

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di sektor pertanian modern, seperti sistem hidroponik dan *smart farming*, menuntut pengelolaan parameter lingkungan yang sangat presisi guna mengoptimalkan hasil panen. Salah satu parameter paling krusial dalam metode budidaya tanpa media tanah adalah tingkat kepekatan nutrisi larutan, yang umumnya direpresentasikan dalam satuan *Part Per Million* (PPM). Ketersediaan unsur hara makro dan mikro yang terukur dengan tepat sangat menentukan keberhasilan fase pertumbuhan vegetatif maupun generatif pada tanaman.

Ketidaksesuaian nilai PPM dari batas toleransi yang direkomendasikan dapat memberikan dampak fatal bagi fisiologis tanaman. Apabila kepekatan nutrisi berada di bawah batas yang dibutuhkan, tanaman akan mengalami defisiensi hara yang mengakibatkan klorosis, pertumbuhan kerdil, hingga penurunan produktivitas. Sebaliknya, jika konsentrasi nutrisi terlalu pekat melampaui kapasitas serap akar, tanaman rentan mengalami keracunan ion atau plasmolisis yang berujung pada kematian jaringan. Oleh karena itu, menjaga stabilitas nilai PPM secara kontinu merupakan standar operasional yang wajib dipenuhi dalam sistem pertanian terkendali.

Pada praktiknya di lapangan, proses pencampuran atau *dosing* larutan nutrisi ke dalam tandon penampungan air masih banyak dilakukan secara manual. Metode konvensional ini memiliki sejumlah kelemahan fundamental, antara lain tingkat akurasi yang rendah akibat faktor human error, ketidakmampuan untuk merespon fluktuasi kepekatan air secara real-time, serta membutuhkan alokasi waktu dan tenaga kerja yang besar. Petugas harus secara berkala mengambil sampel air, mengukurnya dengan instrumen portabel, dan menambahkan pekatan nutrisi

sedikit demi sedikit hingga mencapai target yang diinginkan, sebuah proses yang sangat tidak efisien untuk diterapkan pada skala produksi yang lebih luas.

Berbagai upaya otomatisasi untuk mengatasi permasalahan tersebut telah dikembangkan, salah satunya dengan memanfaatkan sistem kontrol On/Off sederhana. Sistem konvensional ini bekerja dengan cara mengaktifkan aktuator pompa secara penuh saat pembacaan nilai PPM berada di bawah target, dan mematikannya secara mendadak ketika titik target tercapai. Akan tetapi, karakteristik respon sistem On/Off ini sering kali menimbulkan fenomena *overshoot*, di mana nilai akhir kepekatan larutan nutrisi melampaui setpoint yang ditetapkan. Hal ini terjadi akibat adanya sisa aliran fluida pada selang pompa atau keterlambatan difusi cairan dalam tandon. Ketidakmampuan sistem kontrol On/Off dalam mengatur laju penambahan nutrisi secara bertahap menyebabkan kestabilan konsentrasi larutan sangat sulit dicapai secara presisi.

Untuk meminimalisir terjadinya *overshoot* dan meningkatkan presisi pencampuran, diperlukan sebuah sistem kontrol tertutup yang mampu mengatur respon aktuator berdasarkan seberapa jauh nilai aktual dari nilai yang ditargetkan. Penelitian ini menawarkan solusi melalui implementasi metode kontrol *Proportional-Integral-Derivative* dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses utama. Algoritma PID dirancang untuk secara terus-menerus menghitung nilai *error* antara pembacaan sensor PPM dengan setpoint yang diinginkan, kemudian secara dinamis menyesuaikan sinyal kontrol yang dikirimkan ke aktuator motor DC pemompa larutan. Dengan metode ini, putaran motor DC dapat dikendalikan kecepatannya; bekerja cepat saat nilai PPM masih jauh dari target, dan melambat secara mulus ketika nilai sudah mendekati setpoint, sehingga target kepekatan dapat dicapai dengan akurat dan stabil.

Selain peningkatan pada aspek presisi kontrol, kemudahan dalam pemantauan operasional juga menjadi elemen penting dalam perancangan instrumentasi modern. Oleh karena itu, sistem dosing nutrisi ini diintegrasikan dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) menggunakan platform aplikasi Blynk, Google Spreadsheet, dan *local web*. Integrasi jaringan ini memungkinkan pengguna

untuk memantau nilai PPM aktual dan status kinerja aktuator motor DC secara *real-time*, sekaligus mencatat data log melalui antarmuka aplikasi pada ponsel pintar. Lebih jauh, keberadaan fitur ini memberikan fleksibilitas kepada pengguna untuk mengubah parameter setpoint dari jarak jauh tanpa perlu memodifikasi kode program pada perangkat keras.

Berdasarkan urgensi untuk mengatasi fluktuasi kepekatan nutrisi serta menutupi kelemahan respon pada sistem otomatisasi konvensional, maka rancang bangun sistem pencampuran nutrisi yang cerdas dan presisi sangat diperlukan. Oleh karena itu, penelitian ini diangkat ke dalam bentuk laporan Tugas Akhir dengan judul "Rancang Bangun Sistem Dosing Nutrisi Otomatis Berbasis ESP32 Menggunakan Kendali PID dan Pemantauan IoT", dengan harapan rancangan ini dapat menjadi solusi rekayasa terapan yang aplikatif dan efisien.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang perangkat keras dan perangkat lunak sistem dosing nutrisi otomatis berbasis mikrokontroler ESP32?
2. Bagaimana mengimplementasikan dan menganalisis respon kendali PID (*Proportional-Integral-Derivative*) pada aktuator motor DC untuk mencapai setpoint kepekatan nutrisi secara presisi dan meminimalisir *overshoot*?
3. Bagaimana mengintegrasikan pembacaan sensor dan kendali sistem dengan platform *Internet of Things* (IoT) agar dapat dipantau secara *real-time*?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan perumusan masalah yang telah disusun, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Merancang dan merealisasikan prototipe sistem otomasi pencampuran nutrisi yang terintegrasi menggunakan ESP32.
2. Menerapkan algoritma kendali PID pada motor DC untuk mengatur laju penambahan nutrisi, sehingga nilai setpoint PPM dapat dicapai secara stabil dan meminimalisir terjadinya *overshoot*.
3. Membangun sistem monitoring dan controlling jarak jauh berbasis IoT menggunakan aplikasi Blynk, Spreadsheet, dan local web untuk memudahkan pengguna dalam memantau nilai PPM aktual dan mengubah parameter secara *real-time*.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Mengembangkan dan meningkatkan keterampilan teknis dalam merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem pencampuran otomatis berbasis ESP32 dengan teknologi IoT.
2. Memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang penerapan sensor TDS (*Total Dissolved Solids*) dalam *monitoring* dan pengontrolan kebutuhan nutrisi air untuk tanaman.
3. Mengimplementasikan sistem kendali PID pada pengontrol otomatis untuk mempermudah dan mengurangi risiko kekurangan atau kelebihan nutrisi dalam air.
4. Memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi di bidang pertanian, khususnya dalam meningkatkan efisiensi pemberian nutrisi tanaman dengan sistem otomatis berbasis mikrokontroler

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap fokus dan tidak meluas dari tujuan utama, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler utama yang digunakan sebagai pusat pemrosesan data adalah modul ESP32.

2. Parameter cairan yang dibaca dan dikendalikan hanya difokuskan pada tingkat kepekatan larutan nutrisi dalam satuan PPM (*Part Per Million*) menggunakan sensor TDS (*Total Dissolved Solids*).
3. Aktuator yang digunakan untuk proses pemompaan pekatan nutrisi adalah motor DC (pompa peristaltik) yang kecepatan putarannya diatur melalui sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*).
4. Metode kontrol tertutup yang digunakan terbatas pada algoritma PID.
5. Platform antarmuka IoT untuk pemantauan data dan pengaturan setpoint dibatasi menggunakan aplikasi Blynk, Spreadsheet, dan *local web*.
6. Penelitian murni berfokus pada kinerja sistem kendali, aktuasi, dan instrumentasi elektronika. Analisis mengenai dampak nutrisi terhadap efektivitas pertumbuhan tanaman secara agronomis tidak termasuk dalam cakupan penelitian ini.

1.6 Sistematika Penyusunan Laporan

Sistematika penyusunan tugas akhir dibuat untuk memberikan beberapa gambaran umum tentang kegiatan yang dilakukan. Sistematika penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang perancangan tugas akhir, perumusan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penyusunan laporan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka dan teori yang mendasari topik rancang bangun sistem dosing nutrisi otomatis berbasis ESP32 menggunakan kendali PID dan pemantauan IoT. Pembahasan dimulai dengan penjelasan masing-masing konsep dan komponen, seperti nutrisi hidroponik, mikrokontroler ESP32, sensor TDS, pompa peristaltik motor DC beserta driver L298N, sistem kendali PID, hingga platform IoT seperti Blynk dan Google Spreadsheet.

BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR

Bab ini menjelaskan tentang tahapan perancangan sistem. Tahapan ini meliputi perancangan perangkat keras melalui diagram blok dan wiring diagram (termasuk rangkaian sensor TDS dan sensor DS18B20 ke ESP32), perancangan perangkat lunak melalui flowchart sistem, serta perancangan desain fisik alat secara nyata.

BAB IV PROSES PEMBUATAN ALAT

Bab ini menjelaskan tentang tahapan realisasi pembuatan alat dari keseluruhan sistem sesuai dengan perancangan yang telah dilaksanakan. Bab ini mencakup proses pembuatan perangkat keras dan elektronik, integrasi sistem mekanik hidroponik NFT, kalibrasi sensor, hingga penyusunan program perangkat lunak untuk kontrol sistem dan IoT.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

Bab ini menjelaskan tentang pengujian alat beserta analisisnya dengan tujuan untuk memastikan sistem yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan perencanaan yang dibuat sebelumnya. Pembahasan mencakup pengujian respons sistem dengan penalaan PID secara manual maupun adaptif (*auto-tuning*), perbandingan kinerja keduanya, pengujian penolakan gangguan, serta pengujian fitur pemantauan pada platform Blynk.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil perancangan dan pengujian sistem, serta saran mengenai alat yang telah dibuat agar dapat digunakan untuk pengembangan dan penyempurnaan selanjutnya.