

Integrasi Sistem Pertanian Presisi Berbasis IOT dengan Kearifan Lokal ‘Pranata Mangsa’ dalam Meningkatkan Produktivitas Padi Organik di Pekalongan

Muhammad Iqbal*, Adnin Irsyadul Ibad

Program Studi Agribisnis, Fakultas Industri Halal, Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta

*Email Korespondensi: Iqbal.cool182@gmail.com

Abstrak

Sektor pertanian Indonesia menghadapi tantangan perubahan iklim, ketidakpastian musim, dan penurunan kesuburan tanah. Penelitian ini bertujuan menganalisis integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan kearifan lokal Pranata Mangsa dalam mendukung pertanian padi berkelanjutan di Kelompok Tani Maya Farm, Kecamatan Bojong, Kabupaten Pekalongan. Penelitian menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Data diperoleh melalui wawancara, dokumentasi, dan studi literatur, kemudian dianalisis menggunakan model Miles dan Huberman dengan triangulasi sumber. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi Pranata Mangsa dan IoT meningkatkan ketepatan waktu tanam, efisiensi penggunaan air hingga 30–40%, serta produktivitas padi sekitar 15%, sekaligus menekan biaya irigasi dan penggunaan pestisida. Kendala utama berupa rendahnya literasi digital petani dan tingginya biaya perangkat dapat diatasi melalui pembiayaan kolektif dan pendampingan. Integrasi teknologi dan kearifan lokal berpotensi menjadi model pertanian yang adaptif, efisien, dan berkelanjutan.

Kata kunci: *Smart farming*, Pranata Mangsa, IoT Pertanian, Pertanian Berkelanjutan

Abstract

The Indonesian agricultural sector faces challenges from climate change, seasonal uncertainty, and declining soil fertility. This study aims to analyze the integration of Internet of Things (IoT) technology with the local wisdom of Pranata Mangsa to support sustainable rice farming in the Maya Farm Farmers Group, Bojong District, Pekalongan Regency. A qualitative case study approach was employed using interviews, documentation, and literature review. Data were analyzed using the Miles and Huberman interactive model with source triangulation. The findings indicate that integrating Pranata Mangsa with IoT improves planting time accuracy, increases water-use efficiency by 30–40%, enhances rice productivity by approximately 15%, and reduces irrigation and pesticide costs. The main challenges are limited digital literacy among farmers and high initial investment costs, which can be addressed through collective financing and mentoring. Overall, this integration offers a promising model for adaptive, efficient, and sustainable agriculture.

Keywords: Smart Farming, Pranata Mangsa, Agricultural IoT, Sustainable Agriculture

PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan tulang punggung perekonomian Indonesia, namun ketahanan pangan nasional masih rentan terhadap guncangan eksternal seperti perubahan iklim dan fluktuasi harga input pertanian. Indonesia sebagai negara agraris memiliki lahan luas dan subur, yang idealnya dapat dimanfaatkan maksimal sebagai sumber penghidupan rakyat dan basis pertumbuhan ekonomi (Fadhilah *et al.*, 2025). Di Kabupaten Pekalongan, dengan potensi lahan persawahan cukup luas, produktivitas padi sering kali stagnan akibat ketergantungan pada pupuk organik dan ketidakpastian pola hujan. Penggunaan pupuk kimia jangka panjang telah menyebabkan pemadatan tanah dan penurunan kesuburan alami, yang bertentangan dengan prinsip berkelanjutan (Mendrofa & Gulo, 2024).

Disisi lain, revolusi industri 4.0 menawarkan solusi melalui *Smart Farming* atau pertanian presisi berbasis *Internet of Things* (IoT). Teknologi ini memungkinkan pemantauan kondisi tanaman secara real-time. Namun, penerapan teknologi tinggi saja sering kali kurang efektif jika tidak disesuaikan dengan konteks sosial budaya para petani lokal. Para masyarakat Jawa, termasuk di Pekalongan, memiliki kearifan lokal yang diwariskan para leluhur yaitu “Pranata Mangsa”, sistem ini adalah penanggalan musim berdasarkan tanda-tanda alam. Kalender ini merupakan kalender berbasis pere-daran semu matahari, yang pada zamannya merupakan pedoman yang andal bagi para petani untuk jadwal bercocok tanam di sawah (Sobirin, 2018).

Selain memberikan manfaat dari sisi teknis budidaya, integrasi IoT dengan Pranata Mangsa juga berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan input pertanian, seperti air irigasi, pupuk organik, dan tenaga kerja. Informasi yang diperoleh dari sensor dapat digunakan untuk mendukung keputusan yang lebih tepat sesuai kondisi lahan, sementara Pranata Mangsa berperan sebagai pedoman dalam menentukan waktu tanam berdasarkan karakteristik musim setempat. Sinergi keduanya diharapkan mampu meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan, memperkuat ketahanan petani terhadap dampak perubahan iklim, serta mendorong terwujudnya sistem agribisnis yang lebih ramah lingkungan dan berdaya saing (Djemen & Kamasi, 2025).

Integrasi antara teknologi modern (IoT) dan kearifan lokal (Pranata Mangsa) dalam kerangka kebijakan agribisnis yang mendukung pertanian organik menjadi solusi inovatif. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga memperkuat identitas budaya dan kemandirian para petani. Oleh karena itu, penting untuk mengkaji bagaimana kedua elemen ini dapat dioptimalkan di Pekalongan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi yang dipilih untuk memahami secara mendalam proses interaksi antara teknologi, budaya, dan kebijakan di lapangan. Penelitian dilaksanakan di kelompok tani “Maya Farm”, Kecamatan Bojong, Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah, dengan waktu Musim Tanam gadu 2025/2026.

Pendekatan studi kasus memungkinkan peneliti memperoleh gambaran kontekstual yang utuh mengenai praktik penggunaan teknologi IoT dalam kegiatan pertanian, termasuk dinamika sosial, budaya lokal, serta peran kebijakan dan pendampingan penyuluh dalam proses adopsi teknologi oleh para petani. Melalui pendekatan ini, penelitian diharapkan mampu menggunakan kondisi nyata di lapangan.

Sumber data yang digunakan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara mendalam dengan ketua kelompok tani, anggota petani pengguna IoT. Data sekunder meliputi data produktivitas panen dari dinas Pertanian Kabupaten Pekalongan, literatur mengenai Pranata Mangsa, serta spesifikasi teknis alat IoT yang digunakan. Analisis data digunakan menggunakan model interaktif miles dan hubungan yang mencakup reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan, dengan validitas data dijaga melalui teknik triangulasi sumber.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektivitas Sistem Integrasi

Penerapan sensor IoT dikombinasikan dengan Pranata Mangsa terbukti efektif mengatasi dua masalah utama petani di Pekalongan yaitu ketidakpastian cuaca dan efisiensi air. Pranata mangsa berasal dari bahasa Jawa, terdiri dari dua kata yaitu pranata dan mangsa. Pranata berarti ketentuan/aturan dan mangsa berarti musim. pranata mangsa atau aturan waktu musim digunakan oleh para petani Jawa yang didasarkan pada naluri yang diajarkan oleh leluhur dan digunakan sebagai patokan untuk mengolah pertanian. Pranata mangsa dalam padanan bahasa Indonesia, dibuat berdasarkan pergerakan matahari yang bergeser dari ekuator ke utara dan selatan dalam kurun waktu selama enam bulan (Harini *et al.*, 2019). Pranata Mangsa berhasil menjadi panduan makro yang akurat. Dengan menunggu tanda alam mangkara (hujan gerimis + angin kencang, sebelum tanam, kelompok tani terhindar dari resiko puso di awal musim karena salah prediksi hujan. Hal ini dapat menjadi filter alami yang gratis dan terbukti ampuh. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa Pranata Mangsa masih relevan sebagai kearifan lokal

dalam menentukan waktu tanam dan meningkatkan kemampuan adaptasi petani terhadap perubahan iklim. Integrasi Pranata Mangsa dengan teknologi modern juga dinilai mampu memperkuat ketepatan pengambilan keputusan budidaya serta mendukung pertanian yang lebih berkelanjutan.

Pranata mangsa juga memiliki peran penting dalam membangun kepercayaan kolektif antar petani karena berakar pada pengalaman lintas generasi yang telah teruji dalam banyak praktik nyata para petani terdahulu. Ketika tanda-tanda musim dikenali dan dipahami bersama, keputusan untuk memulai tanam tidak lagi diambil secara individual, melainkan secara komunal, sehingga pola tanam menjadi serempak dalam satu hamparan wilayah (Harini *et al.*, 2019). Kecerempakan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pengelolaan lahan, tetapi juga mampu menekan risiko serangan hama yang biasa muncul akibat perbedaan fase pertumbuhan tanaman. Pada akhirnya, praktik bersama ini menciptakan efek perlindungan alami bagi lahan sekaligus memperkuat solidaritas sosial, koordinasi, dan rasa saling percaya antar petani.

Selain mengandalkan pranata mangsa, sensor IoT memberikan peran penting dalam menjaga pengelolaan lahan pada skala harian. Teknologi IoT cocok sekali untuk digunakan di bidang pertanian karena fungsinya yang memungkinkan untuk mengatasi semua masalah yang dihadapi petani secara elektronik. Sensor IoT memiliki kemampuan untuk memantau penyakit pada tanaman dan aktivitas hama serta kesuburan tanah (Sandi & Fatma, 2023). Sensor yang dipasang di tanah mampu mengirimkan data kelembapan secara real-time sehingga petani tidak lagi mengandalkan perkiraan visual semata. Kondisi yang sering terjadi di lapangan adalah permukaan tanah tampak basah setelah hujan ringan ataupun embun, namun lapisan akar sebenarnya masih kering akibat paparan angin panas dan penguapan tinggi. Dalam situasi ini, sensor memberikan notifikasi dini sehingga petani dapat segera mengambil keputusan penyiraman yang tepat. Dengan pendekatan berbasis data tersebut, irigasi hanya dilakukan ketika benar-benar diperlukan, sehingga penggunaan air menjadi jauh lebih efisien dan dapat menghemat sekitar 30-40% dibandingkan metode konvensional yang cenderung menggenangi sawah secara rutin tanpa mempertimbangkan kebutuhan aktual tanaman.

Lebih jauh lagi, pemanfaatan data dari sensor IoT juga membuka peluang analisis jangka panjang yang sebelumnya sulit dilakukan oleh petani secara manual. Riwayat kelembapan tanah yang terekam dari hari ke hari dapat digunakan untuk mengenali pola kebutuhan air tanaman pada setiap fase pertumbuhan, mulai dari persemaian hingga

menjelang panen. Informasi ini memungkinkan petani menyusun jadwal irigasi yang lebih terencana, menekan risiko stres air pada tanaman, sekaligus mengurangi biaya energi untuk pemompaan. Dalam jangka panjang, keputusan berbasis data tersebut tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan sumber daya dan ketahanan produksi pertanian ditengah variabilitas iklim yang semakin tinggi.

Dampak terhadap Produktivitas dan Biaya

Berdasarkan pemantauan selama satu musim tanam, integrasi antara pranata mangsa dan sensor IoT memberikan dampak yang nyata terhadap peningkatan kinerja usaha tani secara menyeluruh. Pendekatan ini memungkinkan keputusan petani diambil secara lebih tepat waktu sekaligus berbasis data yang jelas, sehingga setiap tahap budidaya dapat berlangsung dalam kondisi lingkungan yang lebih terkendali. Sistem pengelolaan lahan juga menjadi lebih responsive terhadap perubahan cuaca dan kebutuhan tanaman. Pemanfaatan IoT dalam pertanian memungkinkan pengumpulan data secara kontinu dari berbagai parameter seperti kelembapan tanah, suhu udara, intensitas cahaya, dan nutrisi tanaman (Nauli, 2025).

Dari sisi produktivitas, rata-rata hasil panen tercatat meningkat dari awalnya 5,4 ton per hektar menjadi 6,2 ton per hektar atau sekitar 15%. Kenaikan ini tidak hanya dipengaruhi oleh waktu tanam yang lebih tepat, tetapi juga oleh meningkatnya efektivitas pemupukan organik. Kelembapan tanah yang stabil membuat unsur hara tidak mudah menguap atau tercuci, sehingga penyerapan oleh akar berlangsung lebih optimal sepanjang fase pertumbuhan tanaman. Suhu dan kelembapan mempunyai pengaruh pada pertumbuhan tanaman (Kamal & Soedradjad, 2018).

Efisiensi juga terlihat jelas pada penurunan biaya operasional, terutama yang berkaitan dengan pompa air. Dengan adanya pemantauan kelembapan tanah secara real-time, penyiraman tidak lagi dilakukan secara rutin tanpa pertimbangan, melainkan hanya saat benar-benar diperlukan. Dampaknya, konsumsi bahan bakar maupun Listrik untuk irigasi menurun secara signifikan, sehingga beban biaya produksi dapat ditekan tanpa mengorbankan kesehatan komoditas tanaman.

Selain itu, pengeluaran untuk pengendalian hama turut berkurang berkat pemanfaatan pranata mangsa, khususnya dalam mengatasi musim serangan wareng atau sering disebut musim wisa. Dengan memahami periode rawan tersebut, petani dapat melakukan langkah pencegahan lebih dini menggunakan pestisida nabati secara tepat

sasaran. Pendekatan ini membuat penggunaan pestisida menjadi lebih hemat sekaligus menjaga keseimbangan ekosistem sawah.

Tantangan dan Solusi Kebijakan

Di lapangan terdapat dua tantangan utama dalam penerapan sistem ini yang perlu mendapat perhatian yang cukup serius. Tantangan pertama adalah rendahnya literasi digital bagi sebagian petani senior yang masih ragu mempercayai data berbasis ponsel sebagai dasar pengambilan keputusan. Selain itu, biaya awal pengadaan sensor IoT masih relatif tinggi jika harus ditanggung secara individu, sehingga menjadi hambatan bagi petani kecil untuk mengadopsi secara mandiri. Kedua faktor ini menunjukkan bahwa keberhasilan teknologi tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan alat, tetapi juga kesiapan sumber daya manusia dan akses pembiayaan. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa rendahnya literasi digital petani, tingginya biaya investasi teknologi, serta keterbatasan infrastruktur menjadi faktor utama yang menghambat adopsi smart farming berbasis IoT di Indonesia, sehingga diperlukan pelatihan, pendampingan, dan dukungan pembiayaan agar teknologi dapat diimplementasikan secara lebih luas (Patria, 2025).

Solusi untuk mengatasi hambatan biaya, berbagai kebijakan pemerintah daerah yang bertujuan untuk meningkatkan sektor pertanian, seperti program bantuan pupuk, pelatihan teknik pertanian berkelanjutan, dan subsidi alat pertanian (Mayrowani, 2016 dalam Syaifudin *et al.*, 2025). Pemerintah Kabupaten Pekalongan dapat menyediakan skema pinjaman atau kepemilikan bersama perangkat melalui koperasi tani. Pendekatan kolektif ini memungkinkan biaya investasi awal dibagi secara gotong royong sehingga lebih terjangkau bagi anggota kelompok. Skema tersebut juga berpotensi mempercepat pemerataan akses teknologi di tingkat desa. Dengan dukungan kelembagaan koperasi, proses perawatan dan pengelolaan perangkat pun dapat dilakukan secara lebih teroganisir.

Untuk rendahnya literasi sebagian petani senior yang masih ragu mempercayai data berbasis ponsel sebagai dasar pengambilan keputusan. Keraguan ini muncul karena mereka telah lama mengandalkan pengalaman lapangan dan tanda alam, sehingga teknologi baru terasa asing dan dianggap rumit. Akibatnya, proses adopsi inovasi sering berjalan lambat meskipun manfaatnya cukup jelas. Untuk menjembatani kesenjangan ini, diperlukan pendampingan intensif oleh petani muda yang mampu menerjemahkan teknologi menjadi bahasi yang sederhana dan mudah dipahami para petani senior, serta memberikan contoh praktik langsung di sawah. Terutama di kalangan petani muda, perlu adanya upaya untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan digital dalam sektor

Pertanian (Setiawan, 2024). Melalui proses belajar bersama yang bertahap, kepercayaan terhadap teknologi dapat tumbuh sehingga penggunaan inovasi dapat diterima secara alami dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Integrasi antara pranata mangsa dan IoT terbukti menjadi pendekatan yang saling melengkapi dalam meningkatkan ketahanan dan efisiensi usaha tani di Pekalongan. Pranata mangsa berperan sebagai panduan makro yang membantu petani menentukan waktu tanam secara tepat, membangun keputusan kolektif, menekan risiko gagal panen, serta mengurangi serangan hama melalui pola tanam serempak. Sementara itu, sensor IoT berfungsi sebagai pendukung mikro yang menyediakan data kelembapan tanah secara real-time sehingga keputusan irigasi menjadi lebih akurat, hemat air (30-40%), dan dapat dianalisis untuk perencanaan jangka panjang.

Dampaknya, produktivitas meningkat sekitar 15%, biaya operasional terutama irigasi dan pestisida menurun, serta pengelolaan sumber daya menjadi lebih berkelanjutan. Namun, implementasi masih menghadapi tantangan berupa rendahnya literasi digital petani senior dan tingginya biaya awal perangkat IoT. Solusi yang disarankan adalah dukungan kebijakan melalui skema pembiayaan kolektif berbasis koperasi serta pendampingan intensif oleh petani muda untuk meningkatkan adopsi teknologi. Dengan dukungan kelembagaan dan kolaborasi antar generasi, integrasi teknologi dan kearifan lokal berpotensi menjadi model pertanian adaptif dan berkelanjutan di tengah perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Djemen, A. C., & Kamasi, V. V. (2025). Pengembangan Smart Farming Berbasis IOT untuk Meningkatkan Optimalisasi Irigasi Pertanian dalam Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 5(6), 2234–2249.
- Fadhilah, K. N., Fitriyah, F. N., & Purnama, C. (2025). Tata Kelola Sektor Pertanian Sebagai Penunjang Pertumbuhan Perekonomian Indonesia. *Jurnal Ilmiah Akuntansi Publik, Manajemen Dan Perbankan*, 1(2), 70–77.
- Harini, S., Sumarmi, & Wicaksono, A. G. (2019). Manfaat Penggunaan Pranata Mangsa Bagi Petani Desa Mojoreno Kabupaten Wonogiri. *Jurnal Inada*, 2(1), 82–97.
- Kamal, A. K., & Soedradjad, R. (2018). Studi Status Hara Nitrogen Dalam Tanah dan Tanaman Kapulaga (*Amomum compactum*) pada Tiga Tipe Agroforestri. *Berkala Ilmiah PERTANIAN*, 1(6), 1–7.
- Mendrofa, M. T., & Gulo, D. (2024). Pengaruh Pupuk Organik Terhadap Perbaikan Struktur dan Stabilitas Tanah. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, 1(1), 105–110.

- Nauli, D. (2025). Implementasi Smart Farming Berbasis IoT dalam Pengelolaan Lahan Pertanian. *Circle Archive*, 1(7), 1–10.
- Patria, I. (2025). Transformasi Pertanian Presisi Berbasis Digital di Indonesia : Tinjauan Sistematis Peluang dan Tantangan. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 4(6), 1462–1477. <https://doi.org/10.55123/insologi.v4i6.6319>
- Sandi, G. H., & Fatma, Y. (2023). PEMANFAATAN TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS (IOT) PADA BIDANG PERTANIAN. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 7(1), 1–5.
- Setiawan, H. A. (2024). Pengaruh Literasi Digital terhadap Pemanfaatan E-Commerce pada Hasil Pertanian Influence of Digital Literacy on the Utilization of E-Commerce in Agricultural Products. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 7(5), 1598–1607.
- Sobirin, S. (2018). Pranata Mangsa dan Budaya Kearifan Lingkungan. *Jurnal Budaya Nusantara*, 2(1), 250–264.
- Syaifudin, O., Kasim, S., Supiyah, R., Jabar, A. S., & Roslan, S. (2025). Respons Perempuan Tani Terhadap Kebijakan Pemerintah Daerah dalam Mendorong Keberlanjutan Sektor Pertanian Lokal di Kecamatan Konda Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Neo Societal*, 6(2), 45–63.