

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring penambahan populasi dunia, permintaan produk ayam pedaging akan terus meningkat. Untuk memenuhi permintaan ini, salah satu usaha untuk meningkatkan produksi ayam yaitu dengan cara penambahan jumlah kandang sekaligus menambah populasi ayam sehingga produksi ayam semakin meningkat (Astill dkk., 2020). Peningkatan kebutuhan global produk pangan hingga tahun 2050 mencerminkan pertumbuhan populasi, peningkatan pendapatan, dan peningkatan urbanisasi serta pola makan di seluruh dunia. Pola ini memberikan perspektif ke depan tentang pengembangan sistem pangan dan pertanian global maupun regional (FAO, 2018). Pertumbuhan per tahun populasi ternak periode tahun 2016 dan 2020 yang terbesar adalah ayam ras pedaging sebesar 20,27% berdasarkan data dari buku laporan kinerja tahun 2020 Dirjen Peternakan dan Kesehatan Hewan Republik Indonesia (Nasrullah, 2020). Populasi ternak unggas secara nasional tahun 2021 mengalami peningkatan bila dibandingkan dengan populasi pada tahun 2020, kecuali ayam pedaging dan itik manila. Meskipun produksi ayam pedaging pada tahun 2021 menurun 1,04% dibandingkan tahun 2020, namun produksi ayam pedaging masih berkisar 2,9 miliar ekor. Hal ini didasarkan data statistik peternakan dan kesehatan hewan (*livestock and animal health statistics*) tahun 2022 Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Di sisi lain, tingkat kematian ayam yang tinggi akibat penyakit dan kurangnya deteksi dini terhadap kondisi kesehatan unggas masih menjadi tantangan serius dalam sistem produksi. Penyakit seperti *Coccidiosis*, *Newcastle Disease*, *Salmonellosis*, dan infeksi pernapasan sering kali menyebabkan penurunan produktivitas dan peningkatan biaya operasional. *Chronic Respiratory Disease* (CRD) merupakan penyakit pernapasan kronis pada ayam yang disebabkan oleh *Mycoplasma gallisepticum*. Penyakit ini ditandai oleh batuk, bersin, keluarnya lendir dari hidung, dan penurunan kinerja produksi. CRD mudah menular melalui

udara, peralatan terkontaminasi, serta dapat diturunkan dari induk ke anak melalui telur. Dampaknya meliputi pertumbuhan terhambat, efisiensi pakan yang buruk, dan produktivitas telur yang menurun. *Infectious Bursal Disease* (IBD) atau Gumboro adalah penyakit viral yang menyerang bursa *fabricius*, organ penting dalam sistem imun ayam muda. Gejalanya meliputi ayam lesu, diare berwarna putih, bulu berdiri, dan tingkat kematian yang dapat meningkat pada *strain* virus yang lebih ganas. Penularannya sangat cepat melalui feses dan lingkungan kandang yang tercemar. IBD menyebabkan penurunan kekebalan tubuh sehingga ayam lebih rentan terhadap penyakit lain, terutama pada umur 3-6 minggu. Proses deteksi penyakit yang masih dilakukan secara manual oleh peternak bersifat subjektif, memerlukan waktu lama, dan berpotensi menyebabkan keterlambatan penanganan. Pendekatan baru berbasis teknologi kecerdasan buatan diperlukan untuk mendeteksi kondisi kesehatan ayam secara cepat, akurat, dan non-invasif. Metode pemantauan tradisional memiliki beberapa kekurangan, antara lain ketergantungan dengan manusia. Pemantauan kesehatan dan pertumbuhan ayam masih banyak dilakukan secara konvensional dan masih bergantung pada pengalaman peternak (He dkk., 2021). Salah satu cara tradisional lain dalam melakukan pemantauan kesehatan ayam pedaging adalah pengukuran suhu tubuh ayam yang masih dilakukan secara invasif yaitu memasukkan termometer ke dalam kloaka ayam. Namun demikian cara ini dapat menyebabkan ayam menjadi stres (Cândido dkk., 2020).

Seiring perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya *deep learning* dan *computer vision*, telah memberikan dampak signifikan terhadap transformasi sektor pertanian dan peternakan menuju era *smart farming*. Dalam konteks peternakan unggas, berbagai penelitian sebelumnya telah berupaya memanfaatkan citra digital untuk mendeteksi kondisi kesehatan ayam, namun sebagian besar masih terbatas pada penggunaan citra RGB tunggal yang hanya merepresentasikan tampilan visual permukaan. Pendekatan semacam ini sering kali tidak mampu menangkap perubahan fisiologis yang bersifat internal, seperti peningkatan suhu tubuh yang merupakan salah satu indikator dini penyakit. Beberapa penelitian lain mencoba menggunakan sensor suhu inframerah secara

terpisah, namun hasilnya belum optimal karena kehilangan informasi kontekstual dari tampilan visual. Meskipun beberapa penelitian sebelumnya memiliki akurasi tinggi menggunakan satu jenis data seperti citra RGB saja atau citra inframerah saja, pendekatan *unimodal* masih memiliki keterbatasan signifikan ketika diterapkan pada kondisi nyata di lingkungan kandang tertutup. Citra RGB hanya mampu merepresentasikan informasi visual permukaan ayam, seperti warna bulu, bentuk tubuh, dan perubahan morfologis yang tampak, namun sering kali kurang sensitif terhadap perubahan fisiologis internal yang menjadi indikator dini penyakit. Sebaliknya, citra inframerah mampu menangkap distribusi suhu tubuh ayam yang berkaitan langsung dengan respons metabolik, stres panas, dan inflamasi, tetapi tidak menyertakan konteks visual yang diperlukan untuk membedakan objek, mengenali postur, atau mendeteksi anomali yang tidak termal. Oleh karena itu, penggabungan kedua modalitas ini menjadi penting untuk menghasilkan representasi informasi yang lebih lengkap dan komprehensif, sehingga model tidak hanya mengandalkan perubahan visual yang terkadang muncul pada tahap akhir penyakit, tetapi juga mampu memanfaatkan perubahan suhu tubuh yang menjadi penanda awal kondisi tidak normal. Pendekatan multimodal ini diharapkan memberikan sistem klasifikasi kesehatan ayam yang lebih robust, adaptif terhadap variasi pencahayaan dan kondisi lingkungan, serta lebih akurat pada skenario nyata dibandingkan pendekatan *unimodal* yang akurasinya tinggi hanya pada kondisi laboratorium yang terkontrol dan belum mempertimbangkan variasi nyata lingkungan peternakan seperti perbedaan pencahayaan, suhu, dan kelembapan antar kandang. Berdasarkan celah penelitian (*research gap*) tersebut, penelitian ini menempatkan diri pada posisi *state of the art* dengan menerapkan *model deep learning* berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) yang memanfaatkan kombinasi citra RGB dan inframerah dari dua lingkungan peternakan berbeda (kandang mijen Semarang dan jlarem Boyolali). Pendekatan ini tidak hanya fokus pada peningkatan akurasi deteksi, tetapi juga memperhatikan aspek efisiensi komputasi melalui analisis *trade-off* antara kompleksitas model, kecepatan inferensi, dan biaya komputasi. Dengan menerapkan skema *cross-validation* lintas kandang, penelitian ini menjadi salah satu langkah terbaru dalam upaya

menghasilkan model klasifikasi kesehatan ayam yang robust, efisien, dan adaptif terhadap kondisi lingkungan yang bervariasi di lapangan.

Teknologi fusi citra dapat memberikan informasi penting dan komprehensif dalam peternakan ayam (Li dkk., 2021). Di sisi lain, penerapan teknologi visi komputer yang melibatkan keterpaduan berbagai disiplin ilmu dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas peternakan ayam secara berkelanjutan (Aziz dkk., 2021). Dengan demikian, teknologi peternakan ayam memerlukan pengembangan sistem pengolahan citra terintegrasi untuk evaluasi produksi, kesehatan ayam (Castro dkk., 2023). Ide persepsi informasi cerdas untuk aplikasi yang berbeda-beda dipicu perkembangan teknologi sensor, komunikasi informasi, dan teknologi robotika serta pengolahan informasi berbasis kecerdasan buatan di seluruh dunia. Pengurangan keterlibatan manusia dan pemanfaatan kecerdasan buatan diperlukan dalam perkembangan industri peternakan ayam. Persepsi informasi yang cerdas dalam proses peternakan ayam dapat meminimalkan keterlibatan tenaga kerja dalam menjaga kesehatan ayam, serta meningkatkan kemampuan otomatisasi dan efisiensi. Beberapa aspek yang termasuk persepsi informasi cerdas meliputi persepsi target unggas individu, pengenalan perilaku, pemantauan kesehatan, lingkungan, dan robot terkait pemuliaan (Wu dkk., 2022). Penggunaan teknologi modern menawarkan sistem pemantauan kondisi kesehatan ayam secara terus menerus dan otomatis. Pendekatan pengolahan citra dapat digunakan untuk pengukuran perilaku ayam dan peringatan dini penyakit pada sekumpulan ayam dalam kandang (Li dkk., 2020). Teknologi digital juga membawa perbaikan substansial dalam berbagai domain. Penerapan aplikasi IoT berkemampuan kecerdasan buatan juga dilakukan dalam pemantauan kesehatan ayam, dan pencegahan wabah penyakit (Ojo dkk., 2022).

Sebaran ayam yang merata dalam kandang tertutup merupakan salah satu indikasi bahwa kawanan ayam tersebut dalam kondisi yang sehat. Pengecekan sebaran ayam pada lantai kandang seringkali dilakukan secara manual setiap hari. Metode pengenalan sebaran ayam secara virtual dibagi menjadi 3 yaitu tempat minum, tempat makan, dan tempat istirahat sebagai dasar perancangan sistem

pemantauan secara waktu nyata (Guo dkk., 2020). Pertumbuhan dan berat tubuh ayam dipengaruhi secara sinergis oleh faktor genetik (*strain* ayam), nutrisi (kualitas pakan) dan kondisi lingkungan/manajemen kandang (temperatur, ventilasi, pencahayaan), sehingga keberhasilan pemeliharaan memerlukan pengelolaan terpadu dari semua aspek tersebut (Tavárez dan Santos, 2016). Pertumbuhan dan berat tubuh ayam berbeda-beda salah satunya dipengaruhi oleh suhu (Gogoi dkk., 2021).

Teknologi visi komputer telah digunakan secara luas dalam berbagai proses produksi peternakan ayam (Aziz dkk., 2021). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa teknologi pemantauan otomatis semakin banyak digunakan untuk mengamati perilaku dan kesehatan ayam (Neves dkk., 2015), (Fang dkk., 2020), (Fernández dkk., 2018), (Mehdizadeh dkk., 2015). Selain itu, deteksi penyakit berbasis visi komputer juga menjadi fokus penting dan telah dikembangkan dalam sejumlah studi (Aydin, 2017), (Zhuang & Zhang, 2019), (Okinda dkk., 2019), (Xiao dkk., 2019), (Zhuang dkk., 2018). Untuk aspek kinerja produksi, teknologi serupa juga digunakan dalam pengukuran berat tubuh ayam (Mortensen dkk., 2016), (Amraei dkk., 2018). Teknologi visi komputer telah digunakan pada berbagai tahapan produksi unggas, termasuk dalam proses penyembelihan dan penilaian kualitas karkas (Geronimo dkk., 2019) dan metode serupa diterapkan juga untuk pemeriksaan kualitas telur (Omid dkk., 2013), (Guanjun dkk., 2019). Selain itu, pendekatan berbasis citra RGB menjadi salah satu teknik yang umum digunakan dalam berbagai aplikasi analisis dan pemantauan unggas (Ye dkk., 2020) yang digunakan untuk menyimpulkan kondisi termoregulasi dalam tubuh sebagai respons terhadap variasi kondisi termal dalam ruangan yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi (Jung & Jazizadeh, 2018). Pemantauan kesehatan ayam dalam kandang tertutup merupakan aspek penting untuk menilai mengendalikan faktor kesehatan. Teknologi *computer vision* dianggap mampu memberikan solusi otomatis yang non-invasif untuk mendukung produktivitas ayam (Supriyanto dkk., 2023). Penerapan visi komputer dapat pula digunakan dalam perhitungan jumlah ayam secara otomatis dan akurat. Namun akibat adanya halangan, kemiripan penampilan, variasi postur dan situasi yang sangat padat menjadi tantangan

tersendiri untuk menghitung jumlah ayam di dalam kandang secara akurat (Liu dkk., 2022). Kecerdasan buatan memungkinkan peternak melakukan pengamatan perilaku ayam dalam kandang secara terus menerus secara waktu nyata.

Visi komputer berbasis citra inframerah (*infrared imaging dan based machine vision* dan IRMV) merupakan teknologi yang digunakan dalam pemeriksaan, deteksi, dan analisis citra atau citra bergerak inframerah secara otomatis (He dkk., 2021). Dalam perkiraan parameter intrinsik dan ekstrinsik kamera, metode kalibrasi geometrik kamera diperlukan untuk pemetaan titik koordinat 3D ke koordinat titik citra 2D. Pendekatan sistematis rancangan papan kalibrasi digunakan dalam kalibrasi kamera citra termal meliputi gelombang menengah serta panjang inframerah (Swamidoss dkk., 2021). Sistem pengendalian udara dalam kandang bekerja berdasarkan hasil pengukuran sensor suhu sekitar ayam yang dapat berbeda dengan suhu tubuh ayam yang sebenarnya (Bloch dkk., 2020). Suhu tubuh ayam terkait erat dengan metabolisme dan aktivitas hidup, yang mencerminkan status fisiologis dan kesehatan ayam. Suhu tubuh ayam berubah secara bersamaan ketika mengalami penyakit, tahap fisiologis tertentu, atau perubahan lingkungan luar. Teknologi pengukuran non-invasif seperti termografi inframerah tidak menyebabkan stres hewan karena tidak ada kontak secara langsung ke tubuh ayam. Teknologi ini akan diterapkan secara bertahap pada penelitian dan aplikasi pengukuran suhu ayam di waktu yang akan datang sehingga akan menjadi tren perkembangan masa depan (Cai dkk., 2023). Dalam model pengukuran non-invasif, teknologi kecerdasan buatan mengambil peran penting dalam membantu peternakan cerdas di bidang kesehatan ayam, sehingga tercapai kebermanfaatan secara ekonomi. Beberapa tantangan teknisnya meliputi akurasi dari metode yang digunakan dan biaya sebelum diterapkan secara komersial pada kandang (Bao dan Xie, 2022).

Beberapa penelitian yang terkait dengan pemantauan kesehatan ayam secara non-invasif dengan pendekatan kecerdasan buatan, khususnya visi komputer telah diujicoba dan menunjukkan kinerja model yang akurat. Penelitian lain menggunakan metode regresi Lasso berdasarkan citra inframerah (Bloch dkk.,

2020), penerapan metode pengolahan citra (filter *Gaussian*, *Otsu*, dan *Watershed*) mampu menganalisis suhu dan estimasi jumlah ayam pada citra dengan tingkat akurasi mencapai 91.3% (Shen dkk., 2016), klasifikasi kesehatan ayam berdasarkan citra postur 2D ayam mengusulkan metode SVM yang memiliki akurasi dapat mencapai 97.8% sehingga lebih tinggi daripada metode klasifikasi lain (Okinda dkk., 2019), serta penerapan metode optimalisasi algoritma genetik terbukti berhasil meningkatkan kinerja metode *Fuzzy Inference System* (FIS) dalam memprediksi suhu kloaka ayam yang terpapar tantangan termal (Hernández dkk., 2020). Metode pengolahan citra dan pembelajaran mesin dapat memberikan kinerja yang akurat untuk memantau kondisi kesehatan ayam. Begitupun metode optimalisasi dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja dari metode pembelajaran mesin maupun *reasoning*, namun penerapan metode tersebut belum melakukan klasifikasi kondisi kesehatan ayam normal, tidak normal dan mati berdasarkan citra tampak dan citra termal pada kandang tertutup. Permasalahan klasifikasi belum dapat ditangani hanya dengan menggunakan metode pembelajaran mesin saja atau metode pengolahan citra saja, keduanya perlu diintegrasikan. Metode pengolahan citra bekerja untuk ekstraksi ciri dan metode pembelajaran mesin bekerja untuk prediksi. Berbeda dengan CNN yang merupakan salah satu metode *deep learning* yang paling umum digunakan, metode ini mampu bekerja sendiri mulai dari proses ekstraksi ciri hingga proses prediksi (Rozenhaimer dkk., 2020). Selain itu, CNN merupakan metode yang memang dikembangkan khusus untuk mengatasi masalah klasifikasi maupun regresi pada citra, dan memiliki kemampuan dalam pengolahan data yang berukuran besar (*big data*) pada data citra (Rozenhaimer dkk., 2020).

Pendekatan *Support Vector Machine* (SVM) telah terbukti ampuh dan populer serta optimal dalam melakukan klasifikasi dua kelas atau lebih. Pencapaian kinerja ini dilakukan dengan memaksimalkan lebar area kosong (*margin*) antara dua kelas. Lebar margin ini didefinisikan sebagai jarak antara hiper permukaan diskriminasi dalam ruang ciri dan dimensi. Vektor dari setiap kelas yang paling dekat dengan permukaan pembeda disebut vektor pendukung yang menentukan fungsi diskriminasi. Biasanya kemampuan identifikasi permukaan pembeda yang

optimal adalah kekuatan utama dari pendekatan ini dan membantu dalam menangani masalah *overfitting* selama pelatihan (Sonka dkk., 2003). Pendekatan SVM dan *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) yang dipaparkan mampu mendeteksi sel telur subur dan infertil dengan tingkat keberhasilan sebesar 98,20%. Penelitian ini dapat menjadi referensi untuk penerapan deteksi kesuburan telur ayam kampung mesin inkubasi untuk mendapatkan hasil penetasan yang optimal (Saifullah dan Drezewski, 2022). Analisis komponen utama digunakan untuk memproses informasi spektral penuh dan tiga metode pemilihan panjang gelombang (*competitive adaptive reweighted sampling*, algoritma genetika, dan algoritma proyeksi berturut-turut) diterapkan untuk ekstraksi panjang gelombang efektif. Metode ini digabungkan dengan dukungan SVM untuk mengembangkan model klasifikasi konvensional masing-masing. Selain itu, model CNN dirancang dan dilatih untuk melakukan perbandingan. Kinerja model CNN secara signifikan lebih baik dibandingkan model klasifikasi konvensional. Akurasi keseluruhan klasifikasi sampel ayam meningkat dari 83,88% menjadi 91,38%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran mendalam dapat secara efektif mengekstraksi ciri spektral dan mendorong penerapan pencitraan hiperspektral dalam deteksi patogen bawaan makanan pada produk ayam (M. Liu dkk., 2022)(Qiu dkk., 2023).

Salah satu tantangan utama dalam penerapan *deep learning* di bidang peternakan cerdas (*smart farming*) adalah kurangnya interpretabilitas model. Sebagian besar arsitektur *deep neural network* beroperasi sebagai kotak hitam (*black box*), dimana proses pengambilan keputusan internal sulit dipahami oleh pengguna non-teknis seperti peternak atau teknisi lapangan. Dalam konteks deteksi kesehatan ayam, kondisi ini dapat menimbulkan keraguan terhadap keandalan sistem, terutama ketika model memberikan prediksi yang tidak sesuai dengan pengamatan visual di lapangan. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu mengintegrasikan konsep *Explainable Artificial Intelligence* (XAI) agar hasil prediksi model dapat dijelaskan secara visual dan logis. *Integrasi Explainable AI* (XAI) dalam penelitian ini memberikan nilai tambah yang signifikan, yaitu menjadikan model deteksi kesehatan ayam tidak hanya akurat tetapi juga *interpretable* dan *trustworthy*.

Untuk mengatasi kendala tersebut, salah satu pendekatan adalah CNN hanya sebagai ekstraktor ciri, tanpa melakukan pelatihan tapi memanfaatkan CNN pra-latih (*pretrained model*). Pendekatan ini terbukti mampu mengurangi kebutuhan komputasi secara signifikan, karena sebagian besar proses belajar telah dilakukan pada tahap pelatihan awal oleh model yang digunakan (Simonyan dan Zisserman, 2015a). Setelah ciri diekstraksi oleh CNN, tahap klasifikasi dapat dilakukan dengan algoritma lain yang lebih efisien, salah satunya adalah *Support Vector Machine* (SVM) yang dikenal tangguh untuk data berdimensi kecil namun mampu bekerja dengan baik pada jumlah sampel latih tidak besar. Keunggulan SVM terletak pada kemampuannya menemukan *hyperplane* dengan margin maksimum, sehingga meningkatkan generalisasi model terhadap data baru. Dalam berbagai penelitian, SVM juga terbukti memberikan kinerja klasifikasi yang lebih akurat dibandingkan beberapa metode lain ketika diberikan ciri hasil ekstraksi CNN. Sementara proses klasifikasi menggunakan metode lain yang lebih efisien dan akurat daripada CNN seperti SVM yang unggul dalam pengolahan data yang berdimensi kecil. Metode lain dalam melakukan klasifikasi ayam berdasarkan citra postur 2D pemantauan kesehatan dan perilaku ayam, SVM telah menunjukkan kinerja yang kompetitif (Okinda dkk., 2019b).

1.2 Identifikasi Masalah Penelitian

Identifikasi masalah dalam penelitian ini tertuju pada metode klasifikasi kondisi kesehatan ayam yang memiliki keterbatasan akurasi. Selain itu, masih banyak pemantauan kesehatan ayam dilakukan secara konvensional, terbatas, dan invasif. Salah satu contohnya pemantauan kesehatan ayam melalui pengukuran suhu menggunakan termometer secara langsung pada kloaka. Metode ini dapat menyebabkan dampak ayam menjadi stres, padahal kesehatan ayam merupakan salah satu faktor penting dalam industri peternakan yang mempengaruhi produktivitas dan keberlanjutan usaha. Kondisi ini menunjukkan perlunya pendekatan non-invasif yang mampu memberikan hasil pemantauan secara *real-time* dan lebih akurat. Dengan demikian, inovasi berbasis teknologi pengolahan citra menjadi salah satu solusi potensial untuk meningkatkan efisiensi dan ketepatan deteksi kondisi kesehatan ayam.

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan seperti di atas, terdapat keterbatasan metode deteksi dan klasifikasi kondisi kesehatan ayam yang dilakukan berdasarkan pengukuran suhu badan ayam maupun yang lain secara invasif maupun non-invasif. Oleh karena itu, dalam penelitian ini merumuskan masalah bagaimana mengembangkan teknologi klasifikasi kesehatan ayam menggunakan pendekatan kombinasi model CNN dan SVM sebagai model terpilih berbasis data *multimodal* (RGB dan inframerah) sehingga mampu meningkatkan akurasi klasifikasi.

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengembangkan model klasifikasi kesehatan ayam menggunakan pendekatan hibrid *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Support Vector Machine* (SVM) berdasarkan data citra *multimodal* dengan menguji kombinasi dari 5 (lima) model CNN terpilih yaitu ResNet50, DenseNet201, Xception, MobileNetV2, InceptionV3 yang dikombinasikan dengan 3 (tiga) model ML terpilih yaitu SVM, XGBoost, Random Forest baik untuk data *unimodal* maupun *multimodal* dan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi deteksi kesehatan ayam yang akurat dan non- invasif.

1.5 Kebaruan (*Novelty*)

Kebaruan (*novelty*) dalam penelitian pengembangan klasifikasi citra kesehatan ayam menggunakan pendekatan hibrid *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Support Vector Machine* (SVM). Pemilihan arsitektur *DenseNet201* dan SVM dalam penelitian ini didasarkan pada kebutuhan untuk memperoleh model klasifikasi kesehatan ayam yang akurat, efisien, dan stabil pada dataset berukuran relatif kecil. Meskipun model-model mutakhir seperti *Vision Transformer* (ViT) dan pendekatan *ensemble learning* telah berkembang pesat, kedua pendekatan tersebut membutuhkan jumlah data pelatihan yang sangat besar, kompleksitas komputasi tinggi, serta waktu pelatihan yang lebih panjang. DenseNet201 sebagai model pra-latih telah terbukti mampu mengekstraksi ciri visual secara efektif pada ukuran dataset kecil hingga menengah, sementara SVM dikenal sebagai pengklasifikasi yang sangat kuat untuk data dengan dimensi ciri yang besar tetapi jumlah

sampel terbatas. Kombinasi keduanya memberikan keseimbangan optimal antara akurasi, efisiensi komputasi, dan generalisasi model, sehingga lebih sesuai untuk kebutuhan sistem pemantauan kesehatan ayam secara non-invasif yang dapat dijelaskan dalam beberapa aspek antara lain:

- a. Pendekatan kombinasi teknik pembelajaran mesin yaitu hibrid CNN dan SVM untuk klasifikasi kondisi kesehatan ayam. Meskipun CNN telah digunakan secara luas dalam pengolahan citra dan klasifikasi penyakit pada hewan, menggabungkan dengan SVM sebagai tahap klasifikasi adalah kebaruan dalam konteks klasifikasi kesehatan ayam. Pendekatan hibrid ini dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi dibandingkan dengan menggunakan salah satu metode secara terpisah.
- b. Penerapan CNN untuk ekstraksi ciri dan SVM untuk optimalisasi klasifikasi citra kesehatan ayam. Penelitian ini berfokus pada ekstraksi ciri citra yang relevan untuk kondisi kesehatan ayam, yang mencakup ciri-ciri fisik ayam seperti perubahan pada suhu badan, bulu, kondisi kulit, atau kelainan lainnya yang terkait dengan penyakit. Pendekatan ini memungkinkan untuk mengenali gejala dan gejala visual yang mungkin tidak tampak jelas bagi manusia, namun dapat diidentifikasi oleh model berbasis CNN. Penggunaan SVM telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi pembelajaran mesin, namun penerapan dalam klasifikasi citra kesehatan ayam adalah kebaruan yang relatif baru. SVM yang terkenal dengan kemampuan untuk menemukan batas pemisah optimal dalam ruang ciri, dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam mengklasifikasikan data yang kompleks seperti citra.
- c. Meningkatkan kemampuan deteksi dini penyakit melalui pemantauan kondisi kesehatan menggunakan data *multimodal* citra RGB dan citra inframerah ayam. Hal ini memungkinkan penanganan penyakit yang lebih cepat untuk mencegah penyebaran penyakit di antara ternak ayam dalam kandang. Secara keseluruhan, kebaruan dari penelitian ini terletak pada pengembangan sistem klasifikasi kesehatan ayam yang lebih akurat dan lebih cepat dengan menggunakan pendekatan gabungan dua teknik dalam pembelajaran mesin yaitu CNN dan SVM.

1.6 Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang, masalah, dan tujuan penelitian di atas, maka berikut manfaat penelitian ini yaitu:

1. Memudahkan bagi peternak ayam kandang tertutup dalam melakukan pemantauan kondisi kesehatan ayam baik sehat, sakit dan mati.
2. Memudahkan masyarakat dalam melakukan deteksi dini penyakit pada ayam untuk mencegah penyebaran penyakit pada ayam sehingga dapat mengurangi angka kematian dan meningkatkan kesehatan ayam.
3. Meminimalkan kerugian akibat penyakit yang tidak terdeteksi, sehingga peternak dapat memperbaiki hasil produksi ayam.
4. Membantu pengelolaan kesehatan ayam secara efisien dengan menghemat waktu pemantauan, peternak dapat memantau kondisi kesehatan seluruh ayam secara simultan tanpa perlu melakukan pemeriksaan masing-masing.
5. Membantu mendapatkan hasil peningkatan kinerja khususnya akurasi dan waktu pengolahan model yang diusulkan.
6. Memberikan alternatif landasan bagi penelitian lebih lanjut mengenai kecerdasan buatan dan pengolahan citra kesehatan ayam.
7. Membantu dalam penerapan teknologi modern dalam pengembangan pengelolaan peternakan ayam pada skala yang lebih besar.

1.7 Pembatasan Masalah (Ruang Lingkup)

Pembatasan masalah dalam penelitian pengembangan klasifikasi citra kesehatan ayam menggunakan pendekatan hibrid *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Support Vector Machine* (SVM) ini meliputi:

1. Jenis kondisi kesehatan ayam yang diklasifikasikan secara umum yaitu sehat, sakit, dan mati. Tidak semua penyakit pada ayam dapat dideteksi dengan ciri visual, sehingga penelitian ini akan membatasi pada kondisi yang gejalanya cukup tampak melalui citra tangkapan kamera seperti perubahan suhu tubuh ayam, bulu, permukaan kulit yang didasarkan citra RGB dan citra inframerah.
2. Metode yang digunakan dalam ekstraksi ciri menggunakan 5 model CNN yaitu DenseNet dan 201, ResNet dan 50, Xception, MobileNet dan v2, dan Inception

v1, sedangkan proses klasifikasi menggunakan SVM, Random Forest dan XGBoost.

3. Pengambilan data citra melalui kamera spektrum ganda RGB dan inframerah secara bersamaan pada ketinggian 100 cm dengan sudut 30° pada lingkungan yang terkontrol dalam kandang tertutup (*closed house*) dengan pencahayaan yang memadai dan tanpa gangguan eksternal yang signifikan.
4. Penilaian dari model klasifikasi akan dilakukan berdasarkan akurasi dilengkapi waktu inferensi, sedangkan faktor lain seperti presisi, *recall*, dan *F1-Score*, biaya implementasi tidak menjadi fokus utama penelitian ini.

Dengan pembatasan masalah ini, penelitian terfokus pada pengembangan dan evaluasi sistem klasifikasi menggunakan pendekatan hibrid CNN dan SVM terpilih untuk citra kesehatan ayam, dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil secara langsung, dan mengurangi kompleksitas dengan tidak melibatkan variabel atau skala yang lebih besar.

1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disertasi penelitian pengembangan klasifikasi citra kesehatan ayam menggunakan pendekatan hibrid CNN dan SVM terdiri atas lima (5) bab dengan penjelasan dari tiap bab sebagai berikut:

Bab I : Pendahuluan

Bab ini menjelaskan pentingnya kesehatan ayam dalam industri peternakan dan tantangan yang dihadapi. Selain itu dijelaskan beberapa sistem pemantauan kesehatan ayam yang telah dilakukan sebagai latar belakang penelitian ini. Bab ini juga mendeskripsikan identifikasi masalah penelitian, perumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, kebaruan (*novelty*), manfaat penelitian, pembatasan masalah (ruang lingkup), sistematika penelitian.

Bab II : Kajian Pustaka

Bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka, keaslian penelitian, dan landasan teori, penelitian dan penelitian sebelumnya yang bersumber utama pada jurnal terindeks bereputasi, buku, dan artikel ilmiah lain yang mendeskripsikan

perkembangan penelitian dan ilmu pengetahuan yang terbaru (*up-to-date*) dan menggambarkan posisi terdepan (*state of the art*) dari pengembangan klasifikasi citra kesehatan ayam.

Bab III : Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang waktu penelitian, prosedur dan tahapan penelitian yang terstruktur dalam penyelesaian dan pencapaian tujuan dari penelitian yang diusulkan ini.

Bab IV : Hasil Penelitian dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan tentang hasil yang diperoleh dalam penelitian disertai pembahasan dan analisis terhadap hasil yang sudah diperoleh serta terkait dalam penelitian ini.

Bab V: Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran sebagai penutup dari penelitian ini. Kesimpulan yang diperoleh sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya, sedangkan saran diberikan untuk memberikan peluang, ide peneliti lain untuk menyempurnakan atau mengembangkan lebih lanjut dalam penelitian berikutnya.

SEKOLAH PASCASARJANA