



**DIKTISAINTEK
BERDAMPAK**



pkm
Program Kreativitas
Mahasiswa



BUKU PEDOMAN MITRA

PKM-PM LEBIIOT 2025

**"PENINGKATAN SOFT SKILL DAN HARD SKILL SANTRI PONDOK UNTUK
MEMBANGUN SANTRIPRENEUR MELALUI BUDIDAYA LELE DENGAN
METODE BIOFLOK BERBASIS IOT"**

**UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA' BLITAR
PONDOK PESANTREN DARUR ROJA'**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SAW. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan buku ini yang berjudul “Peningkatan Soft Skill dan Hard Skill Santri Pondok untuk Membangun Santripreneur melalui Budidaya Lele dengan Metode Bioflok Berbasis IoT.”

Buku ini disusun sebagai hasil nyata dari pelaksanaan Program Kreativitas Mahasiswa Pengabdian kepada Masyarakat (PKM-PM) yang dilaksanakan oleh mahasiswa Universitas Nahdlatul Ulama Blitar. Program ini bertujuan untuk mengembangkan potensi santri di lingkungan pesantren agar memiliki kemampuan teknis (hard skill) dan kemampuan non-teknis (soft skill) yang mendukung terciptanya kemandirian ekonomi pesantren berbasis inovasi dan teknologi.

Dalam dunia yang terus berkembang pesat, pesantren dituntut untuk beradaptasi dengan perubahan zaman tanpa meninggalkan nilai-nilai luhur keislaman. Melalui penerapan teknologi Internet of Things (IoT) pada sistem budidaya ikan lele metode bioflok, santri tidak hanya belajar tentang budidaya perikanan modern, tetapi juga menguasai teknologi digital yang relevan dengan era Revolusi Industri 4.0. Dengan demikian, kegiatan ini menjadi sarana pendidikan terapan yang mengintegrasikan sains, teknologi, dan nilai religius dalam satu kesatuan utuh.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia (Belmawa Kemendikbudristek) atas dukungan terhadap pelaksanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM-PM).
2. Universitas Nahdlatul Ulama Blitar, khususnya Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), atas bimbingan dan fasilitasi selama program berlangsung.
3. Ibu Lestariningsih, S.Pt, M.P selaku Dosen Pembimbing dari Tim PKM-PM LEBIIOT
4. Pondok Pesantren Darur Roja’ Ds.Selokajang Kec. Srengat Kab. Blitar sebagai mitra, yang telah berpartisipasi aktif dalam kegiatan pelatihan dan implementasi.
5. Seluruh tim mahasiswa PKM-PM LEBIIOT yang telah bekerja keras dalam penelitian, pendampingan, serta dokumentasi kegiatan ini.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan edisi berikutnya. Semoga karya sederhana ini dapat memberikan manfaat, menjadi inspirasi bagi kalangan pesantren, dan berkontribusi dalam mencetak generasi santri yang mandiri, inovatif, serta siap menjadi santripreneur di masa depan.

Bitar, 29 Oktober 2025
Penulis

Tim PKM-PM LEBIIOT

BAB I

APA ITU PKM ? DAN MENGENAL BIOFLOK SERTA POTENSI BUDIDAYA LELE

-“Belajar adalah kunci untuk membuka pintu kesuksesan. Jadikan setiap pelajaran sebagai kesempatan untuk tumbuh dan berkembang dimanapun tempatnya dan kapanpun waktunya” -



1.1. Apa itu Program Pengabdian kepada Masyarakat (PKM-PM)

PKM-PM merupakan wadah bagi mahasiswa untuk menerapkan ilmu pengetahuan, teknologi, atau seni yang mereka pelajari di kampus untuk membantu menyelesaikan masalah atau memenuhi kebutuhan masyarakat non-profit. Kami dari tim PKM-PM mempunyai tujuan utama untuk meningkatkan kemampuan mitra dalam hal *hard skill* dan *soft skill*. Tujuan program ini adalah untuk memberikan mitra pengetahuan dan pengalaman dalam mengelola budidaya ikan lele dengan menggunakan sistem bioflok dan teknologi *Internet Of Think* (IoT). Mitra kami adalah santri berusia antara 13 dan 18 tahun dari Pondok Pesantren Darur Roja' di Desa Selokajang, Kecamatan Srengat, Kabupaten Blitar.

Diharapkan melalui pelatihan ini, santri akan mendapatkan pemahaman tentang bagaimana teknologi dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi budidaya ikan. Mereka juga akan dapat melihat peluang usaha yang menjanjikan untuk mereka lakukan.



Foto Tim PKM-PM UNU Blitar

Program ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan kemampuan teknis, tetapi juga untuk menanamkan rasa kewirausahaan atau santripreneurship di lingkungan pesantren. Jika santri memahami dasar-dasar bisnis dan teknologi, mereka akan lebih siap untuk menghadapi tantangan ekonomi ketika terjun ke masyarakat. Hasil yang diharapkan dari program ini termasuk pembentukan unit usaha budidaya lele bioflok berbasis Internet of Things di pondok pesantren, peningkatan pengetahuan dan keterampilan santri hingga 45–55% dibandingkan budidaya sebelumnya.

1.2. Pengertian Budidaya Bioflok

Budidaya ikan lele dengan sistem bioflok merupakan metode modern yang mengandalkan aktivitas mikroorganisme untuk menjaga kualitas air. Secara sederhana, teknologi bioflok adalah proses budidaya ikan yang memanfaatkan bakteri baik untuk menguraikan limbah organik menjadi gumpalan kecil atau flok yang dapat dikonsumsi kembali oleh ikan sebagai sumber nutrisi tambahan. Teknologi ini pertama kali dikembangkan di Amerika Serikat dan Israel untuk budidaya udang, kemudian diadaptasi di Indonesia untuk ikan lele karena ketahanannya yang tinggi serta nilai ekonominya yang stabil. Prinsip utama bioflok adalah menjaga keseimbangan antara karbon (C) dan nitrogen (N) dalam air, sehingga zat beracun seperti amonia dapat diubah menjadi biomassa yang bermanfaat bagi pertumbuhan ikan.

Keunggulan sistem bioflok terletak pada efisiensinya. Teknologi ini dapat menghemat penggunaan air karena tidak memerlukan penggantian air secara rutin, memaksimalkan pemanfaatan lahan sempit, serta menghemat pakan karena flok yang terbentuk menjadi sumber makanan tambahan bagi ikan. Selain itu, bioflok menjaga kualitas air tetap stabil dan meningkatkan produktivitas karena memungkinkan kepadatan ikan yang lebih tinggi dibandingkan sistem konvensional.

Ikan lele dipilih sebagai objek utama karena memiliki ketahanan terhadap kondisi lingkungan ekstrem, pertumbuhan cepat, permintaan pasar tinggi, dan nilai ekonominya stabil dengan modal usaha yang relatif kecil.

1.3. Keunggulan Sistem Bioflok

Sistem bioflok memiliki berbagai keunggulan dibandingkan metode budidaya ikan konvensional, baik dari segi teknis, ekonomi, dan lingkungan, sistem bioflok memiliki banyak keunggulan dibandingkan metode budidaya ikan konvensional. Keunggulan pertama adalah efisiensi penggunaan air; sistem konvensional memerlukan penggantian air secara rutin untuk menjaga kualitasnya. Namun, karena mikroorganisme berfungsi sebagai biofilter alami yang menjaga ekosistem air stabil, sistem bioflok jauh lebih hemat air dan ramah lingkungan.

Selain itu, sistem bioflok memungkinkan budidaya di lahan sempit. Hal ini sangat cocok untuk lingkungan pesantren di mana ruangnya terbatas. Dengan diameter 2 hingga 3 meter, kolam terpal dapat menampung hingga seribu ikan lele tanpa mengganggu kualitas air. Bioflok sangat cocok untuk budidaya intensif dalam karena kinerjanya yang tinggi. Keunggulan lainnya adalah efisiensi pakan. Mikroorganisme dalam sistem bioflok membentuk flok atau gumpalan biomassa yang mengandung protein tinggi. Flok ini dapat dimakan oleh ikan dan menjadi sumber nutrisi tambahan yang alami. Dengan adanya pakan tambahan ini, penggunaan pakan buatan dapat berkurang hingga 20–30%, yang secara langsung menekan biaya operasional.



Foto 2 Kolam Bioflok

BAB 2

DASAR - DASAR BUDIDAYA IKAN LELE DENGAN METODE BIOFLOK

“Jangan biarkan perasaan putus asa menyerang dirimu. Yakinlah, pada akhirnya, kamu pasti akan berhasil.”

– Abraham Lincoln –





2.1. Persiapan Bahan Dan Alat

Dalam pelaksanaan budidaya sistem bioflok, hal pertama yang perlu diperhatikan adalah persiapan wadah atau kolam. Kolam yang digunakan dapat berupa kolam terpal berbentuk bundar dengan diameter sekitar 2 hingga 3 meter dan tinggi antara 1 sampai 1,2 meter.



Foto Bahan Besi Lingkar Kolam Bulat



Foto Bahan Terpal Lingkar Kolam Bulat

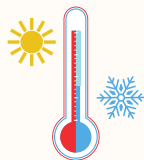
Sebelum digunakan, kolam harus dipastikan bersih dan kedap air agar kondisi budidaya optimal.

2.2. Kualitas Air Awal

Kualitas air merupakan faktor penting dalam keberhasilan budidaya lele. Parameter utama yang harus dijaga antara lain pH air berkisar antara 6,5 hingga 8, suhu air antara 26 sampai 30 derajat Celcius, dan kadar oksigen terlarut (DO) lebih dari 4 mg/L. Aerator perlu dinyalakan sejak awal untuk menjaga kadar oksigen tetap stabil. Pembentukan flok dilakukan dengan menambahkan probiotik sebagai sumber bakteri baik, serta sumber karbon seperti molase atau tepung tapioka dengan rasio C:N sekitar 15:1. Air kolam diaduk perlahan agar proses pembentukan flok merata, dan dibiarkan selama lima hingga tujuh hari sampai air berubah menjadi keruh kecoklatan, tanda bahwa flok telah terbentuk sempurna.



6.5 - 8



26-30 °C



± 4 mg/L

2.3. Pembuatan Flok

Tahapan berikutnya adalah proses pembentukan flok, yaitu upaya menciptakan koloni mikroorganisme yang akan berfungsi sebagai pengurai limbah dan sekaligus sumber pakan alami bagi ikan. Proses ini dilakukan dengan menambahkan sumber karbon ke dalam air, seperti molase (tetes tebu), tepung tapioka, atau dedak halus. Sumber karbon berperan penting dalam menyeimbangkan rasio karbon dan nitrogen di dalam air kolam, yang idealnya berada pada kisaran 15:1 hingga 20:1.



Setelah air kolam diisi setinggi 80% dari kapasitas total, sumber karbon dicampurkan secara merata bersama dengan EM4 (Effective Microorganisms 4), yaitu campuran mikroba baik yang membantu mempercepat proses pembentukan flok. Aerator harus dijalankan terus-menerus selama proses ini agar oksigen tetap terlarut dalam air dan membantu pertumbuhan mikroorganisme aerobik. Dalam waktu tiga hingga lima hari, flok akan mulai terbentuk dan terlihat sebagai partikel halus berwarna kecokelatan yang melayang di dalam air.

Proses pembentukan flok ini penting untuk dilakukan dengan sabar dan hati-hati. Jika flok terbentuk terlalu cepat atau terlalu banyak, dapat menyebabkan air menjadi terlalu keruh dan menurunkan kadar oksigen. Oleh karena itu, pemantauan visual dan pengukuran pH serta suhu air perlu dilakukan secara berkala menggunakan alat sederhana seperti pH meter dan termometer digital. Ketika flok sudah stabil dan kualitas air berada dalam kisaran aman, barulah kolam siap digunakan untuk penebaran benih lele.



Foto Mollases Tebu



Foto EM4 Perikanan

2.4. Penebaran Benih Ikan Lele

Tahap penebaran benih merupakan langkah awal dari proses pemeliharaan ikan lele dalam sistem bioflok. Pemilihan benih yang berkualitas sangat menentukan tingkat keberhasilan budidaya. Benih yang baik biasanya memiliki ukuran seragam, aktif berenang, tidak cacat, dan bebas dari penyakit. Disarankan untuk menggunakan benih dari indukan yang unggul dan bersertifikat, karena akan memberikan hasil panen yang lebih optimal.

Sebelum benih ditebar ke kolam, dilakukan proses aklimatisasi, yaitu penyesuaian suhu dan kualitas air antara wadah benih dengan kolam budidaya. Caranya, wadah berisi benih (biasanya dalam plastik atau ember) diletakkan di atas permukaan air kolam selama 15–30 menit agar suhu di dalam wadah menyesuaikan dengan suhu kolam. Setelah itu, air kolam sedikit demi sedikit dimasukkan ke dalam wadah hingga akhirnya benih bisa dilepaskan secara perlahan. Proses ini bertujuan untuk menghindari stres pada ikan akibat perubahan lingkungan yang mendadak.

Kepadatan tebar dalam sistem bioflok dapat mencapai 800 hingga 1.000 ekor per meter kubik, tergantung pada ukuran kolam dan ketersediaan oksigen. Namun demikian, pada tahap awal pelatihan santri, kepadatan sebaiknya dibuat sedang agar lebih mudah dipantau. Setelah penebaran benih, santri diharapkan mencatat waktu, jumlah benih, dan kondisi air sebagai bagian dari proses dokumentasi.

Tahapan-tahapan awal ini menjadi pondasi penting dalam keberhasilan budidaya lele sistem bioflok. Dengan persiapan wadah yang tepat, kualitas air yang terjaga, pembentukan flok yang stabil, serta pemilihan benih unggul, santri dapat memperoleh pengalaman langsung tentang bagaimana teknologi, biologi, dan manajemen saling terintegrasi dalam satu sistem budidaya yang efisien.

BAB 3

Pengenalan Teknologi IOT

“Setiap fase yang kamu jalani harus bisa mendatangkan pelajaran untuk naik ke fase berikutnya.”

– Merry Riana –





3.1. Apa Itu Internet Of Things (IoT)

Internet of Things atau disingkat IoT merupakan konsep di mana berbagai perangkat fisik dapat saling terhubung melalui jaringan internet dan berkomunikasi tanpa campur tangan manusia secara langsung. Dalam konteks sederhana, IoT memungkinkan benda-benda seperti sensor, mesin, lampu, dan alat pemantau untuk mengirimkan dan menerima data secara otomatis. Teknologi ini banyak diterapkan di berbagai bidang seperti industri, pertanian, transportasi, hingga akuakultur (budidaya ikan).

Dalam budidaya ikan, IoT digunakan untuk memantau berbagai parameter penting seperti suhu air, pH, kadar oksigen terlarut (DO), dan ketinggian air. Dengan adanya sistem ini, pembudidaya tidak perlu lagi melakukan pengukuran secara manual, karena data akan dikirim langsung ke perangkat seperti ponsel atau komputer. Bagi santri, penerapan IoT menjadi sarana pembelajaran nyata tentang bagaimana teknologi informasi dapat digunakan untuk mendukung kegiatan ekonomi produktif berbasis pesantren. Selain itu, penggunaan IoT juga melatih kemampuan berpikir sistematis dan analitis — sebuah kompetensi penting di era Revolusi Industri 4.0.

3.2. Manfaat IoT dalam Sistem Bioflok

Penerapan IoT dalam sistem bioflok memberikan berbagai manfaat yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi, mengurangi risiko, serta menjaga kestabilan ekosistem kolam.

Pertama, pemantauan real-time. Dengan bantuan sensor, kondisi air dapat diketahui setiap saat tanpa harus melakukan pengukuran manual. Data seperti suhu dan pH air yang terus diperbarui memudahkan pembudidaya untuk melakukan tindakan korektif secara cepat jika terjadi perubahan yang berpotensi membahayakan ikan.

Kedua, efisiensi waktu dan tenaga. IoT menghemat banyak waktu karena proses pemantauan dan pencatatan dilakukan secara otomatis. Santri tidak perlu lagi mengambil sampel air berulang kali, melainkan cukup melihat data yang ditampilkan pada aplikasi di smartphone.

Ketiga, mitigasi risiko. Sistem IoT mampu mengirimkan notifikasi peringatan dini ketika parameter air keluar dari batas aman. Misalnya, jika suhu meningkat drastis atau pH turun tajam, pengguna akan langsung menerima pemberitahuan sehingga dapat segera menambah aerasi atau mengganti sebagian air.

Keempat, analisis data jangka panjang. Data yang tersimpan di cloud server memungkinkan pembudidaya untuk menganalisis tren perubahan kualitas air dari waktu ke waktu. Analisis ini sangat berguna dalam menentukan strategi pakan, pergantian air, dan jadwal panen yang optimal.

Dengan demikian, penerapan IoT pada sistem bioflok tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga mendukung keberlanjutan ekosistem dan efisiensi sumber daya. Bagi santri, hal ini menjadi bentuk nyata penerapan teknologi dalam kegiatan wirausaha yang berbasis ilmu pengetahuan dan lingkungan.



3.3 Komponen Dasar Sistem IoT

Sistem IoT dalam budidaya ikan lele bioflok tersusun atas beberapa komponen utama yang bekerja secara terintegrasi untuk mengumpulkan, memproses, dan mengirimkan data. Komponen-komponen tersebut meliputi:

1. **Sensor** : Sensor berfungsi sebagai alat pengumpul data dari lingkungan. Dalam sistem bioflok, digunakan sensor pH untuk mengukur tingkat keasaman air, sensor suhu (misalnya DS18B20) untuk memantau suhu air, dan sensor ketinggian air (water level sensor) untuk memastikan volume air tetap stabil. Sensor-sensor ini menjadi “indera” bagi sistem IoT dalam mendeteksi kondisi kolam secara otomatis.
2. **Mikrokontroler dan Modul WiFi** : Mikrokontroler, seperti NodeMCU ESP8266 atau ESP32, berperan sebagai pusat kendali sistem. Alat ini mengumpulkan data dari sensor, mengolahnya, lalu mengirimkannya ke jaringan internet melalui modul WiFi yang sudah terintegrasi di dalamnya. Mikrokontroler juga bisa dihubungkan ke relay untuk mengontrol perangkat seperti pompa air atau aerator secara otomatis.
3. **Cloud Server atau Database** : Cloud server adalah tempat penyimpanan data secara daring. Data yang dikirimkan oleh mikrokontroler disimpan di server seperti Blynk, Thingspeak, atau Firebase, agar dapat diakses kapan pun dan di mana pun. Data ini juga dapat ditampilkan dalam bentuk grafik untuk memudahkan analisis.
4. **Aplikasi atau Dashboard Monitoring** : Aplikasi berfungsi untuk menampilkan data hasil pengukuran sensor dalam bentuk antarmuka yang mudah dibaca. Pengguna dapat melihat suhu, pH, dan kondisi air melalui ponsel, serta menerima notifikasi jika parameter keluar dari batas normal. Beberapa aplikasi bahkan memungkinkan pengguna untuk menyalakan atau mematikan perangkat (seperti aerator) langsung dari jarak jauh.

3.4. Sistem Kerja IoT

Secara sederhana, cara kerja sistem IoT dalam budidaya lele bioflok dapat digambarkan sebagai alur pengumpulan data, pengolahan, dan pengiriman informasi ke perangkat pengguna.

Pertama, sensor yang terpasang di kolam mendeteksi parameter lingkungan seperti suhu dan pH air. Data tersebut kemudian dikirim ke mikrokontroler (NodeMCU/ESP32) yang bertugas mengolah informasi tersebut menjadi format digital yang dapat dikirim melalui jaringan internet.

Kedua, mikrokontroler mengirimkan data ke server cloud, seperti Blynk atau Thingspeak, menggunakan koneksi WiFi. Data yang dikirim secara terus-menerus ini akan tersimpan dan dapat diakses melalui aplikasi atau browser.

Ketiga, aplikasi monitoring menampilkan data tersebut secara real-time dalam bentuk grafik, angka, dan indikator status (normal, waspada, atau bahaya). Jika salah satu parameter keluar dari ambang batas aman, sistem akan mengirimkan notifikasi otomatis ke ponsel pengguna sebagai peringatan dini dan ke LCD pada kotak IoT

BAB 4

IMPLEMENTASI IOT UNTUK PEMANTAUAN KUALITAS AIR

"Pendidikan merupakan sebuah senjata paling mematikan di dunia, karena dengan pendidikan, Anda dapat mudah mengubah dunia."

-Nelson Mandela.-



4.1 Jenis Sensor yang Digunakan

Untuk memantau kondisi air secara optimal, digunakan tiga jenis sensor utama yang berfungsi mengukur parameter penting dalam sistem bioflok, yaitu sensor pH, suhu air, dan amonia kolam.

1. Sensor pH : Sensor pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air di dalam kolam. Nilai pH yang ideal untuk budidaya lele berada pada kisaran 6,5–8,0. Apabila pH turun terlalu rendah, kondisi air menjadi asam dan dapat menyebabkan stres pada ikan serta menghambat pertumbuhan flok mikroba. Sebaliknya, pH yang terlalu tinggi (basa) dapat menyebabkan iritasi insang. Sensor pH bekerja dengan membaca tegangan listrik yang dihasilkan oleh ion hidrogen dalam air, kemudian mengonversinya menjadi angka digital yang ditampilkan pada aplikasi monitoring.
2. Sensor Suhu Air : Suhu merupakan faktor vital dalam budidaya karena memengaruhi aktivitas metabolisme ikan dan pertumbuhan mikroorganisme bioflok. Sensor suhu digunakan karena tahan air (waterproof), memiliki akurasi tinggi, dan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler NodeMCU. Suhu ideal untuk ikan lele berkisar antara 28–32°C. Dengan sensor ini, perubahan suhu sekecil apa pun dapat terdeteksi dan dikirim ke sistem monitoring agar santri dapat segera mengambil tindakan jika suhu terlalu tinggi atau rendah.
3. Sensor Amonia : Amonia merupakan gas beracun yang terbentuk dari sisa pakan dan kotoran ikan yang tidak terurai sempurna. Pada sistem bioflok, kadar amonia harus dijaga di bawah 0,02 mg/L agar tidak mengganggu kesehatan ikan. Sensor amonia mendeteksi konsentrasi amonia terlarut dalam air melalui reaksi kimia antara gas amonia dan elektroda sensor. Nilai ini kemudian diubah menjadi data digital dan dikirim ke dashboard monitoring. Jika kadar amonia meningkat, sistem akan mengirimkan notifikasi agar santri segera memperbaiki aerasi atau menambah probiotik untuk menstabilkan flok.

Ketiga sensor ini saling melengkapi dalam menjaga keseimbangan ekosistem kolam bioflok. Data yang dikumpulkan akan menjadi dasar pengambilan keputusan dalam manajemen budidaya, seperti waktu pemberian pakan, pergantian air, dan penambahan probiotik.

4.2 Instalasi dan Kalibrasi Sensor

Tahap instalasi dan kalibrasi merupakan langkah penting agar sensor bekerja dengan akurat dan tahan lama. Proses pemasangan dilakukan secara hati-hati agar alat terlindungi dari air, tekanan, dan aktivitas ikan. Berikut panduan langkah demi langkah:

1. Persiapan Alat dan Bahan:
2. Siapkan komponen utama yaitu NodeMCU ESP8266, sensor pH, sensor suhu, dan sensor amonia. Sediakan pula kabel jumper, breadboard, adaptor daya, serta pelindung alat dari pipa PVC.
3. Pemasangan Sensor:
 - Sensor pH ditempatkan di sisi kolam dalam wadah kecil yang memungkinkan air mengalir bebas. Hindari paparan langsung arus aerator agar pembacaan stabil.
 - Sensor suhu direndam pada bagian tengah kolam menggunakan pelindung stainless atau PVC agar terlindung dari benturan ikan.
 - Sensor amonia diletakkan pada kedalaman 15–20 cm dari permukaan air, di area yang merepresentasikan kondisi rata-rata kolam.
4. Kalibrasi Sensor:
 - Kalibrasi pH: Gunakan larutan buffer standar pH 4.0 dan 7.0. Celupkan sensor pH ke dalam larutan, baca nilai di aplikasi, dan sesuaikan offset hingga akurat.
 - Kalibrasi suhu: Bandingkan hasil dengan termometer digital. Jika selisih lebih dari $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, sesuaikan kode kalibrasi di program.
 - Kalibrasi amonia: Gunakan sampel air dengan kadar amonia diketahui untuk menyamakan pembacaan sensor.
5. Pengujian dan Perlindungan:
6. Setelah kalibrasi selesai, jalankan sistem selama 24 jam untuk memastikan kestabilan pembacaan. Lindungi seluruh sensor dan koneksi listrik dari air menggunakan sealant atau kotak pelindung (enclosure).

BAB 5

MANAJEMEN PAKAN DAN KESEHATAN LELE

"Anda mungkin bisa menunda, tapi waktu tidak akan menunggu."

- Benjamin Franklin -



Manajemen pakan dan kesehatan merupakan dua pilar yang tidak terpisahkan dalam menentukan kesuksesan budidaya lele sistem bioflok berbasis IoT. Kedua aspek ini saling berkaitan erat, dimana pemberian pakan yang tepat tidak hanya mendorong pertumbuhan ikan yang optimal, tetapi juga menjaga kestabilan ekosistem bioflok. Sebaliknya, lingkungan bioflok yang sehat akan meningkatkan efisiensi pakan dan menjadi benteng pertahanan alami terhadap serangan penyakit. Dengan dukungan teknologi IoT, budidaya ikan lele kini dapat dilakukan dengan pengelolaan yang lebih presisi, beralih dari pola tradisional yang reaktif menuju budidaya yang proaktif dan terukur. Bab ini akan membahas secara komprehensif praktik-praktik harian yang krusial, mulai dari penentuan kebutuhan pakan, penghitungan efisiensi, pencegahan penyakit, hingga tindakan korektif berbasis data real-time dari sensor IoT

5.1. Kebutuhan Pakan Ikan Lele

Pemilihan jenis pakan yang tepat harus disesuaikan dengan fase pertumbuhan ikan lele. Pakan harus mengandung nutrisi lengkap seperti protein, lemak, karbohidrat, vitamin, dan mineral. Pemilihan pakan yang tepat dapat menekan biaya produksi karena pakan merupakan komponen terbesar dalam total biaya budidaya (sekitar 60–70%). Pakan lele umumnya dibedakan menjadi dua jenis yaitu pakan alami dan pakan buatan.

- Pakan alami (bioflok): berasal dari mikroorganisme yang tumbuh dalam sistem bioflok. Flok mengandung protein tinggi (20–30%), lemak, serta asam amino esensial yang membantu pertumbuhan ikan.
- Pakan buatan (pakan pelet): biasanya berbentuk pelet apung dengan kadar protein sekitar 28–32% untuk benih dan 25–28% untuk ikan dewasa.

Waktu pemberian pakan perlu disesuaikan dengan usia ikan. Waktu yang direkomendasikan untuk benih, pakan diberikan 4-5 kali sehari pada pukul 06.00, 10.00, 14.00, 18.00, dan 22.00. Pada fase pembesaran, frekuensi dapat dikurangi menjadi 3-4 kali sehari pada pukul 07.00, 12.00, 17.00, dan 21.00. Teknik pemberian pakan yang dianjurkan adalah secara bertahap sedikit demi sedikit hingga ikan menunjukkan tanda kenyang, yaitu ketika ikan sudah tidak lagi agresif menyambar pakan. Metode ini membantu mencegah kelebihan pakan (overfeeding) yang dapat mengganggu kestabilan sistem bioflok. Kelebihan pakan juga dapat meningkatkan kadar amoniak dalam kolam karena pakan yang tidak dicerna akan menumpuk pada dasar kolam sehingga air kolam menjadi keruh.

5.2. Penghitungan FCR (Feed Conversion Ratio) Sederhana

Feed Conversion Ratio (FCR) merupakan indikator penting untuk mengukur efisiensi pakan dalam budidaya ikan lele. Nilai FCR yang rendah menunjukkan efisiensi yang tinggi, dimana pakan dapat diubah menjadi daging ikan dengan lebih efektif. Perhitungan FCR dilakukan dengan membandingkan total jumlah pakan yang diberikan dengan pertambahan biomassa ikan selama periode tertentu.

$$FCR = \frac{\text{Jumlah Pakan yang Diberikan (kg)}}{\text{Pertambahan Berat Ikan (kg)}}$$

Sebagai contoh, jika sebuah kolam memiliki biomassa awal 50 kg dan setelah satu bulan mencapai 200 kg, maka pertambahan biomassa adalah 150 kg. Apabila total pakan yang diberikan selama periode tersebut adalah 180 kg, maka nilai FCR dihitung dengan membagi 180 kg dengan 150 kg, menghasilkan FCR 1.2. Artinya, untuk menghasilkan 1 kg daging lele, diperlukan 1.2 kg pakan.

Nilai ideal FCR untuk budidaya lele bioflok adalah 1,2–1,6. Dengan bantuan data IoT, dapat diketahui hubungan antara suhu, pH, dan FCR. Contohnya:

- Saat suhu naik $>32^{\circ}\text{C}$, ikan makan lebih cepat, tapi pencernaan terganggu $\rightarrow$ FCR meningkat.
- Saat pH terlalu rendah ($<6,5$), flock menurun $\rightarrow$ pakan kurang dimanfaatkan optimal.

Dengan demikian, santri bisa menentukan kapan waktu terbaik memberi pakan agar efisien, sekaligus memantau kondisi lingkungan agar FCR tetap ideal.

Beberapa strategi dapat diterapkan untuk memperbaiki nilai FCR. Pertama, optimasi jadwal dan dosis pemberian pakan berdasarkan data suhu dan oksigen terlarut dari sensor IoT. Kedua, penambahan probiotik untuk meningkatkan pencernaan pakan dalam sistem pencernaan ikan. Ketiga, pemanfaatan bioflok sebagai sumber pakan alami tambahan yang kaya protein dan nutrisi lainnya.

5.3. Pengelolaan Kesehatan

Lele dalam sistem bioflok umumnya lebih tahan penyakit karena lingkungan yang kompetitif. Namun, kewaspadaan tetap harus dijaga. Pencegahan penyakit pada ikan lele adalah strategi terbaik. Bioflok yang stabil adalah kunci pencegahan penyakit.

1. Jaga Keseimbangan C/N Ratio : Pastikan karbon anorganik tersedia cukup untuk mendukung pertumbuhan bakteri pembentuk flock. Penambahan molase atau sumber karbon lain harus sesuai dengan jumlah pakan yang diberikan.
2. Monitoring Flock secara Visual dan Data : Flock yang sehat berwarna coklat tua, berbau seperti tanah, dan memiliki ukuran yang relatif seragam (0.1 - 2 mm). Sensor kekeruhan (turbidity) pada sistem IoT dapat memberikan peringatan dini jika terjadi ketidakstabilan flock.

Gejala pada Kolam	Warna Air/Flok	Penyebab Potensial	Tindakan Korektif
Flok mengambang	Putih	Dominasi bakteri filamentous/kondisi anaerob	Tingkatkan aerasi, kurangi pakan sementara
Flok berbau busuk	Hitam/Abu-abu	Kondisi anaerob (kekurangan oksigen) di dasar kolam	Tingkatkan aerasi maksimal, lakukan siphon dasar
Air jernih, flok hilang	Jernih	Kematian bakteri flok (pH ekstrem, racun)	Periksa pH & amonia, tambahkan probiotik & molase
Flok terlalu padat & besar	Coklat Tua Pekat	Overfeeding kronis	Kurangi dosis pakan, optimasi FCR

Tabel 5.1. Gejala Umum dan Penyebab Ketidakstabilan Bioflok

Pencegahan penyakit pada budidaya lele sistem bioflok dimulai dengan menjaga kestabilan kualitas air. Parameter kunci yang harus dipantau meliputi oksigen terlarut (DO) di atas 4 mg/L, pH pada kisaran 7-8.5, dan kadar amonia di bawah 0.5 mg/L. Pemantauan ini dapat dilakukan secara real-time menggunakan sensor IoT yang terintegrasi dengan sistem peringatan dini. Selain faktor lingkungan, manajemen stres pada ikan juga perlu diperhatikan dengan menghindari penanganan yang kasar dan kepadatan tebar yang berlebihan, serta melakukan aklimatisasi yang tepat saat transfer ikan.

Penerapan biosekuriti yang ketat merupakan langkah preventif penting lainnya. Hal ini mencakup penggunaan peralatan khusus untuk setiap kolam, pembatasan akses orang luar ke area budidaya, dan karantina benih sebelum ditebar. Untuk benih baru, perendaman dalam larutan garam dengan konsentrasi 50 mg/L selama 10 menit dapat membantu mengurangi risiko introduksi patogen ke dalam sistem.

Ikan yang sakit menunjukkan perubahan perilaku. Pemantauan visual tetap penting, namun IoT dapat membantu. Adapun gejala perilaku sick fish adalah sebagai berikut:

- Berenang tidak normal, berputar-putar, miring atau di permukaan.
- Nafsu makan menurun drastis terlihat dari sisa pakan yang banyak.
- Menggosok-gosok badan ke dinding kolam tanda adanya parasit di kulit atau insang.
- Warna tubuh menjadi gelap atau pucat.

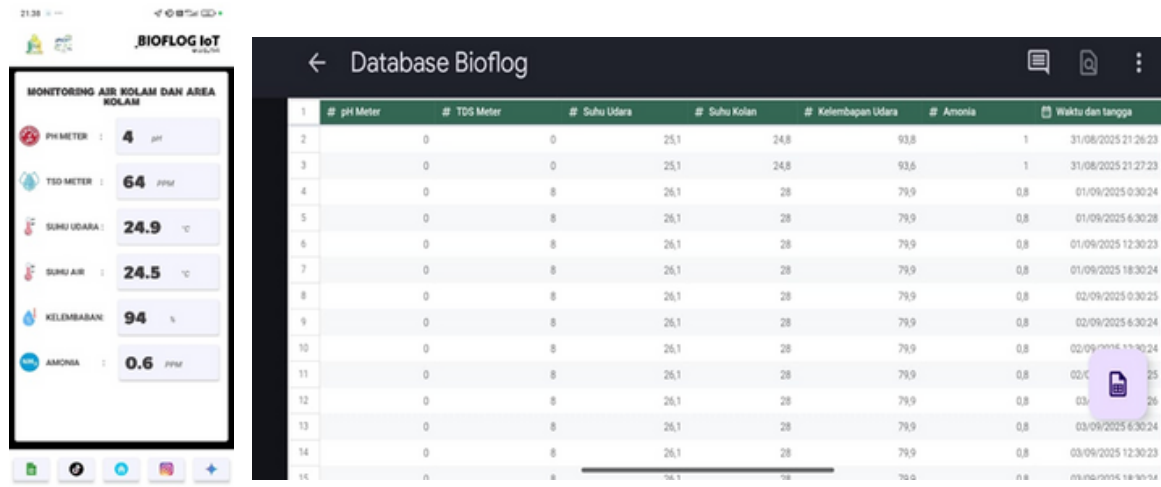
Berikut adalah penyakit yang sering menyerang lele dan penanganannya dalam sistem bioflok.

1. **Bintik Putih (White Spot)** : Bintik putih pada lele disebabkan oleh parasit *Ichthyophthirius multifiliis*. Gejala penyakit ini antara lain: bintik putih seperti garam di kulit, sirip, dan insang; ikan sering menggosokkan badan; malas bergerak. Hal ini dapat ditangani dengan meningkatkan suhu air secara bertahap hingga 28-30°C (jika memungkinkan). Pada sistem bioflok, penggunaan garam dapur (NaCl) dengan dosis 100-200 mg/L (gram/1000L) efektif dan relatif aman untuk flok. Lakukan selama 5-7 hari.
2. **Aeromonas & Pseudomonas (Motile Aeromonas Septicemia/MAS)** : Penyakit ini disebabkan bakteri *Aeromonas hydrophila* dan sejenisnya. Sering muncul akibat stres karena kualitas air buruk. Aeromonas memiliki gejala berupa pendarahan pada sirip, pangkal sirip, dan tubuh; perut bengkak (dropsy); luka borok (ulcer). Penanganan terhadap penyakit ini dilakukan dengan memperbaiki kualitas air segera (tingkatkan aerasi, ganti air parsial). Berikan pakan yang dicampur dengan antibiotik hanya berdasarkan resep dokter hewan. Pengobatan herbal seperti daun sirih atau probiotik spesifik (*Bacillus* sp.) dapat digunakan sebagai pencegahan dan pendukung.
3. **Jamur (Saprolegniasis)** : Jamur *Saprolegnia* sp. biasanya menyerang ikan yang sudah lemah atau memiliki luka. Gelajanya antara lain adanya serabut putih seperti kapas menempel pada luka, sirip, atau telur. Sama seperti penanganan bintik putih, dengan garam dapur. Pastikan luka pada ikan dicegah dengan handling yang baik.

Sistem bioflok sendiri sebenarnya telah menyediakan mekanisme pertahanan alami melalui keberadaan bakteri menguntungkan seperti *Bacillus* dan *Lactobacillus* yang bersifat probiotik. Bakteri-bakteri ini mampu menekan pertumbuhan patogen melalui mekanisme kompetisi. Untuk menjaga populasi bakteri menguntungkan tersebut, perlu ditambahkan sumber karbon seperti molase secara berkala untuk mempertahankan rasio C/N yang optimal.

5.4. Tindakan Korektif Berbasis Data IoT

Teknologi IoT memungkinkan untuk melakukan tindakan korektif secara cepat dan tepat berdasarkan data real-time dari sensor yang terpasang di kolam budidaya. Sistem IoT memusatkan semua data untuk pengambilan keputusan yang cepat dan akurat. Manajemen pakan dan kesehatan dalam sistem bioflok berbasis IoT merupakan sebuah siklus yang saling terhubung. Pakan yang efisien menghasilkan limbah yang terkontrol, yang diolah oleh bioflok menjadi biomassa yang bermanfaat, sehingga menciptakan lingkungan yang sehat bagi lele. Lingkungan yang sehat menghasilkan pertumbuhan yang optimal dan efisiensi pakan (FCR) yang rendah.



Gambar 5.1. Tampilan Dashdoard dan Recording IoT Kolam Bioflok

Dashboard IoT menjadi pusat kendali yang memudahkan dalam memantau kondisi kolam dan mengambil keputusan. Teknologi IoT hadir sebagai alat bantu yang powerful untuk memantau, menganalisis, dan mengotomatiskan siklus ini. Dengan mengadopsi pendekatan ini, mitra budidaya tidak hanya mengurangi biaya pakan dan tenaga kerja tetapi juga secara signifikan menekan risiko kematian ikan akibat penyakit, yang pada akhirnya menjadikan usaha budidaya lele bioflok lebih menguntungkan, berkelanjutan, dan dapat diprediksi. Kunci keberhasilannya terletak pada konsistensi dalam monitoring dan kecepatan dalam mengambil tindakan korektif berdasarkan data yang diberikan oleh sistem.

Untuk menangani fluktuasi pH yang ekstrem, apabila pH turun di bawah 7, dapat ditambahkan kapur pertanian dengan dosis 100-200 gram per meter kubik air. Sebaliknya, jika pH naik di atas 8,5 langkah yang dapat dilakukan adalah penggantian air parsial sebanyak 10-20% dan penambahan molase atau kapur dolomit untuk menurunkan pH secara bertahap. Sedangkan untuk kadar amonia yang melebihi 1.0 mg/L, tindakan korektif yang efektif adalah mengurangi pemberian pakan hingga 50% dan menambahkan molase sebagai sumber karbon untuk mempercepat kerja bakteri pengurai amonia.

BAB 6

MANAJEMEN PAKAN DAN KESEHATAN LELE

"Usaha dan keberanian tidak cukup tanpa tujuan dan arah perencanaan."

- John F. Kennedy -



santri dapat menggunakan data hasil pemantauan dari sistem IoT (Internet of Things) untuk meningkatkan efektivitas dan hasil budidaya ikan lele dengan metode bioflok. Dengan adanya data yang dikumpulkan secara otomatis dari sensor pH, suhu, dan amonia, santri dapat memahami kondisi kolam secara lebih ilmiah. Hal ini menjadikan proses budidaya tidak hanya berdasarkan perkiraan, tetapi juga berdasarkan bukti dan data yang akurat.

Melalui analisis data yang tepat, santri dapat mengenali pola perubahan kualitas air, memperkirakan kondisi lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan ikan, serta mengambil keputusan cepat dan efisien. Dengan demikian, pengelolaan budidaya lele berbasis IoT tidak hanya meningkatkan hasil panen, tetapi juga menanamkan kebiasaan berpikir analitis dan ilmiah bagi santri

6.1 Pembacaan dan Interpretasi Data Harian

Langkah awal dalam analisis data adalah mempelajari cara membaca dan menafsirkan data sensor yang dikirim oleh sistem IoT. Data ini biasanya ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik yang menunjukkan perubahan kualitas air dari waktu ke waktu.

1. Parameter pH Air : Nilai pH menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan air. Untuk ikan lele, nilai pH ideal berkisar antara 6,5 hingga 8,0. Jika grafik menunjukkan penurunan pH, hal ini menandakan adanya peningkatan aktivitas mikroorganisme atau penumpukan bahan organik di kolam. Kondisi tersebut dapat diperbaiki dengan menambahkan kapur dolomit atau molase dalam dosis kecil agar pH kembali stabil. Sebaliknya, jika pH meningkat terlalu tinggi (lebih dari 8,5), langkah yang dapat dilakukan adalah mengganti sebagian air kolam dan menyeimbangkan kadar nutrisi bioflok.
2. Parameter Suhu Air : Suhu sangat memengaruhi pertumbuhan ikan dan aktivitas bioflok. Suhu ideal berkisar antara 28–32°C. Jika grafik suhu menunjukkan fluktuasi besar antara siang dan malam, maka perlu dilakukan tindakan seperti pemasangan atap paranet untuk meredam panas matahari atau menambah aerator untuk meningkatkan oksigen terlarut.
3. Parameter Amonia : Amonia adalah hasil dari sisa pakan dan kotoran ikan. Nilai amonia yang tinggi sangat berbahaya karena dapat menyebabkan stres dan kematian pada ikan. Batas aman kadar amonia adalah di bawah 0,02 mg/L. Jika data menunjukkan kenaikan kadar amonia, maka perlu dilakukan langkah-langkah seperti meningkatkan aerasi, mengurangi pemberian pakan, atau menambahkan probiotik.

Dengan membaca data secara rutin setiap hari, santri dapat mengenali pola perubahan kualitas air. Misalnya, jika suhu meningkat biasanya diikuti oleh peningkatan amonia, atau pH turun setelah pemberian pakan berlebih. Pemahaman terhadap hubungan antarparameter ini akan membantu santri menjaga kestabilan ekosistem kolam.

6.2 Pengambilan Keputusan Berbasis Data

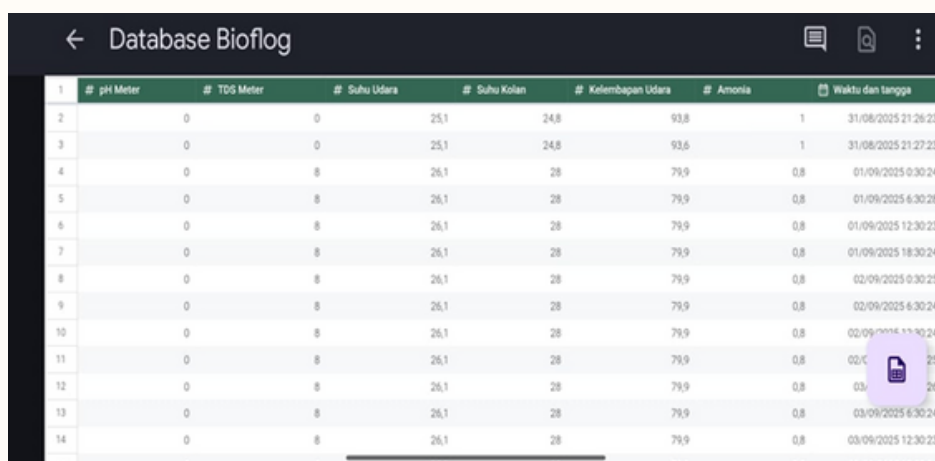
Setelah memahami tren data harian, tahap berikutnya adalah pengambilan keputusan berbasis data. Santri dilatih untuk membuat tindakan yang tepat berdasarkan hasil pemantauan, bukan hanya berdasarkan perkiraan atau kebiasaan.

1. Penyesuaian Pemberian Pakan : Jika suhu turun di bawah 26°C, metabolisme ikan melambat sehingga pakan perlu dikurangi sebanyak 10–20%. Sebaliknya, jika suhu stabil dan pH ideal, pakan dapat diberikan dalam jumlah normal agar pertumbuhan tetap optimal.
2. Manajemen Aerasi dan Kualitas Air : Ketika grafik amonia menunjukkan kenaikan, hal ini menandakan sistem aerasi kurang optimal. Santri perlu meningkatkan intensitas aerator atau menambah titik udara untuk membantu oksidasi amonia menjadi nitrat yang tidak berbahaya.
3. Tindakan Korektif terhadap pH : Jika data menunjukkan pH turun secara drastis, santri dapat segera menambahkan dolomit atau mengganti sebagian air kolam. Keputusan cepat seperti ini dapat mencegah stres ikan dan menghindari kematian massal.
4. Evaluasi Kondisi Kolam Secara Mingguan : Santri juga diajarkan untuk mengevaluasi data secara berkala, misalnya setiap tujuh hari sekali, guna melihat tren perubahan jangka panjang. Hasil evaluasi ini digunakan untuk menyesuaikan pola pakan, frekuensi pemberian probiotik, serta jadwal pergantian air.

Melalui pendekatan berbasis data ini, santri belajar berpikir sistematis, memecahkan masalah dengan metode ilmiah, dan mengambil keputusan rasional berdasarkan bukti.

6.3 Pencatatan dan Dokumentasi

Selain memantau data secara digital, pencatatan manual (logbook) juga sangat penting untuk melengkapi proses budidaya. Tujuannya adalah agar santri dapat membandingkan data otomatis dengan hasil observasi langsung di lapangan.



#	pH Meter	TDS Meter	Suhu Udara	Suhu Kolam	Kelambapan Udara	Amonia	Waktu dan tanggal
1							
2	0	0	25,1	24,8	93,8	1	31/08/2025 21:26:23
3	0	0	25,1	24,8	93,8	1	31/08/2025 21:27:23
4	0	8	26,1	28	79,9	0,8	01/09/2025 03:30:24
5	0	8	26,1	28	79,9	0,8	01/09/2025 6:30:28
6	0	8	26,1	28	79,9	0,8	01/09/2025 12:30:23
7	0	8	26,1	28	79,9	0,8	01/09/2025 18:30:24
8	0	8	26,1	28	79,9	0,8	02/09/2025 03:30:25
9	0	8	26,1	28	79,9	0,8	02/09/2025 6:30:24
10	0	8	26,1	28	79,9	0,8	02/09/2025 12:30:24
11	0	8	26,1	28	79,9	0,8	02/09/2025 18:30:24
12	0	8	26,1	28	79,9	0,8	03/09/2025 03:30:24
13	0	8	26,1	28	79,9	0,8	03/09/2025 6:30:24
14	0	8	26,1	28	79,9	0,8	03/09/2025 12:30:23
15	0	8	26,1	28	79,9	0,8	03/09/2025 18:30:24

Data dari pencatatan manual dan digital ini nantinya dapat digunakan sebagai arsip evaluasi siklus budidaya. Misalnya, jika ditemukan tren pH selalu turun di minggu ketiga, maka di siklus berikutnya dapat dilakukan pencegahan sejak awal.

6.4 Masalah dan Solusi Umum Bioflok-IoT

Dalam proses penerapan sistem bioflok berbasis IoT, santri sering menghadapi berbagai permasalahan, baik teknis maupun biologis. Oleh karena itu, diperlukan daftar permasalahan umum dan solusi cepat (troubleshooting) untuk menjaga keberlangsungan sistem.

1. pH Turun Drastis (Air Asam):

- Penyebab: Penumpukan bahan organik dan aktivitas mikroba tinggi.
- Solusi: Tambahkan kapur dolomit 10–20 gram/m³ air dan kurangi pemberian pakan.

2. Amonia Tinggi:

- Penyebab: Aerasi kurang optimal, flok mati, atau sisa pakan menumpuk.
- Solusi: Tambahkan probiotik, tingkatkan aerasi, dan kuras air sebagian.

3. Flok Menggumpal dan Berbau:

- Penyebab: Kelebihan karbon dari molase atau kurangnya aerasi.
- Solusi: Kurangi penambahan molase dan perbaiki sirkulasi udara.

4. Pertumbuhan Ikan Tidak Merata:

- Penyebab: Ketidakseimbangan kualitas air atau perbedaan nafsu makan.
- Solusi: Lakukan sortasi ikan dan pastikan distribusi pakan merata.

BAB 7

PANEN, PASCA PANEN DAN KEBERLANJUTAN

"Kembangkan kesuksesan dari kegagalan. Keputusan dan kegagalan adalah dua batu loncatan paling pasti menuju kesuksesan. "

- Dale Carnegie -



7.1 Penentuan Waktu Panen

Penentuan waktu panen pada budidaya ikan lele bioflok dilakukan berdasarkan ukuran ikan dan permintaan pasar. Umumnya, ikan lele siap panen ketika telah mencapai berat rata-rata 100–120 gram per ekor atau panjang sekitar 10–12 cm. Waktu panen ideal dicapai setelah masa pemeliharaan selama 85–90 hari, tergantung pada kualitas pakan, kepadatan tebar, dan stabilitas kondisi air yang dikontrol menggunakan sistem IoT.

Penggunaan teknologi pemantauan kualitas air sangat membantu dalam mempercepat pertumbuhan ikan, karena kondisi lingkungan kolam dapat dijaga dalam batas optimal. Jika suhu, pH, dan kadar amonia stabil, maka laju pertumbuhan ikan menjadi lebih cepat dan seragam.

Selain faktor ukuran, waktu panen juga perlu mempertimbangkan fluktuasi harga pasar. Biasanya, permintaan ikan lele meningkat menjelang bulan Ramadhan, Idul Fitri, dan akhir pekan, sehingga waktu panen dapat disesuaikan untuk memperoleh harga jual yang lebih tinggi. Dengan perencanaan yang baik, pesantren dapat mengatur siklus panen agar tetap berkesinambungan dan memenuhi permintaan pasar lokal secara konsisten.

7.2. Proses Panen yang Efisien

Proses panen harus dilakukan dengan cara yang efisien dan memperhatikan kesejahteraan ikan (animal welfare) agar kualitas hasil tetap terjaga. Panen dilakukan pada pagi atau sore hari untuk menghindari suhu tinggi yang dapat menyebabkan stres pada ikan. Sebelum panen, aerasi tetap dihidupkan untuk menjaga kadar oksigen dalam air. Berikut langkah pengurusan kolam lele :

1. Penghentian pemberian pakan minimal 12 jam sebelum panen agar saluran pencernaan ikan kosong dan air tidak tercemar.
2. Pengurusan sebagian air kolam hingga tersisa sekitar 20–30 cm untuk mempermudah pengambilan ikan.
3. Penangkapan ikan menggunakan serokan lembut atau jaring dengan ukuran mata jaring sedang agar tidak melukai tubuh ikan.
4. Sortasi ukuran ikan dilakukan setelah penangkapan untuk memisahkan ikan konsumsi dan ikan yang belum layak jual.
5. Pencucian ikan dengan air bersih guna menghilangkan sisa flok atau kotoran.

Setelah proses panen selesai, ikan ditampung di wadah plastik atau drum yang dilengkapi aerasi untuk menjaga keseegarannya sebelum dijual. Dalam tahap ini, santri dilatih untuk bekerja cepat, disiplin, dan teliti agar proses distribusi berjalan lancar dan hasil panen tetap berkualitas tinggi.

7.3. Analisis Usaha Sederhana

Analisis usaha merupakan bagian penting untuk menilai keberhasilan ekonomi program budidaya lele bioflok berbasis IoT. Perhitungan dilakukan dengan membandingkan biaya operasional selama satu siklus produksi dengan hasil panen yang diperoleh.

Komponen Biaya	Rincian	Jumlah (Rp)
1. Modal Awal	Pembuatan kolam terpal, pipa,	Rp. 2.000.000
2. Benih Lele	1.000 ekor x Rp150	Rp. 150.000
3. Pakan	± 120 kg x Rp11.000/kg	Rp. 1.320.000
4. Probiotik & Molase	2 liter x Rp25.000	Rp. 50.000
5. Listrik dan Operasional	Aerator & pompa air selama 3	Rp. 150.000
Total Biaya Produksi		Rp. 3.670.000
Hasil Panen	90 kg x Rp18.000/kg	Rp. 1.620.000
Pendapatan Kotor		Rp. 1.620.000
Keuntungan Bersih (1 siklus)	Pendapatan - Biaya Produksi	Rp. 1.130.000

Tabel Analisis Usaha Kolam Lele Bioflok Berbasis IoT

Dari perhitungan di atas, terlihat bahwa satu siklus budidaya (selama ±3 bulan) dapat menghasilkan keuntungan bersih sekitar Rp 1.130.000 per kolam. Jika pesantren memiliki 3 kolam aktif, maka potensi keuntungan per siklus dapat mencapai Rp 3.390.000. Selain itu, peralatan IoT bersifat tahan lama dan dapat digunakan untuk beberapa siklus berikutnya, sehingga biaya operasional pada produksi berikutnya akan semakin efisien.

Analisis ini menunjukkan bahwa sistem bioflok berbasis IoT bukan hanya menguntungkan secara teknis, tetapi juga secara ekonomi, terutama bila dijalankan dengan manajemen yang baik dan pengawasan data berbasis teknologi.

7.4 Prospek dan Pengembangan

Keberhasilan program budidaya lele bioflok berbasis IoT di lingkungan pesantren memberikan peluang besar untuk pengembangan usaha dan keberlanjutan ekonomi pesantren. Melalui model ini, pesantren dapat membentuk unit usaha santripreneur yang dikelola langsung oleh santri secara mandiri. Ke depan, program ini dapat dikembangkan dalam beberapa aspek berikut:

- **Peningkatan Skala Usaha:** Pesantren dapat memperluas jumlah kolam bioflok dan menambah kapasitas produksi agar mampu memenuhi permintaan pasar yang lebih besar. Dengan skala usaha yang meningkat, pesantren dapat menjalin kemitraan dengan rumah makan, pasar modern, dan pelaku UMKM kuliner.
- **Integrasi dengan Pasar Digital:** Hasil panen lele dapat dijual melalui platform digital seperti marketplace lokal atau media sosial. Santri dapat dilatih untuk memasarkan produk secara online, membuat kemasan menarik, dan mengelola pemasaran berbasis data digital.

- Pengembangan Produk Olahan : Untuk meningkatkan nilai tambah, ikan lele dapat diolah menjadi berbagai produk seperti abon lele, keripik lele, nugget lele, atau bakso lele. Dengan demikian, pesantren dapat memperluas lini usaha dan meningkatkan daya saing produk.
- Pengembangan Sistem IoT Generasi Lanjutan : Teknologi IoT yang digunakan dapat terus dikembangkan dengan menambahkan sensor oksigen terlarut (DO), sensor amonia, serta sistem kontrol otomatis berbasis kecerdasan buatan (AI). Santri juga dapat dilatih untuk mengelola dashboard IoT multi-kolam yang terhubung dalam satu server pesantren.
- Pendidikan dan Pelatihan Berkelanjutan : Santri dapat menjadikan sistem bioflok berbasis IoT ini sebagai laboratorium pembelajaran teknologi terapan, tempat santri belajar tentang teknologi, kewirausahaan, dan lingkungan secara terpadu. Program pelatihan ini juga dapat dibuka untuk masyarakat sekitar sebagai bentuk pengabdian sosial pesantren.

Dengan strategi pengembangan tersebut, kegiatan budidaya lele bioflok berbasis IoT tidak hanya berhenti pada satu kegiatan, tetapi terus berkembang menjadi ekosistem santripreneur berbasis inovasi dan keberlanjutan. Pesantren akan menjadi contoh nyata bagaimana lembaga keagamaan dapat berperan aktif dalam membangun ekonomi kreatif yang berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi.

PENUTUP

Kegiatan budidaya ikan lele dengan metode bioflok berbasis *Internet of Things* (IoT) bukan hanya menjadi inovasi teknologi dalam bidang akuakultur, tetapi juga sebuah media pendidikan karakter dan kemandirian ekonomi bagi santri di lingkungan pesantren. Melalui program ini, santri tidak hanya diajarkan cara memelihara ikan, tetapi juga bagaimana berpikir sistematis, menganalisis data, dan menggunakan teknologi digital untuk memecahkan masalah secara nyata.

Kegiatan ini telah menunjukkan bahwa penguatan *soft skill* dan *hard skill* santri dapat dilakukan secara terpadu. *Soft skill* seperti kerja sama, tanggung jawab, kepemimpinan, dan disiplin tumbuh seiring dengan aktivitas pengelolaan kolam dan penggunaan alat IoT. Sementara itu, *hard skill* berupa keterampilan teknis dalam mengukur pH, mengelola flock, serta mengoperasikan sistem sensor dan mikrokontroler menjadi bekal nyata bagi santri untuk berwirausaha di masa depan.

Melalui kegiatan ini, pesantren dapat menjadi pusat pembelajaran inovatif yang menggabungkan nilai-nilai spiritual dengan kemajuan teknologi. Santri tidak hanya belajar agama, tetapi juga belajar untuk mandiri dan produktif secara ekonomi. Konsep santripreneur yang diusung melalui bioflok berbasis IoT menjadi bukti bahwa dunia pesantren mampu beradaptasi dengan perubahan zaman tanpa kehilangan jati dirinya.

Kami berharap, buku ini dapat menjadi panduan praktis dan inspiratif bagi pesantren lain, lembaga pendidikan, maupun masyarakat luas yang ingin menerapkan sistem budidaya bioflok dengan dukungan teknologi. Semoga karya ini berkontribusi dalam mencetak generasi muda yang kreatif, berdaya saing tinggi, dan berjiwa wirausaha. generasi yang tidak hanya cakap dalam ilmu, tetapi juga memberi manfaat bagi masyarakat dan lingkungan Pondok Pesantren Darur Roja’.

DAFTAR PUSTAKA

- Faridah, Faridah, Selvie Diana, dan Yuniati Yuniati. 2019. "Budidaya Ikan Lele Dengan Metode Bioflok Pada Peternak Ikan Lele Konvensional." CARADDE: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat 1(2).
- Febrianti, Fitri, Suryo Adi Wibowo, dan Nurlaily Vendyansyah. 2021. "Implementasi IoT(Internet Of Things) Monitoring Kualitas Air dan Sistem Administrasi pada Pengelola Air Bersih Skala Kecil." JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika) 5(1).
- T, Aprilia, Rakhmawati R, Bokau RJM, Fitri A, Nursandi J, dan Marlina E. 2024. "Bimtek Budidaya Dan Marketing Ikan Lele Dengan Teknologi Technology In Cultivating And Marketing Of Catfish Using Bioflock Technology At Mardhiyatul Qomariyah Islamic pondok pesantren yang terdapat di Tanjungrejo adalah Ponpes Mardhiyatul Qomariyah . kura." 5(2).
- Widodo, Tri, Angga Bayu Santoso, Sahrial Ihsani Ishak, dan Ramli Rumeon. 2023. "Sistem Kendali Proporsional Kualitas Air berupa Ph dan Suhu pada Budidaya Ikan Lele Berbasis IoT." Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN) 9(1).
- Wulandari, Candra Dwiratna, Sudiro Sudiro, dan Titik Poerwati. 2020. "Budidaya Ikan Lele dengan Sistem Bioflok untuk Kawasan Permukiman." Abdimas: Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Merdeka Malang 5(3).
- Yumna, Asy Syafa, Djumbuh Rukmono, Amyda Suryati Panjaitan, dan Mugi Mulyono. 2019. "Peningkatan Produktivitas Ikan Lele (Clarias Sp.) Sistem Bioflok Di Pesantren Modern Darul Ma'arif Legok, Indramayu." Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan (JKPT) 2(2).
- Yunior, Yudhis Thiro Kabul, dan Kusri Kusri. 2021. "Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Perikanan Berbasis IoT dan Manajemen Data." Creative Information Technology Journal 6(2).

TIM PKM-PM

**"PENINGKATAN SOFT SKILL DAN HARD SKILL SANTRI PONDOK
UNTUK MEMBANGUN SANTRIPRENEUR MELALUI BUDIDAYA LELE
DENGAN METODE BIOFLOK BERBASIS IOT"**



Lestariningsih, S.Pt., M.P
Dosen Pembimbing

Muhammad Ngishomuddin. M
Ketua Tim PKM-PM



M. Najib Zam-Zami
Anggota 1 Tim PKM-PM

Indah Palupi
Anggota 2 Tim PKM-PM



Meylia Salma Nabilah
Anggota 3 Tim PKM-PM

Moh. Dwi Wahyudi
Anggota 4 Tim PKM-PM



Terimakasih



DIKTISAINTEK
BERDAMPAK



pk^m
Program Kreativitas
Mahasiswa

