

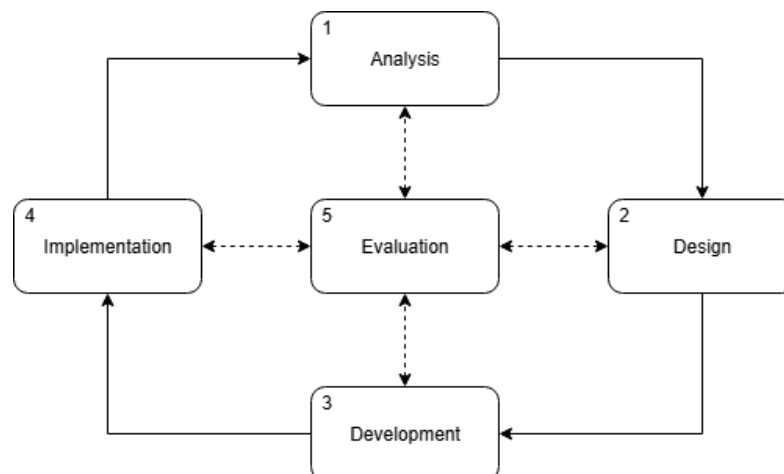
BAB III

METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, mulai dari pendekatan yang diterapkan, rancangan penelitian, hingga tahapan pelaksanaan. Uraian mencakup objek dan lokasi penelitian, alat dan bahan yang digunakan, prosedur perancangan dan pengujian sistem, serta teknik pengumpulan dan analisis data. Dengan metode ini, penelitian diharapkan dapat dilakukan secara sistematis sehingga hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (RnD) dengan pendekatan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*), yang merupakan kerangka kerja sistematis dalam pengembangan sistem berbasis teknologi. Pendekatan ini dipilih karena terstruktur, dan memungkinkan pengembangan yang responsif terhadap kebutuhan pengguna [77]. Setiap tahap dalam model ADDIE dirancang secara sistematis untuk memastikan sistem dapat bekerja secara optimal Gambar 3.1 Pendekatan ADDIE.

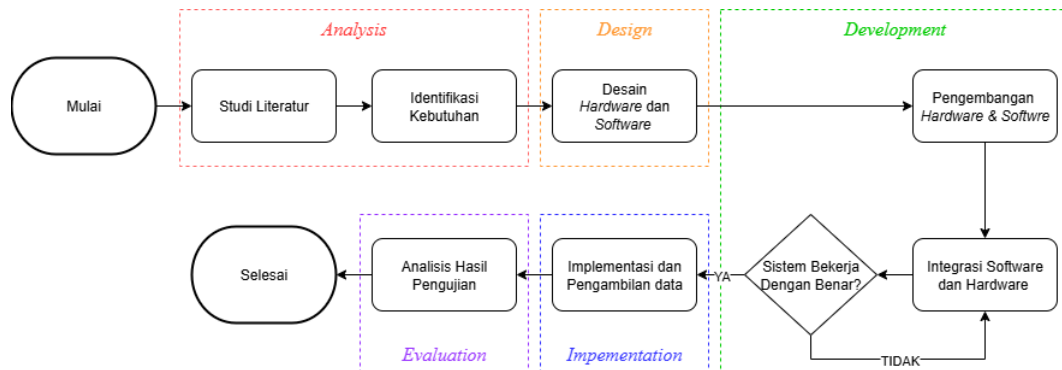


Gambar 3.1 Pendekatan ADDIE

3.2 Alur Penelitian

Untuk melakukan penelitian yang sistematis yang dapat membantu untuk mempermudah proses penelitian diperlukan Alur Penelitian. Alur penelitian

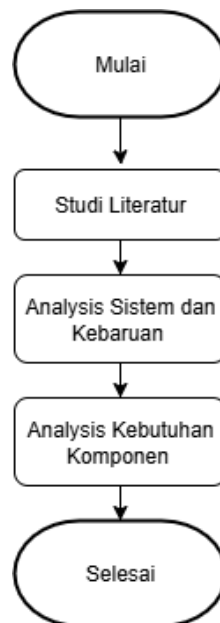
dilakukan dengan menggunakan pendekatan ADDIE yang prosesnya dilakukan secara runtut dan terstruktur serta setiap proses yang dilakukan memiliki hubungan sebagaimana pada Gambar 3.1 Pendekatan ADDIE. Pada pendekatan ADDIE dilakukan beberapa alur penelitian untuk melakukan proses pengembangan keseluruhan sistem Gambar 3.2 Alur Penelitian.



Gambar 3.2 Alur Penelitian

3.2.1 Analysis

Tahap ini merupakan fondasi awal yang krusial dalam siklus pengembangan sistem. Fokus utamanya adalah melakukan identifikasi mendalam terhadap permasalahan yang ada pada inkubator telur konvensional, menganalisis secara komprehensif kebutuhan fungsional dan non-fungsional dari sistem otomatis yang akan dikembangkan, serta menentukan spesifikasi teknis yang jelas dan terukur.



Gambar 3.3 *Flowchart Metode Analisis*

Gambar 3.3 *Flowchart Metode Analisis* menggambarkan tahapan awal yang sistematis dalam fase *Analisis* model ADDIE, berfokus pada pemahaman masalah dan penentuan kebutuhan sistem. Proses diawali dengan Mulai, inisiasi kegiatan analisis.

Langkah pertama adalah Studi Literatur, di mana dilakukan penelusuran dan kajian mendalam terhadap berbagai sumber pustaka relevan. Tujuannya adalah mengumpulkan informasi, teori, konsep, dan hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan inkubator telur otomatis, termasuk fisiologi telur, proses penetasan, mekanisme pemutar telur, teknologi sensor suhu dan kelembaban, metode kontrol (PID), serta sistem *monitoring* dan antarmuka pengguna (GUI).

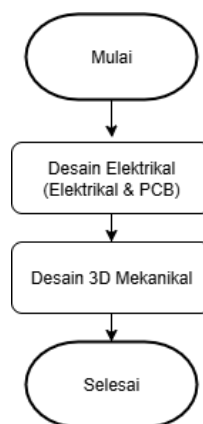
Selanjutnya, Analisis Sistem dan kebaruan dilakukan untuk mengevaluasi sistem inkubator yang sudah ada dan mengidentifikasi celah atau potensi inovasi. Tahap ini juga menentukan aspek kebaruan sistem yang akan dirancang, seperti integrasi sistem pemutar telur otomatis.

Kemudian, Analisis Kebutuhan Komponen berfokus pada identifikasi spesifik *hardware* (mikrokontroler, sensor, aktuator seperti motor, pemanas, *humidifier*, dan *driver*) serta *software* (bahasa pemrograman, pustaka, dan modul yang diperlukan) untuk pembangunan sistem. Analisis ini memastikan bahwa semua elemen yang dipilih mampu memenuhi fungsionalitas dan kinerja yang diharapkan.

Proses analisis diakhiri dengan simbol Selesai, menandakan bahwa semua kegiatan identifikasi masalah dan penentuan kebutuhan telah rampung, dan hasilnya akan menjadi masukan untuk tahapan *Design* berikutnya.

3.2.2 *Design* (Perancangan Sistem)

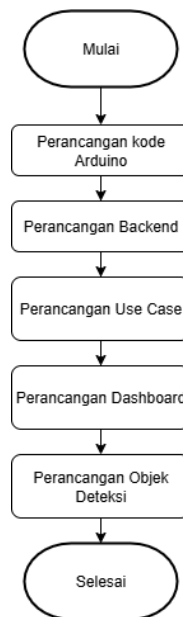
Setelah semua kebutuhan dan spesifikasi teridentifikasi secara jelas, penelitian beralih ke tahap perancangan sistem yang berfokus pada detail arsitektur sistem secara menyeluruh. Hasil dari tahap analisis menjadi landasan utama dalam proses ini.



Gambar 3.4 *Flowchart* Metode Perancangan *Hardware*

Perancangan dimulai dengan mendesain arsitektur sistem *egg incubator* secara umum, yang mencakup interkoneksi antara modul kendali suhu, modul kendali kelembaban, dan sistem pemutar telur otomatis, perancangan *hardware* melibatkan pembuatan *wiring diagram* yang mendetail untuk menunjukkan konektivitas setiap komponen elektronik dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Selain itu, dilakukan desain *Printed Circuit Board* (PCB) menggunakan *software* EasyEDA untuk mengintegrasikan seluruh rangkaian elektronik secara rapi dan efisien.

Pada aspek mekanikal, desain 3D dari struktur fisik *egg incubator* secara keseluruhan, termasuk dudukan komponen elektronik, tempat peletakan telur, dan mekanisme pemutar telur (metode rak geser), dikembangkan menggunakan *software* SolidWorks untuk memastikan presisi, efisiensi ruang, dan kemudahan perakitan.

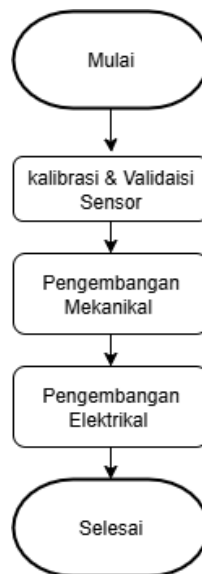


Gambar 3.5 *Flowchart Metode Perancangan Software*

Gambar 3.5 *Flowchart Metode Perancangan Software* mencakup desain *flowchart* program Arduino untuk mengatur logika kontrol *hardware*, perancangan *backend* untuk pengelolaan komunikasi data serial, *logging*, dan jembatan ke *frontend*, perancangan *usecase* untuk mendefinisikan interaksi antara pengguna dan sistem pada *dashboard*, perancangan *dashboard* untuk *monitoring* dan kontrol *real-time*, serta perancangan integrasi modul objek deteksi yang telah dikembangkan secara terpisah untuk memproses citra kamera dan memberikan informasi kondisi telur.

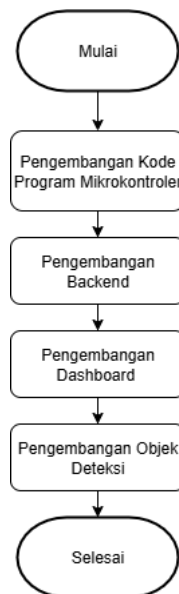
3.2.3 *Development (Pengembangan Sistem)*

Tahap pengembangan merupakan fase implementasi teknis dari seluruh desain yang telah dirumuskan sebelumnya, di mana rancangan diwujudkan menjadi sistem fisik dan kode program yang berfungsi.



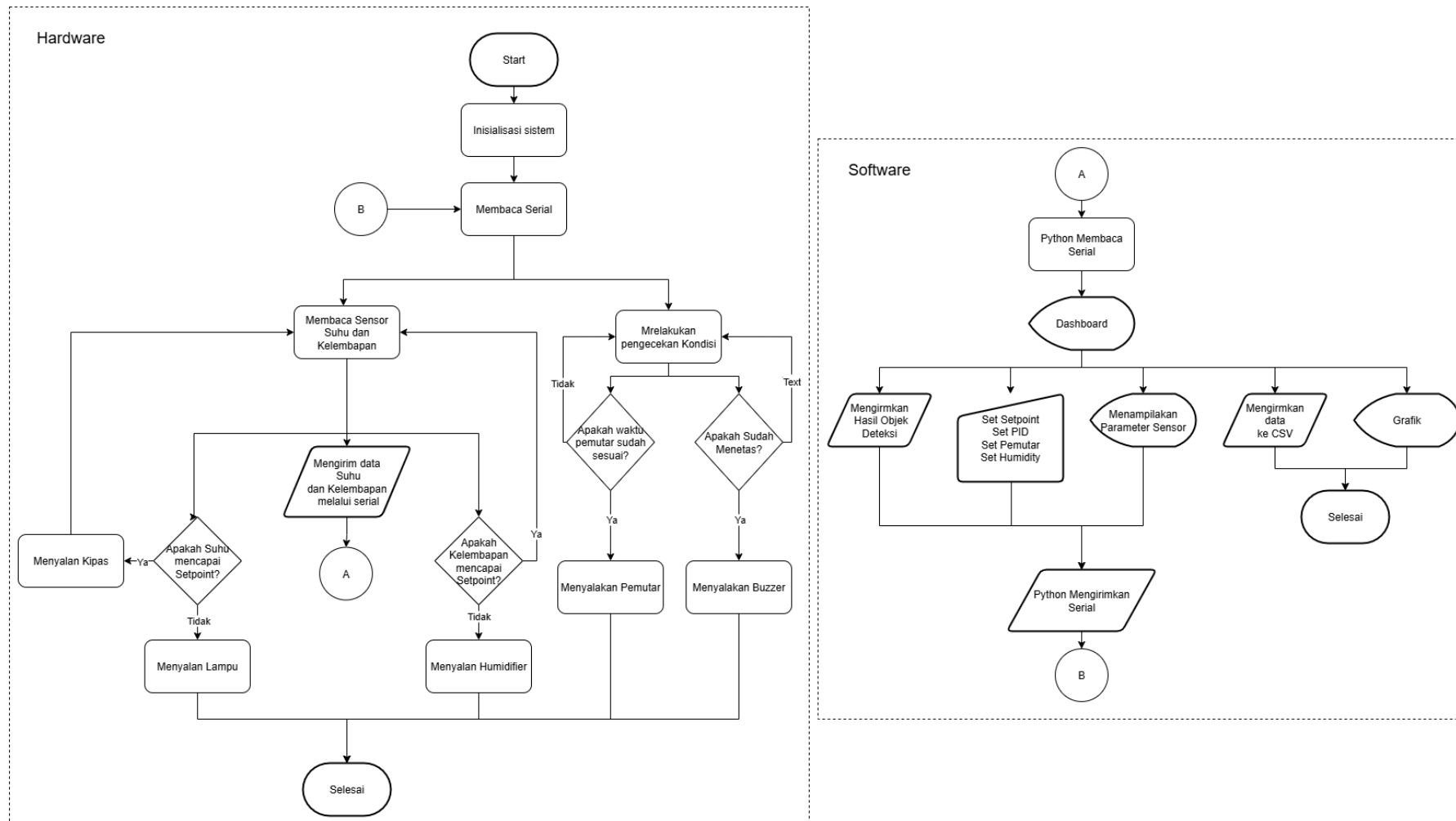
Gambar 3.6 *Flowchart Metode Pengembangan Hardware*

Gambar 3.6 *Flowchart Metode Pengembangan Hardware* merupakan serangkaian proses fabrikasi, perakitan, dan pengujian awal komponen dilaksanakan. Pengembangan *hardware* mencakup pengujian dan kalibrasi awal pada sensor suhu (Termistor NTC 10k) dan kelembaban (DHT22) untuk memverifikasi akurasi dan responsivitas pembacaan individualnya, memastikan bahwa komponen sensor memberikan data yang valid sebagai dasar kendali sistem. Proses kalibrasi dilakukan untuk menyesuaikan pembacaan sensor dengan nilai referensi yang akurat. Selanjutnya, dilakukan proses pembuatan dan fabrikasi PCB berdasarkan desain yang telah final, perakitan struktur *box* inkubator dan mekanisme pemutar telur sesuai model 3D, serta perakitan rangkaian elektronik dengan pemasangan komponen pada PCB dan penyambungan ke aktuator seperti motor pemutar, lampu pemanas, *mist maker*, kipas, dan *buzzer*.



Gambar 3.7 *Flowchart Metode Pengembangan Software*

Gambar 3.7 *Flowchart Metode Pengembangan Software* tahap ini melibatkan penulisan dan *upload* kode program C++ ke mikrokontroler Arduino Mega untuk mengendalikan sensor dan aktuator secara langsung. Dilakukan pula pengembangan kode Python untuk *backend* yang menangani komunikasi serial dengan Arduino, *logging* data ke file CSV, serta berfungsi sebagai jembatan data ke *dashboard* dan modul *object detection*. Pengembangan *dashboard* menggunakan pustaka PyQt5 juga dilaksanakan pada tahap ini. Terakhir, modul objek deteksi yang telah tersedia diintegrasikan ke dalam *software* Python untuk memungkinkan pemrosesan citra kamera dan pemantauan kondisi telur.

Gambar 3.8 Perancangan *Flowchart* Keseluruhan

Galih Multi Lidzikri, 2025

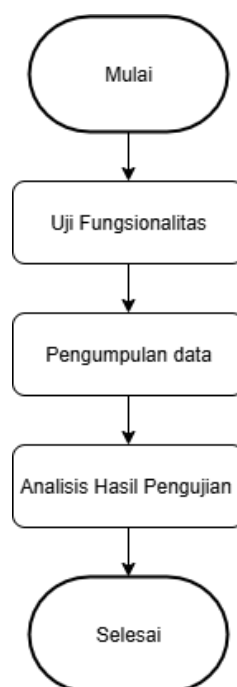
RANCANG BANGUN SISTEM PEMUTAR TELUR OTOMATIS TERINTEGRASI OBJECT DETECTION PADA EGG INCUBATOR UNTUK OPTIMALISASI KEBERHASILAN PENETASAN

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Integrasi awal antara komponen *hardware* yang sudah dirakit dengan *software* yang sudah dikembangkan juga dilaksanakan untuk memastikan komunikasi dan fungsi dasar berjalan sebagaimana mestinya.

3.2.4 *Implementation & Evaluation*

Pada tahap implementasi dan evaluasi, dilakukan serangkaian prosedur untuk memastikan sistem yang dikembangkan dapat berjalan sesuai dengan rancangan dan memenuhi kebutuhan fungsional.



Gambar 3.9 *Flowchart* Metode Implementasi & Evaluasi

Gambar 3.9 *Flowchart* Metode Implementasi & Evaluasi Proses dimulai dengan tahap uji fungsionalitas sistem, tujuan utamanya adalah untuk memverifikasi fungsionalitas sistem secara keseluruhan dan memastikan setiap komponen serta fitur bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Aktivitas kunci pada tahap ini meliputi integrasi sistem keseluruhan, yaitu menggabungkan dan menghubungkan semua bagian *hardware* dan *software* menjadi satu kesatuan sistem yang berfungsi dan terkoordinasi. Dilakukan serangkaian pengujian fungsionalitas sistem menggunakan metode *Black Box Testing* dengan ketentuan pada Tabel 3.1 Tabel *blackbox*.

Tabel 3.1 Tabel *blackbox testing*

Fitur	Fungsi	Hasil yang diinginkan	Hasil Pengujian	Status
Pembacaan Sensor Kelembapan dan Suhu	Membaca nilai kelembapan dan suhu	Hasil sesuai dengan pembacaan aktual		
Kendali Suhu dan Kelembapan	Untuk menjaga suhu dan kelembapan sesuai dengan <i>setpoint</i>	Dapat menjaga nilai suhu dan kelembapan sesuai dengan <i>setpoint</i>		
Pemutar	Memutar posisi telur	Pemutar dapat berputar dan sesuai dengan jadwal yang ditetapkan		
<i>Dashboard</i>	Dapat menampilkan informasi dan menjalankan fitur	Dapat menampilkan informasi dan menjalankan semua fitur		
komunikasi	melakukan komunikasi antar sistem secara keseluruhan	Dapat melakukan komunikasi antar sistem dengan serial		
Objek Deteksi	<i>Memonitoring</i> keadaan telur	Dapat mengetahui kondisi telur		

Setelah pengujian fungsionalitas dilakukan, dilanjutkan dengan tahap pengumpulan data yang mencakup pencatatan hasil uji, baik secara otomatis oleh sistem maupun secara manual. pengambilan data eksperimen dilaksanakan dengan mengoperasikan jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 10 butir telur. Pemilihan jumlah tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa penelitian ini bersifat studi pendahuluan (*pilot study*) untuk menguji validitas dan kinerja sistem inkubator otomatis yang dirancang, khususnya pada aspek pengendalian suhu, kelembapan, pemutar telur, serta integrasi sensor dan kamera. Pada penelitian pendahuluan, penggunaan sampel terbatas dalam kisaran 5 hingga 20 unit sudah lazim diterapkan untuk memperoleh gambaran awal, mengestimasi varians, serta mengevaluasi prosedur teknis secara lebih efisien dan ekonomis selama siklus penetasan penuh [78]. Data ini mencakup parameter-parameter penting seperti suhu, kelembapan, respons sistem terhadap *input*. Proses pencatatan data utama direncanakan menggunakan *data logging* pada *backend* Python yang membaca data sensor secara berkala dan menyimpannya secara lokal. Namun,

mengingat proses ini memerlukan laptop untuk terus menyala selama 21 hari, maka digunakan pula modul ESP8266 sebagai alternatif pencatatan data. ESP akan mengirimkan data sensor secara otomatis ke *Google Spreadsheet* melalui koneksi internet. Dengan demikian, data tetap dapat diperoleh dan dipantau secara *real-time*, sekaligus mengurangi beban penggunaan laptop.

Selanjutnya, dilakukan analisis hasil pengujian untuk mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan data yang telah dikumpulkan. Analisis hasil pengujian dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter yang mencerminkan efektivitas dan keandalan sistem selama proses inkubasi. Parameter yang digunakan dalam penilaian ini adalah Analisis Pemutar Telur, Analisis Performa Sistem, Analisis Objek Deteksi, Analisis Kondisi Telur, dan Persentase Penetasan telur.

3.2.4.1 Analisis Pemutar Telur

Proses evaluasi dilakukan dengan cara mengamati langsung pergerakan mekanisme rak geser yang digerakkan oleh aktuator dan dikendalikan oleh mikrokontroler. Interval pemutaran diatur sehingga telur dapat berputar berpindah posisi pada setiap siklus. Selama pengujian, diperhatikan apakah semua telur dapat bergerak secara merata, tidak ada telur yang tertinggal, serta tidak terjadi kerusakan fisik seperti retak atau pecah akibat mekanisme pemutaran.

Selain aspek gerakan, evaluasi juga mencakup kestabilan mekanis sistem. Mekanisme rak geser harus dapat bekerja tanpa mengalami macet yang dapat mengurangi kinerja motor penggerak. Di sisi lain, keandalan waktu pemutaran juga diperiksa dengan mencatat apakah sistem benar - benar melakukan pemutaran sesuai interval yang telah diprogram. Hal ini penting agar kondisi embrio tetap terjaga secara optimal sepanjang masa inkubasi.

3.2.4.2 Analisis Performa Sistem

Analisis Performa Sistem berfokus untuk melihat kemampuannya dalam menjaga kestabilan suhu dan kelembapan sesuai dengan parameter ideal yang ditentukan. Data suhu dan kelembapan diperoleh dari sensor DHT22 yang terhubung ke mikrokontroler dan dikirimkan ke *dashboard* secara *real-time*. Selama implementasi, data tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik *time-series* yang memberikan gambaran mengenai fluktuasi suhu dan kelembapan dari hari ke

hari. Evaluasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai aktual suhu dan kelembapan terhadap nilai *setpoint* yang telah ditentukan sebelumnya, serta menilai apakah sistem kendali PID dapat merespons perubahan lingkungan dengan cepat dan stabil

3.2.4.3 Analisis Objek Deteksi

Dilakukan pengujian *confusion matrix* untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan akurasi model Objek Deteksi. *Confusion matrix* berisi informasi yang dapat digunakan untuk menghitung nilai akurasi dengan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan:

TP (*True Positive*) : Diprediksi positif dan benar.

TN (*True Negative*) : Tidak terdeteksi dan benar.

FP (*False Positive*) : Terdeteksi padahal salah.

FN (*False Negative*) : Tidak terdeteksi dan memang tidak ada.

Dengan variabel - variabel di atas, diturunkan metrik untuk mengukur performa model yaitu *Precision*, *Recall*, *F1-Score*, dan *mean Average Precision* (mAP). Pengujian akan dilakukan dengan algoritma YOLOv5 akan diukur berdasarkan *confusion matrix* dan dilihat mana tingkat keberhasilan akurasi model.

3.2.4.4 Analisis Kondisi Telur

Evaluasi terhadap kondisi telur dilakukan secara manual melalui metode *candling*, yaitu teknik peneropongan telur menggunakan cahaya untuk menilai perkembangan embrio di dalam cangkang. Proses *candling* ini dilakukan pada hari akhir penelitian untuk memperoleh data visual mengenai status perkembangan embrio, termasuk apakah telur mengalami perkembangan normal, embrio mati di tengah jalan, atau tidak fertil sejak awal.

Foto hasil *candling* diambil untuk setiap telur dan didokumentasikan sebagai bagian dari evaluasi sistem inkubator. Proses *candling* tetap digunakan sebagai metode evaluasi dalam penelitian ini untuk menjamin akurasi identifikasi kondisi telur secara biologis. Hasil dari proses *candling* ini kemudian digunakan untuk

analisis sistem inkubasi secara keseluruhan, terutama dalam menjaga lingkungan yang mendukung keberhasilan penetasan.

3.2.4.5 Persentase Penetasan Telur

Untuk menilai keberhasilan dari proses penetasan, digunakan pendekatan berbasis parameter fisik, yaitu persentase telur yang berhasil menetas. Evaluasi dilakukan dengan menghitung jumlah telur yang menetas dibandingkan dengan jumlah telur awal yang diinkubasi. Pada pengujian ini digunakan sebanyak 10 butir telur. Persentase keberhasilan penetasan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Persentase Penetasan} = \left(\frac{\text{Jumlah Telur Menetas}}{\text{Jumlah Telur Total}} \right) \times 100\% \quad (3.2)$$