

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Daging babi ialah daging dengan sumber protein hewani yang banyak dikonsumsi di Indonesia, terutama di daerah seperti Bali dan Sumatera Utara. Konsumsi daging babi terus meningkat seiring dengan tingginya kebutuhan masyarakat akan protein hewani (Resman et al., 2023). Babi dikenal sebagai hewan ternak yang efisien dalam menghasilkan daging, dengan persentase karkas mencapai 65–80%. Selain itu, daging babi kaya akan nutrisi seperti protein yang tinggi, vitamin B kompleks, zat besi, zink, fosfor, selenium, serta thiamin yang penting untuk metabolisme karbohidrat serta fungsi sistem saraf (Resman et al., 2023). Tidak hanya dari segi nutrisi, daging babi juga menjadi bahan utama dalam berbagai olahan makanan tradisional maupun modern yang memiliki nilai ekonomi dan budaya tinggi di masyarakat.

Namun, di pasar sering terjadi percampuran atau pemalsuan jenis daging babi yang merugikan konsumen yaitu daging *celeng* dan *bangkung* (Bahasa Bali). Salah satunya adalah praktik penyamaran daging bangkung yakni daging dari babi betina tua yang telah berulang kali melahirkan dan daging *celeng* yaitu daging babi yang masih muda. Padahal, kedua jenis daging ini memiliki perbedaan signifikan dari segi kualitas. Daging bangkung cenderung lebih keras, berserat kasar, dan berbau tajam, sedangkan daging *celeng* lebih empuk dan masih layak untuk konsumsi. Perbedaan ini tidak selalu bisa dikenali oleh konsumen, apalagi karena potongan daging seringkali tidak diberi label atau informasi yang memadai.

Temuan ini diperkuat melalui wawancara lapangan bersama pelaku industri lokal. Ibu Suli, seorang peternak babi dari Sukasada Bali, menjelaskan bahwa daging dari bangkung memang jauh lebih keras dan memiliki aroma menyengat. Ia mengatakan bahwa meskipun *celeng* dan bangkung memiliki bentuk potongan yang mirip, kualitasnya sangat berbeda dan seharusnya tidak dijual dengan harga yang sama. Lebih lanjut, ia mengungkapkan bahwa praktik pencampuran daging bangkung dengan daging *celeng* memang sering pernah terjadi, terutama saat harga pasar sedang tinggi, karena dapat menekan biaya bagi pedagang. Ibu Suli juga menyatakan bahwa teknologi yang mampu membedakan jenis daging berdasarkan gambar akan sangat membantu pedagang dan petugas pasar agar lebih jujur dan transparan, serta memberikan perlindungan lebih bagi konsumen.

Pendapat serupa juga disampaikan oleh Ibu Somen, seorang penjual daging babi. Ia menyebut bahwa daging yang paling sering dijual berasal dari babi ternak usia 6-8 bulan karena dagingnya empuk dan segar. Namun, ia mengakui bahwa kadang ada pedagang lain yang mencampur daging bangkung dan *celeng*, terutama saat pasokan terbatas. Menurutnya, bentuk fisik yang mirip antara daging bangkung dan *celeng* membuat konsumen sulit membedakan keduanya. Ia sangat mendukung adanya sistem atau teknologi yang mampu mendeteksi jenis daging secara otomatis karena dapat membantu pedagang yang jujur dan mempermudah pengawasan di pasar.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*), terkhususnya (*CNN*) *Convolutional Neural Network*, menawarkan solusi untuk mengatasi masalah pencampuran dan pemalsuan daging. Keunggulan utama dari algoritma ini adalah kemampuannya untuk bekerja secara mandiri, di mana menurut

Wibisana et al. (2025), “*CNN* mampu mengekstraksi karakteristik visual dari citra secara otomatis dan terbukti efisien untuk klasifikasi citra daun dibandingkan metode berbasis fitur manual seperti SVM.” Walaupun diterapkan pada objek yang berbeda, prinsip ekstraksi otomatis ini sangat relevan untuk membedakan tekstur dan warna daging secara presisi. Metode *CNN* ini sudah terbukti mampu dalam hal mengklasifikasikan citra, termasuk dalam mengidentifikasi jenis daging. Penelitian Mahartha et al. (2024) meninjau metode *CNN* sanggup dalam mengklasifikasikan daging sapi, babi, dan campuran dengan akurasi 82,20%. Namun, keberhasilan model ini bergantung, pada kualitas dan keragaman data pelatihan, serta dapat terpengaruh oleh faktor pada pencahayaan, sudut pengambilan gambar, serta latar belakang dari citra.

Dalam menjembatani hal ini, metode pada augmentasi data seperti halnya *rotasi*, *flipping*, *zooming*, serta perubahan terhadap pencahayaan dapat diterapkan. Teknik ini dapat meningkatkan pada variasi dataset sehingga model tersebut dapat belajar mengenali berbagai representasi visual dari objek yang sama. Dari sekian arsitektur *CNN* yang populer dalam penggunaan klasifikasi citra gambar adalah *VGG16*. Arsitektur ini dirancang dengan 16 lapisan yang mampu mengekstraksi fitur visual dimulai dari paling sederhana hingga ke paling kompleks. Pada penelitian yang diperoleh Cakra et al. (2024) menyatakan bahwa penggunaan *VGG16* dalam klasifikasi kesegaran daging sapi menghasilkan akurasi pengujian hingga 99,33%, menandakan bahwa arsitektur ini memiliki potensi besar untuk tugas klasifikasi daging.

Penelitian ini bertujuan agar dapat mengembangkan model dalam membandingkan klasifikasi citra berbasis *CNN* dan *VGG16*, guna membedakan

daging babi (*celeng*) dan bangkung dengan akurasi tinggi. Model ini diharapkan dapat membantu mengatasi persoalan pemalsuan dan pencampuran daging di pasar, serta memberikan solusi yang praktis dan dapat diimplementasikan di berbagai lini distribusi daging. Dengan menggabungkan kekuatan AI dalam mengenali fitur visual daging serta wawasan dari para pelaku pasar, sistem kecerdasan buatan bisa menjadi salah satu sarana yang efektif dalam menjaga keaslian dan kualitas produk daging bagi konsumen di Indonesia.

Daging babi dapat dikatakan salah satu dari sekian sumber protein hewani dan cukup banyak dikonsumsi di Indonesia, terutama di daerah seperti Bali dan Sumatera Utara. Konsumsi daging babi terus meningkat seiring dengan tingginya kebutuhan masyarakat akan protein hewani (Resman et al., 2023). Babi dikenal sebagai hewan ternak yang efisien dalam menghasilkan daging, dengan persentase karkas mencapai 65–80%. Selain itu, daging babi kaya akan nutrisi seperti protein dengan kualitas tinggi, vitamin B kompleks, zat besi, zink, fosfor, selenium, serta thiamin yang penting untuk metabolisme karbohidrat serta fungsi sistem saraf (Resman et al., 2023). Tidak hanya dari segi nutrisi, daging babi juga menjadi bahan utama dalam berbagai olahan makanan tradisional maupun modern yang memiliki nilai ekonomi dan budaya tinggi di masyarakat.

Namun, di pasar sering terjadi pencampuran atau pemalsuan jenis daging babi yang merugikan konsumen yaitu daging celeng dan bangkung (Bahasa Bali). Salah satunya adalah praktik penyamaran daging bangkung yakni daging dari babi betina tua yang telah berulang kali melahirkan dan daging celeng yaitu daging babi yang masih muda. Padahal, kedua jenis daging ini memiliki perbedaan signifikan dari segi kualitas. Daging bangkung cenderung lebih keras, berserat kasar, dan

berbau tajam, sedangkan daging celeng lebih empuk dan masih layak untuk konsumsi. Perbedaan ini tidak selalu bisa dikenali oleh konsumen, apalagi karena potongan daging seringkali tidak diberi label atau informasi yang memadai.

Temuan ini diperkuat melalui wawancara lapangan bersama pelaku industri lokal. Ibu Suli, seorang peternak babi dari Sukasada Bali, menjelaskan bahwa daging dari bangkung memang jauh lebih keras dan memiliki aroma menyengat. Ia mengatakan bahwa meskipun celeng dan bangkung memiliki bentuk potongan yang mirip, kualitasnya sangat berbeda dan seharusnya tidak dijual dengan harga yang sama. Lebih lanjut, ia mengungkapkan bahwa praktik pencampuran daging bangkung dengan daging celeng memang sering pernah terjadi, terutama saat harga pasar sedang tinggi, karena dapat menekan biaya bagi pedagang. Ibu Suli juga menyatakan bahwa teknologi yang mampu membedakan jenis daging berdasarkan gambar akan sangat membantu pedagang dan petugas pasar agar lebih jujur dan transparan, serta memberikan perlindungan lebih bagi konsumen.

Pendapat serupa juga disampaikan oleh Ibu Somen, seorang penjual daging babi. Ia menyebut bahwa daging yang paling sering dijual berasal dari babi ternak usia 6-8 bulan karena dagingnya empuk dan segar. Namun, ia mengakui bahwa kadang ada pedagang lain yang mencampur daging bangkung dan celeng, terutama saat pasokan terbatas. Menurutnya, bentuk fisik yang mirip antara daging bangkung dan celeng membuat konsumen sulit membedakan keduanya. Ia sangat mendukung adanya sistem atau teknologi yang mampu mendeteksi jenis daging secara otomatis karena dapat membantu pedagang yang jujur dan mempermudah pengawasan di pasar. Dengan demikian perkembangan teknologi seperti kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/ AI*), khususnya *CNN (Convolutional Neural Network)*

menawarkan solusi untuk mengatasi masalah pencampuran dan pemalsuan daging. *CNN* telah dibuktikan mampu dan produktif pada klasifikasi citra, termasuk mengidentifikasi jenis daging. Penelitian Mahartha et al. (2024) memaparkan dimana *CNN* ini sanggup mengklasifikasikan daging sapi, babi, dan campuran dengan akurasi 82,20%. Namun, keberhasilan model sangat berpengaruh pada kualitas dan keragaman data pelatihan, serta dapat terpengaruh pada faktor seperti pencahayaan, sudut pengambilan gambar, serta latar *background* citra. Untuk mengatasi hal tersebut, metode dalam augmentasi data seperti halnya rotasi, *flipping*, *zooming*, serta perubahan pada pencahayaan dapat diterapkan. Teknik ini dapat meningkatkan variasi *dataset* sehingga model tersebut dapat belajar mengenali berbagai representasi visual dari objek yang sama. Dari berbagai arsitektur *CNN* yang populer digunakan dalam klasifikasi citra adalah *VGG16*. Arsitektur ini dirancang dengan 16 lapisan yang mampu mengekstraksi fitur visual mulai dari paling sederhana hingga ke paling kompleks. Penelitian diperoleh melalui Cakra et al. (2024) bahkan memperjelas bahwa penggunaan *VGG16* dalam klasifikasi kesegaran daging sapi menghasilkan akurasi pengujian hingga 99,33%, menandakan bahwa arsitektur ini memiliki potensi besar untuk tugas klasifikasi daging.

Berdasarkan uraian pada latar belakang ini, penelitian bermanfaat dalam mengembangkan model dalam membandingkan klasifikasi citra berbasis *CNN* serta *VGG16*, guna membedakan daging babi (celeng) dan bangkung dengan akurasi tinggi. Model ini diharapkan dapat membantu mengatasi persoalan pemalsuan dan pencampuran daging di pasar, serta memberikan solusi yang praktis dan dapat diimplementasikan di berbagai lini distribusi daging. Dengan

menggabungkan kekuatan *AI* dalam mengenali fitur visual daging serta wawasan dari para pelaku pasar, sistem tersebut juga bisa menjadi salah satu alat bantu yang mampu dalam menjaga keaslian dan kualitas produk daging bagi konsumen di Indonesia.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, dapat diidentifikasi masalah yang digunakan sebagai bahan penelitian yang meliputi:

- 1) Di pasar, sering terjadi pencampuran dan pemalsuan daging *bangkung*, di mana daging babi betina (*bangkung*) dijual dengan harga sama seperti daging babi (*celeng*) meskipun kualitasnya lebih rendah. Hal ini merugikan konsumen dari segi ekonomi dan kualitas konsumsi.
- 2) Perbedaan tekstur dan warna antara daging babi (*celeng*) dan *bangkung* sulit dikenali dengan mata telanjang, terutama oleh konsumen yang kurang berpengalaman. Akibatnya, banyak yang tertipu saat membeli daging.
- 3) Metode tradisional untuk mengenali tekstur dan warna daging babi masih bergantung pada pengamatan manual yang rentan kesalahan. Ketiadaan alat bantu menyebabkan konsumen kesulitan memastikan keaslian daging yang dibeli. Oleh karena itu, dibutuhkan model klasifikasi yang mampu membedakan daging babi (*celeng*) dan *bangkung*.

1.3. Rumusan Masalah

Dari identifikasi masalah, dapat dirumuskan masalah dimana hal ini bisa digunakan sebagai bahan penelitian yang meliputi berikut:

- 1) Bagaimana proses pembangunan dataset citra daging babi (*celeng*) dan *bangkung* yang representatif untuk mendukung klasifikasi berbasis *deep learning*?
- 2) Bagaimana model yang berhasil dikembangkan untuk klasifikasi daging babi (*celeng*) dan *bangkung* menggunakan metode *CNN (Convolutional Neural Network)* dan *VGG16*?
- 3) Bagaimana hasil evaluasi model *CNN (Convolutional Neural Network)* dan *VGG16* dalam mengklasifikasikan jenis daging babi (*celeng*) dan *bangkung*?

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang termuat pada penelitian ini diperlukan guna membatasi permasalahan guna pengkajian yang akan dilakukan bisa berfokus kepada masalah-masalah yang ingin dipecahkan:

- 1) Penelitian ini hanya berfokus oleh klasifikasi dua jenis daging, yaitu daging babi (*celeng*) dan *bangkung* dengan grade B, tanpa mempertimbangkan jenis daging lainnya.
- 2) Klasifikasi daging dilakukan menggunakan metode *CNN (Convolutional Neural Network)* dan *VGG16* sebagai pendekatan utama dalam pengolahan citra digital.
- 3) Dataset penelitian ini terdiri dari gambar daging babi (*celeng*) dan *bangkung* grade B, dengan variasi pencahayaan, sudut pengambilan, dan kondisi tekstur daging.

- 4) Penelitian ini hanya mencakup pengembangan model dan pengujian akurasi menggunakan dataset yang tersedia, tanpa implementasi dalam bentuk aplikasi siap pakai di lingkungan pasar secara langsung.

1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, terdapat tujuan dari penelitian yang sudah dibuat yaitu:

- 1) Membangun dataset citra daging babi (*celeng*) dan *bangkung* yang representatif sebagai dasar pelatihan model klasifikasi berbasis *deep learning*.
- 2) Mengembangkan model klasifikasi daging babi (*celeng*) dan *bangkung* menggunakan metode *CNN (Convolutional Neural Network)* dan *VGG16*.
- 3) Mengevaluasi kinerja model *CNN (Convolutional Neural Network)* dan *VGG16* dalam mengklasifikasikan jenis daging babi (*celeng*) dan *bangkung* berdasarkan hasil pengujian akurasi dan matrik evaluasi lainnya.

1.6. Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dikaji ini diharapkan bisa memberikan manfaat kontribusi mengenai pengembangan ini:

a. Manfaat Teoretis

Pada penelitian ini diharapkan bisa memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan yang khususnya pada penerapan *CNN (Convolutional Neural Network)* dan *VGG16* di bidang *computer vision* untuk klasifikasi objek berbasis citra. Hasil dari penelitian ini bisa digunakan sebagai

bahan referensi bagi pengembangan metode *deep learning* dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis daging berdasarkan karakteristik visualnya. Selain itu, pada penelitian yang dikaji ini memperkaya wawasan akan efektivitas teknik augmentasi data dalam meningkatkan akurasi model *CNN*, terutama dalam menghadapi tantangan seperti variasi pencahayaan, sudut dari pengambilan pada gambar, dan tekstur daging. Secara akademis, penelitian ini bisa menjadi landasan bagi penelitian selanjutnya yang ingin mengembangkan model klasifikasi berbasis kecerdasan buatan.

b. Manfaat Praktis

Pada penelitian ini mampu memberikan manfaat secara signifikan terhadap peneliti dan masyarakat. Bagi peneliti, ini menjadi kesempatan untuk mengembangkan keahlian dalam *deep learning* dan *computer vision*, khususnya penggunaan *CNN* (*Convolutional Neural Network*) dan VGG16 untuk klasifikasi citra. Penelitian juga berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan, memberikan referensi untuk studi lanjutan, dan membuka peluang publikasi ilmiah. Bagi masyarakat, penelitian ini meningkatkan kesadaran akan kualitas dan keaslian daging, mengurangi risiko penipuan, dan meningkatkan kepercayaan terhadap produk pangan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1. Daging (*celeng*) dan *Bangkung*

Daging babi memiliki protein hewani dimana daging ini cukup ramai dikonsumsi di berbagai daerah di Indonesia. Daging ini dikenal memiliki kandungan gizi yang tinggi, seperti protein yang bagus, vitamin B kompleks, zat besi, zink, fosfor, serta selenium. Selain itu, daging babi juga mengandung thiamin yang penting untuk metabolisme karbohidrat dan fungsi sistem saraf (USDA, 2025). Kandungan gizi yang lengkap ini menjadikan daging babi sebagai salah satu bahan pangan yang populer dalam berbagai hidangan tradisional dan modern. Dalam praktik perdagangan, daging babi yang beredar di pasar umumnya diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori berdasarkan kualitasnya, salah satunya adalah daging grade B. Daging grade B merupakan kategori menengah, yang umumnya berasal dari babi dengan kualitas sedang, antara campuran daging dan lemak. Meskipun tidak sebaik grade A yang dimana terdiri dari daging saja tanpa lemak, daging grade B tetap layak konsumsi dan banyak digunakan dalam masakan sehari-hari karena harganya yang lebih terjangkau.

Menurut hasil wawancara dengan Luh Retiayanti, S.Pt., staf dari Dinas Peternakan Kabupaten Buleleng, daging *bangkung* adalah daging yang berasal dari babi betina (indukan) yang telah beberapa kali melahirkan. Daging jenis ini memiliki karakteristik khas, seperti tekstur yang lebih keras, serat yang lebih kasar, dan cita rasa yang kurang enak dibandingkan dengan daging babi biasa.

Ciri-ciri tersebut disebabkan oleh usia yang lebih tua dan aktivitas reproduksi yang intens dari babi indukan. Sementara itu, daging *celeng* adalah daging yang berasal dari babi jantan maupun betina yang masih muda. Jika berasal dari babi betina, umumnya belum pernah melahirkan dan jika berasal dari babi jantan belum pernah membuahi. Daging *celeng* memiliki tekstur yang lebih empuk dan serat yang lebih halus, sehingga dianggap memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan daging *bangkung*. Gambar babi (*Celeng*) seperti yang terdapat pada Gambar 2.1 dan *bangkung* (Babi Induk) dapat ditemui di Gambar 2.2.



Gambar 2. 1
Babi (Celeng)



Gambar 2. 2
Bangkung (Babi Indukan)

Praktik pencampuran atau pemalsuan daging babi (*celeng*) dengan babi indukan (*bangkung*) menjadi masalah serius, terutama di pasar tradisional. Konsumen seringkali tidak dapat membedakan kedua jenis daging ini secara visual, terutama jika daging telah dipotong atau diolah. Praktik ini tidak hanya berpengaruh pada kerugian konsumen secara finansial, namun juga dapat mengurangi kepuasan konsumen terhadap kualitas produk. Oleh karena itu, diperlukan model yang dapat mengidentifikasi dan membedakan kedua jenis daging ini secara akurat. Kategori daging *Bangkung* dapat dijumpai di Tabel 2.1.

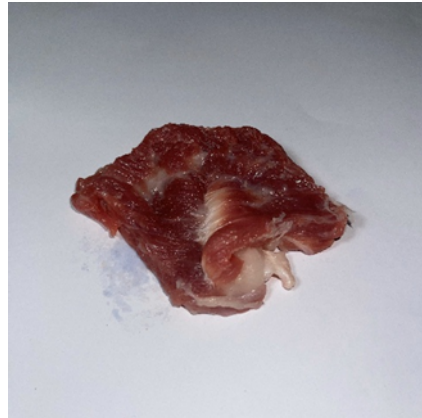
Tabel 2. 1
Kategori Daging Bangkung

Kategori Daging Bangkung	
Betina (Indukan)	Pejantan
Babi betina dewasa yang telah melahirkan beberapa kali dan digunakan sebagai induk dalam proses reproduksi. Daging bangkung betina umumnya memiliki serat yang lebih kasar, tekstur lebih keras, serta kandungan lemak yang lebih tinggi dibandingkan daging babi muda karena faktor umur dan riwayat reproduksi.	Babi jantan dewasa yang digunakan untuk membuahi babi betina dalam kegiatan pembiakan atau reproduksi. Babi jantan yang berfungsi sebagai pejantan umumnya memiliki ukuran tubuh lebih besar, otot yang berkembang kuat, dan karakteristik daging yang berbeda akibat faktor umur serta aktivitas reproduksi. Dalam peternakan, babi jantan dewasa yang digunakan untuk mengawini induk betina dikenal sebagai pejantan.

Perbedaan antara daging babi (*celeng*) dan daging *bangkung* (babi indukan) terletak pada beberapa aspek, seperti tekstur, warna, kandungan lemak, dan cita rasa. Daging babi umumnya berasal dari babi yang masih muda, sehingga teksturnya lebih lembut dan warnanya lebih cerah. Sementara itu, daging babi indukan (*bangkung*) berasal dari babi yang telah beranak berkali-kali. Karena faktor usia dan kondisi tubuhnya, daging ini cenderung lebih keras, berserat, serta memiliki rasa yang lebih kuat dibandingkan dengan daging babi muda. Gambar dataset daging babi (*Celeng*) pada Gambar 2.3, *bangkung* (Babi Induk) pada Gambar 2.4 dan campuran dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2. 3
Daging Babi (Celeng)



Gambar 2. 4
Daging Bangkung



Gambar 2. 5
Daging Campuran (Celeng dan Bangkung)

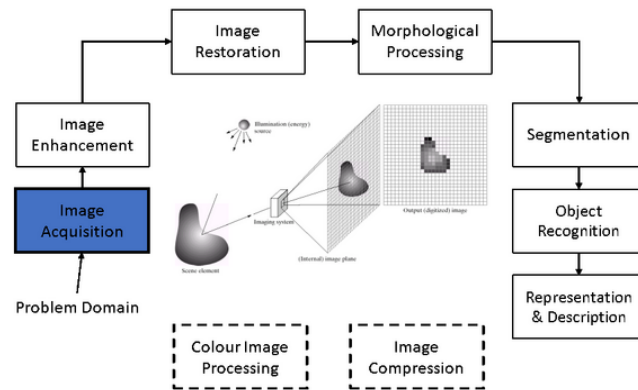
2.2. Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital ialah ilmu dimana berfokus pada manipulasi dan analisis gambar dalam bentuk digital yang bertujuan agar meningkatkan kualitas dan juga mengoptimalkan informasi yang dapat diekstraksi dari gambar tersebut. Dalam penelitian ini, pengolahan citra menjadi aspek krusial karena berfungsi sebagai tahap awal sebelum data citra dimasukkan ke dalam model klasifikasi berbasis *CNN* (*Convolutional Neural Network*). Tahapan pengolahan citra meliputi beberapa proses utama, di antaranya adalah pre-processing, segmentasi, ekstraksi fitur, dan klasifikasi.

Pre-processing ini diterapkan guna meningkatkan kualitas gambar, mengurangi noise, serta menyesuaikan tingkat kontras dan pencahayaan agar citra dapat lebih mudah dianalisis. Berikut salah satu teknik yang cukup umum digunakan dalam *pre-processing* adalah normalisasi citra, yaitu penyesuaian tingkat intensitas piksel agar berada dalam rentang yang lebih seragam. Teknik lain yang diterapkan adalah filtering, yang bertujuan untuk menghilangkan gangguan (*noise*) pada gambar, sehingga fitur penting dalam citra lebih mudah dikenali.

Setelah tahap *pre-processing*, segmentasi dilakukan untuk memisahkan objek utama dari latar belakang atau bagian gambar yang tidak relevan. Dalam konteks penelitian ini, segmentasi dapat membantu mengisolasi area daging dari bagian gambar lainnya, seperti meja atau wadah tempat daging disimpan. Teknik segmentasi yang umum digunakan antara lain *thresholding*, *edge detection*, dan *region-based segmentation*, yang bertujuan guna mendapatkan batasan yang sangat jelas antara objek yang akan diklasifikasikan.

Selanjutnya, ekstraksi fitur menjadi langkah penting dalam mengidentifikasi karakteristik spesifik dari gambar. Pada kasus klasifikasi daging, fitur-fitur seperti warna, tekstur, pola serat daging, dan bentuk potongan dapat diekstraksi untuk membantu proses identifikasi. Misalnya, tekstur daging babi betina (*bangkung*) biasanya lebih kasar dan berserat dibandingkan dengan daging babi biasa, sehingga karakteristik ini dapat dijadikan sebagai parameter dalam model klasifikasi. Proses terkait pengolahan citra kemudian bisa ditemui pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6
Pengolahan Citra

Pengolahan citra digital memiliki peran yang sangat penting terhadap pembentukan penelitian ini, dikarenakan hal ini menjadi dasar dalam membangun dataset yang berkualitas untuk model *CNN*. Dengan teknik pengolahan citra yang tepat, model dapat lebih mudah membedakan perbedaan antara daging babi (*celeng*) dan *bangkung*, sehingga akurasi klasifikasi dapat meningkat. Oleh karena itu, penerapan metode pengolahan citra yang efisien akan sangat membantu dalam mencapai tujuan penelitian, yaitu mengembangkan model klasifikasi otomatis berbasis *CNN* yang dapat mendeteksi perbedaan jenis daging dengan akurat.

2.3. *CNN (Convolutional Neural Network)*

CNN (Convolutional Neural Network) yakni teknik *deep learning* dimana secara khusus dibuat guna menangani data berbentuk citra. Keandalan algoritma ini tidak terlepas dari desainnya, karena *CNN* merupakan teknik *deep learning* yang efektif dalam pengenalan citra karena mampu meniru sistem penglihatan manusia dalam memproses informasi visual Pusparani et al. (2025). *CNN* telah menjadi metode utama dari berbagai aplikasi pengenalan gambar. *CNN* telah menjadi metode utama dari aplikasi pengenalan gambar, seperti deteksi objek, klasifikasi

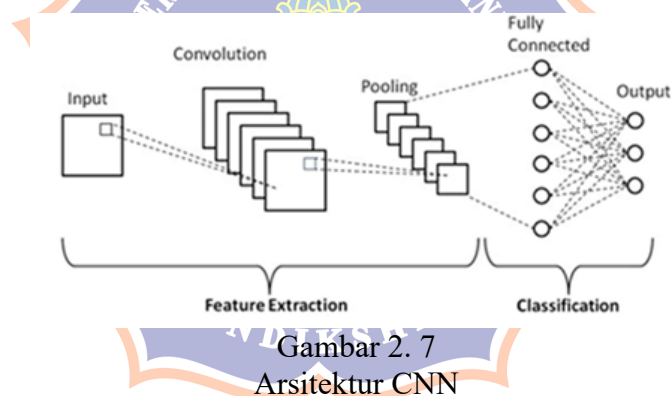
gambar, serta segmentasi citra. *CNN* mempunyai arsitektur jaringan saraf tiruan yang terbentuk dari beberapa lapisan utama, yaitu lapisan konvolusi, lapisan *pooling*, serta lapisan *fully connected*.

Lapisan konvolusi berperan dalam mengekstraksi fitur melalui gambar dengan menggunakan kernel atau filter yang bergerak di sepanjang citra. Kemampuan ini menjadikan pendekatan deep learning sangat relevan untuk mengolah data visual, sebagaimana dijelaskan oleh Savitri et al. (2026) bahwa *CNN* sangat berguna dalam pengekstraksian fitur hierarkis melalui data citra dan menjadi metode yang ideal untuk klasifikasi citra statis tanpa memerlukan rekayasa fitur manual. Proses ini memungkinkan model untuk mengenali pola-pola spesifik, seperti tepi, sudut, dan tekstur, yang menjadi indikator penting dalam membedakan jenis objek dalam gambar. Pada penelitian ini, lapisan konvolusi akan digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan antara daging babi (*celeng*) dan *bangkung* berdasarkan tekstur dan pola seratnya.

Selanjutnya, lapisan *pooling* bertugas untuk mengurangi dimensi data, sehingga model tersebut dapat bekerja lebih efisien lagi tanpa kehilangan informasi penting. Teknik *pooling* yang dipakai adalah *max pooling* serta *average pooling*. *Max pooling* memilih nilai tertinggi dari sekumpulan piksel dalam filter tertentu, sementara *average pooling* menghitung rata-rata nilai piksel dalam filter tersebut. Dengan proses ini, model *CNN* dapat mengurangi resiko pada *overfitting* terjadi serta dapat meningkatkan kemampuan dalam generalisasi terhadap data baru.

Terakhir, lapisan *fully connected* menghubungkan semua *neuron* yang ada di jaringan untuk menghasilkan output akhir berupa klasifikasi. Di dalam penelitian ini, output yang dihasilkan adalah akurasi dari prediksi jenis daging berdasarkan

karakteristik yang telah diekstraksi sebelumnya. Lapisan ini bekerja dengan menggunakan fungsi aktivasi, seperti *softmax* atau *sigmoid*, untuk mengklasifikasikan gambar berdasarkan probabilitas yang dihitung dari fitur yang telah diperoleh. *CNN* memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan metode klasifikasi konvensional, terutama dalam hal otomatisasi ekstraksi fitur dan kemampuannya dalam menangani dataset yang kompleks. Otomatisasi ini menjadi kunci utama dalam meningkatkan keandalan sistem klasifikasi, sejalan dengan pernyataan Sindu et al. (2024) bahwa “Pendekatan deep learning berbasis *CNN* mampu mengotomatisasi proses analisis melalui kemampuan klasifikasi citra aktivitas secara akurat.” Oleh karena itu, *CNN* menjadi pilihan utama dalam penelitian ini. Gambar terkait arsitektur *CNN* dapat ditemui di Gambar 2.7.



Gambar 2. 7
Arsitektur CNN

CNN memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan metode klasifikasi konvensional, terutama dalam hal otomatisasi ekstraksi fitur dan kemampuannya dalam menangani dataset yang kompleks. Oleh karena itu, *CNN* menjadi pilihan utama dalam penelitian ini agar bisa mengembangkan model dalam klasifikasi citra yang bisa mengenali perbedaan visual antara daging babi (*celeng*) dan *bangkung* dengan akurasi tinggi.

2.4. Teknik Augmentasi Data

Teknik augmentasi data merupakan pendekatan dari sekian pendekatan yang dipakai pada *deep learning* guna meningkatkan variasi dataset tanpa harus mengumpulkan data tambahan secara manual. Teknik ini sangat penting dalam penelitian yang melibatkan citra, karena dapat membantu model dalam mengenali berbagai variasi kondisi gambar, seperti perubahan pencahayaan, rotasi, atau perbedaan sudut pengambilan gambar.

Dalam klasifikasi jenis daging, augmentasi data menjadi sangat relevan karena gambar yang diambil dari lingkungan pasar dapat memiliki berbagai kondisi pencahayaan yang tidak seragam, sudut pengambilan yang berbeda-beda, serta variasi dalam cara pemotongan daging. Teknik augmentasi secara umum digunakan yaitu flipping (membalik gambar secara horizontal atau vertikal), rotasi (memutar gambar sudut tertentu), zooming (memperbesar atau memperkecil bagian gambar), serta perubahan pencahayaan untuk menyesuaikan tingkat kecerahan dan kontras.

Dengan menerapkan augmentasi data, model *CNN* bisa dilatih menggunakan variasi data yang lebih luas, sehingga kemampuannya dalam mengenali pola menjadi lebih kuat. Teknik ini juga membantu dalam mengatasi masalah *overfitting*, merupakan kondisi dimana model tersebut terlalu mengadaptasikan dirinya dengan data pelatihan hal itu menjadikannya gagal dalam mengenali pola pada data uji yang baru.

Selain itu, augmentasi data dapat membantu dalam menyeimbangkan jumlah sampel dalam setiap kelas data. Jika terdapat ketimpangan antara jumlah gambar daging babi (*celeng*) dan daging *bangkung* dalam dataset, augmentasi dapat digunakan untuk memperbanyak jumlah gambar dari kelas yang lebih sedikit,

sehingga model tidak menjadi bias terhadap salah satu kategori. Dengan demikian, teknik augmentasi data ini salah satu solusi penting bagaimana meningkatkan performa model *CNN* dalam penelitian ini.

2.5. *Confussion Matrix*

Confusion Matrix ialah suatu metode evaluasi kinerja model klasifikasi yang banyak digunakan pada pembelajaran mesin (*machine learning*) dan *data mining*. *Confusion Matrix* menyajikan perbandingan antara hasil dari klasifikasi yang telah dilakukan model dengan klasifikasi yang sebenarnya. Matriks ini berbentuk tabel yang menampilkan jumlah prediksi yang dikategorikan dengan benar maupun yang salah dalam berbagai kelas.

Menurut Riehl et al. (2023), *Confusion Matrix* dapat digunakan baik dalam klasifikasi biner maupun multi-kelas dan menjadi dasar bagi banyak metrik evaluasi lainnya, seperti halnya akurasi, presisi, *recall*, serta *F1-score*. Pada konteks klasifikasi hierarkis, konsep *Confusion Matrix* diperluas menjadi *Hierarchical Confusion Matrix* untuk menangani kompleksitas struktur data yang lebih tinggi. *Confusion Matrix* terdiri dari empat elemen utama, yaitu:

1. *True Positive (TP)*: Merupakan jumlah data yang diperkirakan *positif* dan sesuai dengan label sebenarnya.
2. *True Negative (TN)*: Merupakan jumlah data yang diperkirakan *negatif* dan sesuai dengan label sebenarnya.
3. *False Positive (FP)*: Merupakan jumlah data yang diperkirakan *positif*, akan tetapi sebenarnya termasuk kelas *negatif*.
4. *False Negative (FN)*: Merupakan jumlah data yang diperkirakan *negatif*, akan tetapi sebenarnya termasuk kelas *positif*.

Gambaran lengkap terkait kinerja model dalam klasifikasi rincian confusion matrix dapat ditemui melalui Gambar 2.8.

		Actual Values	
		Positive (1)	Negative (0)
Predicted Values	Positive (1)	TP	FP
	Negative (0)	FN	TN

Gambar 2. 8
Confussion Matrix

Dari *Confusion Matrix*, berbagai metrik evaluasi bisa dihitung, yakni:

- Akurasi (*Accuracy*): Mengukur seberapa sering model mengklasifikasikan data dengan benar.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

- Presisi (*Precision*): Mengukur proporsi prediksi positif yang benar.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

- Recall (*Sensitivity*): Mengukur kemampuan model dalam mendeteksi kelas positif.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

- *F1-score*: Rata-rata harmonis antara presisi dan recall.

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Presisi \times Recall}{Presisi + Recall}$$

2.6. VGG16

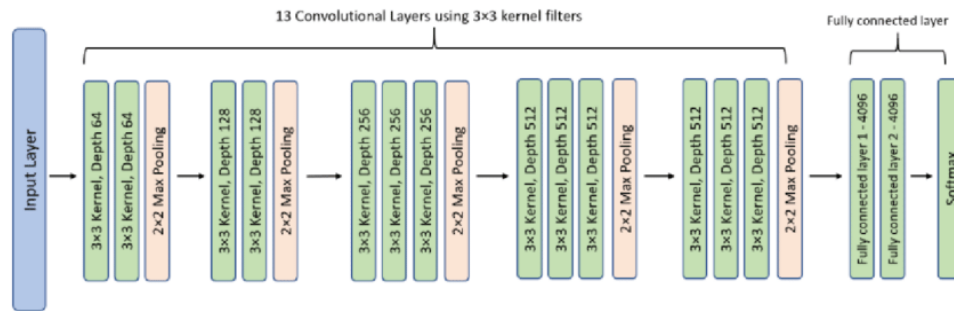
VGG16 (Visual Geometry Group 16) yaitu salah satu dari sekian arsitektur *CNN (Convolutional Neural Network)* diaman telah diperbaharui oleh Simonyan dan Zisserman pada tahun 2014. Arsitektur ini diperkenalkan dalam makalah "*Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition*" dan menjadi populer karena performanya yang unggul dalam tugas klasifikasi citra.

VGG16 terbentuk dari 16 lapisan dengan parameter yang bisa dilatih, termasuk dari 13 lapisan konvolusi dan 3 lapisan *fully connected*. Setiap lapisan konvolusi menggunakan filter berukuran kecil 3×3 dengan *stride* 1 dan *padding* yang mempertahankan dimensi spasial, serta diikuti oleh fungsi aktivasi *ReLU*. Setelah beberapa lapisan konvolusi, terdapat lapisan *max pooling* dengan ukuran 2×2 yang berguna dalam hal mengurangi dimensi fitur, sehingga dapat meminimalisir jumlah parameter dan meningkatkan efisiensi komputasi.

Arsitektur *VGG16* terdiri dari lima blok utama:

1. Blok 1 & 2: Masing-masing memiliki dua lapisan konvolusi serta satu lapisan *max pooling*.
2. Blok 3, 4 & 5: Masing-masing memiliki tiga lapisan konvolusi dan satu lapisan *max pooling*.
3. Lapisan Fully Connected: Setelah ekstraksi fitur, hasilnya dilewatkan ke tiga lapisan *fully connected*, diakhiri dengan lapisan softmax untuk klasifikasi.

Berikut merupakan arsitektur *VGG16* dapat ditemui pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9
Arsitektur VGG16

Keunggulan utama *VGG16* adalah strukturnya yang sederhana dan konsisten, menjadikannya pilihan yang ideal untuk berbagai tugas pengolahan citra, termasuk klasifikasi dan segmentasi. Meskipun memiliki performa tinggi, *VGG16* memerlukan daya komputasi yang besar karena jumlah parameternya yang mencapai sekitar 138 juta. Untuk mengatasi tantangan ini, sering digunakan teknik *transfer learning*, model yang telah dilatih sebelumnya pada dataset besar seperti *ImageNet* digunakan kembali untuk tugas klasifikasi spesifik dengan sedikit penyesuaian.

VGG16 diterapkan sebagai dasar model klasifikasi daging agar dapat mengenali pola visual dari daging babi (*celeng*) dan *bangkung*. Pemilihan arsitektur ini didasarkan pada tingkat kedalaman jaringannya, mengingat *VGG16* memiliki kemampuan ekstraksi fitur yang sangat mendalam sehingga mampu mempelajari detail visual kompleks dan memberikan performa tinggi dalam klasifikasi citra (Wisnu et al., 2026). Dengan memanfaatkan ekstraksi fitur mendalam yang dimiliki *VGG16*, model diharapkan dapat mencapai akurasi tinggi. Dengan memanfaatkan ekstraksi fitur mendalam yang dimiliki *VGG16*, model diharapkan dapat mencapai akurasi tinggi dalam membedakan jenis daging, bahkan dalam kondisi pencahayaan

dan variasi sudut yang berbeda. Penggunaan augmentasi data juga akan diterapkan dalam hal meningkatkan generalisasi model dan mengurangi risiko *overfitting*.

2.7. Kajian Hasil Penelitian yang Relevan

Berikut ialah penelitian-penelitian relevan yang telah dibuat dan menjadi referensi untuk penyusunan penelitian ini. Secara umum, tinjauan pustaka dalam penelitian ini mencakup:

1. Mahartha, I. Made Anom, I. Gede Aris Gunadi, & I. Made Gede Sunarya (2024). Penelitian ini membahas penerapan *algoritma CNN (Convolutional Neural Network)* dalam klasifikasi jenis daging, terutama untuk membedakan antara daging babi, daging sapi, dan daging campuran. Dalam penelitian tersebut, dilakukan analisis *hyperparameter* dengan menguji variasi ukuran citra, jumlah *epoch*, dan *batch size*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *CNN* mencapai akurasi tertinggi sebesar 82,20% pada kondisi optimal, yaitu dengan menggunakan ukuran citra 75×75 piksel, 100 *epoch*, dan batch size 64. Temuan ini menegaskan bahwa optimasi *hyperparameter* sangat krusial untuk meningkatkan performa model dalam mengenali perbedaan visual antara jenis-jenis daging, sehingga penerapan metode ini berpotensi menjadi solusi efektif untuk mengurangi praktik penipuan di pasar.
2. Eliaa et al. (2022) mengkaji penerapan arsitektur *CNN (Convolutional Neural Network) VGG16* dalam klasifikasi tingkat kesegaran daging sapi berdasarkan citra digital. Dataset yang digunakan terdiri dari 1.896 gambar (948 gambar daging segar dan 948 tidak segar) yang diperoleh dari platform *Kaggle*. Untuk meningkatkan jumlah dan variasi data, dilakukan teknik *augmentasi citra* seperti rotasi, cropping, serta pengaturan saturasi, kontras,

dan kecerahan. Penelitian ini juga menguji pengaruh pembagian data dan jumlah *epoch* terhadap akurasi model. Hasilnya menunjukkan bahwa akurasi tertinggi sebesar 97,14% dicapai pada konfigurasi optimal, yaitu 80% data latih, 20% data validasi, dan 15 *epoch*. Evaluasi validasi menunjukkan akurasi hingga 98,68%. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi *data augmentation* dan arsitektur *VGG16* mampu mengidentifikasi tingkat kesegaran daging secara efektif, serta berpotensi diaplikasikan dalam sistem inspeksi mutu produk pangan berbasis citra.

3. Resman et al. (2023) mengevaluasi kualitas daging babi yang diperjual belikan di tiga pasar tradisional di Kota Denpasar, Bali, dengan tujuan memastikan bahwa daging babi yang beredar memenuhi standar keamanan pangan sesuai *SMI* dan layak untuk dikonsumsi; sampel daging diambil dari Pasar Sanglah, Pasar Pemogan, dan Pasar Jimbar Raya Renon, kemudian dievaluasi secara subyektif melalui penilaian warna, bau, konsistensi, dan tekstur, serta secara obyektif dengan mengukur pH, daya ikat air, kadar air, dan angka lempeng total bakteri (*ALTB*). Hasil evaluasi subyektif menunjukkan bahwa semua sampel memiliki warna merah pucat, bau darah segar, konsistensi lembut, dan tekstur halus, sedangkan hasil uji obyektif memperlihatkan nilai pH berkisar antara 6,3 hingga 6,5, daya ikat air mencapai 81,5% hingga 90,4%, kadar air antara 72,7% hingga 75,01%, dan nilai *ALTB* yang bervariasi antar pasar; meskipun terdapat perbedaan nyata pada beberapa parameter seperti daya ikat air dan kadar air berdasarkan uji statistik, secara keseluruhan kualitas daging babi dari ketiga pasar tersebut masih dalam batas normal, sehingga daging babi tersebut layak dikonsumsi,

dan temuan ini menggarisbawahi pentingnya penerapan sanitasi dan higiene yang konsisten di pasar tradisional guna menjaga mutu produk, sekaligus memberikan dasar bagi penelitian selanjutnya dalam upaya peningkatan kualitas dan keamanan pangan.

4. Penelitian oleh Riffa Haviani Laluma et al. (2021) mengkaji perbedaan antara daging sapi serta daging babi menggunakan metode *CNN (Convolutional Neural Network)* berbasis web dengan tujuan mengatasi masalah pencampuran daging yang merugikan konsumen, terutama di negara mayoritas Muslim seperti Indonesia; dalam penelitian ini, citra daging diakuisisi dan diproses melalui tahapan pengolahan citra yang meliputi konversi RGB ke grayscale, segmentasi, serta ekstraksi fitur menggunakan operasi konvolusi untuk mendeteksi perbedaan struktur serat dan warna, sehingga data tersebut dapat digunakan sebagai input pada model *CNN* guna melakukan klasifikasi, hasil penelitian tersebut memperlihatkan dimana model *CNN* yang dikembangkan ini memperoleh akurasi tertinggi sebesar 88,75% dalam membedakan daging sapi dan daging babi ketika latar belakang dihilangkan, sedangkan dengan latar belakang, akurasi menurun menjadi 73,375%, yang menegaskan bahwa pra-pemrosesan citra yang optimal sangat krusial dalam meningkatkan performa klasifikasi, temuan ini tidak hanya menunjukkan potensi penggunaan *CNN* berbasis web dalam aplikasi computer vision untuk verifikasi kualitas daging secara real-time, tetapi juga memberikan dasaran bagi pengembangan sistem yang lebih efektif dalam mencegah praktik penipuan di pasar daging, sehingga dapat

meningkatkan transparansi dan kepercayaan konsumen terhadap produk pangan yang dijual

5. Penelitian oleh Winardi, Setyatib, dan rekan (2021) mengkaji identifikasi mengenai jenis daging menggunakan algoritma *CNN (Convolutional Neural Network)* sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan pencampuran daging yang merugikan konsumen. Dataset yang telah dipakai terhadap penelitian ini terdiri dari 11.250 citra, dengan 2.250 citra per jenis daging, yang diolah melalui proses *resize* dari 300×300 piksel menjadi 50×50 dan 100×100 piksel guna efisiensi pengolahan. Proses training serta validasi ini dilakukan dengan pembagian data sebesar 70% untuk training dan 30% untuk validasi, menghasilkan nilai training loss dan *accuracy* masing-masing sebesar 43,89% dan 82,82% pada ukuran 50×50 piksel, serta training loss 35,74% dan training *accuracy* 85,75% pada ukuran 100×100 piksel; sementara hasil validasi menunjukkan *accuracy* sekitar 72,27% dan 71,65%. Ekstraksi fitur dilakukan melalui deteksi warna dan tepi, yang kemudian digunakan untuk mengidentifikasi jenis daging dan menghasilkan output berupa teks yang sesuai. Hasil dari penelitian mengindikasikan dimana algoritma *CNN* memiliki potensi yang besar di dalam membedakan jenis daging, meskipun akurasi dapat ditingkatkan dengan peningkatan kualitas dan kelengkapan dataset.