

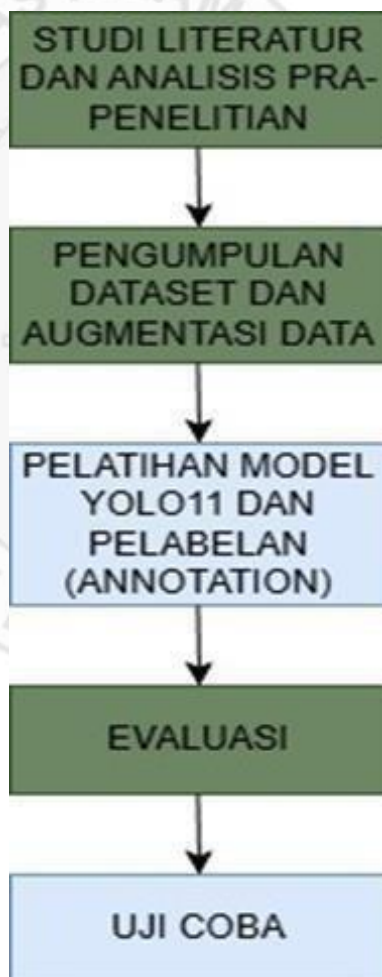
BAB III

METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode penelitian yang digunakan meliputi desain penelitian, proses pengumpulan dan pengolahan data, perancangan model YOLO11, serta teknik pelatihan, validasi, dan evaluasi yang digunakan untuk membangun sistem deteksi penyakit jagung.

3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian ini dirancang untuk menjelaskan tahapan penelitian dalam pengembangan sistem menggunakan YOLO11.



Gambar 3.1: Kerangka Penelitian





Gambar 3.1 di atas merupakan kerangka penelitian yang memberikan gambaran singkat mengenai tahapan yang digunakan dalam pengembangan model YOLO11 untuk mendeteksi penyakit tanaman jagung. Setiap tahap akan dijelaskan lebih lanjut sebagai bagian dari proses penyusunan sistem deteksi berbasis citra.

1. Studi literatur dan analisis pra-penelitian

- A. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan dasar teori yang mendukung penelitian ini. Literatur yang dikaji meliputi penyakit tanaman jagung, pengolahan citra digital serta metode deteksi objek menggunakan YOLO11. Penyakit seperti hawar daun, bercak abu-abu, karat daun, batang busuk, dan daun sehat dipelajari melalui sumber pustaka sebagai acuan dalam penentuan kelas dataset. Metode YOLO (*You Only Look Once*) digunakan karena memiliki kecepatan dan akurasi tinggi dalam mendeteksi objek pada satu tahap pemrosesan. YOLO11 dipilih karena merupakan model yang lebih baru dengan perbaikan pada struktur *backbone*, *neck* dan *head* sehingga mampu mengidentifikasi objek kecil seperti bercak daun. Studi literatur juga mencakup penelitian sebelumnya yang membahas deteksi penyakit tanaman menggunakan model YOLO sehingga dapat dijadikan perbandingan terhadap penelitian ini.
- B. Analisis pra-penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan data, metode dan langkah-langkah yang diperlukan dalam membangun sistem deteksi penyakit jagung berbasis YOLO11. Dataset dianalisis berdasarkan jumlah citra, variasi kondisi pencahayaan, jumlah kelas serta kelayakannya untuk digunakan pada model deteksi objek. Metode YOLO11 dianalisis dari segi kemampuan mengenali pola penyakit pada daun jagung melalui proses *training*, validasi dan evaluasi. Setiap tahap dianalisis untuk memastikan metode yang digunakan dapat menghasilkan model terbaik yang mampu mendeteksi penyakit secara akurat. Analisis ini memastikan bahwa rancangan penelitian, teknik anotasi, tahapan *preprocessing* dan parameter *training* sesuai dengan tujuan penelitian untuk menghasilkan model pendeteksi penyakit jagung yang efektif.

2. Pengumpulan dataset dan augmentasi data

A. Pengumpulan dataset

Pada tahap ini jenis data yang diperlukan adalah gambar daun jagung dengan lima kategori yaitu hawar daun, bercak abu, batang busuk, karat daun dan daun sehat sesuai dengan ciri-ciri dan kondisinya.

Tabel 3.1 Klasifikasi Penyakit Jagung Dan Kondisinya

No	Nama Penyakit	Diskripsi Kondisi Daun
1	Leaf Blight (Hawar Daun)	Ditandai dg bercak memanjang berwarna coklat keabu abuan, sering kali menyebar cepat
2	Gray Leaf Spot (bercak abu-abu)	Muncul sebagai bercak bulat/oval berwarna abu-abu dengan tepi kecokelatan pada permukaan daun.
3	Stem Rot (batang busuk)	Gejala berupa bagian pangkal batang atau pelepah yang menghitam, melunak, dan berbau busuk.
4	Rust (karat daun)	Timbul pustula kecil berwarna jingga/merah karat pada permukaan daun yang kemudian menyebar.
5	Healthy (sehat)	Daun berwarna hijau segar tanpa bercak, perubahan warna, luka, atau gejala infeksi lainnya.

B. Augmentasi data

Augmentasi data bertujuan meningkatkan kualitas data sebelum digunakan pada pelatihan. Seluruh gambar untuk menyesuaikan input YOLO11 dilakukan normalisasi agar warna dan intensitas gambar konsisten.





a. Teknik Rotasi (diputar 90°)

Teknik rotasi digunakan untuk memutar citra pada sudut tertentu agar dataset memiliki variasi posisi objek. Proses ini bertujuan membantu model mengenali objek dari berbagai arah, sehingga model tidak hanya bergantung pada posisi gambar asli.

b. Teknik pembalikan flip (kiri-kanan)

Teknik flip digunakan untuk membalik citra secara horizontal atau vertikal guna menambah variasi pada dataset.

c. Brightness

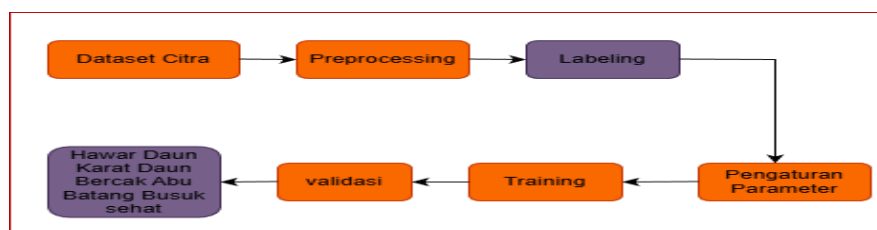
Teknik brightness digunakan untuk mengubah tingkat kecerahan citra agar dataset memiliki variasi pencahayaan.

d. Zoom Out

Teknik zoom out digunakan untuk memperkecil tampilan objek pada citra sehingga gambar memiliki variasi ukuran dan jarak objek.

3.2 Pelatihan Model YOLO11

Pelatihan model YOLO11 dilakukan menggunakan dataset citra daun jagung yang telah diberi anotasi. Pada tahap ini model belajar mengenali pola penyakit berdasarkan contoh yang diberikan. Proses pelatihan selama pelatihan model menyesuaikan bobotnya agar mampu menghasilkan prediksi yang lebih akurat. Pelatihan ini menghasilkan file model *best.pt* yang nantinya digunakan pada proses deteksi penyakit jagung.



Gambar 3.2: Pelatihan Model YOLO11



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Gambar 3.2 menunjukan alur proses pelatihan model YOLO11 yang digunakan dalam penelitian ini. Tahap pertama adalah pengumpulan data yaitu mengumpulkan citra daun jagung dari lapangan yang mencakup lima kategori yaitu hawar daun, bercak abu, batang busuk, karat daun dan daun sehat. Gambar diambil dari berbagai sudut dan kondisi pencahayaan untuk mendapatkan variasi data yang lebih lengkap. Tahap berikutnya adalah *preprocessing* yaitu melakukan penyesuaian gambar sebelum dilatih kedalam model. Pada tahap ini citra daun dilakukan *resize* agar sesuai dengan ukuran input YOLO11 kemudian dilakukan normalisasi warna untuk menstabilkan pencahayaan. Augmentasi seperti rotasi dan flip juga diterapkan untuk menambah keragaman data sehingga model dapat mengenali penyakit dalam berbagai orientasi. Setelah itu, dilakukan pelabelan data (*annotation*) menggunakan perangkat lunak LabelImg berbasis Python, di mana setiap area penyakit diberi *bounding box* dan label kelas sesuai kategori penyakit. Daun jagung kemudian diekspor ke dalam format YOLO agar dapat digunakan saat proses pelatihan.

Langkah berikutnya adalah Pelatihan Model YOLO11 (*Training*). Pada tahap ini data latih dimasukkan ke model untuk mempelajari pola visual penyakit daun jagung. YOLO11 melakukan ekstraksi fitur melalui *backbone*, menggabungkan informasi melalui *neck* dan menghasilkan prediksi *bounding box* serta label kelas pada *detection head*. Proses pelatihan ini diikuti dengan Pembaruan Bobot Model yaitu perbaikan bobot YOLO11 berdasarkan nilai *loss* yang dihitung dari selisih antara prediksi dan label asli. Nilai *loss* ini mencakup *classification loss*, *objectness loss*, dan *bounding box loss*. Pembaruan bobot dilakukan terus menerus pada setiap *epoch* agar model semakin akurat. Secara bersamaan dilakukan validasi



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.

2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Universitas Islam Indragiri

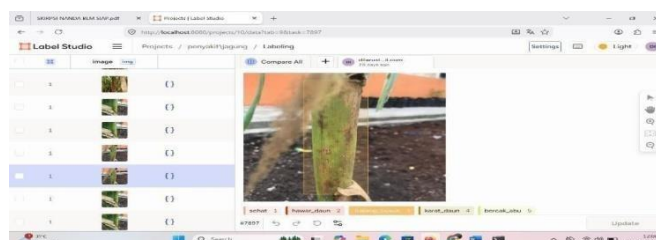
model menggunakan data validasi. Tahap ini bertujuan untuk memastikan model belajar secara stabil dan tidak mengalami *overfitting*. Kinerja model dipantau pada setiap *epoch* dan ketika model mencapai performa terbaik bobot model pada *epoch* tersebut dicatat. Tahap terakhir adalah Penyimpanan model terbaik di mana YOLO11 secara otomatis menyimpan bobot terbaik ke dalam file *best.pt*. File ini menjadi model akhir yang digunakan untuk proses deteksi pada data uji maupun implementasi aplikasi pendeteksi penyakit daun jagung.

3.3 Pelabelan Data (Annotation)

Pelabelan data dilakukan menggunakan perangkat lunak Label Studio untuk menandai area penyakit pada daun atau batang tanaman jagung. Proses ini dilakukan dengan membuat *bounding box* pada bagian yang menunjukkan gejala penyakit, seperti bercak pada daun atau bagian batang yang mengalami pembusukan. Setiap *bounding box* kemudian diberi label sesuai dengan kategori penyakit yang telah ditentukan.

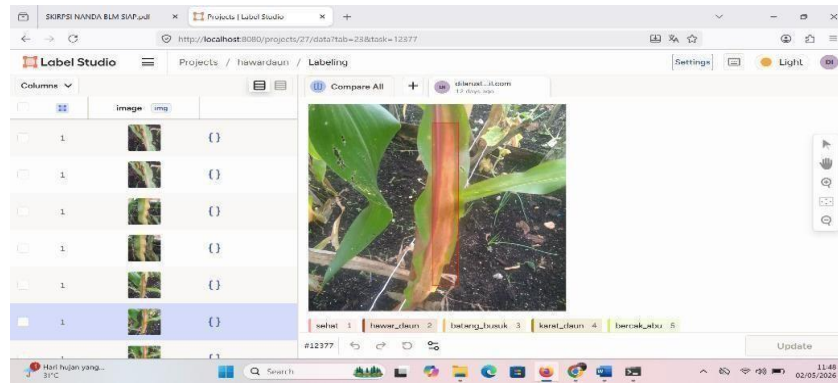
Format anotasi yang digunakan mengikuti standar YOLO, yaitu menggunakan koordinat yang telah dinormalisasi. Setiap area penyakit seperti hawar daun, karat daun, bercak abu-abu, dan batang busuk ditandai dengan kotak anotasi berbentuk persegi panjang yang mencakup bagian yang terinfeksi, sehingga dapat digunakan dengan baik dalam proses pelatihan model YOLO11.

A. Contoh bounding box batang busuk



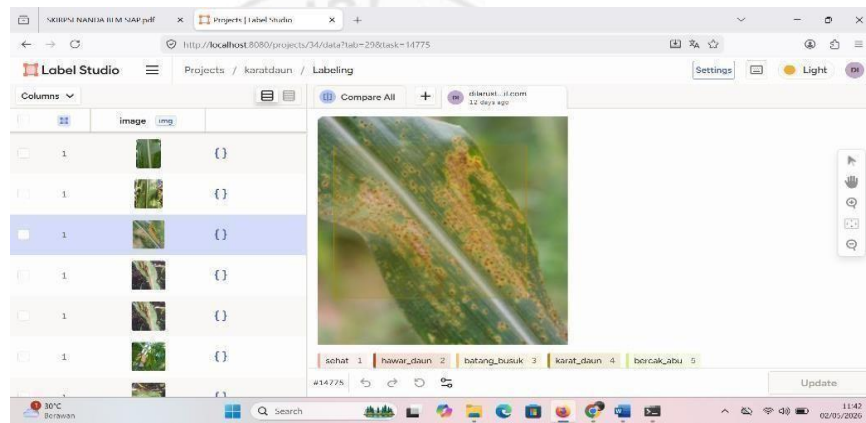
Gambar 3.3: Contoh bounding box batang busuk

B. Contoh bounding box hawar daun



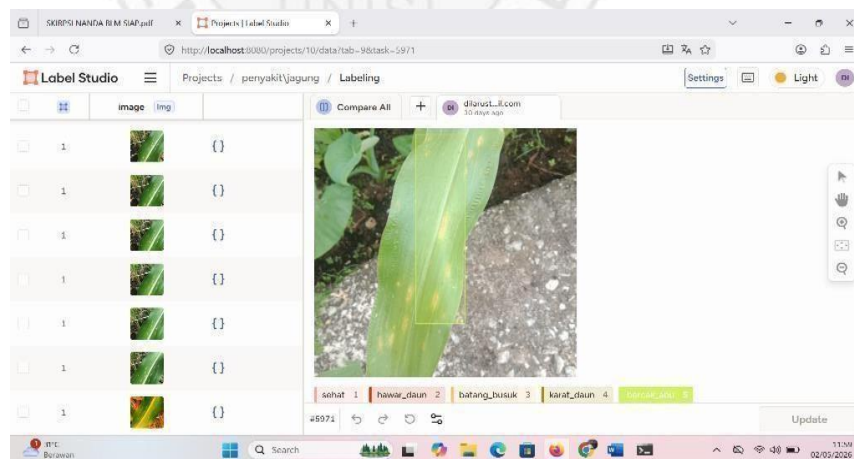
Gambar 3.4: Contoh bounding box hawar daun

C. Contoh bounding box karat daun



Gambar 3.5: Contoh bounding box karat daun

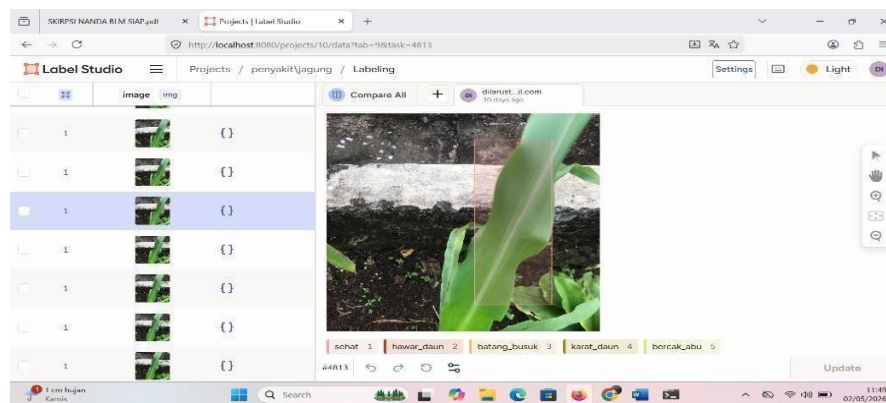
D. Contoh bounding box bercak abu



Gambar 3.6: Contoh bounding box bercak abu



E. Contoh bounding box sehat



Gambar 3.7: Contoh bounding box sehat

Proses pelabelan data dilakukan setelah seluruh citra daun jagung melalui tahap *preprocessing*. Pada penelitian ini, pelabelan data dilakukan menggunakan Label Studio yang mendukung pembuatan anotasi *bounding box* serta ekspor label ke dalam format YOLO.

Tahap awal pelabelan dilakukan dengan membuka setiap citra daun jagung secara lokal pada Label Studio. Setiap gambar diperiksa secara manual untuk memastikan bahwa area penyakit terlihat jelas dan tidak terdapat gangguan citra yang dapat memengaruhi proses anotasi. Selanjutnya, *bounding box* digambar pada bagian daun atau batang yang menunjukkan gejala penyakit menggunakan fitur anotasi kotak yang tersedia pada Label Studio.

Setiap area bercak, perubahan warna, kerusakan jaringan, atau tekstur daun yang menunjukkan gejala penyakit diberi anotasi secara akurat agar model YOLO11 dapat mempelajari bentuk dan pola penyakit dengan baik. Setiap *bounding box* kemudian diberi label sesuai dengan lima kategori penyakit yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu Hawar Daun (*Leaf Blight*), Bercak Abu-abu (*Gray Leaf Spot*), Batang Busuk (*Stem Rot*), Karat Daun (*Rust*), dan Sehat



(*Healthy*). Ketelitian sangat diperlukan pada tahap ini karena kualitas pelabelan berpengaruh langsung terhadap hasil pelatihan model.

Setelah seluruh citra diberi *bounding box* dan label kelas, hasil anotasi disimpan secara otomatis oleh Label Studio dalam bentuk file teks (.txt) dengan format YOLO. Tahap pemeriksaan ulang kemudian dilakukan untuk memastikan tidak terdapat kesalahan posisi *bounding box* maupun ketidaksesuaian label kelas. Apabila ditemukan kesalahan, perbaikan dilakukan sebelum dataset digunakan pada tahap selanjutnya. Dataset hasil anotasi ini kemudian digunakan sebagai data masukan pada proses pelatihan model YOLO11.

3.4 Evaluasi

Pada tahap evaluasi kinerja model YOLO11 diukur menggunakan beberapa metrik utama yaitu *Precision*, *Recall*, F1-Score dan mAP (*Mean Average Precision*). *Precision* digunakan untuk melihat seberapa tepat model dalam mengidentifikasi penyakit tanpa menghasilkan banyak kesalahan. *Recall* digunakan untuk menilai kemampuan model menemukan seluruh objek penyakit yang ada pada gambar. F1-Score memberikan gambaran keseimbangan antara *precision* dan *recall*. Sementara itu mAP menjadi metrik utama yang menilai ketepatan prediksi model berdasarkan posisi dan kelas objek. Dengan menggunakan keempat metrik ini performa akhir model dapat dinilai secara jelas dan objektif.

3.5 Uji coba

Pada tahap uji coba model YOLO11 yang telah dilatih dan disimpan sebagai *best.pt* diuji menggunakan data uji yang tidak digunakan selama proses *training* maupun validasi. Uji coba ini dilakukan untuk melihat bagaimana model bekerja pada gambar baru dan menilai kemampuan deteksinya di kondisi nyata. Setiap citra



pada data uji dimasukkan ke dalam model kemudian model menghasilkan prediksi berupa *bounding box* dan label penyakit daun jagung. Hasil deteksi tersebut dibandingkan dengan label sebenarnya untuk melihat tingkat ketepatan model. Dari proses uji coba ini diperoleh nilai *precision*, *recall*, F1-score dan mAP yang menunjukkan performa akhir model dalam mendeteksi lima kategori penyakit daun jagung. Tahap uji coba memastikan bahwa model siap digunakan dan mampu memberikan hasil deteksi yang stabil pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Universitas Islam Indragiri

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

