

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, serta pengujian sistem pengendalian suhu berbasis *Fuzzy Logic Controller* (FLC) pada greenhouse aeroponik pintar, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengendalian suhu berbasis *Fuzzy Logic Controller* berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor DHT22, serta aktuator berupa kipas DC yang dikendalikan melalui sinyal *Pulse width modulation* (PWM). Algoritma FLC dirancang menggunakan metode Mamdani dengan dua variabel *input*, yaitu *error* dan *delta error*, serta satu variabel *output* berupa kecepatan motor kipas.
2. Sistem FLC yang dirancang dapat bekerja dengan baik dalam pengendalian suhu. Dapat dilihat pada kelima pengujian dengan *setpoint* yang berbeda (31°C hingga 35°C), secara keseluruhan sistem dapat menurunkan suhu mendekati *setpoint*, serta respons sistem yang dihasilkan minim *overshoot*.
3. Pada pengujian sistem dengan *setpoint* 31°C dan 32°C mulai muncul *steady-state error*. SSE ini bukan kesalahan sistem, melainkan keterbatasan aktuator atau saturasi aktuator, dimana sinyal kendali yang dihasilkan sudah tepat, namun tidak cukup untuk menurunkan hingga nilai yang dituju. Saturasi aktuator ini berpengaruh pada rentang suhu yang dapat dikendalikan oleh sistem.

4. Salah satu parameter yang berperan dalam meningkatkan performa sistem FLC adalah parameter *delta error*. Parameter ini membuat sistem lebih responsif terhadap perubahan lingkungan. Respons sistem terhadap *delta error* berperan dalam meredam *overshoot* serta membantu sistem tetap stabil.
5. Sistem FLC memiliki respons yang lebih halus dan adaptif terhadap perubahan suhu dibandingkan dengan sistem *On-Off*. Sistem FLC mampu menekan osilasi, *overshoot*, serta menghasilkan suhu yang lebih stabil dan presisi. Sehingga sistem FLC lebih dapat diandalkan dalam sistem pengendalian suhu *greenhouse* yang menuntut kestabilan dan presisi tinggi.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya yang relevan dengan topik ini, peneliti menyarankan hal-hal berikut :

1. Mengimplementasikan sistem pengendalian suhu pada *greenhouse* skala nyata untuk mengevaluasi kinerja sistem pada kondisi lingkungan sebenarnya yang memiliki gangguan eksternal dan variasi suhu yang lebih kompleks.
2. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan pengendalian parameter lingkungan lainnya, seperti kelembaban udara, intensitas cahaya, serta kondisi larutan nutrisi, sehingga tercapai pengaturan iklim mikro *greenhouse* yang lebih komprehensif dan terintegrasi.

3. Menggunakan metode *Fuzzy Sugeno* sebagai alternatif dari metode yang digunakan saat ini untuk menganalisis potensi peningkatan akurasi, stabilitas, dan respons dinamis sistem pengendali.
4. Implementasi sistem *Fuzzy Logic Controller* (FLC) berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) juga dapat dilakukan untuk meningkatkan reliabilitas, skalabilitas, serta kesiapan sistem dalam aplikasi industri.

