

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Padi merupakan komoditas pertanian utama di Indonesia yang berperan penting dalam ketahanan pangan nasional. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi padi nasional pada tahun 2021 mengalami penurunan sekitar 0,43% dibandingkan tahun sebelumnya [1]. Salah satu faktor yang berkontribusi terhadap penurunan produktivitas tersebut adalah ketidakseimbangan unsur hara atau nutrisi pada lahan pertanian, terutama defisiensi makro nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) [2].

Nutrisi makro N, P, dan K memiliki peran penting dalam proses fisiologis tanaman padi. Kekurangan nitrogen menyebabkan daun menguning (klorosis) dan pertumbuhan terhambat, defisiensi fosfor mengakibatkan daun berwarna hijau gelap atau keunguan serta pembentukan gabah hampa, sedangkan kekurangan kalium memicu nekrosis pada tepi daun dan daun menggulung [3]. Dampak lanjutan dari defisiensi ini adalah penurunan hasil panen serta peningkatan kerentanan terhadap hama dan penyakit [2].

Identifikasi kekurangan nutrisi secara manual masih mengandalkan observasi visual yang membutuhkan keahlian khusus dan sering kali tidak akurat. Oleh karena itu, diperlukan sistem otomatis yang dapat membantu petani dalam diagnosis dini kondisi tanaman secara cepat dan tepat. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah pemanfaatan Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk klasifikasi kekurangan nutrisi berdasarkan citra daun [4]. Perubahan warna dan tekstur pada daun akibat defisiensi nutrisi dapat terekam dalam citra digital, sehingga memungkinkan model *deep learning* untuk mempelajari pola-pola tersebut secara otomatis.

Teknologi Jaringan Saraf Tiruan (JST), khususnya *Convolutional Neural Network* (CNN), lebih efektif dalam tugas klasifikasi citra karena kemampuannya mengekstraksi fitur secara hierarkis tanpa perlu rekayasa fitur manual [3]. Untuk mengatasi keterbatasan *dataset* yang sering terjadi di bidang pertanian, pendekatan *transfer learning* dapat digunakan. Metode ini memanfaatkan model yang telah dilatih pada *dataset* besar seperti ImageNet dan menyesuaikannya untuk tugas spesifik dengan data terbatas, sehingga meningkatkan efisiensi dan akurasi [5].

Penelitian sebelumnya mengimplementasikan arsitektur ResNet-50 dan ResNet-152 untuk klasifikasi defisiensi nutrisi pada tanaman padi menggunakan *dataset* dari Kaggle (1.156 citra) dan berhasil mencapai akurasi tertinggi 97,73% [6]. Meskipun mencapai akurasi tinggi, arsitektur ResNet memiliki jumlah parameter yang besar sehingga membutuhkan sumber daya komputasi yang tidak sedikit.

Pada penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah *Convolutional Neural Network* (CNN), salah satu varian dari Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan arsitektur EfficientNet-B0. Arsitektur ini dipilih karena lebih efisien secara komputasi dalam menangani *dataset* terbatas [6]. Jumlah parameter yang digunakan EfficientNet-B0 jauh lebih sedikit yaitu sekitar 5,3 juta dibandingkan beberapa arsitektur lain seperti ResNet-50 yang memiliki 25,6 juta parameter. EfficientNet-B0 menawarkan potensi akurasi kompetitif dengan beban komputasi yang lebih ringan, sehingga lebih cocok untuk implementasi di perangkat dengan sumber daya terbatas [6] [7].

Penelitian ini memiliki pembaruan berupa penerapan arsitektur EfficientNet-B0 dengan *transfer learning* untuk klasifikasi defisiensi N, P, K pada tanaman padi, yang sejauh pengetahuan penulis belum banyak dilakukan [7]. Lalu kombinasi *preprocessing* sederhana seperti *resize* 224×224, normalisasi, dan augmentasi ringan yang lebih ringan, namun tetap menghasilkan performa yang baik. Evaluasi model tidak hanya pada akurasi, tetapi juga *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *confidence score* untuk mengukur keandalan prediksi.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif model yang lebih efisien dan tetap akurat untuk membantu petani dalam mendeteksi dini kekurangan nutrisi tanaman padi. Model ini berpotensi diintegrasikan ke dalam aplikasi *mobile* atau sistem IoT di masa mendatang.

## 1.2 Penelitian Terkait

Pada penelitian ini, penulisan terkait berisi uraian singkat dan perbandingan terhadap riset yang telah dilakukan sebelumnya, dan menjadi acuan literasi dalam pembuatan tugas akhir ini. Referensi jurnal penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Rujukan Utama

| No. | Peneliti                         | Tahun | Judul                                                                                                                                          |
|-----|----------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Deva Aulia Putri Oktavia,<br>dkk | 2022  | Klasifikasi Gejala Defisiensi Nutrisi Pada Tanaman Padi Menggunakan CNN Dengan Arsitektur Resnet-50 [6]                                        |
| 2.  | Talukder M dan Sarkar A          | 2023  | Nutrients deficiency diagnosis of rice crop by weighted average ensemble learning [2].                                                         |
| 3.  | Kaiwen Hu, Honghui Li<br>dkk     | 2024  | Customized Weighted Ensemble of Modified Transfer Learning Models for the Detection of Sugarcane Leaf Diseases [8].                            |
| 4.  | Voon dkk.                        | 2023  | Evaluating the effectiveness of stain normalization techniques in automated grading of invasive ductal carcinoma histopathological images [9]. |
| 5.  | Hossen dkk                       | 2025  | Transfer learning in agriculture: a review [4].                                                                                                |

Penelitian [6] mengimplementasikan *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur ResNet-50 dan ResNet-152 untuk klasifikasi defisiensi nutrisi pada tanaman padi. *Dataset* yang digunakan terdiri dari 1.156 citra daun padi yang mengalami defisiensi nutrisi, yang telah melalui proses *preprocessing*, augmentasi dan CLAHE untuk meningkatkan akurasi klasifikasi. Pelatihan dilakukan dengan membagi *dataset* menjadi 80% data latih dan 20% data validasi, menggunakan parameter seperti *batch size* 64, resolusi gambar 512×512 piksel, 30 *epoch*, dan *learning rate* 0,001. Hasil terbaik menunjukkan bahwa model ResNet-50 mencapai akurasi tertinggi sebesar 97,73% pada data dengan *preprocessing* CLAHE. Hasil tersebut lebih unggul dibandingkan ResNet-152 yang mencapai 94,48%. Evaluasi

menggunakan *Confusion Matrix* dan metrik lainnya menunjukkan performa yang sangat baik dalam membedakan tiga kelas makro nutrisi yaitu Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K). Hasil ini menegaskan keunggulan ResNet-50 dalam akurasi dan konsistensi hasil, memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknologi pendeteksi dini defisiensi nutrisi tanaman padi yang otomatis dan akurat berbasis kecerdasan buatan.

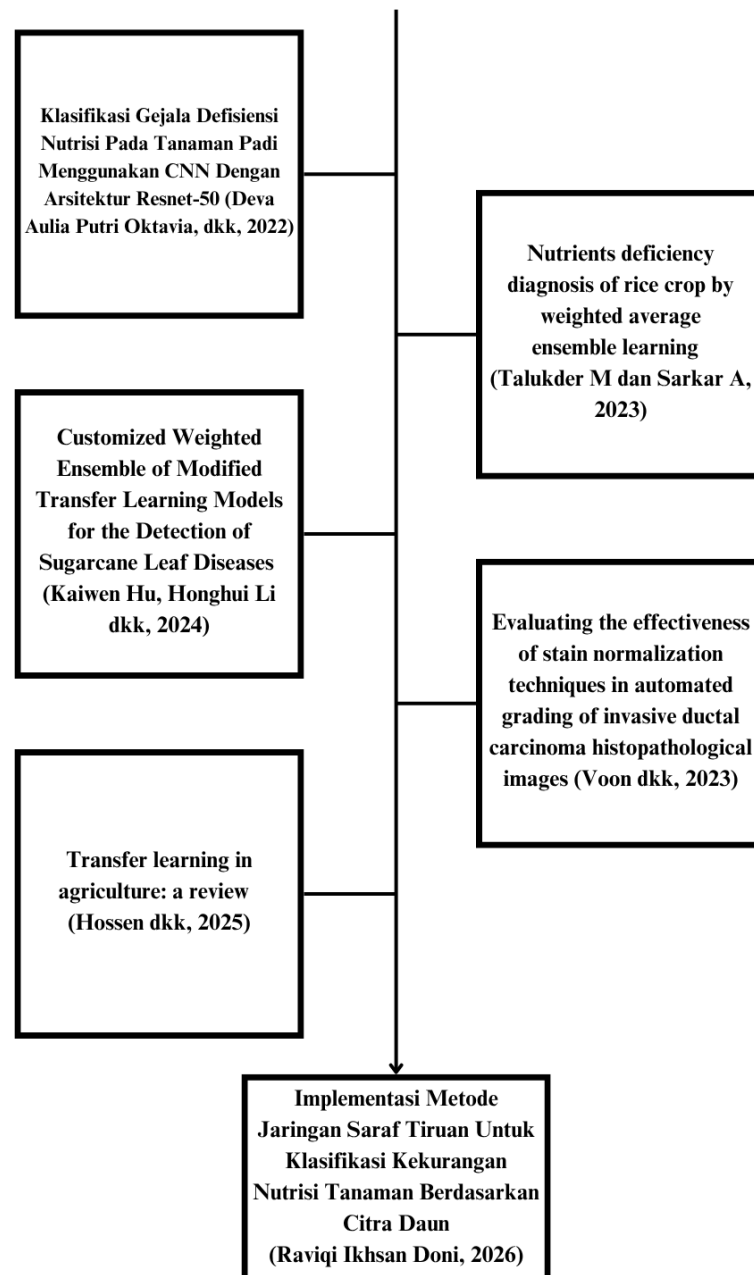
Penelitian [2] mengimplementasikan model *Deep Ensemble Convolutional Neural Network* (DECNN) untuk diagnosis defisiensi nutrisi pada tanaman padi. *Dataset* yang digunakan berupa citra daun padi yang menunjukkan gejala kekurangan nutrisi. Penelitian ini menekankan bahwa warna dan bentuk daun dapat digunakan untuk mendeteksi defisit nutrisi secara visual. Model *ensemble* yang dikembangkan menggabungkan beberapa arsitektur CNN seperti ResNet50, EfficientNetB0, dan MobileNetV2, mencapai akurasi hingga 98%. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan *ensemble learning* efektif untuk meningkatkan akurasi diagnosis dibandingkan model tunggal. Penelitian ini relevan sebagai pembandingan karena menggunakan objek dan tujuan yang sama, serta menunjukkan potensi EfficientNetB0 sebagai salah satu arsitektur dasar yang efektif.

Penelitian [8] mengembangkan model deteksi penyakit daun tebu menggunakan *modified* EfficientNetB0 dengan pendekatan *transfer learning*. *Dataset* yang digunakan terdiri dari 4.800 citra daun tebu yang terbagi dalam enam kategori penyakit. Model dimodifikasi dengan penambahan *dense layers*, *batch normalization*, dan *dropout layers* untuk meningkatkan performa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *modified* EfficientNetB0 mencapai akurasi 97,08–98,54%, yang merupakan tertinggi di antara model tunggal yang diuji. Penelitian ini membuktikan efektivitas EfficientNetB0 untuk klasifikasi citra daun tanaman dengan *dataset* terbatas. Hal ini mendukung pemilihan arsitektur EfficientNetB0 dalam penelitian yang dilakukan, karena terbukti mampu memberikan akurasi kompetitif pada domain tanaman.

Penelitian [9] mengevaluasi efektivitas teknik *stain normalization* pada klasifikasi gambar histopatologi kanker payudara menggunakan tujuh arsitektur CNN *pretrained*, termasuk EfficientNet-B0. Penelitian ini membandingkan

EfficientNet-B0 dengan arsitektur lain seperti ResNet-50 dan MobileNet. Hasilnya menunjukkan bahwa EfficientNet-B0 memiliki 5,3 juta parameter dan 0,39B FLOPs, jauh lebih ringan dibandingkan ResNet-50 yang memiliki 25,6 juta parameter. Studi ini juga menyimpulkan bahwa normalisasi warna tidak memberikan peningkatan signifikan pada kinerja klasifikasi. Penelitian ini menjadi sumber rujukan penting untuk data parameter dan efisiensi komputasi EfficientNet-B0, yang menjadi dasar pemilihan arsitektur dalam penelitian ini.

Penelitian [4] merupakan tinjauan pustaka komprehensif tentang penerapan *transfer learning* di bidang pertanian. *Review* ini mencakup tujuh area utama, termasuk deteksi defisiensi nutrisi tanaman, pengenalan spesies tanaman, dan deteksi penyakit. Penelitian ini mengidentifikasi bahwa *transfer learning* lebih baik daripada melatih CNN dari awal karena membutuhkan waktu dan data *training* yang lebih sedikit. *Review* ini juga membahas berbagai model *pretrained* yang digunakan, termasuk VGG, ResNet, EfficientNet, dan AlexNet, serta tantangan keterbatasan *dataset* berlabel di pertanian. Penelitian ini menjadi landasan teori yang kuat untuk menjelaskan mengapa pendekatan *transfer learning* dengan EfficientNet-B0 dipilih dalam penelitian ini, serta mendukung argumen bahwa TL adalah solusi efektif untuk *dataset* terbatas. Hubungan antar penelitian diperlihatkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1. Hubungan penelitian terkait

Berdasarkan Gambar 1.1 penelitian ini merancang sebuah sistem klasifikasi kekurangan nutrisi pada tanaman padi berbasis Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan menggunakan analisis citra daun. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model yang dapat mengklasifikasi gejala kekurangan nutrisi, seperti kekurangan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), berdasarkan perubahan warna dan tekstur pada citra daun tanaman padi. Sistem ini menggunakan *Transfer Learning* dengan

arsitektur EfficientNet-B0 untuk mengklasifikasikan kekurangan nutrisi secara akurat. Hasil klasifikasi diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna bagi petani dalam mengambil tindakan korektif lebih awal, sehingga meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen.

### 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang tersebut, berikut rumusan masalah pada penelitian ini yaitu.

1. Bagaimana desain dan implementasi model Jaringan Saraf Tiruan (JST), khususnya *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk klasifikasi kekurangan nutrisi tanaman padi berdasarkan citra daun?
2. Bagaimana performa model JST khususnya *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk klasifikasi kekurangan nutrisi tanaman padi berdasarkan citra daun?

### 1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mendesain dan mengimplementasikan metode Jaringan Saraf Tiruan (JST), khususnya *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk klasifikasi kekurangan nutrisi tanaman padi berdasarkan citra daun.
2. Mengevaluasi performa model JST, khususnya *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk klasifikasi kekurangan nutrisi tanaman padi berdasarkan citra daun.

### 1.5 Manfaat

Pada penelitian ini terdapat dua manfaat yang ingin di capai yaitu:

#### 1. Manfaat Akademis

Penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dan pengolahan citra digital.

#### 2. Manfaat Praktis

Penelitian ini memberikan informasi yang berguna bagi praktisi di industri pertanian, khususnya dalam upaya meningkatkan efisiensi dan efektivitas manajemen nutrisi tanaman. Hasil penelitian ini dapat diimplementasikan

dalam bentuk alat bantu berbasis JST yang memungkinkan petani untuk mengklasifikasi kekurangan nutrisi pada tanaman padi secara cepat dan akurat melalui analisis citra daun. Penggunaan teknologi ini dapat membantu petani untuk mengurangi ketergantungan pada pemeriksaan manual yang memakan waktu dan biaya, serta meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan tanaman.

### 1.6 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini diharapkan mempunyai fokus penelitian yang jelas, sehingga perlu adanya batasan masalah untuk menghindari meluasnya topik. Batasan-batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Model Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang digunakan adalah model *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur EfficientNet-B0 menggunakan pendekatan *Transfer Learning*, untuk klasifikasi kekurangan nutrisi tanaman padi berdasarkan citra daun.
2. Data yang digunakan berupa citra daun tanaman padi dan tidak mencakup semua jenis tanaman.
3. Kekurangan nutrisi yang dianalisis dibatasi pada jenis defisiensi nutrisi utama, seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K).
4. Pengambilan citra daun dilakukan berdasarkan data yang diambil dari Kaggle bukan data yang langsung diambil dari pertanian padi [10].
5. Penelitian ini tidak mencakup pengembangan perangkat keras untuk pengambilan citra daun, melainkan hanya berfokus pada pengolahan citra dan pengembangan model JST.
6. Hasil penelitian difokuskan pada tingkat akurasi model dalam mendeteksi dan mengklasifikasi kekurangan nutrisi berdasarkan *dataset* yang digunakan dan tidak mencakup implementasi komersial atau uji lapangan berskala besar.
7. *Dataset* sekunder dari Kaggle yang tidak menyertakan informasi kondisi pencahayaan (LUX) saat pengambilan gambar, sehingga penelitian tidak menganalisis pengaruh variasi intensitas cahaya terhadap performa model [10].

## 1.7 Kerangka Berpikir

Penelitian ini dimulai dari identifikasi masalah bahwa produksi padi nasional mengalami penurunan sebesar 0,43% pada tahun 2021 [1]. Salah satu penyebabnya adalah defisiensi nutrisi makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang menghambat pertumbuhan dan menurunkan hasil panen [2]. Identifikasi kekurangan nutrisi secara manual masih mengandalkan observasi visual yang membutuhkan keahlian khusus dan sering kali tidak akurat [4]. Di sisi lain, belum tersedia sistem otomatis yang dapat membantu petani dalam diagnosis dini defisiensi nutrisi secara cepat dan efisien.

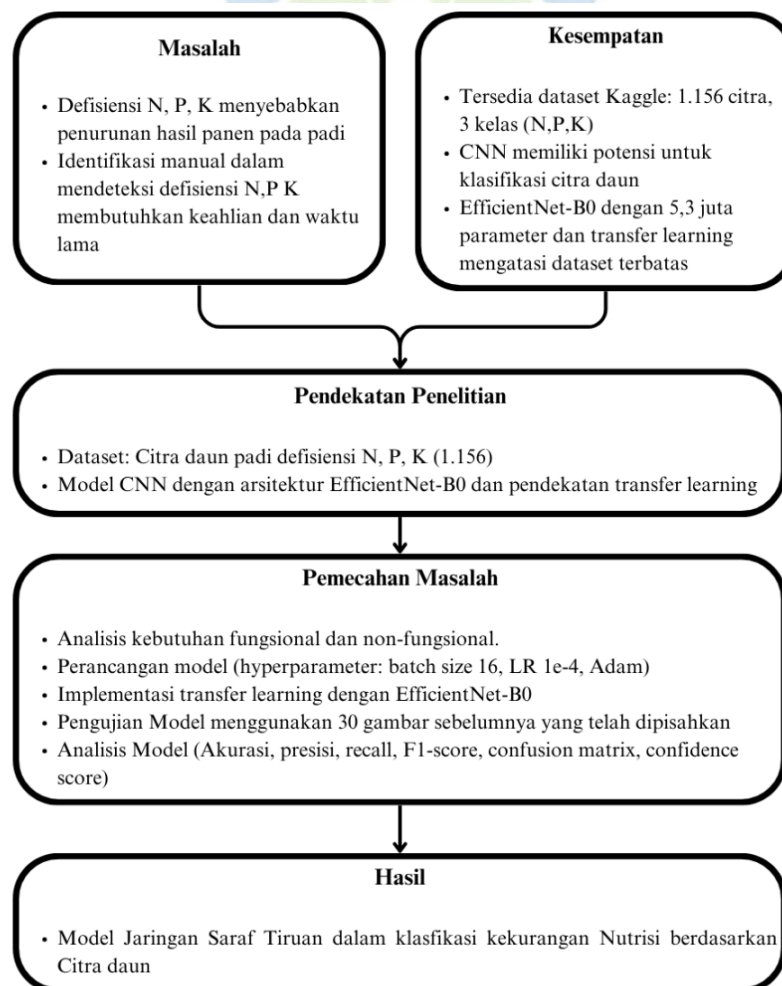
Peluang untuk mengatasi masalah ini datang dari perkembangan teknologi jaringan saraf tiruan (JST). Penelitian sebelumnya oleh Oktavia dkk. (2022) berhasil mengklasifikasikan defisiensi N, P, K menggunakan arsitektur ResNet-50 dengan akurasi 97,73%, namun arsitektur tersebut memiliki jumlah parameter besar (25,6 juta) sehingga membutuhkan sumber daya komputasi yang tinggi [6]. Sementara itu, tersedia *dataset* publik citra daun padi dengan gejala defisiensi N, P, K dari Kaggle yang dapat dimanfaatkan untuk pelatihan model. Arsitektur EfficientNet-B0 menawarkan efisiensi komputasi yang lebih baik dengan jumlah parameter hanya sekitar 5,3 juta, namun tetap mampu memberikan akurasi kompetitif dalam klasifikasi citra. Pendekatan *transfer learning* juga memungkinkan model memanfaatkan bobot pretrained dari ImageNet sehingga pelatihan menjadi lebih cepat dan efektif meskipun dengan *dataset* terbatas [7].

Berdasarkan peluang tersebut, penelitian ini mengambil pendekatan seperti pertama, menggunakan *dataset* citra daun padi defisiensi N, P, K dari Kaggle [10], lalu melakukan *preprocessing* berupa *resize* ke 224×224 piksel, normalisasi, dan augmentasi data untuk meningkatkan variasi. Lalu membangun model dengan *transfer learning* menggunakan EfficientNet-B0 sebagai *base model*, ditambah lapisan GlobalAveragePooling2D, Dropout(0.4), dan Dense Softmax untuk klasifikasi tiga kelas. Terakhir, melatih model dengan optimizer Adam, learning rate 1e-4, batch size 16, serta *callback* EarlyStopping dan ReduceLROnPlateau.

Pemecahan masalah dilakukan dengan mengimplementasikan metode JST tersebut, kemudian mengujinya menggunakan data uji yang belum pernah dilihat

model sebelumnya. Evaluasi performa model dilakukan secara komprehensif menggunakan metrik akurasi, presisi, *recall*, F1-score, *confusion matrix*, serta *confidence score* untuk mengukur tingkat keyakinan prediksi.

Hasil yang dicapai dari penelitian ini menunjukkan bahwa model EfficientNet-B0 mampu mengklasifikasikan defisiensi nutrisi N, P, K dengan *validation accuracy* mencapai 97% dan akurasi data uji sebesar 90%. Nilai rata-rata *precision*, *recall*, dan *F1-score* mencapai 0,95 untuk ketiga kelas, yang menandakan konsistensi kinerja model. Model juga mampu memberikan prediksi pada citra baru dengan *confidence score*  $\geq 65\%$  pada sebagian besar kasus. Dengan jumlah parameter yang jauh lebih kecil model ini menawarkan efisiensi komputasi yang lebih baik tanpa mengorbankan akurasi secara signifikan. Kerangka berpikir penelitian ini dapat dijelaskan pada seperti Gambar 1.2.



Gambar 1. 2. Kerangka berpikir

## 1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan aturan penyusunan data dan penulisan agar dapat menghasilkan penulisan yang baik. Sistematika penulisan penelitian ini terdiri dari:

### **BAB I: PENDAHULUAN**

Bab ini memperkenalkan latar belakang penelitian, menjelaskan pentingnya topik yang diangkat, dan mengidentifikasi rumusan masalah yang ingin dijawab. Selain itu, akan dijelaskan tujuan penelitian, batasan masalah, dan manfaat yang diharapkan dari penelitian. Pendahuluan berfungsi untuk memberikan konteks dan menjelaskan alasan di balik penelitian yang dilakukan.

### **BAB II: DASAR TEORI**

Pada bab ini, diuraikan teori-teori dan konsep-konsep Jaringan Saraf Tiruan, CNN, *Transfer Learning*, Pengolahan Citra Digital, Identifikasi kekurangan nutrisi pada tanaman padi, *Preprocessing* Citra serta Evaluasi Model.

### **BAB III: METODOLOGI PENELITIAN**

Bab metodologi penelitian ini akan menjelaskan langkah-langkah yang diambil dalam desain penelitian yang menggunakan pendekatan eksperimental berbasis data citra untuk mengembangkan model kecerdasan buatan. Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan teknik *Transfer Learning*, di mana model *pretrained* yang telah dilatih pada *dataset* sebelumnya digunakan sebagai dasar untuk mendeteksi kekurangan nutrisi pada daun tanaman padi.

### **BAB IV: PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI**

Bab perancangan dan implementasi ini akan menjelaskan Perancangan sistem seperti menjelaskan tentang diagram blok sistem, diagram alir pengembangan model dan rancangan *hyperparameter* inti. Bab ini juga menjelaskan implementasi sistem pada model Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk mengklasifikasi kekurangan nutrisi pada tanaman berdasarkan citra daun.

### **BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Bab ini menjelaskan skenario pengujian yang dilakukan, lalu menjelaskan hasil evaluasi model yang berisi grafik akurasi dan *loss*, *confusion matrix* serta *confidence score*.

## **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang telah dibahas pada bab sebelumnya, serta berisi saran terkait dengan apa saja yang harus dikembangkan pada model Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk mengklasifikasi kekurangan nutrisi pada tanaman berdasarkan citra daun.

