

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencapaian Terdahulu

Penelitian mengenai identifikasi varietas atau jenis beras berbasis citra digital telah berkembang pesat seiring kemajuan teknologi kecerdasan buatan, khususnya dalam bidang computer vision dan object detection. Berbagai pendekatan telah digunakan, mulai dari metode konvensional seperti Support Vector Machine (SVM) hingga pendekatan modern berbasis deep learning seperti Convolutional Neural Network (CNN) dan YOLO. Setiap metode memiliki keunggulan dan keterbatasan masing-masing, baik dalam hal akurasi, efisiensi waktu inferensi, maupun ketahanan terhadap variasi kondisi nyata. Namun, sebagian besar penelitian terdahulu masih terbatas pada konteks laboratorium atau lingkungan terkontrol, sehingga model yang dihasilkan cenderung kurang adaptif ketika diterapkan pada data dari lingkungan nyata (real-world dataset). Selain itu, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan model klasifikasi atau deteksi beras ke dalam aplikasi berbasis web interaktif untuk kebutuhan edukasi atau praktis di tingkat pengguna akhir. Berikut ini merupakan tinjauan kritis terhadap lima penelitian yang relevan, serta bagaimana penelitian ini berusaha mengisi gap dan memperbaiki keterbatasan yang ada:

Tabel 2.1 Pencapaian Terdahulu

Pencapaian ke-1

Nama Penulis	Phan et al. (2023)
Judul	Rice Seed Classification Using YOLOv5 Object Detection Algorithm
Hasil	Penelitian ini menggunakan YOLOv5 untuk mengklasifikasikan benih padi berdasarkan bentuk visual dan tekstur permukaan biji. Studi ini menunjukkan performa tinggi dengan akurasi di atas 90% pada dataset yang dikumpulkan dari laboratorium. Gambar diambil dengan pencahayaan yang dikontrol secara ketat dan latar belakang netral. Namun, penelitian ini memiliki kelemahan signifikan: kurangnya generalisasi terhadap kondisi dunia nyata. Model sangat

	bergantung pada kualitas data terkontrol, dan tidak diuji pada gambar dari lingkungan pasar atau distribusi yang berbeda. Perbaikan dalam penelitian ini: Model YOLOv8 dilatih pada gambar nyata dari pasar tradisional, dengan pencahayaan alami dan latar belakang kompleks, guna membuktikan ketahanan dan adaptasi model terhadap kondisi nyata (<i>domain generalization</i>).
--	---

Pencapaian ke-2

Nama Penulis	Song et al. (2025)
Judul	YOLO-Rice: A YOLOv8n-Based Lightweight Model for Real-Time Detection of Rice Panicles in the Field
Hasil	Studi ini memanfaatkan YOLOv8n untuk mendeteksi malai padi secara real-time di lahan pertanian, menggunakan perangkat edge seperti drone dan kamera lapangan. Akurasi deteksi mencapai 93%, menunjukkan kekuatan YOLOv8n dalam situasi lapangan terbuka. Namun, studi ini hanya terbatas pada deteksi objek secara umum, bukan pada identifikasi atau klasifikasi varietas. Tidak ada proses labeling varietas secara terpisah, sehingga tidak bisa digunakan untuk kebutuhan konsumen akhir. Perbaikan dalam penelitian ini: Penelitian ini memperluas fungsi YOLOv8 menjadi sistem klasifikasi tujuh varietas beras konsumsi, dan menambahkan integrasi web agar sistem bisa digunakan langsung oleh masyarakat sebagai alat bantu edukatif dan praktis.

Pencapaian ke-3

Nama Penulis	El Sakka et al. (2025)
Judul	Rice Classification Based on Convolutional Neural Network and Color-Texture Features
Hasil	Penelitian ini menggabungkan arsitektur CNN dengan fitur warna dan tekstur dalam proses klasifikasi beras. Hasilnya cukup kompetitif, terutama dalam membedakan varietas beras berdasarkan ciri visual.

	Namun, metode ini memiliki ketergantungan tinggi terhadap komputasi dan kondisi gambar yang stabil. Studi ini hanya efektif pada citra dengan latar polos dan pencahayaan ideal, serta membutuhkan sumber daya pemrosesan besar untuk inference. Perbaikan dalam penelitian ini: YOLOv8n digunakan sebagai model yang lebih ringan, cepat, dan efisien. Penelitian ini juga menambahkan augmentasi data seperti flip dan jitter warna untuk memperkuat model menghadapi variasi data dunia nyata.
--	---

Pencapaian ke-4

Nama Penulis	Khan et al. (2024)
Judul	Multiclass Classification of Rice Varieties Using Support Vector Machine (SVM) with Image Features
Hasil	Khan et al. menggunakan pendekatan SVM berbasis fitur citra, seperti histogram warna dan tekstur, untuk mengklasifikasikan berbagai varietas beras. Model memiliki performa baik pada data homogen, tetapi mengalami penurunan akurasi drastis ketika diuji dengan gambar dari distribusi berbeda. Kelemahannya adalah pada proses ekstraksi fitur manual yang tidak fleksibel terhadap noise visual, rotasi objek, atau pencahayaan yang tidak konsisten. Perbaikan dalam penelitian ini: Metode end-to-end YOLOv8 yang digunakan dalam penelitian ini menghilangkan kebutuhan ekstraksi manual, serta menunjukkan adaptabilitas lebih tinggi pada data non-standar berkat fitur pembelajaran otomatis melalui konvolusi bertingkat.

Pencapaian ke-5

Nama Penulis	Kadum et al. (2025)
Judul	Agricultural Image Analysis Using HOG and Machine Learning for Fruit Ripeness and Disease Detection
Hasil	Penelitian ini menggunakan pendekatan klasik HOG (Histogram of Oriented Gradients) untuk mendeteksi kematangan buah dan

	penyakit tanaman. Meskipun akurasi cukup baik dalam skenario spesifik, metode ini membutuhkan banyak tahapan preprocessing dan tidak scalable untuk jumlah kelas objek yang kompleks seperti varietas beras. Selain itu, sensitivitasnya terhadap fitur halus dan kemiripan antar kelas relatif rendah. Perbaikan dalam penelitian ini: YOLOv8 memiliki kemampuan membedakan perbedaan halus antar objek berkat mekanisme <i>feature extraction</i> bertingkat, dan dapat langsung diterapkan tanpa preprocessing manual yang kompleks.
--	---

2.2 Tinjauan Teoritis

2.2.1 Artificial Intelligence

Artificial Intelligence/AI merupakan bidang ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan sistem atau mesin yang mampu meniru kemampuan kognitif manusia, seperti belajar, menalar, dan mengambil keputusan secara mandiri. Dalam konteks modern, AI telah berkembang pesat seiring dengan ketersediaan data besar (*big data*) dan peningkatan daya komputasi, sehingga memungkinkan penerapannya, termasuk industri, pendidikan, pertanian, dan kesehatan (Zhao et al., 2021).

AI terbagi ke dalam beberapa cabang utama, seperti *machine learning*, *deep learning*, *natural language processing* (NLP), serta *computer vision*. Di antara cabang tersebut, *deep learning* dan *computer vision* merupakan komponen utama dalam klasifikasi objek berbasis citra digital. AI bekerja melalui proses pelatihan model menggunakan data sehingga dapat mengambil keputusan secara otomatis tanpa perlu diprogram secara eksplisit untuk setiap tugas (Shabbir & Anwer, 2020).

Dalam dunia pertanian digital, AI telah banyak dimanfaatkan untuk otomatisasi proses seperti pendeteksian penyakit tanaman, klasifikasi hasil panen, prediksi cuaca, dan pengelompokan varietas tanaman berbasis citra. Hal ini menunjukkan bahwa AI tidak hanya meningkatkan efisiensi kerja, tetapi juga memperluas akses terhadap teknologi cerdas di sektor-sektor tradisional (Akyazi et al., 2022).

2.2.2 Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra (*image classification*) adalah proses identifikasi dan pengelompokan gambar digital ke dalam kelas atau kategori tertentu berdasarkan karakteristik visual yang terkandung di dalamnya, seperti warna, bentuk, pola, dan tekstur. Dalam bidang *computer vision*, klasifikasi citra menjadi salah satu tugas fundamental yang mendasari berbagai aplikasi lanjutan seperti deteksi objek, segmentasi citra, dan pengenalan wajah (Lu et al., 2021).

Pendekatan tradisional dalam klasifikasi citra dilakukan melalui ekstraksi fitur secara manual, seperti menggunakan *Local Binary Pattern (LBP)*, yang kemudian dikombinasikan dengan algoritma klasifikasi seperti *Support Vector Machine (SVM)* atau *K-Nearest Neighbors (KNN)*. Namun, seiring dengan berkembangnya *deep learning*, metode manual ini mulai ditinggalkan karena model *Convolutional Neural Network (CNN)* dapat secara otomatis mengekstraksi fitur dan melakukan klasifikasi sekaligus (Xie et al., 2022).

CNN telah terbukti unggul dalam berbagai tantangan klasifikasi citra karena kemampuannya untuk menangkap representasi spasial dari data visual melalui proses konvolusi dan pooling yang berlapis-lapis. Hal ini menjadikan klasifikasi citra sebagai komponen inti dalam sistem deteksi berbasis visual yang cerdas dan efisien.

2.2.3 YOLO

YOLO merupakan algoritma *object detection* berbasis deep learning yang sangat populer karena efisiensinya dalam melakukan deteksi dan klasifikasi objek secara bersamaan dalam satu kali proses inferensi. Berbeda dengan metode tradisional seperti R-CNN yang memerlukan beberapa tahap, YOLO mengubah permasalahan deteksi objek menjadi permasalahan regresi spasial langsung terhadap *bounding box* dan kelas objek dalam satu jaringan saraf konvolusional (Bochkovskiy et al., 2020).

Seiring waktu, YOLO mengalami berbagai peningkatan performa dan efisiensi melalui versi-versi lanjutannya, mulai dari YOLOv3, YOLOv4, hingga YOLOv5 dan YOLOv6. Versi terbaru, YOLOv8, dikembangkan oleh Ultralytics dan dirilis pada tahun 2023. YOLOv8 menawarkan arsitektur yang lebih modular

dan ringan, serta dukungan penuh untuk *instance segmentation*, *classification*, dan *pose estimation*. Dalam implementasinya, YOLOv8 juga menggunakan strategi augmentasi data seperti *Mosaic* dan *MixUp*, serta optimalisasi loss function untuk menghasilkan deteksi yang lebih presisi dan stabil (Jocher et al., 2023).

YOLOv8 memiliki kemampuan adaptasi terhadap berbagai ukuran dan bentuk objek serta mampu bekerja secara real-time dengan akurasi tinggi, menjadikannya sangat cocok untuk klasifikasi varietas beras yang memiliki perbedaan halus dalam bentuk, tekstur, dan warna. Kombinasi antara kecepatan dan ketepatan inilah yang membuat YOLOv8 unggul dan relevan untuk aplikasi dunia nyata di bidang pertanian digital (Redmon & Farhadi, 2021; Jocher et al., 2023).

2.2.4 Confusion Matrix

Confusion matrix merupakan alat evaluasi yang digunakan untuk mengukur performa model klasifikasi, terutama dalam konteks pembelajaran mesin dan pengolahan citra. Matriks ini menyajikan perbandingan antara label prediksi yang dihasilkan oleh model dan label sebenarnya dari data uji. Dalam kasus klasifikasi multi-kelas, confusion matrix berbentuk tabel persegi yang merepresentasikan jumlah prediksi setiap kelas, sehingga memungkinkan analisis lebih rinci terhadap kekuatan dan kelemahan model dalam mengenali setiap kategori (Zhou et al., 2021).

Komponen utama dalam confusion matrix meliputi *True-False matrix*. Berdasarkan nilai-nilai ini, sejumlah metrik performa dapat dihitung, seperti precision, recall, accuracy, dan F1-score. Precision mengukur ketepatan model dalam memberikan prediksi positif, sementara recall menilai sejauh mana model mampu mengenali semua instance yang relevan. F1-score menjadi metrik gabungan yang menyeimbangkan precision dan recall, terutama penting pada dataset yang tidak seimbang (Sahami Shirazi et al., 2020).

Dalam penelitian klasifikasi varietas beras berbasis citra, confusion matrix sangat berguna untuk mengevaluasi apakah model mendeteksi jenis beras secara konsisten, serta untuk mengidentifikasi kelas-kelas yang sering tertukar akibat kemiripan visual. Oleh karena itu, confusion matrix tidak hanya menjadi alat

statistik, tetapi juga alat diagnostik penting dalam pengembangan dan penyempurnaan model klasifikasi berbasis AI.

2.2.5 Black Box Testing

Black box testing berfokus dalam pengujian perangkat lunak yang mengevaluasi fungsionalitas sistem tanpa mengetahui struktur internalnya. Penguji hanya memberikan input dan mengamati output untuk memastikan sistem bekerja sesuai spesifikasi (Rizwan et al., 2021). Teknik ini umum digunakan untuk menguji antarmuka pengguna, validasi input, dan alur sistem secara keseluruhan.

Dalam penelitian ini, black box testing digunakan untuk menguji apakah fitur unggah gambar dan hasil klasifikasi pada aplikasi web dapat berfungsi dengan baik dari sisi pengguna, tanpa memeriksa proses internal model YOLOv8.