

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Budidaya ikan air tawar merupakan salah satu sektor penting dalam mendukung ketahanan pangan dan perekonomian masyarakat, khususnya pada skala kecil dan rumah tangga. Salah satu komoditas yang banyak dibudidayakan adalah ikan lele dumbo, karena memiliki tingkat pertumbuhan yang relatif cepat, daya adaptasi lingkungan yang baik, serta permintaan pasar yang stabil. Keberhasilan budidaya ikan lele dumbo sangat dipengaruhi oleh manajemen pemeliharaan, terutama pada aspek pemberian pakan. Namun, peningkatan permintaan tersebut tidak selalu diimbangi dengan efisiensi pada sistem budidaya, terutama dalam hal penggunaan pakan dan energi. Faktor pakan memiliki kontribusi biaya terbesar dalam kegiatan budidaya ikan, yang dapat mencapai 60–70% dari total biaya produksi (Oktaviani et al., 2021). Ketidaktepatan dalam pemberian pakan, baik dari segi jumlah maupun waktu, sering menimbulkan pemborosan yang berdampak langsung terhadap kualitas air dan pertumbuhan ikan.

Salah satu pendekatan budidaya yang kini banyak diterapkan adalah sistem bioflok. Sistem ini dikenal mampu meningkatkan efisiensi penggunaan pakan dan air melalui pemanfaatan mikroorganisme yang mengubah sisa pakan menjadi nutrisi tambahan bagi ikan (Lindon R. Pane et al., 2023). Meskipun efisien, pengelolaan sistem bioflok tetap memerlukan ketelitian tinggi, terutama dalam menjaga kualitas air dan keseimbangan nutrisi. Ketidakteraturan dalam pemberian pakan dapat mengganggu stabilitas bioflok dan menyebabkan penurunan kualitas air yang signifikan (Munaeni et al., 2022). Oleh sebab itu, keteraturan dan ketepatan dalam proses pemberian pakan menjadi faktor kunci dalam menjaga keberlanjutan sistem budidaya ikan bioflok.

Di sisi lain, sebagian besar kegiatan budidaya ikan di wilayah pedesaan Indonesia masih bergantung pada tenaga manusia untuk mengatur waktu dan jumlah pakan. Kegiatan ini memerlukan waktu, tenaga, dan pengawasan rutin yang tidak sedikit. Dalam praktiknya, banyak pembudidaya ikan yang mengalami kesulitan menjaga konsistensi jadwal pemberian pakan, terutama pada kolam berukuran besar atau jumlah kolam yang banyak (Moh et al., 2025). Ketidakstabilan ini berpotensi menurunkan efisiensi pertumbuhan ikan dan meningkatkan limbah organik di dasar kolam. Akibatnya, petani ikan menghadapi tantangan besar dalam mencapai keseimbangan antara produktivitas dan efisiensi operasional.

Masalah lain yang sering dihadapi dalam kegiatan budidaya ikan di pedesaan adalah keterbatasan pasokan energi listrik. Banyak daerah yang belum terjangkau secara penuh oleh jaringan listrik nasional atau mengalami gangguan pasokan listrik yang cukup sering. Kondisi ini menjadi kendala utama dalam pengoperasian berbagai peralatan pendukung budidaya ikan, seperti blower, aerator, dan perangkat monitoring. Ketergantungan terhadap energi listrik konvensional juga berpotensi meningkatkan biaya operasional secara signifikan, terutama bagi petani kecil yang memiliki sumber daya terbatas. Oleh karena itu, isu ketersediaan energi menjadi bagian penting yang memengaruhi efektivitas sistem budidaya ikan.

Selain itu, dalam konteks keberlanjutan lingkungan, penggunaan sumber energi tak terbarukan seperti listrik dari bahan bakar fosil telah menimbulkan perhatian serius terhadap dampak ekologisnya. Pemerintah Indonesia melalui berbagai kebijakan energi telah mendorong pemanfaatan energi terbarukan, salah satunya energi surya, untuk sektor pertanian dan perikanan. Energi surya dianggap sebagai solusi potensial karena sifatnya yang berkelanjutan, ramah lingkungan, dan tersedia melimpah di wilayah tropis seperti Indonesia. Namun, dalam implementasinya, sistem energi surya pada skala kecil umumnya tidak langsung digunakan sebagai sumber daya utama, melainkan dikombinasikan dengan baterai sebagai media penyimpanan energi agar sistem tetap dapat beroperasi secara stabil pada malam hari atau saat intensitas cahaya matahari rendah. Penerapan sistem

berbasis baterai pada sektor perikanan, khususnya pada skala rumah tangga atau kolam bioflok kecil, masih tergolong rendah karena keterbatasan pengetahuan teknis dan biaya awal instalasi.

Permasalahan lain yang muncul dalam kegiatan budidaya ikan adalah kesulitan dalam melakukan pengawasan dan pencatatan data pemberian pakan secara manual. Banyak pembudidaya yang belum memiliki sistem pencatatan terstruktur untuk memantau perkembangan berat pakan, pertumbuhan ikan, maupun kondisi lingkungan kolam (M.T. & H., 2023). Akibatnya, keputusan yang diambil dalam proses budidaya sering kali berdasarkan perkiraan subjektif, bukan data yang terukur. Ketidaktepatan ini dapat menimbulkan inefisiensi dalam penggunaan pakan serta memengaruhi kualitas hasil panen secara keseluruhan. Dalam era digitalisasi, kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi teknologi dan praktik lapangan yang masih konvensional.

Sementara itu, kebutuhan terhadap modernisasi dalam bidang perikanan semakin mendesak seiring dengan perkembangan teknologi industri 4.0. Integrasi teknologi digital, seperti *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan, dan sistem sensor, telah terbukti dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi berbagai sektor, termasuk akuakultur (Indrawati et al., 2024). Namun, tingkat penerapan teknologi tersebut di kalangan pembudidaya ikan kecil dan menengah di Indonesia masih rendah. Hal ini disebabkan oleh kurangnya literasi teknologi, keterbatasan akses terhadap pelatihan, dan biaya investasi awal yang cukup tinggi. Kesenjangan ini menjadi salah satu faktor penghambat transformasi digital dalam sektor perikanan.

Dalam konteks sosial-ekonomi, budidaya ikan bioflok berpotensi menjadi sumber penghasilan utama bagi masyarakat pedesaan. Sistem ini mampu meningkatkan kepadatan tebar dan efisiensi pakan, sehingga lebih menguntungkan dibandingkan metode konvensional (Munaeni et al., 2022). Namun, jika pengelolaannya tidak dilakukan dengan cermat, risiko kegagalan tetap tinggi. Permasalahan seperti pengaturan pakan yang tidak konsisten, kualitas air yang fluktuatif, serta keterbatasan tenaga kerja menjadi penyebab

umum turunnya produktivitas. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman mendalam mengenai faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan budidaya ikan bioflok agar hasil panen dapat optimal.

Selain faktor teknis, aspek manajerial dalam pengelolaan kolam bioflok juga menjadi tantangan tersendiri. Banyak petani ikan yang belum memiliki strategi perencanaan pakan yang efisien dan sistematis. Akibatnya, sering terjadi ketidakseimbangan antara jumlah pakan yang diberikan dan kebutuhan ikan yang sebenarnya, yang berujung pada peningkatan limbah organik di kolam (Chaidir et al., 2024). Kondisi tersebut tidak hanya menurunkan kualitas air, tetapi juga dapat memicu pertumbuhan bakteri berlebih yang berpotensi menimbulkan penyakit pada ikan. Dengan demikian, pengelolaan pakan yang efektif dan terukur menjadi elemen vital dalam menjaga stabilitas sistem bioflok.

Kegiatan budidaya ikan yang masih bersifat manual juga menuntut keterlibatan manusia secara intensif setiap harinya. Hal ini tidak hanya menyita waktu dan tenaga, tetapi juga meningkatkan kemungkinan kesalahan dalam proses pemberian pakan (Sugiarto et al., 2024). Ketika pengelolaan dilakukan secara manual, variasi dalam jumlah dan frekuensi pemberian pakan sulit dikontrol secara konsisten. Kondisi tersebut berdampak pada ketidakseimbangan nutrisi yang dapat menghambat pertumbuhan ikan serta meningkatkan tingkat kematian. Dengan demikian, efisiensi waktu dan tenaga kerja menjadi permasalahan penting yang perlu diperhatikan dalam kegiatan budidaya ikan bioflok.

Dari berbagai permasalahan tersebut, dapat dipahami bahwa kegiatan budidaya ikan bioflok di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam aspek efisiensi pakan, kestabilan energi, dan pengelolaan sistem yang konsisten. Keterbatasan akses terhadap energi listrik, rendahnya penerapan teknologi digital, serta pengelolaan pakan yang belum terukur menjadi hambatan nyata dalam meningkatkan produktivitas. Permasalahan ini menuntut adanya inovasi dan perhatian lebih dari berbagai pihak, baik dari sisi penelitian, pendidikan, maupun kebijakan publik, agar budidaya ikan di

Indonesia dapat berkembang secara berkelanjutan dan efisien di masa mendatang.

Berdasarkan berbagai permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, peneliti merasa penting untuk melakukan kajian yang lebih mendalam mengenai pengelolaan pakan ikan dan pemanfaatan energi terbarukan dalam sistem budidaya ikan bioflok. Kompleksitas permasalahan yang mencakup aspek efisiensi pakan, keterbatasan energi, dan rendahnya penerapan teknologi digital di sektor perikanan menjadi alasan utama diperlukannya penelitian yang bersifat aplikatif dan berorientasi solusi. Melalui pengembangan sistem pemberian pakan ikan semi otomatis yang menggunakan baterai sebagai sumber tegangan utama, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata bagi peningkatan efisiensi dan keberlanjutan budidaya ikan di tingkat rumah tangga maupun skala kecil menengah. Oleh karena itu, peneliti memilih untuk mengangkat isu ini sebagai topik penelitian dengan harapan dapat menghadirkan hasil penelitian yang tidak hanya bermanfaat bagi dunia akademik, tetapi juga berdampak positif terhadap masyarakat pembudidaya ikan di Indonesia yang masih menghadapi berbagai keterbatasan dalam praktik budidaya modern.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari latar belakang masalah yang telah diuraikan dapat dibuat identifikasi masalah sebagai berikut.

1. Pengelolaan pakan yang tidak teratur berpotensi menurunkan kualitas air kolam akibat akumulasi sisa pakan yang tidak termanfaatkan secara optimal.
2. Pemberian pakan secara manual menyebabkan ketidaktepatan waktu pemberian pakan kepada ikan.
3. Ketidaktepatan dalam jumlah pakan yang diberikan berpotensi menimbulkan pemborosan pakan.
4. Beberapa daerah tempat budidaya ikan masih mengalami keterbatasan pasokan listrik yang menghambat penerapan alat bantu elektronik.
5. Pemanfaatan energi surya di sektor perikanan belum diterapkan secara luas meskipun berpotensi besar untuk mendukung keberlanjutan energi.

6. Ketidaktepatan manajemen pakan berpotensi mengganggu keseimbangan mikroorganisme dalam sistem bioflok
7. Sebagian besar pembudidaya ikan masih mengandalkan metode manual tanpa perhitungan berat pakan yang akurat.
8. Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada sistem perikanan masih menghadapi kendala di wilayah dengan keterbatasan jaringan listrik dan internet.
9. Pemanfaatan teknologi pemantauan pakan dan kualitas air secara *real-time* belum diadaptasi oleh sebagian besar pembudidaya ikan kecil.
10. Keterbatasan modal dan rendahnya kemampuan teknis menjadi penghalang bagi pembudidaya dalam mengadopsi teknologi baru.
11. Efisiensi pemberian pakan yang rendah berdampak langsung pada peningkatan biaya produksi dan penurunan kesejahteraan pembudidaya.
12. Belum adanya pendekatan terintegrasi antara pengelolaan pakan dan efisiensi energi dalam sistem budidaya ikan lele.

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini arah dan ruang lingkupnya jelas, maka perlu adanya pembatasan masalah. Pembatasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian terbatas pada perancangan dan pembangunan sistem pakan ikan otomatis dengan baterai sebagai sumber tegangan utama untuk satu unit kolam bioflok, tanpa membahas skala industri atau sistem budidaya lain.
2. Jenis ikan yang diuji dibatasi pada ikan Lele dengan Varietas Lele Dumbo karena prevalensinya di bioflok rumah tangga dan stabilitas konsumsi pakan, tanpa perbandingan dengan spesies lain.
3. Lokasi uji coba hanya di RT.9/RW.3, Jatinegara Kaum, Kec. Pulo Gadung, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13220, tanpa perluasan ke wilayah atau fasilitas eksternal.
4. Sistem bersifat semi-otomatis, menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan modul RTC DS3231 untuk jadwal waktu dan push button untuk penyesuaian, tanpa integrasi AI atau kontrol adaptif lanjutan.

5. Pengukuran berat pakan menggunakan sensor load cell, dengan aktuator servo motor MG996R untuk pengeluaran pakan; tidak mencakup kalibrasi industri atau aktuator alternatif.
6. Sumber energi utama adalah baterai DC, dengan analisis terbatas pada kebutuhan daya dasar, tanpa evaluasi mendalam terhadap variasi cuaca atau efisiensi panel.
7. Monitoring IoT dibatasi pada Telegram Bot untuk notifikasi status (waktu, berat pakan), dengan tampilan LCD I2C 16x2; tidak termasuk integrasi cloud, app mobile, atau dashboard web.
8. Pengujian difokuskan pada ketepatan waktu pakan, akurasi berat, dan kestabilan tegangan baterai, tanpa analisis biologis (pertumbuhan ikan, konversi pakan) atau aspek ekonomi-sosial (biaya, dampak masyarakat).

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem pemberian pakan ikan otomatis pada kolam ikan bioflok berbasis mikrokontroler ESP32 dengan memanfaatkan baterai sebagai sumber tegangan utama, yang mampu mengatur jadwal pemberian pakan dan menimbang berat pakan secara akurat?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang, identifikasi masalah, pembatasan masalah, dan perumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka tujuan penelitian ini disusun untuk memberikan arah dan sasaran yang jelas terhadap proses perancangan serta pembangunan sistem pakan ikan otomatis pada kolam ikan bioflok menggunakan baterai sebagai sumber tegangan utama. Tujuan penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu tujuan umum dan tujuan khusus sebagaimana dijelaskan berikut ini.

1. Tujuan Umum

Untuk merancang dan membangun sistem pemberian pakan ikan semi otomatis pada kolam ikan bioflok dengan memanfaatkan baterai

sebagai sumber tegangan utama, guna membantu pembudidaya ikan lele, khususnya pada skala rumah tangga di daerah dengan keterbatasan akses listrik.

2. Tujuan Khusus

Untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pakan ikan lele semi-otomatis berbasis ESP32 dengan menggunakan baterai sebagai sumber daya utama, yang mampu mengatur jadwal serta menimbang pakan secara akurat pada kolam bioflok.

1.6 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dirumuskan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan, baik bagi peneliti, universitas, maupun bagi relawan pemilik kolam ikan bioflok yang menjadi mitra dalam pengujian alat. Adapun manfaat penelitian ini dijabarkan sebagai berikut.

1. Manfaat bagi Peneliti

Penelitian ini memberikan kesempatan bagi peneliti untuk mengembangkan kemampuan dalam merancang, membangun, dan mengimplementasikan sistem otomatisasi berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT)

Selain itu, penelitian ini menjadi sarana pembelajaran langsung bagi peneliti dalam menerapkan teori elektronika industri, sistem kendali, serta efisiensi energi dalam aplikasi nyata di bidang perikanan bioflok. Melalui proses penelitian ini, peneliti juga memperoleh pengalaman dalam melakukan analisis kebutuhan daya, integrasi sensor dan aktuator, serta pengujian kinerja sistem, yang dapat menjadi bekal penting dalam dunia kerja maupun penelitian lanjutan di bidang teknologi otomatisasi dan energi terbarukan.

2. Manfaat bagi Universitas

Bagi universitas, penelitian ini dapat menambah kontribusi akademik dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang elektronika industri, khususnya dalam penerapan sistem otomatisasi yang mendukung konsep *sustainable technology* dan *green energy*. Penelitian

ini juga dapat dijadikan referensi dan sumber pembelajaran bagi mahasiswa lain yang ingin mengembangkan proyek serupa di bidang Internet of Things (IoT), sistem kontrol otomatis, serta penerapan energi surya dalam sistem mandiri.

Selain itu, karya penelitian ini turut memperkuat reputasi universitas dalam mendukung inovasi teknologi terapan yang berorientasi pada kebutuhan masyarakat, terutama di sektor pertanian dan perikanan yang berbasis keberlanjutan energi.

3. Manfaat bagi Pemilik Kolam Ikan Bioflok

Bagi relawan atau pemilik kolam ikan bioflok yang menjadi lokasi uji coba, penelitian ini memberikan manfaat praktis berupa sistem pakan ikan otomatis yang dapat membantu mengurangi beban kerja manual dalam pemberian pakan ikan lele. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi waktu dan ketepatan dosis pakan, sehingga pakan tidak terbuang percuma dan produktivitas budidaya dapat meningkat.

Selain itu, penggunaan energi surya sebagai sumber daya utama sistem juga membantu menghemat biaya operasional listrik dan mendukung penggunaan energi ramah lingkungan, terutama di wilayah dengan akses listrik yang terbatas. Melalui penerapan sistem ini, relawan juga dapat memperoleh wawasan tentang pemanfaatan teknologi otomatisasi dan IoT dalam kegiatan perikanan, yang berpotensi mendorong inovasi lebih lanjut di bidang budidaya ikan berkelanjutan.

1.7 Spesifikasi Sistem

Sistem yang dirancang merupakan sistem pemberian pakan ikan lele semi-otomatis pada kolam bioflok yang bekerja dengan memanfaatkan energi surya sebagai sumber daya utama dan dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali. Sistem ini dirancang untuk dapat mengatur waktu pemberian pakan serta mengontrol jumlah pakan berdasarkan berat secara terukur.

Komponen utama sistem terdiri dari mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama, sensor beban (load cell) sebagai pengukur berat pakan, modul RTC sebagai pengatur waktu, motor servo sebagai aktuator mekanisme

pemberian pakan, serta LCD sebagai media penampil informasi sistem. Sistem, baterai, dan solar charge controller sehingga dapat beroperasi secara mandiri pada daerah dengan keterbatasan akses listrik.

Sistem ini dirancang untuk skala rumah tangga dan mampu beroperasi secara mandiri pada daerah dengan keterbatasan akses listrik PLN, sehingga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga dalam proses pemberian pakan ikan lele pada kolam bioflok. Selain itu, mendukung efisiensi waktu dan tenaga pembudidaya ikan lele skala rumah tangga, serta meminimalkan kesalahan dalam proses pemberian pakan.

