

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Justifikasi Solusi

Penelitian yang dibuat oleh penulis mengambil dari beberapa sumber penelitian terkait dengan rancang bangun alat Internet of Things (IoT) yang mengambil di bidang pertanian

2.1.1 Soil pH and Plant Nutrition. In Soil Science: Fundamentals to Recent Advances [15]

Penelitian ini menunjukkan bahwa kesuburan tanah ditentukan oleh interaksi kompleks. Di antara berbagai faktor, tiga parameter yang paling krusial dan secara langsung dapat dimonitor adalah pH, suhu, dan kelembaban tanah. pH tanah adalah regulator utama ketersediaan unsur hara. Setiap tanaman memiliki rentang pH spesifik untuk pertumbuhan optimal, di mana penyerapan nutrisi esensial seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) berada pada level tertinggi. Ada juga Suhu tanah berpengaruh vital terhadap proses perkecambahan, laju pertumbuhan akar, dan aktivitas mikroorganisme tanah yang mendekomposisi bahan organik. Suhu yang fluktuatif atau ekstrem dapat menyebabkan stres pada tanaman.[6] Walaupun begitu ketiga faktor tersebut banyak tidak ketahui oleh petani yang membuat para petani kesulitan dalam menentukan jenis tanaman yang tepat untuk ditanam, sehingga dapat menyebabkan hasil produksi yang tidak maksimal yang disebabkan oleh faktor seperti kadar pH yang berubah-ubah, kelembaban tanah yang berlebihan atau kurang, suhu panas yang tinggi atau fluktuasi cuaca [7].

2.1.2 Analisis Lahan dan Rekomendasi Tanaman Pada Sistem Pertanian

Cerdas Berbasis IoT [16]

Penelitian ini membuktikan kelayakan penggunaan teknologi IoT dengan metode *Fuzzy Logic* untuk memberikan rekomendasi tanaman di

daerah Kampung Durian Tarung, yang terletak di kelurahan Pasar Ambacang, kecamatan Kuranji, kota Padang, provinsi Sumatera Barat. Masalah utama penelitian tersebut adalah keterbatasan informasi mengenai kondisi lahan dan kesulitan dalam menentukan jenis tanaman yang tepat, yang seringkali hanya bergantung pada kebiasaan dan perkiraan sehingga hasil produksi menjadi tidak maksimal. Hasil dari uji coba purwarupa pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mengukur kondisi lahan secara akurat. Pada satu sesi pengujian dengan data input spesifik (suhu 28.90°C, kelembaban tanah 73%, kelembaban udara 70%, dan pH 6.20), sistem melakukan kalkulasi *fuzzy*. Berdasarkan evaluasi aturan *fuzzy*, tanaman. Penelitian tersebut mendapat hasil bahwa buah terong memperoleh nilai kecocokan tertinggi, mencapai 100% setelah proses defuzzifikasi, dan direkomendasikan sebagai tanaman yang paling sesuai. tanaman lain seperti cabai (33.33%), jagung (22.22%), dan kacang tanah (11.71%) menunjukkan tingkat kecocokan yang lebih rendah. Penelitian ini berhasil membuktikan bahwa teknologi IoT dapat menjadi solusi efektif untuk membantu petani dalam pengambilan keputusan tanam yang lebih baik. Penelitian tersebut menjadi landasan yang kuat dan relevan bagi penelitian yang dibuat penulis dalam hal masalah utama, arsitektur sistem dan pemanfaatan sensor.

2.1.3 Inovasi Uji Tanah: Pengambilan Keputusan Petani [17]

Tinjauan penelitian ini menyatakan Meskipun PUTS (Perangkat Uji Tanah Sawah) memiliki karakteristik inovasi yang tinggi dan mudah digunakan, hasil cepat diketahui, dan sesuai dengan kebutuhan petani, hasil penelitian lapangan menunjukkan bahwa banyak petani belum siap mengadopsi PUTS secara mandiri. Penelitian kuantitatif yang dilakukan di Daerah Istimewa Yogyakarta pada tahun 2024 terhadap 170 petani (Sleman, Bantul, dan Kulon Progo) mengungkap bahwa kendala utama bukan terletak pada pemahaman teknis alat, melainkan pada faktor kepercayaan diri, ekonomi, serta kelembagaan. Walaupun pelatihan

teknis telah dilakukan selama 1–2 hari dan meningkatkan pemahaman mengenai manajemen kesuburan tanah, dampaknya terhadap perubahan perilaku petani masih terbatas. Banyak petani merasa belum yakin mengoperasikan PUTS tanpa pendampingan penyuluhan. Hal ini memperlihatkan bahwa pelatihan singkat belum cukup untuk membangun kemandirian petani dalam penggunaan alat uji tanah. PUTS membutuhkan larutan kimia *refill* yang masa pakainya terbatas dan harganya relatif mahal bagi sebagian petani kecil. Selain itu, ketersediaan bahan *refill* dan komponen alat tidak mudah diakses di tingkat petani. Kondisi ini membuat petani enggan berinvestasi dalam penggunaan PUTS secara rutin. Tidak adanya norma atau aturan yang jelas mengenai penggunaan PUTS milik kelompok tani menyebabkan sebagian petani enggan atau sungkan menggunakanannya. Kesadaran kolektif terhadap pentingnya pengukuran kesuburan tanah pun masih terbatas. Akibatnya, walaupun alat tersedia di kelompok tani, tingkat pemanfaatannya masih rendah. Banyak petani masih mengandalkan tanda-tanda visual dari tanaman dan pengalaman turun-temurun dalam menentukan dosis pupuk atau jenis tanaman, bukan berdasarkan data uji tanah. Faktor ini memperkuat kecenderungan mereka untuk tidak menggunakan PUTS secara aktif meskipun telah mendapatkan sosialisasi dan pelatihan.

2.2 Tinjauan Teori

Berikut beberapa dasar teori yang terdapat pada perencanaan sistem yang akan dibangun.

2.2.1 Internet of Things (IoT)

Konsep Internet of Things (IoT) adalah hubungan dan komunikasi melalui jaringan internet antara perangkat seperti sensor, perangkat elektronik, dan objek lainnya. Penggunaan IoT memungkinkan pengguna dapat terkoneksi untuk melakukan berbagai aktivitas, mulai dari pencarian informasi hingga pengolahan data, tanpa perlu campur tangan manusia. tujuan utama dari penggunaan IoT adalah komunikasi yang terhubung secara otomatis untuk meningkatkan efisiensi.

Sistem IoT bekerja dengan cara menghubungkan perangkat yang memiliki alamat IP unik ke internet. Alamat IP ini memungkinkan setiap perangkat untuk dikenali secara individu dalam jaringan dan berkomunikasi satu sama lain. Berbagai perangkat yang biasa kita temui sehari-hari, seperti sensor, kamera, dan speaker, adalah beberapa contoh dari objek yang dapat terhubung ke IoT. [18]

2.2.2 IoT dalam bidang pertanian

Teknologi IoT dalam sektor pertanian digunakan untuk mencapai berbagai tujuan, seperti penggunaan sensor untuk mendeteksi kondisi lingkungan seperti kelembaban tanah, suhu udara, dan tingkat pH suatu lingkungan tanaman. Data yang dihasilkan dari sensor dapat dianalisa untuk mendapat informasi yang dapat membantu petani dalam membuat keputusan yang tepat, misalnya mengatur irigasi secara otomatis berdasarkan kebutuhan tanaman dan pemberian nutrisi yang sesuai.

Sebagai teknologi modern, IoT memberikan berbagai manfaat dalam sektor pertanian. Penerapan IoT dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas dengan cara mengurangi pemborosan sumber daya sekaligus memperbaiki hasil panen melalui pemantauan yang lebih akurat dan pengambilan keputusan yang cepat. Selain itu, IoT juga mampu menyediakan data secara real-time sehingga petani dapat memantau kondisi lahan dan tanaman dengan lebih tepat serta menyesuaikan tindakan sesuai dengan perubahan yang terjadi di lapangan. Teknologi ini juga mendukung sistem otomatisasi, misalnya pada pengairan berbasis kelembaban tanah, yang tidak hanya menghemat biaya tetapi juga meminimalisasi penggunaan air. Lebih lanjut, IoT memungkinkan pemantauan tanaman dan lingkungan secara berkelanjutan sehingga potensi ancaman seperti serangan hama, penyakit, maupun perubahan cuaca dapat diidentifikasi sejak dini. Dengan adanya analisis data, IoT juga berperan penting dalam prediksi cuaca dan kondisi pertanian, yang pada akhirnya membantu petani dalam merencanakan kegiatan tanam secara lebih efektif dan berkelanjutan[19].

2.2.3 ESP32



Gambar 2. 1 Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan modul mikrokontroler yang dilengkapi dengan dua prosesor, di mana salah satunya berfungsi untuk menangani koneksi *Wi-Fi* dan *Bluetooth*, sementara prosesor lainnya digunakan untuk menjalankan aplikasi. Modul ini juga memiliki kapasitas RAM yang memadai untuk penyimpanan data. Sebagai generasi penerus dari ESP8266, ESP32 menawarkan kemampuan yang lebih unggul dan fleksibel. Dengan kemampuannya untuk terhubung ke internet secara mudah, ESP32 menjadi pilihan tepat dalam berbagai proyek IoT. Modul ini mampu mengolah sinyal analog maupun mengontrol perangkat input-output (*I/O*) digital. Selain itu, ESP32 tersedia dalam bentuk modul mandiri maupun papan sirkuit terpadu (PCB) yang praktis digunakan dalam pengembangan sistem berbasis IoT.[20]

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

2.2.4 Sensor DS18B20



Gambar 2. 1 Sensor DS18B20

Sensor ini merupakan salah satu sensor suhu yang dapat menghasilkan pembacaan suhu 9 bit hingga 12 bit. DS18B20 juga dilengkapi unique 64-bit serial number yang memungkinkan banyak sensor dihubungkan pada satu bus 1-Wire dan tetap bisa dibedakan oleh mikrokontroler [21]. Sensor ini memiliki kisaran deteksi suhu -55°C hingga 125°C dan juga memiliki akurasi $+0,5^{\circ}\text{C}$ ketika kisaran suhu melebihi -10°C hingga 85°C sebagai tambahan. Selain itu, DS18B20 dapat ditenagai langsung dari saluran data tanpa memerlukan catu daya eksternal.[22]

UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

2.2.5 Sensor Capacitive soil moisture



Gambar 2. 2 Sensor Capacitive Soil Moisture

Sensor soil moisture merupakan sebuah sensor yang dapat mengukur kadar air atau kelembaban tanah. Sensor ini biasa digunakan pada suatu tanaman. [23] Sensor kelembaban tanah secara umum dibedakan menjadi dua jenis, yaitu resistif dan kapasitif. Sensor tipe kapasitif berkembang sebagai alternatif yang lebih unggul karena mampu memberikan tingkat akurasi yang lebih baik sekaligus memiliki daya tahan yang lebih tinggi. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip kapasitansi, di mana perubahan kadar air dalam tanah akan mempengaruhi nilai kapasitansi yang dihasilkan, sehingga memungkinkan pengukuran kelembaban tanah secara lebih stabil dan presisi. Berbeda dengan sensor resistif yang menggunakan konduktivitas listrik dan cenderung rentan terhadap korosi, sensor kapasitif mampu meminimalisasi permasalahan tersebut sehingga memiliki umur pakai yang lebih panjang. Dengan demikian, penggunaan sensor kelembaban tanah berbasis kapasitif dianggap lebih andal untuk aplikasi jangka panjang, termasuk dalam sistem IoT di bidang pertanian.[24]

2.2.6 Sensor pH tanah



Gambar 2. 3 Sensor pH Tanah

Sensor ini digunakan pada penelitian penulis untuk mengukur keasaman tanah (pH) dengan akurasi tinggi dan sinyal yang stabil. Sensor ini dapat memudahkan pemantauan kondisi tanah khususnya pada project IoT yang melibatkan pertanian pintar atau konservasi air, karena menyediakan pembacaan cepat dan mudah melalui interface digital. Sensor pH tanah yang dipilih penulis memiliki kelebihan dimana sensor memiliki ketepatan pengukuran pH hingga ($\pm 0,3$ pH) dan tahan air, serta memiliki respons kurang dari 15 detik yang cukup untuk digunakan project yang perlu pemantauan real-time.[25]

2.2.7 ESP32 Web Server Access Point

ada mikrokontroler ESP32 memiliki fitur dimana ESP32 dapat dikonfigurasikan sebagai *wifi access point* (AP) yaitu ESP32 ini dapat membentuk jaringan wifi mandiri sendiri sehingga perangkat lain seperti smartphone dan laptop dapat terhubung melalui browser tanpa perlu koneksi *router* atau koneksi internet. Perangkat lain dapat langsung terhubung dan berinteraksi dengan ESP32 seperti mengakses web dashboard atau mengirim data langsung melalui alamat IP lokal yang disediakan oleh ESP32[26].

Penggunaan mode *access point* memungkinkan fungsi *web server* berjalan diluar jaringan internet, yang dimana penggunaan *access point* ini sangat ideal untuk diaplikasikan pada IoT yang bertemakan pertanian atau project yang membutuhkan pemantauan lapangan, karena ESP32

menghosting sendiri jaringan pada servernya. Pengguna cukup mencari SSID yang sudah dikonfigurasikan di ESP32 lalu sambungkan melalui wifi dan membuka IP address melalui browser. Metode ini sangat praktis untuk perangkat IoT yang diharuskan melakukan pemantauan lapangan.

[27]

2.2.8 Parameter Karakteristik Tanah

Untuk pemilihan karakteristik tanah yang ingin digunakan pada penelitian ini, penulis melakukan observasi dan wawancara langsung kepada bapak Tri Saksono selaku humas di *Indonesian Center for Agricultural Engineering Research and Development (ICEARD)* atau Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian (BRMP) yang bernaung langsung dibawah kementerian pertanian Indonesia. Penulis bertanya soal tanaman yang paling sering ditanam di wilayah Legok, Serpong, dan BSD yang dimana daerah tersebut menjadi batasan penelitian penulis. Dari wawancara dan observasi lapangan yang dilakukan penulis muncul empat jenis tanaman yang akan penulis gunakan sebagai parameter rekomendasi tanaman yang dipakai sebagai parameter dasar. Jenis dan parameter tanaman yang dipilih penulis adalah sebagai berikut;

Tabel 2. 1 Parameter Rekomendasi Tanaman

| Nama Tanaman | Suhu tanah ideal | Kelembaban tanah ideal | pH tanah ideal |
|--------------|------------------|------------------------|----------------|
| Bayam | 17°C - 28°C | 40% - 60% | 6.0 - 7.0 |
| Cabe | 24°C - 28°C | 60% - 80% | 5.5 - 7.0 |
| Kangkung | 25°C - 30°C | 80% - 100% | 5.5 - 7.0 |
| Melon | 25°C - 30°C | 70% - 80% | 6.0 - 7.2 |

Penulis mendapat data parameter yang ada diatas tabel ini dari perhitungan rata-rata dan mencari beberapa data jurnal yang relevan agar mendapat parameter yang tepat. Dan parameter yang penulis dapatkan sudah dibenarkan oleh pihak BRMP bahwa nilai parameter kurang lebih sudah tepat untuk sebatas parameter suhu tanah, kelembaban tanah, dan pH tanah yang ideal untuk tanaman.