Daftar Isi

[Bab 1 Pendahuluan 1](#_Toc181018201)

[1.1 Latar Belakang 1](#_Toc181018202)

[1.2 Rumusan Masalah 3](#_Toc181018203)

[1.3 Tujuan 4](#_Toc181018204)

[1.4 Manfaat 5](#_Toc181018205)

[Bab 2 Landasan Teori 6](#_Toc181018206)

[2.1 Deteksi Objek 6](#_Toc181018207)

[2.2 Segmentasi 8](#_Toc181018208)

[Bab 3 Metodologi Penelitian 10](#_Toc181018209)

[3.1 Desain Sistem 10](#_Toc181018210)

# Pendahuluan

## Latar Belakang

Kemajuan teknologi di bidang “deep learning” telah membuka peluang besar untuk berbagai aplikasi, termasuk di sektor pertanian. Salah satu bidang yang mendapat perhatian signifikan adalah pemrosesan citra untuk deteksi dan klasifikasi objek. Sistem otomatis berbasis “Convolutional Neural Network” (CNN) kini banyak digunakan untuk menggantikan metode manual dalam analisis data visual yang rentan terhadap kesalahan manusia. CNN memiliki kemampuan untuk mendeteksi karakteristik visual secara otomatis, termasuk pola-pola spesifik seperti warna, tekstur, dan bentuk yang terdapat pada permukaan objek (LeCun, Bengio, & Hinton, 2015). Hal ini memungkinkan sistem berbasis CNN untuk digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi, termasuk deteksi objek dan pengenalan pola pada gambar buah.

Dalam konteks deteksi kematangan buah, CNN menjadi solusi yang efektif untuk klasifikasi tingkat kematangan buah dengan akurasi tinggi, terutama pada buah mangga yang memiliki variasi warna dan tekstur yang kompleks seiring dengan proses pematangannya (Patel, Shah, & Joshi, 2020). Penelitian oleh Sibomana et al. (2021) menunjukkan bahwa penerapan CNN pada deteksi kematangan buah meningkatkan akurasi klasifikasi hingga 25% dibandingkan metode konvensional, menjadikannya pilihan ideal untuk industri pertanian yang menginginkan proses penentuan kematangan secara efisien dan konsisten.

Selain itu, CNN memungkinkan deteksi objek pada citra buah mangga tanpa terganggu oleh elemen latar belakang, suatu keuntungan besar dibandingkan metode manual yang cenderung terpengaruh oleh faktor subjektivitas manusia (Redmon et al., 2016). Dengan menggunakan teknologi ini, proses deteksi objek dapat dilakukan dengan cepat dan konsisten, mengatasi keterbatasan sistem manual. Teknologi ini juga memfasilitasi penyimpanan data otomatis yang memudahkan evaluasi kualitas produk secara berkelanjutan dalam skala besar.

Oleh karena itu, tujuan utama dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem deteksi kematangan buah berbasis CNN yang mampu melakukan klasifikasi kematangan dengan akurasi tinggi dan konsisten. Dengan adanya teknologi ini, diharapkan sistem yang dikembangkan dapat diimplementasikan pada rantai pasokan untuk memastikan kualitas produk yang terstandarisasi, sehingga meningkatkan nilai pasar produk pertanian secara keseluruhan (Jiang, Wang, & Yang, 2021).

## Rumusan Masalah

Bagaimana memastikan tingkat kematangan buah mangga secara akurat untuk memenuhi standar kualitas dengan metode yang konsisten?

Bagaimana mengatasi keterbatasan metode manual dalam mendeteksi kematangan buah mangga yang sering kali dipengaruhi oleh faktor subjektif dan tidak konsisten?

Bagaimana membangun sistem otomatis berbasis Convolutional Neural Network (CNN) yang mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan buah mangga berdasarkan karakteristik visualnya, seperti warna, tekstur, dan bentuk?

Bagaimana mengukur akurasi dan kinerja model CNN yang dikembangkan untuk memastikan bahwa sistem dapat diandalkan dalam kondisi nyata?

## Tujuan

Mengembangkan sistem deteksi tingkat kematangan buah mangga berbasis Convolutional Neural Network (CNN) yang mampu mengklasifikasikan kematangan berdasarkan karakteristik visual seperti warna, tekstur, dan bentuk.

Memastikan akurasi dan konsistensi model CNN dalam mendeteksi tingkat kematangan buah mangga agar hasil klasifikasi dapat diandalkan.

Menguji performa model CNN yang dibangun melalui pengujian pada dataset gambar mangga dengan berbagai tingkat kematangan.

Menyediakan alternatif metode deteksi kematangan yang lebih efisien dan praktis dibandingkan metode manual konvensional.

## Manfaat

Memberikan solusi otomatis yang dapat membantu petani dan distributor untuk menentukan waktu panen dan distribusi buah mangga secara tepat berdasarkan tingkat kematangannya.

Meningkatkan efisiensi proses seleksi kematangan buah dalam skala besar dengan hasil yang konsisten dan objektif, tanpa dipengaruhi oleh faktor subjektivitas manusia.

Mendukung inovasi di bidang pertanian modern dengan memanfaatkan teknologi deep learning untuk meningkatkan kualitas dan daya saing produk buah mangga di pasar.

4. Menyediakan sistem yang dapat diterapkan secara luas dalam industri pertanian sebagai alat bantu untuk meningkatkan rantai pasokan dan pengelolaan hasil panen.

# Landasan Teori

## Deteksi Objek

Deteksi objek adalah salah satu bidang utama dalam pemrosesan citra dan “computer vision” yang berfokus pada identifikasi dan lokalisasi objek tertentu dalam suatu gambar atau video. Deteksi objek memungkinkan sistem untuk mengenali keberadaan objek, menentukan posisi, dan mengklasifikasikannya berdasarkan kategori tertentu (Redmon et al., 2016). Dalam konteks deteksi kematangan buah, deteksi objek berperan penting untuk memastikan bahwa sistem dapat mengenali dan memfokuskan analisis pada buah yang akan dievaluasi, mengabaikan elemen latar belakang yang tidak relevan.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk deteksi objek, mulai dari metode konvensional seperti “Haar-like features” dan “Histogram of Oriented Gradients” (HOG) hingga metode berbasis pembelajaran mendalam (“deep learning”). Metode konvensional, meskipun efektif dalam kondisi sederhana, sering kali mengalami keterbatasan dalam menghadapi variasi kompleks pada data gambar, seperti perubahan pencahayaan, latar belakang yang beragam, dan bentuk objek yang dinamis (Dalal & Triggs, 2005). Untuk mengatasi keterbatasan ini, metode berbasis “deep learning”, khususnya “Convolutional Neural Network” (CNN), telah dikembangkan dengan keunggulan yang lebih baik dalam mengenali pola kompleks dalam gambar (LeCun et al., 2015).

Model “deep learning” seperti CNN menjadi dasar dalam berbagai arsitektur deteksi objek modern, termasuk “You Only Look Once” (YOLO) dan “Region-based Convolutional Neural Networks” (R-CNN). YOLO, yang dikembangkan oleh Redmon et al. (2016), mampu melakukan deteksi objek secara real-time dengan kecepatan tinggi tanpa mengorbankan akurasi. Dalam penerapannya pada deteksi kematangan buah, YOLO memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi buah secara cepat dan efektif, membuatnya sangat cocok untuk lingkungan produksi yang membutuhkan waktu respons cepat. Menurut penelitian Lin et al. (2020), penggunaan YOLO pada deteksi buah telah meningkatkan efisiensi proses pengklasifikasian objek hingga 30% dibandingkan dengan metode deteksi objek berbasis R-CNN.

R-CNN dan turunannya, seperti Faster R-CNN, adalah arsitektur lain yang sering digunakan dalam deteksi objek karena kemampuannya dalam menghasilkan deteksi yang lebih presisi meskipun memiliki waktu pemrosesan yang lebih lama (Ren et al., 2015). Dalam penelitian oleh Ren et al. (2015), Faster R-CNN terbukti sangat andal dalam mendeteksi objek dengan berbagai ukuran dan latar belakang yang kompleks, sehingga cocok untuk aplikasi deteksi objek yang membutuhkan akurasi tinggi.

Di bidang pertanian, CNN juga telah banyak digunakan untuk deteksi buah-buahan, dengan hasil yang sangat memuaskan dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah berdasarkan fitur visual yang diekstraksi dari permukaan buah (Sibomana et al., 2021). CNN mampu mendeteksi perubahan warna, tekstur, dan bentuk pada buah yang menjadi indikator kematangan secara otomatis, mengurangi kesalahan yang mungkin terjadi pada pengamatan manual. Studi yang dilakukan oleh Sibomana et al. (2021) menunjukkan bahwa penerapan CNN dalam deteksi kematangan buah meningkatkan akurasi klasifikasi hingga 25% dibandingkan metode tradisional.

Dengan berbagai keunggulan yang ditawarkan oleh teknologi “deep learning”, khususnya CNN, deteksi objek pada buah mangga dapat dilakukan dengan akurasi dan kecepatan yang lebih baik, mendukung proses pengambilan keputusan yang optimal dalam industri pertanian. Hal ini menjadi dasar penting dalam penerapan CNN untuk proyek deteksi kematangan buah mangga yang efisien dan dapat diandalkan.

## Segmentasi

Segmentasi adalah proses penting dalam pemrosesan citra yang bertujuan untuk membagi suatu gambar menjadi beberapa bagian atau wilayah yang lebih kecil berdasarkan karakteristik tertentu, seperti warna, tekstur, dan bentuk. Proses ini memungkinkan pemisahan objek yang menjadi fokus dari latar belakang atau elemen lain dalam gambar, yang selanjutnya mempermudah analisis lanjutan, seperti deteksi objek, pengenalan pola, atau klasifikasi (Gonzalez & Woods, 2018). Dalam aplikasi deteksi kematangan buah, segmentasi membantu menyoroti area buah yang relevan, seperti permukaan yang memperlihatkan perubahan warna atau tekstur, yang menjadi indikasi tingkat kematangan.

Menurut penelitian oleh Patel et al. (2020), segmentasi yang tepat pada gambar buah dapat meningkatkan akurasi deteksi kematangan hingga 20% dibandingkan dengan citra yang tidak disegmentasi. Segmentasi berfungsi untuk mengisolasi fitur yang relevan dari latar belakang atau gangguan lainnya, sehingga sistem dapat lebih fokus menganalisis perubahan visual pada objek yang menjadi indikator penting dari kematangan.

Beberapa teknik segmentasi yang umum digunakan meliputi segmentasi berbasis tepi, berbasis wilayah, dan berbasis clustering. Segmentasi berbasis tepi bekerja dengan mendeteksi tepi-tepi dalam gambar berdasarkan perubahan intensitas atau warna. Di sisi lain, segmentasi berbasis wilayah memanfaatkan kesamaan karakteristik dalam area tertentu, sedangkan segmentasi berbasis clustering, seperti “K-means clustering”, mengelompokkan piksel dengan karakteristik serupa ke dalam satu kelompok atau klaster (Jiang et al., 2021).

Dalam pengembangan lebih lanjut, teknik “deep learning” telah membawa kemajuan signifikan dalam segmentasi citra. Metode seperti “Fully Convolutional Networks” (FCN) dan “U-Net” memiliki kemampuan untuk melakukan segmentasi secara otomatis dengan akurasi yang tinggi, terutama pada gambar yang kompleks (Ronneberger et al., 2015). Berdasarkan studi dari Ronneberger et al. (2015), U-Net mampu memberikan performa segmentasi yang optimal dalam pemrosesan citra medis, dan metode ini mulai diadaptasi pada bidang pertanian untuk pemrosesan citra buah, termasuk deteksi kematangan.

Dengan menggunakan teknik segmentasi berbasis deep learning seperti FCN dan U-Net, sistem dapat melakukan segmentasi yang lebih baik pada permukaan buah mangga, yang memungkinkan deteksi kematangan yang lebih akurat. Menurut Zhang et al. (2019), penerapan U-Net dalam segmentasi citra buah telah terbukti mampu memisahkan area penting dengan noise yang lebih sedikit, sehingga meningkatkan akurasi klasifikasi pada tahap selanjutnya.

Implementasi segmentasi yang tepat sangat krusial dalam sistem deteksi kematangan berbasis CNN. Dengan memisahkan area yang relevan pada gambar buah, sistem dapat mengurangi pengaruh dari objek atau latar belakang yang tidak relevan, sehingga proses analisis menjadi lebih fokus dan efisien.

# Metodologi Penelitian

## Desain Sistem