

Pengembangan Web Dashboard Monitoring Kadar Nitrogen, Fosfat, Kalium (NPK), PH Tanah Berbasis Artificial Intelligence (AI) dan Internet Of Things (IoT)

Indra Gunawan^{1*}, M. Nurul Wathani², Zulkipli³, Sappatin⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Informatika, Universitas Hamzanwadi

*i.gunawan@hamzanwadi.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara agraris dengan sektor pertanian sebagai salah satu penopang utama perekonomian. Namun, proses pengelolaan lahan pertanian masih banyak dilakukan secara konvensional sehingga pemantauan kondisi unsur hara tanah belum optimal. Kandungan Nitrogen (N), Fosfat (P), Kalium (K), dan tingkat keasaman tanah (pH) merupakan parameter kritis yang memengaruhi kesuburan tanah dan produktivitas tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring kadar NPK dan pH tanah berbasis Artificial Intelligence (AI) dan Internet of Things (IoT) menggunakan sensor NPK Modbus, sensor pH tanah, dan mikrokontroler ESP32. Data hasil pembacaan sensor ditransmisikan secara real-time ke database Firebase melalui jaringan Wi-Fi, untuk kemudian ditampilkan pada web dashboard dalam bentuk visualisasi numerik, grafik, dan interpretasi analisis AI berbasis ChatGPT. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengakuisisi dan mengirim data kondisi tanah secara konsisten. Pengujian akurasi membuktikan bahwa sistem ini memiliki tingkat presisi yang sangat baik, di mana pembacaan sensor pH hanya memiliki rata-rata selisih (error) sebesar 0,2% jika dibandingkan dengan alat ukur (pH tester) standar. Pengujian pada sensor NPK juga menunjukkan tingkat reaktivitas yang baik terhadap perubahan unsur hara. Selain itu, integrasi sistem AI terbukti mampu memberikan analisis evaluasi kesuburan dan rekomendasi pemupukan secara stabil pada pengujian berulang. Sistem ini diharapkan dapat memfasilitasi petani dalam memantau lahan jarak jauh dan mendukung pengambilan keputusan pemupukan yang presisi dan efisien.

Kata kunci: Artificial Intelligence, Internet of Things, Monitoring Tanah, NPK, pH Tanah, Pertanian Cerdas.

Abstract

Indonesia is an agrarian country where the agricultural sector plays an important role in supporting the national economy. However, agricultural land management is still largely carried out using conventional methods, resulting in suboptimal monitoring of soil nutrient conditions. Nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K), and soil acidity (pH) are critical parameters influencing soil fertility and crop productivity. This study aims to develop a soil monitoring system for NPK and pH levels based on Artificial Intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT) using an NPK Modbus sensor, an analog soil pH sensor, and an ESP32 microcontroller. Sensor data are transmitted in real-time to a Firebase database via a Wi-Fi network and displayed on a web dashboard through numerical visualizations, graphs, and ChatGPT-based AI analytic interpretations. The experimental results show that the system successfully acquires and transmits soil condition data consistently. Accuracy testing demonstrated that the system is highly precise, with the pH sensor readings showing an average difference (error rate) of only 0.2% when compared to a standard pH tester. The NPK sensor also exhibited excellent reactivity to changes in soil macronutrients. Furthermore, the integrated AI system successfully provided stable fertility evaluations and fertilization recommendations across multiple repeated tests. This system is expected to facilitate remote field monitoring for farmers and support precise, efficient fertilization decision-making.

Keywords: Artificial Intelligence, Internet of Things, Soil Monitoring, NPK, Soil pH, Smart Agriculture.

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang terkenal dengan sebutan negara agraris, yaitu negara yang kaya

dengan hasil alam. Diantaranya dalam sektor pertanian yang menjadi salah satu pilar penting untuk mendukung dan menunjang perekonomian

negara. Pada bulan Februari 2023 profesi petani tercatat sebagai profesi tenaga kerja terbanyak yaitu sekitar 27,52% atau sekitar 38,14 juta orang dari jumlah seluruh tenaga kerja Indonesia^[1].

Meskipun bertani sudah menjadi bagian dalam diri masyarakat, tantangan untuk menghasilkan panen yang baik selalu menjadi persoalan. Minimnya pengetahuan petani terkait unsur-unsur yang terkandung dalam tanah seperti Nitrogen, yang merupakan komponen utama dari klorofil dan asam amino dan merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tanaman. Fosfat merupakan unsur utama dalam DNA dan RNA tanaman, serta memiliki peran penting dalam perkembangan akar dan produksi biji. Sedangkan, kalium berperan penting secara tidak langsung dalam perkembangan tumbuhan seperti untuk mengaktifkan lebih dari 80 enzim di keseluruhan tanaman tersebut^[2]. Serta pH yang merupakan suatu respon tanah yang menyatakan kemasaman pada suatu tanah. pH tanah mempunyai peran penting mengenai penentuan cepat atau lambatnya unsur-unsur hara ternutrisi dengan baik bagi tanaman^[3]. Berdasarkan temuan di lapangan, salah satu petani mengatakan, setelah pemberian pupuk Urea dan ZA, tanaman yang awalnya hijau menjadi layu. Dugaan awal menunjukkan bahwa kondisi tersebut disebabkan oleh kelebihan unsur hara khususnya unsur Nitrogen (N) yang terkandung

dalam pupuk. Hal ini perlu diperhatikan untuk mendukung petani dalam memperoleh hasil panen yang lebih baik lagi, mengingat cara bertani masyarakat masih tergolong konvensional baik dari pemupukan dan sebagainya.

Seiring dengan perkembangan teknologi, metode pertanian tradisional dapat digantikan oleh peralatan yang canggih, salah satunya yaitu penerapan IoT. Teknologi ini memungkinkan penggunaan perangkat dan sensor untuk memantau berbagai parameter, seperti kelembaban tanah, saluran irigasi, dan pemantauan hama. Dengan kemampuan menyediakan data secara *real-time*, IoT membantu petani mengelola lahan dengan lebih efisien. Di sisi lain, perkembangan pesat teknologi AI telah memperluas cakupan pengolahan data. AI tidak hanya mampu mengelola data dalam jumlah besar, tetapi juga mengolahnya menjadi sistem prediksi dan rekomendasi yang mendukung pengambilan keputusan secara optimal^[4].

Meskipun beberapa penelitian sebelumnya telah berhasil mengembangkan sistem monitoring unsur hara tanah berbasis sensor, masih terdapat gap penelitian yang menjadi rumusan masalah utama: sebagian besar sistem yang ada hanya menyajikan antarmuka visual berupa data numerik mentah (seperti kadar NPK dan pH) tanpa menyediakan interpretasi agronomis

otomatis. Kelemahan penelitian terdahulu adalah ketiadaan panduan langsung yang dapat menerjemahkan data sensor tersebut menjadi langkah praktis pemupukan bagi petani awam. Oleh karena itu, *novelty* (kebaruan) dari penelitian ini terletak pada integrasi langsung antara pembacaan sensor presisi (NPK Modbus dan pH tanah) dengan sistem *Artificial Intelligence* (API ChatGPT) melalui platform IoT secara instan. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah menghasilkan *web dashboard* interaktif yang tidak sekadar menampilkan visualisasi data *real-time*, melainkan memproses data tersebut menjadi analisis cerdas dan rekomendasi keputusan pemupukan secara instan, guna membantu petani mencapai efisiensi dan efektivitas pertanian cerdas.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian Terkait

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa acuan pada penelitian sebelumnya:

1. Penelitian tahun 2023 oleh Fauzan Muhammad Iqbal, Missi Hikmatsyar, dan Nasrudin dalam jurnal Agro Wiralodra yang berjudul "Penerapan Internet of Things pada Sistem Deteksi Kesuburan Tanah". Sistem ini menggunakan sensor TCS3200 sebagai pendeteksi warna; semakin gelap warna yang terdeteksi maka tanah dikategorikan sebagai tanah yang subur^[5].

2. Penelitian tahun 2023 oleh Desi Mualfah, Ganesa Heru Sandi, dan Evans Faud dalam jurnal Aplikasi Teknologi Informasi dan Manajemen (JATIM) yang berjudul "Sistem Monitoring pH dan Kelembaban Tanah pada Tanaman Kacang Tanah Berbasis IoT (Internet of Things)". Penelitian ini membahas sistem monitoring pH dan kelembapan tanah menggunakan sensor YL-69 dan NodeMCU ESP8266, dengan penerapan *fuzzy logic* untuk memberikan rekomendasi pupuk dan penyiraman. Hasil pengukuran serta rekomendasi ditampilkan melalui bot Telegram, sedangkan akurasi sistem diuji menggunakan metode Mean Absolute Error (MAE)^[6].

3. Penelitian tahun 2025 oleh Wildanul Munfarid, dkk., dalam jurnal Sainteks yang berjudul "Sistem Deteksi NPK Tanah Portabel Berbasis Sensor Warna TCS3200 untuk Optimasi Lahan Perkotaan". Penelitian ini membahas sistem deteksi kadar NPK tanah menggunakan sensor TCS3200 yang mendeteksi perubahan warna pada larutan ekstraksi tanah dengan berbagai kadar unsur NPK. Hasil pembacaan dikonversi menjadi nilai RGB dengan tiga *set-point* (rendah, sedang, tinggi) yang digunakan sebagai acuan dalam analisis kandungan unsur NPK pada tanah^[7].

4. Penelitian tahun 2024 oleh Fatah Ridho Perdana dan Niki Ratama dalam jurnal JORAPI berjudul "Monitoring pH Tanah, Kelembaban Tanah, dan Penyiraman Otomatis Menggunakan

IoT dengan Metode Time Series". Sistem ini memantau pH dan kelembapan tanah serta melakukan penyiraman otomatis berbasis IoT, dilengkapi metode Time Series untuk menganalisis data historis dan memprediksi kondisi tanah selanjutnya^[8]

2.2. Landasan Teori

1. Pengembangan

Pengembangan adalah sebuah penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut^[9]. Metode ini dilakukan melalui tahapan yang sistematis, dari tahapan analisis kebutuhan, perancangan alat, pengembangan sampai dengan evaluasi.

2. Sistem

Sistem dapat diartikan sebagai kumpulan dari elemen-elemen yang berinteraksi untuk mencapai suatu tujuan tertentu sebagai kesatuan^[10].

3. Internet Of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang memungkinkan kita untuk menghubungkan benda fisik dengan sensor dan aktuator ke jaringan untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri^[11].

4. Artificial Intelligence (AI)

Artificial Intelligence (AI) adalah kecerdasan sistem untuk menginterpretasikan data dengan tepat dan digunakan untuk memberikan rekomendasi pengambilan keputusan^[12].

5. Monitoring

Monitoring merupakan tindakan yang dilakukan untuk mengetahui informasi lingkungan secara berkala^[13].

6. Sensor pH Tanah



Gambar 1. Sensor pH Tanah

Sensor pH mendeteksi tingkat keasaman atau kebasaan tanah^[11].

7. Sensor NPK



Gambar 2. Sensor NPK

sensor NPK mengukur makronutrien utama (Nitrogen, Fosfat, Kalium) yang memiliki peran signifikan dalam pertumbuhan dan pengaktifan enzim tanaman^[2].

8. Arduino IDE

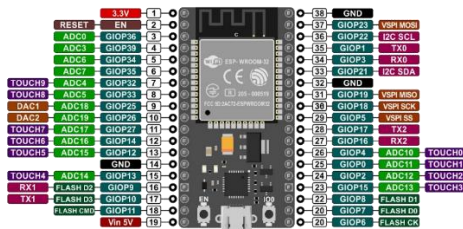


Gambar 3. Platform Arduino IDE

IDE (Integrated Development Environment), atau secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan

karena melalui software inilah dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dinamakan melalui sintaks pemrograman^[14] ^[15].

9. Mikrokontroler ESP32



Gambar 4. ESP32

Sistem diintegrasikan menggunakan Mikrokontroler ESP32, yang merupakan SoC dengan dukungan Wi-Fi dan Bluetooth *built-in*, cocok untuk komunikasi data langsung ke platform IoT^[16].

3. Metode Penelitian

3.1. Metode Pengumpulan Data

1. Observasi

Mengamati langsung lokasi penelitian di lahan sawah Dusun Gunung Ampen, Lombok Timur.

2. Wawancara

Wawancara dengan petani terkait metode konvensional dalam mendeteksi kesuburan lahan.

3. Studi Pustaka

Pencarian referensi dari jurnal ilmiah dan literatur terkait AI, IoT, dan agrikultur.

3.2. Tahapan Penelitian



Gambar 5. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang saling berkaitan untuk menghasilkan sistem monitoring kualitas tanah berbasis AI dan IoT yang mampu menampilkan data secara real-time melalui web dashboard.

1. Analisis

Tahap analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem dan permasalahan yang dihadapi dalam monitoring kondisi tanah. Kegiatan yang dilakukan meliputi Studi literatur mengenai sensor NPK, sensor pH tanah, IoT, Artificial Intelligence, dan web dashboard, Analisis kebutuhan perangkat keras seperti mikrokontroler (ESP32/NodeMCU), sensor NPK, sensor pH tanah, dan jaringan internet, Analisis kebutuhan perangkat lunak seperti database, web server, framework dashboard,

dan algoritma AI. Serta Analisis kebutuhan pengguna, baik petani maupun pengelola lahan, terkait informasi yang dibutuhkan dalam pengambilan keputusan pemupukan.

Output tahap ini adalah spesifikasi kebutuhan sistem yang akan dikembangkan.

2. Perancangan

Tahap perancangan bertujuan untuk menyusun desain sistem yang akan dibangun. Aktivitas yang dilakukan meliputi Perancangan arsitektur sistem IoT mulai dari sensor hingga web dashboard, Perancangan alur pengiriman data sensor ke server menggunakan protokol komunikasi IoT, Perancangan basis data untuk menyimpan data NPK dan pH tanah, Perancangan antarmuka (UI/UX) web dashboard.

Output tahap ini berupa desain sistem, diagram arsitektur, flowchart, use case diagram, dan rancangan database.

3. Pengembangan

Tahap pengembangan merupakan proses implementasi desain menjadi sistem yang dapat digunakan. Kegiatan yang dilakukan meliputi Pembuatan perangkat IoT menggunakan sensor NPK dan pH tanah yang terhubung dengan mikrokontroler, Pengembangan sistem komunikasi data dari perangkat IoT ke server, Pembuatan database dan API untuk pengelolaan data sensor, Pengembangan web dashboard untuk

menampilkan data monitoring secara real-time.

Output tahap ini adalah prototipe sistem monitoring berbasis AI dan IoT yang telah terintegrasi.

4. Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan dilakukan untuk mengoperasikan sistem pada lingkungan pengujian atau lahan pertanian yang menjadi objek penelitian. Kegiatan yang dilakukan meliputi Instalasi sensor pada lokasi pengujian, Pengambilan data kadar Nitrogen (N), Fosfat (P), Kalium (K), dan pH tanah secara berkala.

Output tahap ini berupa dataset hasil pengukuran dan hasil analisis yang ditampilkan pada dashboard.

5. Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan untuk mengukur kinerja sistem yang telah dikembangkan. Evaluasi meliputi Pengujian akurasi pembacaan sensor NPK dan pH tanah, Pengujian keandalan pengiriman data dari perangkat IoT ke server.

Output tahap ini adalah hasil pengujian dan rekomendasi perbaikan sistem untuk pengembangan lebih lanjut.

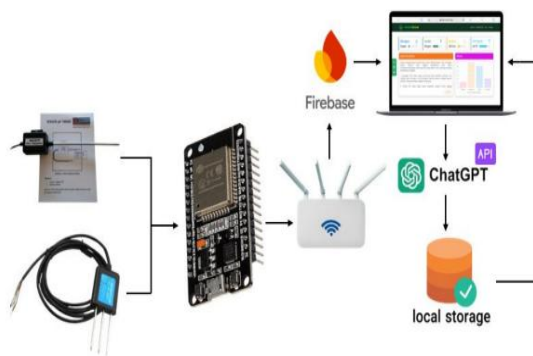
3.3. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian di Desa Santong Kecamatan Terara, Kabupaten Lombok Timur. Waktu penelitian dimulai sejak bulan April – Juli 2025.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Penelitian

1. Diagram Blok Rancangan



Gambar 6. Diagram Blok

2. Perancangan Sensor NPK dan ESP32

Sensor NPK adalah sensor digital untuk mengukur kadar Nitrogen, Fosfat, dan Kalium dalam tanah. Sensor ini terhubung ke Modbus MAX13485 sebagai penghubung komunikasi serial dengan ESP32.



Gambar 7. Sensor NPK

3. Perancangan Sensor pH dan ESP32

Sensor pH tanah merupakan sensor analog yang menghasilkan tegangan DC sebagai output dan

memerlukan kalibrasi agar nilai ADC sesuai dengan pH tanah sebenarnya.



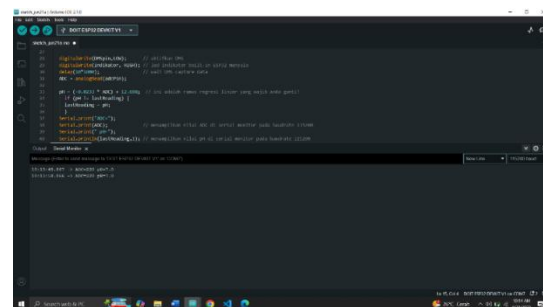
Gambar 8. Sensor pH

4.2. Pembahasan

Pengambilan data dilakukan dengan mengambil sampel dari beberapa titik pada salah satu lahan persawahan untuk dilakukan pengujian.

1. Pengujian ESP32 dan Sensor pH

Pengujian sensor pH dan ESP32 dilakukan secara bersamaan dan berhasil terhubung serta menampilkan data pH pada serial monitor. Data menunjukkan hasil pembacaan kondisi pH tanah yang stabil.



Gambar 9. ESP32 dan Sensor pH

2. Pengujian Kedua Sensor

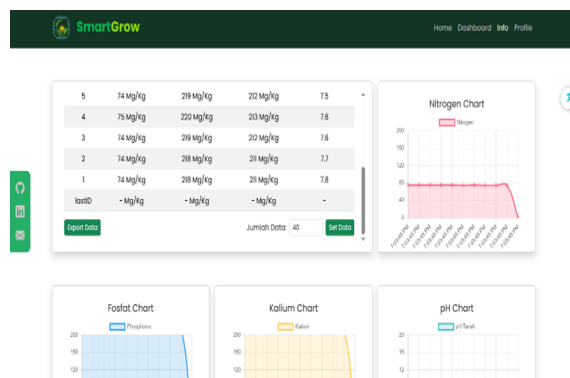
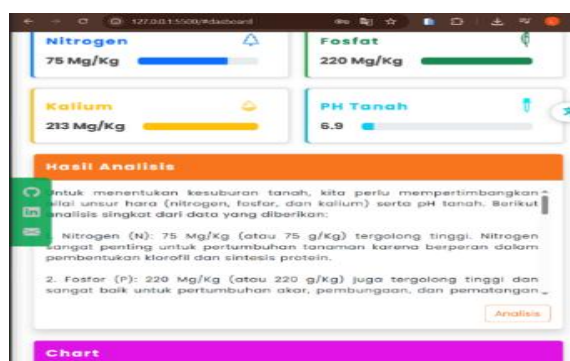
Pengujian sensor pH dan NPK dalam satu wadah menunjukkan hasil kurang optimal karena adanya interferensi medan listrik antar sensor. Kondisi ini menyebabkan pembacaan sensor NPK menurun,

misalnya dari 50 menjadi 40, sedangkan sensor pH relatif stabil meskipun sesekali fluktuatif. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, pengujian kemudian dilakukan pada wadah terpisah dengan sampel tanah yang sama.

Tabel 1. Pengujian Performa Pembacaan Sensor NPK dan pH

Tipe Wadah	pH Tanah	Nitrogen (Mg/Kg)	Fosfat (Mg/Kg)	Kalium (Mg/Kg)
Wadah Sama (Interferensi)	7.11-8.34	33 - 34	124-125	117
Wadah Berbeda (Stabil)	7.11-7.15	58 - 59	181-182	175-176

3. Menampilkan Data pada Laman Dashboard Data dari Firebase ditampilkan pada *Dashboard* setelah dilakukan konfigurasi seperti API key dan URL database.



Gambar 10a dan 14b. Visualisasi Data dan Analisis AI

4. Konsistensi Analisis AI

Dashboard mengintegrasikan nilai pembacaan dari database langsung dengan prompt API ChatGPT. Pengujian integritas teks AI dilakukan dengan mengevaluasi *input* statis (N: 75, P: 220, K: 213, pH: 6.9) sebanyak tiga kali. ChatGPT secara konsisten menyimpulkan bahwa *"Tanah tergolong subur dan sesuai untuk pertumbuhan, kaya akan Fosfat dan Kalium, namun membutuhkan sedikit atensi pada unsur Nitrogen dan peninjauan agar Fosfat yang teramat tinggi tidak memicu toksisitas."* Hasil ini membuktikan sistem aman digunakan oleh petani konvensional sebagai rujukan instan yang kredibel.

5. Perubahan Nilai Sensor Seiring Waktu (Natural)

Data sampel harian yang sebelumnya identik dan berjumlah besar, hasil *monitoring* tanah yang didiamkan secara alami selama 4 hari beruntun telah dirangkum ke dalam satu tabel representatif. Perbedaan natural ini diakibatkan oleh proses penguapan air dan aktivitas mikroba lingkungan.

Tabel 2. Rangkuman Rata-rata Perubahan Nilai Sensor Selama 4 Hari

Waktu Pengujian	Nitrogen (Mg/Kg)	Fosfat (Mg/Kg)	Kalium (Mg/Kg)	pH Tanah
Hari 1	52.5	167.5	161.0	6.9
Hari 2	37.0	132.0	125.0	6.9
Hari 3	33.5	125.0	117.5	7.0
Hari 4	96.5	270.5	264.5	6.8

6. Pengujian Perlakuan Pupuk dan Cairan Asam.

Untuk memvalidasi tingkat sensitivitas respon sistem, dilakukan uji coba dengan mencampurkan 10 gram pupuk dan cairan asam ke dalam tanah. Sensor terbukti sangat reaktif merespon lonjakan makronutrien dan fluktuasi penurunan derajat keasaman (Tabel 3).

Tabel 3. Validasi Sensitivitas Sebelum dan Sesudah Perlakuan Ekstrem

Kondisi Uji Sampel	Nitrogen (Mg)	Fosfat (Mg)	Kalium (Mg)	pH Tanah
Kondisi Awal (Normal)	41	142	135	6.2
Setelah 10g Pupuk + Asam (30 Menit)	354	865	864	3.7

Perubahan ini menunjukkan bahwa waktu jeda yang lebih lama memberikan kesempatan bagi pupuk dan cairan asam untuk benar-benar terserap dan bereaksi dengan tanah. Dengan demikian, hasil pengujian memperlihatkan bahwa dosis 10 gram pupuk dan cairan asam memberikan dampak nyata terhadap peningkatan

unsur hara tanah sekaligus memengaruhi tingkat keasaman tanah.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut Sistem IoT terintegrasi menggunakan sensor Modbus NPK, sensor pH analog, dan ESP32 sukses dibangun dan mampu membaca fluktuasi tingkat nutrisi secara presisi dan mengirimkannya ke Firebase Realtime Database. Novelty sistem berupa kemampuan menerjemahkan angka analitik mentah menjadi bahasa agronomis dapat dijalankan dengan lancar. Analisis API ChatGPT memberikan output yang sangat stabil dan konsisten pada pengujian berulang. Pemadatan visualisasi pada Web Dashboard yang dihasilkan mempermudah pemantauan jarak jauh serta menghapus hambatan kurangnya pengetahuan komposisi hara di kalangan petani.

Akurasi pembacaan sensor pH dengan pH tester rata-rata 0.2% sehingga dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor pH cukup akurat Rekomendasi pengembangan selanjutnya adalah meningkatkan kalibrasi jarak antar-sensor fisik untuk mencegah interferensi medan listrik ringan, serta pengembangan struktur data historis (time-series log) berbasis AI yang lebih masif.

6. Daftar Pustaka

- [1] S. Iqbal, "Bale Lumbung Padi sebagai Role Model Ketahanan Pangan Masyarakat Nusa Tenggara Barat," *Eastasouth J. Impactive Community Serv.*, vol. 2, no. 01, pp. 1–12, 2023, doi: 10.58812/ejmcsv.2i01.
- [2] I. Lionel, A. Ro'uf, and B. Alldino, "Analisis Spesifisitas terhadap Sensor NPK," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.)*, vol. 13, no. 1, 2023, doi: 10.22146/ijeis.79672.
- [3] A. Sholihat, N. Hermita, J. E. R. Rumbiak, and D. Firnia, "Sifat Kimia Tanah pada Budidaya Talas Beneng," *J. Ilm. Membangun Desa dan Pertan.*, vol. 9, no. 5, pp. 432–443, 2024, doi: 10.36040/jati.v9i1.12705.
- [4] A. Nurani, H. Taqiya, A. Nabila, and I. B. Herlambang, "Peran Artificial Intelligence dalam Sistem IoT untuk Pertanian Cerdas : Systematic Literature Review," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 9, no. 1, pp. 1446–1455, 2025, doi: 10.36040/jati.v9i1.12705.
- [5] F. M. Iqbal, M. Hikmatyar, and Nasrudin, "Penerapan Internet of Things pada Sistem Deteksi Kesuburan Tanah," *Agro Wiralodra*, vol. 6, no. 1, pp. 14–20, 2023, doi: 10.31943/agrowiralodra.v6i1.79.
- [6] D. Muallafah, G. H. Sandi, and E. Fuad, "Sistem Monitoring pH dan Kelembaban Tanah pada Tanaman Kacang Tanah Berbasis IoT," *J. Apl. Teknol. Inf. dan Manaj.*, vol. 4, no. 2, pp. 138–147, 2023, doi: 10.31102/jatim.v4i2.2289.
- [7] W. Munfarid, K. Nabilah, A. Azkiyah, H. Hanifa, S. R. Indahsari, and A. A. Suhendra, "Sistem Deteksi NPK Tanah Portabel berbasis Sensor Warna TCS3200 untuk Optimasi Lahan Perkotaan," *Sainteks*, vol. 22, no. 1, pp. 39–52, 2025, doi: 10.30595/sainteks.v22i1.25372.
- [8] F. R. Perdana and N. Pratama, "Monitoring pH tanah Kelembaban Tanah dan Penyiraman Otomatis Pada Toko Citra Taman Landscape menggunakan Internet Of Things dengan Metode Series," *J. Res. Publ. Innov.*, vol. 2, no. 3, pp. 2403–2408, 2024.
- [9] Sugiyono, *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta, 2020.
- [10] R. W. Saputra, N. Rahmina, and R. Gadi, "Sistem Kompensasi pada PT. Berkah Banua Kita (Kebijakan Kompensasi Finansial Langsung sesuai Upah Minimum Kota)," *Adm. - J. ILMU Adm. DAN Manaj.*, vol. 6, no. 2, pp. 20–32, 2022, doi: 10.56662/administraus.v6i2.146.
- [11] V. No, D. M. Sari, and N. Rasyid, "Protoptype Pengairan Sawah dan Monitoring Kualitas pH Tanah berbasis IoT," *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 5, no. 2, pp. 240–251, 2022, doi: 10.29408/jit.v5i2.5749.
- [12] S. Faradillah, D. Irmansyah, B. A. Lokatara, M. I. Saputra, and A. Wulansari, "Analisis Perkembangan Artificial Intelligence dalam Bidang Bisnis : Systematic Literature Review," *Djtechno J. Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 2, pp. 298–309, 2023, doi: 10.46576/djtechno.v4i2.3404.
- [13] I. Gunawan and H. Ahmadi, "Sistem Monitoring Dan Pengkabutan Otomatis Berbasis Internet Of Things (IoT) Pada Budidaya Jamur Tiram Menggunakan NodeMCU dan Blynk," *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 4, no. 1, pp. 79–86, 2021, doi: 10.29408/jit.v4i1.2997.
- [14] I. Gunawan, M. Sadali, H. Ahmadi, L. K. Wijaya, and S. Ermawati, "Implementasi Internet Of Things (IOT) Untuk Monitoring Kualitas Tanah Tanaman Herbal Dengan Integrasi QR Code," *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 8, no. 2, pp. 426–434, 2025, doi: 10.29408/jit.v8i2.31101.

- [15] M. Mahpuz, H. Bahtiar, M. Sadali, and F. Kurniawan, "Prototype Monitoring Kantung Cairan Infus berbasis Internet of Things (IoT)," *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, pp. 189–198, 2023, doi: 10.29408/jit.v6i1.7518.
- [16] M. N. Nizam, Haris Yuana, and Zunita Wulansari, "Mikrokontroler Esp 32 sebagai Alat Monitoring Pintu berbasis Web," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5713..