

## PENERAPAN SISTEM MONITORING PERTUMBUHAN JAGUNG BERBASIS IOT DAN MACHINE LEARNING UNTUK Mendukung PERTANIAN CERDAS

Dinial Utami Nurul Qomariah<sup>1\*</sup>, Ade Irma Elvira<sup>2</sup>, Ratna Yuniati<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Information Technology, Politeknik Negeri, Indonesia

<sup>2,3</sup>Departement of Biology, Universitas Indonesia, Indonesia

[dinial.utami@polije.ac.id](mailto:dinial.utami@polije.ac.id)

---

### ABSTRAK

**Abstrak:** Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan pada kelompok tani di Desa Jembatan, Kecamatan Kesamben, Kabupaten Jombang, yang didominasi oleh komoditas padi dan jagung. Permasalahan utama mitra meliputi keterbatasan pemantauan kondisi lahan secara real-time serta pengelolaan irigasi yang masih konvensional. Kegiatan ini bertujuan meningkatkan pemahaman dan kapasitas petani dalam pemanfaatan teknologi pertanian cerdas melalui implementasi sistem *monitoring* pertumbuhan jagung berbasis *Internet of Things* (IoT) dan *Machine Learning*. Pelaksanaan kegiatan menggunakan pendekatan kolaborasi multipihak antara kelompok tani, akademisi, dan media dengan metode *Participatory Rural Appraisal* (PRA). Evaluasi dilakukan melalui pretest–posttest untuk mengukur peningkatan *hard skill* dan *soft skill*. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan rata-rata nilai dari 50,25 menjadi 78,75 atau sebesar 58,8%. Kegiatan ini berkontribusi dalam mendorong penerapan pertanian cerdas secara berkelanjutan.

**Kata Kunci:** IoT; *Machine Learning*; Jagung; Pertanian Cerdas; PRA.

**Abstract:** This community service activity was conducted with a farmer group in Desa Jembatan, Kecamatan Kesamben, Kabupaten Jombang, where agricultural activities are predominantly focused on rice and corn. The main problems faced by the partners include limitations in real-time land condition monitoring and conventional irrigation management practices. This activity aims to enhance farmers' understanding and capacity in utilizing smart agriculture technologies through the implementation of a corn growth monitoring system based on the Internet of Things (IoT) and Machine Learning. The implementation employed a multi-stakeholder collaboration approach involving farmer groups, academics, and media using the Participatory Rural Appraisal (PRA) method. Evaluation was carried out using a pretest–posttest approach to measure improvements in both hard skills and soft skills. The evaluation results indicate an increase in the average score from 50.25 to 78.75, representing an improvement of 58.8%. This activity contributes to promoting the sustainable adoption of smart agriculture.

**Keywords:** IoT; *Machine Learning*; Corn; Smart Agriculture; PRA.



#### Article History:

Received: 13-04-2026

Revised : 03-04-2026

Accepted: 04-04-2026

Online : 05-06-2026



This is an open access article under the  
CC-BY-SA license

## A. LATAR BELAKANG

Sektor pertanian merupakan salah satu pilar utama dalam mendukung ketahanan pangan dan perekonomian di negara berkembang, termasuk Indonesia. Tanaman jagung (*Zea mays*) menjadi komoditas strategis karena memiliki peran penting sebagai bahan pangan (Bantacut, 2015), pakan ternak, serta bahan baku industri (Aldillah, 2018; Ruminta et al., 2024). Namun, produktivitas jagung masih menghadapi berbagai kendala, seperti perubahan iklim, keterbatasan sumber daya air, serta kurang optimalnya pengelolaan lahan dan pemantauan pertumbuhan tanaman secara real-time. Kondisi ini menuntut adanya inovasi teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian (Petrović et al., 2023).

Perkembangan teknologi digital telah mendorong munculnya konsep pertanian cerdas (*smart agriculture*) atau precision agriculture (Elvira et al., 2026), yang memanfaatkan teknologi seperti *Internet of Things* (IoT) dan *Machine Learning* (ML). IoT memungkinkan pengumpulan data secara real-time melalui berbagai sensor seperti kelembapan tanah, suhu, dan kondisi lingkungan lainnya, sehingga petani dapat memantau kondisi tanaman secara akurat dan berkelanjutan (Shahab et al., 2024). Selain itu, penerapan IoT dalam pertanian terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya seperti air dan pupuk, serta membantu pengambilan keputusan berbasis data (Arifin et al., 2018; Bakthavatchalam et al., 2022).

Dalam konteks pemantauan tanaman jagung, teknologi IoT telah digunakan untuk mengamati berbagai parameter penting seperti kelembapan tanah, suhu, dan kondisi tanaman secara langsung di lapangan (Jawad et al., 2017; Kim et al., 2008). Penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT mampu memonitor kondisi lahan secara kontinu serta mendukung pengelolaan pertanian skala besar dengan lebih efektif (Cicioğlu & Çalhan, 2021; Utami et al., 2026). Selain itu, penggunaan sensor yang terintegrasi dengan mikrokontroler dan jaringan internet memungkinkan data dikirim dan divisualisasikan secara real-time melalui platform berbasis web atau cloud (García et al., 2020; Navarro-Hellín et al., 2015).

Di sisi lain, *Machine Learning* berperan penting dalam mengolah data yang dihasilkan oleh sensor menjadi informasi yang lebih bermakna (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018; Zhang & Kovacs, 2012). Algoritma *Machine Learning* dapat digunakan untuk memprediksi pertumbuhan tanaman, mendeteksi kondisi abnormal, serta memberikan rekomendasi tindakan yang tepat (Chlingaryan et al., 2018; van Klompenburg et al., 2020). Integrasi *Machine Learning* dalam sistem pertanian memungkinkan analisis data multi-parameter seperti kelembapan, suhu, dan nutrisi tanah untuk menghasilkan keputusan yang lebih akurat dan efisien (Mustaza et al., 2025; Sudha & Loret, 2026). Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa *Machine Learning* dapat digunakan untuk klasifikasi kondisi tanaman serta prediksi hasil panen berdasarkan data lingkungan dan citra tanaman (Ahmed et al., 2024; Iniyani et al., 2023).

Beberapa penelitian telah mengembangkan sistem *monitoring* berbasis IoT yang dikombinasikan dengan *Machine Learning* untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Misalnya, sistem smart farming berbasis IoT dan ML mampu mengumpulkan data sensor secara real-time dan memberikan rekomendasi berbasis algoritma seperti Random Forest untuk optimalisasi hasil pertanian (Dahane et al., 2020). Selain itu, integrasi IoT dan *Machine Learning* juga telah digunakan untuk memantau kualitas dan pertumbuhan tanaman secara lebih akurat (Qomariah et al., 2021; William et al., 2023).

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan, implementasi teknologi IoT dan *Machine Learning* pada tingkat petani, khususnya dalam *monitoring* pertumbuhan jagung, masih belum optimal. Banyak sistem yang belum dirancang secara sederhana, murah, dan mudah digunakan oleh petani di lapangan. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu mengintegrasikan sensor IoT dengan algoritma *Machine Learning* dalam satu platform yang mudah diakses dan memberikan informasi yang relevan bagi petani.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *monitoring* pertumbuhan jagung berbasis *Internet of Things* (IoT) dan *Machine Learning* yang terintegrasi dalam platform berbasis website. Penelitian ini difokuskan pada pemantauan kondisi lingkungan secara real-time, analisis prediktif pertumbuhan tanaman, serta peningkatan efektivitas pengelolaan budidaya. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan meningkatkan kapasitas mitra melalui penguatan hard skill, seperti pengoperasian sistem IoT dan pengolahan data, serta *soft skill*, seperti pengambilan keputusan berbasis data dan adaptasi teknologi. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat, mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya, serta mendorong penerapan pertanian cerdas secara berkelanjutan.

## B. METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan *Participatory Rural Appraisal* (PRA) yang melibatkan partisipasi aktif mitra dalam mengidentifikasi permasalahan dan solusi terkait pertanian. Mitra kegiatan adalah kelompok tani di Desa Jembatan, Kecamatan Kesamben, Kabupaten Jombang. Peserta kegiatan berjumlah 10 orang yang terdiri atas ketua, wakil ketua, dan delapan anggota kelompok tani. Seluruh rangkaian kegiatan dilaksanakan dalam tiga tahap, yaitu pra-pelaksanaan, pelaksanaan, dan evaluasi.

### 1. Tahap Pra-Pelaksanaan

Pada tahap pra-pelaksanaan, kegiatan diawali dengan diskusi melalui *Focus Group Discussion* (FGD) yang melibatkan kelompok tani sebagai mitra utama. Kegiatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi eksisting di lapangan secara komprehensif, meliputi kebutuhan kelompok tani, kendala yang dihadapi dalam proses budidaya, kondisi lahan pertanian, hasil

produksi yang diperoleh, serta ketersediaan dan kelayakan infrastruktur pendukung di sekitar area pertanian. Selain itu, FGD juga digunakan untuk menggali tingkat pemahaman awal mitra terhadap teknologi digital serta kesiapan dalam mengadopsi inovasi berbasis *Internet of Things* (IoT).

## 2. Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan meliputi proses instalasi dan implementasi sistem *Internet of Things* (IoT) yang dirancang untuk melakukan *monitoring* kondisi lahan secara real-time, seperti pengukuran kelembapan tanah, suhu, dan parameter lingkungan lainnya yang relevan dengan pertumbuhan tanaman. Kegiatan ini juga mencakup sosialisasi dan pelatihan kepada kelompok tani terkait pengenalan perangkat, cara pengoperasian sistem, proses pengambilan dan pengolahan data, serta pemanfaatan sistem berbasis website sebagai media pemantauan dan analisis pertumbuhan tanaman. Melalui pendekatan ini, diharapkan mitra dapat memahami alur kerja sistem secara menyeluruh dan mampu mengaplikasikannya secara mandiri.

## 3. Tahap Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan menggunakan metode pretest–posttest untuk mengukur tingkat peningkatan pemahaman dan keterampilan mitra setelah mengikuti rangkaian kegiatan. Evaluasi difokuskan pada dua aspek utama, yaitu *hard skill* yang meliputi pemahaman konsep IoT dan kemampuan teknis dalam penggunaan sistem, serta *soft skill* yang mencakup kemampuan pengambilan keputusan, adaptasi terhadap teknologi, dan partisipasi dalam kegiatan. Selain itu, evaluasi juga mencakup penilaian terhadap efektivitas penggunaan sistem IoT dalam *monitoring* lahan serta sejauh mana data yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh kelompok tani dalam mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dan berbasis data.

## C. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Tahap Pra-Pelaksanaan

Pada tahap pra-pelaksanaan, kegiatan *Focus Group Discussion* (FGD) dilaksanakan sebagai langkah awal untuk mengidentifikasi kondisi eksisting, kebutuhan, serta permasalahan yang dihadapi oleh kelompok tani yang berjumlah 10 orang. Berdasarkan Gambar 1, FGD dilakukan secara daring dengan melibatkan perwakilan tim pelaksana dan mitra, yang berlangsung secara interaktif melalui sesi diskusi dan tanya jawab. Pembahasan difokuskan pada kondisi lahan pertanian yang didominasi komoditas padi dan jagung, pola pengelolaan budidaya yang masih konvensional, serta keterbatasan dalam melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara real-time. Selain itu, mitra juga menyampaikan kendala dalam pengelolaan irigasi, keterbatasan akses terhadap teknologi, serta minimnya pemahaman terkait pemanfaatan data dalam mendukung pengambilan keputusan.

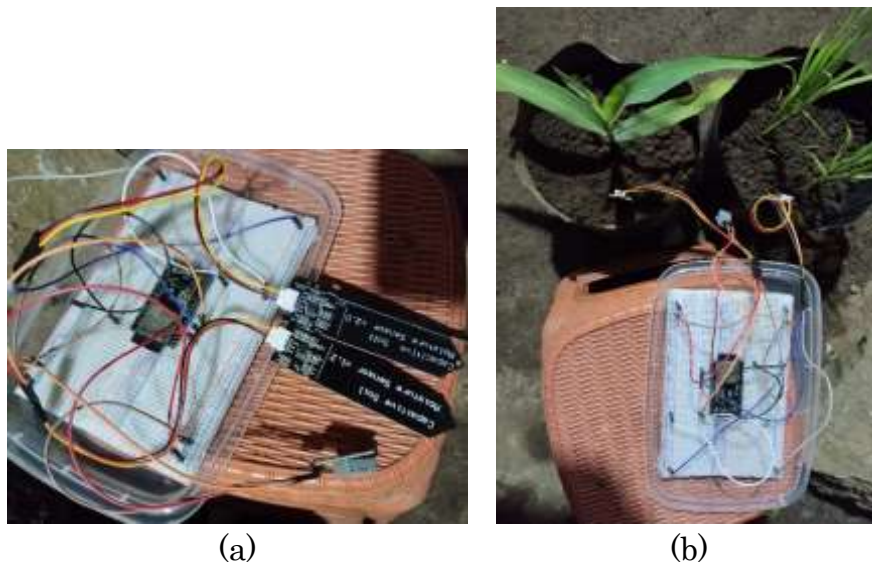
Diskusi ini juga menggali kesiapan mitra dalam mengadopsi teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT), termasuk kebutuhan perangkat, infrastruktur pendukung, serta potensi penerapan sistem *monitoring* berbasis website. Hasil FGD menunjukkan adanya kebutuhan yang cukup tinggi terhadap solusi teknologi yang mudah digunakan dan sesuai dengan kondisi lapangan, sehingga temuan ini menjadi dasar dalam perancangan sistem yang adaptif, aplikatif, dan berorientasi pada kebutuhan pengguna.



Gambar 1. FGD secara Daring

## 2. Tahap Pelaksanaan

Pada tahap pelaksanaan, kegiatan difokuskan pada sosialisasi dan pelatihan konsep *Internet of Things* (IoT), pengenalan perangkat, serta simulasi penggunaan sistem *monitoring* berbasis website. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, terdapat dua tahapan pengembangan prototipe, yaitu pada Gambar 2a dan Gambar 2b. Gambar 2a menunjukkan rangkaian awal prototipe sensor yang terdiri dari mikrokontroler, sensor kelembapan tanah, dan sensor suhu yang dirakit pada breadboard sebagai tahap perancangan dan pengujian awal sistem. Pada tahap ini, dilakukan pengenalan komponen serta penjelasan fungsi masing-masing perangkat kepada mitra. Selanjutnya, Gambar 2b menunjukkan implementasi prototipe pada media tanam menggunakan polybag, di mana sensor mulai diaplikasikan secara langsung pada tanaman untuk mensimulasikan kondisi lapangan. Tahap ini bertujuan untuk memberikan gambaran nyata mengenai proses *monitoring* kondisi lingkungan tanaman secara *real-time*, mulai dari pengambilan data hingga potensi integrasi dengan sistem berbasis website. Melalui kedua tahapan tersebut, mitra memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai alur kerja sistem, fungsi perangkat, serta potensi pemanfaatan teknologi IoT dalam mendukung pengelolaan pertanian. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan pemahaman mitra terhadap alur kerja sistem, fungsi perangkat, serta potensi pemanfaatan data dalam mendukung pengelolaan pertanian.



**Gambar 2.** Sensor IOT: (a) Prototype Sensor kelembapan dan Suhu; dan (b) Penerapan Sensor pada Polybag tanaman

### 3. Tahap Evaluasi

Pada tahap evaluasi, dilakukan pengukuran untuk menilai efektivitas kegiatan melalui metode pretest–posttest yang bertujuan mengidentifikasi peningkatan kemampuan mitra, baik dalam aspek hard skill maupun *soft skill*. Aspek hard skill mencakup pemahaman terhadap konsep *Internet of Things* (IoT), pengenalan perangkat, serta kemampuan dalam membaca dan menginterpretasikan data hasil *monitoring*, sedangkan aspek *soft skill* meliputi kemampuan pengambilan keputusan, kesiapan dalam mengadopsi teknologi, serta partisipasi dan kerja sama dalam kegiatan. Hasil evaluasi disajikan pada Tabel 1 yang memuat aspek evaluasi, indikator kinerja, nilai pra-program, nilai pasca-program, serta persentase peningkatan.

**Tabel 1.** Evaluasi Pretest-Posttest

Aspek Evaluasi	Indikator Kinerja	Pra-Program	Pasca Program	Peningkatan (%)
Hard Skill	Pemahaman konsep dasar IoT	45	75	66,7
	Kemampuan mengenali dan fungsi perangkat IoT	40	70	75,0
	Kemampuan membaca dan memahami data monitoring	50	80	60,0
	Pemahaman sistem monitoring berbasis website	42	72	71,4
Soft Skill	Pengambilan keputusan berbasis data	48	78	62,5
	Kesiapan mengadopsi teknologi	52	82	57,7
	Partisipasi dalam kegiatan	60	85	41,7
	Kerja sama dalam kelompok	65	88	35,4
Rata-rata	-	50,25	78,75	58,8

Berdasarkan hasil evaluasi, diperoleh rata-rata nilai pra-program sebesar 50,25 yang meningkat menjadi 78,75 pada pasca-program, dengan rata-rata persentase peningkatan sebesar 58,8%. Hasil evaluasi juga menunjukkan adanya peningkatan pada seluruh indikator yang diukur. Peningkatan terbesar terdapat pada kemampuan mengenali dan fungsi perangkat IoT sebesar 75,0%, diikuti oleh pemahaman sistem *monitoring* berbasis website sebesar 71,4%, serta pemahaman konsep dasar IoT sebesar 66,7%. Sementara itu, pada aspek *soft skill*, peningkatan terlihat pada kemampuan pengambilan keputusan berbasis data sebesar 62,5% dan kesiapan mengadopsi teknologi sebesar 57,7%. Meskipun peningkatan pada aspek partisipasi dan kerja sama relatif lebih rendah, yaitu masing-masing sebesar 41,7% dan 35,4%, nilai pasca-program menunjukkan capaian yang sudah berada pada kategori baik. Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa kegiatan yang dilaksanakan efektif dalam meningkatkan pemahaman dan kesiapan mitra dalam mengadopsi teknologi pertanian cerdas secara bertahap dan berkelanjutan.

#### D. SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilaksanakan pada kelompok tani di Desa Jembatan, Kecamatan Kesamben, Kabupaten Jombang, berhasil mengidentifikasi permasalahan utama yang dihadapi mitra, yaitu keterbatasan dalam pemantauan kondisi lahan secara real-time, pengelolaan irigasi yang masih konvensional, serta rendahnya pemahaman terhadap pemanfaatan teknologi digital dalam pertanian. Melalui pendekatan *Participatory Rural Appraisal* (PRA), kebutuhan dan potensi mitra dapat dipetakan secara partisipatif sebagai dasar dalam perancangan solusi yang sesuai dengan kondisi lapangan.

Pada tahap pelaksanaan, kegiatan sosialisasi dan pelatihan terkait *Internet of Things* (IoT) serta simulasi penggunaan sistem *monitoring* berbasis website menunjukkan hasil yang positif. Mitra memperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai konsep, fungsi perangkat, serta alur kerja sistem dalam mendukung pengelolaan pertanian. Penggunaan prototipe sensor juga memberikan gambaran nyata kepada mitra terkait penerapan teknologi dalam memantau kondisi tanaman secara lebih efektif dan efisien.

Hasil evaluasi melalui metode pretest–posttest menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada aspek *hard skill* dan *soft skill* mitra, dengan rata-rata nilai meningkat dari 50,25 menjadi 78,75 atau sebesar 58,8%. Peningkatan ini mencerminkan keberhasilan kegiatan dalam meningkatkan pemahaman, keterampilan, serta kesiapan mitra dalam mengadopsi teknologi pertanian cerdas. Dengan demikian, kegiatan ini berkontribusi dalam mendorong penerapan teknologi berbasis IoT secara berkelanjutan guna meningkatkan produktivitas dan efisiensi pengelolaan pertanian.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Pengabdian Pada Masyarakat (LPPM) Universitas Indonesia yang telah mendanai kegiatan pengabdian ini sehingga terlaksana dengan baik.

## DAFTAR RUJUKAN

- Ahmed, S., Basu, N., Nicholson, C. E., Rutter, S. R., Marshall, J. R., Perry, J. J., & Dean, J. R. (2024). Use of *Machine Learning* for monitoring the growth stages of an agricultural crop††Electronic supplementary information (ESI) available: Additional information on the mathematical coding of the hierarchical multinomial logistic regression model can be found. *Sustainable Food Technology*, 2(1), 104–125. <https://doi.org/https://doi.org/10.1039/d3fb00101f>
- Aldillah, R. (2018). Strategi Pengembangan Agribisnis Jagung di Indonesia. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 15(1), 43. <https://doi.org/10.21082/akp.v15n1.2017.43-66>
- Arifin, A. Z., Qomariah, D. U. N., Riduwan, M., Haniefardy, A., Azhar, Y., Sholikah, R. W., & Navastara, D. A. (2018). Automatic Comparison of Products based on Opinion Features using Synonym and Jaccard Similarity. *2018 Third International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IAC.2018.8780458>
- Bakthavatchalam, K., Karthik, B., Thiruvengadam, V., Muthal, S., Jose, D., Kotecha, K., & Varadarajan, V. (2022). IoT Framework for Measurement and Precision Agriculture: Predicting the Crop Using *Machine Learning* Algorithms. *Technologies*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/technologies10010013>
- Bantacut, T. (2015). *Pengembangan Jagung Untuk Ketahanan Pangan, Industri Dan Ekonomi*.
- Chlingaryan, A., Sukkarieh, S., & Whelan, B. (2018). *Machine Learning* approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 151, 61–69. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.012>
- Cicioğlu, M., & Çalhan, A. (2021). Smart agriculture with internet of things in cornfields. *Computers & Electrical Engineering*, 90, 106982. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.106982>
- Dahane, A., Benameur, R., Bouabdellah, K., & Benyamina, A. (2020). *An IoT Based Smart Farming System Using Machine Learning*. 1–6. <https://doi.org/10.1109/ISNCC49221.2020.9297341>
- Elvira, A. I., Arif, I., Nainggolan, C. M., Renita, D. P. P., Putri, N. A., Patria, M. P., Nurdin, N., & Vasenev, I. I. (2026). Soil CO<sub>2</sub> Emissions in Jakarta Urban Forests: The Role of Canopy Cover Versus Environmental Factors. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 32(1), 27. <https://doi.org/10.7226/jtfm.32.1.27>
- García, L., Parra, L., Jimenez, J. M., Lloret, J., & Lorenz, P. (2020). IoT-Based Smart Irrigation Systems: An Overview on the Recent Trends on Sensors and IoT Systems for Irrigation in Precision Agriculture. *Sensors*, 20(4). <https://doi.org/10.3390/s20041042>
- Iniyani, S., Akhil Varma, V., & Teja Naidu, C. (2023). Crop yield prediction using *Machine Learning* techniques. *Advances in Engineering Software*, 175, 103326. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2022.103326>
- Jawad, H. M., Nordin, R., Gharghan, S. K., Jawad, A. M., & Ismail, M. (2017). Energy-Efficient Wireless Sensor Networks for Precision Agriculture: A Review. *Sensors*, 17(8). <https://doi.org/10.3390/s17081781>
- Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70–90.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>
- Kim, Y., Evans, R. G., & Iversen, W. M. (2008). Remote Sensing and Control of an Irrigation System Using a Distributed Wireless Sensor Network. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, *57*(7), 1379–1387. <https://doi.org/10.1109/TIM.2008.917198>
- Mustaza, S., Pauzi, N., Zainal, N., Mohd Zaman, M. H., & Moubark, A. (2025). Artificial Intelligence in Precision Agriculture: A Review. *Jurnal Kejuruteraan*, *37*, 1025–1047. [https://doi.org/10.17576/jkukm-2025-37\(2\)-38](https://doi.org/10.17576/jkukm-2025-37(2)-38)
- Navarro-Hellín, H., Torres-Sánchez, R., Soto-Valles, F., Albaladejo-Pérez, C., López-Riquelme, J. A., & Domingo-Miguel, R. (2015). A wireless sensors architecture for efficient irrigation water management. *Agricultural Water Management*, *151*, 64–74. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.10.022>
- Nurul Qomariah, D. U., Tjandrasa, H., & Alam, B. R. (2021). Hemorrhage Segmentation in Retinal Images Using Modified FCN-8. *2021 Fourth International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICVEE54186.2021.9649686>
- Petrović, G., Ivanović, T., Knežević, D., Radosavac, A., Obhodaš, I., Brzaković, T., Golić, Z., & Dragičević Radičević, T. (2023). Assessment of Climate Change Impact on Maize Production in Serbia. *Atmosphere*, *14*(1). <https://doi.org/10.3390/atmos14010110>
- Ruminta, R., Lumbantobing, M., & Wicaksono, F. Y. (2024). Identification of climate change and its impact on maize (*Zea mays* L.) production in Majalengka Regency. *Kultivasi*, *23*(1), 43–51. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v23i1.46427>
- Shahab, H., Iqbal, M., Sohaib, A., Ullah Khan, F., & Waqas, M. (2024). IoT-based agriculture management techniques for sustainable farming: A comprehensive review. *Computers and Electronics in Agriculture*, *220*, 108851. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108851>
- Sudha, S. P., & Lorent, J. B. S. (2026). A review on *Machine Learning*-based precision agriculture techniques for crop farming *monitoring* with IOT. *Discover Environment*, *4*(1), 10. <https://doi.org/10.1007/s44274-025-00305-8>
- Utami, D., Qomariah, N., Elvira, A. I., Kurniasari, A. A., & Maulana, B. W. (2026). *Automatic Pill Counting Using YOLOv8 to Improve Medication Distribution Accuracy*. *5*(2), 28–33. <https://doi.org/10.55299/ijphe.v5i1.1724>
- van Klompenburg, T., Kassahun, A., & Catal, C. (2020). Crop yield prediction using *Machine Learning*: A systematic literature review. *Computers and Electronics in Agriculture*, *177*, 105709. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105709>
- William, P., Ramu, G., Gupta, L. R., Sing, P., Shrivastava, A., & Srivastava, A. P. (2023). Hybrid Temperature and Humidity *Monitoring* System using IoT for Smart Garden. *2023 Second International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems (ICAISS)*, 1514–1518. <https://doi.org/10.1109/ICAISS58487.2023.10250538>
- Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, *13*(6), 693–712. <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>