

PENGEMBANGAN ALAT UKUR KESUBURAN TANAH DAN PH PADA BEBERAPA JENIS TANAH SAWAH BERBASIS INTERNET OF THINGS

Sujono, Umi Kulsum Nur Qomariah

Informatika, Universitas KH. A. Wahan Hasbullah
Agroekoteknologi, Universitas KH. A. Wahan Hasbullah
Jl. Garuda No.09 Tambakberas Jombang
sujono@unwaha.ac.id

ABSTRAK

Pertanian merupakan sektor vital yang menjadi sektor ketahanan pangan. Namun, produktivitas pertanian masih sering terkendala oleh kurangnya pemantauan kondisi tanah, yang berakibat pada ketidaktepatan pemberian pupuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat ukur kesuburan tanah dan pH berbasis (IoT) yang mampu membaca unsur hara pada beberapa jenis tanah sawah. Dengan kemampuan memberikan data akurat tentang kadar nutrisi NPK dan pH secara cepat, alat ini memungkinkan petani melakukan pemupukan secara presisi. Metode penelitian menggunakan Research and Development yang mempunyai tahapan studi literature, perancangan sistem, pengembangan aplikasi web, kalibrasi dan uji coba: analisis data dan perbaikan. Tanah berpasir sampel L1, L3, dan L4 nitrogen kesalahan 6–7%, fosfor kesalahan 8–10%, kalium kesalahan 6–10%, dan pH tanah netral agak asam kesalahan < 5%. Tanah lempung sampel L2, L6, L7, dan L9, kandungan nitrogen dan kalium kesalahan 5–6% dan 6–7%. Fosfor kesalahan sekitar 7%. pH tanah berkisar 3–5%, menunjukkan kondisi agak asam. Tanah liat sampel L5, L8 dan L10 nitrogen 5–10%, fosfor 6–9%, kalium 6–8% dan pH 3–5%. Oleh karena itu, hasil pengukuran N, P, dan K pada tanah berpasir, lempung dan liat sebaiknya ditafsirkan dengan hati-hati dan dikonfirmasi melalui uji laboratorium.

Kata kunci : Alat ukur Kesuburan tanah, NPK pH tanah, IoT pertanian, Jenis tanah Sawah

1. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor vital yang mendukung ketahanan pangan dan perekonomian global.[1] Namun, produktivitas pertanian sering kali terhambat oleh ketidaktepatan dalam pengelolaan kesuburan tanah dan pH tanah, yang merupakan faktor kunci dalam pertumbuhan tanaman. Tanah yang tidak subur atau memiliki pH tidak optimal dapat mengurangi penyerapan nutrisi oleh tanaman, sehingga menurunkan hasil panen [2]. Selama ini, pengukuran kesuburan tanah (seperti kadar nitrogen, fosfor, dan kalium) serta pH tanah masih dilakukan secara manual menggunakan alat konvensional atau melalui uji laboratorium[3]. Metode ini memakan waktu, kurang akurat, dan tidak memberikan data real-time, sehingga petani kesulitan mengambil keputusan tepat waktu untuk pemupukan dan pengelolaan tanah [4]. Perkembangan Internet of Things (IoT) membuka peluang untuk mengatasi masalah ini dengan menyediakan sistem pemantauan otomatis. Dengan memanfaatkan sensor tanah berbasis IoT, data kesuburan dan pH tanah dapat dikumpulkan, diproses, dan dianalisis secara[5]. Hal ini memungkinkan petani untuk melakukan intervensi yang lebih presisi, mengoptimalkan penggunaan pupuk, dan meningkatkan produksi pertanian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian terdahulu

Penelitian sebelumnya oleh Farhani, Oriza Satiya, dan Sulhatun tahun 2023 [6] membahas sistem pendeteksi kesuburan tanah berbasis IoT dan memiliki persamaan dengan penelitian saat ini, yaitu sama-sama

menangani permasalahan deteksi kesuburan tanah menggunakan teknologi Internet of Things. Namun, penelitian terdahulu masih menggunakan sensor warna dan kelembaban tanah sebagai dasar pengukuran. Penelitian baru ini menawarkan keunggulan dengan memanfaatkan sensor NPK dan pH yang memiliki tingkat akurasi lebih tinggi dalam membaca nilai kesuburan tanah, sehingga menghasilkan data yang lebih valid untuk kebutuhan analisis lahan pertanian.

Sementara itu, penelitian oleh Moh. Anshori Aris Widya dan Yuda Adi Wijaya tahun 2023 [7] t mengembangkan aplikasi monitoring unsur hara berbasis Android yang juga memiliki kesamaan fokus, yaitu mendeteksi unsur hara atau kesuburan tanah. Penelitian sebelumnya masih mengandalkan metode konvensional berupa input data manual dari alat ke aplikasi Android. Berbeda dengan itu, penelitian saat ini mengadopsi sistem otomatis tanpa input manual melalui platform berbasis website, sehingga data dapat diakses secara real-time dari mana saja dan meningkatkan efisiensi monitoring lahan pertanian.

2.2. Kesuburan Tanah

Kesuburan tanah didefinisikan sebagai kemampuan tanah untuk menyokong pertumbuhan tanaman secara optimal, terutama melalui ketersediaan unsur hara makro (termasuk N, P, K). Faktor fisik, kimia, dan biologi tanah turut menentukan tingkat kesuburan, serta dapat dipengaruhi oleh praktik pengelolaan seperti pemupukan dan penggunaan pupuk organik.[8]

Unsur Hara Makro NPK diantaranya Nitrogen (N) berperan dalam pembentukan protein dan klorofil,

serta mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman. Fosfor (P) berfungsi dalam pembentukan akar, pembungaan, dan pematangan buah. Kalium (K) membantu dalam sintesis protein, pembukaan stomata, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit dan kekeringan. [9]

2.3. Internet of Things

Internet Of Things adalah segala sesuatu atau perangkat elektronik yang dapat berinteraksi langsung secara langsung dengan pengguna yang digunakan untuk kebutuhan monitoring ataupun control pada perangkat tersebut melalui Internet. Internet of things menggambarkan arsitektur sistem yang terintegrasi antar sensor, software, jaringan, dan interface yang sesuai yang akan memberikan kesadaran real-time dan mengintegrasikan orang, proses, dan pengetahuan untuk mengumpulkan intelegen untuk dapat mengambil keputusan yang baik [10]

2.4. Mikrokontroler ESP8266

ESP8266 adalah modul mikrokontroler dengan konektivitas Wi-Fi yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem Internet of Things (IoT). ESP8266 sering diintegrasikan dalam platform Wemos D1 mini, yang memudahkan pemrograman lewat Arduino IDE dan menyediakan kemampuan pengendalian jarak jauh secara real-time. Modul ini dilengkapi dengan prosesor, memori, dan GPIO, ESP8266 dapat berdiri sendiri tanpa mikrokontroler tambahan. ESP8266 dilengkapi dengan antarmuka SPI, I2C, UART, dan ADC 10-bit serta jumlah pin 16 pin, termasuk pin digital dan analog. [11]

2.5. Sensor NPK

Sensor NPK adalah alat yang digunakan untuk mengukur kandungan unsur hara makro utama dalam tanah, yaitu nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Unsur-unsur tersebut sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pemantauan kandungan NPK dalam tanah sangat diperlukan dalam bidang pertanian untuk menentukan kebutuhan pemupukan secara tepat guna meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian. [12]

Sensor NPK bekerja dengan memanfaatkan prinsip konduktivitas listrik, untuk mendeteksi kadar ion nutrisi dalam tanah. Salah satu metode yang umum digunakan adalah elektrokimia, di mana sensor mendeteksi ion spesifik berdasarkan tegangan listrik yang dihasilkan saat ion-ion tersebut bereaksi di permukaan elektroda.

2.6. pH Tanah

pH tanah adalah ukuran derajat keasaman atau kebasaan tanah—semakin rendah nilainya, semakin asam tanahnya; sebaliknya, semakin tinggi, semakin basa. Nilai pH memengaruhi ketersediaan unsur hara dan aktivitas mikroba tanah. Rata-rata pH tanah berkisar antara 3 hingga 10, dengan kisaran ideal untuk banyak tanaman adalah antara 5,5 hingga 7,0. [13]

Dampak pH Terhadap Kesuburan Tanah apabila tanah asam (pH rendah), ion toksik seperti Al^{3+} dan H^+ meningkat, yang dapat menghambat pertumbuhan akar dan penyerapan nutrisi. Di sisi lain, pada tanah basa (pH tinggi), beberapa unsur seperti Fe, Mn, Zn menjadi kurang tersedia karena terikat dalam bentuk tidak larut.

2.7. Jenis tanah

Jenis tanah salah satu media penting sebagai tempat unsur hara tersimpan. Beberapa jenis tanah yang umum di ditemui di masyarakat ialah tanah sawah jenis lempung, liat dan berpasir. Tanah pasir merupakan jenis tanah dengan butiran kasar, permukaan partikel yang kecil, sehingga sulit menyerap air dan unsur hara. Sebaliknya, tanah liat memiliki partikel sangat halus < 0,002 mm, dengan sifat plastis tinggi, kohesif, permeabilitas rendah, dan kemampuan menahan air serta menukar kation yang tinggi. Sedangkan lempung merupakan campuran seimbang antara pasir, debu, dan liat, sehingga memiliki karakteristik menenga tidak seberporus pasir, namun tidak setidak permeabel liat sering dianggap ideal untuk banyak tanaman. [14].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Metode Pengembangan Sistem

Metode penelitian yang digunakan adalah Metode Research and Development (R&D) merupakan pendekatan sistematis untuk menghasilkan produk inovatif melalui serangkaian tahap validasi dan pengujian. Dalam penelitian pengembangan teknologi IoT. Model R&D umumnya mengacu pada kerangka kerja yang meliputi identifikasi kebutuhan, perancangan prototipe, uji coba terbatas, revisi, hingga implementasi produk akhir [15]. Metode ini cocok untuk penelitian alat ukur kesuburan tanah berbasis IoT karena memadukan eksplorasi ilmiah (research) dengan proses rekayasa (development), memastikan produk yang dihasilkan memenuhi kriteria kegunaan (usability), keakuratan, dan keberlanjutan [16]

Tahapan R&D sebagai berikut :

- Studi literature : Mencakup analisis kebutuhan, studi literature untuk penunjang penelitian
- Perancangan Sistem: Memilih sensor kesuburan tanah dan pH, mikrokontroler ESP8266
- Pengembangan Aplikasi Web: Membuat antarmuka IoT untuk pengolahan data tanah dan keputusan pemupukan.
- Kalibrasi & Uji Coba: Menguji alat di lapangan, membandingkan hasil uji tanah dengan pengujian di laboratorium pertanian dan akan dilakukan validasi statistik terhadap alat standar sesuai dengan akurasi data pada ilmu pertanian sehingga akurasi data (misal korelasi atau error margin) dapat dipertanggung jawabkan.
- Analisis Data& perbaikan: Mengevaluasi akurasi alat dan dampaknya terhadap produktivitas pertanian.

3.2. Alat dan bahan

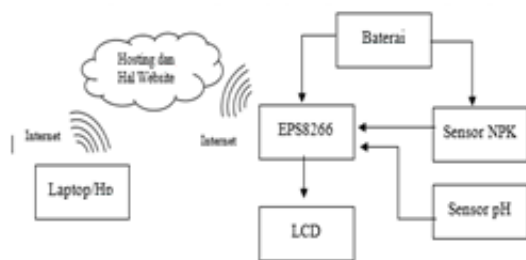
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelini adalah sebagai berikut :

Tabel. 1 Alat dan bahan

No	Nama Alat	Jumlah
1	ESP8266	1
2	Sensor NPK	1
3	Sensor pH	1
4	LCD I2C	1
5	Modul Max485	1
6	Socket USB Female	2
7	Kabel Jumper Male	20
8	Baterai 18650	3
9	BMS 12V 3s	1
10	Modul Stepdown 5V	1
11	Box	1
12	Socket DC 5mm	1
13	Switth On/Off	1
14	PCB berlubang	1
15	Pin Header (set)	5

3.3. Diagram Blok Alat

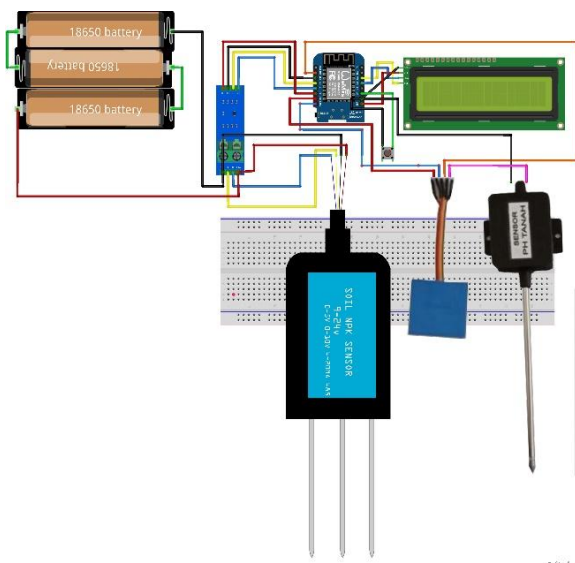
Berikut ini adalah gambar dari blok diagram alat pengembangan alat ukur NPK dan pH sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram blok alat

3.4. Schematic Alat

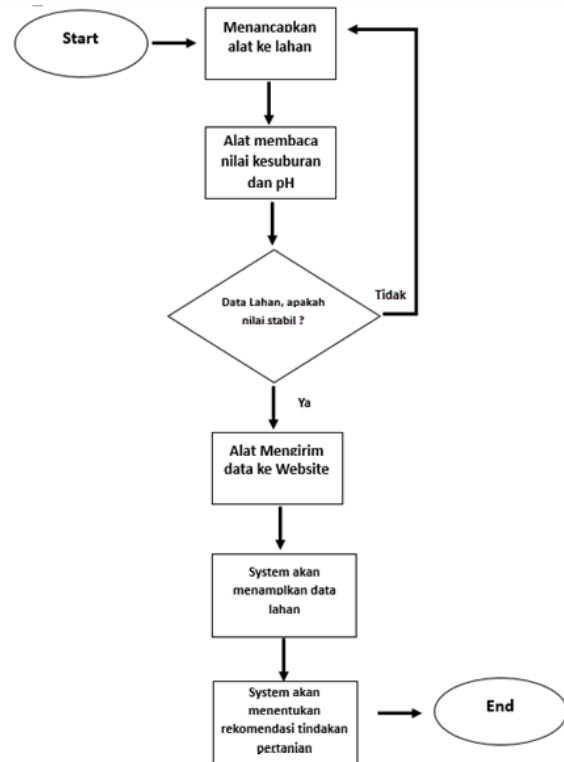
Berikut ini adalah jalur atau schematic alat yang digunakan untuk pengembangan alat ukur NPK dan pH tanah



Gambar 2. Schematik alat

3.5. Flowchart

Berikut ini gambaran alur system yang akan dirancang untuk penelitian ini.



Gambar 3. Flowchar alur sistem alat kesuburan tanah

Keterangan Flowchart dari gambar diatas

- Start : Mulai proses.
- Menancapkan alat ke lahan : silakan alat di tancapkan dan di letakan ke lahan yang ingin diketahui kesuburannya
- Alat Membaca Nilai Kesuburan : sensor NPK (Nitrogen, Fosfor, Kalium) membaca parameter Kesuburan tanah dann Sensor pH membaca tingkat keasaman/basa tanah.
- Apakah data nilai kesuburan sudah stabil: menunggu alat menampilkan data kesuburan yang stabil, jika tidak stabil ulangi menancapkan alat ke lahan
- Alat mengirim Data ke website : data dikirim via modul IoT (Wi-Fi) ke database website dan di simpan
- Sistem menampilkan data lahan, data ditampilkan di Web Dashboard (nilai kesuburan dan pH). Sistem menganalisis : Status kesuburan (rendah/sedang/tinggi). Rekomendasi pemupukan berdasarkan nilai NPK dan pH
- Rekomendasi Tindakan Pertanian Sistem memberikan saran jenis pupuk yang dibutuhkan. enyesuaian pH (kapur/asam sulfat).
- End : selesai proses.

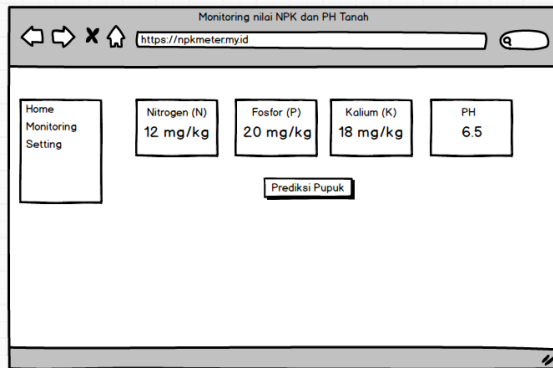
3.6. Desain Database

Berikut ini adalah desain tabel database yang digunakan dalam penelitian ini

Tabel 2. Tabel npk_ph

No	Nama Field	Type	Panjang	Primary Key
1	no	int	5	Yes
2	nitrogen	int	4	
3	fosfor	int	4	
4	Kalium	Int	4	
5	ph	float	2.1	

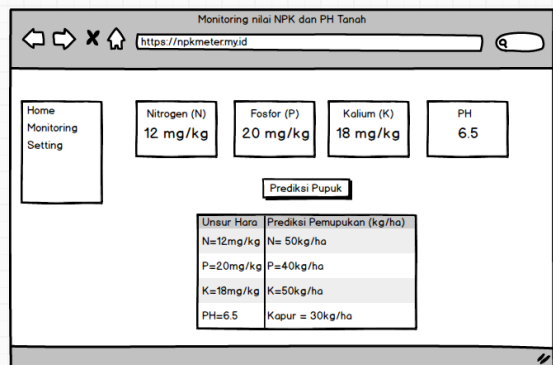
3.7. Tampilan halaman dashboard



Gambar 3. Halaman monitoring kesuburan tanah

Pada tampilan ini menunjukkan 4 nilai dari kesuburan tanah yaitu Nitrogen, Fosfor, Kalium dan Ph. Jika nilai sudah stabil maka selanjutnya klik tombol prediksi pupuk untuk menampilkan tabel prediksi pemupukan

3.8. Tampilan halaman prediksi pemupukan



Gambar 4. Halaman prediksi pemupukan

Pada halaman ini di tampilkan prediksi pemupukan yang harus dilakukan seperti contoh dibawah ini adalah untuk prediksi tanaman padi dan jagung.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tampak depan

Berikut ini adalah tampilan dari alat ukur kesuburan tanah tampak depan. Terdapat beberapa informasi di sebuah LCD tentang nilai nitrogen, fosfor, kalium dan pH. Tampilan LCD untuk unsur hara NPK adalah mg/kg.



Gambar 5. Alat ukur kesuburan tampak depan

4.2. Tampak samping

Gambar dibawah ini merupakan gambar alat ukur tampak dari samping. Pada bagian samping alat terdapat sebuah display tegangan baterai 12v, tombol on/off untuk menyalakan alat serta terdapat port bagian untuk charger baterai.



Gambar 6. Alat ukur kesuburan tampak samping

4.3. Tampak atas

Gambar dibawah ini adalah gambar alat ukur kesuburan tanah tampak dari atas. Pada bagian atas alat ukur kesuburan terdapat socket untuk menancapkan sensor NPK dan pH. Sebelah kanan untuk sensor NPK dan sebelah kiri untuk sensor pH.



Gambar 7. Alat ukur kesuburan tampak atas

4.4. Sensor NPK dan pH

Berikut ini adalah gambar dari sensor NPK dan pH. Masing masing menggunakan socket untuk menancapkan ke alat kesuburan tanah sehingga lebih praktis.



Gambar 8. Sensor NPK dan pH

4.5. Halaman Dashboard

Halaman web pada gambar di atas merupakan sebuah antarmuka yang dirancang untuk memberikan monitoring langsung tentang nilai NPK pH tanah yang terkoneksi dengan alat ukur kesuburan dan terdapat menu rekomendasi pemupukan berdasarkan analisis unsur hara tanah dan pH. Terdapat informasi kandungan Nitrogen, Fosfor, Kalium, dan pH tanah, yang ditampilkan secara visual dalam kotak berwarna. Pengguna dapat memilih jenis tanaman dari dropdown dan memasukkan luas lahan dalam meter persegi untuk mendapatkan rekomendasi pemupukan yang sesuai dengan kondisi tanah. Terdapat juga tombol "Tampilkan Rekomendasi" yang akan memproses data dan menampilkan saran pemupukan. Menu navigasi di sisi kiri memuat pilihan seperti "Home", "Dasar Pupuk", dan "Petunjuk" untuk memudahkan pengguna menjelajahi situs.



Gambar 9. Halaman dashboard Aplikasi alat ukur

4.6. Halaman Rekomendasi Pupuk

Pada gambar di bawah ini adalah tampilan dari menu rekomendasi pupuk. Terdapat jenis pupuk yang direkomendasikan sesuai nilai kesuburan yang sudah ditampilkan. Terdapat tiga jenis pupuk yang di rekomendasikan diantaranya Urea, SP-36, dan KCL serta disertai dengan berat pupuk sehingga rekomendasi ini membantu petani dalam menentukan dosis pupuk yang tepat agar pertumbuhan tanaman optimal dan efisien dalam penggunaan pupuk.



Gambar 10. Halaman rekomendasi pupuk

4.7. Rekomendasi nilai kesuburan tanah yang ideal untuk tanaman padi.

Nilai kesuburan tanah sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Nilai kesuburan tanah (NPK dan pH) perlu di tentukan sesuai nilai standart minimum atau ideal yang dibutuhkan. Berikut ini adalah data nilai rekomendasi minimal atau ideal yang dibutuhkan:

Tabel 3. Rekomendasi nilai kesuburan tanah yang ideal untuk tanaman pangan padi

No	Unsur	Kebutuhan ideal	Jenis Pupuk	Kandungan %
1	Nitrogen	120-200 mg/kg	Urea	46% N
2	Fosfor	30-40 mg/kg	SP-36	36% P
3	Kalium	60-80 mg/kg	KCL	60% K
4	pH	5.5-6.5	Kapur	

Sumber: [18],[19],[20],[21],[22]

Tabel di atas menunjukan bahwa jika nilai nitrogen 120-200 mg/kg, fosfor 30-40 mg/kg, kalium 60-80 mg/kg dan ph antara 5.5-6.5 maka nilai kesuburannya bisa dikatakan cukup. Jika nilai unsur hara dan pH dibawah tabel maka nilai kesuburannya bisa dikatakan rendah.

4.8. Rekomendasi jumlah berat pemupukan tanah yang ideal untuk tanaman pangan padi

Pemupukan yang tepat sangat krusial untuk mencapai hasil panen padi yang optimal dan menjaga kesuburan tanah. Rekomendasi jumlah pupuk ideal untuk tanaman padi biasanya didasarkan pada analisis kandungan hara tanah dan kebutuhan tanaman. Berikut ini adalah rekomendasi pemberian pupuk yang ideal.

Tabel 4. Rekomendasi jumlah berat pemupukan tanah yang ideal untuk tanaman pangan padi

No	Unsur	Jenis Pupuk	Kebutuhan Minimum	Kebutuhan Maximal
1	Nitrogen	Urea	150 kg/ha	250 kg/ha
2	Fosfor	SP-36	50 kg/ha	100 kg/ha
3	Kalium	KCL	50 kg/ha	75 kg/ha
4	pH	Kapur		2000 kg/ha

Sumber : [22],[23],[24]

4.9. Hasil pengumpulan data kandungan tanah awal di berbagai tempat

Tanah sebagai media tanam menjadi hal yang sangat penting dalam pertumbuhan tanaman. Kesuburan tanah sebagai indikator tanaman bisa bertumbuh dengan optimal. Berikut ini adalah data awal dari pengumpulan data nilai kesuburan tanah di berbagai tempat. Tabel dibawah ini adalah hasil sample awal tanah sebelum tanah dan pemupukan serta telah di uji di laboratorium pertanian.

Tabel 5. Hasil analisis kandungan unsur hara tanah awal di lahan penelitian.

No	Kode Sample	N mg/kg	F mg/kg	K mg/kg	pH
1	L1	95	29	53	5.8
2	L2	123	30	67	6.2
3	L3	98	29	54	6.0
4	L4	97	23	52	6.4
5	L5	121	32	59	6.8
6	L6	117	33	60	6.5
7	L7	123	34	61	6.0
8	L8	114	32	59	6.2
9	L9	124	34	67	6.4
10	L10	117	28	64	6.1

Dari tabel 5 terlihat bahwa diberbagai tempat masih belum optimal nilai kesuburan tanah. Nilai kesuburan yang didapatkan hanya masih belum cukup memenuhi kebutuhan minimal, ini menandakan bahwa pentingnya unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh optimal.

4.10. Hasil Pengumpulan data jenis tanah pada setiap kode sample

Jenis lahan pertanian khususnya tanah sawah disetiap wilayah sangat beragam. Terdapat beberapa jenis tanah yang sudah di kumpulkan dan hasil wawancara langsung ke petani. Jenis tanah ini juga mempengaruhi penyerapan pupuk sebagai tempat penyimpanan unsur hara. Lokasi lahan yang di observasi tidak terlepas dari kondisi lingkungan seperti di tepian sungai, di area banyak pepohonan yang mempengaruhi terbentuknya jenis tanah.

Tabel 6. Hasil observasi jenis tanah.

No.	Kode sample	Lokasi Lahan	Jenis Tanah
1	L1	Ds. Plosogeneng	Berpasir
2	L2	Ds. Tambakberas	Lempung
3	L3	Ds. Denanyar	Berpasir
4	L4	Ds. Kebontemu	Berpasir
5	L5	Ds. Tembelang	Liat
6	L6	Ds. Morosunggingan	Lempung
7	L7	Ds. Turipinggir	Lempung
8	L8	Ds. Megaluh	Liat
9	L9	Ds. Mayangan	Lempung
10	L10	Ds. Jatipelem	Liat

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa jenis tanah yang akan di gunakan untuk penelitian ini adalah jenis tanah berpasir, lempung dan tanah liat. Jenis

tanah berpasir terdapat 3 lokasi, tanah lempung terdapat 4 lokasi dan tanah liat terdapat 3 lokasi

4.11. Hasil Perbandingan data nilai pengukuran NPK pH menggunakan alat dengan hasil laboratorium Sebelum pemupukan

Pada tabel dibawah ini menyajikan hasil perbandingan antara data nilai pengukuran unsur hara Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), serta derajat keasaman tanah (pH) yang diperoleh melalui alat ukur dengan hasil analisis laboratorium sebagai acuan. Perbandingan ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat akurasi dan konsistensi alat dalam mendeteksi kandungan unsur hara dan pH tanah. Dengan menganalisis selisih dan kecocokan antara kedua metode, dapat dinilai sejauh mana alat dapat diandalkan sebagai alternatif pengukuran di lapangan. Data dalam tabel ini menjadi dasar penting dalam pengembangan dan validasi alat ukur agar dapat digunakan secara efektif dalam kegiatan pemantauan kesuburan tanah secara praktis dan efisien.

Tabel 7. Data perbandingan nilai N pengukuran alat dengan hasil laboratorium

No	Kode Sample	Lab N	Alat N	Error %
1	L1	95	101	+6
2	L2	123	116	-6
3	L3	98	105	+7
4	L4	97	104	+7
5	L5	121	109	-10
6	L6	117	123	+5
7	L7	123	129	+5
8	L8	114	104	-9
9	L9	124	130	+5
10	L10	117	107	-9

Tabel 8. Data perbandingan nilai P pengukuran alat dengan hasil laboratorium

No	Kode Sample	Lab P	Alat P	Error %
1	L1	29	27	-7
2	L2	30	32	+7
3	L3	29	26	-10
4	L4	23	25	+9
5	L5	32	30	-6
6	L6	33	31	-6
7	L7	34	32	-6
8	L8	32	29	-9
9	L9	34	32	-6
10	L10	28	30	+7

Tabel 9. Data perbandingan nilai K pengukuran alat dengan hasil laboratorium

No	Kode Sample	Lab K	Alat K	Error %
1	L1	53	57	+8
2	L2	67	62	-7
3	L3	54	58	+6
4	L4	52	56	+10
5	L5	59	62	+5
6	L6	60	64	+7

No	Kode Sample	Lab	Alat	Error %
		K	K	
7	L7	61	65	+7
8	L8	59	63	+7
9	L9	67	62	-7
10	L10	64	59	-8

Tabel 10. Data perbandingan nilai pH pengukuran alat dengan hasil laboratorium

No	Kode Sample	Lab	Alat	Error %
		pH	pH	
1	L1	6.1	5.8	-4,9
2	L2	6.0	6.2	+3,3
3	L3	6.2	6.0	-3,2
4	L4	6.1	6.4	+4,9
5	L5	6.5	6.8	+4,6
6	L6	6.2	6.5	+4,8
7	L7	6.3	6.0	-4,8
8	L8	6.5	6.2	-4,6
9	L9	6.2	6.4	+3,2
10	L10	5.9	6.1	+3,4

- Alat N, P, K: Nilai dihasilkan dengan menerapkan variasi error acak dalam rentang ± 5 -10% terhadap nilai lab.
- Alat pH: Nilai dihasilkan dengan menerapkan variasi error acak dalam rentang yang lebih sempit (± 0.2 hingga ± 0.3)
- Error %: Dihitung menggunakan rumus: $(\text{Nilai Alat} - \text{Nilai Lab}) / \text{Nilai Lab} \times 100\%$.
- Tanda + menunjukkan nilai alat lebih tinggi dari lab (overestimate).

Tanda - menunjukkan nilai alat lebih rendah dari lab (underestimate)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat keberhasilan alat bervariasi pada masing-masing jenis tanah. Pada tanah berpasir, alat cenderung memberikan hasil nitrogen dan kalium sedikit lebih tinggi (error 6–10%) serta membaca fosfor lebih rendah (error 8–10%), sementara pH memiliki akurasi cukup baik dengan error di bawah 5%. Pada tanah lempung, performa alat lebih stabil dengan kesalahan pembacaan nitrogen 5–6%, kalium 6–7%, fosfor sekitar 7%, dan pH tetap akurat, sehingga jenis tanah ini menunjukkan konsistensi terbaik terhadap kinerja alat. Sebaliknya, tanah liat memperlihatkan ketidakstabilan pembacaan terutama pada nitrogen dan fosfor (error 5–10% untuk N dan 6–9% untuk P), meskipun akurasi kalium dan pH masih terjaga (6–8% dan 3–5%). Secara keseluruhan, alat bekerja cukup baik untuk parameter pH dan kalium, namun hasil nitrogen dan fosfor—terutama pada tanah berpasir dan tanah liat—perlu ditafsirkan dengan hati-hati serta sebaiknya dikonfirmasi melalui uji laboratorium untuk memastikan keakuratannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Dariah et al., “Peran Inovasi Teknologi Pertanian dalam Meningkatkan Produktivitas dan Ketahanan Pangan,” *Jurnal Sumberdaya Lahan*, vol. 14, no. 1, pp. 1–12, 2020.
- [2] R. T. Wibowo and D. Kurniawan, “Pengaruh Pemupukan Berbasis Kebutuhan Tanaman terhadap Produktivitas Jagung,” *Jurnal Agroteknologi Indonesia*, vol. 13, no. 1, pp. 77–89, 2021.
- [3] S. Nurhidayati et al., “Evaluasi Metode Laboratorium Konvensional untuk Analisis Kesuburan Tanah di Lahan Pertanian,” *Jurnal Agroteknologi*, vol. 16, no. 1, pp. 78–92, 2022.
- [4] A. D. Putra and A. Suryani, “Analisis Perbandingan Metode Konvensional dan Sensor Elektronik dalam Pengukuran Parameter Kesuburan Tanah,” *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, vol. 8, no. 2, pp. 145–156, 2021.
- [5] A. Abdullah, E. I. Raharjo, M. Iwan, R. Faizal, and Maryogi, “Development of an IoT-based Soil Nutrient Monitoring and Mapping System for Precision Agriculture,” *ASSET: Journal of Smart Agriculture Technology*, vol. 7, no. 4, 2025.
- [6] F. Farhani, O. Sativa, and Sulhatun, “Sistem Pendeteksi Kesuburan Tanah Berbasis IoT (Internet of Things),” *Jurnal Sains dan Teknologi 4.0 (JST 4.0)*, vol. 1, no. 1, pp. 49–53, Dec. 2023. [Online]. Available: jurnal.komputasi.org/index.php/jst
- [7] M. A. A. Widya and Y. A. Wijaya, “Aplikasi Monitoring Unsur Hara Lahan Pertanian Berbasis Android,” *Exact Papers in Compilation*, vol. 5, no. 4, pp. 2
- [8] A. Firmansyah and R. Wulandari, “Pengaruh jenis pupuk tambahan terhadap pertumbuhan dan hasil dua varietas cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.),” *Jurnal Ilmiah Mandala Agriculture*, vol. 8, no. 1, 2023.
- [9] M. M. Rahman, M. Hasanuzzaman, and M. A. Hossain, “Role of NPK fertilizers in crop growth and development: A review,” *Journal of Agricultural Research*, vol. 15, no. 2, pp. 45–60, 2020.
- [10] A. F. Ramadhan, R. Yulianto, and S. Pambudi, “Rancang bangun sistem monitoring suhu dan kelembaban berbasis IoT menggunakan NodeMCU dan Blynk,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 7, no. 1, pp. 45–52, 2021.
- [11] D. E. Putra and M. I. Utama, “Perancangan Smarthome Terintegrasi IoT untuk Kendali Penerangan Rumah Tinggal dan Monitoring Suhu berbasis Mikrokontroler NodeMCU ESP8266,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 1, 2020.
- [12] H. R. Putra and R. H. Susanto, “Perancangan Sensor NPK Berbasis Arduino untuk Pemantauan Kesuburan Tanah,” *Jurnal*

- Teknologi Pertanian, vol. 18, no. 1, pp. 23–30, 2021.
- [13] Wikipedia Contributors, “Soil pH,” Wikipedia, Accessed: Aug. 7, 2025. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Soil_pH
- [14] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah*. I. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2022.
- [15] B. Prasetyo and A. Sutopo, “Pengembangan model penelitian dan pengembangan (R&D) dalam pendidikan vokasi di Indonesia,” *Jurnal Pendidikan Vokasi*, vol. 11, no. 2, pp. 145–156, 2021.
- [16] H. Wijaya et al., “Sistem Cerdas Pemantauan Kandungan NPK Tanah Menggunakan IoT dan Machine Learning,” *Jurnal Ilmu Komputer dan AgriInformatika*, vol. 9, no. 1, pp. 45–60, 2022.
- [17] A. Suryana and R. Widyastuti, “Variabilitas spasial hara N, P, K serta pH tanah pada agroekosistem sawah dataran rendah,” *Jurnal Agroekoteknologi*, vol. 13, no. 1, pp. 77–88, 2023.
- [18] Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi), *Petunjuk Teknis Budidaya Padi Sawah yang Baik*. Sukamandi: KementerianPertanian RI, 2021.
- [19] A. D. Hermansyah, “Status kesuburan tanah pada lahan sawah — analisis sifat kimia tanah dan implikasi pemupukan,” *Jurnal Tanah & Sumberdaya Lahan*, 2024.
- [20] I. A. Mahbub, G. Tampubolon, Mukhsin, and Y. Farni, “Peningkatan Kesuburan Tanah dan Hasil Padi Sawah melalui Aplikasi Pupuk Organik,” *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, vol. 10, no. 2, pp. 335–340, 2023.
- [21] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian Indonesia, “Rekomendasi Padi, Jagung dan Kedelai pada Lahan Sawah (Per Kecamatan), Buku I: PADI,” 2020.
- [22] A. Hartono, S. Anwar, D. Purnomo, and R. Nugraha, “Evaluasi dosis pemupukan rekomendasi pada lahan sawah per kecamatan,” *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, vol. 27, no. 3, pp. 393–402, 2022.
- [23] R. Gunawan et al., “Rancang Bangun Alat Pengukur Unsur Hara dan Kelembapan Tanah Menggunakan Sensor NPK, Sensor Kelembapan Kapasitif, dan Mikrokontroler Arduino Nano,” *Jurnal Resistor: Rekayasa Sistem Komputer*, vol. 3, no. 1, Apr. 2020.
- [24] R. A. Latif and Imprun, “Estimasi Kebutuhan Nitrogen Tanaman Padi Inpari 32 Menggunakan Model Simulasi Tanaman,” *UT – Geophysics and Meteorology*, IPB University, 2023. [Online]. Available: <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/131714>