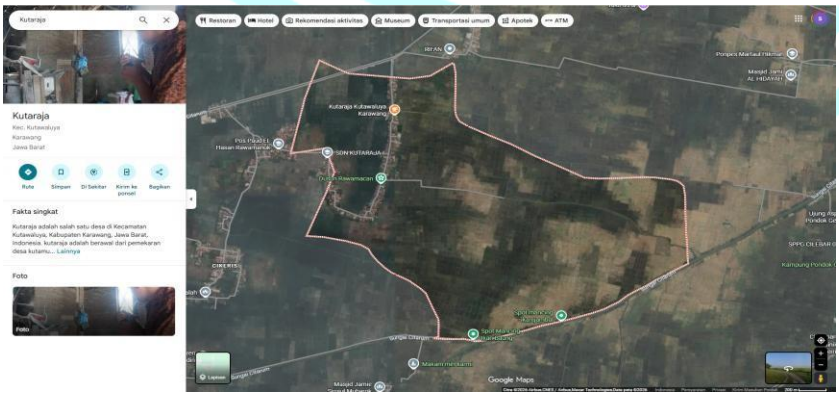
BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian ini difokuskan pada pengembangan prototipe *Artificial Intelligent of Things* (AIoT) untuk pengendalian hama burung pada tanaman padi. Data visual hama diperoleh dari observasi lapangan serta diperkaya dengan citra dari *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF), kemudian diverifikasi oleh ahli guna memastikan kesesuaian morfologi dan karakteristik biologis burung sasaran. Sistem AIoT yang dirancang menerapkan YOLOv11 sebagai model deteksi visual yang mampu mengenali keberadaan burung secara real-time, sehingga dapat mengatasi keterbatasan pemantauan manual oleh petani. Sebagai mekanisme respons otomatis, sistem dilengkapi dengan aktuator yang diaktifkan ketika objek burung terdeteksi oleh model deteksi.

3.1.1 Lokasi Penelitian

Desa Kutaraharja adalah adalah desa yang di kelilingi persawahan dan sebagian besar penduduk berprofesi sebagai petani Pemilihan lokasi penelitian ini didasarkan pada kesesuaian hama burung dengan tujuan penelitian yang berfokus pada hama burung. kurangnya pertani dalam pemanfaatan teknologi dan pengambilan dataset yang di butuhkan untuk pengembangan model tersedia menjadi salah satu alasan penilitian ini di lakukan.



Gambar 3. 1 Peta wilayah desa kutaraharja

Pada gambar 3.1 dapat dilihat bahwa kondisi wilayah desa kutaraharja dikelilingi oleh persawahan. Untuk memberikan gambaran konstektual tentang subjek penelitian,

3.1.2 Alat dan Bahan penelitian

a. Alat Penelitian

Perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini berupa sebuah handphone infinix 40 pro sebagai camera untuk merekam dan memfoto gambar burung yang berada di dengan speksipikasi sebagai berikut:

1) Android 15
2) Ram 8 GB
3) Kamera Belakang 108 MP
4) Kamera Depan 32 MP

Serta untuk server protoype akan menggunakan Laptop yang akan berfungsi sebagai media prototype, pengembangan sistem, pembuatan *dataset*, pengujian model, hingga integrase sistem ke dalam aplikasi berbasis website. Adapun spesipikasi yang digunakan laptop adalah:

1) Jenis Perangkat Lenovo Idepad Slim3
2) Processor Ryzen 5500u 6 core 12tread 2.14 Ghz
3) Ram 12GB Integrated

Dan terakhir untuk perangkat keras yang akan digunakan adalah ESP-32 CAM dan ESP8266 digunakan untuk sebagai perangkat penghubung antar perangkat ESP dengan spesifikasi sebagai berikut:

1) Tensilica L106 32-bit RISC processor
2) RAM size < 50 kB
3) 2.4 GHz receiver
4) 2.4 GHz transmitter
5) Wi-Fi Radio and Baseband

b. Perangkat Lunak

Utnuk Perangkat Lunak yang akan digunakan pada penelitian ini memakai berbagai macam *tools* pemograman mauapun pada saat pelatihan model. Adapun perangkat lunak utama yang digunakan adalah sebagai berikut:

1) Google Collab: Digunakan untuk komputasi berbasis *cloud* karena menyediakan GPU ini berfungsi untuk mempecepat pelatihan pada model YOLOv11
2) Python 3.12: Digunakan sebagai bahasa pemrograman utama dalam pengolahan citra, pengembangan model deep learning, serta integrasi sistem secara keseluruhan.
3) Antigravity: Digunakan sebagai code editor selama pengembangan aplikasi, terutama dalam pengelolaan data dan penulisan kode program
4) Arduino IDE: Digunakan sebagai code editor spesifik untuk memprogram microcontroller utamanya untuk ESP-32 pada penelitian ini
5) Thinkertk: Digunakan untuk membuat antarmuka menggunakan Bahasa python untuk membuat *website* yang interaktif python untuk memudahkan analisis hasil visualisasi lebih mudah.

c. Libary Code

Untuk mempercepat penelitian maka di gunakan beberapa *library* yang digunakan pada penelitian ini:

1) Library Deep Learning
   a) Ultralystic

      Digunakan untuk mengimplementasikan model *object detection* berbasis YOLO yang mencakup proses pelatihan, pengujian, hingga inferensi secara real-time.

   b) Numpy

      Digunakan untuk pengolahan data numerik dalam bentuk array multidimensi yang menjadi dasar dalam pemrosesan data pada model deep learning.

2) *Library* pemerosesan citra
   a) Opencv

      Digunakan untuk pengolahan citra dan video, seperti pembacaan gambar, manipulasi ukuran, serta transformasi warna.

   b) *Python Imaging Library* (PIL)

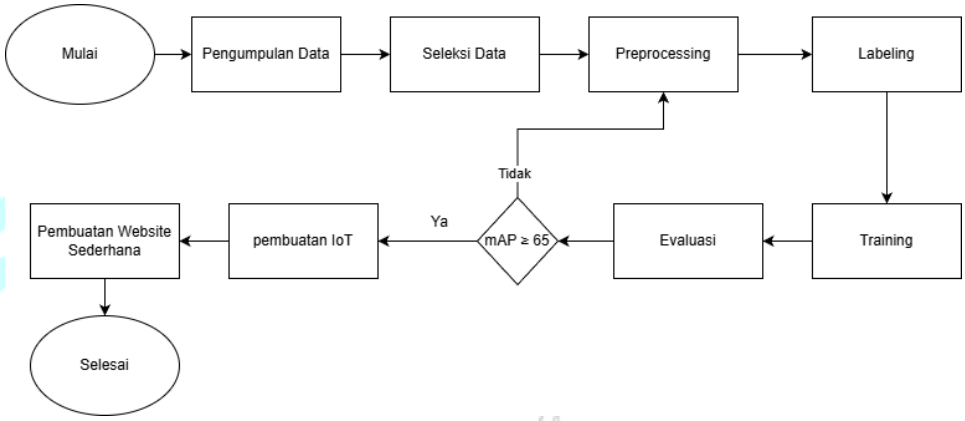
      Digunakan untuk membuka, memodifikasi, dan menyimpan file gambar dalam berbagai format.
3) Library Sistem dan Utilitas
   a) Time

      Digunakan untuk pengaturan waktu, seperti delay dan pengukuran durasi proses..
   b) Argprase
   c) Digunakan untuk membaca dan mengelola argumen dari command line sehingga program lebih fleksibel.
   d) Sys

      Digunakan untuk mengelola parameter dan fungsi yang berkaitan dengan sistem, seperti pengolahan argumen saat program dijalankan.
4) Library Komunikasi dan Paralelisme
   a) pySerial: Digunakan untuk komunikasi data antara program Python dengan perangkat eksternal melalui port serial, seperti mikrokontroler.
   b) threading: Digunakan untuk menjalankan beberapa proses secara bersamaan (*multithreading*) guna meningkatkan efisiensi aplikasi.
5) Library Pengembangan Antarmuka dan Web
   a) Tkinter: Digunakan untuk membangun antarmuka grafis (*GUI*) berbasis desktop.
   b) Flask: Digunakan sebagai *web framework* ringan untuk membangun aplikasi berbasis web, seperti API atau dashboard untuk menampilkan hasil deteksi model.

3.2 Prosedur Penelitian

Prodesedur penelitian ini di rancang untuk memberikan gambaran langkah langkah peneltian secara sistematis dalam mengumpulkan dataset hingga evaluasi, guna mencapai tujuan penelitian yang telah di tetapkan berikut *flowchart* untuk prosedur penelitian.



Gambar 3. 2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Pengumpulan Data

Dataset penelitian diperoleh melalui dua sumber utama, yaitu hasil observasi lapangan. Proses pengambilan data lapangan dilakukan di lahan persawahan, Desa Kutaraharja, Kecamatan Banyusari, Kabupaten Karawang, yang merupakan wilayah dengan intensitas serangan burung pipit yang sedang hingga tinggi.

Pengumpulan citra dilakukan menggunakan kamera kamera smartphone untuk memastikan variasi sudut pandang, pencahayaan, dan jarak objek. Setiap citra mengandung objek burung dalam berbagai kondisi, seperti posisi terbang, ataupun bergerombol mauapun diam.

Data tambahan dari *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF), digunakan untuk melengkapi dataset terutama pada kondisi pencahayaan yang beragam, sehingga model YOLO dapat lebih robust ketika diterapkan di lapangan. Seluruh citra dikumpulkan selama periode 2 Bulan pada fase generatif tanaman padi, yaitu fase di mana serangan burung pipit paling tinggi.

3.2.2 Seleksi Data

Setelah semua citra terkumpul, tahap seleksi dilakukan untuk memastikan hanya data yang berkualitas baik yang digunakan dalam proses berikutnya. Langkah ini meliputi:

1. Menghapus citra buram, terlalu gelap, atau objek tidak terlihat jelas
2. Menyingkirkan citra dengan objek selain burung
3. Menghindari duplikasi citra untuk mencegah bias

Tahap ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dataset sehingga model tidak mempelajari pola yang salah selama proses pelatihan.

3.2.3 *Preprocessing*

Tahap preprocessing dilakukan untuk memastikan seluruh data siap digunakan oleh model YOLO. Beberapa langkah yang dilakukan meliputi:

1. *Resize* seluruh citra ke ukuran standar input model (640×640 piksel) ini berutujuan agar data memiliki ukuran yang sama dan model lebih mudah mempelajari *dataset*.

Tahap ini memastikan dataset menjadi lebih seragam dan memudahkan model mendeteksi pola visual burung pipit secara konsisten.

3.2.4 Labeling dan Pembagian Dataset

Proses labeling dilakukan menggunakan platform *Roboflow* untuk menggambar *bounding box* mengelilingi objek yang akan digunakan. Setiap citra dianotasi sebagai kelas "*Bird*","*Person*"*"*diperiksa kembali untuk memastikan presisi bounding box. Bounding box yang akurat membantu model dalam mengenali lokasi objek secara tepat ketika diterapkan pada sistem deteksi real-time.

Dataset yang telah dilabeli kemudian diubah menjadi format standar pelatihan YOLO dan dibagi menjadi 70% untuk training dan 20% untuk data valid dan 10% untuk data uji.

Tahap labeling berlangsung selama satu minggu hingga seluruh dataset dinyatakan lengkap dan layak digunakan untuk pelatihan.

3.2.5 Augmentasi Data

Setelah dilakukan Labeling dan pembagian dataset maka dilanjutkan dengan melakukan augmentasi data agar data lebih bervariasi dan juga ketika terjadi *imbalance* maka augmentasi dapat menutupi kekurangan data. Untuk augmentasi yang akan dilakukan diantaranya:

1) Rotasi gamabr ±15° dari gambar ini untuk mempresentasikan variasi sudut gambar
2) *Brightness Ajustment* ini berfungsi untuk membuat gambar lebih terang mauapun lebih gelap dengan rentang 0,8-1,2 guna menggambarkan variasi pencahayaan di lingkungan produksi
3) *Zoom* hingga 15% pada gambar ini berfungsi untuk mensimulasikan variasi jarak kamera terhadap objek

3.2.6 Training

Proses training dilakukan menggunakan algoritma YOLOv11 yang dikenal sebagai salah satu model deteksi objek dengan performa tinggi pada perangkat dengan sumber daya terbatas. Training dilakukan menggunakan Google Colab dengan dukungan GPU untuk mempercepat proses pelatihan. Dataset yang telah melalui tahap preprocessing dan labeling dimasukkan ke dalam pipeline pelatihan YOLOv11 dengan konfigurasi default yang kemudian disesuaikan dengan kondisi dataset burung.

Tahapan training meliputi:

1. Load Dataset

   Dataset dibaca dalam format YOLOv11 hasil ekspor dari Roboflow dan ditempatkan dalam struktur folder yang sesuai dengan standar YOLO.

2. Konfigurasi Hyperparameter
   a) Epoch: 100

b) Batch size: 16
c) Learning rate: 0.001
d) Image size: 640×640
e) Optimizer: SGD

3. Proses Forward–Backward Propagation Model melakukan perhitungan loss berbasis:
   a) Localization Loss
   b) Confidence Loss
   c) Classification Loss
4. Evaluasi Selama *training* pada setiap *epoch*, model menghasilkan metrik validasi berupa:
   a) Precision
   b) Recall
   c) mAP@0.5
   d) mAP@0.5:0.95
5. Penyimpanan Model Terbaik

   Checkpoint otomatis menyimpan bobot terbaik (best.pt) berdasarkan nilai mAP tertinggi.

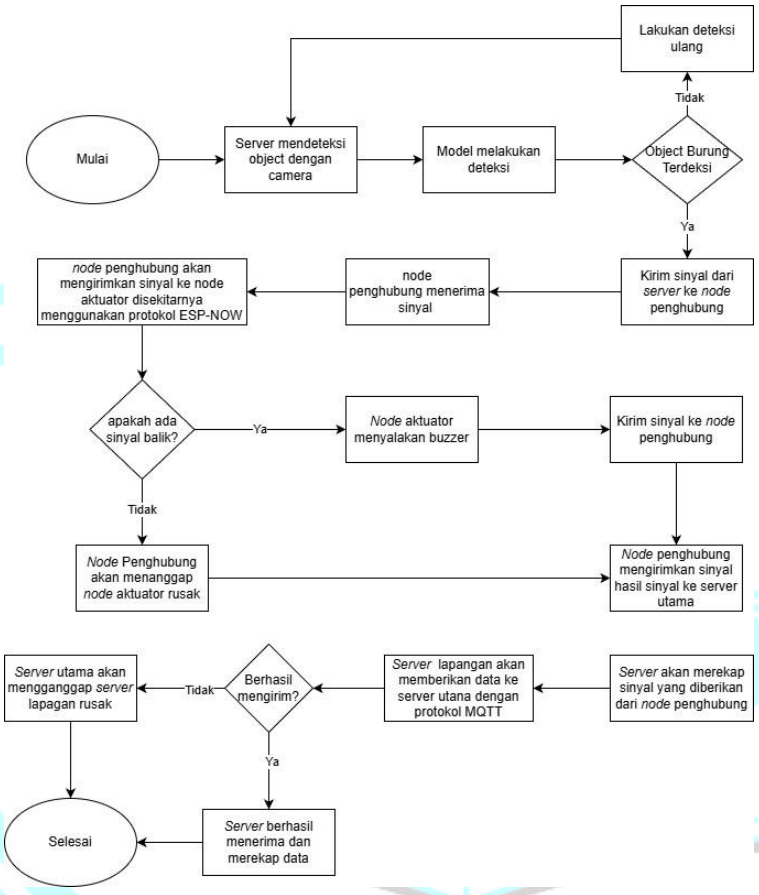
3.2.7 Evaluasi Model

Evaluasi dilakukan menggunakan data testing sebesar 10% dari total dataset. Untuk menilai performa model dalam mendeteksi burung pipit, digunakan empat metrik utama berbasis *confusion matrix*, yaitu *Accuracy, Precision, Recall, dan F1-Score.* Dan untuk milhat apakah model dapat mendeteksi objek maka *confusion metrix* sangat diperlukan untuk analisis hasil pengetesan model terhadap gambar baru dan apabila model bisa mendeteksi > 80% maka dapat dikatan telah memasuki kriteria.

3.2.8 Rancagan Implementasi Sistem IoT

Sebelum melakukan Implementasi Rancanagan sketsa IoT ini di perlukan agar ketika dilakukan implemetasi dapat dilakukan dengan baik walauapun hanya sebatas pada aktuator dan protokol *ESP-NOW* dan kode serial untuk

penghubung ke *server* utama serta perkaian *node* actuator dengan *buzzer* ketika *server* utama mendeteksi burung sebagaimana bisa di lihat pada gambar *flowchart* untuk protokol IoT bias di lihat pada gambar 3.3



Gambar 3. 3 Rangkaian proses deteksi hingga *actuator*

Untuk alat hanya node penghubung, node actuator, dan sumber daya listrik bis dari power bank atau batrai untuk alat IoT untuk *Microcontroller* digunakan ESP yang mana jenis di rancang khusus untuk bisa memakai system khusus protokol ESP-NOW yang hanya bias di pakai di *brand Microcontroller* ESP saja dan untuk *Microcontroller* jenis ini sudah memiliki bawaan wifi 802.11 b/g/n (2.4 GHz), Bluetooth v4.2 BR/EDR, dan *Bluetooth Low Energy* (BLE) dan untuk daya input ke ESP menggunakan tengangan 5 *Volt* untuk sumber daya ke ESP dan juga memerlukan dkabel data agar sinyal dapat dikirim dari Server Utama ke ESP-PEnghubung.

3.2.9 Pembuatan website dan GUI

Tahap ini bertujuan membuat antarmuka monitoring sederhana untuk menampilkan status deteksi burung secara real-time. Website juga berfungsi sebagai dashboard untuk memantau aktivitas perangkat IoT.

1. Fitur Website:
   a) Tampilan Real-Time Log Menampilkan apakah burung terdeteksi atau tidak.
   b) History Deteksi
   c) Antarmuka ResponsifDibuat menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript sehingga dapat diakses melalui *smartphone*.
2. Proses Pembuatan:
   a) Merancang tampilan UI sederhana sesuai kebutuhan fungsional.
   b) Implementasi backend menggunakan Python Flask / Node.js (sesuaikan dengan sistem Anda).
   c) Menghubungkan server deteksi YOLOv11 ke website melalui endpoint API.
   d) Menampilkan hasil deteksi ke dashboard website secara otomatis.

Setelah Fitur yang ingin digunakan sudah di tentukan maka selanjutnya adalah proses untuk pembuatan UI/UX utnuk website tersebut. Pembuatan UI/UX ini menggunakan figma sebagai *platform* yang membantu dalam proses pembuatan skektsa website.