

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah bukanlah sekadar entitas fisik, melainkan ekosistem dinamis yang menyediakan unsur hara, air, dan penopang bagi perakaran tanaman. Parameter seperti pH, suhu, dan kelembaban tanah secara langsung memengaruhi penyerapan nutrisi dan pertumbuhan tanaman. Jika terjadi ketidakseimbangan pada parameter tersebut, maka dapat terjadi penurunan produktivitas dan kualitas tanaman. Kondisi tanah yang tidak optimal dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan, serangan hama, hingga kegagalan panen.[1] Kualitas dan kesuburan tanah menjadi faktor penentu utama bagi kuantitas dan kualitas hasil panen. Dengan hasil panen yang berkualitas, petani dapat memperoleh nilai jual yang lebih tinggi, yang pada gilirannya akan meningkatkan kesejahteraan mereka dan mendorong keberlanjutan sektor pertanian. Meskipun demikian, pertanian Indonesia menghadapi tantangan serius terkait degradasi lahan. Praktik pertanian intensif yang tidak diimbangi oleh upaya konservasi telah menyebabkan penurunan kesuburan tanah di banyak wilayah. Sebuah studi oleh Ratmini dkk. (2021) menyoroti bahwa alih fungsi lahan dan pengelolaan yang kurang tepat menjadi penyebab utama penurunan kualitas tanah di berbagai sentra produksi pertanian Indonesia. Kondisi ini mendesak adanya inovasi dan pendekatan baru dalam pengelolaan lahan agar potensi pertanian nasional dapat dioptimalkan.[2]

Namun banyak mayoritas daerah di Indonesia yang mengadopsi praktik budidaya pertanian yang masih didominasi dengan pendekatan yang masih tradisional dan pengalaman turun-temurun tanpa dukungan data uji tanah yang memadai. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh hasan dkk (2024) para petani di desa panaikang, kecamatan minasatane, kabupaten pangkep, cenderung tidak mengetahui terhadap masalah kesuburan tanah yang dapat menjadi salah satu penyebab utama menurunnya hasil produksi pertanian. Studi tersebut menemukan bahwa sebagian besar petani belum menyadari pentingnya parameter seperti pH, N (Nitrogen), P (Fosfor), dan K (Kalium) dalam tanah sawah mereka, sehingga

mereka tidak dapat merencanakan tindakan perbaikan kesuburan tanah secara tepat.[3]

Berdasarkan observasi lapangan yang dilakukan penulis di wilayah Legok, Serpong, dan BSD, ditemukan bahwa banyak petani mengalami hasil panen yang tidak optimal. Masalah ini berakar pada kuatnya ketergantungan pada metode pertanian tradisional turun-temurun yang seringkali mengabaikan parameter ilmiah krusial, terutama kesesuaian pH tanah. Terungkap bahwa mayoritas petani kurang memiliki pengetahuan yang cukup mengenai pH tanah dan dampaknya terhadap penyerapan nutrisi tanaman. Perilaku ini didorong oleh motivasi untuk segera panen demi keuntungan jangka pendek, sehingga kesehatan lahan tidak menjadi prioritas. Akibatnya, praktik pemupukan menjadi tidak efisien dan seringkali berlebihan atau kurang karena hanya berdasarkan kebiasaan, bukan kebutuhan yang diperlukan tanah. Kondisi ini menciptakan sebuah siklus yang merugikan. Penggunaan pupuk menjadi sia-sia karena pH tanah yang tidak sesuai akan menghambat penyerapan nutrisi oleh tanaman, sebanyak apa pun pupuk yang diberikan [4]. Hal ini sejalan dengan penelitian yang mengonfirmasi bahwa rendahnya pengetahuan teknis menjadi penghalang utama produktivitas petani di Indonesia (Purwanto dkk., 2021). Kombinasi antara metode tradisional, kesenjangan pengetahuan tentang kesehatan tanah, dan orientasi ekonomi jangka pendek telah menyebabkan produktivitas yang stagnan dan merugikan petani di wilayah tersebut.[5]

Berdasarkan observasi lanjutan dan koordinasi dengan Balai Penyuluhan Pertanian (BPP) Caringin, kabupaten Tangerang, terdapat 20 petani aktif yang dipekerjakan oleh BPP terbagi dari beberapa kelompok tani. Kelompok tani ini merupakan petani-petani lokal yang membudidayakan beberapa lahan tanaman yang dimiliki BPP Caringin, dengan rentang usia 28 sampai 60 tahun dengan pengalaman yang beragam. Sebagian petani disana cenderung mengikuti arahan dari penyuluhan BPP dalam membudidayakan lahan pertanian dan sebagian ada yang masih mengandalkan intuisi dan pengalaman dalam menentukan jenis tanaman dan pemupukan. Dalam wawancara yang dilakukan penulis, para petani di BPP kerap memiliki masalah yang sama yaitu kesulitan dalam menentukan kesesuaian tanaman terhadap kondisi lahan secara mandiri dan masih perlu bantuan penyuluhan.

Adapula petani yang memiliki masalah dengan hasil cocok tanam mereka yang tidak merata. Oleh karena itu, dari 20 petani di BPP ini merepresentasikan permasalahan nyata di lapangan dan menjadi target utama penerapan sistem IoT yang dikembangkan, sekaligus sebagai responden dalam pengujian penerimaan pengguna *User Acceptance Testing* (UAT) yang dibahas pada Bab IV.

Faktor-faktor yang dijelaskan di diatas banyak belum diketahui oleh petani yang membuat para petani kesulitan dalam menentukan jenis tanaman yang tepat untuk ditanam, sehingga untuk dapat menanam tanaman yang di inginkan, petani memberikan pupuk yang tidak jarang cenderung tidak sesuai proporsi kondisi tanah. Sayangnya, banyak petani yang tidak menyadari akan kondisi tanahnya yang memburuk. Sejatinya, pada saat mengelola usahataninya, petani perlu mengetahui kondisi kualitas tanahnya. Melakukan pengujian kualitas tanah secara periodik diperlukan untuk mengetahui kapasitas tanah agar dapat digunakan untuk saat ini dan masa mendatang.

Cara yang paling akurat dan mudah bagi petani untuk menguji kesuburan tanah yaitu dengan penggunaan PUTS (Perangkat Uji Tanah Soil Test kit). Dalam prakteknya sendiri, banyak petani yang merasa telah memahami pentingnya pengukuran kesehatan tanah dan tergerak akan menggunakan PUTS. Namun harganya yang mahal dan alat serta bahan yang sulit didapatkan membuat petani kurang percaya diri untuk menggunakannya.[6] PUTS sendiri, dirancang untuk mengukur parameter kesuburan tanah yang berfokus pada N (Nitrogen), P (Fosfor), K (Kalium) dan pH. Teknis pengukuran dari PUTS memerlukan sampel tanah yang dicampur dengan larutan ekstraksi kit yang membuat reaksi kimia antara ion (N, P, K) dan reagen menghasilkan perubahan warna atau endapan yang proporsional dengan konsentrasi unsur. Pembacaan dilakukan secara colorimetric (membandingkan warna hasil reaksi dengan skala warna pada kartu panduan) [7].

Penggunaan PUTS relatif lebih murah jika dihitung secara per pengujian dibandingkan analisis total di laboratorium karena dapat digunakan langsung di lapangan. Petani dapat memahami penggunaannya lewat pelatihan atau penyulihan tentang panduan menggunakan PUTS. Tapi pada nyatanya, penggunaan PUTS bergantung pada reagen kimia yang harus di isi ulang dan memiliki umur simpan

tertentu yang menjadikan nya suatu hambatan utama bagi petani untuk dipakai secara jangka panjang. Secara akurasi dan kuantifikasi, metode colorimetric lapangan lebih rentan terhadap kesalahan pembacaan warna (subjektif), kondisi pencahayaan, dan kurang sensitif dibanding analisis laboratorium instrument (ICP, spektrofotometer) [8]. Dan untuk memahami penggunaan PUTS diperlukan pelatihan dan pendampingan, seperti contohnya studi lapangan di yogyakarta menunjukkan pelatihan satu sampai dua hari dapat meningkatkan pengetahuan penggunaan PUTS tapi belum cukup untuk menumbuhkan kemandirian pada petani dalam menggunakan PUTS. Perihal tersebut membuat Petani masih sering membutuhkan pendampingan lanjutan dan menjadi hambatan non-teknis yang membuat petani sungkan menggunakan PUTS [9].

Di sisi lain, pengujian kesuburan tanah dengan pendekatan menggunakan IoT (Internet of Things) membaca parameter nya dengan menggunakan sensor elektronik yang ditempatkan di tanah untuk membaca parameter secara elektrik/elektro-fisik dan mengirim data real-time ke platform (mikrokontroler + modul komunikasi, server/ dashboard). Parameter yang paling umum di ambil dengan penggunaan sensor IoT seperti soil moisture (kelembaban), soil temperature (thermistor/DS18B20), soil pH (probe elektrode pH), serta ada penelitian yang mencoba mengestimasi NPK menggunakan sensor ion-selective electrodes, elektroda konduktivitas (EC), atau sensor komersial NPK [10]. Pendekatan IoT terhadap sektor pertanian juga memiliki hambatan tersendiri terhadap lingkungan dan pengguna nya, khususnya petani. Hambatan yang paling sering terjadi dalam penggunaan IoT di sektor pertanian adalah akses internet, dan biaya awal yang cukup mahal, serta keraguan petani pada tingkat akurasi sensor dalam memberikan indikasi parameter yang masih belum setara akurat dengan analisis kimia di laboratorium secara manual atau menggunakan PUTS, khususnya dalam membaca parameter unsur NPK tanah. walaupun begitu penggunaan sensor dalam IoT secara statistik lebih unggul dalam membaca parameter yang lain seperti parameter suhu, kelembaban, dan pH tanah. sensor IoT lebih unggul dalam membaca parameter tersebut [11].

Keunggulan dari sensor IoT tersebut disebabkan karena sifat alami tanah yang tingkat kesuburnannya dapat berubah-ubah mengikuti iklim dan perubahan kandungan mineral yang terkandung di dalam tanah mengikuti lingkungan sekitar dan perawatannya. Penggunaan sistem IoT dalam sektor pertanian dapat dilakukan secara kontinu dan real-time yang memungkinkan petani dapat memantau kondisi lahan setiap saat. Karena keunggulan sistem IoT dapat memberikan data monitoring lahan yang terkini, memungkinkan petani memanajemen pemberian air, dan pupuk pada lokasi dan waktu yang diperlukan. Dengan begitu petani dapat mengurangi beban kerja dan mengefisiensi penggunaan air dan pupuk secara berkala, serta dapat meningkatkan produksi dan kualitas tanaman yang lebih baik [12].

Dengan mengacu pada tantangan dan masalah yang dihadapi oleh para petani sebelumnya, penulis menawarkan sebuah solusi dengan melakukan pendekatan dengan menggunakan IoT melalui pengumpulan data kesuburan tanah dengan pemanfaatan sensor suhu untuk mengukur suhu di dalam tanah, sensor kelembaban untuk mengukur kelembaban tanah, dan penggunaan sensor pH untuk menentukan range pH tanah. Ketiga poin tersebut akan diambil dan di kalkulasi untuk mendapatkan rekomendasi tanaman terbaik untuk ditanam lahan tanah tersebut, dengan mencantumkan *output* hasil pengukuran seperti parameter suhu, kelembaban, dan range pH suatu lahan tanah. Hasil yang ingin dicapai oleh penulis pada penelitian ini yaitu dengan pendekatan implementasi perangkat IoT dapat bermanfaat bagi petani untuk menjawab masalah dan membantu petani untuk mendapat hasil pertanian yang lebih baik berdasarkan kualitas tanah yang diuji oleh perangkat IoT.

Sebagai salah satu wilayah penyangga ibu kota, wilayah Legok, Serpong, dan BSD di provinsi Banten memiliki peran sebagai sentra produksi hortikultura untuk memenuhi permintaan pasar Jabodetabek. Analisis data dari jurnal relevan selama tiga tahun terakhir, yang divalidasi melalui wawancara mendalam dengan pakar dari Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, menunjukkan empat komoditas utama yang dominan dibudidayakan, yaitu bayam, cabai, kangkung, dan melon.[13]

Fokus pada komoditas ini sangat relevan mengingat tingginya permintaan pasar dan nilai ekonominya. Hal ini didukung oleh data serial dari Badan Pusat Statistik (BPS) dalam tiga tahun terakhir, yang secara konsisten menyoroti pentingnya subsektor hortikultura, khususnya sayuran daun dan cabai, sebagai kontributor signifikan bagi perekonomian pertanian di tingkat kabupaten/kota maupun provinsi (BPS, 2023; 2024; 2025). Data tersebut mengonfirmasi bahwa komoditas-komoditas ini merupakan pilihan strategis bagi petani di wilayah Legok, Serpong, dan BSD yang menargetkan pasar perkotaan yang dinamis.[14]

1.2 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan diatas, rumusan identifikasi masalah pada penelitian ini terdiri dari pertanyaan penelitian berikut, yaitu:

1. Bagaimana penerapan teknologi IoT dapat digunakan menjadi solusi untuk menganalisis kesuburan tanah berdasarkan parameter pH, suhu, dan kelembaban serta menghasilkan rekomendasi jenis tanaman yang sesuai dengan kondisi lahan petani?
2. Bagaimana tingkat keandalan dan konsistensi perangkat IoT yang dikembangkan dalam mengukur parameter tanah di banding dengan alat yang memiliki fungsi serupa?
3. Bagaimana tingkat penerimaan petani terhadap perangkat IoT yang dikembangkan ditinjau dari aspek fungsionalitas, kemudahan penggunaan, dan manfaat dalam mendukung penentuan kualitas tanah dan keputusan pertanian?

1.3 Batasan Penelitian

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah disebutkan diatas, berikut merupakan batasan masalah dari penelitian ini:

1. Penelitian yang dilakukan difokuskan dengan kondisi tanah yang berada di sekitar daerah Legok, Serpong, dan BSD.
2. Parameter kesuburan tanah yang diukur dan dianalisis hanya terbatas pada tiga aspek, yaitu suhu tanah, kelembaban tanah, dan tingkat keasaman (pH) tanah.

3. Rekomendasi tanaman yang menjadi opsi pilihan tanaman yang dihasilkan oleh sistem yang dibuat penulis dibatasi pada empat jenis tanaman, yaitu bayam, cabai, kangkung, dan melon.
4. Pengujian penelitian ini hanya menggunakan teknik pendekripsi kesuburan tanah yang diambil dengan cara memasukan ujung sensor ke dalam tanah
5. Pengujian akurasi dengan multi sampling di lahan kangkung dan cabai hanya dilakukan pada sisi samping lahan secara memanjang.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sebuah perangkat IoT yang mampu melakukan analisa data suhu, kelembaban, dan pH tanah untuk memudahkan petani lokal dalam membuat keputusan penanaman jenis tanaman yang lebih baik untuk ditanam di lingkungan lahan tanah berdasarkan kondisi aktual parameter suhu, kelembaban, dan pH lahan mereka.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat didapatkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menyediakan sebuah alat bantu praktis berbasis IoT lahan guna membantu petani untuk menentukan rekomendasi tanaman yang paling sesuai dengan kondisi lahan, sehingga mengurangi risiko gagal panen dan berpotensi meningkatkan pendapatan petani.
2. Menjadi model referensi ilmiah yang dapat direplikasi dan menjadi bahan pertimbangan dalam merumuskan kebijakan terkait modernisasi dan digitalisasi penerapan IoT pada sektor pertanian Indonesia.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian ini disusun dengan beberapa bagian untuk mempermudah pembacaan dan pemahaman pada bahasan penelitian ini.

1. Bab 1 akan membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, Batasan penelitian, tujuan penelitian, dan manfaat dari penelitian yang dilakukan oleh penulis.

2. Bab 2 akan membahas tentang penulis melakukan pencarian dan mempelajari penelitian terdahulu yang terkait pada penelitian yang akan dilakukan guna untuk referensi penelitian dan perbaikan untuk mengoptimalkan sistem yang akan dibuat oleh penulis. Selain itu akan dibahas juga deskripsi dari teknologi yang akan dipakai oleh penulis.
3. Bab 3 akan membahas tentang penulis melakukan perancangan umum dari keseluruhan sistem yang akan dibuat oleh penulis, mulai dari arsitektur sistem, cara kerja, dan sub sistem yang akan diimplementasikan.
4. Bab 4 akan membahas tentang penulis melakukan implementasi dan pengujian pada sistem penelitian yang sudah dibuat. Berisi juga tentang kendala dan solusi terhadap masalah saat proses implementasi yang dilakukan oleh penulis.
5. Bab 5 akan membahas tentang kesimpulan beserta saran saran terhadap penelitian selanjutnya berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis.

