



PENGEMBANGAN ALAT DETEKSI KANDUNGAN NUTRISI TANAH DENGAN SENSOR NPK DAN METODE HARDWARE PROGRAMMING

Asep Denih¹⁾, Agus Ismangil²⁾, Ema Kurnia³⁾

^{1,2}Ilmu Komputer, Universitas Pakuan

²Manajemen Informatika, Universitas Pakuan

^{1,2,3} Jl. Pakuan, RT.02/RW.06, Tegallega, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor

Email: ¹asep.denih@unpak.ac.id, ²a.ismangil.physics@gmail.com, ³ema.kurnia@unpak.ac.id

Abstract

In the agricultural sector, soil nutrient content has a very important role. Many farmers rely on limited information when selecting soil for cultivation, which often leads to crop failure and losses due to mismanagement of the soil. To overcome this problem, this study created a soil nutrient detection system that can help farmers classify the soil nutrients needed. This research uses the Soil NPK Sensor, where the determination of nutrient content is carried out through three main parameters, namely the value of N, P, and K. The data obtained from these sensors is then processed by the Arduino Wemos Esp32 microcontroller using the Hardware Programming Method. This research aims to develop a soil nutrient content detection tool that includes measurements of Moisture, pH, Nitrogen, Phosphorus, and Potassium. The tool uses NPK sensors embedded in the ground to collect data, which is then sent to Blynk's pre-programmed platform. The test results showed the performance of the tool with average levels up and down for Nitrogen of 8.2mg/Kg, Phosphorus 3.2mg/Kg, and Potassium 5.8mg/Kg. Overall, the average NPK content in the soil was Nitrogen 75mg/Kg, Phosphorus 64.3333mg/Kg, and Potassium 67.1667mg/Kg. This data can be accessed and monitored by farmers or users through the Blynk application on smartphones or laptops. The main focus of the study is to evaluate the performance of detection tools and provide relevant information for farmers in managing their land more efficiently.

Keyword: *Soil_Nutrition, Sodium, Posfor, Potassium, Sensor*

Abstrak

Dalam sektor pertanian, kandungan nutrisi tanah memiliki peran yang sangat penting. Banyak petani mengandalkan informasi yang terbatas ketika memilih tanah untuk lahan bercocok tanam, yang sering kali berujung pada kegagalan panen dan kerugian karena kesalahan dalam pengelolaan tanah. Untuk mengatasi permasalahan ini, penelitian ini menciptakan sebuah sistem deteksi kandungan nutrisi tanah yang dapat membantu petani mengklasifikasikan nutrisi tanah yang dibutuhkan. Penelitian ini menggunakan Sensor NPK Tanah, dimana penentuan kandungan nutrisi dilakukan melalui tiga parameter utama, yaitu nilai N, P, dan K. Data yang diperoleh dari sensor-sensor tersebut kemudian diproses oleh mikrokontroler Arduino Wemos Esp32 menggunakan Metode Hardware Programming. Penelitian ini bertujuan mengembangkan alat deteksi kandungan nutrisi tanah yang mencakup pengukuran Kelembaban, pH, Nitrogen, Fosfor, dan Kalium. Alat ini menggunakan sensor NPK yang tertanam di tanah untuk mengumpulkan data, yang selanjutnya dikirim ke *platform* Blynk yang telah diprogram sebelumnya. Hasil pengujian menunjukkan kinerja alat dengan rata-rata kadar naik dan turun untuk Nitrogen sebesar 8.2mg/Kg, Fosfor 3.2mg/Kg, dan Kalium 5.8mg/Kg. Secara keseluruhan, rata-rata kandungan NPK pada tanah adalah Nitrogen 75mg/Kg, Fosfor 64.3333mg/Kg, dan Kalium 67.1667mg/Kg. Data ini dapat diakses dan dipantau oleh petani atau pengguna melalui aplikasi Blynk pada smartphone atau laptop. Fokus utama penelitian adalah mengevaluasi kinerja alat deteksi dan memberikan informasi yang relevan bagi petani dalam mengelola tanah mereka secara lebih efisien.

Kata Kunci: *Nutrisi_Tanah, Natrium, Posfor, Kalium, Sensor*

1. PENDAHULUAN

Tanah adalah bagian yang terdapat pada kerak bumi yang tersusun atas mineral dan bahan organik [1]. Tanah sangat mendukung kehidupan tanaman yang menyediakan hara dan air di bumi. Tanah memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda-beda, seperti tanah yang berwarna merah, hitam, kelabu serta bertekstur pasir, debu, liat dan lain sebagainya. Untuk membedakan sifat tanah tersebut diperlukannya klasifikasi jenis tanah [2].



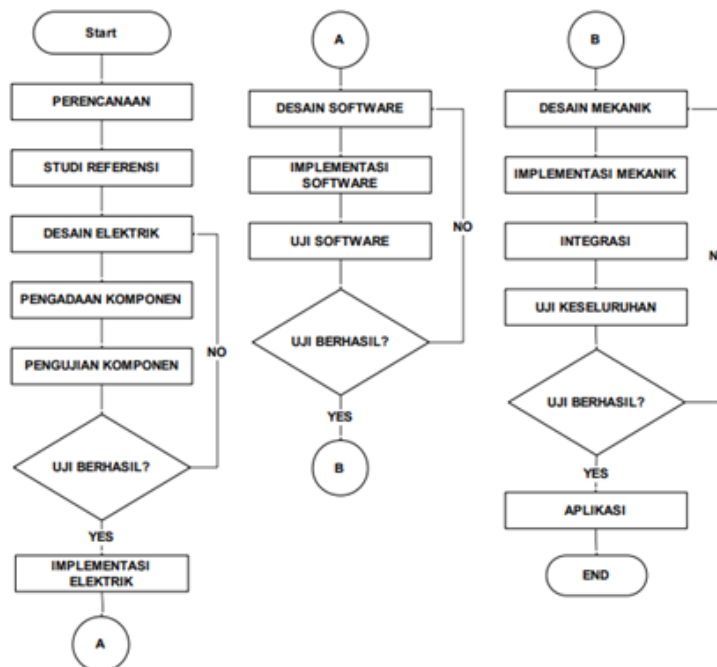
Nutrisi dalam tanah, yang diserap oleh tanaman, menjadi kunci untuk pertumbuhan optimal [3]. Pupuk, sebagai penambah nutrisi, menjadi solusi penting untuk menjaga kesuburan tanah. Namun, tantangan muncul akibat kondisi cuaca dan praktik pertanian yang tidak efisien, terutama dalam penggunaan pupuk di tanah Podsolik Merah Kuning dan tanah Sulfat Masam [4]. Permasalahan ini diperparah oleh kurangnya data mengenai karakteristik tanah dan status kesuburan tanah di area budidaya tanaman [5]. Petani menghadapi kesulitan mengetahui kandungan nutrisi tanah, menyebabkan lamanya waktu untuk menanam tanaman pada tanah yang subur. Indeks kesuburan tanah dapat memberikan strategi yang efektif untuk mencapai pertanian berkelanjutan [5][6].

Dalam hal ini, penelitian bertujuan untuk memberikan solusi inovatif dengan memanfaatkan Sensor NPK Tanah, Teknologi Internet of Things (IoT), dan Metode Hardware Programming pada mikrokontroler Arduino Wemos Esp32. Landasan penelitian diperkuat oleh kesenjangan solusi terintegrasi secara menyeluruh dalam mengatasi masalah kehilangan nutrisi tanah [7]. Pengembangan alat deteksi ini merujuk pada penelitian sebelumnya yang tidak berintegrasi dengan aplikasi Blynk yang dapat digunakan pada *platform smartphone* atau laptop [8]. Penerapan alat ini tidak hanya memfokuskan pada deteksi kandungan nutrisi tanah [9], tetapi juga mencakup pengukuran Kelembaban, pH, Nitrogen, Fosfor, dan Kalium [10].

Tujuan utama penelitian ini adalah memfasilitasi petani dalam memilih tanah yang subur dan memberikan pemantauan efisien terhadap kandungan nutrisi tanah [11]. Melalui aplikasi Blynk dan pemanfaatan IoT [12][13], penelitian ini diharapkan memberikan solusi terpadu untuk masalah yang dihadapi petani, terutama dalam meningkatkan produktivitas lahan pertanian.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian Alat Pendeteksi Kandungan Nutrisi Tanah Berbasis Internet of Things ini menggunakan metode penelitian pengembangan dalam bidang Hardware programming yang ditunjukkan pada gambar 1 [14].



Gambar 1. Metode Hardware Programming

2.1 Perencanaan

Tahap perencanaan menjadi landasan yang krusial dalam menetapkan arah dan tujuan penelitian ini. Dalam penentuan tujuan, langkah-langkah spesifik, dan kerangka waktu penelitian, kami merinci dengan cermat setiap aspek yang memastikan keselarasan dan ketepatan dalam penyelenggaraan eksperimen. Tahap perencanaan ini bukan hanya sebagai langkah awal, tetapi juga sebagai fondasi yang kuat untuk kesuksesan penelitian ini secara keseluruhan. Semua aspek perencanaan kami susun secara teliti untuk memastikan penelitian ini tidak hanya inovatif tetapi juga relevan dan dapat diimplementasikan dalam dunia pertanian.



2.2 Studi Referensi

Pada tahap studi referensi, peneliti menggali ke dalam literatur ilmiah dan teknis yang relevan untuk membangun dasar pengetahuan yang kokoh. Langkah ini melibatkan tinjauan pustaka yang mendalam, fokus pada prinsip kerja sensor NPK, metode analisis kandungan nutrisi tanah, dan teknologi terkini yang berkaitan dengan pertanian. Referensi ilmiah peneliti seleksi dengan cermat untuk memastikan keakuratan dan kehandalan informasi yang kami peroleh. Pemahaman mendalam terhadap prinsip kerja sensor NPK menjadi kunci untuk merancang alat yang responsif dan akurat dalam pengukuran kandungan nutrisi tanah.

Selain itu, peneliti menjelajahi metode analisis yang telah diadopsi oleh penelitian-penelitian sebelumnya, memperoleh wawasan mengenai pendekatan yang efektif dalam mengevaluasi kualitas tanah. Referensi tersebut juga membantu peneliti memahami kelemahan dan kelebihan pendekatan yang telah ada, sehingga peneliti dapat merancang solusi yang lebih baik.

2.3 Desain Elektrik

Dalam tahap desain elektrik, peneliti melakukan proses perencanaan yang mendalam untuk merancang sistem elektronik alat pendeteksi kandungan nutrisi tanah. Pada langkah ini, penentuan spesifikasi sensor NPK menjadi fokus utama, bersama dengan pemilihan mikrokontroler dan perancangan sirkuit yang sesuai dengan kebutuhan alat. Spesifikasi sensor NPK ditentukan dengan cermat untuk memastikan bahwa sensor mampu memberikan data yang akurat dan konsisten mengenai kandungan nutrisi tanah. Pemilihan mikrokontroler juga melibatkan pertimbangan teliti terkait kemampuan, kehandalan, dan ketersediaan perangkat tersebut. Proses perancangan sirkuit dilakukan dengan mendetail, mencakup bagaimana alat akan melakukan pengukuran dan perekaman kandungan nutrisi dalam tanah. Langkah ini melibatkan pemilihan komponen elektronik, pengaturan koneksi antar elemen, dan perancangan struktur sirkuit yang optimal.

2.4 Pengadaan Komponen

Pada tahap ini, dilakukan pencarian dan pengadaan komponen elektronik yang diperlukan, termasuk sensor NPK, mikrokontroler, dan komponen pendukung lainnya. Kerjasama dengan pemasok dan penjual komponen elektronik dapat memastikan ketersediaan bahan yang diperlukan.

2.5 Pengujian Komponen

Pengujian komponen dilakukan dengan teliti dan cermat, memeriksa apakah sensor NPK memberikan data yang akurat, mikrokontroler merespons dengan baik terhadap sinyal dari sensor, dan komponen pendukung lainnya berintegrasi dengan baik dalam sirkuit. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen dapat beroperasi secara efisien dan dapat diandalkan dalam kondisi penggunaan yang sebenarnya. Proses pengujian ini juga mencakup identifikasi potensi masalah atau kelemahan dalam masing-masing komponen. Jika ditemukan ketidaksesuaian dengan spesifikasi atau adanya ketidakcocokan antar komponen, peneliti melakukan penyesuaian atau pemilihan ulang komponen untuk memastikan keseluruhan alat bekerja sesuai yang diharapkan.

2.6 Implementasi Elektrik

Tahap implementasi elektrik melibatkan perakitan fisik alat berdasarkan desain elektrik yang telah disusun. Pemasangan sensor NPK, mikrokontroler, dan sirkuit lainnya dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan kehandalan alat.

2.7 Desain Software

Langkah ini melibatkan desain perangkat lunak yang memanfaatkan *platform* Blynk untuk membaca, memproses, dan mengirimkan data dari sensor NPK. Penggunaan Blynk memungkinkan pemantauan jarak jauh dan interaksi dengan alat melalui aplikasi seluler.

2.8 Implementasi Software

Perangkat lunak yang telah dirancang diimplementasikan ke dalam mikrokontroler dengan dukungan Blynk. Pengaturan Blynk, seperti token dan konfigurasi koneksi, disesuaikan agar sesuai dengan kebutuhan alat pendeteksi kandungan nutrisi tanah.

2.9 Uji Software

Uji coba pada perangkat lunak dilakukan dengan memanfaatkan *platform* Blynk. Selama uji coba, interaksi melalui aplikasi Blynk diuji untuk memastikan alat dapat berkomunikasi secara efektif dan menyajikan data dengan akurat.



2.10 Desain Mekanik

Desain mekanik alat pendeteksi kandungan nutrisi tanah diperbarui agar dapat menampung modul Blynk dengan nyaman. Perubahan ini melibatkan penyesuaian struktur fisik alat dan integrasi modul Blynk.

2.11 Implementasi Mekanik

Berdasarkan desain mekanik yang telah diperbarui, alat fisik diproduksi atau dirakit kembali. Integrasi modul Blynk termasuk dalam proses perakitan fisik alat.

2.12 Integrasi

Tahap integrasi tidak hanya melibatkan penyatuan komponen elektrik dan mekanik, tetapi juga integrasi antarmuka Blynk ke dalam perangkat lunak. Pengaturan koneksi Blynk dan alat diuji untuk memastikan keterpaduan yang baik.

2.13 Uji Keseluruhan

Uji keseluruhan alat dilakukan, termasuk pengujian keterhubungan dengan Blynk. Performa alat dievaluasi di bawah berbagai kondisi untuk memastikan keterandalan dan kestabilan sistem.

2.14 Aplikasi

Alat pendeteksi kandungan nutrisi tanah yang menggunakan Blynk siap diaplikasikan di lapangan. Dalam tahap ini, pemantauan jarak jauh melalui aplikasi Blynk diuji, dan penggunaan praktis alat dalam hal pertanian dievaluasi untuk memastikan manfaat yang optimal [15].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini telah menyelesaikan beberapa hal yang menjadi acuan referensi untuk mendapatkan hasil yang maksimal dengan desain model sesimpel mungkin. Model dalam penelitian ini adalah memonitoring kandungan nutrisi pada tanah. Kemudian diimplementasikan menggunakan modul-modul elektronik yang berukuran kecil sehingga dalam penempatan komponen elektronik tidak banyak memakan tempat. Berikut adalah gambar alat yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alat Pendeteksi Kandungan Nutrisi Tanah

Penelitian ini menghasilkan suatu sistem yang mampu memonitor kandungan nutrisi pada tanah dengan presisi tinggi. Melalui penggunaan sensor NPK dan kelembaban, tanah dapat diukur secara akurat untuk menentukan nilai kelembaban, tingkat pH, serta kandungan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Sistem ini juga dilengkapi dengan modul – modul elektronik berukuran kecil, memastikan efisiensi dalam penempatan komponen elektronik sehingga tidak memakan banyak tempat. Implementasi modul – modul ini memungkinkan pemantauan dan pengukuran kandungan nutrisi tanah secara real-time, memberikan petani kontrol yang lebih baik terhadap kondisi tanah dan kebutuhan tanaman.



Gambar 3. Pengoperasian Alat Pendeteksi Kandungan Nutrisi Tanah

Sistem ini tidak hanya memberikan data pengukuran, tetapi juga memungkinkan kontrol aktif terhadap kondisi tanah. Dengan memanfaatkan teknologi sensor yang responsif, petani dapat mengoptimalkan pemupukan dan perawatan tanaman sesuai dengan kebutuhan spesifik tanah mereka. Keunggulan utama sistem ini terletak pada ukurannya yang kecil, memungkinkan penerapan yang praktis di lapangan pertanian dengan ruang terbatas. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memberikan solusi teknologi yang canggih namun juga mempertimbangkan aspek praktis untuk mendukung efektivitas penggunaan dalam hal pertanian sehari-hari.

Nilai standar dalam kandungan nutrisi tanah, terutama Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K), memiliki rentang nilai yang menentukan keseimbangan vital bagi pertumbuhan tanaman. Nitrogen, dengan rentang umum 10 mg/kg - 200 mg/kg, memegang peran kunci dalam membentuk protein, asam nukleat, dan klorofil. Klorofil, sebagai pigmen hijau esensial, mendukung proses fotosintesis yang mengubah energi matahari menjadi energi kimia. Kekurangan nitrogen dapat mengakibatkan daun pucat, pertumbuhan terhambat, dan hasil yang rendah. Fosfor, dengan rentang umum 5 mg/kg - 50 mg/kg, diperlukan untuk proses energi seluler, transfer energi, serta pembentukan DNA dan RNA. Fosfor juga mendukung perkembangan akar, pembentukan bunga, dan pembuahan. Kekurangan fosfor dapat menghasilkan pertumbuhan akar yang buruk, pembungaan rendah, dan tanaman yang lemah. Kalium, berkisar antara 100 mg/kg - 400 mg/kg, membantu dalam regulasi tekanan osmotik dalam sel tanaman, aktivasi enzim, sintesis protein, dan transportasi karbohidrat. Peran penting kalium juga terlihat dalam meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit. Kekurangan kalium dapat membuat tanaman rentan terhadap stres dan serangan penyakit, serta dapat mempengaruhi kualitas buah dan bunga. Oleh karena itu, pemahaman mendalam terhadap kandungan nutrisi tanah ini menjadi kunci dalam mengoptimalkan pertumbuhan dan hasil panen tanaman.

3.2 Test Fungsional Keseluruhan Sistem

Dilakukan dengan testing masing-masing dari fungsi keseluruhan sistem. Apakah bisa berjalan sesuai dengan konsep yang telah dibuat atau tidak. Jika ada sistem yang tidak bisa berfungsi sebagaimana mestinya maka akan dilakukan proses perakitan ulang pada sistem. Perakitan ulang meliputi struktural menggunakan multimeter. Berikut spesifikasi dari alat yang digunakan:

- a. Sensor NPK Tanah berfungsi untuk mengukur kandungan Nutrisi Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) di dalam tanah dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sensor ini menyediakan data yang akurat untuk pemantauan kondisi tanah, memungkinkan pengguna untuk mendapatkan wawasan yang mendalam terhadap kesehatan tanah secara keseluruhan.
- b. Modul Wemos ESP32 merupakan bagian integral dari sistem, beroperasi sebagai penghubung antara sensor tanah dan platform Blynk. Dengan merespons dengan cepat terhadap data yang terbaca oleh sensor, modul ini menggunakan koneksi *wifi* untuk mengirimkan informasi yang terkumpul kepada platform Blynk. Kecepatan respons dan keterhubungan melalui *wifi* memastikan pengiriman data yang efisien, memungkinkan pengguna untuk memantau tanah secara *real-time*.



- c. Platform Blynk menawarkan antarmuka pengguna yang intuitif, memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memantau kandungan nutrisi tanah. Fungsinya mencakup menerima dan mengelola data yang diterima dari modul Wemos ESP32, serta memvisualisasikan data tersebut dalam bentuk grafik. Dengan cara ini, pengguna dapat dengan mudah memahami dan menganalisis informasi nutrisi tanah melalui aplikasi Blynk pada perangkat seluler atau laptop mereka. Melalui kombinasi sensor, modul, dan platform, alat ini menyediakan solusi terintegrasi untuk pemantauan nutrisi tanah yang efektif.

3.3 Pengujian Struktural

Pada tahapan ini dilakukan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui apakah jalur sirkuit sudah terhubung dengan benar sehingga sistem dapat berfungsi dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan mencoba semua jalur-jalur sirkuit dengan menggunakan multimeter.



Gambar 4. Alur Kerja Alat

Alat ini dirancang untuk memberikan pemantauan kandungan nutrisi tanah secara efisien. Pertama-tama, sensor NPK ditanam secara langsung ke dalam tanah, memungkinkan pengukuran yang akurat terhadap kandungan Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K). Begitu sensor mengumpulkan data, modul Wemos ESP32 bertindak cepat untuk merespons, menggunakan koneksi wifi untuk mengirimkan informasi yang terbaca oleh sensor kepada platform Blynk. Blynk, sebagai platform IoT, berfungsi sebagai pusat pengumpulan dan visualisasi data. Ketika menerima sinyal wifi dari modul Wemos ESP32, Blynk mengonversi data tersebut ke dalam visualisasi yang dapat dipahami. Kelembaban tanah, tingkat pH, serta kandungan Nitrogen, Fosfor, dan Kalium dapat diakses dan dipantau secara real-time melalui aplikasi Blynk di perangkat seluler atau laptop. Dengan demikian, alat ini memberikan solusi praktis untuk petani dalam memantau dan mengelola kesehatan tanah mereka dengan lebih efektif.

3.4 Hasil Uji Coba

Tahap ini bertujuan untuk menguji kinerja dari alat yang telah dibuat apakah alat tersebut dapat berjalan dengan baik atau sebaliknya, validasi ini dilakukan dengan cara memasukan sampel tanah ke dalam penampungan lalu memakai sensor NPK tanah untuk mengetahui kandungan nutrisi tanah. Pengujian ini dilakukan agar bisa menggambarkan hasil yang optimal. Hasil pengujian penelitian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Uji Coba

No	Sensor NPK Dalam Satuan mg/Kg		
	Nitrogen	Fosfor	Kalium
1	55	60	51
2	61	61	63
3	73	57	67
4	80	61	66
5	85	71	76
6	96	76	80



Rata - Rata

75

64,33333

67,16667

Hasil uji coba yang dilakukan menggunakan sensor NPK memberikan data yang sangat bermanfaat dalam menganalisis kandungan tanah, terutama dalam hal Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K). Dalam tabel 1, peneliti dapat melihat variasi nilai hasil pengukuran dari enam percobaan yang dilakukan. Pada pengukuran pertama, nilai Nitrogen (N) sebesar 55 mg/Kg, Fosfor (P) 60 mg/Kg, dan Kalium (K) 51 mg/Kg. Pengukuran selanjutnya menunjukkan fluktuasi yang menarik padasetiap parameter, memberikan gambaran tentang heterogenitas kandungan nutrisi tanah di lokasi pengukuran. Menariknya, rata-rata hasil dari keenam percobaan menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki kandungan rata-rata sebesar 75 mg/Kg untuk Nitrogen, 64,33333 mg/Kg untuk Fosfor, dan 67,16667 mg/Kg untuk Kalium. Rata-rata ini memberikan informasi komprehensif tentang kondisi keseluruhan tanah yang diukur.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pemantauan kandungan nutrisi tanah dengan tingkat presisi tinggi menggunakan sensor NPK dan kelembaban. Fokus utama adalah pada temuan yang berkaitan dengan kinerja alat yang telah dikembangkan, sesuai dengan tujuan penelitian.

Hasil analisis menunjukkan fluktuasi kadar tanah, dengan nilai Nitrogen sebesar 8.2 mg/Kg, Fosfor 3.2 mg/Kg, dan Kalium 5.8 mg/Kg. Rata-rata kandungan NPK di dalam tanah adalah Nitrogen 75 mg/Kg, Fosfor 64.3333 mg/Kg, dan Kalium 67.1667 mg/Kg. Sistem ini memberikan pengukuran yang akurat terhadap nilai kelembaban, tingkat pH, serta kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium tanah.

Keunggulan utama sistem terletak pada modul-modul elektronik berukuran kecil, memastikan efisiensi penempatan komponen tanpa memakan banyak tempat. Implementasi modul-modul ini memungkinkan pemantauan dan pengukuran kandungan nutrisi tanah secara real-time, memberikan petani kendali yang lebih baik terhadap kondisi tanah dan kebutuhan tanaman.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ucapkan terimakasih sebesar – besarnya kepada LPPM Universitas Pakuan dan Yayasan Pakuan Siliwangi Jalan Pakuan No. 1 Ciheuleut PO BOX 452 Bogor 16144 yang telah mendanai penelitian ini pada Tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Nurhartanto, Z. Zulkarnain, and A. A. Wicaksono, "Analisis Beberapa Sifat Fisik Tanah Sebagai Indikator Kerusakan Tanah Pada Lahan Kering," *J. Trop. AgriFood*, vol. 4, pp. 107–112, 2021, doi: 10.35941/jatl.4.2.2022.7001.107-112.
- [2] B. F. Dewi, D. Darmawan, and A. Ismardi, "Karakterisasi Jenis Tanah Dan Kandungan Air Menggunakan Metode Induksi Medan Magnet," *eProceedings Eng.*, vol. 5, no. 3, p. Hal 5667-5674, 2018.
- [3] T. Purba, *Tanah Dan Nutrisi Tanaman*, vol. 1, no. 3. 2021.
- [4] I. Subiksa, "Perbandingan Pengaruh Beberapa Jenis Pupuk Mengandung Fosfat Terhadap Kehilangan Hara Melalui Pelindian Pada Tanah Gambut," *J. Lahan Suboptimal*, vol. 7, no. 1, Jan. 2019, doi: 10.33230/JLSO.7.1.2018.363.
- [5] I. Mucharam, E. Rustiadi, A. Fauzi, and Harianto, "Signifikansi Pengembangan Indikator Pertanian Berkelanjutan Untuk Mengevaluasi Kinerja Pembangunan Pertanian Indonesia," *Risal. Kebijakan. Pertan. DAN Lingkung. Rumusan Kaji. Strateg. Bid. Pertan. dan Lingkung.*, vol. 9, no. 2, pp. 61–81, 2022, doi: 10.29244/jkebijakan.v9i2.28038.
- [6] P. S. E. dan K. P. K. Pertanian, "Sektor Pertanian Pendukung Utama Pemulihan Ekonomi Nasional," *Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian Kementerian Pertanian*, 2022. [Online]. Available: <https://psekp.setjen.pertanian.go.id/web/?p=978>.
- [7] A. N. Camila, H. Siswoyo, and A. P. Hendrawan, "Penentuan Tingkat Kesuburan Tanah Pada Lahan Pertanian di Kelurahan Bandulan Kecamatan Sukun Kota Malang Berdasarkan Parameter Kimia," *J. Sains dan Edukasi Sains*, vol. 6, no. 1, pp. 28–33, 2023, doi: 10.24246/juses.v6i1p28-33.
- [8] R. Rustan, F. Dwi Ramadhan, M. F. Afrianto, L. Handayani, A. Puji Lestari, and F. Manin, "Perancangan Alat Pengukur Kadar Unsur Hara Npk Pupuk Kompos," *J. Online Phys.*, vol. 8, no. 1, pp. 55–60, 2022, doi: 10.22437/jop.v8i1.20838.
- [9] H. Sukri, A. K. Saputro, and A. Dafid, "Perancangan Alat Cerdas Pendeteksi Kandungan Unsur Tanah," *J. Simantec*, vol. 9, no. 1, pp. 15–19, 2020, doi: 10.21107/simantec.v9i1.9216.
- [10] F. Rahmah, F. Hidayanti, and M. Innah, "Penerapan Smart Sensor untuk Kendali pH dan Level Larutan Nutrisi pada Sistem Hidroponik Tanaman Pakcoy," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 5, pp. 527–534, Oct. 2019, doi: 10.25126/jtiik.2019651738.



- [11] R. Rahmaniah, Z. Ida, and R. Oesman, "Karakteristik Status Kesuburan Tanah Pada Lahan Pekarangan Dan Lahan Usahan Tani Di Kecamatan Rantau Selatan," *LIAISON Acad. Soc.*, vol. 1, no. 1, pp. 10–18, 2021.
- [12] A. Herlina, M. I. Syahbana, M. A. Gunawan, and M. M. Rizqi, "Sistem Kendali Lampu Berbasis Iot Menggunakan Aplikasi Blynk 2.0 Dengan Modul Nodemcu Esp8266," *INSANtek*, vol. 3, no. 2, pp. 61–66, Nov. 2022, doi: 10.31294/instk.v3i2.1532.
- [13] A. A. Ayuningtyas, "Penerapan Internet of things (IoT) dalam Upaya Mewujudkan Perpustakaan Digital di Era Society 5.0," *J. Ilmu Perpustakaan*, vol. 11, no. 1, pp. 29–36, 2022.
- [14] S. S. U. Sutjipto, S. Cahyadi, A. Sukamto, and D. Dolok, "Permodelan Efisiensi Smart Home Menggunakan Mobile Programming," *J. Inform. Kesatuan*, vol. 1, no. 1, pp. 91–100, 2021, doi: 10.37641/jikes.v1i1.776.
- [15] D. H. Teten and Y. P. Munthe, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN SENSOR JARAK BERBASIS MIKROKONTROLER PADA TEMPAT SAMPAH," *J. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, 2022.