

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan data yang terkumpul dari uji coba yang dilakukan, penelitian ini menghasilkan temuan-temuan sebagai berikut :

1. Sistem pengendalian aerator berbasis *fuzzy type-2* yang dikembangkan telah berhasil mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak, sehingga mampu membaca data *real-time* dari sensor kadar oksigen terlarut (DO) dan sensor suhu di akuarium, dan mengolah data tersebut untuk menentukan kapan aerator harus aktif atau tidak aktif.
2. Sensor DO yang digunakan menunjukkan penurunan akurasi akibat usia pemakaian, yang menyebabkan **16.8%** data DO berada di luar rentang normal. Meskipun terdapat tombol kalibrasi, penurunan akurasi ini mengindikasikan perlunya evaluasi lebih lanjut terhadap kualitas sensor. Sementara itu, sensor suhu menunjukkan akurasi tinggi dengan hanya **0.1%** data *error*.
3. Algoritma *fuzzy Type-2* yang diimplementasikan pada mikrokontroler ESP32 mampu menghasilkan keputusan kendali yang adaptif, di mana aerator diaktifkan ketika kombinasi kondisi menunjukkan kadar oksigen rendah dengan suhu tinggi atau kondisi sedang, dan dinonaktifkan ketika lingkungan sudah optimal. Meskipun **11.7%** dari total data *fuzzy* menunjukkan inkonsistensi (nilai 0), aerator tetap berfungsi sebagaimana mestinya berdasarkan aturan pengendalian.
4. Sistem *monitoring* melalui pengiriman data ke server Ubidots memungkinkan pengguna untuk mengamati kondisi akuarium secara *real-time*. Ketersediaan *USB port* sebagai koneksi cadangan juga memastikan kontinuitas komunikasi data apabila koneksi Wi-Fi terganggu, meskipun server Ubidots pada implementasi ini belum dilengkapi kemampuan notifikasi.

5. Penerapan algoritma *Fuzzy Type-2* dalam pengendalian aerator terbukti sangat efektif dalam mengoptimalkan operasional perangkat, sehingga aerator hanya bekerja saat diperlukan. Aerator hanya beroperasi selama 23.9% dari total waktu dalam satu hari, menghasilkan konsumsi energi harian 0,0344 kWh dibandingkan 0,144 kWh pada metode konvensional. Hal ini mendemonstrasikan penghematan energi sebesar 76.1%, yang tidak hanya menjaga kualitas lingkungan dalam akuarium tetapi juga berkontribusi pada penggunaan sumber daya yang lebih hemat.

5.2. Saran

Meskipun penelitian ini telah berhasil mencapai tujuannya dalam mengoptimalkan kadar oksigen terlarut (DO) dalam air akuarium dan mengurangi konsumsi energi secara signifikan, potensi pengembangan dan peningkatan sistem masih sangat luas. Untuk itu, disajikan beberapa rekomendasi bagi penelitian selanjutnya, dengan fokus pada aspek-aspek penting sebagai berikut :

- 1 Peningkatan Akurasi Sensor DO: Mengingat sensor DO yang digunakan dalam penelitian ini adalah Atlas Scientific keluaran tahun 2019 dan telah mengalami penurunan akurasi kalibrasi, serta tidak memiliki modul tambahan untuk kalibrasi yang stabil, disarankan untuk mengaplikasikan sensor DO yang lebih canggih dan akurat. Sensor baru ini sebaiknya memiliki modul kalibrasi yang lebih stabil dan output data yang konsisten dan presisi tinggi, guna meningkatkan kualitas data masukan bagi algoritma *fuzzy*, mengurangi kebutuhan kalibrasi manual yang sering, serta menghasilkan respons sistem yang lebih cepat dan handal.
- 2 Kontrol Aerator Dinamis: Menggunakan aerator dengan desain yang memungkinkan pengaturan keluaran oksigen secara dinamis (misalnya, kecepatan motor yang bervariasi), untuk memungkinkan penyesuaian intensitas aerasi secara *real-time* berdasarkan perubahan kondisi lingkungan yang lebih halus.
- 3 Optimasi Logika *Fuzzy* dan Validasi Jangka Panjang: Meningkatkan kualitas fungsi keanggotaan dan basis aturan *fuzzy* (terutama untuk kasus-kasus anomali nilai *fuzzy* yang ditemukan) untuk meningkatkan keandalan

keputusan kontrol. Selain itu, penting untuk melakukan pengujian sistem dalam periode yang lebih panjang (beberapa minggu atau bulan) untuk memvalidasi kinerja dan efisiensi dalam berbagai skenario lingkungan akuarium secara komprehensif.

- 4 Penambahan Parameter Monitoring: Mengintegrasikan sensor tambahan, seperti pH atau kekeruhan air, untuk memberikan pemantauan kualitas air akuarium yang lebih komprehensif dan *holistic*.
- 5 Pengembangan Antarmuka Pengguna dan Notifikasi: Membangun aplikasi seluler atau *web* yang lebih interaktif dan *user-friendly* untuk pemantauan dan kontrol sistem. Hal ini termasuk penambahan fitur notifikasi *real-time* untuk *event-event* penting pada akuarium dan kemampuan untuk mengubah parameter sistem dari jarak jauh, serta mempertimbangkan integrasi dengan *web server* yang lebih baik dari Ubidots atau mengembangkan *web server* sendiri.

