

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris yang sangat bergantung pada sektor pertanian, dengan kelapa sawit sebagai salah satu komoditas unggulan yang memberikan kontribusi signifikan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional. Minyak kelapa sawit memiliki peran strategis dalam berbagai industri, mulai dari pangan hingga energi terbarukan[1]. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan, luas lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2021 mencapai 16,38 juta hektar, yang terdiri dari 6,72 juta hektar lahan sawit rakyat, 6% dikelola oleh BUMN/pemerintah, dan 8,68 juta hektar dikelola oleh perusahaan swasta[2]. Sepanjang tahun 2024, minyak kelapa sawit tercatat sebagai minyak nabati yang paling banyak dikonsumsi di dunia. Keberlanjutan produktivitas kelapa sawit sangat bergantung pada tingkat kesuburan tanah, terutama kandungan unsur hara seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K) (NPK), serta tingkat keasaman tanah (pH). Selain itu, parameter tambahan seperti suhu dan kelembapan tanah juga mulai menjadi perhatian dalam mendukung efektivitas penyerapan unsur hara oleh tanaman[3].

Kesuburan tanah merupakan faktor utama dalam keberhasilan budidaya kelapa sawit. Namun, tantangan terbesar dalam pengelolaan lahan perkebunan adalah monitoring dan pemeliharaan kondisi tanah yang hingga kini masih banyak dilakukan secara manual dan konvensional. Deteksi kandungan unsur hara sangat penting untuk menentukan kebutuhan pupuk tambahan guna meningkatkan produktivitas dan kualitas tanah. Unsur hara N, P, dan K memiliki peran vital dalam proses fotosintesis, perkembangan akar, serta pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Di samping itu, parameter lingkungan seperti suhu dan kelembapan tanah juga dapat memengaruhi ketersediaan dan penyerapan unsur hara tersebut oleh tanaman. Sayangnya, mayoritas petani masih mengandalkan metode tradisional dalam menentukan kesuburan tanah dan belum memperhitungkan pengaruh variabel lingkungan tersebut secara optimal[4]. Berdasarkan fakta

tersebut, tantangan utama dalam perkebunan kelapa sawit adalah ketidakmampuan petani dalam memperoleh data yang akurat mengenai kandungan unsur hara dalam tanah. Penggunaan metode tradisional tidak hanya memakan waktu, tetapi juga sering kali menghasilkan estimasi yang kurang tepat, sehingga berpotensi menyebabkan pemborosan pupuk, degradasi tanah, serta penurunan hasil panen. Selain itu, kesulitan dalam menentukan jenis pupuk yang tepat sering terjadi akibat keterbatasan data lingkungan yang diperoleh secara manual[5].

Sebagai solusi dari permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem pengukuran tingkat kesuburan tanah berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560, yang tidak hanya menggunakan sensor NPK dan sensor pH untuk mendeteksi kandungan unsur hara dan keasaman tanah secara digital, tetapi juga menambahkan sensor suhu dan kelembapan tanah untuk memperkaya akurasi data lingkungan. Sistem ini memungkinkan petani mendapatkan informasi kandungan unsur hara, tingkat keasaman, serta kondisi suhu dan kelembapan tanah secara *real-time* melalui tampilan layar LCD. Dengan demikian, unsur-unsur yang terkandung di dalam tanah dapat diketahui secara langsung oleh petani[6]. Dengan implementasi sistem ini, petani dapat memahami unsur-unsur penting pada tanah, sehingga dapat lebih efisien dalam menentukan jenis pupuk yang sesuai serta meminimalisasi kesalahan dalam pemberian pupuk.

Teknologi berbasis Arduino dan sensor telah terbukti mampu memberikan akurasi tinggi dalam mendeteksi kandungan unsur-unsur pada tanah, sebagaimana yang telah diterapkan dalam berbagai penelitian sebelumnya. Penelitian tersebut menyebutkan bahwa deteksi kondisi tanah dapat dilakukan secara otomatis menggunakan sensor NPK dan pH, yang mampu mengidentifikasi kecukupan pemberian pupuk melalui teknologi digital. [6]. Dengan adanya sistem ini, petani dan pengelola perkebunan kelapa sawit dapat mengambil keputusan yang lebih tepat dalam pengelolaan kesuburan tanah, serta meningkatkan hasil panen melalui pemanfaatan teknologi berbasis mikrokontroler yang lebih efisien dan berkelanjutan[7].

Dalam penelitian ini, penulis mengembangkan sistem pengukuran kesuburan tanah berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang mampu

mengukur unsur hara NPK, pH tanah, serta kondisi suhu dan kelembapan tanah secara *real-time*. Data yang diperoleh digunakan untuk menentukan strategi pemupukan yang tepat dan efisien. Berdasarkan permasalahan terkait pengelolaan kesuburan tanah dan kebutuhan akan sistem monitoring yang lebih lengkap dan otomatis, penulis menyusun tugas akhir dengan judul “ Sistem Pengukur Tingkat Kesuburan Tanah Pada Perkebunan Kelapa Sawit Berbasis Mikrokontroler Dengan Metode *Fuzzy Logic*”. Sistem ini diharapkan dapat membantu petani atau pengelola perkebunan dalam pengambilan keputusan yang lebih efektif dan berbasis data, guna meningkatkan hasil produksi kelapa sawit secara berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di sebutkan di atas maka di dapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem berbasis mikrokontroler yang dapat mengukur kandungan NPK dan pH tanah secara digital?
2. Bagaimana mengintegrasikan data dari sensor NPK, pH, suhu, dan kelembapan dalam satu tampilan yang informatif?
3. Bagaimana menerapkan logika *fuzzy* untuk menganalisis data sensor dan memberikan rekomendasi pemupukan yang tepat?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian dan perancangan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem berbasis mikrokontroler yang mampu mengukur kadar unsur hara NPK dan pH tanah secara digital dan *real-time*.
2. Menampilkan hasil pengukuran dari seluruh sensor (NPK, pH, suhu, dan kelembapan) secara informatif melalui LCD.
3. Menerapkan metode logika *fuzzy* untuk mengolah data sensor dan menghasilkan rekomendasi pemupukan yang tepat, efisien, dan adaptif terhadap kondisi tanah.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang di harapkan dalam penelitian dan perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem ini dapat menjadi alat bantu dalam memantau kesuburan tanah secara *real-time* melalui pengukuran unsur hara NPK, pH, suhu, dan kelembapan tanah, sehingga memudahkan pengambilan keputusan dalam pemupukan yang lebih tepat dan efisien.
2. Penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem monitoring kesuburan tanah berbasis mikrokontroler yang terintegrasi dengan metode logika *fuzzy* untuk analisis dan pemberian rekomendasi pupuk.
3. Penelitian ini dapat memperkaya literatur di bidang teknologi pertanian presisi serta menjadi dasar untuk penelitian lanjutan dalam pengembangan sistem berbasis sensor dan kecerdasan buatan di sektor agrikultur.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian dan pereancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada perancangan dan implementasi sistem pengukur kesuburan tanah menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560.
2. Parameter tanah yang diukur terbatas pada kandungan unsur hara Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), tingkat keasaman tanah (pH), suhu, dan kelembapan tanah.
3. Data hasil pengukuran ditampilkan secara *real-time* melalui layar LCD yang terpasang pada sistem.
4. Metode analisis yang digunakan dalam sistem adalah logika *fuzzy* untuk memberikan rekomendasi pemupukan berdasarkan data dari sensor.
5. Sistem ini hanya diuji pada kondisi tanah perkebunan kelapa sawit dalam skala kecil sebagai simulasi laboratorium atau uji coba lapangan terbatas.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan penerapan garis besar pada penelitian ini yang terdiri dari sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

peneliti berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan, ruang lingkup dan batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisi kepustakaan atau teori yang mendukung penelitian ini dilakukan. Kepustakaan terdiri dari Kelapa sawit, Unsur Hara Tanah, Soil NPK Sensor, Sensor pH, Sensor Suhu, Sensor kelembapan, Arduino MEGA 2560, dan tinjauan pustaka lainnya.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi langkah atau tahapan yang akan dilakukan agar penelitian ini tercapai. Pada bab ini metode penelitian di mulai dari studi literatur, perancangan alat, perancangan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi referensi yang digunakan atau literatur pada saat penelitian