

SMART FARMING BAWANG MERAH BERBASIS KEARIFAN LOKAL MELALUI PENERAPAN SENSOR KELEMBAPAN TANAH

Oleh:

Dwi Aninditya Siregar^{1)*}, Sari Wahyuni Rozi Nasution²⁾, Afridayanti³⁾, Koidah Hasibuan⁴⁾

^{1,2,3,4} FPMIPA, Institut Pendidikan Tapanuli Selatan

¹email: dwi.aninditya@gmail.com

²email: sariwahyunirozinasion@gmail.com

³email: afridayanti@gmail.com

⁴email: koidahhsb@gmail.com

Informasi Artikel	Abstrak
Riwayat Artikel: Submit, September Diterima, September Publish, September Kata Kunci: Smart Farming Sensor Kelembapan Tanah Internet of Thing Bawang Merah Kearifan Lokal Irigasi	Bawang merah merupakan salah satu komoditas hortikultura yang membutuhkan pengelolaan air secara tepat agar pertumbuhan dan hasil panen dapat optimal. Salah satu permasalahan yang masih dijumpai pada pertanian masyarakat adalah penyiraman yang dilakukan secara manual tanpa didukung informasi mengenai kondisi kelembapan tanah. Proposal Program Penguatan Kapasitas Organisasi Kemahasiswaan (PPK Ormawa) di Desa Morang menawarkan penerapan <i>Smart Farming</i> berbasis sensor kelembapan tanah yang dipadukan dengan kearifan lokal masyarakat. Artikel ini bertujuan menganalisis potensi penerapan sensor kelembapan tanah dalam budidaya bawang merah, mengidentifikasi manfaat <i>Smart Farming</i> terhadap efisiensi penggunaan air dan produktivitas, serta menganalisis pentingnya integrasi teknologi dengan kearifan lokal masyarakat. Penelitian menggunakan metode studi literatur dengan menelaah artikel ilmiah mengenai <i>smart farming</i> , <i>smart irrigation</i> , sensor kelembapan tanah, Internet of Things (IoT), budidaya bawang merah, dan kearifan lokal pertanian. Hasil kajian menunjukkan bahwa penggunaan sensor kelembapan tanah dapat menyediakan informasi kondisi tanah secara lebih objektif dan mendukung penentuan waktu penyiraman berdasarkan kebutuhan tanaman. Literatur juga menunjukkan bahwa teknologi irigasi berbasis sensor berpotensi mengurangi penggunaan air dibandingkan penjadwalan konvensional, meskipun efektivitasnya dipengaruhi oleh kalibrasi sensor, kondisi tanah, jenis tanaman, dan kemampuan pengguna. Integrasi teknologi dengan pengetahuan lokal, pelatihan, pendampingan, serta kelembagaan masyarakat menjadi faktor penting dalam keberlanjutan penerapan <i>Smart Farming</i> pada petani skala kecil.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license



1. PENDAHULUAN

Pertanian menghadapi tantangan berupa kebutuhan peningkatan produktivitas, keterbatasan sumber daya air, perubahan kondisi iklim, serta tuntutan efisiensi penggunaan input pertanian. Perkembangan teknologi digital kemudian mendorong munculnya konsep *Smart*

Farming atau pertanian cerdas yang memanfaatkan sensor, Internet of Things (IoT), sistem pemantauan, dan pengambilan keputusan berbasis data. Kajian Kumar et al. menunjukkan bahwa IoT telah diterapkan dalam berbagai bidang pertanian, termasuk irigasi cerdas, pemantauan tanaman dan tanah, rumah kaca, pengendalian

hama, serta pemantauan lingkungan. Teknologi tersebut berpotensi meningkatkan efisiensi dan mengurangi pemborosan sumber daya.

Salah satu aspek penting dalam budidaya tanaman adalah ketersediaan air. Pengelolaan air yang tidak sesuai dapat menyebabkan tanaman mengalami kekurangan ataupun kelebihan air. Pada tanaman bawang merah (*Allium cepa* L.), kebutuhan air berbeda menurut varietas, kondisi lingkungan, dan fase pertumbuhan. Penelitian Aryani et al. menunjukkan bahwa kebutuhan air empat varietas bawang merah pada musim kering berbeda, sementara produktivitas yang diperoleh berada pada kisaran 10,73–11,73 ton/ha. Temuan tersebut menunjukkan pentingnya pengelolaan air yang mempertimbangkan kondisi tanaman dan lingkungan.

Kebutuhan pengelolaan air tersebut menjadi semakin relevan dengan kondisi sasaran program PPK Ormawa di Desa Morang. Berdasarkan observasi awal tim pada 10 Maret 2026, masyarakat Desa Morang memiliki potensi besar dalam pertanian hortikultura, terutama bawang merah. Namun, penyiraman tanaman masih dilakukan secara manual dan belum didasarkan pada pengukuran kelembapan tanah secara akurat. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan penggunaan air yang kurang efisien dan pertumbuhan tanaman yang tidak optimal.

Proposal PPK Ormawa kemudian menawarkan penerapan *Smart Farming* berbasis sensor kelembapan tanah. Sensor digunakan untuk memperoleh informasi kondisi tanah sehingga petani dapat menentukan waktu penyiraman dengan lebih tepat. Program tersebut juga dilengkapi dengan pelatihan, demonstrasi lahan, pendampingan, dan penguatan kelompok masyarakat.

Namun demikian, penerapan teknologi pertanian pada masyarakat tidak hanya berkaitan dengan aspek teknis. Petani memiliki pengetahuan, pengalaman, kebiasaan, dan praktik lokal yang telah berkembang dalam waktu lama. Karena itu, teknologi baru perlu ditempatkan sebagai alat yang memperkuat pengambilan keputusan petani, bukan semata-mata menggantikan pengetahuan lokal.

Kurnia et al. menunjukkan bahwa kearifan lokal dapat berkontribusi terhadap keberlanjutan pertanian di Indonesia. Sementara itu, kajian mengenai petani Lembang Tumbang Datu menunjukkan bahwa praktik lokal dapat berjalan berdampingan dengan inovasi modern dalam mendukung keberlanjutan pertanian.

Berdasarkan kondisi tersebut, artikel ini bertujuan untuk mengkaji secara literatur: (1) peran sensor kelembapan tanah dalam *Smart Farming*, (2) potensi teknologi sensor terhadap efisiensi pengelolaan air dan budidaya bawang merah, (3) peluang pemanfaatan IoT dalam pertanian skala

masyarakat, dan (4) pentingnya integrasi teknologi dengan kearifan lokal dalam mendukung keberlanjutan program di Desa Morang.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan **studi literatur** (*literature review*) dengan metode sintesis naratif. Kajian dilakukan terhadap publikasi ilmiah yang membahas *Smart Farming*, *smart irrigation*, sensor kelembapan tanah, IoT dalam pertanian, budidaya bawang merah, efisiensi penggunaan air, serta kearifan lokal dalam pertanian berkelanjutan.

Penelusuran literatur dilakukan dengan menggunakan kata kunci antara lain:

- *smart farming*;
- *smart irrigation*;
- *soil moisture sensor*;
- *soil moisture monitoring*;
- *IoT agriculture*;
- *shallot irrigation*;
- *Allium cepa water requirement*;
- *local wisdom sustainable agriculture*;
- *digital agriculture smallholder farmers*.

Sumber literatur berasal dari jurnal ilmiah dan publikasi akademik yang relevan, antara lain melalui ScienceDirect, MDPI, jurnal perguruan tinggi, serta sumber ilmiah Indonesia. Literatur yang digunakan terutama berasal dari publikasi tahun **2014–2026**, dengan prioritas pada kajian terbaru mengenai *Smart Farming*, IoT, sensor tanah, dan pertanian berkelanjutan.

Kriteria literatur yang digunakan meliputi:

1. membahas teknologi sensor atau *Smart Farming* dalam pertanian;
2. membahas pengelolaan kelembapan atau irigasi;
3. memiliki keterkaitan dengan tanaman bawang merah atau tanaman hortikultura;
4. membahas pertanian skala kecil atau petani masyarakat; dan
5. memiliki relevansi dengan keberlanjutan atau kearifan lokal.

Hasil literatur kemudian dianalisis secara tematik berdasarkan empat aspek, yaitu **teknologi sensor, efisiensi air, budidaya bawang merah, dan integrasi teknologi dengan masyarakat/kearifan lokal**.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Konsep Smart Farming dalam Pertanian

Smart Farming merupakan pendekatan pertanian yang memanfaatkan teknologi digital dan sistem pengukuran untuk memperoleh informasi mengenai kondisi lahan dan tanaman. Berbeda dengan sistem pertanian konvensional yang banyak mengandalkan pengalaman dan pengamatan langsung, *Smart Farming*

memungkinkan keputusan budidaya didukung oleh data.

Kumar et al. dalam kajiannya mengenai IoT dan pertanian cerdas mengidentifikasi berbagai penerapan IoT, antara lain *smart irrigation*, pemantauan kondisi tanah dan tanaman, *smart greenhouse*, drone pertanian, dan pengendalian hama. Dengan demikian, IoT dapat menjadi salah satu infrastruktur teknologi untuk menghubungkan kondisi lapangan dengan proses pengambilan keputusan.

Dalam konteks proposal PPK Ormawa, konsep tersebut diterapkan secara sederhana melalui sensor kelembapan tanah. Sistem yang dirancang tidak harus menggunakan teknologi yang kompleks. Proposal bahkan merencanakan penggunaan sensor kelembapan tanah yang terhubung dengan mikrokontroler seperti ESP32/Arduino untuk membaca kondisi tanah secara *real-time*.

Pendekatan sederhana tersebut memiliki keunggulan karena lebih mudah dipahami dan dipelajari oleh masyarakat. Hal ini penting karena teknologi pertanian untuk petani skala kecil perlu mempertimbangkan kemudahan penggunaan, biaya, pemeliharaan, dan kemampuan pengguna.

3.2. Sensor Kelembapan Tanah sebagai Dasar Pengambilan Keputusan Irigasi

Sensor kelembapan tanah berfungsi memberikan informasi mengenai kandungan air di dalam tanah. Data tersebut dapat digunakan untuk menentukan apakah tanaman membutuhkan penyiraman atau belum.

Kajian Datta dan Taghvaeian menunjukkan bahwa penjadwalan irigasi berbasis sensor air tanah dapat menghasilkan penggunaan air yang lebih rendah dibandingkan beberapa metode penjadwalan lainnya, sementara hasil tanaman dapat tetap sama atau lebih tinggi. Mereka juga menekankan bahwa akurasi sensor sangat dipengaruhi oleh proses kalibrasi.

Temuan tersebut diperkuat oleh Zhang et al. yang mengkaji perkembangan teknologi pemantauan kelembapan tanah dalam pertanian presisi. Sensor berbasis IoT dan jaringan sensor memungkinkan data kelembapan dikumpulkan dan dikirim secara *real-time* sehingga dapat mendukung pengelolaan irigasi yang lebih presisi.

Dengan demikian, sensor kelembapan tanah tidak hanya berfungsi sebagai alat ukur, tetapi dapat menjadi **dasar pengambilan keputusan penyiraman**.

Dalam konteks Desa Morang, hal ini relevan karena proposal mengidentifikasi bahwa penyiraman masih dilakukan secara manual tanpa pengukuran kelembapan tanah.

3.3. Hubungan Kelembapan Tanah dengan Budidaya Bawang Merah

Bawang merah membutuhkan pengelolaan air yang tepat. Kekurangan air dapat menghambat pertumbuhan, sedangkan kelebihan air juga dapat menyebabkan masalah pada tanaman.

Pérez Ortolá dan Knox dalam kajiannya mengenai kebutuhan air bawang merah menunjukkan bahwa kebutuhan air dan respons tanaman terhadap air dipengaruhi oleh agroklimat, lokasi, musim, serta fase perkembangan tanaman. Tahap pembentukan umbi termasuk fase yang sensitif terhadap stres air. Kajian tersebut juga menunjukkan bahwa kelebihan maupun kekurangan air dapat memengaruhi kualitas hasil.

Penelitian di Indonesia oleh Aryani et al. juga memperlihatkan bahwa kebutuhan air bawang merah berbeda antarvarietas. Pada musim kering, kebutuhan air beberapa varietas berada pada kisaran sekitar 2.169,7–2.549,3 m³/ha, dengan produktivitas 10,73–11,73 ton/ha. Penelitian tersebut menunjukkan peluang penerapan teknologi hemat air dalam budidaya bawang merah.

Oleh karena itu, penerapan sensor kelembapan tanah pada bawang merah mempunyai dasar yang kuat dari sisi kebutuhan agronomis. Data kelembapan dapat membantu petani menentukan waktu penyiraman secara lebih terukur.

3.4. Bukti Penerapan Sensor pada Budidaya Bawang Merah

Beberapa penelitian secara khusus telah mengembangkan sistem penyiraman atau monitoring berbasis sensor untuk tanaman bawang merah.

Oktavian dan Yunanda mengembangkan simulasi irigasi otomatis pada tanaman bawang merah di Banyuwangi menggunakan sensor kelembapan tanah dan sensor cahaya berbasis IoT. Sistem tersebut dirancang untuk melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time* dan mengoptimalkan penggunaan air berdasarkan kondisi kelembapan tanah.

Penelitian lain mengembangkan sistem penyiraman otomatis bawang merah menggunakan sensor kelembapan tanah dan Arduino Uno. Sistem bekerja dengan membaca kondisi kelembapan tanah kemudian mengaktifkan pompa ketika kelembapan berada di bawah ambang yang ditetapkan.

Habibi et al. mengembangkan sistem monitoring dan penyiraman bawang merah berbasis IoT dengan sensor kelembapan tanah, DHT22, ESP32, pompa, dan sumber energi surya. Sistem tersebut dirancang untuk mempertahankan kelembapan pada rentang berbeda sesuai fase pertumbuhan tanaman dan memungkinkan pemantauan secara *real-time*.

Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa konsep yang direncanakan dalam proposal PPK

Ormawa memiliki kesesuaian dengan perkembangan teknologi pertanian yang telah dikembangkan pada penelitian sebelumnya.

3.5. Smart Irrigation dan Efisiensi Penggunaan Air

Efisiensi air merupakan salah satu alasan utama penerapan *Smart Farming*. Sistem irigasi konvensional sering kali menggunakan jadwal tetap tanpa mempertimbangkan perubahan kondisi tanah, cuaca, dan kebutuhan aktual tanaman.

Vallejo-Gómez et al. melalui systematic review mengenai *smart irrigation* menunjukkan bahwa perkembangan teknologi irigasi cerdas semakin mengarah pada penggunaan data dan teknologi otomatisasi untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan air.

Kajian terbaru mengenai IoT-enabled smart irrigation juga menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT dapat menghasilkan penghematan air dalam berbagai konteks, tetapi hasilnya tidak selalu seragam. Efektivitas dipengaruhi oleh jenis tanaman, kondisi lingkungan, desain sistem, metode pengukuran, dan strategi pengambilan keputusan. Karena itu, teknologi tidak seharusnya dipandang sebagai solusi otomatis yang selalu memberikan hasil sama pada semua lokasi.

Hal tersebut penting untuk Desa Morang. Sistem sensor yang akan diterapkan perlu dikalibrasi dan disesuaikan dengan kondisi tanah serta karakteristik budidaya bawang merah setempat.

3.6. IoT dan Pemantauan Kondisi Lahan secara Real-Time

Integrasi sensor dengan mikrokontroler dan jaringan internet memungkinkan data kelembapan tanah dipantau secara lebih cepat. Dalam proposal, sensor direncanakan terhubung dengan mikrokontroler seperti ESP32/Arduino untuk membaca data dan menampilkannya secara real-time.

Literatur mengenai IoT dalam pertanian menunjukkan bahwa teknologi tersebut dapat digunakan untuk pengumpulan data, pemantauan kondisi lingkungan, serta mendukung keputusan pengelolaan tanaman. Namun, penerapan IoT pada petani kecil masih menghadapi kendala seperti konektivitas, biaya, keterampilan teknis, dan pemeliharaan perangkat.

Karena itu, sistem yang diterapkan pada masyarakat sebaiknya tidak terlalu kompleks. Prinsip **sederhana, murah, mudah diperbaiki, mudah dipahami, dan sesuai kebutuhan petani** menjadi penting.

3.7. Integrasi Smart Farming dengan Kearifan Lokal

Teknologi pertanian modern tidak harus menghilangkan praktik lokal masyarakat. Justru, penerapan teknologi dapat dikembangkan dengan menggabungkan pengetahuan lokal dan data ilmiah.

Proposal PPK Ormawa Desa Morang telah mengidentifikasi beberapa potensi kearifan lokal, antara lain budaya gotong royong, pengalaman masyarakat dalam mengelola pola tanam hortikultura, dan penggunaan pupuk alami.

Kurnia et al. menunjukkan bahwa kearifan lokal dapat berperan dalam mempertahankan sistem pengelolaan pertanian yang berkelanjutan di Indonesia.

Penelitian Albertinhennyranallo et al. juga memperlihatkan bahwa pengetahuan dan praktik lokal dapat berjalan berdampingan dengan inovasi pertanian modern. Integrasi tersebut dapat menjadi bentuk adaptasi terhadap perubahan tanpa menghilangkan nilai budaya masyarakat.

Dengan demikian, penerapan sensor kelembapan tanah di Desa Morang sebaiknya tidak menggantikan pengalaman petani dalam menentukan pola tanam. Sensor dapat digunakan sebagai **data pendukung** untuk memperkuat keputusan petani.

3.8. Pemberdayaan dan Literasi Teknologi Petani

Keberhasilan *Smart Farming* tidak hanya ditentukan oleh alat. Faktor manusia menjadi bagian penting dari sistem.

Gumbi et al. menemukan bahwa adopsi pertanian digital pada petani kecil masih menghadapi persoalan infrastruktur digital, keterjangkauan biaya, dan keterampilan digital.

Kajian mengenai adopsi teknologi pertanian cerdas juga menunjukkan bahwa faktor ekonomi saja tidak cukup menjelaskan keberhasilan adopsi. Faktor budaya, kelembagaan, keterampilan, dan keterlibatan pemangku kepentingan juga perlu diperhatikan.

Dalam konteks Indonesia, Satria et al. melaporkan bahwa adopsi teknologi pertanian digital pada petani kecil masih menghadapi kendala infrastruktur, ekonomi, dan kelembagaan.

Oleh sebab itu, desain program PPK Ormawa yang memasukkan **pelatihan, demonstrasi lahan, pendampingan, monitoring, dan pembentukan kader lokal** merupakan pendekatan yang relevan. Proposal sendiri menargetkan peningkatan pengetahuan masyarakat, penerapan minimal satu lahan percontohan, dan peningkatan partisipasi masyarakat.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil studi literatur, penerapan *Smart Farming* berbasis sensor kelembapan tanah memiliki relevansi yang kuat untuk mendukung budidaya bawang merah. Sensor kelembapan tanah dapat memberikan informasi mengenai kondisi air tanah secara lebih objektif sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan waktu dan kebutuhan penyiraman.

Literatur mengenai bawang merah menunjukkan bahwa ketersediaan air merupakan salah satu

faktor penting dalam pertumbuhan dan hasil tanaman. Sementara itu, penelitian mengenai *smart irrigation* menunjukkan bahwa penggunaan sensor berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan air, meskipun hasil penerapannya dipengaruhi oleh kondisi tanah, kalibrasi sensor, varietas, fase pertumbuhan, dan strategi pengelolaan irigasi.

Dalam konteks Desa Morang, penerapan teknologi sebaiknya tidak hanya berorientasi pada pemasangan alat, tetapi juga pada peningkatan kemampuan masyarakat dalam menggunakan, memahami, merawat, dan mengembangkan teknologi. Integrasi sensor dengan pengalaman petani dan kearifan lokal menjadi pendekatan penting agar teknologi dapat diterima dan berkelanjutan.

Dengan demikian, konsep **Smart Farming bawang merah berbasis sensor kelembapan tanah yang dipadukan dengan kearifan lokal** dapat menjadi model teknologi tepat guna yang menggabungkan aspek teknologi, lingkungan, ekonomi, dan pemberdayaan masyarakat.

5. REFERENSI

- Albertinhennyranteallo, A., Yunus, A., & Bakri, S. (2025). Studi kearifan lokal petani Lembang Tumbang Datu dalam proses usaha tani padi. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Tanaman*, 4(2), 278–296.
<https://doi.org/10.55606/jurrit.v4i2.7037>
- Aryani, N. S., Santosa, E., Zaman, S., & Hapsari, D. P. (2024). Kebutuhan air irigasi empat varietas bawang merah (*Allium cepa* L.) pada musim kering. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 15(2), 77–83.
<https://doi.org/10.29244/jhi.15.2.77-83>
- Datta, S., & Taghvaeian, S. (2023). Soil water sensors for irrigation scheduling in the United States: A systematic review of literature. *Agricultural Water Management*, 278, 108148.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108148>
- Gumbi, N., Gumbi, L., & Twinomurinzi, H. (2023). Towards sustainable digital agriculture for smallholder farmers: A systematic literature review. *Sustainability*, 15(16), 12530.
<https://doi.org/10.3390/su151612530>
- Habibi, I. I. A., Wirayoga, S., Huda, M., & Astono, G. Y. (2024). Modern transformation in agriculture for onion watering automation with solar cell and IoT technology. *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, 9(2), 149–158.
<https://doi.org/10.54732/jeecs.v9i2.7>
- Kumar, V., Sharma, K. V., Kedam, N., Patel, A. B., Kate, T. R., & 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>
- Kurnia, G., Setiawan, I., Tridakusumah, A. C., Jaelani, G., Heryanto, M. A., & Nugraha, A. (2022). Local wisdom for ensuring agriculture sustainability: A case from Indonesia. *Sustainability*, 14(14), 8823.
<https://doi.org/10.3390/su14148823>
- Moustafa, A., Abdelwahab, O. M. M., Ricci, G. F., & Gentile, F. (2026). Internet of Things-enabled smart irrigation systems for precision water management: A systematic review. *Agricultural Water Management*, 333, 110615.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2026.110615>
- Oktavian, A., & Yunanda, A. B. (2025). Rancang bangun simulasi irigasi otomatis pada tanaman bawang merah di Muncar Kabupaten Banyuwangi menggunakan sensor kelembapan tanah dan sensor cahaya berbasis IoT. *Jurnal Rekayasa Sistem Informasi dan Teknologi*, 2(4).
<https://doi.org/10.70248/jrsit.v2i4.1809>
- Pérez Ortola, M., & Knox, J. W. (2014). Water relations and irrigation requirements of onion (*Allium cepa* L.): A review of yield and quality impacts. *Experimental Agriculture*.
- Satria, D., Maghraby, W., & Setyanti, A. M. (2025). Digital agricultural technology for smallholder farmers: Barriers and opportunities in Indonesia. *SOCA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 18(3), 267–281.
<https://doi.org/10.24843/SOCA.2024.v18.i03.p01>
- Vallejo-Gómez, D., Osorio, M., & Hincapié, C. A. (2023). Smart irrigation systems in agriculture: A systematic review. *Agronomy*, 13(2), 342.
<https://doi.org/10.3390/agronomy13020342>
- Zhang, X., Feng, G., & Sun, X. (2024). Advanced technologies of soil moisture monitoring in precision agriculture: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101473.
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101473>