

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian *Smart Feeder System* ikan lele berbasis Internet of Things menggunakan ESP32, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Smart Feeder System ikan lele berbasis Internet of Things menggunakan ESP32 berhasil dirancang dan dibangun sesuai dengan fungsi yang ditetapkan. Sistem mengintegrasikan ESP32 sebagai pengendali utama, sensor load cell dan modul HX711 sebagai perangkat pengukur massa, RTC DS3231 sebagai acuan waktu, motor servo sebagai penggerak katup penakaran, serta motor DC 775 sebagai mekanisme pelontar pakan. Sistem mampu melakukan penakaran pakan berdasarkan target massa, menjalankan pemberian pakan sesuai jadwal, serta mengoperasikan seluruh komponen secara terintegrasi. Pengujian dilakukan pada lingkungan simulasi sehingga hasil penelitian ini menunjukkan kinerja purwarupa dan belum merepresentasikan kondisi penggunaan langsung pada kolam budidaya ikan lele.
2. Sistem mampu mengendalikan massa pakan pada setpoint 100, 200, 300, 400, dan 500 gram serta menjalankan pemberian pakan otomatis berdasarkan jadwal yang ditentukan. Rata-rata error sensor load cell pada kelima setpoint berada pada rentang 1,06% sampai 2,54%, sedangkan rata-rata error penakaran berada pada rentang 1,66% sampai 3,45%. Seluruh rata-rata error tersebut berada di bawah batas toleransi 5%, sehingga pembacaan sensor dan hasil penakaran secara rata-rata dapat dinyatakan mendekati massa target. Namun, setiap setpoint menggunakan faktor kalibrasi yang berbeda sehingga hasil pengujian hanya berlaku pada lima target massa tersebut dan belum membuktikan bahwa satu faktor kalibrasi dapat digunakan untuk seluruh rentang 100 sampai 500 gram. Pada pengujian otomatisasi selama tiga hari, sistem berhasil menjalankan seluruh sembilan jadwal dengan rata-rata keterlambatan 56,22 detik. Rata-rata massa aktual yang dihasilkan sebesar 206,39 gram dari target

200 gram dengan rata-rata error penakaran sebesar 3,24%. Sebanyak tujuh dari sembilan siklus atau 77,78% memenuhi batas toleransi individual di bawah 5%, sedangkan dua siklus lainnya menghasilkan error sebesar 6,00% dan 11,80%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fungsi penjadwalan telah berjalan, tetapi konsistensi waktu eksekusi dan massa pakan masih perlu ditingkatkan.

3. Telegram Bot dan Google Spreadsheet berhasil diintegrasikan sebagai media monitoring, pengendalian, dan pencatatan data pemberian pakan berbasis Internet of Things. Telegram Bot dapat digunakan untuk memberikan perintah dan menerima informasi operasional sistem dari jarak jauh, sedangkan Google Spreadsheet dapat mencatat riwayat pemberian pakan yang meliputi waktu pelaksanaan, target massa, massa aktual, pemicu sistem, dan status pengoperasian. Integrasi tersebut memudahkan pengguna dalam memantau dan mengevaluasi proses pemberian pakan tanpa harus selalu berada di lokasi alat. Kinerja fitur berbasis Internet of Things tetap dipengaruhi oleh ketersediaan dan kestabilan koneksi internet, sedangkan fungsi penjadwalan utama tetap menggunakan RTC DS3231 sebagai acuan waktu lokal.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Mengembangkan metode kalibrasi untuk keseluruhan rentang pengukuran. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan lebih banyak titik massa referensi dan membentuk satu persamaan kalibrasi menggunakan metode regresi. Pengembangan tersebut diperlukan agar sistem dapat mengukur target massa lain, seperti 150, 250, 350, dan 450 gram, tanpa menggunakan faktor kalibrasi khusus pada setiap setpoint.
2. Meningkatkan konsistensi mekanisme penakaran pakan. Sistem perlu menerapkan mekanisme penutupan katup secara bertahap ketika massa mendekati target serta menggunakan nilai kompensasi penghentian pada setiap setpoint. Katup dapat diperintahkan menutup beberapa gram sebelum target tercapai untuk mengantisipasi pakan yang masih bergerak atau jatuh dari

saluran. Pembacaan akhir sebaiknya dilakukan setelah aliran pakan berhenti dan sensor berada dalam kondisi stabil.

3. Memperbaiki konstruksi wadah penimbang dan saluran pengeluaran. Dudukan sensor load cell perlu dibuat lebih kaku dan terisolasi dari getaran motor servo maupun motor DC. Bentuk, kemiringan, dan ukuran saluran pengeluaran juga perlu disesuaikan dengan karakteristik butiran pakan agar pakan tidak mudah tertahan atau keluar secara bersamaan. Perbaikan mekanis tersebut diharapkan dapat mengurangi variasi hasil penakaran, terutama pada target 400 dan 500 gram.
4. Mengoptimalkan program penjadwalan dan pemrosesan sistem. Pemeriksaan jadwal dari RTC DS3231 perlu ditempatkan sebagai proses berprioritas tinggi dan dijalankan tanpa fungsi penundaan yang menghambat program. Komunikasi dengan Telegram Bot dan Google Spreadsheet sebaiknya diproses secara non-blocking agar tidak menunda pemeriksaan waktu. Optimalisasi tersebut diperlukan untuk mengurangi keterlambatan eksekusi yang pada pengujian masih berada pada rentang 50 sampai 77 detik.
5. Mengembangkan kendali mekanisme distribusi pakan. Kecepatan dan durasi pengoperasian motor DC 775 perlu dibuat dapat diatur sesuai massa pakan, ukuran kolam, dan jangkauan distribusi yang dibutuhkan. Pengujian lanjutan juga perlu dilakukan untuk menentukan hubungan antara kecepatan motor, massa pakan, dan radius sebaran. Pengembangan ini diperlukan karena penelitian sekarang berfokus pada pengukuran massa dan otomatisasi waktu, belum mengevaluasi pemerataan distribusi pakan secara kuantitatif.
6. Menambahkan mekanisme validasi dan notifikasi kesalahan. Sistem dapat dikembangkan untuk memeriksa massa akhir setelah katup ditutup. Apabila massa belum mencapai target, sistem dapat melakukan penambahan pakan secara bertahap. Apabila massa melebihi toleransi, pakan pada penampung hampir habis, sensor mengalami gangguan, atau jadwal gagal dijalankan, sistem perlu mengirimkan notifikasi melalui Telegram Bot dan mencatat kondisi tersebut pada Google Spreadsheet.
7. Melakukan pengujian langsung pada kolam budidaya. Pengujian selanjutnya

perlu dilaksanakan pada kolam ikan lele sebenarnya dengan durasi yang lebih panjang. Pengujian tersebut diperlukan untuk mengetahui pengaruh kelembapan, suhu lingkungan, debu pakan, getaran, kestabilan jaringan internet, dan pengoperasian berulang terhadap kinerja sistem. Penelitian lanjutan juga dapat mengevaluasi konsumsi pakan, sisa pakan, pertumbuhan ikan, serta efisiensi pemberian pakan setelah alat diterapkan pada kegiatan budidaya.