Pengabdian, Masyarakat dan Pemerintah

No.	Kegiatan	Terlibat	Luaran
1	Sosialisasi dan diskusi awal	Tim pengabdian, pemerintah desa, masyarakat	Pemahaman awal tentang konsep IoT dan P2L
2.	Pembangunan green house	Tim Pengabdian	Green house berukuran 2x2x2 meter
3.	Instalasi sistem IoT	Tim Pengabdian	Green house berbasis IoT siap beroperasi
4.	Pelatihan dan demonstrasi	Tim Pengabdian dan Masyarakat	Masyarakat memahami cara kerja sistem
5.	Evaluasi dan monitoring	Tim Pengabdian dan Masyarakat	Feedback dan perbaikan sistem IoT

Dengan metode pelaksanaan ini, program ini berhasil mencapai tujuan utamanya dalam mendukung pemanfaatan lahan pekarangan secara optimal melalui integrasi teknologi IoT, serta meningkatkan pemahaman dan keterampilan masyarakat dalam memanfaatkan teknologi pertanian modern.

Metode Evaluasi

Evaluasi keberhasilan kegiatan dilakukan menggunakan pendekatan **deskriptif kuantitatif dan kualitatif**. Evaluasi meliputi observasi langsung terhadap kinerja sistem greenhouse, dokumentasi kegiatan, serta penyebaran kuesioner kepada peserta setelah pelaksanaan pelatihan. Aspek yang dievaluasi meliputi tingkat pemahaman peserta terhadap teknologi IoT, kemampuan mengoperasikan sistem, keberfungsian perangkat yang telah dipasang, serta tingkat kepuasan peserta terhadap pelaksanaan kegiatan.

Indikator Keberhasilan

Keberhasilan program ditentukan berdasarkan beberapa indikator, yaitu:

- Greenhouse berbasis IoT berhasil dibangun dan seluruh perangkat berfungsi dengan baik.
- Sistem monitoring dan penyiraman otomatis mampu beroperasi sesuai dengan kondisi lingkungan tanaman secara real-time.
- Seluruh 23 peserta mengikuti kegiatan pelatihan dan demonstrasi hingga selesai.
- Sebagian besar peserta (minimal 80%) memahami konsep dasar IoT dan mampu mengoperasikan sistem greenhouse berdasarkan hasil evaluasi kuesioner.
- Masyarakat menunjukkan peningkatan pengetahuan dan keterampilan dalam penerapan teknologi smart agriculture serta memiliki kesiapan untuk memanfaatkan sistem dalam mendukung Program Pekarangan Pangan Lestari (P2L).

Dengan metode tersebut, kegiatan tidak hanya menghasilkan implementasi teknologi, tetapi juga meningkatkan kapasitas masyarakat dalam mengadopsi teknologi pertanian modern untuk mendukung ketahanan pangan di tingkat rumah tangga.

Deskripsi Green House (Rumah Kaca) dan Teknologi Internet of Things (IoT)

Adapun sistem yang akan diterapkan ke Masyarakat berupa :

1. Green House

Green House ini memiliki dimensi **2x2x2 meter**, dirancang untuk menciptakan lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman. Struktur utamanya terbuat dari rangka logam ringan dan dinding transparan berbahan plastik UV, memungkinkan masuknya cahaya matahari secara maksimal.

Gambar 3.1. menunjukkan wujud dari green house yang dibangun. Di dalam Green House, terdapat berbagai jenis tanaman yang ditanam dalam wadah hidroponik maupun pot tanah, bergantung pada jenisnya.

Untuk menjaga kondisi pertumbuhan yang ideal, sistem berbasis **Internet of Things (IoT)** diterapkan dengan berbagai sensor dan aktuator, meliputi:

- **Sensor Suhu dan Kelembaban**
Memantau kondisi lingkungan secara real-time untuk memastikan suhu dan kelembaban berada dalam rentang optimal.
- **Sensor Kelembaban Tanah**
Mendeteksi kadar air dalam media tanam dan mengaktifkan sistem irigasi otomatis jika diperlukan.
- **Sistem Penyiraman Otomatis**
Menggunakan pompa air yang dikendalikan secara otomatis berdasarkan data sensor kelembaban tanah.
- **Lampu Grow Light Otomatis**
Digunakan sebagai pencahayaan tambahan ketika intensitas cahaya alami tidak mencukupi.

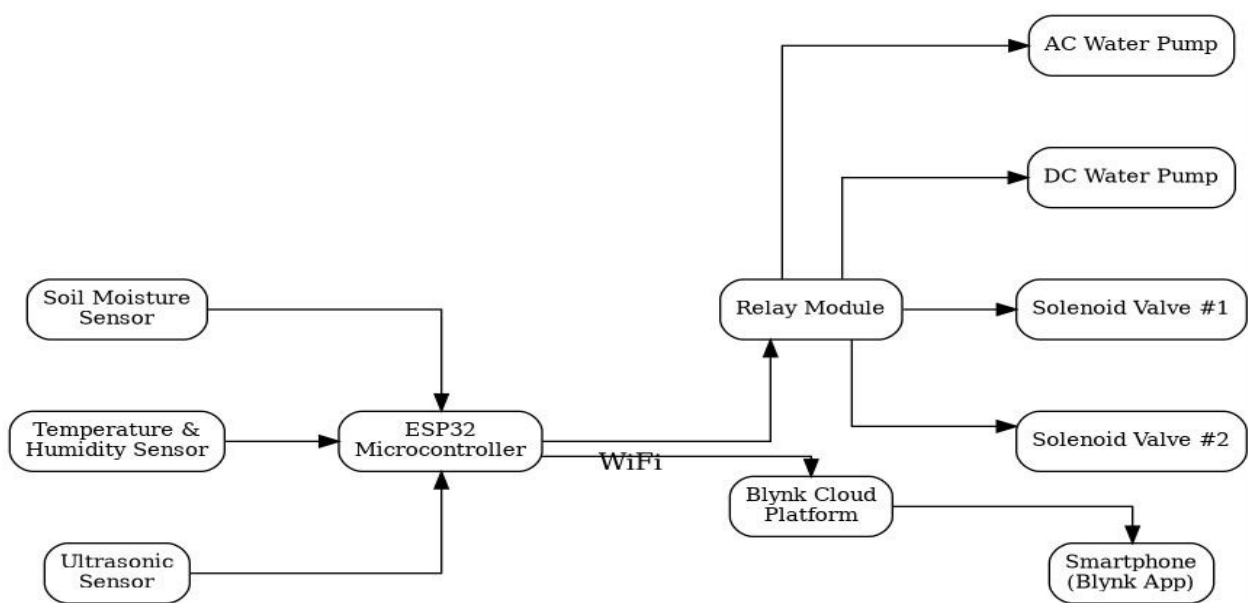
- **Kipas Ventilasi Cerdas**
Diaktifkan ketika suhu dalam Green House meningkat, menjaga sirkulasi udara agar tetap baik.
- **Aplikasi Monitoring**
Semua data dari sensor dikirim ke platform IoT berbasis web atau aplikasi mobile, memungkinkan pemantauan dan kontrol jarak jauh oleh pengguna.
Dengan adanya sistem IoT ini, Green House dapat beroperasi secara otomatis dan efisien, meningkatkan produktivitas pertanian serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti air dan listrik.



Gambar 3.1. Green House ukuran 2x2x2 meter

2. *Teknologi Internet of Things*

Gambar 3.2. menunjukkan diagram blok Diagram Blok Penyiraman Otomatis Berbasis IoT dalam Green House.



Gambar 3.2. Diagram Blok Penyiraman Otomatis Berbasis IoT dalam Green House

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Greenhouse Berbasis IoT

Kegiatan PKM menghasilkan sebuah greenhouse berukuran $2 \times 2 \times 2$ meter yang dilengkapi sistem monitoring dan pengendalian berbasis IoT. Sistem terdiri atas sensor suhu dan kelembaban udara, sensor kelembaban tanah, sensor ketinggian air, mikrokontroler ESP32, relay, pompa air, dan solenoid valve. Data sensor digunakan sebagai masukan untuk mengendalikan aktuatur, sedangkan informasi kondisi lingkungan dapat dikirimkan ke platform IoT sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan secara real-time.

Arsitektur tersebut memiliki kesesuaian dengan konsep smart greenhouse yang dikembangkan dalam beberapa penelitian sebelumnya. Benyazza et al., (2023), misalnya, mengembangkan platform IoT dan Wireless Sensor Network (WSN) untuk memperoleh data suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah serta menggunakannya dalam pengendalian iklim dan irigasi greenhouse. Sistem tersebut menunjukkan bahwa integrasi sensor, komunikasi data, dan antarmuka monitoring memungkinkan kondisi greenhouse dipantau dan dikendalikan secara lebih sistematis.

Hasil implementasi PKM juga konsisten dengan penelitian Bonde et al. (2021a), yang menunjukkan bahwa sensor dan aktuatur dapat digunakan untuk mempertahankan kondisi lingkungan greenhouse sesuai kebutuhan tanaman. Sementara itu, Bonde et al. (2021b) memperlihatkan bahwa data lingkungan real-time dapat digunakan dalam sistem monitoring dan pengendalian greenhouse secara daring. Dengan demikian, sistem yang diterapkan pada mitra tidak hanya memperkenalkan perangkat elektronik, tetapi menerapkan konsep pengambilan keputusan berdasarkan kondisi aktual lingkungan tanaman.

Monitoring Lingkungan dan Sistem Irigasi Otomatis

Salah satu komponen penting dari sistem adalah pengendalian penyiraman berdasarkan kelembaban tanah. Sensor membaca kondisi media tanam dan data tersebut menjadi acuan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan aliran air. Mekanisme ini berbeda dari penyiraman konvensional yang dilakukan berdasarkan perkiraan atau jadwal tetap.

Pendekatan tersebut didukung oleh Liao et al. (2021), yang mengembangkan smart irrigation berdasarkan data kelembaban tanah real-time pada greenhouse. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penjadwalan irigasi berdasarkan kondisi aktual tanah dapat menghindari kekurangan maupun kelebihan pemberian air serta meningkatkan *irrigation water use efficiency*.

Temuan serupa dilaporkan dalam pengembangan sistem irigasi berbasis cloud dan IoT, di mana integrasi sensor, WSN, pengolahan data, dan pengendalian real-time mendukung pengelolaan air yang lebih efisien (Et-taibi et al., 2024). Morchid et al. (2024) juga menunjukkan bahwa arsitektur yang menggabungkan perangkat IoT, cloud, dashboard, serta keputusan pengaktifan pompa berdasarkan ambang sensor dapat membantu mencegah *over-irrigation*.

Dalam konteks PKM ini, manfaat tersebut terlihat pada perubahan mekanisme pengelolaan tanaman oleh mitra: penyiraman yang sebelumnya bergantung pada pengamatan manual dapat dibantu oleh pembacaan kelembaban tanah dan pengendalian otomatis. Namun, karena kegiatan belum melakukan pengukuran volume air secara komparatif sebelum dan sesudah implementasi, peningkatan efisiensi penggunaan air pada PKM ini belum dinyatakan secara kuantitatif. Hal tersebut dapat menjadi parameter evaluasi pada kegiatan lanjutan.

Penerapan Smart Greenhouse pada Skala Masyarakat

Greenhouse yang dikembangkan dalam kegiatan ini relatif kecil sehingga sesuai dengan karakter kegiatan P2L berbasis pekarangan. Thomopoulos et al. (2024) menunjukkan bahwa small-scale smart greenhouse yang mengintegrasikan sensor, aktuatur, IoT, dan sistem kontrol mampu membentuk lingkungan yang dapat dipantau dan diatur secara real-time. Penelitian tersebut memperlihatkan kelayakan pengembangan lingkungan mikro yang dapat mengatur dirinya sendiri untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

Implementasi serupa pada sistem hidroponik dan aeroponik greenhouse menunjukkan bahwa IoT dapat digunakan untuk mengendalikan kondisi lingkungan secara otomatis sesuai jenis tanaman dan musim (Sadek et al., 2024). Selain itu, sistem monitoring lingkungan pertanian berbasis IoT yang mengintegrasikan sensor, aktuator, dan cloud memungkinkan pengguna mengelola greenhouse dari jarak jauh (Song et al., 2024).

Hasil tersebut memperkuat relevansi teknologi yang diterapkan pada PKM di Desa Pakuure Tinanian. Bagi mitra, greenhouse bukan hanya berfungsi sebagai pelindung tanaman, tetapi menjadi ruang budidaya yang kondisi lingkungannya dapat diketahui melalui sensor dan sebagian proses pemeliharaannya dapat diotomatisasi.

Dampak Kegiatan terhadap Mitsmart ra

Selain implementasi teknologi, kegiatan PKM melibatkan **23 peserta** melalui penyuluhan, sosialisasi, demonstrasi, dan praktik penggunaan sistem. Kegiatan ini memberikan kesempatan kepada peserta untuk mengenal konsep IoT, memahami fungsi sensor dan aktuator, serta mengamati secara langsung proses monitoring dan penyiraman otomatis.

Dampak tersebut penting karena keberhasilan P2L tidak hanya ditentukan oleh keberadaan sarana produksi. Saputri et al. (2021) menemukan bahwa implementasi P2L dapat menghasilkan perubahan perilaku dan kemauan masyarakat untuk mempelajari budidaya tanaman. Hafizah et al. (2024) juga menunjukkan pentingnya sosialisasi dan pemantauan dalam efektivitas pelaksanaan P2L. Dengan demikian, pelatihan dan demonstrasi dalam PKM ini menjadi bagian penting dari proses adopsi teknologi, bukan sekadar kegiatan pendukung.

Kegiatan ini juga relevan dengan hasil Sukmawani et al. (2022) mengenai kontribusi pemanfaatan pekarangan terhadap pemenuhan kebutuhan pangan dan gizi keluarga. Dalam konteks yang lebih luas, FAO et al. (2023) menempatkan penguatan sistem pangan lokal dan transformasi sistem agrifood sebagai bagian penting dalam upaya meningkatkan akses terhadap pangan sehat. Oleh karena itu, integrasi P2L dengan teknologi IoT dapat dipandang sebagai upaya menggabungkan pemberdayaan masyarakat dengan inovasi teknologi pertanian.

Perbandingan dengan Penelitian Smart Agriculture

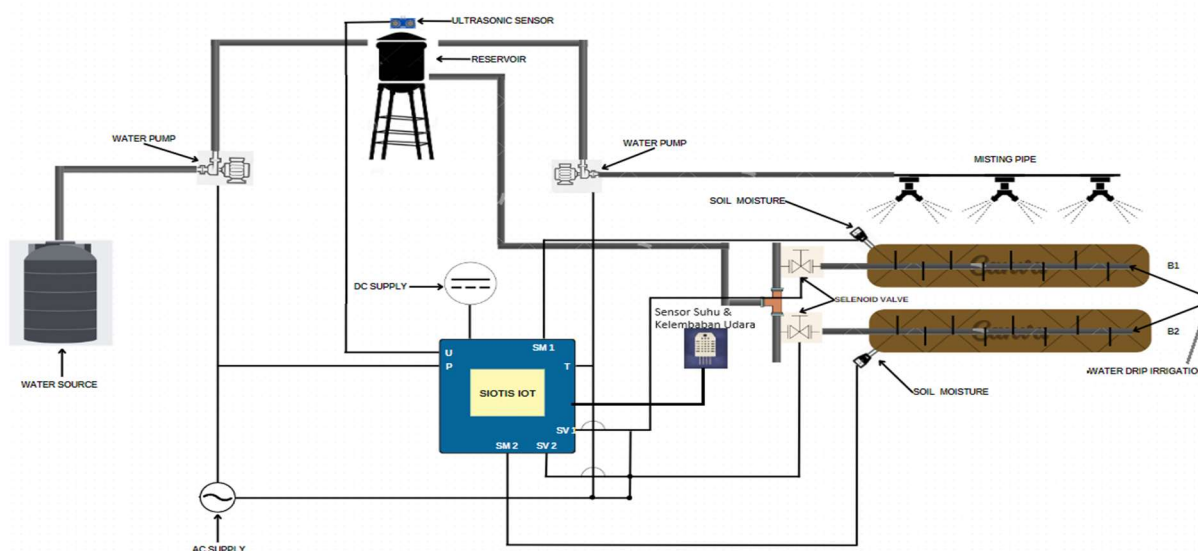
Sistem yang diterapkan dalam PKM masih relatif sederhana dibandingkan perkembangan smart agriculture terkini. Penelitian mengenai smart irrigation telah mengintegrasikan IoT dengan cloud computing, embedded system, telemetry, dashboard, hingga algoritma pengendalian. Morchid et al. (2024) menunjukkan kemampuan sistem IoT untuk mengumpulkan dan menganalisis parameter suhu, kelembaban, kelembaban tanah, dan level air secara real-time. Penelitian mengenai high-technology agriculture juga memperlihatkan potensi integrasi IoT, ESP32, sensor lingkungan, cloud computing, dan pengendalian pompa dalam mendukung pengelolaan air serta ketahanan pangan (Morchid et al., 2026).

Sementara itu, Benyazza et al. (2023) mengintegrasikan IoT, WSN, fuzzy logic, dan antarmuka monitoring dalam pengelolaan iklim dan irigasi greenhouse. Thomopoulos et al. (2024) menggunakan fuzzy logic pada small-scale greenhouse sehingga sistem dapat melakukan penyesuaian parameter lingkungan secara otomatis. Perkembangan lebih lanjut juga menunjukkan penggunaan fuzzy logic, IoT, ESP32, dan cloud computing untuk menentukan durasi irigasi secara dinamis berdasarkan kondisi lingkungan.

Jika dibandingkan dengan penelitian tersebut, kontribusi utama kegiatan PKM ini bukan terletak pada pengembangan algoritma kontrol yang kompleks, melainkan pada **transfer dan penerapan teknologi IoT yang relatif sederhana, murah, dan mudah dipahami oleh masyarakat pada skala P2L**. Karakter tersebut penting karena Kumar et al. (2024) menegaskan bahwa biaya, konektivitas, skalabilitas, kemampuan pengelolaan data, serta tingkat pemahaman pengguna merupakan faktor penting dalam adopsi IoT untuk pertanian berkelanjutan.

Dampak kegiatan terhadap mitra terutama terlihat pada tersedianya sarana budidaya berbasis teknologi dan bertambahnya pengalaman peserta dalam menggunakan teknologi IoT untuk pertanian. Namun, dampak kuantitatif terhadap peningkatan produktivitas tanaman, penghematan air, pendapatan, maupun ketahanan pangan rumah tangga masih memerlukan pengukuran lanjutan. Oleh karena itu, kegiatan berikutnya perlu dilengkapi dengan pengukuran sebelum dan sesudah implementasi sehingga manfaat teknologi terhadap produktivitas, penggunaan air, dan keberlanjutan P2L dapat dibuktikan secara lebih terukur.

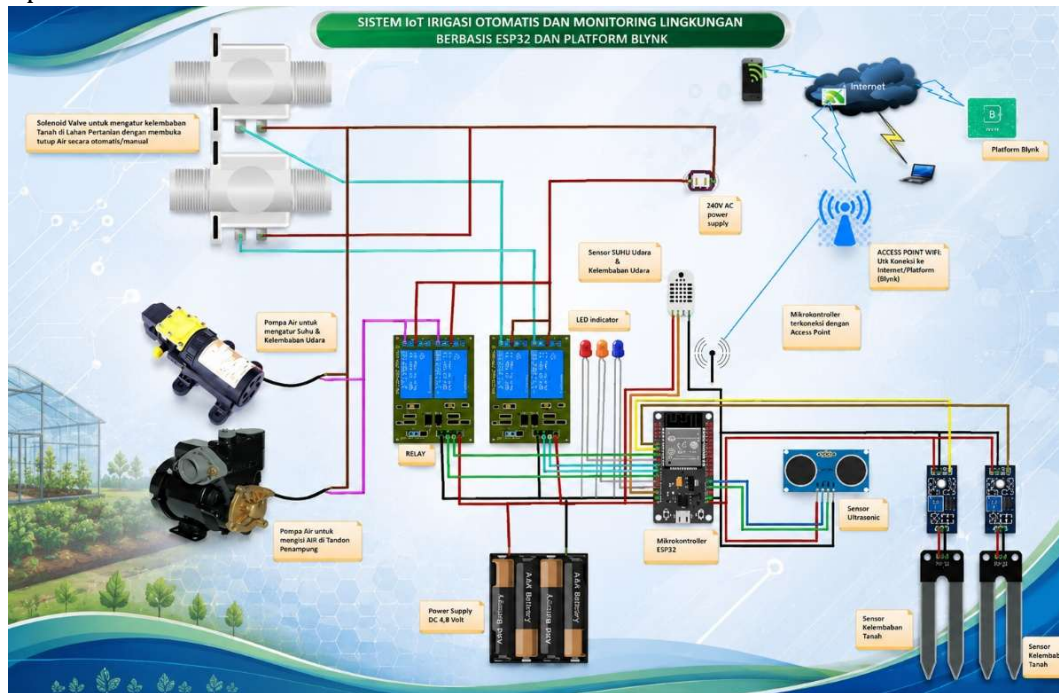
Sistem ini menggunakan teknologi Wireless Sensor Networks dan internet untuk komunikasi data dari mikrokontroller ke sistem database, pada gambar 3.3, dijelaskan tentang desain manajemen irigasi, dimana terdapat pompa air yang berfungsi untuk mengisi air ke penampung air, kemudian terdapat sensor ultrasonic yang bertugas untuk memonitoring keberadaan air dalam penampung, hasil monitoring tersebut kemudian akan dijadikan sebagai acuan untuk menghidupkan atau mematikan pompa air. selanjutnya solenoid valve berfungsi untuk buka tutup aliran air yang dialirkan dari penampungan ke ke daerah lahan pertanian, terakhir adalah sensor kelembaban tanah bertugas untuk memonitoring kondisi lahan pertanian, nilai kelembaban tersebut kemudian digunakan untuk mengontrol solenoid valve.



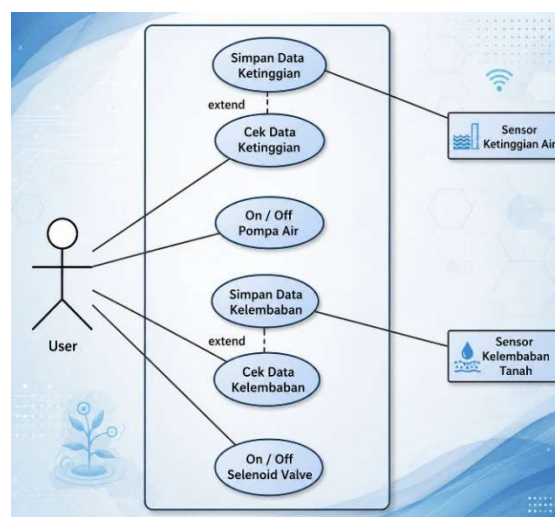
Gambar 3.3. Skema Irigasi Pertanian Otomatis

Pada gambar 3.4. berupa rangkaian sistem otomatisasi berbasis *Internet of Things*. Proses kerja diawali dengan unit-unit sensor mendapatkan data dari pembacaan ketinggian air, temperatur udara, kelembaban udara dan kelembaban tanah. Data yang diperoleh berupa data analog yang kemudian diubah dalam bentuk digital oleh Mikrokontroler Unit ESP32. Kemudian data ini

digunakan sebagai referensi untuk menggerakkan aktuator berupa pompa air dan solenoid valve melalui unit relay yang berfungsi sebagai switch. Data ini juga dikirim ke *Server Cloud (Platform Blynk)* yang mampu merespon dengan cepat dan menampilkan data-data tersebut dalam bentuk nilai juga dalam bentuk visualisasi yang kemudian dapat diamati dan dikendalikan oleh pengguna. Gambar 3.5, menunjukkan interaksi antar aktor-aktor eksternal dan fungsi-fungsi yang dilakukan oleh sistem. Ada enam interaksi antar aktor dari sistem yang dirancang. Pertama proses penyimpanan level air. Kedua data kelembaban tanah yang diteruskan ke server cloud. Ketiga, suatu proses penyimpanan data level air di tabung penampungan. Keempat data kelembaban tanah. Kelima adalah perintah untuk mengaktifkan dan tidak mengaktifkan pompa air. Dan yang keenam menhidupkan dan mematikan solenoid valve.



Gambar 3.4. Rangkaian Sistem Irigasi Pertanian Otomatis Berbasis IoT



Gambar 3.5. Use Case Diagram *Pengenalan Sistem Pada Mitra*

Penerapan sistem pertanian modern diawali dengan kegiatan penyuluhan dan sosialisasi kepada para petani yang tergabung dalam kelompok tani di Desa Pakuure Tinanian. Materi yang disampaikan meliputi pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam Program Pekarangan Pangan Lestari (P2L), tata cara penggunaan sistem, serta pengaruh penerapannya terhadap peningkatan produktivitas pertanian. Pada Gambar 3.6 ditunjukkan kegiatan penyuluhan dan sosialisasi yang dilaksanakan kepada masyarakat Desa Pakuure Tinanian. Selanjutnya, Gambar 3.7 menampilkan kegiatan demonstrasi sistem yang dilakukan secara langsung di hadapan masyarakat dan pemerintah desa untuk memperlihatkan cara kerja sistem secara nyata. Melalui demonstrasi tersebut, masyarakat dapat mengamati berbagai keunggulan teknologi yang diterapkan, seperti efisiensi penggunaan air, peningkatan hasil budidaya, serta kemudahan dalam pengoperasian sistem.



Gambar 3.6. Penyuluhan dan Sosialisasi Pada Masyarakat dan Pemerintah Desa Pakuure Tinanian Kecamatan Tenga Kabupaten Minahasa Selatan

Setelah kegiatan berlangsung, masyarakat memberikan berbagai masukan yang konstruktif sebagai bahan evaluasi dan pengembangan. Masukan tersebut antara lain berkaitan dengan kebutuhan penyesuaian teknis terhadap luas lahan dan biaya implementasi, perlunya pelatihan lanjutan bagi pengguna, serta pertimbangan kondisi lingkungan tertentu, misalnya pada musim hujan ketika sistem irigasi otomatis mungkin tidak diperlukan secara optimal. Selain itu, mitra juga menyampaikan harapan adanya dukungan teknis berkelanjutan guna menunjang penerapan,



Gambar 3.7. Demonstrasi Teknologi Internet Of Line pada program Pekarangan Pangan Lestari (P2L) Di Desa Pakuure Tinanian Kecamatan Tenga

KESIMPULAN

Pelaksanaan Program Kemitraan Masyarakat (PKM) dengan judul *Penerapan Teknologi Internet of Things (IoT) pada Program Pekarangan Pangan Lestari (P2L) di Desa Pakuure Tinanian Kecamatan Tenga Kabupaten Minahasa Selatan* telah berjalan dengan baik sesuai dengan rencana. Dalam kegiatan ini, telah dibangun sebuah Green House berukuran **2x2x2 meter** yang dilengkapi dengan sistem berbasis Internet of Things (IoT) untuk mengontrol kondisi lingkungan di dalamnya. Teknologi ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian berbagai parameter penting bagi pertumbuhan tanaman, seperti suhu, kelembaban, pencahayaan, dan kelembaban tanah secara otomatis.

Hasil dari implementasi ini menunjukkan bahwa sistem IoT yang diterapkan mampu memberikan kondisi pertumbuhan tanaman yang lebih optimal. Tanaman di dalam Green House dapat dikontrol secara lebih efektif sesuai dengan kebutuhan ekosistemnya, sehingga menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik dan memuaskan. Selain itu, kegiatan sosialisasi dan demonstrasi penerapan teknologi

IoT dalam program Pekarangan Pangan Lestari telah berhasil memberikan pemahaman kepada masyarakat setempat mengenai manfaat dan cara penggunaan teknologi ini dalam mendukung ketahanan pangan di tingkat rumah tangga.

Secara keseluruhan, program ini telah memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan efisiensi pertanian berbasis teknologi di Desa Pakuure Tinanian. Keberhasilan penerapan sistem ini membuktikan bahwa teknologi IoT dapat menjadi solusi dalam pengelolaan tanaman yang lebih efektif dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih diucapkan kepada LPPM-Unsrat yang sudah mendanai melalui DIPA BLU. Demikian juga bagi pemerintah dalam hal ini Bapak Camat Tenga dan Kumtua Desa Pakuure Tinanian yang sudah mendukung kegiatan PKM yang sudah dilaksanakan. Juga kepada Tim PKM dengan dedikasi, kerja keras, dan semangat juang yang telah ditunjukkan menjadi pilar utama keberhasilan seluruh kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Jurnal

Assa, F.B., Rumagit, A.M. dan Najoan, M.E.I., (2022), Perancangan Monitoring Sistem Hidroponik Berbasis Internet of Things, *Jurnal Teknik Informatika*, 17 (1): 129-138. <https://doi.org/10.35793/jti.v17i1.34230>.

Benyezza, H., Bouhedda, M., Kara, R., & Rebouh, S. (2023). Smart Platform Based on IoT and WSN for Monitoring and Control of A Greenhouse in The Context of Precision Agriculture. *Internet of Things*, 23: 100830. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100830>.

Bonde, G.M., Ludong, D.P.M. dan Najoan, M.E.I., (2021), Smart Agricultural System in Greenhouse Based on Internet of Things for Lettuce (*Lactuca sativa* L.), *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 10 (1): 9-16. <https://doi.org/10.35793/jtek.v10i1.31982>.

Bonde, G.M., Najoan, M.E.I. dan Karouw, S.D.S., (2021), Online Guidance System Design for Smart Greenhouse, *Jurnal Teknik Informatika*, 16 (1): 1-6. <https://doi.org/10.35793/jti.v16i1.31995>.

Et-taibi, B., Abid, M.R., Boufounas, E.-M., Morchid, A., Bourhnane, S., Abu Hamed, T. dan Benhaddou, D., (2024), Enhancing Water Management in Smart Agriculture: A Cloud and IoT-Based Smart Irrigation System, *Results in Engineering*, 22: 102283. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102283>.

Hafizah, D., Padilah, I. dan Astuti, N.B., (2024), Evaluasi Program Pekarangan Pangan Lestari (P2L) untuk Mewujudkan Ketahanan Pangan Rumah Tangga di Kota Padang, *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 29 (3): 476-481. <https://doi.org/10.18343/jipi.29.3.476>.

Hosny, K.M., El-Hady, W.M. dan Samy, F.M., (2025), Technologies, Protocols, and Applications of Internet of Things in Greenhouse Farming: A Survey of Recent Advances, *Information Processing in Agriculture*, 12 (1): 91-111. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2024.04.002>.

- Kumar, V., Sharma, K.V., Kedam, N., Patel, A., Kate, T.R. dan Rathnayake, U., (2024), A Comprehensive Review on Smart and Sustainable Agriculture Using IoT Technologies, *Smart Agricultural Technology*, 8: 100487. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100487>.
- Liao, R., Zhang, S., Zhang, X., Wang, M., Wu, H. dan Zhangzhong, L., (2021), Development of Smart Irrigation Systems Based on Real-Time Soil Moisture Data in a Greenhouse: Proof of Concept, *Agricultural Water Management*, 245: 106632. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106632>.
- Morchid, A., Alblushi, I.G.M., Khalid, H.M., El Alami, R., Sitaraman, S.R. dan Muyeen, S.M., (2026), High-Technology Agriculture System to Enhance Food Security: A Concept of Smart Irrigation System Using Internet of Things and Cloud Computing, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 25: Article 42. <https://doi.org/10.1007/s44447-025-00096-7>.
- Morchid, A., Jebabra, R., Khalid, H.M., El Alami, R., Qjidaa, H. dan Ouazzani Jamil, M., (2024), IoT-Based Smart Irrigation Management System to Enhance Agricultural Water Security Using Embedded Systems, Telemetry Data, and Cloud Computing, *Results in Engineering*, 23: 102829. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102829>.
- Sadek, N., Kamal, N. dan Shehata, D., (2024), Internet of Things Based Smart Automated Indoor Hydroponics and Aeroponics Greenhouse in Egypt, *Ain Shams Engineering Journal*, 15 (2): 102341. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102341>.
- Saputri, E.M., Wibowo, A. dan Rusdiyana, E., (2021), Dampak Implementasi Program Pekarangan Pangan Lestari (P2L) di Kecamatan Gondangrejo Kabupaten Karanganyar, *Agrica Ekstensia*, 15 (2): 125-131. <https://doi.org/10.55127/ae.v15i2.99>.
- Song, Y., Bi, J. dan Wang, X., (2024), Design and Implementation of Intelligent Monitoring System for Agricultural Environment in IoT, *Internet of Things*, 25: 101029. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.101029>.
- Sukmawani, R., Astutiningsih, E.T. dan Ramadanti, L., (2022), Dampak Program Pekarangan Pangan Lestari (P2L) terhadap Tingkat Kecukupan Gizi (TKG), *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 10 (2): 225-230. <https://doi.org/10.35138/paspalum.v10i2.452>.
- Thomopoulos, V., Tolis, F., Blounas, T.-F., Tsiplanitis, D. dan Kavga, A., (2024), Application of Fuzzy Logic and IoT in a Small-Scale Smart Greenhouse System, *Smart Agricultural Technology*, 8: 100446. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100446>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Fund for Agricultural Development, United Nations Children's Fund, World Food Programme dan World Health Organization, (2023), *The State of Food Security and Nutrition in the World 2023: Urbanization, Agrifood Systems Transformation and Healthy Diets Across the Rural-Urban Continuum*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cc3017en>.