

Bab 6 membahas kesimpulan dan saran dari pengembangan sistem deteksi penyakit daun.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penyakit tanaman merupakan gangguan yang disebabkan oleh patogen seperti jamur, bakteri, virus, atau serangga. Penyakit daun tanaman buah dapat mengurangi kemampuan fotosintesis, yang berdampak pada pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Deteksi dini penyakit sangat penting untuk mencegah penyebaran dan meminimalkan kerusakan.

Teknologi kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin (*machine learning*) telah banyak digunakan penelitian terkait deteksi penyakit tanaman maupun penyakit organ tubuh manusia [12]. CNN salah satu metode yang efektif untuk klasifikasi gambar daun tanaman. CNN telah berhasil digunakan untuk mendeteksi penyakit pada tanaman seperti tomat, kentang, dan jagung, serta menggunakan CNN deteksi penyakit pada daun tanaman apel dan anggur akurasi mencapai 96,3%. Penelitian ini menggunakan metode *You Only Look Once* (YOLO).

Metode *You Only Look Once* (YOLO) adalah salah satu algoritma *deep learning* berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) yang digunakan untuk deteksi objek secara *real-time*. YOLO pertama kali diperkenalkan oleh Joseph Redmon pada tahun 2016 dan telah mengalami berbagai pengembangan, seperti YOLOv2, YOLOv3, hingga versi terbaru seperti YOLOv8. Algoritma ini dikenal karena kecepatannya dalam melakukan deteksi serta kemampuannya dalam memproses gambar secara langsung tanpa memerlukan banyak langkah pemrosesan [13].

Dataset adalah komponen penting dalam pelatihan model CNN. Beberapa dataset populer yang digunakan dalam penelitian deteksi penyakit tanaman antara lain, *PlantVillage* dan *Kaggle*. Gambar daun yang diambil di lapangan seringkali memiliki variasi pencahayaan, sudut pengambilan, dan latar belakang yang kompleks [14].

Berdasarkan penelitian terdahulu, berbagai metode *deep learning* telah digunakan dalam deteksi penyakit tanaman, terutama *Convolutional Neural Network* (CNN) yang

terbukti efektif dalam klasifikasi gambar dengan akurasi tinggi. YOLO memiliki keunggulan dalam kecepatan deteksi *real-time*. Namun, beberapa tantangan masih perlu diatasi, seperti keterbatasan deteksi pada objek kecil, variasi kondisi pencahayaan, serta kompleksitas latar belakang pada gambar yang diambil di lapangan. Selain itu, penggunaan dataset yang beragam seperti *PlantVillage* dan *Kaggle* telah membantu meningkatkan performa model, meskipun masih diperlukan dataset yang lebih representatif untuk kondisi nyata. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengembangkan sistem deteksi penyakit daun tanaman buah dengan pendekatan yang mengoptimalkan keunggulan metode yang ada, serta mengatasi keterbatasan yang ditemukan dalam studi sebelumnya, terutama dalam hal kecepatan, akurasi, dan implementasi pada perangkat mobile tanpa ketergantungan pada koneksi internet [15].

Penelitian yang dilakukan pada tahun 2025 oleh Alhwaiti *et al* [16], berfokus pada model YOLOv3 dan YOLOv4 dalam mendeteksi penyakit daun seperti *bacterial spot* pada persik dan *scorch disease* pada stroberi secara *real-time*. Dataset dalam penelitian ini menggunakan *Plant Village*, 4 classes, stroberi (*scorch*, *healthy*), persik (*bacterial spot*, *healthy*) dengan total 4222 images. Model Evaluation meliputi *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-Score*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model YOLOv4 memiliki performa yang lebih unggul dibandingkan YOLOv3 dalam hal akurasi dan kecepatan deteksi. YOLOv3 mencapai akurasi 97% dengan *mean average precision* (mAP) sebesar 92% dan waktu deteksi total 105 detik, sedangkan YOLOv4 mencapai akurasi 98% dengan mAP sebesar 98% dan waktu deteksi total hanya 29 detik. Model YOLOv4 menunjukkan kompleksitas yang lebih rendah dan kemampuan deteksi *real-time* yang lebih baik, menjadikannya alat yang efisien untuk diagnosis penyakit tanaman.

Penelitian selanjutnya dilakukan pada tahun 2022 oleh Dawei Li *et al.* [17] mengembangkan model deteksi otomatis berbasis *deep learning* guna mengidentifikasi penyakit dan hama pada tanaman jeruk melalui citra daun. Tujuan penelitian ini meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam diagnosis dini. Dataset yang digunakan terdiri dari 3000 images daun jeruk yang diklasifikasikan ke dalam lima classes daun sehat, bercak daun, hawar daun, serangan ulat, dan serangan kutu daun. Sumber dataset berasal dari lapangan dan internet. Model YOLO-JD yang dikembangkan menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam mendeteksi penyakit dan hama pada daun jeruk. Model ini mencapai akurasi deteksi sebesar 96,5% dan *mean average precision* (mAP) sebesar 95,2%. Kecepatan deteksi *real-time* dari model ini menjadikannya alat yang efektif untuk aplikasi lapangan.

Penelitian selanjutnya dilakukan pada tahun 2023 oleh Latha *et al.* [18] mengembangkan model YOLO – X (versi anchor-free) yang ditingkatkan khusus untuk mendeteksi tingkat keparahan penyakit daun tomat, termasuk kasus gejala ganda pada satu daun. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan mengevaluasi model YOLO – X yang telah dimodifikasi guna meningkatkan akurasi dan efisiensi deteksi penyakit daun tomat yang kompleks. Dataset terdiri dari 1220 gambar daun tomat yang dikumpulkan dari berbagai lahan pertanian di India bagian selatan. Dataset ini mencakup gambar daun sehat dan daun yang mengalami keparahan penyakit *tomato leaf curl* dan *tomato leaf mold*. Model YOLO – X mencapai akurasi yang lebih tinggi pada data uji dan *mean average precision* (mAP) sebesar 73,42%. Penambahan koneksi dari beberapa layer dan ukuran yang bervariasi bertujuan meningkatkan kemampuan generalisasi model.

Penelitian berikutnya pada tahun 2025 oleh Li Pan *et al.* [19] berfokus pada pengembangan model deteksi penyakit padi yang akurat dan ringan menggunakan pendekatan *deep learning* berbasis YOLOv5. Tujuan penelitian ini untuk mengatasi tantangan utama dalam mendeteksi penyakit padi di lingkungan lapang yang kompleks. Model yang dikembangkan, yaitu RDRM-YOLO, mengintegrasikan empat inovasi utama, *backbone Hor-BNFA* untuk ekstraksi fitur, modul SPDConv memperluas jangkauan, *neck GsConv* mempertajam inferensi, serta WioU Loss akurasi deteksi. Dataset mencakup 5930 gambar daun padi yang mengandung empat jenis penyakit utama, *bacterial blight*, *leaf blast*, *brown spot*, dan *tungro*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa RDRM-YOLO mampu mencapai akurasi sebesar 94,3%, recall sebesar 89,6%, dan mAP sebesar 93,5%. Penerapan model ini diharapkan dapat membantu meningkatkan produktivitas pertanian terutama di wilayah berkembang dengan keterbatasan infrastruktur teknologi.

Penelitian yang dipublikasikan tahun 2024 oleh Preanto *et al.* [20] menggunakan model deteksi lanjutan seperti YOLOv8 dipadukan dengan teknik segmentasi semantik. Tujuan utama penelitian ini adalah merancang dan mengevaluasi kerangka kerja deteksi penyakit daun jeruk secara *real-time*. Selama tahap pelatihan dan validasi, YOLOv8 menunjukkan akurasi sebesar 80,4%, sementara VIT mencapai akurasi sebesar 99,12%. Penelitian ini meletakkan dasar penelitian lebih lanjut yang mencakup aplikasi yang lebih luas dalam pengelolaan tanaman dan praktik pertanian berkelanjutan.

Penelitian yang dilakukan pada tahun 2024 oleh Chandran *et al.* [21] berfokus deteksi penyakit daun tomat berbasis YOLOv5. Penelitian ini menggunakan dataset citra

daun dengan berbagai penyakit seperti *early blight*, *late blight*, dan sehat. Dataset berasal dari *PlantVillage* dan mencakup lebih dari 5000 citra. Hasil menunjukkan bahwa YOLOv5 memberikan hasil dengan akurasi mencapai 99,2%, *precision* 99,1%, *recall* 99,3%, dan F1-score 99,2%. Kecepatan deteksi tergolong tinggi dengan waktu kurang dari 20ms per gambar. Pendekatan ini mempunyai potensi signifikan dalam mendukung sistem diagnosis otomatis untuk tanaman, terutama peningkatan ketahanan pangan.

Penelitian berikutnya pada tahun 2025 oleh Meng *et al* [22]. Deteksi penyakit daun berbasis YOLO dengan multi-skala untuk tanaman jagung. Dataset yang digunakan terdiri dari citra daun jagung yang menunjukkan gejala penyakit. Model yang dikembangkan dinamakan YOLO MSM, hasil modifikasi dari YOLO dengan menambahkan modul MKConv dan C2f-SK attention. Hasil penelitian mencapai akurasi deteksi sebesar 90,11%. Performa dari model ini menunjukkan potesni alat bantu diagnosis penyakit tanaman secara tepat, cepat, dan praktis di lingkungan pertanian. Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa selama penelitian, model yang digunakan memiliki keunggulan masing-masing. Namun, penelitian kali ini menggunakan versi model YOLOv8 *nano*, berikut tabel perbandingan penelitian sebelumnya.

Tabel 1. Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Model	Tanaman & Penyakit	Dataset	Bounding Box	Augmentasi	Catatan Tambahan
1.	Alhwaiti et al. (2025)	YOLOv3, YOLOv4	Persik (Bacterial Spot), Stroberi (Scorch)	4222 gambar, <i>PlantVillage</i>	Tidak Ada	Ada	Berat untuk dijalankan di perangkat seluler
2.	Dawei Li et al. (2022)	YOLO-JD	Jut (5 kelas penyakit & hama)	3000 gambar, lapangan dan internet	Ada	Tidak Ada	Kesulitan mendeteksi bercak kecil dan menyebar
3.	Latha et al. (2023)	YOLO-X (Anchor free)	Tomat (Leaf curl, leaf mold)	1220 gambar, dari ladang	Tidak Ada	Ada	Kurang optimal objek tidak beraturan
4.	Li Pan et al. (2025)	RDRM-YOLO	Padi (Blight, blast, brown, spot, tungro)	5930 gambar	Tidak Ada	Ada	Model khusus untuk lingkungan lapangan padi
5.	Preanto et al. (2024)	YOLOv8 + Segmentasi	Jeruk (early blight)	3213 gambar	Tidak Ada	Ada	Kesulitan memisahkan objek yang tumpang tindih
6.	Chandran et al. (2024)	YOLOv5	Tomat (Early blight, late blight, sehat)	5000 gambar, <i>PlantVillage</i>	Tidak Ada	Ada	Model mudah <i>overfitting</i>
7.	Meng et al. (2025)	YOLO MSM	Jagung (Black mold)	850 gambar, <i>PlantVillage</i>	Tidak Ada	Ada	YOLO MSM mampu mengurangi gangguan <i>noise</i> lingkungan
8.	Penulis (2025)	YOLOv8 <i>nano</i>	Tomat, Apel, Anggur, Stroberi (10 kelas)	6079 gambar, <i>Kaggle</i> dan dari lapangan	Ada	Ada	Sensitif terhadap kondisi pencahayaan dan <i>noise</i> gambar