

Implementasi Teknologi Irigasi Cerdas: Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban dan Sprayer Pada Gapoktan Desa Gunung Lengkuas

Habrio Ilva YR^{1*}, Risandi Dwirama Putra², Abdul Alimun Karim³, Dwi Cahya Rada⁴,
Muhamad Zulfakar⁵

¹ Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang, Indonesia; habrioilva@umrah.ac.id

² Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji; risandi@umrah.ac.id

³ Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik Dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang, Indonesia; alim@umrah.ac.id

⁴ Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang, Indonesia; dwicahyarada@umrah.ac.id

⁵ Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang, Indonesia; muhamad.zulfakar@umrah.ac.id

ABSTRACT

Vegetable farmers in Gunung Lengkuas Village still rely on manual watering methods, which are inefficient in terms of time, labor, and water usage. This community service activity aims to overcome the problem of manual irrigation still practiced by farmers in Gunung Lengkuas Village through the implementation of a smart irrigation system. The introduced technology is an automatic watering system based on soil moisture sensors and sprayers, controlled by a NodeMCU ESP8266 microcontroller and supported by solar panels as an energy source. The implementation methods included field observation, tool design, system installation, partner training, and system performance evaluation. The activity was conducted face-to-face during the period from September to December 2024 in collaboration with the GAPOKTAN of Gunung Lengkuas Village as the main partner. The results showed that the system successfully reduced water usage by up to 30% and saved farmers' time and labor by automating irrigation and ensuring timely watering. This technology offers an environmentally friendly and energy-efficient solution by utilizing renewable resources. The implementation of this smart irrigation system not only improves efficiency in agricultural management but also promotes the transition toward technology-based farming

Keywords : Smart irrigation; Solar panel; Automatic watering; Soil moisture sensor; Appropriate technology

ABSTRAK

Petani Sayur di Desa Gunung Lengkuas masih menggunakan metode penyiraman manual yang kurang efisien dari segi waktu, tenaga, dan penggunaan air. Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan penyiraman manual yang masih dilakukan oleh petani di Desa Gunung Lengkuas melalui implementasi sistem irigasi cerdas. Teknologi yang diperkenalkan adalah sistem penyiraman otomatis berbasis sensor kelembaban tanah dan sprayer yang dikendalikan oleh mikrokontroler NodeMCU ESP8266 serta didukung panel surya sebagai sumber energi. Metode pelaksanaan mencakup observasi lapangan, perancangan alat, instalasi sistem, pelatihan mitra, dan evaluasi kinerja sistem. Kegiatan dilakukan secara tatap muka selama periode September hingga Desember 2024, bekerja sama dengan GAPOKTAN Desa Gunung Lengkuas sebagai mitra utama. Hasil kegiatan menunjukkan sistem mampu mengurangi penggunaan air hingga 30% serta menghemat waktu dan tenaga petani karena penyiraman dilakukan secara otomatis dan tepat waktu. Teknologi ini juga memberikan solusi yang ramah lingkungan dan hemat energi, karena memanfaatkan sumber daya terbarukan. Implementasi sistem irigasi cerdas ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan pertanian, tetapi juga mendorong transformasi menuju pertanian berbasis teknologi.

Kata Kunci : Irigasi Cerdas; Kelembaban Tanah; Panel Surya; Penyiraman Otomatis; Teknologi Tepat Guna

Correspondence : Habrio Ilva YR

Email : habrioilva@umrah.ac.id, no kontak (+62 822-8579-7943)

• Received 22 Juni 2025 • Accepted 22 Juli 2025 • Published 25 Juli 2025
• e - ISSN : 2961-7200 • DOI: <https://doi.org/10.56742/jpm.v4i12.138>

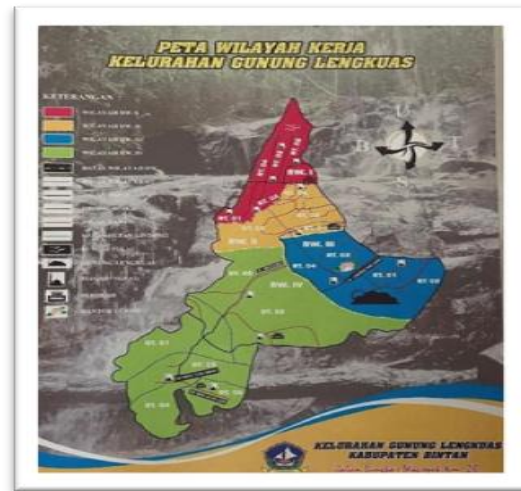
PENDAHULUAN

Budidaya tanaman sayur di Indonesia menghadapi tantangan besar terkait efisiensi penggunaan air dan tenaga kerja, terutama di tengah perubahan iklim dan keterbatasan sumber daya [1]. Sistem irigasi konvensional yang masih banyak digunakan oleh petani sering kali menyebabkan pemborosan air [2], ketidaktepatan waktu penyiraman [3], serta peningkatan biaya operasional [4]. Padahal, ketersediaan air yang cukup dan tepat waktu sangat penting untuk mendukung pertumbuhan optimal dan produktivitas tanaman sayur.

Seiring perkembangan teknologi, penerapan sistem irigasi cerdas berbasis sensor kelembaban tanah dan sprayer mulai banyak diadopsi dalam praktik pertanian modern [5]. Sistem ini memanfaatkan sensor untuk memantau kondisi kelembaban tanah secara real-time [6], sehingga penyiraman dapat dilakukan secara otomatis dan hanya saat tanaman membutuhkan air [7]. Selain meningkatkan efisiensi penggunaan air, teknologi ini juga mampu menghemat lebih dari 30% air dibandingkan metode manual, meningkatkan hasil dan kualitas panen, serta mengurangi ketergantungan terhadap tenaga kerja [4].

Kelurahan Gunung Lengkuas, yang terletak di Kecamatan Bintan Timur, Kabupaten Bintan, Kepulauan Riau, memiliki luas wilayah 81,5 km² dan jumlah penduduk sebanyak 7.436 jiwa [8]. Berdasarkan survei yang dilakukan, diketahui bahwa mayoritas penduduk di kelurahan ini bermata pencaharian sebagai petani, dengan fokus utama pada budidaya tanaman sayuran. Dalam praktik budidayanya, para petani masih banyak menggunakan metode konvensional, khususnya dalam proses penyiraman tanaman. Proses penyiraman sayuran yang dilakukan 1-2 kali sehari selama kurang lebih 2 jam setiap sesinya menimbulkan beban kerja yang signifikan. Selain itu, kondisi tanah di wilayah ini juga menjadi tantangan tersendiri. Tanah yang mengandung bauksit memiliki struktur keras, berbatu, serta kandungan aluminium yang tinggi dengan pH yang cenderung rendah [9].

Karakteristik ini menyebabkan kesuburan tanah menjadi tidak merata dan membutuhkan penanganan khusus untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal [10].



Gambar 1. Peta Wilayah Kerja Kelurahan Gunung Lengkuas

Di tengah tantangan tersebut, aspek sosial dan ekonomi masyarakat menjadi faktor penting dalam pengelolaan pertanian [11]. Masyarakat Kelurahan Gunung Lengkuas menggantungkan hidup pada sektor ini sebagai sumber mata pencaharian utama. Dalam upaya mendukung petani, pemerintah membentuk kelembagaan seperti Gabungan Kelompok Tani (GAPOKTAN) yang terdiri dari Kelompok Wanita Tani (KWT) dan Kelompok Tani (POKTAN). Kelembagaan ini berperan dalam pembinaan, penyediaan sarana produksi, akses permodalan, pengolahan dan pemasaran hasil pertanian [12]. Dukungan ini menjadi strategi penting untuk mendorong kemandirian petani dan penguatan ekonomi lokal melalui sektor pertanian yang berkelanjutan [13].

Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem irigasi cerdas berupa penyiraman otomatis menggunakan sensor kelembaban tanah dan sprayer di lahan pertanian sayur milik warga. Diharapkan, penerapan teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air, menekan biaya operasional, serta mendukung pertanian yang lebih produktif dan berkelanjutan di tingkat masyarakat lokal.

METODE

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) yang berjudul "Implementasi Teknologi Irigasi Cerdas: Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban dan Sprayer" dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem penyiraman tanaman di wilayah Kelurahan Gunung Lengkuas melalui penerapan teknologi tepat guna. Mitra dalam kegiatan ini adalah Gabungan Kelompok Tani (GAPOKTAN) Desa Gunung Lengkuas yang lokasi di Kelurahan Gunung Lengkuas, Kecamatan Bintan Timur, Kabupaten Bintan, Provinsi Kepulauan Riau. Kegiatan PKM ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan terstruktur, mulai dari identifikasi masalah hingga evaluasi sistem. Seluruh kegiatan berlangsung secara tatap muka di Desa Gunung Lengkuas, Kecamatan Bintan Timur, Kabupaten Bintan, Provinsi Kepulauan Riau. selama periode September hingga Desember 2024.

Tahapan pertama adalah identifikasi masalah mitra, yang dilakukan melalui survei lapangan untuk mengamati kondisi aktual lahan pertanian mitra. Observasi ini mencakup luasan lahan, jenis tanaman yang dibudidayakan, ketersediaan air, dan sistem penyiraman manual yang digunakan. Selain itu, wawancara mendalam dilakukan dengan petani untuk menggali kebiasaan penyiraman, kendala yang dihadapi seperti keterbatasan waktu dan tenaga, serta harapan terhadap sistem otomatis. Untuk memperkuat hasil identifikasi, dilakukan pula kajian literatur mengenai sistem penyiraman otomatis berbasis sensor kelembaban tanah, khususnya yang diterapkan di daerah tropis dengan kondisi iklim serupa.



Gambar 2. Aktivitas Petani di Kebun

Tahapan kedua adalah perancangan solusi teknologi yang bertujuan menjawab permasalahan mitra secara tepat guna dan berkelanjutan. Pada tahap ini, tim merancang sistem penyiraman otomatis berbasis mikrokontroler (NodeMCU ESP8266) yang dilengkapi dengan sensor kelembaban tanah, LCD display, dan sumber energi dari panel surya. Perancangan melibatkan pembuatan flowchart, skematik sistem, serta desain layout penyemprotan air (sprayer) yang efisien dan sesuai kondisi lahan. Komponen-komponen utama seperti pompa air, relay, breadboard, dan solar charge controller juga ditentukan pada tahap ini. Selanjutnya, dilakukan implementasi sistem di lahan pertanian mitra. Kegiatan ini dimulai dengan pengadaan alat dan bahan, kemudian dilanjutkan dengan instalasi sistem penyiraman otomatis secara menyeluruh. Sistem dirancang agar dapat mengaktifkan pompa ketika kelembaban tanah melebihi 40% dan mematikan secara otomatis saat tanah telah cukup lembab. Informasi mengenai kondisi tanah ditampilkan melalui layar LCD 16x2 sehingga mitra dapat melakukan monitoring secara langsung. Air dialirkan dari tandon menggunakan pompa 60 watt ke sprayer yang telah dipasang di titik strategis area tanam.

Setelah implementasi, dilakukan uji coba dan kalibrasi sistem untuk memastikan seluruh komponen berfungsi sebagaimana mestinya. Sensor kelembaban tanah diuji pada berbagai kondisi tanah untuk mendapatkan ambang batas penyiraman yang ideal. Pompa dan sprayer juga diuji daya semprotnya untuk menjamin distribusi air yang merata. Proses ini diikuti dengan pemantauan kinerja sistem secara intensif untuk menilai kestabilan operasionalnya. Tahapan berikutnya adalah pelatihan dan pendampingan mitra. Dalam kegiatan ini, tim memberikan pelatihan langsung kepada mitra tentang cara mengoperasikan sistem, membaca indikator pada LCD, serta pemeliharaan dan perbaikan dasar jika terjadi gangguan. Materi pelatihan disesuaikan dengan latar belakang dan kemampuan mitra agar mudah dipahami dan diterapkan secara mandiri.

Tahap terakhir adalah evaluasi dan monitoring. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan data penggunaan air sebelum dan sesudah sistem diterapkan, serta melalui wawancara dengan mitra mengenai tingkat kepuasan dan kemudahan dalam pengoperasian sistem. Hasil evaluasi ini digunakan untuk mengidentifikasi kekurangan sistem serta potensi pengembangan di masa depan. Monitoring juga dilakukan secara berkala oleh tim dengan kunjungan ke lokasi mitra untuk memastikan sistem berjalan dengan baik dan memberikan dampak nyata bagi produktivitas pertanian.

HASIL

Kegiatan PKM dengan judul "Kelompok Masyarakat Cerdas: Implementasi Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban di Desa Gunung Lengkuas" telah berhasil dilaksanakan sesuai dengan tahapan yang direncanakan. Hasil kegiatan ini menunjukkan bahwa pendekatan teknologi tepat guna dapat secara signifikan membantu mitra dalam mengelola lahan pertanian secara lebih efisien dan efektif.



Gambar 3. Pemasangan Sistem Pada Lokasi

Pada tahap identifikasi, tim menemukan bahwa sistem penyiraman yang digunakan oleh mitra masih bersifat manual, mengandalkan selang dengan durasi penyiraman mencapai 2 jam setiap sesi. Hal ini mengakibatkan konsumsi air yang cukup tinggi dan ketergantungan terhadap ketersediaan waktu dan tenaga petani. Selain itu, proses penyiraman yang tidak teratur seringkali menyebabkan kondisi tanaman menjadi terlalu kering atau terlalu basah. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, kebutuhan utama mitra

adalah sistem penyiraman yang hemat air, hemat tenaga, serta mampu menyesuaikan dengan kondisi tanah secara otomatis.

Hasil dari tahapan perancangan menunjukkan bahwa sistem penyiraman otomatis yang dikembangkan mampu merespons secara real-time terhadap kelembaban tanah. Sistem ini menggunakan sensor soil moisture untuk mendeteksi kadar air di tanah, kemudian mengaktifkan pompa air ketika kadar kelembaban berada di bawah ambang batas yang ditentukan ($\leq 40\%$).

Proses implementasi sistem di lahan mitra berhasil dilakukan dengan baik. Instalasi komponen seperti sprayer, pompa air, dan jaringan pipa berjalan lancar, dan semua komponen berfungsi sesuai rancangan. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja otomatis sesuai dengan kondisi tanah dan mampu menyiram tanaman secara merata dengan tekanan air yang stabil. Kalibrasi sensor berhasil dilakukan untuk menyesuaikan dengan karakteristik tanah di lokasi.

Pelatihan yang diberikan kepada mitra juga berjalan efektif. Mitra mampu mengoperasikan sistem secara mandiri, memahami cara membaca informasi pada layar, serta melakukan pengecekan dasar terhadap koneksi kabel, sensor, dan saklar. Selain itu, mitra menyatakan bahwa penggunaan sistem ini memudahkan mereka dalam mengelola waktu dan tenaga, karena tidak perlu lagi melakukan penyiraman secara manual setiap hari.

Hasil evaluasi menunjukkan adanya penurunan volume penggunaan air sekitar 30% dibandingkan sebelum sistem diterapkan. Hal ini terjadi karena sistem hanya menyiram saat tanah benar-benar membutuhkan air, sehingga tidak ada pemborosan. Dari segi waktu, mitra merasa sangat terbantu karena penyiraman berlangsung otomatis tanpa pengawasan langsung. Selain itu, keberadaan panel surya menjadikan sistem ini mandiri energi, yang sangat cocok untuk daerah dengan pasokan listrik yang terbatas.

PEMBAHASAN

Kegiatan PKM ini berhasil mencapai tujuannya, yaitu pendekatan teknologi tepat guna dapat secara signifikan membantu mitra dalam mengelola lahan pertanian secara lebih efisien dan efektif.

Hasil dari tahapan perancangan menunjukkan bahwa sistem penyiraman otomatis yang dikembangkan mampu merespons secara real-time terhadap kelembaban tanah. Sistem ini menggunakan sensor soil moisture untuk mendeteksi kadar air di tanah, kemudian mengaktifkan pompa air ketika kadar kelembaban berada di bawah ambang batas yang ditentukan ($\leq 40\%$). Sejalan dengan penelitian [14], menemukan bahwa pengembangan sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino dan sensor kelembaban tanah mampu mengatasi masalah penyiraman tanaman dengan monitoring dan kontrol otomatis, sehingga penyiraman menjadi lebih teratur dan efisien. Sistem ini juga dirancang menggunakan panel surya sebagai sumber energi utama, sehingga tidak membebani mitra dengan biaya listrik tambahan. Data kondisi tanah ditampilkan melalui LCD 16x2, yang memudahkan mitra dalam memantau secara langsung.

Proses implementasi sistem di lahan mitra berhasil dilakukan dengan baik. Instalasi komponen seperti sprayer, pompa air, dan jaringan pipa berjalan lancar, dan semua komponen berfungsi sesuai rancangan. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja otomatis sesuai dengan kondisi tanah dan mampu menyiram tanaman secara merata dengan tekanan air yang stabil. Kalibrasi sensor berhasil dilakukan untuk menyesuaikan dengan karakteristik tanah di lokasi. Sejalan dengan penelitian [15], juga melaporkan peningkatan signifikan dalam pengetahuan petani serta pengurangan pemborosan air dan peningkatan hasil pertanian.

Pelatihan yang diberikan kepada mitra juga berjalan efektif. Mitra mampu mengoperasikan sistem secara mandiri, memahami cara membaca informasi pada layar, serta melakukan pengecekan dasar terhadap koneksi kabel, sensor, dan saklar. Selain itu, mitra

menyatakan bahwa penggunaan sistem ini memudahkan mereka dalam mengelola waktu dan tenaga, karena tidak perlu lagi melakukan penyiraman secara manual setiap hari.

Hasil evaluasi menunjukkan adanya penurunan volume penggunaan air sekitar 30% dibandingkan sebelum sistem diterapkan. Hal ini terjadi karena sistem hanya menyiram saat tanah benar-benar membutuhkan air, sehingga tidak ada pemborosan. Dari segi waktu, mitra merasa sangat terbantu karena penyiraman berlangsung otomatis tanpa pengawasan langsung. Selain itu, keberadaan panel surya menjadikan sistem ini mandiri energi, yang sangat cocok untuk daerah dengan pasokan listrik yang terbatas.

Kegiatan pengabdian ini berhasil menciptakan solusi teknologi yang sederhana namun berdampak besar bagi mitra. Sistem penyiraman otomatis ini tidak hanya meningkatkan efisiensi sumber daya, tetapi juga membuka peluang bagi pengembangan teknologi pertanian berkelanjutan di daerah pedesaan

SIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilaksanakan di Desa Gunung Lengkuas berhasil menjawab permasalahan mitra dalam hal efisiensi waktu, tenaga, dan penggunaan air dalam penyiraman tanaman. Melalui penerapan sistem penyiraman otomatis berbasis sensor kelembaban dan energi surya, mitra memperoleh solusi tepat guna yang mudah dioperasikan, hemat energi, dan ramah lingkungan. Sistem yang dikembangkan mampu mendeteksi tingkat kelembaban tanah secara otomatis dan mengatur penyiraman sesuai kebutuhan tanaman, sehingga tidak terjadi pemborosan air. Pemanfaatan panel surya sebagai sumber daya listrik menjadikan sistem ini mandiri dan cocok untuk diterapkan di daerah dengan keterbatasan akses listrik. Hasil evaluasi menunjukkan adanya penghematan air sekitar 30% serta peningkatan efisiensi kerja petani karena tidak perlu melakukan penyiraman secara manual setiap hari.

Pelatihan yang diberikan kepada mitra juga membuahkan hasil positif, di mana mitra dapat mengoperasikan dan merawat sistem secara

mandiri. Kegiatan ini tidak hanya memberikan manfaat teknis, tetapi juga meningkatkan pengetahuan dan keterampilan masyarakat dalam pemanfaatan teknologi sederhana untuk sektor pertanian. Dengan demikian, program ini diharapkan dapat menjadi model bagi pengembangan teknologi pertanian berbasis komunitas di wilayah lain dengan kondisi serupa, serta mendorong terciptanya pertanian cerdas (*smart farming*) berbasis kearifan lokal dan teknologi tepat guna.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Maritim Raja Ali Haji, khususnya Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, yang telah memberikan dukungan dan fasilitas dalam pelaksanaan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini. Kegiatan ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa adanya dukungan kelembagaan dan kebijakan kampus yang mendorong pengembangan teknologi tepat guna untuk kemajuan masyarakat.

Kami juga mengucapkan terima kasih kepada GAPOKTAN Desa Gunung Lengkuas, Kecamatan Bintang Timur, Kabupaten Bintang, Provinsi Kepulauan Riau yang telah bersedia menjadi mitra dalam kegiatan ini. Partisipasi aktif, keterbukaan, serta semangat belajar dari para petani dan pengurus GAPOKTAN menjadi faktor kunci keberhasilan implementasi sistem irigasi cerdas yang dikembangkan. Tidak lupa, penghargaan diberikan kepada tim pelaksana, para dosen pembimbing, dan mahasiswa yang telah bekerja keras dan berkontribusi dalam seluruh proses kegiatan, mulai dari identifikasi masalah hingga tahap evaluasi. Semoga kegiatan ini dapat memberikan manfaat yang berkelanjutan dan menjadi model bagi pemberdayaan masyarakat berbasis teknologi di wilayah lain.

DAFTAR PUSTAKA

1. Husen S, Sutardjo HT, Zakia A, Agus EP, Rizka N. Teknologi Produksi Tanaman Sayuran [Internet]. Proceedings of the National Academy of Sciences. Universitas Muhammadiyah Malang; 2021. 1–215 p. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
2. Akbar Z, Muslimin, Safiu S. Pengembangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Hujan Dan Integrasi. 2024;15(2):85–91. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
3. Risa NS. Perbandingan Penggunaan Air Irigasi Metode Konvensional Dengan Metode Alternate Wetting And Drying (AWD) Pada Tanaman Padi. 2021;6. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
4. Ariawan A. Smart Sprout: Irigasi Cerdas Berbasis AIoT untuk Pertanian Modern dan Ramah Lingkungan. 2024;7(2). [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
5. Wahyudi W, Pradana AI, Permatasari H. Implementasi Sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT untuk Pertanian Greenhouse. J Pendidik dan Teknol Indones. 2025;5(2):435–46. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
6. Basri H. Implementasi Sistem Irigasi Cerdas Berbasis IoT dan Machine Learning pada Pembibitan Pala di Papua Barat. J Ilm Edutic Pendidik dan Inform. 2022;8(2):89–96. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
7. Ariyanto D, Kusriyanto M. Alat Penyiraman Sawi Hijau Secara Otomatis Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah Dan Sensor Dht11 Berbasis Arduino. Pros Snitt Poltekba [Internet]. 2020;4(0):157–62. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
8. Badan Pusat Statistik Kabupaten Bintang. Statistik Daerah Kecamatan Bintang Timur 2013. In: Sustainability (Switzerland) [Internet]. 2013. p. 1–14. [[View at Publisher](#)]
9. Aprillia R, Mukhtar W, Setiawati S, Asbanu GC. Karakteristik tanah bekas tambang bauksit dan tailing di Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat. J Pendidik Inform dan Sains. 2021;10(2):208–17. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
10. Gunawan AB, Amelia V, Widiastuti L, Darung U, Damanik Z, Sinaga S. Karakteristik Sifat Fisik Dan Kimia Tanah

Pada Kawasan Pasca Tambang Bauksit Di Kabupaten Kotawaringin Timur Provinsi Kalimantan Tengah. *J Soc Sci Res.* 2023;3:8618–29. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]

11. Usboko AM, Fallo YM. Faktor Sosial Ekonomi yang Mempengaruhi Produksi Usahatani Sayuran Sawi di Kelompok Tani Mitra Timor. 2016;1(2502):60–2. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
12. Oktaviani DA, Lidyana N. Peran Dan Fungsi Kelembagaan Agribisnis Sebagai Upaya Pembangunan Pertanian Serta Peningkatan Kesejahteraan Petani. *J Ilm Sosio Agribis.* 2024;23(2):101. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
13. Setiawan Y, Lestari E, Suwanto S. Peran Kelembagaan Pertanian dalam Pengembangan Usaha Tani Biofarmaka (Studi Kasus di Desa Trosono, Kecamatan Parang, Kabupaten Magetan). *AGRITEXTS J Agric Ext.* 2024;47(2):79. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
14. Andrianto GB, Chandra JC, Utama GP, Pramusinto W, Informasi FT, Luhur UB, et al. Prototipe Sistem IOT Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Android Dengan Sensor Kelembaban Tanah Dan Cahaya. 2024;3(September):909–18. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
15. Gerald F, Manoppo C. Implementation Of IoT In Smart Irrigation Systems For Sustainable Agriculture Berkelanjutan. 2025;2(1):445–52. [[Google Scholar](#)]