



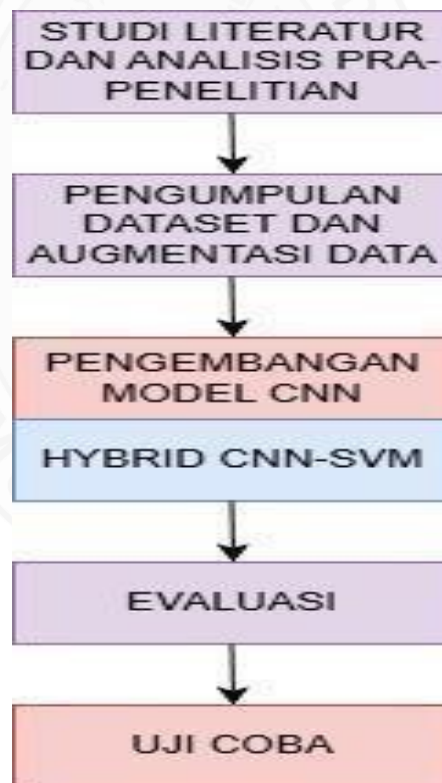
BAB III

METODE PENELITIAN

Bab ini menyajikan penjabaran secara rinci mengenai pendekatan yang digunakan dalam penelitian, mulai dari desain penelitian, tahapan pengumpulan dan pengolahan data, perancangan arsitektur model, hingga teknik evaluasi yang.

3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian ini dirancang untuk menggambarkan alur sistematis dalam pengembangan aplikasi klasifikasi tingkat kematangan buah nanas menggunakan model Hybrid CNN-SVM



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

Gambar 3.1 di atas merupakan kerangka penelitian yang akan menjelaskan mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengembangan model *Hybrid* CNN–SVM untuk klasifikasi kematangan buah nanas berdasarkan warna kulit.



1. Studi Literatur dan Analisis Pra Penelitian

a. Studi Literatur

Penelitian ini diawali dengan kegiatan studi literatur yang bertujuan untuk memahami berbagai konsep dasar, metode, serta penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan klasifikasi citra, pengolahan citra buah, dan penerapan Convolutional Neural Network (CNN) maupun model *hybrid* pada domain pertanian. Studi literatur dilakukan dengan meninjau jurnal dan penelitian yang telah membahas proses deteksi, identifikasi, serta klasifikasi tingkat kematangan buah menggunakan teknik deep learning. Berdasarkan telaah literatur tersebut, ditemukan bahwa CNN merupakan metode yang paling banyak digunakan karena kemampuannya dalam mengekstraksi fitur visual secara otomatis dan akurat.

b. Analisis Pra Penelitian

Analisis Pra-Penelitian merupakan tahap penting untuk memastikan keberhasilan penelitian. Langkah pertama adalah identifikasi masalah, yaitu rendahnya tingkat akurasi dan konsistensi dalam mengenali tingkat kematangan buah nanas secara cepat dan tepat. Penentuan tingkat kematangan nanas secara manual oleh petani maupun pengepul sering kali bergantung pada pengalaman subjektif, sehingga menimbulkan kesalahan dalam pengambilan Keputusan, dan dapat berdampak pada penurunan kualitas produk, dan ketidaksamaan standar pasar.

Solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah membangun model klasifikasi tingkat kematangan nanas berbasis pendekatan *hybrid* CNN-SVM. Pada tahap awal CNN digunakan sebagai ekstraktor fitur otomatis dari citra

digital, sedangkan SVM berperan sebagai classifier untuk meningkatkan ketepatan keputusan. Pendekatan ini diambil karena CNN unggul dalam mengenali pola visual kompleks, sementara SVM dikenal memiliki performa tinggi dalam pemisahan kelas pada ruang fitur berdimensi tinggi.

2. Pengumpulan Dataset dan Augmentasi Data

a. Pengumpulan Dataset

Pada tahap ini, jenis data yang diperlukan adalah gambar buah Nanas yang telah terklasifikasikan kedalam beberapa kategori yaitu Unripe, Pre-ripe, Half-ripe, Fully-ripe, dan over ripe, yang mengikuti acuan ciri ciri kematangan berikut

Tabel 3. 1 Aspek penilaian tingkat kematangan buah Nanas

Aspek Pemeriksaannya	Mentah	Mengkal	Setengah Matang	Matang	Busuk
Warna Kulit (Pangkal-Puncak)	Hijau seluruhnya	Hijau kekuningan ($\frac{1}{4}$ Bagian bawah mulai kuning)	Hijau dan Kuning ($\frac{1}{3}$ bawah)	Kuning ($\frac{2}{3}$ sampai seluruh buah)	Kuning gelap atau bercak coklat
Perbandingan warna (hijau:kuning)	100% hijau	$\pm 70\%$ hijau : 30% kuning	50% hijau : 50% kuning	$\pm 20\%$ hijau: 80% kuning	<10% hijau, bercak coklat muncul
Tekstur Kulit	Sangat keras	Masih keras tapi sedikit Lentur	Agak keras	Sedikit lunak saat ditekan	Lembek/b erlendir





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 untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
4. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
5. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Aroma Buah	Tidak beraroma	Hampir tidak ada aroma, kadang samar di pangkal	Sedikit manis dipangkal	Manis kuat segar	Asam/fermentasi
Daun(Mahkota)	Hijau kaku	Hijau kaku tapi agak lentur di Ujung	Hijau segar	Agak entur mudah ditarik	Layu, berjamur
Mata (eyes)	Menonjol	Masih agak menonjol	Sedikit rata	Rata/cekungan	Rusak/busuk

Setelah diketahui beberapa kelas dan juga ciri ciri aspek yang akan diambil sampelnya, berikut contoh dalam sampel nanas yang disesuaikan pada kategori aspek kematangan buah nanas. Data dikumpulkan langsung di lapangan di beberapa tempat seperti pasar, pedagang nanas yang ada di tepi jalan, dan juga di beberapa kebun nanas. Gambar diambil menggunakan handphone merk OPPO A60 dengan rasio kamera 1:1 diambil dari berbagai sudut buah, dan menghasilkan gambar sebanyak 5000 foto nanas



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Keterangan: (a)Mentah,(b)Mengkal,(c)Setengah Matang,(d)Matang,(e)Busuk

Dalam penelitian ini, pembagian dataset citra buah nanas dilakukan melalui pendekatan stratified split, yaitu metode yang memastikan setiap kelas tingkat kematangan tetap memiliki proporsi yang seimbang pada seluruh subset

data. Meskipun proses pemisahan ini didukung oleh teknik stratifikasi, monitoring manual tetap dilakukan untuk memastikan tidak terjadi ketidakseimbangan jumlah sampel antar kelas sehingga representasi data tetap terjaga. Dari total 5.000 sampel, dataset dibagi menjadi tiga bagian utama dengan persentase 70% untuk data training, 15% untuk data validasi, dan 15% untuk data testing. Skema ini dipilih untuk memberikan variasi data yang cukup pada tahap pelatihan sekaligus menyediakan data validasi dan testing yang independen guna mengevaluasi performa model hybrid CNN–SVM secara objektif.

Setelah sampel diambil, lalu saya juga melakukan pengukuran keasaman menggunakan alat digital PH meter, untuk menentukan kadar asam pada setiap tingkat kematangan buah nanas. Hasil yang didapat pada 5 tingkat kematangan buah nanas tersebut sebagai berikut.

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. 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.

Tabel 3. 2 Range Tingkat Keasaman pada Buah Nanas

Tingkat Kematangan	Range
Mentah	4.03 – 4.26 pH
Mengkal	4.09 – 4.48 pH
Setengah Matang	4.03 – 4.26 pH
Matang	4.37 – 4.49 pH
Busuk	4.25 – 4.15 pH

Pada buah nanas, perubahan nilai pH menunjukkan perubahan tingkat keasaman selama proses pematangan. Pada tahap awal (unripe), nilai pH relatif lebih rendah, yang menandakan buah masih lebih asam. Seiring bertambahnya tingkat kematangan menuju half-ripe dan fully ripe, nilai pH meningkat, sehingga tingkat keasaman menurun dan rasa buah menjadi lebih manis. Namun, pada tahap over ripe, nilai pH dapat kembali menurun, yang menunjukkan buah menjadi lebih asam kembali akibat proses fermentasi dan pembusukan.

b. Augmentasi Data

Augmentasi data pada penelitian ini difokuskan pada penerapan teknik rotasi dan pembalikan (flip) untuk menambah keragaman citra nanas pada setiap tingkat kematangan. Teknik rotasi digunakan untuk memutar citra nanas pada sudut tertentu, sehingga model mampu mengenali buah dalam berbagai orientasi yang mungkin terjadi saat pengambilan gambar

1. Teknik Rotasi(diputar 90°)

Rotasi adalah teknik augmentasi data yang dilakukan dengan memutar citra pada sudut 180°, sehingga posisi objek dalam gambar berubah. Tujuan rotasi



adalah agar model dapat mengenali objek meskipun orientasinya berbeda, sehingga meningkatkan kemampuan model dalam memahami variasi posisi objek.

2. Teknik Pembalikan (flip kiri-kanan)

Flip adalah teknik augmentasi yang dilakukan dengan membalik citra, baik secara horizontal (kiri ke kanan) maupun vertikal (atas ke bawah). Teknik ini bertujuan untuk menambah variasi data dan membuat model tidak bergantung pada arah tertentu dari objek dalam gambar.

3. Zoom Out

Zoom Out adalah teknik augmentasi yang dilakukan dengan memperkecil tampilan objek dalam citra sehingga terlihat lebih jauh. Tujuannya adalah agar model mampu mengenali objek dalam berbagai ukuran dan jarak, sehingga lebih adaptif terhadap kondisi nyata saat pengambilan gambar.

4. Darkness

Darkness adalah teknik augmentasi dengan mengurangi tingkat kecerahan citra sehingga gambar terlihat lebih gelap. Teknik ini digunakan untuk mensimulasikan kondisi pencahayaan rendah, sehingga model tetap dapat mengenali objek meskipun dalam kondisi cahaya minim.

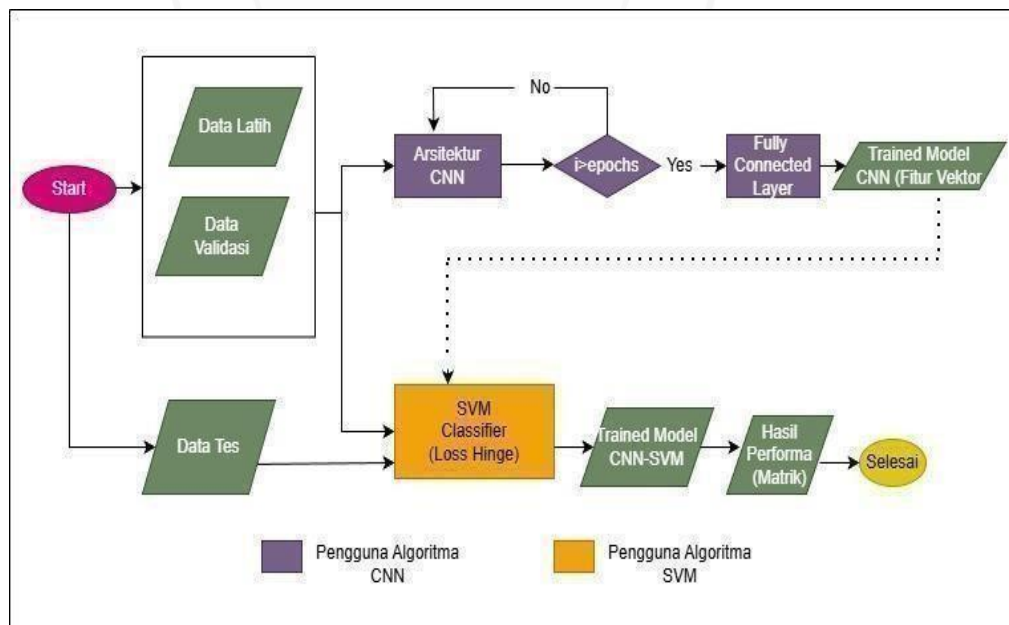
5. Brightness

Brightness adalah teknik augmentasi dengan meningkatkan tingkat kecerahan citra sehingga gambar terlihat lebih terang. Tujuannya adalah agar model dapat mengenali objek dengan baik pada kondisi pencahayaan tinggi atau terang, sehingga tidak terpengaruh oleh perubahan intensitas Cahaya.



3. Pengembangan Model

Pada tahap pengembangan model, penelitian ini mengimplementasikan pendekatan hybrid CNN–SVM yang menggabungkan keunggulan kedua metode untuk memperoleh performa klasifikasi yang lebih akurat dan stabil. CNN digunakan sebagai komponen utama dalam ekstraksi fitur citra karena kemampuannya mempelajari pola visual kompleks seperti warna, tekstur, dan kontur kulit buah nanas. Proses ini dilakukan melalui beberapa lapisan konvolusi dan pooling hingga menghasilkan representasi fitur berdimensi tinggi. Namun, alih-alih menggunakan lapisan fully connected sebagai pengklasifikasi, penelitian ini memanfaatkan algoritma SVM sebagai classifier akhir. Pemilihan SVM didasarkan pada kemampuannya memisahkan kelas secara optimal dengan margin yang maksimal, sehingga meningkatkan akurasi pada tahap klasifikasi kematangan buah nanas. Ilustrasi lengkap alur proses hybrid CNN–SVM ditampilkan pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3. 2 Posisi model hybrid yang dilakukan (Hybrid CNN-SVM)



Berdasarkan diagram pada Gambar 3.2. Tahap pertama yaitu memuat dataset yang akan digunakan pada proses pemuatan model yang dibedakan menjadi tiga pada tahap pra-proses yaitu data latih, data validasi, dan data tes. Dataset yang termasuk data latih dan data validasi dan telah dilakukan tahapan pra proses akan masuk ke dalam arsitektur CNN dengan model . Data akan melalui proses konvolusi dengan parameter-parameter yang ditentukan. Data nantinya akan masuk ke fully connected layer setelah menyelesaikan pooling layer terakhir dan menghasilkan output feature berupa vektor fitur dari pooling akhir berdasarkan epoch yang telah ditentukan. Setelah parameter tersimpan, vektor fitur akan menjadi nilai input dan dilatih menggunakan metode SVM untuk proses klasifikasi biner dari model hybrid. Hasil output akan berupa hasil performa dari akurasi, presisi, recall, dan F1-Score. Untuk testing dataset, data akan langsung masuk ke proses klasifikasi menggunakan SVM berdasarkan hasil model CNN yang sudah dilatih dan output feature yang telah didapatkan. Hasil akhir pada testing dataset berupa hasil perrforma dari akurasi, presisi, recall, dan f1-score.

4. Evaluasi

Evaluasi model dilakukan untuk mengukur kemampuan model hybrid CNN– SVM dalam mengklasifikasi tingkat kematangan buah nanas secara akurat. Proses evaluasi dilakukan dengan menggunakan data testing yang telah dipisahkan sebelumnya dan tidak terlibat dalam proses pelatihan maupun validasi, sehingga hasil evaluasi dapat mencerminkan performa model secara objektif. Metode evaluasi yang digunakan meliputi perhitungan accuracy, precision, recall, dan F1-score, yang secara komplementer memberikan



gambaran menyeluruh mengenai kualitas prediksi model pada setiap kelas kematangan. Selain itu, confusion matrix juga digunakan untuk memvisualisasikan distribusi prediksi benar dan salah sehingga dapat dianalisis pola kesalahan yang muncul. Evaluasi ini membantu menilai sejauh mana model CNN bertugas mengekstraksi fitur dan SVM melakukan klasifikasi secara efektif, serta menjadi dasar dalam menentukan apakah model yang diperoleh sudah cukup optimal atau masih memerlukan penyesuaian lebih lanjut.

5. Uji Coba

Tahap uji coba ini dilakukan dengan menjalankan model pada data yang sebelumnya tidak pernah dilihat oleh model, sehingga hasil yang diperoleh benar-benar mencerminkan kemampuan generalisasi model. Selama proses ini, setiap citra dalam dataset testing diproses melalui jaringan CNN untuk mengekstraksi fitur, kemudian hasil ekstraksi tersebut diklasifikasikan oleh SVM untuk menentukan kategori tingkat kematangan buah nanas. Fase uji coba ini juga mencakup pengamatan terhadap tingkat akurasi prediksi, identifikasi jenis kesalahan klasifikasi, serta analisis stabilitas model ketika menghadapi variasi bentuk, warna, dan kondisi pencahayaan pada citra. Selain itu, seluruh output uji coba digunakan sebagai dasar untuk menghitung metrik evaluasi seperti accuracy, precision, recall, F1-score, dan confusion matrix. Hasil uji coba ini menjadi indikator utama keberhasilan model dalam melakukan klasifikasi secara konsisten dan akurat, sekaligus menjadi bahan pertimbangan apabila diperlukan optimasi lanjutan pada model.

