

Penerapan YOLOv11 untuk Deteksi Pakan Otomatis dalam Budidaya Ikan Hias Berbasis IoT

1st Iffat Dzikra
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

dzikraiffat@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Burhanuddin Dirgantoro
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

burhanuddin@telkomuniversity.ac.id

3rd Rifqi Muhammad Fikri
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

rifqimff@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Budidaya ikan hias merupakan industri yang berkembang pesat dengan nilai ekonomi yang signifikan di pasar global, namun sektor ini menghadapi berbagai tantangan kompleks dalam pengelolaan pakan dan pemeliharaan kualitas air yang optimal. Pemberian pakan yang tidak terkontrol dengan baik dapat mengarah pada masalah overfeeding atau underfeeding yang merugikan kesehatan ikan dan menurunkan kualitas air secara drastis. Penelitian ini mengusulkan solusi inovatif berbasis Internet of Things (IoT) untuk otomatisasi pemberian pakan ikan menggunakan model deteksi objek YOLOv11 (You Only Look Once). YOLOv11 digunakan untuk mendeteksi pakan ikan dalam air secara real-time dengan tingkat akurasi tinggi. Model ini dilatih menggunakan dataset gambar pakan ikan yang komprehensif dan diimplementasikan dalam sistem terintegrasi yang memungkinkan pemberian pakan otomatis serta pemantauan sisa pakan di kolam secara kontinyu. Hasil pelatihan menunjukkan performa yang menjanjikan dengan akurasi rata-rata model mencapai 80%, precision sebesar 81,44%, dan recall sebesar 79,07%. Sistem ini diharapkan dapat mengurangi kesalahan manusia dalam pengelolaan pakan, meningkatkan efisiensi operasional budidaya, serta memastikan ikan memperoleh nutrisi yang cukup tanpa mengorbankan kualitas air kolam.

Kata kunci — YOLOv11, Machine Learning, Budidaya Ikan Hias.

I. PENDAHULUAN

Budidaya ikan hias adalah salah satu industri yang berkembang pesat di Indonesia, yang tidak hanya populer sebagai hobi tetapi juga memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Di Indonesia, hampir 75% pasokan ikan hias air tawar diekspor ke berbagai negara. Meskipun demikian, industri ini menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam pengelolaan pakan dan pemeliharaan kualitas air yang terjaga dengan baik.

Pakan merupakan salah satu faktor terpenting dalam budidaya ikan, karena berperan langsung dalam pertumbuhan dan kesehatannya. Pemberian pakan yang terlalu banyak atau terlalu sedikit dapat menghambat pertumbuhan ikan dan menurunkan kualitas air di kolam. Pemeliharaan ikan hias sering kali dilakukan secara manual, yang memungkinkan kesalahan dalam pemberian pakan, seperti pemberian pakan

yang berlebihan (overfeeding) atau tidak cukup (underfeeding), yang pada gilirannya dapat mempengaruhi kualitas lingkungan kolam.

Sistem pemberian pakan manual sering kali tidak efektif, terutama bagi pembudidaya yang memiliki keterbatasan waktu dan pengetahuan. Dengan perkembangan teknologi, terutama dalam bidang Internet of Things (IoT) dan machine learning, kini ada solusi yang dapat mengotomatisasi proses pemberian pakan dengan lebih efisien dan akurat. Salah satu teknologi yang sangat efektif untuk deteksi objek adalah YOLOv11, yang digunakan dalam penelitian ini untuk mendeteksi keberadaan pakan ikan dalam kolam secara real-time.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem otomatisasi pemberian pakan berbasis IoT dengan penerapan model YOLOv11 untuk mendeteksi pakan ikan. Model YOLOv11 diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada intervensi manusia dan meningkatkan keberlanjutan budidaya ikan hias dengan memastikan pemberian pakan yang lebih tepat distribution.

II. KAJIAN TEORI

A. Internet of Things (IoT) dalam Budidaya Ikan Hias

Internet of Things (IoT) merujuk pada teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat fisik melalui internet sehingga perangkat tersebut dapat saling berkomunikasi dan bertukar data. Teknologi ini sangat bermanfaat dalam berbagai sektor, termasuk pertanian dan perikanan. Dalam konteks budidaya ikan hias, IoT dapat diterapkan untuk otomatisasi pemberian pakan, pemantauan kualitas air, serta pemantauan dan keamanan kolam secara real-time.

Dalam budidaya ikan hias, pengelolaan kualitas air dan pemberian pakan merupakan aspek penting yang memengaruhi kesehatan ikan dan kualitas lingkungan di kolam. IoT memungkinkan pemantauan parameter lingkungan seperti suhu, pH, kadar oksigen, dan amonia secara terus-menerus, memberikan data secara real-time kepada pembudidaya ikan. Dengan IoT, pembudidaya dapat menerima peringatan ketika parameter tersebut berada di luar rentang yang sehat untuk ikan.

Salah satu aplikasi IoT yang banyak diterapkan dalam budidaya ikan hias adalah sistem pemberian pakan otomatis berbasis IoT. Sistem ini memungkinkan pemberian pakan

yang tepat waktu dan sesuai dengan kebutuhan ikan. IoT dapat mendeteksi sisa pakan di kolam, memastikan ikan mendapatkan pakan yang cukup tanpa mengganggu kualitas air. Sistem ini juga dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh, memberikan kenyamanan lebih bagi pembudidaya yang tidak selalu dapat berada di lokasi

B. Deteksi Objek dengan YOLO (You Only Look Once)

YOLO (You Only Look Once) adalah model deep learning yang digunakan untuk mendeteksi objek dalam gambar atau video secara real-time. YOLO membagi gambar menjadi grid dan melakukan deteksi objek dalam satu langkah, yang memungkinkan deteksi objek yang sangat cepat dan efisien. Pendekatan ini sangat berbeda dengan metode deteksi objek konvensional yang memproses gambar dengan membaginya menjadi beberapa bagian kecil. Keuntungan utama dari YOLO adalah kecepatannya dalam melakukan deteksi tanpa mengurangi akurasi, yang menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi yang membutuhkan real-time detection, seperti dalam sistem otomatisasi pemberian pakan pada budidaya ikan hias.

YOLOv11, sebagai versi terbaru dari YOLO, membawa beberapa pembaruan penting, termasuk peningkatan akurasi dan kecepatan inferensi. YOLOv11 juga lebih efisien dalam mendeteksi objek kecil, yang menjadi tantangan besar dalam deteksi pakan ikan karena pakan memiliki ukuran kecil dan sering kali tersebar di permukaan air. YOLOv11 memiliki kemampuan untuk mendeteksi pakan ikan dalam berbagai kondisi pencahayaan dan lingkungan yang bervariasi, sehingga sangat cocok untuk aplikasi pemantauan dan pemberian pakan ikan secara otomatis

C. Penerapan Machine Learning dalam Sistem Pemberian Pakan Otomatis

Sistem pemberian pakan otomatis berbasis machine learning dapat memberikan solusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi pemberian pakan dan mengurangi pemborosan pakan. Penerapan machine learning dalam sistem ini memungkinkan sistem untuk mendeteksi dan memantau pakan yang diberikan secara otomatis, serta mengukur sisa pakan yang ada di kolam. Hal ini dapat membantu menghindari overfeeding, yang dapat merusak kualitas air dan kesehatan ikan.

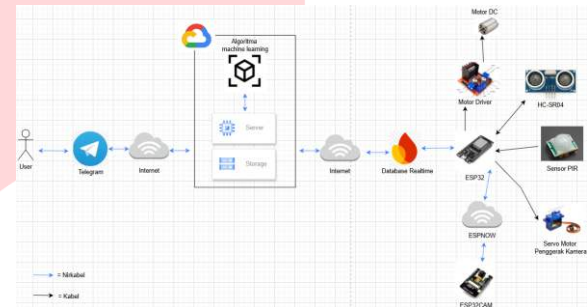
Dalam penelitian ini, YOLOv11 digunakan untuk mendeteksi pakan yang masih tersisa di kolam setelah pemberian pakan pertama. Sistem ini kemudian memutuskan apakah perlu pemberian pakan tambahan atau tidak, berdasarkan hasil deteksi dari YOLOv11. Dengan menggunakan sistem berbasis machine learning, proses pemberian pakan menjadi lebih terkontrol dan efisien. Berbagai studi telah membuktikan bahwa penerapan teknologi otomatisasi dalam budidaya ikan dapat meningkatkan hasil dan efisiensi dengan mengurangi intervensi manusia.

Selain itu, sistem ini juga memungkinkan pembudidaya ikan untuk memantau kondisi kolam dan pakan dari jarak jauh melalui aplikasi berbasis Telegram. Pembudidaya dapat menerima notifikasi mengenai status pemberian pakan dan kondisi ikan, serta dapat mengubah jadwal pemberian pakan secara langsung. Sistem ini memberikan kenyamanan lebih bagi pembudidaya yang tidak selalu berada di lokasi budidaya.

III. METODE

Pada bagian ini, dijelaskan desain dan prosedur yang digunakan untuk mengembangkan sistem otomatisasi pemberian pakan berbasis IoT dengan penerapan model YOLOv11 untuk deteksi pakan ikan. Sistem ini melibatkan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak yang bekerja secara otomatis untuk memantau dan mengelola pemberian pakan ikan. Penelitian ini juga memanfaatkan IoT untuk memungkinkan pemantauan real-time kondisi kolam, serta menggunakan model YOLOv11 untuk mendeteksi keberadaan pakan. Metodologi yang diterapkan mencakup desain sistem, pelatihan model, serta evaluasi kinerja sistem yang dikembangkan.

A. Desain Sistem



Gambar 3.1
(Desain Sistem)

Pada gambar 3.1 dapat dilihat sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis IoT, dengan komponen utama sebagai berikut:

1. ESP32

Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali sistem, yang mengelola komunikasi antara perangkat dan menghubungkan sistem dengan jaringan Wi-Fi. ESP32 mengontrol data yang dikirimkan ke dan dari berbagai komponen lainnya, serta memungkinkan pengendalian jarak jauh melalui aplikasi Telegram.

2. ESP32CAM

Mikrokontroler ESP32CAM dilengkapi dengan kamera terintegrasi yang digunakan untuk menangkap gambar permukaan kolam secara real-time. Gambar-gambar ini kemudian diproses menggunakan model YOLOv11 untuk mendeteksi pakan ikan di dalam kolam. ESP32CAM memiliki kemampuan Wi-Fi yang memungkinkan komunikasi data secara langsung dengan sistem berbasis cloud.

3. Telegram Bot

Telegram digunakan sebagai antarmuka pengguna (user interface) yang memungkinkan pembudidaya ikan untuk mengirim perintah, menerima notifikasi, dan memantau status sistem. Bot Telegram mengirimkan informasi terkait pemberian pakan, sisa pakan, dan pemantauan keamanan kolam secara real-time, serta memberikan kontrol penuh kepada pengguna dalam mengelola jadwal pemberian pakan.

4. Google Cloud

Google Cloud berfungsi sebagai platform untuk menjalankan backend sistem, menyimpan data, dan menjalankan model machine learning (YOLOv11). Semua data yang dikumpulkan dari sensor dan perangkat lainnya dikirimkan ke Google Cloud, di mana pemrosesan lebih lanjut dilakukan, termasuk pemrosesan gambar dan deteksi pakan. Google Cloud juga digunakan untuk mengelola

database sistem dan memastikan kelancaran komunikasi antara perangkat dan aplikasi pengguna.

B. Pelatihan Model YOLOv11

Dataset untuk melatih model YOLOv11 terdiri dari gambar pakan ikan yang diambil dalam berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pengambilan gambar. Dataset ini dibagi menjadi tiga bagian: 80% untuk pelatihan, 10% untuk validasi, dan 10% untuk pengujian. Proses pelatihan dilakukan menggunakan platform Google Colab dengan GPU untuk mempercepat pelatihan model. Proses pelatihan melibatkan beberapa tahap, seperti augmentasi data dan tuning hyperparameter untuk mendapatkan model dengan akurasi tinggi.

C. Evaluasi Model

Model YOLOv11 dievaluasi dengan menggunakan metrik yang umum digunakan dalam deteksi objek, yaitu akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Dengan rumus seperti berikut:

1. *Precision*: mengukur proporsi prediksi positif yang benar dari seluruh prediksi positif yang dibuat oleh model, sehingga menunjukkan seberapa tepat model dalam mengidentifikasi objek tanpa menghasilkan deteksi palsu.

$$Precision = \frac{TP}{(TP + FP)} \quad (1)$$

2. *Recall*: mengukur proporsi objek yang berhasil dideteksi dengan benar dari seluruh objek yang seharusnya terdeteksi, yang menggambarkan kemampuan model untuk tidak melewatkan objek yang ada dalam gambar.

$$Recall = \frac{TP}{(TP + FN)} \quad (2)$$

3. *F1-Score*: harmonic mean dari *precision* dan *recall*, yang memberikan nilai tunggal yang menyeimbangkan kedua metrik tersebut. Metrik ini sangat berguna ketika terdapat trade-off antara *precision* dan *recall*, dan memberikan evaluasi yang lebih komprehensif tentang performa keseluruhan model.

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{(Precision + Recall)} \quad (3)$$

TABEL 3.1
(CONFUSION MATRIX)

Predicted Values	Actual Values	
	Food	Background
Food	TP	FP
Background	FN	TN

Tabel 3.1 menunjukkan *confusion matrix* yang digunakan untuk mengevaluasi performa model deteksi objek terhadap dua kelas, yaitu Food dan Background. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing elemen dalam confusion matrix tersebut:

1. *True Positive* (TP): Merupakan jumlah data ketika model berhasil memprediksi objek sebagai food, dan kenyataannya objek tersebut memang food

2. *False Positive* (FP): Merupakan jumlah data ketika model memprediksi objek sebagai food, dan kenyataannya objek tersebut adalah background, hal ini menunjukkan kesalahan deteksi

3. *False Negative* (FN): Merupakan jumlah data ketika model memprediksi objek sebagai background, dan kenyataannya objek tersebut adalah food, hal ini menunjukkan model gagal mendeteksi objek yang seharusnya

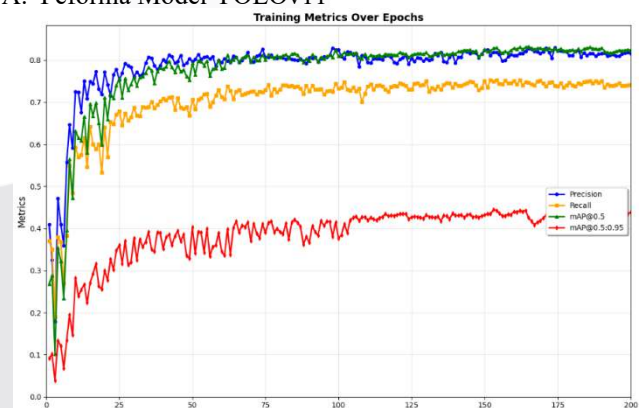
4. *True Negative* (TN): Merupakan jumlah data ketika model berhasil memprediksi objek sebagai background, dan kenyataannya objek tersebut memang background, hal ini menunjukkan model berhasil memprediksi benar terhadap ketidakhadiran objek

Akurasi mengukur seberapa baik model dalam mendeteksi pakan, sedangkan *precision* dan *recall* mengukur keakuratan dan sensitivitas model dalam mendeteksi pakan yang relevan. *F1-score* digunakan untuk mengukur keseimbangan antara *precision* dan *recall*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, akan dijelaskan hasil yang diperoleh dari implementasi sistem yang dikembangkan, serta analisis terhadap kinerja dan efektivitas sistem dalam mendeteksi pakan ikan dan mengotomatisasi pemberian pakan. Pembahasan ini mencakup evaluasi model YOLOv11 dalam mendeteksi pakan, performa sistem secara keseluruhan, serta hasil pengujian yang dilakukan untuk memastikan keberhasilan sistem dalam memberikan pakan sesuai jadwal dan kebutuhan ikan.

A. Performa Model YOLOv11

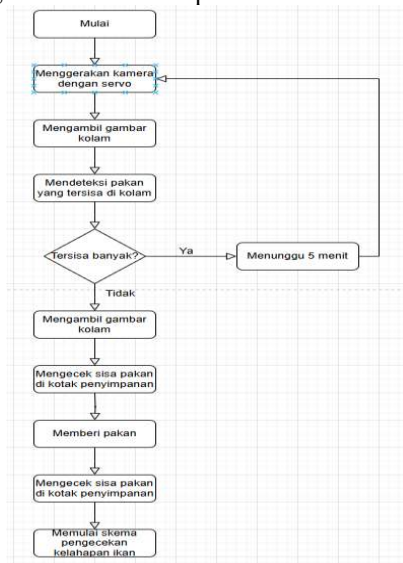


Gambar 4.1
(Training metrics over epochs)

Hasil pelatihan model pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa YOLOv11 mampu mendeteksi pakan ikan dengan akurasi rata-rata 80%. *Precision* model mencapai 81,44%, yang menunjukkan kemampuan model dalam mendeteksi pakan yang benar. Sementara itu, *recall* berada pada angka 79,07%, yang menunjukkan bahwa model mampu mendeteksi sebagian besar pakan yang ada di kolam, meskipun terdapat beberapa kesalahan deteksi (*false negative*). Hasil ini menunjukkan bahwa YOLOv11 cukup efektif dalam mendeteksi pakan ikan dalam kondisi lingkungan yang bervariasi.

B. Implementasi Sistem dalam Pemberian Pakan Otomatis

Setelah model dilatih, sistem diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32CAM untuk memungkinkan deteksi pakan otomatis. Sistem bekerja dengan cara menangkap gambar permukaan kolam, mendeteksi pakan menggunakan YOLOv11, dan memberikan pakan sesuai kebutuhan.



Gambar 4.2

(Flowchart Eksekusi Pakan)

Gambar 4.2 menunjukkan alur kerja sistem, di mana setiap kali jadwal pemberian pakan tiba, sistem memeriksa kondisi kolam dan menyesuaikan jumlah pakan yang diberikan. Pengujian sistem menunjukkan bahwa pemberian pakan dilakukan sesuai jadwal dan dalam jumlah yang tepat.

C. Analisis Hasil Deteksi Pakan

Sistem berhasil mendeteksi keberadaan pakan dengan akurasi tinggi, baik dalam kondisi pencahayaan yang cerah maupun redup.



Gambar 4.3

(Deteksi Pakan pada Kolam)

Gambar 4.3 menampilkan hasil deteksi pakan yang dilakukan oleh model YOLOv11. Hasil pengujian

menunjukkan bahwa sistem dapat memberikan pakan yang cukup untuk ikan tanpa overfeeding, dan memberikan laporan mengenai status pakan yang tersisa di kolam melalui Telegram.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem otomatisasi pemberian pakan berbasis IoT dengan integrasi YOLOv11 untuk deteksi pakan ikan. Model YOLOv11 menunjukkan hasil yang sangat baik dalam mendeteksi pakan ikan dengan akurasi yang memadai. Sistem ini berhasil mengurangi kesalahan manusia dalam pengelolaan pakan dan meningkatkan efisiensi operasional dalam budidaya ikan hias.

Sistem ini juga membantu menjaga kualitas lingkungan kolam dengan mencegah overfeeding dan memastikan ikan menerima pakan yang sesuai dengan kebutuhannya. Penggunaan teknologi IoT dalam sistem ini memungkinkan pemantauan dan kontrol jarak jauh, memberikan fleksibilitas dan kenyamanan bagi pembudidaya ikan. Penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut, seperti penambahan fitur pemantauan kualitas air dan integrasi dengan teknologi pengenalan perilaku ikan untuk mendeteksi kondisi kesehatan ikan secara otomatis.

REFERENSI

- [1] W. Zhang, "IoT-based Fish Farming Automation System," *International Journal of IoT and Embedded Systems*, vol. 9, no. 4, pp. 355-368, 2021.
- [2] J. Redmon, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," *arXiv preprint arXiv:1506.02640*, 2015.
- [3] M. Gupta, "Automated Fish Feed Systems Based on IoT," *Journal of Aquaculture Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 12-19, 2020.
- [4] M. Yaseen, "What is YOLOv11: An in-depth exploration of the internal features of the next-generation object detector," *arXiv*, Aug. 29, 2024.
- [5] A. Olivas, A. Sosa, "Deep Learning and Real-Time Detection for IoT Applications," *International Journal of AI and Robotics*, vol. 8, pp. 34-45, 2022.
- [6] R. Khan, "Comparison of Object Detection Algorithms for Real-Time Applications," *Journal of Computer Vision*, vol. 12, pp. 67-80, 2023.
- [7] L. B. Clarke, "The Role of Automation in Fish Farming," *Aquaculture Tech Journal*, vol. 11, pp. 92-104, 2021.