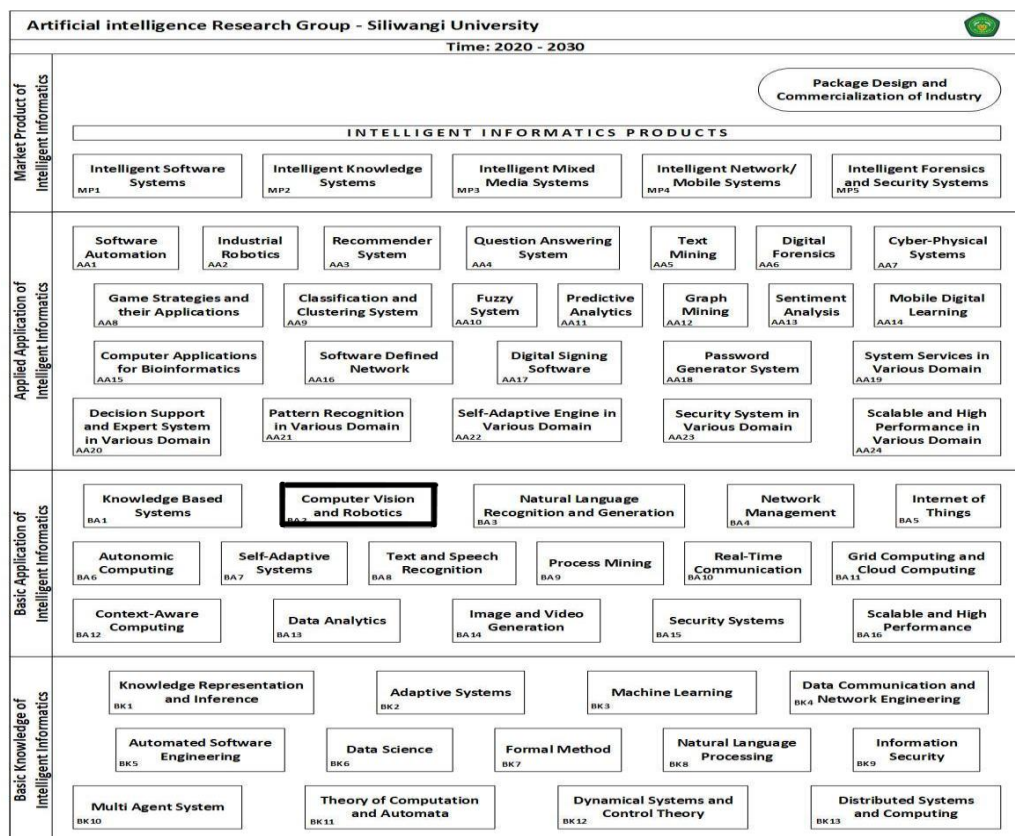


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Peta jalan Penelitian

Secara keseluruhan, rencana penelitian ini selaras dengan *roadmap* di Universitas Siliwangi pada bidang *artificial intelligence*. Topik yang diangkat berfokus pada *computer vision* dalam ranah *basic application of intelligence informatics*. Roadmap penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Peta Jalan Penelitian

3.2 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan membangun model deteksi embrio telur bebek berbasis YOLOv11 untuk mengidentifikasi telur fertil dan infertil dari citra *candling*. Proses penelitian meliputi pengumpulan dataset, pelabelan, pembagian data, *preprocessing*, pelatihan, dan evaluasi model. Dataset diperoleh melalui pemotretan menggunakan kamera beresolusi 12 megapixel dengan bantuan alat *candling* di ruangan gelap, kemudian diproses menggunakan teknik CLAHE sebelum dilabeli di *roboflow*. Pelatihan dilakukan di *Google Colaboratory* menggunakan empat skenario model YOLOv11 dengan variasi arsitektur dan metode *preprocessing*, sedangkan evaluasi performa dilakukan berdasarkan metrik mAP50, mAP50–95, *accuracy*, *precision*, dan *recall*.

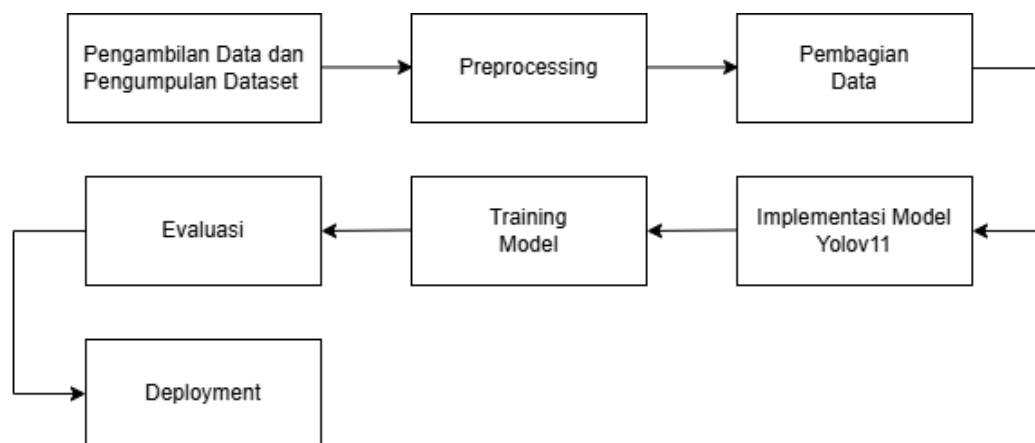
3.3 Preparasi Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kamera beresolusi 12 *megapixel* untuk pengambilan citra telur bebek beresolusi tinggi, alat *candling* untuk menyorot bagian dalam telur, serta ruangan gelap agar pencahayaan lebih fokus. Laptop atau PC digunakan untuk pengolahan data dan pelatihan model, sedangkan proses pelatihan dilakukan di *Google Colaboratory* berbasis *cloud* dengan GPU Tesla T4 dan penyimpanan data menggunakan *Google Drive*.

Bahan penelitian berupa dataset citra telur bebek hasil pemotretan langsung menggunakan kamera beresolusi 12 *megapixel* dengan bantuan alat *candling*. Setiap citra diberi label fertil dan infertil berdasarkan hasil *candling*, kemudian diproses menggunakan platform *Roboflow* untuk tahap *preprocessing* serta anotasi *bounding box* sebelum digunakan dalam pelatihan model YOLOv11.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini meliputi pengambilan data dan pengumpulan dataset sampai deployment. Setiap tahap dilakukan secara berurutan untuk memastikan proses pengolahan data dan pelatihan model YOLOv11 berjalan sistematis, mulai dari menyiapkan citra telur bebek, memberi label, meningkatkan kualitas gambar, hingga menguji kemampuan model dalam membedakan telur fertil dan infertil. Alur tahapan penelitian ditampilkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Tahapan Penelitian

3.4.1 Pengambilan Data dan Pengumpulan Dataset

Pengumpulan dataset pada penelitian ini dilakukan dengan mengambil citra telur bebek secara langsung menggunakan kamera ponsel yang memiliki resolusi 12 *megapixel* dengan sensor *wide*, serta dukungan teknologi *autofocus* dan stabilisasi gambar. Proses pengambilan gambar dilakukan dengan metode *candling*, yaitu teknik meneropong telur dengan menyorotkan cahaya kuat ke bagian dasar cangkang telur. Metode ini memanfaatkan prinsip transmisi cahaya, di mana cahaya menembus cangkang telur dan menghasilkan perbedaan intensitas pada bagian

dalam telur sehingga struktur internal seperti albumen, kuning telur, kantung udara, serta perkembangan embrio dapat diamati secara visual (Garcia & Magwili, 2021).

Dataset yang digunakan terdiri dari 30 butir telur bebek, dengan komposisi 20 telur fertil dan 10 telur infertil, yang seluruhnya memiliki usia inkubasi 4 hari. Usia telur ini dipilih karena pada fase tersebut embrio mulai menunjukkan pola visual awal seperti pembuluh darah. Pengambilan gambar dilakukan di ruangan gelap untuk meminimalkan gangguan cahaya lingkungan dan memastikan cahaya *candling* terfokus secara optimal. Setiap telur diposisikan secara vertikal di atas sumber cahaya dan diambil dari sudut pandang yang sama untuk menjaga konsistensi data. Seluruh citra yang diperoleh disimpan dalam format digital dan digunakan sebagai dataset awal.

3.4.2 Preprocessing

a. Penerapan Clahe

Sebelum proses pelabelan dilakukan, sebagian citra dataset diproses menggunakan teknik *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE). Penerapan CLAHE pada tahap ini bertujuan untuk meningkatkan kontras citra secara lokal sehingga struktur embrio, area gelap, serta pola pembuluh darah dapat terlihat lebih jelas pada citra *candling* yang memiliki kontras rendah dan pencahayaan tidak merata.

Penerapan CLAHE sebelum pelabelan dilakukan untuk membantu proses anotasi agar bounding box dan penentuan kelas fertil atau infertil dapat dilakukan dengan lebih akurat. Setelah proses pelabelan selesai, citra hasil anotasi digunakan

kembali dalam eksperimen pelatihan model, baik pada skenario dengan CLAHE maupun tanpa CLAHE.

b. Pelabelan Dataset

Proses pelabelan dataset dilakukan menggunakan platform *Roboflow*. Pada tahap ini, setiap citra telur bebek dianotasi dengan memberikan *bounding box* dan label kelas sesuai kategori yang telah ditentukan, yaitu fertil dan infertil. Pelabelan ini bertujuan agar model YOLOv11 dapat mempelajari lokasi dan karakteristik visual embrio pada citra *candling* selama proses pelatihan.

c. Resize dan Augmentasi

Pada tahap *preprocessing*, seluruh citra disesuaikan ukurannya menjadi 640×640 piksel agar sesuai dengan format input model YOLOv11. Selain itu, diterapkan beberapa teknik augmentasi data, seperti *flip horizontal* dan vertikal, rotasi antara -15° hingga $+15^\circ$, penyesuaian *brightness* dan *exposure*, blur hingga 2 piksel, serta penambahan *noise* hingga 5%. Augmentasi ini bertujuan untuk meningkatkan variasi data dan memperkuat kemampuan generalisasi model terhadap perbedaan kondisi pencahayaan, sudut pandang, dan kualitas citra.

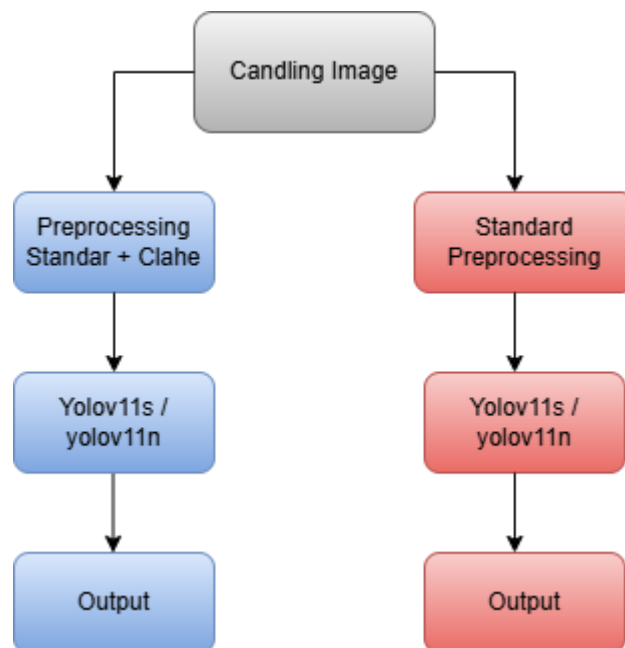
3.4.3 Pembagian Dataset

Dataset yang telah diberi label selanjutnya dibagi menjadi tiga bagian, yaitu data *training*, data validasi, dan data *testing*. Data *training* digunakan untuk melatih model, data validasi digunakan untuk memantau performa model selama pelatihan, sedangkan data *testing* digunakan untuk mengukur kemampuan generalisasi model terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

3.4.4 Implementasi Model YOLOv11

Implementasi model YOLOv11 dilakukan dengan merancang alur pemrosesan citra *candling* berdasarkan dua varian arsitektur, yaitu YOLOv11s dan YOLOv11n. YOLOv11s digunakan sebagai representasi model dengan kapasitas fitur yang lebih besar, sedangkan YOLOv11n digunakan sebagai model ringan untuk mengevaluasi efisiensi komputasi.

Implementasi model mempertimbangkan dua skenario data, yaitu citra dengan penerapan CLAHE sebelum pelabelan dan citra tanpa CLAHE. Kombinasi kedua arsitektur dan dua skenario data tersebut menghasilkan empat eksperimen model yang diuji. Diagram alur implementasi model ditunjukkan pada Gambar 3.3.



3.4.5 Training Model

Dataset yang telah dibagi sebelumnya dipanggil melalui API *Roboflow* dan dimuat ke dalam lingkungan *Google Colaboratory* untuk proses pelatihan.

Pelatihan dilakukan menggunakan algoritma YOLOv11 dengan memanfaatkan data *training* sebagai bahan pembelajaran utama serta data validasi untuk memantau performa model selama pelatihan berlangsung. Empat konfigurasi model dilatih menggunakan parameter yang sama untuk memastikan bahwa perbedaan hasil yang diperoleh mencerminkan pengaruh arsitektur model dan penerapan CLAHE secara objektif.

3.4.6 Evaluasi

Evaluasi model dilakukan menggunakan metrik *precision*, *recall*, *accuracy*, mAP50, dan mAP50–95 untuk menilai kemampuan model dalam mendeteksi embrio telur bebek dan membedakan antara telur fertil dan infertil. Selain itu, pengujian juga dilakukan menggunakan citra baru di luar dataset pelatihan untuk menilai kemampuan generalisasi model pada kondisi nyata.

3.4.7 Deployment

Pada tahap akhir penelitian, dilakukan deployment model terbaik untuk memastikan hasil penelitian dapat diaplikasikan dalam bentuk sistem yang dapat digunakan oleh pengguna. Model YOLOv11s dengan *preprocessing* CLAHE diimplementasikan ke dalam sebuah aplikasi berbasis web menggunakan *framework streamlit*. *Deployment* ini bertujuan untuk memfasilitasi pengujian model secara langsung melalui antarmuka grafis, di mana pengguna dapat mengunggah citra telur bebek hasil *candling* dan memperoleh hasil deteksi berupa *bounding box*, label kelas fertil atau infertil, serta nilai *confidence score*.