

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Teknologi dalam bidang pertanian telah menjadi hal yang sangat penting untuk diterapkan, terbukti dengan berbagai penerapan teknologi digital yang memberikan dampak signifikan dalam banyak aspek pertanian. Penerapan teknologi ini mencakup pemantauan cuaca, pengelolaan lahan, hingga proses penjualan hasil panen. Inovasi teknologi berperan besar dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas sektor pertanian, serta menjadikannya lebih adaptif terhadap tantangan zaman yang serba modern dan dinamis (Wahditiya et al., 2024).

Salah satu komponen penting dari kemajuan teknologi ini adalah penentuan kualitas dan kematangan hasil panen, yang sangat berpengaruh dalam menjaga mutu produk pertanian. Proses penentuan kematangan buah, yang sering dilakukan secara manual dengan menggunakan penglihatan manusia, membutuhkan perhatian khusus. Proses ini sangat bergantung pada penglihatan dan pengalaman petani. Namun, tantangannya adalah proses ini memakan waktu dan tenaga yang cukup banyak. (Astrianda, 2020).

Salah satu buah yang sering diperhatikan tingkat kematangannya sebelum dipanen adalah buah tomat. Pada pohon tomat, kematangan buah tidak terjadi secara bersamaan. Beberapa buah bisa matang lebih cepat, sementara yang lain memerlukan waktu lebih lama (R. A. Putri, 2023). Akibatnya, petani sering merasa bingung kapan waktu yang tepat untuk memanen. Keterlambatan dalam memanen tomat sering kali mengakibatkan kerugian yang sangat besar. Jika tomat terlalu matang, tomat akan mudah membusuk, terutama jika tidak diproses atau dijual segera (Wiryanta, 2002). Tentu saja, ini menurunkan nilai jual tomat dan membuat petani mengalami kerugian. Sebaliknya, memanen tomat yang belum sepenuhnya matang tidak baik, karena kualitas dan rasa buah belum mencapai tingkat tertinggi, sehingga pembeli kurang menyukainya.

Petani di Desa Cisantana saat ini masih menggunakan cara manual dengan

menggunakan penglihatan dan pengalaman mereka untuk menilai kematangan tomat (Patimah, 2024). Cara ini membutuhkan banyak waktu dan tenaga, terutama jika banyak tomat yang akan dipanen. Karena bergantung pada pendapat petani, hasilnya seringkali tidak konsisten sehingga terdapat potensi kesalahan dalam klasifikasi kematangan buah tomat.

Untuk menyelesaikan masalah tersebut, diperlukan teknologi yang dapat membantu mereka dalam menilai kematangan buah tomat dengan mudah, cepat dan akurat (Patimah, 2024). Pengembangan aplikasi berbasis algoritma *Convolutional Neural Network (CNN)* menjadi solusi yang relevan. *Convolutional Neural Network (CNN)* merupakan salah satu algoritma deep learning yang paling efektif dalam analisis gambar karena kemampuannya mengenali pola-pola visual yang lebih kompleks dan memiliki akurasi tinggi (Izzulhaq & Alamsyah, 2024). Aplikasi ini dimaksudkan untuk menganalisis gambar tomat secara digital dan memberikan informasi mengenai tingkat kematangan buah tomat dan diklasifikasikan sesuai dengan tingkat kematangannya tanpa memerlukan keterampilan khusus dari pengguna (Patimah, 2024). Dengan mengetahui tingkat kematangan buah tomat, maka petani dapat menentukan waktu panen yang tepat dan mencegah kerugian akibat buah yang telat dipanen atau dipanen terlalu cepat.

Peneliti merasa penting untuk mengembangkan aplikasi yang menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network (CNN)* dalam proses klasifikasi kematangan buah tomat melalui citra digital (Yusman et al., 2023). Harapannya, aplikasi ini dapat membantu petani membuat keputusan yang lebih akurat dan tepat waktu, serta mengurangi kesalahan yang sering terjadi dalam menilai kematangan tomat secara manual (Hawibowo, 2024). Dari latarbelakang diatas maka peneliti akan melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Aplikasi Klasifikasi Kematangan Buah Tomat Berbasis Citra Digital Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN)”. Dengan demikian, diharapkan dapat meningkatkan hasil panen tomat di Desa Cisantana dan memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi pertanian di Indonesia, khususnya di Kabupaten Kuningan.

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat potensi kesalahan dalam klasifikasi kematangan buah tomat secara manual oleh petani di Desa Cisantana dikarenakan subjektif dan bergantung pada pengalaman petani.
2. Proses klasifikasi manual membutuhkan waktu yang cukup lama dan membutuhkan banyak tenaga, terutama selama masa panen yang sangat panjang.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, dapat dirumuskan permasalahan yaitu:

1. Bagaimana mengimplementasikan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) yang mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan buah tomat secara akurat dan efisien?
2. Bagaimana merancang dan membangun aplikasi klasifikasi tingkat kematangan buah tomat untuk membantu petani di Desa Cisantana?

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibatasi dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada klasifikasi tingkat kematangan buah tomat ke dalam tiga kategori, yaitu:
 1. Mentah
 2. Setengah Matang
 3. Matang
2. Penelitian ini akan menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengklasifikasikan tingkat kematangan buah tomat.
3. Aplikasi ini berbasis android.
4. Citra yang akan digunakan dalam penelitian ini berjumlah 3.000 gambar tomat, yang terdiri dari 1.000 gambar untuk setiap kelasnya, yaitu kelas mentah, setengah matang, dan matang.

5. Dataset dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu 80% untuk data training, 10% untuk data validation, dan 10% untuk data testing.
6. Penelitian ini dibatasi pada penggunaan arsitektur MobileNetV2 sebagai model utama untuk proses klasifikasi citra.
7. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan aplikasi klasifikasi kematangan tomat berbasis citra digital yang dapat digunakan oleh petani sebagai pengguna utama.
8. Pengujian aplikasi dibatasi pada jarak antara kamera dan objek sebesar 10 cm hingga 20 cm, karena pada rentang tersebut sistem dapat mengidentifikasi objek dengan akurat. Jarak lebih dari 20 cm aplikasi tidak dapat melakukan identifikasi secara optimal.

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk merancang aplikasi berbasis citra digital yang dapat mengklasifikasikan tingkat kematangan buah tomat menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network (CNN)*.
2. Untuk menguji apakah algoritma *Convolutional Neural Network (CNN)* yang digunakan dalam penelitian ini mampu menghasilkan klasifikasi tingkat kematangan buah tomat yang konsisten dan akurat sesuai dengan kebutuhan petani di Desa Cisantana.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Manfaat Teoritis:

1. Meningkatkan pengetahuan peneliti tentang penerapan algoritma *Convolutional Neural Network (CNN)* dalam pengolahan gambar digital untuk klasifikasi kematangan buah tomat.
2. Meningkatkan pemahaman tentang bagaimana teknologi informasi dapat membantu meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil pertanian.

3. Menjadi referensi untuk penelitian lanjutan tentang pengembangan aplikasi pertanian berbasis gambar digital
4. Memberikan pengalaman praktis dalam proses pengumpulan data, pelatihan model, dan pengujian dan penerapan aplikasi di dunia nyata
5. Memberikan wawasan bagi petani tentang bagaimana teknologi dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dan hasil pertanian mereka.

Manfaat Praktis:

1. Untuk Petani:
 - a. Membantu petani dalam menentukan waktu panen yang tepat berdasarkan tingkat kematangan tomat, sehingga dapat meningkatkan hasil panen yang berkualitas.
 - b. Deteksi kematangan yang presisi membantu petani meminimalkan risiko kerusakan buah akibat pemanenan terlalu dini atau terlalu matang.
 - c. Dengan teknologi klasifikasi berbasis citra digital, petani dapat memilah tomat secara cepat dan akurat, menghemat waktu dibandingkan dengan cara manual.
2. Untuk Peneliti:
 - a. Menambah wawasan dalam bidang klasifikasi citra digital, khususnya dalam penerapannya pada sektor agrikultur, yang masih terus berkembang.
 - b. Peneliti mendapatkan pemahaman praktis tentang cara kerja algoritma Convolutional Neural Network (CNN) dan penerapannya.

1.7 Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah algoritma *Convolutional Neural Network (CNN)* dapat digunakan secara akurat dan efisien untuk merancang aplikasi berbasis citra digital yang mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan buah tomat?
2. Apakah petani di Desa Cisantana membutuhkan sistem klasifikasi tingkat kematangan buah tomat yang konsisten dan akurat menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network (CNN)* seperti yang digunakan dalam penelitian ini?

1.8 Hipotesis Penelitian

Sebagai dasar pengujian dalam penelitian ini, peneliti merumuskan hipotesis sebagai berikut:

1. Aplikasi klasifikasi kematangan tomat berbasis *Convolutional Neural Network (CNN)* mampu menghasilkan klasifikasi yang akurat.
2. Aplikasi klasifikasi berbasis *Convolutional Neural Network (CNN)* dapat membantu petani dalam mengidentifikasi tingkat kematangan tomat secara lebih efektif dibandingkan metode manual.

1.9 Metodologi Penelitian

Metode penelitian adalah proses atau cara ilmiah untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk keperluan penelitian. Adapun metodologi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1.9.1 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan yaitu:

a. Observasi

Mengamati bagaimana petani di Desa Cisantana mengklasifikasikan buah tomat secara manual untuk mengetahui kesulitan dan kebutuhan mereka.

b. Wawancara

Mengumpulkan informasi dari petani di Desa Cisantana untuk mendapatkan informasi yang mendalam dengan tujuan untuk memahami kebutuhan.

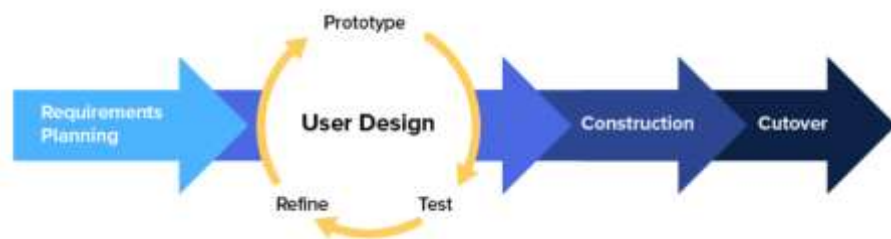
c. Studi Pustaka

Mempelajari literatur tentang pengembangan aplikasi berbasis

Convolutional Neural Network (CNN), teknik klasifikasi gambar digital, dan studi kasus pertanian serupa.

1.9.2 Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah *Rapid Application Development (RAD)*. *Rapid Application Development (RAD)* yaitu suatu pendekatan berorientasi objek terhadap pengembangan sistem yang mencakup suatu metode pengembangan serta perangkat-perangkat lunak (Ajis et al., 2022).



Gambar 1. 1 Model Rapid Application Development (Kurniadi et al., 2019)

Adapun tahapan dalam pengembangan model RAD, terdiri dari 4 tahapan yaitu:

1. Rencana Kebutuhan (*Requirements Planning*)

Pada tahap ini, pengembang mengumpulkan informasi yang relevan dengan melibatkan seluruh pemangku kepentingan dan pengguna untuk menentukan kebutuhan sistem yang akan dikembangkan. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada serta solusi yang tepat untuk mengatasinya.

2. Design Pengguna (*User Design*)

Pada tahap ini, peneliti mulai merancang aplikasi klasifikasi kematangan buah tomat dengan tujuan memastikan aplikasi tersebut sesuai dengan kebutuhan petani, dengan menggunakan *Unified Modeling Language (UML)* untuk menggambarkan sistem dan alur kerja aplikasi secara jelas dan terstruktur sehingga mudah dipahami. Design pengguna memiliki tiga bagian, seperti:

- a) Prototype

Prototype adalah model awal yang menunjukkan fungsi atau

fitur aplikasi yang akan dibuat sebelum sistem sepenuhnya dibangun.

b) Refine

Proses penyempurnaan desain atau prototype berdasarkan masukan pengguna.

c) Test

Proses untuk memastikan bahwa sistem memenuhi kebutuhan pengguna dan berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

3. Construction

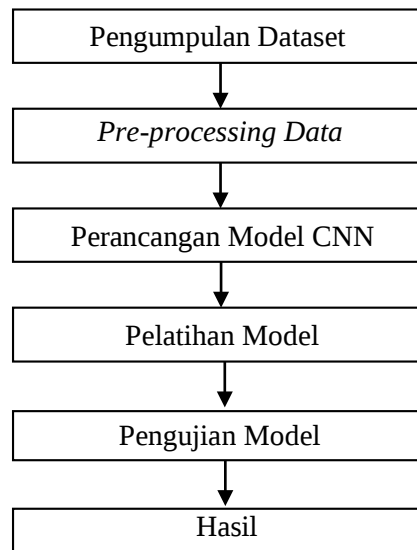
Pada tahap ini aplikasi mulai dibangun atau dikembangkan berdasarkan desain yang telah disusun pada tahap sebelumnya. Dimulai dengan menulis kode dan berbagai komponen sistem diimplementasikan dan diuji untuk memastikan bahwa aplikasi berfungsi dengan baik.

4. Cutover

Pada tahap ini, aplikasi yang telah dibangun selama tahap *construction* mulai diterapkan dan digunakan oleh pengguna.

1.9.3 Metode Penyelesaian Masalah

Proses yang dilakukan pada rancang bangun aplikasi klasifikasi kematangan buah tomat terdiri dari beberapa tahapan seperti Pengumpulan data, *pre-processing*, perancangan model CNN, pelatihan model, dan pengujian model. Adapun tahapan pada penelitian dapat dilihat pada gambar 1.2.



Gambar 1. 2 Tahapan Penelitian

1. Pengumpulan Dataset

Dalam penelitian ini, tahap pertama melibatkan pengumpulan dataset buah tomat yang akan digunakan. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian, serta data sekunder yang diambil dari platform Kaggle dan OpenML. Dataset yang digunakan berjumlah 3000 citra buah tomat yang terbagi dalam tiga kelas, yaitu Mentah, Setengah Matang, dan Matang. Kemudian, dataset tersebut dibagi menjadi data training, data testing, dan data validasi untuk setiap kelas dalam dataset.

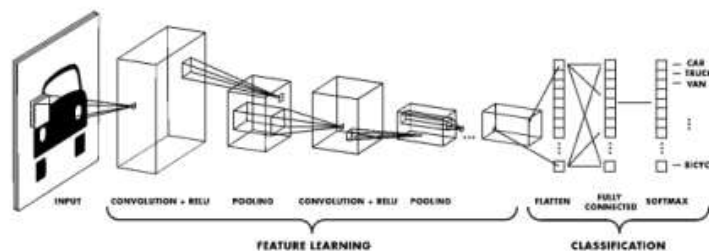
2. *Pre-processing Data*

Pada penelitian ini preprocessing data dilakukan melalui beberapa langkah penting. Pertama, data citra diperiksa dan dibersihkan dengan menghapus gambar yang buram, rusak, atau tidak relevan. Selanjutnya, ukuran gambar diseragamkan, yaitu menjadi 224x224 piksel, agar sesuai dengan kebutuhan model CNN. Untuk meningkatkan keberagaman data,

dilakukan augmentasi seperti rotasi, pencerminan, dan penyesuaian pencahayaan. Setiap gambar diberi label sesuai tingkat kematangan, seperti "Mentah", "Setengah Matang", dan "Matang" lalu hasil *preprocessing* ditampilkan untuk memastikan data siap digunakan.

3. Perancangan Model Arsitektur CNN

Dalam penelitian ini, peneliti memilih untuk menggunakan arsitektur *Convolutional Neural Network (CNN)* dengan pendekatan machine learning, memanfaatkan model MobileNetV2. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk dapat memanfaatkan pengetahuan yang telah dipelajari oleh MobileNetV2 tentang fitur dasar citra, seperti tekstur, warna, dan pola, tanpa perlu melatih model dari awal. Hal ini dapat mengurangi waktu dan sumber daya komputasi yang diperlukan. *Convolutional Neural Network (CNN)* terdiri dari dua lapisan utama dalam arsitekturnya, yaitu *feature learning layer* dan *classification layer*. Masing-masing lapisan ini memiliki peran yang sangat penting dalam proses pengenalan citra.



Gambar 1. 3 Arsitektur Model CNN (Hendriyana & Yazid Hilman Maulana, 2020)

Adapun tiga langkah utama dalam *Convolutional Neural Network (CNN)* yaitu:

1. Convolutional Layer

Lapisan ini merupakan fitur penting dari citra, di mana konvolusi

menggunakan filter untuk mendeteksi pola atau fitur lokal seperti tepi dan tekstur, sementara ReLU diterapkan setelah konvolusi untuk memperkenalkan non-linear dengan mengubah nilai negatif menjadi nol dan mempertahankan nilai positif, sehingga memungkinkan jaringan untuk mempelajari pola yang lebih kompleks.

$$\begin{bmatrix} 23 & 25 & 0 & 21 & 22 \\ 23 & 25 & 0 & 0 & 25 \\ 25 & 25 & 0 & 20 & 20 \\ 20 & 25 & 24 & 0 & 25 \\ 25 & 24 & 0 & 25 & 24 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 125 & 65 & 38 \\ 117 & 29 & 74 \\ 80 & 93 & 40 \end{bmatrix}$$

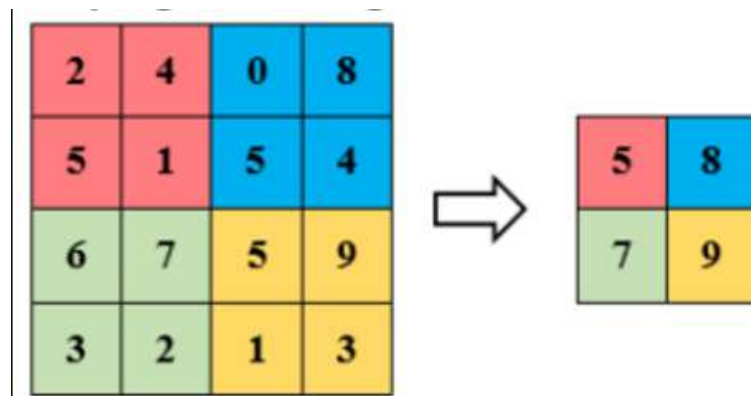
Gambar 1. 4 Lapisan Convolutional (Yanto et al., 2021)

2. ReLU

Lapisan ReLU adalah bagian dari jaringan saraf tiruan (*neural network*) yang menerapkan fungsi aktivasi ReLU (*Rectified Linear Unit*) pada output dari lapisan sebelumnya. Fungsinya adalah untuk memperkenalkan non-linearitas ke dalam jaringan, sehingga model bisa mempelajari pola yang lebih kompleks dan tidak hanya hubungan linear. Dalam konteks arsitektur jaringan, lapisan ReLU tidak memiliki bobot (*weight*) seperti lapisan neuron biasa, yang hanya mengubah nilai-nilai yang masuk dengan aturan yaitu jika suatu nilai kurang dari nol, maka akan diubah menjadi nol, dan jika lebih dari nol, nilainya dibiarkan.

3. Pooling Layer

Lapisan ini berfungsi untuk memperkecil dimensi data yang akan diproses, terutama jika ukuran citra sangat besar. Pada *Max Pooling*, nilai terbesar dari setiap kelompok data akan dipilih untuk diteruskan ke tahap berikutnya, sementara nilai yang lebih kecil akan diabaikan.



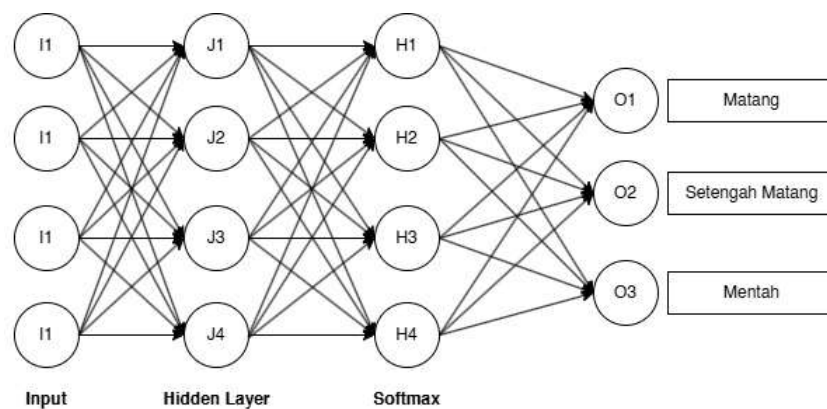
Gambar 1. 5 Lapisan Max Pooling (Profile, 2022)

4. Flattening Layer

Flattening layer adalah lapisan dalam jaringan saraf tiruan yang berfungsi untuk mengubah data multidimensi (misalnya dari citra 2D) menjadi vektor 1 dimensi, sehingga bisa diproses oleh lapisan *fully connected* (*dense layer*).

5. Fully Connected Layer

Fully Connected Layer atau sering disebut *Dense Layer* adalah jenis lapisan dalam jaringan saraf tiruan di mana setiap neuron terhubung dengan semua neuron di lapisan sebelumnya. Lapisan ini biasa digunakan di akhir arsitektur *neural network*, terutama untuk melakukan klasifikasi atau prediksi akhir.



Gambar 1. 6 Lapisan Fully Connected

4. Pelatihan Model

Pada tahap ini model diajarkan untuk mengenali pola gambar. Setelah itu, dihitung seberapa besar kesalahan (loss) antara hasil prediksi dengan data asli. Proses ini diulang berkali-kali sampai model bisa menghasilkan prediksi yang cukup akurat untuk data baru.

5. Pengujian Model

Pada tahap ini model yang telah dilatih selanjutnya diuji menggunakan data testing untuk mengevaluasi seberapa baik model dapat mengenali pola atau membuat prediksi pada data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya. Proses ini bertujuan untuk mengukur performa model dan memastikan apakah model dapat melakukan prediksi dengan baik. Pengujian model ini menggunakan F1 score sebagai metrik untuk mengukur kinerja model.

1. Permohonan Judul
Menentukan fokus utama atau masalah yang akan diteliti.
2. Pengumpulan Data
Melaksanakan proses pengumpulan data di lapangan melalui observasi dan wawancara dengan pemangku kepentingan serta melakukan pengambilan dataset.
3. Penyusunan Proposal
Menyusun proposal penelitian mulai dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan, metode, hingga jadwal kegiatan penelitian.
4. Seminar Proposal
Mempresentasikan proposal penelitian kepada tim penguji dan dosen pembimbing sebelum penelitian dilanjutkan ke tahap berikutnya.
5. Perancangan Aplikasi
Perancangan serta pembuatan aplikasi yang dibutuhkan
6. Penyusunan Laporan Penelitian
Menyusun laporan penelitian mulai dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan, metode, jadwal kegiatan penelitian, hasil, hingga kesimpulan.
7. Seminar Hasil Penelitian
Mempresentasikan hasil penelitian kepada tim penguji dan dosen pembimbing untuk meningkatkan kualitas penelitian lebih lanjut.
8. Sidang Akhir
Mempresentasikan hasil penelitian kepada tim penguji.

1.11 Sistematika Penelitian

Penulisan laporan penelitian ini disusun secara sistematis menjadi beberapa bab sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang Latar Belakang Masalah, Identifikasi Masalah, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Pertanyaan Penelitian, dan Hipotesis Penelitian.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini membahas teori-teori yang relevan dengan penelitian, seperti konsep klasifikasi citra, algoritma Convolutional Neural Network (CNN), citra digital, aplikasi android, serta teknologi pendukung seperti MobileNetV2, TensorFlow, dan Rapid Application Development (RAD). Bab ini juga mencakup penelitian terdahulu dan kerangka teori.

BAB III : ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan analisis sistem yang sedang berjalan dan sistem yang diusulkan, termasuk analisis kebutuhan fungsional dan non-fungsional. Bab ini juga menjelaskan perancangan sistem yang mencakup arsitektur CNN, UML, dan diagram rich picture.

BAB IV : IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini memuat proses implementasi sistem klasifikasi kematangan buah tomat, termasuk pengumpulan dataset, preprocessing data, pelatihan model CNN dengan MobileNetV2, serta pengujian sistem menggunakan metrik seperti akurasi, recall, dan F1-score. Pengujian juga dilakukan menggunakan metode blackbox testing, whitebox testing, pengujian berdasarkan jarak, dan pengujian user acceptance testing.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir memuat kesimpulan dari penelitian berdasarkan hasil yang diperoleh, serta memberikan saran untuk pengembangan dan penelitian lebih lanjut.