

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara berkembang dengan wilayah perairan yang luas, sektor perikanan di Indonesia memegang peranan vital dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Ikan air tawar merupakan salah satu sumber protein hewani yang paling banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia karena ketersediaannya yang melimpah dan harganya yang terjangkau. Salah satu komoditas unggulan ikan air tawar adalah ikan lele (*Clarias sp.*). Popularitas ikan lele didorong oleh kandungan gizinya yang tinggi, tekstur daging yang lunak, kemudahan dalam pengolahan, serta laju pertumbuhannya yang relatif cepat dibandingkan jenis ikan lain (Ayu et al., 2023).

Tingginya tingkat konsumsi masyarakat terhadap ikan lele secara otomatis memicu peningkatan permintaan pasar yang signifikan. Namun, populasi ikan lele di alam liar tidak lagi mampu mencukupi kebutuhan tersebut secara berkelanjutan. Kondisi ini mendorong masyarakat untuk beralih ke sistem budidaya intensif guna memenuhi pasokan pasar. Dalam upaya memacu produktivitas, pembudidaya seringkali menerapkan padat tebar tinggi yang berdampak pada penurunan kualitas air dan peningkatan stres pada ikan (R Gustiano, V A Prakoso, D Radona, R R S P S Dewi, 2021).

Dalam praktik budidaya intensif tersebut, tantangan terbesar yang sering dihadapi adalah serangan penyakit yang menyebabkan panen tidak maksimal atau bahkan kegagalan panen total (kematian massal). Penyakit yang sering menyerang budidaya ikan lele umumnya disebabkan oleh infeksi bakteri, seperti Motile Aeromonad Septicemia (MAS) yang disebabkan oleh bakteri *Aeromonas hydrophila*, serta penyakit Edwardsiellosis (Laith AR, 2013). Serangan penyakit ini tidak hanya menurunkan kualitas ikan tetapi juga menimbulkan kerugian ekonomi yang besar bagi para pembudidaya.

Salah satu metode konvensional yang dilakukan untuk menanggulangi permasalahan tersebut adalah pemberian obat atau antibiotik yang dicampurkan ke dalam pakan atau air. Penggunaan antibiotik bertujuan untuk

menghentikan penyebaran bakteri dan memulihkan kondisi kesehatan ikan. Salah satu jenis obat yang efektif dan umum digunakan adalah Interflox-25 yang mengandung bahan aktif Enrofloxacin HCl. Obat ini merupakan antibiotik spektrum luas yang bekerja efektif membasmi bakteri gram negatif dan positif, serta mampu diserap dengan cepat oleh tubuh ikan untuk mengatasi infeksi pernapasan dan pencernaan (Ramadhani et al., 2025).

Namun dalam praktiknya, pemberian dosis obat di lapangan seringkali masih dilakukan secara manual dan subjektif berdasarkan perkiraan pembudidaya. Metode manual ini memiliki risiko tinggi berupa ketidakakuratan dosis baik itu *under-dosing* yang menyebabkan bakteri menjadi resisten, maupun *over-dosing* yang berbahaya bagi ikan dan lingkungan serta meningkatkan biaya produksi (Loka et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang mampu menjamin presisi dalam pemberian pakan dan obat secara otomatis dan terukur.

Seiring dengan perkembangan zaman di era Revolusi Industri 4.0, teknologi *Internet of Things* (IoT) hadir sebagai solusi untuk modernisasi sistem akuakultur (*Precision Aquaculture*) (Muhsinin et al., 2025). Integrasi IoT memungkinkan pemantauan dan pengendalian perangkat jarak jauh untuk memastikan manajemen pemberian pakan dan obat berjalan efisien.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan alat pemberi pakan dan obat otomatis berbasis IoT yang presisi. Dalam pengembangannya, sistem ini menggunakan sensor *Loadcell* untuk menimbang berat pakan dan obat secara akurat sebelum didistribusikan. Mekanisme pengeluaran obat bubuk menggunakan sistem *feeder screw conveyor*, yaitu mekanisme ulir yang berputar untuk memindahkan material bubuk secara terkontrol dari penampungan ke saluran keluar (Ushofa, n.d.). Untuk mengatasi masalah penggumpalan bubuk yang sering menghambat aliran pada *screw conveyor*, sistem dilengkapi dengan motor vibrasi. Selain itu, guna memastikan laju keluarnya obat sesuai dengan setpoint berat yang diinginkan, sistem ini menerapkan metode kontrol PID (Proportional-Integral-Derivative). Algoritma PID dipilih karena kemampuannya dalam menjaga kestabilan putaran motor DC terhadap variasi

beban, sehingga takaran obat yang dikeluarkan menjadi sangat presisi dan meminimalisir error.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang masalah di atas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan utama yang mendasari pentingnya pengembangan sistem penakar pakan dan obat otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) pada budidaya ikan lele sebagai berikut:

1. Belum tersedianya sistem penakaran otomatis yang mampu menyajikan akurasi tinggi, sehingga pembudidaya masih mengandalkan metode manual bersifat subjektif yang memiliki tingkat kesalahan ukur yang besar.
2. Bagaimana menimplementasikan teknologi digital berbasis IoT dan algoritma kontrol cerdas (seperti PID) untuk memantau stok pakan serta mengendalikan laju pengeluaran obat secara otomatis dan *real-time*.
3. Ketiadaan sistem pemantauan data penggunaan obat dan stok pakan yang terintegrasi, sehingga pembudidaya kesulitan dalam melakukan evaluasi manajemen pemeliharaan secara berkala dan terukur.

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini tetap fokus pada tujuan yang telah ditetapkan dan tidak meluas ke luar dari ruang lingkup teknis yang direncanakan, maka penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada perancangan sistem mekanik dan elektronik untuk menakar dosis obat atau antibiotik bubuk berdasarkan rasio berat pakan yang diinputkan oleh pengguna, bukan meneliti dampak fisiologis, tingkat efikasi klinis, maupun proses penyembuhan pada ikan lele secara biologis.
2. Sistem ini berfungsi sebagai alat bantu penakaran (*dosing assistant*) dan pendistribusian pakan secara terkendali melalui perintah manual pengguna, sehingga tidak mencakup fitur penjadwalan pemberian pakan otomatis secara berkala (*scheduled feeding*) maupun sistem pengontrolan parameter kualitas air (seperti pH, suhu, dan kadar oksigen).

3. Penentuan konstanta pada algoritma kontroler PID (*Proportional-Integral-Derivative*) dilakukan secara eksperimental menggunakan metode *tuning* manual atau *trial and error* untuk mencapai kestabilan putaran motor, tanpa menggunakan metode optimasi otomatis atau algoritma kontrol cerdas lainnya.
4. Spesifikasi material yang digunakan dalam pengujian alat dibatasi pada antibiotik bubuk jenis Interflox-25 (*Enrofloxacin HCl*) dan pakan ikan jenis pelet dengan diameter ukuran 5 mm. Karakteristik material di luar spesifikasi tersebut tidak menjadi bagian dari cakupan pengujian sistem.
5. Perangkat keras (*hardware*) utama yang digunakan terbatas pada mikrokontroler ESP32, sensor *Loadcell* untuk pengukuran berat pakan dan obat, serta mekanisme *feeder* menggunakan sistem *screw conveyor* yang didukung oleh motor vibrasi untuk kelancaran aliran bubuk.
6. Fitur pemantauan sisa stok secara otomatis pada sistem hanya diimplementasikan untuk variabel pakan ikan, sedangkan untuk sisa stok obat masih dilakukan secara manual melalui pencatatan atau pengamatan mandiri oleh pengguna di luar sistem.
7. Integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT) pada alat ini dibatasi pada pengiriman dan visualisasi data stok pakan serta riwayat penggunaan secara *real-time* melalui *dashboard* berbasis web, namun tidak mencakup fitur kendali jarak jauh untuk mengubah parameter internal sistem kontrol PID melalui antarmuka web tersebut.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka permasalahan yang ingin dijawab melalui penelitian dan pengembangan alat ini dapat dirumuskan ke dalam pertanyaan-pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sebuah sistem penakar pakan dan obat bubuk otomatis berbasis teknologi Internet of Things (IoT)?

2. Bagaimana mengintegrasikan sensor Loadcell dengan mikrokontroler ESP32 guna menghasilkan pembacaan berat pakan dan obat yang akurat sebagai dasar kalkulasi dosis otomatis?
3. Bagaimana efektivitas implementasi algoritma kontrol PID (Proportional-Integral-Derivative) dalam mengatur laju putaran motor DC pada mekanisme screw conveyor agar pengeluaran obat bubuk tetap stabil dan sesuai dengan nilai setpoint yang diinginkan?
4. Bagaimana merancang antarmuka dashboard berbasis web yang terintegrasi dengan database cloud (MySQL) untuk menyajikan informasi stok pakan dan riwayat penggunaan obat secara real-time dan informatif bagi pengguna?

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sebuah sistem penakar pakan dan obat bubuk otomatis berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk meningkatkan presisi manajemen kesehatan pada budidaya ikan lele. Adapun tujuan-tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

5. Merancang dan membangun sistem perangkat keras (*hardware*) penakar pakan dan obat yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32 untuk mendukung digitalisasi sistem akuakultur.
6. Mengimplementasikan sensor *Loadcell* sebagai instrumen pengukuran berat pakan dan obat secara *real-time* guna menghasilkan data input yang akurat untuk kalkulasi dosis.
7. Menerapkan algoritma kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*) pada sistem penggerak motor DC untuk mengendalikan laju pengeluaran obat bubuk melalui mekanisme *screw conveyor* agar mencapai presisi dosis yang konsisten.
8. Mengembangkan antarmuka *dashboard* berbasis web yang terhubung dengan database *cloud* (MySQL) untuk memantau sisa stok pakan, riwayat penggunaan dosis, serta status operasional alat secara informatif dan transparan.

9. Menerapkan metode pengembangan *prototyping* secara iteratif untuk menyempurnakan fungsi mekanik dan akurasi sistem penakaran berdasarkan hasil pengujian serta evaluasi performa alat.
10. Mengevaluasi efektivitas dan akurasi sistem otomatis yang dikembangkan dalam memberikan dosis obat yang tepat dibandingkan dengan metode penakaran konvensional/manual.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata, baik secara praktis bagi para pembudidaya maupun secara teoritis dalam pengembangan teknologi akuakultur presisi. Adapun manfaat dari penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagi Pembudidaya Ikan, sistem yang dikembangkan dapat menjadi alat bantu yang efektif dalam menjamin keakuratan pendosisan antibiotik dan pakan, serta mempermudah pemantauan stok pakan secara *real-time* melalui *dashboard* web.
2. Bagi Keberlanjutan Budidaya, penerapan takaran obat yang akurat dapat membantu meminimalisir risiko munculnya resistensi bakteri pada ikan akibat *under-dosing*, sekaligus mencegah pencemaran lingkungan kolam yang disebabkan oleh sisa pakan atau obat yang berlebihan (*over-dosing*).
3. Dari Sisi Teknis, penelitian ini menunjukkan efektivitas integrasi algoritma kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*) dan mekanisme *feeder screw conveyor* dalam menangani material bubuk secara stabil dan akurat, yang dapat menjadi referensi teknis bagi pengembang teknologi otomasi serupa.
4. Secara Akademis, hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur dan referensi ilmiah dalam bidang *Precision Aquaculture* dan pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) untuk modernisasi sektor perikanan di Indonesia.