

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Banyak produk pangan yang rentan terhadap kontaminasi oleh mikroorganisme, bahan pangan yang terkontaminasi akan terdegradasi dan memiliki durasi penyimpanan yang lebih sedikit. Bahan pangan rata-rata dinilai oleh dua faktor yaitu harga dan kualitasnya. Misalnya *marbling* yang merupakan parameter dominan yang menentukan kualitas daging konsumsi. Penggunaan segmentasi gambar dengan metode ambang batas dan melakukan klasifikasi menggunakan algoritma *k-nearest neighbor* yang digunakan untuk membedakan kualitas dengan hasil mampu memperoleh citra dan mengidentifikasi kualitas daging sesuai kebutuhan dalam Standar Nasional Indonesia (Adi dkk., 2015).

Konsumsi telur merupakan salah satu kebutuhan setiap keluarga dikarenakan gizi yang tinggi di miliki oleh telur dan merupakan sumber protein, vitamin, dan mineral penting yang baik untuk dikonsumsi sehingga dapat menjadikan sebagai nutrisi yang penting untuk manusia (Nematinia & Abdanan Mehdizadeh, 2018).

Telur yang berkualitas merupakan salah satu faktor penting dalam industri pangan, terutama dalam hal keamanan dan kesehatan konsumen. Telur berkualitas adalah telur yang memenuhi standar tertentu baik dari segi faktor eksternal maupun internal, yang menjamin keamanannya untuk dikonsumsi serta nilai gizinya. Kualitas telur dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satu faktor adalah kondisi cangkangnya, cangkang telur yang utuh dan tidak retak adalah indikator utama dari telur yang berkualitas (Amer Eissa, 2009; De Ketelaere dkk., 2023; Ketelaere dkk., 2006). Hal ini karena cangkang telur berfungsi sebagai penghalang yang melindungi isi telur dari kontaminasi eksternal, termasuk bakteri. saat cangkang telur retak, fungsi pelindung ini terganggu, sehingga memungkinkan bakteri patogen seperti *Salmonella* untuk masuk dan menginfeksi isi telur.

Adanya retakan pada kulit telur dapat menyebabkan banyak masalah, dengan adanya retakan kemungkinan bakteri patogen seperti *Salmonella* yang masuk ke dalam telur meningkat secara signifikan (Wu dkk., 2018). *Salmonella* adalah salah

satu bakteri yang paling umum terkait dengan kontaminasi telur. Kehadiran retakan pada cangkang telur memberikan jalur masuk yang mudah bagi bakteri ini. Infeksi *Salmonella* dapat menyebabkan keracunan makanan yang serius pada manusia, dengan gejala seperti diare, demam, dan kram perut. Telur dengan cangkang retak dianggap tidak berkualitas dan berisiko tinggi, karena itu ada kebutuhan mendesak untuk mengembangkan metode yang cepat dan akurat untuk mengklasifikasikan telur berdasarkan kualitasnya, apakah telur tersebut retak atau utuh.

Faktor kualitas telur umumnya dibagi menjadi kategori eksternal dan internal. Faktor eksternal dapat dideteksi dengan mengamati cangkang telur atau sebagai pertimbangan dalam penilaian awal. Faktor internal terkait dengan isi telur dan ditentukan setelah pemeriksaan telur terhadap cahaya (*Candling*) atau setelah memecahkan telur dan memeriksa kuning telur. Retakan dan bintik-bintik kotor pada kulit telur adalah contoh cacat telur yang jelas pada faktor eksternal, dan adanya bercak darah dalam telur adalah cacat internal telur. Cacat yang disebutkan menyebabkan kehilangan kualitas produk merupakan salah satu penyebab permasalahan yang akan membahayakan kesehatan konsumen (Nasiri dkk., 2020).

Dalam industri peternakan ayam petelur, jumlah ayam yang dipelihara bisa mencapai ratusan hingga ribuan ekor. Setiap harinya dan ribuan butir telur dihasilkan, dan para pekerja harus mengumpulkan telur-telur tersebut satu per satu. Proses pengumpulan telur ini tidak hanya memerlukan ketelitian, tetapi juga waktu yang signifikan, karena ayam-ayam tersebut tidak bertelur pada waktu yang bersamaan. Mengidentifikasi dan memisahkan telur retak dari telur utuh menjadi tantangan tersendiri dalam pekerjaan ini. Jika dilakukan secara manual, proses ini bisa sangat memakan waktu. Kualitas telur akan merepotkan dan tidak dapat dipantau terus secara individual oleh mata manusia secara langsung di mana produksi telur tiap hari hingga 180.000 telur per jam (Ketelaere dkk., 2006).

Pemisahan telur secara otomatis dari yang cacat dan telur berkualitas merupakan masalah penting karena alasan ekonomi dan kesehatan (Turkoglu, 2021). Pengolahan kualitas telur sangat penting untuk mendeteksi cacat dan menilai kualitas telur dipastikan baik sebelum telur memasuki pasar untuk dikonsumsi.

Mengklasifikasikan telur satu per satu oleh pekerja adalah pekerjaan yang rumit, memakan waktu. Selama beberapa dekade terakhir, upaya luar biasa telah dilakukan pada penilaian dan penentuan cacat telur, yang mempengaruhi kualitas telur. Peneliti sebelumnya telah mengembangkan metode otomatis untuk meningkatkan akurasi dan kualitas, serta mengurangi kerja tenaga kerja. Sistem berbasis pembelajaran mendalam adalah salah satu metode paling populer untuk menilai telur dan penentuan cacatnya sehingga dibutuhkan untuk memperkirakan aspek-aspek telur yang berkualitas dan dapat untuk membuat pengklasifikasian kualitas telur (Valencia dkk., 2021). Masalah utama pada pembelajaran mesin, terjadi pada pelatihan dan pengujian data di mana datanya sangat besar sehingga proses ini terkadang dapat menyebabkan inkonsistensi data.

Penelitian yang menggunakan *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) dan *Convolutional Neural Network* (CNN) menawarkan solusi untuk masalah ini. GLCM adalah metode yang efektif untuk ekstraksi fitur tekstur dari citra, yang dapat digunakan untuk mendeteksi keretakan pada permukaan telur dengan menganalisis pola-pola tekstur yang ada. Sementara itu, CNN adalah teknologi yang telah terbukti mampu mengenali dan mengklasifikasikan objek dalam citra secara otomatis dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dengan menggabungkan GLCM dan CNN, dapat menghasilkan sistem otomatis yang mampu memproses ribuan citra telur dalam waktu singkat, mengidentifikasi telur retak dengan akurat, dan memisalkannya dari telur utuh. Hal ini tidak hanya akan meningkatkan efisiensi dalam proses produksi di peternakan, tetapi juga memastikan bahwa telur yang dipasarkan kepada konsumen adalah telur yang aman dan berkualitas tinggi.

Produksi dan konsumsi pangan telah berkembang secara pesat dalam beberapa dekade terakhir yang merupakan dinamika global, industri makanan harus menghadapi harapan konsumen dan tantangan seperti kebutuhan untuk memastikan makanan yang sehat, tantangan bagi industri ini adalah untuk mengarahkan konsumsi terhadap makanan yang diproduksi secara berkelanjutan. Selain itu, sektor global harus lebih berorientasi pada lingkungan, pelestarian sumber daya alam untuk mengurangi pemborosan makanan (Santeramo dkk., 2018).

Sektor peternakan memiliki istilah yang baru yaitu pertanian cerdas yang pada intinya mengubah teknik yang masih tradisional menjadi berbasis teknologi informasi yang inovatif, teknologi tersebut di antaranya adalah pemrosesan citra, pembelajaran mesin, data besar dan komputasi awan. Manfaat yang didapatkan dari pertanian cerdas adalah peningkatan produksi, penurunan biaya, peningkatan kualitas produk dan akan mengurangi biaya tenaga kerja (Moysiadis dkk., 2021).

Pertanian cerdas memiliki peranan besar dalam sektor peternakan dengan menggunakan *internet of things*, komputasi awan, pembelajaran mesin, dan kecerdasan buatan yang digunakan berkaitan dengan produksi, pascapanen, perubahan iklim, menggunakan *unmanned aerial vehicles* (UAV) dan pembelajaran. Pertanian cerdas sangat efektif untuk memberikan informasi yang lebih banyak dan akurat. Peluang yang masih terbuka untuk pertanian cerdas adalah teknologi kabut untuk peternakan, penggabungan dan kombinasi algoritma *unsupervised learning* dan *federated learning to smart farming* (Idoje dkk., 2021).

Penggunaan metode pertanian cerdas dengan *digital twins* sangat menjanjikan untuk membawa pertanian cerdas ke tingkat produktivitas dan keberlanjutan yang lebih baik di mana petani dapat mengelola dari jarak jauh berdasarkan informasi digital secara *real-time* tanpa harus mengamati secara manual di tempat misalnya pada pertanian, peternakan, pertanian sayuran organik, (Verdouw dkk., 2021).

Pandemi dengan pembatasan yang ada mempersulit dokter hewan, ahli gizi, dan produsen untuk mengunjungi peternakan, lumbung, dan pabrik pakan, sedangkan kondisi di lapangan memerlukan pengawasan setiap waktu tentang aktivitas, konsumsi, dan produksi ternak. Perkembangan teknologi penginderaan menghasilkan data yang diakses dari jarak jauh menghasilkan biaya yang lebih rendah dan peningkatan kinerja dalam pelayanan terhadap konsumen (Neethirajan, 2020). Peningkatan penggunaan data dari teknologi ini memberikan peluang bagi petani untuk lebih memahami sistem pertanian mereka, dan meningkatkan hasil untuk produktivitas, keberlanjutan, dan perawatan ternak (Eastwood dkk., 2019).

Penelitian yang berkaitan dengan keretakan telur menggunakan sebuah metode baru untuk deteksi retak kulit telur berdasarkan pembelajaran mesin, diusulkan untuk memecahkan masalah bahwa retakan pada permukaan telur sulit dikenali dari

bintik-bintik gelap yang disorot di bawah penerangan lampu latar. Berdasarkan analisis citra telur retak, operator LOG (*Laplacian of Gaussian*) negatif digunakan sebagai metode yang berguna untuk meningkatkan retakan pada citra diikuti dengan ambang batas *hysteresis* untuk mendapatkan sebuah citra biner yang optimal.

Kemudian indeks LFI (*Local Fitting Image*) yang ditingkatkan digunakan untuk membedakan daerah retak dan tidak retak. Cara tersebut efektif untuk berbagai jenis telur pecah, bahkan untuk telur yang permukaannya rumit atau telurnya sedikit rusak. Hasil percobaan menunjukkan bahwa akurasi metode telur pecah dan telur utuh masing-masing adalah 92,5% dan 90,0%. Metode tersebut berhasil memberikan metode yang layak digunakan untuk pendeteksian telur retak dalam proses produksi telur yang layak untuk konsumen (Guanjun dkk., 2019).

Penelitian lainnya untuk deteksi kulit telur retak dan utuh menggunakan analisis spektrum daya dari sinyal gaya dinamis, hasil penelitian ditemukan bahwa kecepatan tumbukan hanya mempengaruhi energi benturan saja. Sebaliknya, bahan kepala tumbukan dan berat batang menentukan energi dan frekuensi pemutusan tumbukan. Ketika berat tumbukan kurang dari 6,62 g, frekuensi batas tumbukan eksitasi dapat menutupi frekuensi bawaan telur. Kemudian, sistem eksperimen yang dioptimalkan dirancang untuk memperoleh tanggapan sinyal akustik.

Analisis korelasi silang dan metode klasifikasi *Bayes* dilakukan untuk mendeteksi cangkang telur yang retak. Percobaan yang dilakukan tingkat deteksi retak 97%. Temuan tersebut dapat disimpulkan bahwa metode yang diusulkan akan membantu dalam mengoptimalkan perangkat dampak dan menyederhanakan algoritma klasifikasi untuk sistem deteksi online (Sun dkk., 2021).

Telur ayam yang berkualitas dan dapat dikonsumsi salah satunya berdasarkan warna cangkang, penelitian yang berkaitan dengan klasifikasi warna dilakukan terhadap pengklasifikasian warna pada daging sapi dengan mengembangkan metode segmentasi citra dengan mengolah citra digital. Tahapan yang dilakukan terdiri dari proses akuisisi citra dengan jarak, resolusi, dan sudut yang berbeda. Segmentasi citra dilakukan untuk memisahkan citra lemak dan daging menggunakan metode *thresholding*. Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan algoritma pohon keputusan dan akurasi terbaik diperoleh pada 90% untuk pelatihan

dan 84% untuk pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik pengolahan citra mampu mengidentifikasi skor marbling dengan baik (Adi dkk., 2017).

Kombinasi CNN dan BiLSTM untuk mendeteksi telur yang rusak dengan mengekstraksi ciri dan kemudian ciri yang diperoleh dimasukkan ke dalam *Bidirectional Long-Short-Term-Memory* (BiLSTM), data yang digunakan berupa kumpulan data yang berisi 400 citra telur yang berbeda. Kelemahan dari penelitian ini adalah masih sedikitnya jumlah citra telur yang rusak yang berbeda untuk dataset, dan belum menggunakan *deep feature extraction* (Turkoglu, 2021). Penyortiran telur menggunakan sistem berbasis *machine vision* (Nasiri dkk., 2020) dengan metode yang digunakan adalah CNN dengan mengekstrak ciri secara otomatis dan melakukan tugas klasifikasi tanpa penghapusan latar belakang. Model CNN yang diusulkan menunjukkan akurasi untuk penyortiran telur retak dan utuh.

Prosedur untuk pemrosesan citra termasuk mengubah citra RGB menjadi skala abu-abu, mengekstraksi karakteristik tekstur, dan mengklasifikasikan menggunakan algoritma jaringan saraf propagasi, langkah pertama dalam diagnosis adalah pengambilan sampel. Metode yang digunakan meningkatkan akurasi dan efisiensi untuk deteksi citra adalah ciri yang diekstraksi dengan metode Matriks Kejadian Tingkat Abu-abu (*Gray Level Co-Occurrence Matrix*-GLCM) dan diklasifikasikan menggunakan *back propagation neural network*. Metode ini pada tahap pelatihan diambil 20 sampel citra dianalisis menggunakan *back propagation neural network* dengan akurasi 95%. Di sisi lain, 16 sampel dianalisis selama pengujian, dengan akurasi 81,25%. Hasil ini menunjukkan bahwa pemrosesan citra dapat diimplementasikan (Adi, Widodo, Widodo, Gernowo, dkk., 2018).

CNN merupakan kelas jaringan saraf dalam yang digunakan pada data dengan topologi seperti grid, dikenal karena efisiensinya dalam tugas pengenalan citra dan klasifikasi (Russakovsky dkk., 2015). CNN mencakup serangkaian lapisan yang saling ditumpuk satu dengan yang lainnya di mana setidaknya satu lapisan.

Metode pengurangan latar belakang pada citra skala abu-abu merupakan alternatif dari metode konvensional yang dilakukan dengan menemukan jarak latar belakang dengan objek dan dengan latar belakang tanpa objek pada citra skala abu-abu yang akan menghasilkan citra objek. Pengurangan latar belakang dapat

digeneralisasikan sebagai tiga tahap proses yaitu, pra-pemrosesan, pemodelan latar belakang, dan deteksi latar depan, yang mampu melakukan pemrosesan data secara otomatis. Metode pemrosesan citra dapat memproses berkas video untuk mendeteksi objek yang bergerak. Kelebihan dari sistem ini adalah dengan memproses data secara otomatis dengan menggunakan perangkat kamera dan sistem ini akan mendapatkan data secara waktu nyata, keunggulan sistem ini dapat melakukan klasifikasi jenis objek hasil terbaik diperoleh akurasi penghitungan 86,36% (Adi, Widodo, Widodo, Pamungkas, dkk., 2018).

Penelitian mengenai klasifikasi kualitas telur menggunakan metode *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) dan *Convolutional Neural Network* (CNN) memiliki signifikansi yang sangat penting dalam peternakan ayam petelur. Tantangan utama terletak pada proses identifikasi dan pemisahan telur retak dari telur utuh, jika dilakukan secara manual, tidak hanya memakan waktu tetapi juga rentan terhadap kesalahan manusia. Telur retak, yang berisiko tinggi terkontaminasi bakteri seperti *Salmonella*, dapat membahayakan kesehatan konsumen.

Melalui penerapan metode GLCM dan CNN, penelitian ini menawarkan solusi teknologi yang mampu melakukan klasifikasi telur secara otomatis dengan akurasi yang tinggi. Metode GLCM digunakan untuk mengekstraksi fitur tekstur yang detail dari permukaan cangkang telur, sementara metode CNN yang dikenal efektif dalam mengenali pola dan klasifikasi objek berdasarkan citra yang kompleks. Kombinasi kedua metode ini menciptakan sistem yang tidak hanya lebih akurat dalam mendeteksi kualitas telur retak tetapi juga memastikan bahwa telur yang dipasarkan adalah telur berkualitas dan aman untuk dikonsumsi.

Lebih jauh, penelitian ini juga berkontribusi terhadap solusi teknologi yang lebih luas dalam produksi pangan, terutama dalam konteks pertanian cerdas dan otomatisasi industri. Dengan meningkatnya tuntutan konsumen akan produk pangan yang sehat dan aman, serta kebutuhan untuk mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, teknologi seperti GLCM-CNN memainkan peran penting dalam memastikan akurasi, kualitas, dan keamanan dalam rantai pasokan pangan. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya relevan bagi industri peternakan telur

tetapi juga memberikan kontribusi signifikan terhadap inovasi teknologi dalam sektor pangan secara keseluruhan.

1.2 IDENTIFIKASI MASALAH

Telur merupakan salah satu sumber makanan yang banyak dikonsumsi karena kandungan nutrisinya yang tinggi, termasuk protein, vitamin, dan mineral. Kualitas telur sangat penting dalam memastikan nilai gizi dan keamanan konsumsinya. Cangkang telur yang retak dapat menurunkan kualitas telur secara signifikan karena memungkinkan masuknya patogen berbahaya seperti bakteri *Salmonella*. Oleh karena itu, proses klasifikasi dan penilaian kualitas telur menjadi sangat krusial. Saat ini, proses klasifikasi telur sering dilakukan secara manual oleh pekerja, yang tidak hanya memakan waktu tetapi juga rentan terhadap kesalahan manusia. Dengan perkembangan teknologi, khususnya dalam bidang pembelajaran mendalam (*deep learning*), terdapat potensi besar untuk mengotomatisasi dan meningkatkan akurasi proses. Identifikasi dari masalah yang saat ini sedang berkembang dari klasifikasi dan penilaian kualitas telur sebagai berikut:

1. Kerumitan dan proses manual dan memakan waktu

Klasifikasi telur satu per satu oleh pekerja merupakan tugas yang kompleks, memakan waktu. Proses manual ini rentan terhadap kesalahan manusia, yang mengurangi keandalannya terutama pada skala produksi yang besar.

2. Penilaian dan Penentuan Cacat Telur

Selama beberapa dekade terakhir penelitian sebelumnya telah mengembangkan berbagai metode untuk meningkatkan akurasi dan kualitas penilaian telur, serta mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia.

3. Keterbatasan Metode Tradisional

Metode tradisional untuk menilai kualitas dan mendeteksi cacat pada telur sering kali kurang akurat. Hal ini menimbulkan kebutuhan untuk inovasi dan pendekatan baru yang dapat meningkatkan performa penilaian.

4. Kebutuhan akan Metode Otomatis

Ada kebutuhan mendesak untuk mengembangkan metode otomatis yang dapat meningkatkan akurasi, kualitas penilaian, dan mengurangi beban kerja tenaga

manusia. Metode otomatis ini juga perlu mampu menangani volume besar data dengan kecepatan dan ketepatan yang tinggi.

5. Potensi Pembelajaran Mendalam

Sistem berbasis pembelajaran mendalam (*deep learning*) telah diakui sebagai salah satu metode paling populer dan efektif untuk menilai telur dan menentukan cacatnya. Teknologi ini memiliki potensi besar untuk memperkirakan aspek-aspek kualitas telur dan melakukan klasifikasi dengan lebih akurat.

6. Kebutuhan Inovasi dalam Pengklasifikasian Telur

Penelitian ini menekankan pentingnya mengembangkan metode baru untuk klasifikasi kualitas telur, khususnya melalui penggunaan teknik pembelajaran mendalam *Convolutional Neural Network* (CNN). Teknik ini mampu memproses data citra secara baik, menangkap informasi spasial yang relevan, dan meningkatkan deteksi serta klasifikasi retakan pada cangkang telur.

Dengan mengidentifikasi masalah-masalah ini, penelitian ini bertujuan untuk menciptakan solusi yang lebih akurat, dan otomatis untuk klasifikasi kualitas telur. Inovasi ini diharapkan dapat menggantikan metode manual yang kurang akurat dan meningkatkan keseluruhan proses produksi serta penilaian kualitas telur.

1.3 PERUMUSAN MASALAH

Penelitian ini memiliki rumusan masalah dengan menggunakan pertanyaan-pertanyaan di bawah, sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan metode otomatis yang akurat untuk klasifikasi kualitas telur

1. Bagaimana mengembangkan metode klasifikasi kualitas telur secara otomatis dengan menggunakan *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan *Convolutional Neural Network* (CNN)?
2. Bagaimana menentukan klasifikasi kualitas telur retak dan utuh menggunakan metode GLCM-CNN yang telah dikembangkan?

1.4 MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan metode klasifikasi kualitas telur secara otomatis menggunakan *Gray Level Co-occurrence matrix - Convolutional Neural Network*.
2. Menentukan klasifikasi kualitas telur retak dan utuh dengan metode *Gray-Level Co-occurrence matrix - Convolutional Neural Network* yang telah dikembangkan.

1.5 KEBARUAN (NOVELTY)

Penelitian ini mengusulkan metode inovatif untuk klasifikasi kualitas telur ayam petelur berdasarkan parameter retak dan utuh menggunakan kombinasi *Gray-Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan *Convolutional Neural Network* (CNN). Metode ini unik karena mempertimbangkan variasi jarak, sudut, dan pencahayaan dalam pengambilan data gambar, aspek yang belum pernah dieksplorasi dalam penelitian sebelumnya. Penggunaan GLCM yang memiliki keunggulan untuk ekstraksi fitur tekstur dan kelebihan milik CNN untuk klasifikasi memberikan keunggulan dalam hal akurasi, dibandingkan dengan metode lain yang ada.

Pendekatan tradisional dalam penentuan kualitas telur biasanya dilakukan secara manual dan subjektif, yang tidak hanya memakan waktu tetapi juga rentan terhadap ketidakkonsistenan, metode GLCM-CNN pada penelitian yang dilakukan saat ini menawarkan solusi otomatis yang dapat mengurangi waktu proses dan meningkatkan akurasi hasil klasifikasi pada telur retak dan telur yang utuh.

Studi ini menunjukkan bahwa kombinasi GLCM dan CNN tidak hanya lebih ringan dalam hal komputasi tetapi juga lebih akurat dalam klasifikasi kualitas telur dibandingkan dengan teknik lain yang ada. Hal ini menempatkan penelitian ini sebagai *state of the art* dalam bidang klasifikasi kualitas telur otomatis, memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan akurasi dalam industri peternakan telur.

1.6 MANFAAT PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan memiliki beberapa dan berkontribusi terhadap pengembangan keilmuan pemrosesan citra dengan menggunakan menggunakan *Gray-Level Co-occurrence matrix - Convolutional Neural Network* selain itu ada manfaat penelitian yang lainnya :

1. Manfaat Penelitian Praktis

Manfaat praktis dari penelitian klasifikasi kualitas telur menggunakan *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) dan *Convolutional Neural Network* (CNN) adalah dengan menggunakan GLCM dan CNN, proses klasifikasi telur dapat diotomatisasi, mengurangi kebutuhan akan proses manual. Ini memungkinkan pemrosesan telur dalam jumlah besar secara cepat dan akurat, yang pada gilirannya meningkatkan produktivitas pabrik. Otomatisasi klasifikasi telur mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia, yang dapat menurunkan biaya operasional, terutama dalam hal tenaga kerja dan waktu.

Selain proses manual sering kali rentan terhadap kesalahan manusia, terutama ketika dilakukan dalam skala besar. Dengan menggunakan GLCM dan CNN, klasifikasi telur dilakukan secara konsisten dengan tingkat akurasi yang tinggi, yang penting untuk menjaga standar kualitas produk. Teknologi ini memungkinkan pemilahan telur secara otomatis berdasarkan retakan, yang dapat digunakan untuk memastikan hanya telur-telur terbaik yang dipasarkan. Ini penting untuk menjaga kualitas produk yang tinggi di pasaran. Dengan klasifikasi yang lebih akurat, risiko telur retak yang dapat menyebabkan kontaminasi bakteri dan menurunkan keamanan pangan dapat diminimalisir. Secara keseluruhan, manfaat praktis dari penelitian ini mencakup peningkatan akurasi, dan kualitas dalam produksi telur, serta memberikan keuntungan ekonomi dan lingkungan yang signifikan bagi industri.

2. Manfaat Penelitian Teoritis

Manfaat teoretis dari penelitian tentang klasifikasi kualitas telur menggunakan *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) dan *Convolutional Neural Network* (CNN) mencakup beberapa aspek yang berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan, terutama dalam bidang pengolahan citra,

machine learning, dan teknologi pangan. Penelitian ini dapat memperluas pemahaman tentang bagaimana GLCM dapat melakukan dan digunakan untuk mengekstrak fitur tekstur dari citra telur yang kemudian digunakan dalam klasifikasi. Ini memberikan kontribusi pada literatur yang membahas teknik ekstraksi fitur tekstur untuk aplikasi tertentu dalam bidang industri pangan.

Penelitian ini menggabungkan GLCM, yang merupakan metode tradisional untuk ekstraksi tekstur, dengan CNN, yang merupakan metode modern dalam deep learning. Hal ini menunjukkan bagaimana metode yang berbeda dapat dikombinasikan untuk meningkatkan akurasi dalam tugas klasifikasi citra. Dengan menerapkan CNN untuk klasifikasi kualitas telur, penelitian ini memperluas cakupan aplikasi CNN, yang awalnya banyak digunakan dalam bidang pengenalan wajah atau objek, ke dalam domain industri pangan. Ini menunjukkan fleksibilitas CNN dalam berbagai aplikasi.

Hasil dari penelitian ini juga memberikan bukti empiris tentang peningkatan akurasi GLCM dan CNN dalam klasifikasi kualitas telur dengan memfokuskan pada GLCM sebagai teknik ekstraksi tekstur, penelitian ini menambahkan bukti empiris tentang seberapa baik GLCM dapat digunakan dalam aplikasi praktis, khususnya dalam industri pangan hal ni memperkaya teori tekstur.

3. Manfaat Penelitian Kebijakan

Secara keseluruhan, manfaat kebijakan dari penelitian ini mencakup peningkatan standar kualitas, perlindungan konsumen, efisiensi produksi, serta dorongan untuk inovasi dan pertumbuhan ekonomi di sektor peternakan. Kebijakan yang tepat dapat memastikan bahwa teknologi GLCM dan CNN tidak hanya meningkatkan kualitas produk telur tetapi juga memberikan dampak positif yang luas bagi masyarakat dan ekonomi secara keseluruhan.

Penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk memperbarui standar kualitas telur yang diproduksi dan dipasarkan. Dengan teknologi GLCM dan CNN, pemerintah dapat menetapkan standar kualitas yang lebih objektif dan konsisten, memastikan bahwa telur yang beredar di pasaran memenuhi persyaratan kualitas dan keamanan pangan yang lebih tinggi.

Penelitian ini dapat mempengaruhi kebijakan publik untuk mendukung adopsi teknologi canggih dalam industri pertanian, termasuk insentif fiskal, subsidi, atau bantuan teknis bagi peternak yang ingin mengimplementasikan teknologi GLCM dan CNN dalam proses produksi mereka. Kebijakan publik dapat diarahkan untuk menyediakan pelatihan dan pendidikan bagi peternak dan produsen dalam penggunaan teknologi ini, meningkatkan kapasitas mereka untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi. Dengan mengidentifikasi kualitas telur secara lebih cepat dan akurat, pemerintah dapat merancang kebijakan yang mendukung pengurangan biaya logistik dan distribusi, dengan mengembangkan pusat-pusat pengolahan di dekat sumber produksi.

4. Penelitian berikut

Berdasarkan penelitian klasifikasi kualitas telur menggunakan *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) dan *Convolutional Neural Network* (CNN), ada beberapa arah yang dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya, tetap berkaitan dengan kualitas telur, penelitian selanjutnya dapat fokus pada optimalisasi pengembangan model CNN yang lebih dalam atau penggunaan *transfer learning* untuk meningkatkan akurasi klasifikasi tanpa memerlukan dataset yang sangat besar untuk pemrosesan telur., melakukan penelitian dengan mengintegrasikan sistem klasifikasi ini ke dalam perangkat *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan kualitas telur secara real-time di peternakan atau pabrik Analisis kualitas dalam telur dengan mengembangkan metode untuk mendeteksi kualitas bagian dalam telur, seperti kekentalan putih telur, kualitas kuning telur, atau bahkan deteksi bakteri atau patogen menggunakan pencitraan spektral atau teknologi pencitraan lainnya. Deteksi telur dengan efek lainnya selain keretakan, telur mungkin memiliki efek lain seperti cacat pada cangkang atau anomali bentuk. Penelitian dapat dikembangkan untuk mengklasifikasikan efek-efek ini menggunakan kombinasi GLCM dan CNN.

1.7 PEMBATASAN (RUANG LINGKUP) MASALAH

Penelitian ini dibatasi pada beberapa aspek untuk memastikan fokus dan validitas hasil yang diperoleh. Pertama, telur yang diteliti dalam penelitian ini

adalah telur dari ayam petelur yang masih mentah dan memiliki retakan atau utuh, sehingga hasil dan temuan tidak dapat langsung diterapkan pada jenis telur lainnya. Pertimbangan menggunakan telur mentah karena jika telur sudah matang menandakan bahwa telur tersebut layak dikonsumsi, sedangkan retak adalah salah satu indikator utama kerusakan fisik pada telur yang dapat menyebabkan risiko kesehatan. Retakan pada cangkang telur membuatnya lebih rentan terhadap kontaminasi bakteri, seperti *Salmonella*, yang dapat masuk melalui retakan tersebut. Penggunaan telur utuh memiliki pertimbangan bahwa telur utuh adalah telur yang tidak mengalami kerusakan pada cangkangnya dianggap sebagai produk berkualitas tinggi. Dengan mengklasifikasikan telur retak, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi telur-telur yang tidak aman untuk dikonsumsi.

Kedua, pengambilan gambar dilakukan dengan menggunakan pencahayaan alami pada siang hari. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan variabilitas pencahayaan yang dapat mempengaruhi hasil deteksi dan klasifikasi.

Ketiga, jenis keretakan yang diteliti adalah keretakan yang bisa dilihat oleh manusia secara kasat mata, bukan keretakan halus yang mungkin memerlukan alat deteksi khusus atau teknologi canggih untuk dilihat. Penelitian ini berfokus pada keretakan yang signifikan dan dapat mempengaruhi kualitas dan keamanan telur secara langsung.

Keempat, proses klasifikasi yang dilakukan dalam penelitian ini tidak dilakukan secara *online*. Artinya, seluruh pengolahan citra dan klasifikasi dilakukan secara *offline* menggunakan dataset yang telah dikumpulkan sebelumnya. Hal ini memungkinkan peneliti untuk mengontrol variabel-variabel yang relevan dan memastikan bahwa analisis dilakukan dengan kondisi yang konsisten.

Dengan pembatasan ini, penelitian bertujuan untuk memberikan metode yang akurat dan dapat diandalkan untuk klasifikasi telur ayam berdasarkan kondisi cangkang mereka, khususnya dalam hal mendeteksi keretakan yang dapat dilihat secara visual oleh manusia.

1.8 SISTEMATIKA PENULISAN

Struktur penulisan yang diterapkan dalam naskah disertasi ini mencakup beberapa pokok pembahasan yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini dijelaskan tentang penjelasan tentang pentingnya kualitas telur dan dampaknya pada kesehatan dan industri pangan. Permasalahan dalam proses manual klasifikasi kualitas telur dan kebutuhan akan sistem otomatis. Penjelasan tentang metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan *Convolutional Neural Network* (CNN) serta potensi kombinasi keduanya dalam klasifikasi kualitas telur.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini membahas tentang tinjauan pustaka, Bagian Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori ini memberikan dasar yang kuat untuk memahami konteks penelitian, metodologi yang akan digunakan, dan teori-teori yang mendasari pendekatan yang dipilih. Ini juga menunjukkan bagaimana penelitian ini membangun dan memperluas karya-karya sebelumnya di bidang yang sama.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian menjelaskan langkah-langkah dan prosedur yang akan digunakan untuk mencapai tujuan penelitian. Dalam konteks klasifikasi kualitas telur menggunakan metode GLCM dan CNN, metodologi penelitian meliputi beberapa tahap utama, mulai dari pengumpulan data hingga evaluasi model. Selain itu, bab ini secara spesifik menjelaskan terkait dengan waktu dan tempat penelitian, dan prosedur penelitian yang menjelaskan rinci tahapan penelitian menggunakan pendekatan tersebut.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab hasil dan pembahasan merupakan penjelasan dalam penelitian dengan menyajikan data dan temuan juga memberikan analisis mendalam dan interpretasi dari hasil yang diperoleh. Diskusi yang matang tentang keunggulan, keterbatasan, dan implikasi dari penelitian ini sangat penting

untuk menunjukkan kontribusi penelitian terhadap bidang studi yang relevan..

BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan pembahasan kesimpulan dari serangkaian hasil analisis serta evaluasi yang dilakukan dengan menjawab tujuan penelitian dan saran pengembangan pada penelitian selanjutnya.



SEKOLAH PASCASARJANA