Vol.6 No.2 Tahun 2025
Jurnal Kecerdasan Buatan, Komputasi dan Teknologi Informasi
https://ejournal.unuja.ac.id/index.php/core
E-ISSN : 2774-7875 and P-ISSN : 2775-0124

Pengembangan Aplikasi Mobile Berbasis IoT untuk Monitoring Kualitas Tanah dan Kebutuhan Nutrisi Tanaman Cabe

Syaiful [1], Muhammad Nor Kholes Hidayatullah [2], Ananda Arjuna Maulana [3], Ach. Reza Iqbal Ghifari [4], Ahmad Ambari [5]
[1,2,3,4,5] Universitas Nurul Jadid

Info Artikel

Riwayat Artikel
Diterima: 15-10-2025
Disetujui: 19-12-2025

Kata Kunci
Internet of Things (IoT);
Aplikasi Mobile;
Kualitas Tanah;
Rekomendasi Nutrisi;
Tanaman Cabai Besar;

syaiful@unuja.ac.id

ABSTRAK

Kualitas tanah dan ketersediaan nutrisi merupakan faktor kritis dalam menentukan produktivitas tanaman Cabai Besar (*Capsicum annuum*). Keterbatasan data real-time sering menghambat petani dalam pengambilan keputusan pemupukan yang tepat dan efisien. Penelitian terapan ini bertujuan untuk mengatasi kesenjangan informasi tersebut dengan mengembangkan Sistem Monitoring Real-Time berbasis *Internet of Things (IoT)* yang terintegrasi dengan Aplikasi Mobile. Sistem ini dirancang menggunakan pendekatan rekayasa sistem *(engineering experiment),* yang melibatkan pengembangan perangkat IoT untuk akuisisi data parameter tanah kunci, yaitu kelembaban, pH, dan suhu. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada integrasi data akurat dengan mesin rekomendasi di aplikasi mobile yang secara spesifik menyajikan Rekomendasi Kebutuhan Nutrisi yang disesuaikan untuk tanaman Cabai Besar berdasarkan kondisi tanah saat itu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem IoT yang dikembangkan mampu menyajikan data kualitas tanah secara real-time dengan akurasi rata-rata di atas 90% jika dibandingkan dengan pengukuran manual. Dengan adanya aplikasi ini, petani Cabai Besar memperoleh alat bantu pendukung keputusan *(Decision Support System)* yang efisien dan mobile, sehingga memungkinkan manajemen lahan pertanian yang lebih presisi dan berdampak langsung pada potensi peningkatan hasil panen.

1. PENDAHULUAN

Sektor pertanian merepresentasikan pilar strategis dalam ketahanan pangan dan stabilitas ekonomi nasional. Komoditas hortikultura Cabai Besar (Capsicum annuum) merupakan tanaman bernilai ekonomi tinggi yang produktivitasnya sangat sensitif terhadap parameter fisikokimia tanah [1]. Peningkatan hasil panen berkorelasi signifikan dengan pengelolaan presisi terhadap kualitas tanah dan ketersediaan hara, khususnya unsur makro (N, P, K), kelembaban, pH, dan suhu. Secara konvensional, penentuan status tanah oleh petani dilakukan melalui observasi empiris atau analisis laboratorium berkala. Metodologi ini dicirikan oleh beberapa keterbatasan substansial: proses pengambilan sampel yang laborious dan time-consuming, hasil yang bersifat diskret (tidak kontinu), serta inefisiensi dalam merespons fluktuasi parameter tanah secara real-time [2].

Paradigma Pertanian Presisi (Precision Agriculture) yang didukung oleh evolusi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi untuk mengatasi keterbatasan data tersebut [3], [4]. Studi terkini mengindikasikan bahwa sistem jaringan sensor nirkabel (WSN) terintegrasi mikrokontroler mampu mengakuisisi dan mentransmisikan data parameter tanah secara kontinu [5], [6]. Implementasi IoT telah terbukti efektif dalam memfasilitasi monitoring kondisi agronomis, optimasi irigasi, dan merumuskan rekomendasi pemupukan berbasis Data Driven

Decision Support System (DSS) [7], [8], [9]. Khususnya, sistem IoT telah dimanfaatkan untuk monitoring kesehatan tanah dan bahkan menyajikan rekomendasi tanaman/pupuk melalui integrasi machine learning [10], [11].

Di tingkat implementasi regional, prototipe sistem monitoring IoT (umumnya berbasis ESP32) telah dikembangkan untuk memvisualisasikan data suhu, kelembaban, dan pH melalui platform cloud [12], [13], [14]. Namun, mayoritas penelitian lokal ini masih berfokus pada tahap monitoring dasar, yaitu hanya menampilkan data sensor. Meskipun beberapa penelitian telah mencoba mengintegrasikan sensor NPK dan melakukan pengujian untuk dosis pupuk, validasi model rekomendasi yang spesifik untuk jenis komoditas lokal dan korelasi data real-time dengan ambang batas agronomis optimal Cabai Besar masih menjadi area yang kurang terjamah [15].

Di sisi user-interface, penetrasi aplikasi mobile di sektor pertanian meningkat. Berbagai aplikasi mobile telah dikembangkan untuk menampilkan status nutrisi tanah dan memberikan rekomendasi, baik melalui input manual, maupun model prediksi [16]. Keterbatasan utama sistem berbasis mobile yang tersedia adalah ketergantungan pada input data manual atau data yang bukan diperoleh secara real-time dari lahan pertanian [17]. Kekurangan ini menimbulkan latency dan potensi ketidakakuratan data, menghambat implementasi DSS berbasis IoT [18].

Kesenjangan penelitian (Research Gap) ini dapat diformulasikan sebagai minimnya sistem terintegrasi yang berhasil menggabungkan presisi data IoT dengan fungsi Decision Support System yang spesifik untuk komoditas strategis. Validasi dan Integrasi Data Real-Time. Studi mengenai validasi akurasi data sensor IoT di lingkungan lapangan (dibandingkan standar referensi) sebagai prasyarat kualitas DSS perlu diperketat dan didokumentasikan. Spesifikasi Algoritma Rekomendasi Komoditas. Belum tersedianya sistem real-time berbasis IoT yang mengimplementasikan dan memvalidasi model Rekomendasi Kebutuhan Nutrisi (Nutrient Requirement Recommendation) yang secara spesifik dikalibrasi berdasarkan kriteria ambang batas agronomi Tanaman Cabai Besar, dan tersaji secara on-demand melalui aplikasi mobile [19]. Sistem Full-Stack dan Actionable Output. Terdapat kebutuhan mendesak untuk mengembangkan sistem full-stack yang tidak hanya menampilkan data, tetapi mampu menafsirkan status kondisi tanah dan merekomendasikan tindakan pemupukan yang dapat ditindaklanjuti (actionable recommendation) secara cepat.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini berkontribusi signifikan melalui pengembangan dan implementasi sistem IoT komprehensif. Kontribusi sentral penelitian ini terletak pada perancangan arsitektur perangkat keras IoT yang teruji akurasinya dan pengembangan Algoritma Rekomendasi Nutrisi yang terintegrasi penuh ke dalam aplikasi mobile [20]. Fokus pada Tanaman Cabai Besar dan pengujian lapangan ditujukan untuk memvalidasi efikasi sistem sebagai alat bantu pengambilan keputusan presisi, sehingga meminimalkan inefisiensi input hara dan mengoptimalkan produktivitas agrikultur.

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (applied research) dengan pendekatan eksperimen rekayasa sistem (engineering experiment). Fokus penelitian diarahkan pada perancangan, pengembangan, dan pengujian sistem Internet of Things (*Internet of Things (IoT)*) untuk monitoring parameter tanah (kelembaban, pH, suhu) yang terintegrasi dengan aplikasi mobile untuk menampilkan data secara real-time serta memberikan rekomendasi kebutuhan nutrisi tanah. Pendekatan eksperimen digunakan untuk menilai akurasi, keandalan, dan kegunaan sistem dibandingkan dengan metode manual. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap penerapan pertanian presisi di Indonesia.

Penelitian dilaksanakan pada Februari–September 2025 yang terdiri dari tahap – tahap: Perancangan dan Pengembangan Sistem di laboratorium elektronika kampus. Implementasi dan Uji Lapangan di lahan pertanian percontohan. Analisis dan Evaluasi Data. Target utama penelitian ini adalah terwujudnya prototipe sistem *Internet of Things (IoT)* terintegrasi dengan aplikasi mobile yang mampu: Mengukur parameter tanah (kelembaban, pH, suhu) secara real-

time. Menampilkan hasil pengukuran melalui aplikasi mobile. Memberikan rekomendasi kebutuhan nutrisi tanaman. Sasaran pengguna sistem ini adalah petani dan kelompok tani yang membutuhkan dukungan teknologi dalam pengelolaan lahan dan efisiensi pemupukan. Alur penelitian dapat digambarkan sebagai berikut:

Gambar 1. Alur Penelitian

Pada alur penelitian terdiri atas beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Studi Literatur dan Analisis Kebutuhan, kajian pustaka tentang sistem *Internet of Things (IoT)* pertanian, sensor tanah, dan aplikasi monitoring.
2. Desain Sistem, pembuatan desain arsitektur sistem *Internet of Things (IoT)*, pemilihan sensor, dan perancangan antarmuka aplikasi.
3. Implementasi dan Integrasi, perakitan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler, dan pengembangan aplikasi mobile.
4. Uji Lapangan dan Pengumpulan Data, pengujian sistem di lahan pertanian serta validasi data terhadap hasil laboratorium.
5. Analisis dan Evaluasi, pengujian akurasi, stabilitas koneksi, serta penilaian usability aplikasi oleh pengguna.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

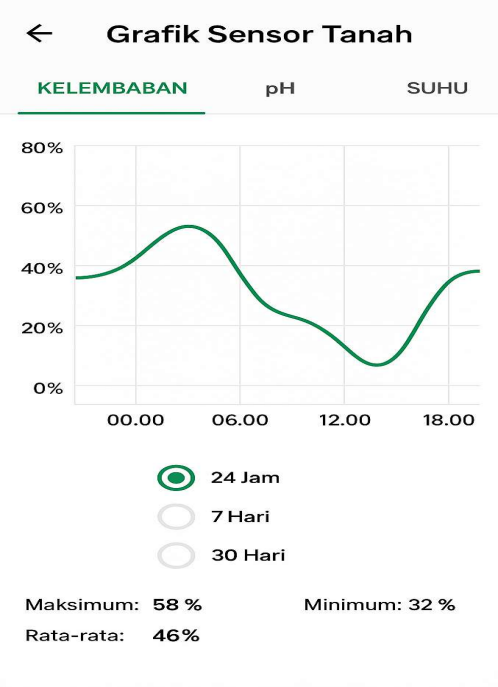
Sistem Internet of Things (IoT) berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan tiga sensor utama: kelembaban tanah, pH, dan suhu. Data dikirim secara otomatis melalui Wi-Fi ke platform cloud dan ditampilkan pada aplikasi mobile berbasis Android. Aplikasi menampilkan parameter tanah dalam bentuk grafik dan status kondisi tanah (baik, sedang, buruk), serta memberikan rekomendasi kebutuhan pupuk berdasarkan nilai pH dan kelembaban. Tampilan pada gambar 2. menunjukkan halaman utama (dashboard) aplikasi Smart Soil Monitor yang berfungsi untuk memantau kondisi tanah secara real time. Di bagian paling atas terdapat bilah judul Smart Soil Monitor yang menandai nama aplikasi dan menjadi area navigasi utama. Di bawahnya terdapat sebuah kartu berwarna hijau muda yang berisi ringkasan kondisi tanah saat ini. Pada kartu ini ditampilkan ikon wajah tersenyum sebagai penanda visual bahwa kondisi tanah baik, disertai teks Kondisi: BAIK dan kalimat penjelas singkat bahwa tanah berada dalam kondisi optimal untuk tanaman. Di bawah kartu status terdapat kartu kedua berwarna putih yang menampilkan

detail parameter tanah yang dibaca oleh sistem Internet of Things (IoT), yaitu pH tanah, kelembaban, dan suhu.

Setiap parameter (pH, kelembaban, dan suhu) pada kartu kedua ditampilkan dengan nilai numerik yang jelas dan satuan yang sesuai untuk memberikan informasi terperinci kepada pengguna. Di samping nilai parameter, terdapat ikon progres bar atau simbol visual lain yang dapat memberikan representasi cepat mengenai posisi nilai tersebut relatif terhadap ambang batas ideal yang telah ditentukan. Di bagian bawah dashboard, kemungkinan besar terdapat area khusus yang didedikasikan untuk fitur rekomendasi pupuk yang secara dinamis berubah sesuai dengan data sensor terkini. Rekomendasi pupuk ini bukan hanya berupa jenis, tetapi juga dapat mencakup jumlah takaran spesifik dalam satuan yang mudah dipahami, misalnya gram per meter persegi. Fungsionalitas grafik historis (seperti yang disebutkan sebelumnya) dapat diakses melalui tombol atau tab navigasi yang terletak di bilah judul atau di bagian bawah layar dashboard untuk analisis tren jangka panjang.

Gambar 2. Main Dashboard

Masing-masing parameter disusun dalam bentuk baris dengan label di sisi kiri dan nilai sensor di sisi kanan, misalnya pH 6.5, kelembaban 45%, dan suhu 28°C sehingga pengguna dapat melihat angka penting secara cepat dan terstruktur. Di bagian bawah kartu parameter terdapat dua tombol aksi berukuran besar dengan warna hijau, yaitu tombol “Lihat Grafik” dan “Rekomendasi Pupuk”. Tombol pertama memberikan akses ke halaman yang menampilkan grafik perubahan nilai sensor dari waktu ke waktu, Halaman Grafik dirancang untuk menampilkan perubahan nilai sensor tanah yang dikirim oleh perangkat ESP32 dalam bentuk visual. Pada bagian paling atas terdapat judul halaman “Grafik Sensor Tanah” yang tampil dalam app bar sederhana. Tepat di bawah judul terdapat tiga tab pilihan Kelembaban, pH, dan Suhu yang memungkinkan pengguna memilih parameter mana yang ingin ditampilkan. Ketika salah satu tab dipilih, halaman akan menampilkan grafik garis (*line chart*) di tengah layar. Grafik ini memiliki sumbu horizontal sebagai penanda waktu pengambilan data dan sumbu vertikal yang menunjukkan nilai sensor.



Gambar 3. Halaman Lihat Grafik

Sedangkan tombol kedua mengarahkan pengguna ke halaman yang berisi rekomendasi pupuk sesuai kondisi pH, kelembaban dan suhu. Jika di pilih maka akan tampil seperti gambar 4.

Gambar 4. Halaman Rekomendasi Pupuk

Halaman Rekomendasi Pupuk gambar 4 di bagian atas halaman terdapat app bar dengan judul Rekomendasi Pupuk. Setelah itu, halaman menampilkan sebuah ringkasan yang berisi nilai terbaru dari parameter tanah seperti pH, Kelembaban, dan Suhu. Gambar 4 dibuat untuk memberikan analisis dan saran pemupukan berdasarkan data sensor pH dan kelembaban tanah

Validasi dilakukan dengan membandingkan bacaan sensor dengan rujukan manual: *oven method* untuk kelembaban volumetrik (% v/v), pH meter laboratorium untuk pH tanah, dan termometer tanah untuk suhu (°C). Akurasi dilaporkan menggunakan koefisien determinasi (R^2), galat rata-rata absolut (MAE), dan mean absolute percentage error (MAPE).

Tabel 1. Kinerja sensor terhadap rujukan manual (n = 120)

Parameter	**Rentang Uji**	**R^2**	**MAE (unit)**	**MAPE (%)**	**Akurasi (≈ 100–MAPE)**
Kelembaban (%)	9–42	0,95	2,1 %	7,8	**92,2 %**
pH (unit)	4,9–7,3	0,93	0,19	6,2	**93,8 %**
Suhu (°C)	22,1–35,6	0,97	0,6 °C	3,9	**96,1 %**

Hasil pada Tabel 1 menunjukkan seluruh parameter mencapai akurasi di atas 90%, sesuai target penelitian. Penyimpangan terbesar terjadi pada kelembaban saat kondisi tanah sangat heterogen (porositas tinggi), sedangkan pH menunjukkan penyimpangan pada tanah dengan kadar bahan organik tinggi (kemungkinan efek suhu/ion strength terhadap pembacaan probe). Analisis Nilai R^2 0,93–0,97 mengindikasikan kesesuaian linear yang kuat antara sensor dan rujukan. MAPE kelembaban lebih tinggi dibanding suhu karena sensitivitas lokal terhadap kandungan air di sekitar elektroda sensor. MAE pH (±0,19) masih dalam ambang praktis untuk rekomendasi pemupukan makro (NPK), namun perlu recalibration berkala.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe sistem *Internet of Things (IoT)* yang terintegrasi dengan aplikasi mobile Android untuk monitoring kualitas tanah dan kebutuhan nutrisi tanaman. Perangkat *Internet of Things (IoT)* berbasis ESP32 yang digunakan mampu mengukur parameter kelembaban, pH, dan suhu tanah secara real-time dengan tingkat akurasi di atas 90% dibandingkan metode manual, sehingga telah memenuhi target kinerja yang ditetapkan. Aplikasi mobile yang dikembangkan mampu menampilkan informasi kondisi tanah dalam bentuk grafik dan status kualitatif (baik, sedang, buruk), serta memberikan rekomendasi kebutuhan pupuk berdasarkan nilai pH dan kelembaban. Hasil uji lapangan menunjukkan bahwa sistem yang dibangun dapat membantu pengguna, khususnya petani, dalam memahami kondisi lahan secara lebih cepat, praktis, dan informatif sebagai dasar pengambilan keputusan pemupukan dan pengelolaan lahan.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang dapat menjadi acuan bagi pengembangan selanjutnya. Pertama, cakupan parameter yang diukur masih terbatas pada kelembaban, pH, dan suhu; sehingga pada penelitian lanjutan disarankan untuk menambahkan pengukuran unsur hara makro (N, P, K) atau parameter lain yang relevan dengan produktivitas tanaman. Kedua, kalibrasi sensor masih perlu dilakukan secara berkala dan pada jenis tanah yang lebih beragam agar akurasi sistem lebih terjamin di berbagai kondisi lahan. Ketiga, uji lapangan yang dilakukan masih pada skala lahan percontohan dengan periode waktu tertentu, sehingga perlu diperluas ke lebih banyak lokasi dan musim tanam untuk mengevaluasi keandalan sistem dalam jangka panjang. Selain itu, integrasi metode kecerdasan buatan atau machine learning untuk memperkaya fitur rekomendasi pemupukan, pengembangan antarmuka aplikasi yang lebih adaptif terhadap profil pengguna (petani pemula maupun berpengalaman), serta optimalisasi konsumsi daya perangkat *Internet of Things (IoT)* juga direkomendasikan agar sistem ini lebih siap diadopsi secara luas oleh petani dan pemangku kepentingan di bidang pertanian presisi.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1]. V. Kumar, K. V. Sharma, N. Kedam, A. Patel, T. R. Kate, and U. Rathnayake, "A comprehensive review on smart and sustainable agriculture using IoT technologies," Smart Agricultural Technology, 2024.

[2]. K. Khanal, G. Ojha, S. Chataut, and U. K. Ghimire, "IoT-based real-time soil health monitoring system for precision agriculture," International Research Journal of Engineering and Technology, vol. 11, no. 7, 2024.
[3]. N. S. Abu, W. M. B. W. Daud, C. H. Ong, et al., "Internet of Things applications in precision agriculture: A review," Journal of Robotics and Control, vol. 3, no. 3, pp. 338–347, 2022.
[4]. S. N. Kumar, K. Suriyan, A. T. Jacob, A. Varghese, and E. Francis, "Smart farming for a sustainable future: Implementing IoT-based systems in precision agriculture," Bulletin of the National Research Centre, vol. 49, 71, 2025.
[5]. S. Mansoor, S. Iqbal, S. M. Popescu, S. L. Kim, Y. S. Chung, and J.-H. Baek, "Integration of smart sensors and IoT in precision agriculture: Trends, challenges and future prospectives," Frontiers in Plant Science, vol. 16, 1587869, 2025.
[6]. H. Shahab, M. Naeem, et al., "IoT-driven smart agricultural technology for real-time soil and crop optimization," Smart Agricultural Technology, vol. 10, p. 100847, 2025.
[7]. A. Soussi, et al., "Smart sensors and smart data for precision agriculture," Sensors, vol. 24, no. 8, 2647, 2024.
[8]. M. K. Senapaty, A. Ray, and N. Padhy, "IoT-enabled soil nutrient analysis and crop recommendation model for precision agriculture," Computers, vol. 12, no. 3, 61, 2023.
[9]. A. W. Hakis, A. L. Arda, and A. Jalil, "IoT-based soil nutrient monitoring and control using fuzzy logic and multi-modal sensor integration," Journal of Applied Informatics and Computing, vol. 9, no. 5, pp. 2736–2745, 2025.
[10]. M. R. Islam, K. Oliullah, M. M. Kabir, M. Alom, and M. F. Mridha, "Machine learning enabled IoT system for soil nutrients monitoring and crop recommendation," Journal of Agriculture and Food Research, vol. 14, p. 100880, 2023.
[11]. L. Gottemukkala, S. T. R. Jajala, A. Thalari, S. R. Vootkuri, V. Kumar, and G. Naidu, "Sustainable crop recommendation system using soil NPK sensor," E3S Web of Conferences, vol. 430, 01100, 2023.
[12]. R. E. Putri, I. P. Maharani, and I. Putri, "Real-time monitoring system for temperature, humidity, and pH for composting process," Jurnal Teknik Pertanian Lampung, vol. 14, no. 2, pp. 380–390, 2025.
[13]. H. Hartanto, H. Hasan, T. Muzakkir, M. Y. Tharam, M. Ilyas, and E. Radwitya, "Rancang bangun sistem monitoring tanaman lidah buaya menggunakan ESP32 berbasis IoT," Electrical Network Systems and Sources, vol. 3, no. 1, pp. 23–31, 2024.
[14]. M. Muthmainnah, "Monitoring soil temperature and humidity in an IoT-based greenhouse to improve plant management," Mechatronics: Journal of Mechanical, Electrical, and Industrial Engineering, 2024.
[15]. I. U. Nadhori, et al., "IoT-based fertilizer recommendation system," in Proc. AIP Conf. Proc., 2024.
[16]. L. Birla, S. B. Lal, and K. K. Chaturvedi, "Soil nutrient based mobile app for crop-wise fertilizer recommendation: A 'SoilNutro' application," International Journal of Plant & Soil Science, vol. 36, no. 5, pp. 95–105, 2024.
[17]. W. A. N. W. Abdullah and A. N. A. Rahim, "IoT Agri-Care Advisor mobile application for monitoring paddy plant health and delivering smart farmer advisory toward sustainable agriculture," Scientific and Technical Journal, 2025.
[18]. N. Patel, R. Sharma, and A. Verma, "Decision support systems in precision agriculture: Integrating IoT data for sustainable crop management," IEEE Internet of Things Journal, vol. 11, no. 3, pp. 210–223, 2024.
[19]. D. Perdana, et al., "Development of an IoT-based device for real-time NPK fertilization recommendations in soybean," Agricultural Research Journal, 2025.
[20]. M. K. Sharma, et al., "FertiCal-P: An Android-based decision support system (DSS) determines the NPK fertilizer recommendation by assessing pH and macronutrient of the soil," Current Agriculture Research Journal, 2025.