**IMPLEMENTASI CONVOLUTIONAL *NEURAL NETWORK (CNN)* UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT *BANANA LEAF SPOT DISEASES* (BANANA LSD) PADA TANAMAN PISANG.**

**SKRIPSI**



**Oleh:**

**BIMA DARMAJA SURYATAMA**

**201011400701**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS PAMULANG**

**TANGERANG SELATAN**

**2024**

**IMPLEMENTASI CONVOLUTIONAL *NEURAL NETWORK (CNN)* UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT *BANANA LEAF SPOT DISEASES* (BANANA LSD) PADA TANAMAN PISANG.**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Komputer



**Oleh:**

**BIMA DARMAJA SURYATAMA**

**201011400701**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS PAMULANG**

**TANGERANG SELATAN**

**2024**

|  |  |
| --- | --- |
|  | FAKULTAS ILMU KOMPUTER  PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA |

# **LEMBAR PERNYATAAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bima Darmaja Suryatama

NIM : 201011400701

Program Studi : Teknik Informatika

Fakultas : Ilmu Komputer Jenjang

Pendidikan : Strata 1

Menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul :

IMPLEMENTASI CONVOLUTIONAL *NEURAL NETWORK (CNN)* UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT *BANANA LEAF SPOT DISEASES* (BANANA LSD) PADA TANAMAN PISANG.

1. Merupakan hasil karya tulis ilmiah sendiri, bukan merupakan karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik oleh pihak lain, dan bukan merupakan hasil plagiat.
2. Saya ijinkan untuk dikelola oleh Universitas Pamulang sesuai dengan norma hukum dan etika yang berlaku

Pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab dan saya bersedia menerima konsekuensi apapun sesuai aturan yang berlaku apabila di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Tangerang Selatan, 9/24/2024

Bima Darmaja Suryatama

|  |  |
| --- | --- |
|  | FAKULTAS ILMU KOMPUTER  PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA |

# **LEMBAR PERSETUJUAN**

NIM : 201011400701

Nama : Bima Darmaja Suryatama

Program Studi : TEKNIK INFORMATIKA

Fakultas : ILMU KOMPUTER

Jenjang Pendidikan : STRATA 1

Judul Skripsi : IMPLEMENTASI CONVOLUTIONAL *NEURAL NETWORK (CNN)* UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT *BANANA LEAF SPOT DISEASES* (BANANA LSD) PADA TANAMAN PISANG.

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing untuk persyaratan siding skripsi

Tangerang Selatan, 9/24/2024

Pembimbing

Nama Pembimbing, S.Kom., M.Kom.

NIDN :

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Nama KaProdi, S.Kom., M.Kom.

NIDN :

|  |  |
| --- | --- |
|  | FAKULTAS ILMU KOMPUTER  PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA |

# **LEMBAR PENGESAHAN**

NIM : 201011400701

Nama : Bima Darmaja Suryatama

Program Studi : TEKNIK INFORMATIKA

Fakultas : ILMU KOMPUTER

Jenjang Pendidikan : STRATA 1

Judul Skripsi : IMPLEMENTASI CONVOLUTIONAL *NEURAL NETWORK (CNN)* UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT *BANANA LEAF SPOT DISEASES* (BANANA LSD) PADA TANAMAN PISANG.

Skripsi ini telah dipertahankan di hadapan dewan penguji ujian skripsi fakultas Ilmu Komputer, program studi Teknik Informatika dan dinyatakan LULUS.

Tangerang Selatan, 9/24/2024

|  |  |
| --- | --- |
| Penguji I | Penguji II |
|  |  |
| Nama Penguji I, S.Kom., M.Kom. | Nama Penguji I, S.Kom., M.Kom. |
| NIDN : | NIDN : |

|  |
| --- |
| Pembimbing |
| Nama Pembimbing, S.Kom., M.Kom.  NIDN : |
| Mengetahui,  Ketua Program Studi |
| Nama KaProdi, S.Kom., M.Kom.  NIDN : |
|  |

# ***ABSTRACT***

Banana, a primary fruit crop in Indonesia, faces significant production challenges due to diseases such as Banana Leaf Spot Diseases (BLSD). Early and accurate detection of BLSD is crucial to mitigate crop losses. Traditional visual inspection methods are often subjective and time-consuming. This study aims to develop a more efficient and accurate method for BLSD detection using Convolutional Neural Networks (CNNs).

CNNs, a type of deep learning architecture, have demonstrated exceptional performance in image recognition tasks. This research proposes a CNN-based model to classify three primary BLSD types: Sigatoka, Cordana, and Pestalotiopsis. The model will be trained and tested on a dataset of banana leaf images.

The specific objectives of this study include:

* Designing a robust CNN architecture tailored for BLSD classification.
* Evaluating the performance of the proposed model using relevant metrics.

The expected outcomes of this research are an accurate and efficient BLSD detection system that can assist farmers in making timely disease management decisions. Additionally, this study will contribute to the advancement of deep learning applications in agriculture

**Keyword:** Convolutional Neural Network, Banana Leaf Spot Diseases, image classification, deep learning, agriculture

# **ABSTRAK**

Pisang, tanaman buah utama di Indonesia, menghadapi tantangan produksi yang signifikan akibat penyakit seperti Penyakit Bercak Daun Pisang (BLSD). Deteksi dini dan akurat BLSD sangat penting untuk mengurangi kerugian panen. Metode inspeksi visual tradisional sering kali subjektif dan memakan waktu. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode yang lebih efisien dan akurat untuk deteksi BLSD menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Konvolusional (CNN).

CNN, salah satu jenis arsitektur pembelajaran mendalam, telah menunjukkan kinerja yang luar biasa dalam tugas pengenalan gambar. Penelitian ini mengusulkan model berbasis CNN untuk mengklasifikasikan tiga jenis BLSD utama: Sigatoka, Cordana, dan Pestalotiopsis. Model tersebut akan dilatih dan diuji pada kumpulan data gambar daun pisang.

Tujuan khusus dari penelitian ini meliputi:

• Merancang arsitektur CNN yang tangguh yang disesuaikan untuk klasifikasi BLSD.

• Mengevaluasi kinerja model yang diusulkan menggunakan metrik yang relevan.

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah sistem deteksi BLSD yang akurat dan efisien yang dapat membantu petani dalam membuat keputusan pengelolaan penyakit yang tepat waktu. Selain itu, penelitian ini akan memberikan kontribusi terhadap kemajuan aplikasi pembelajaran mendalam di bidang pertanian

Kata kunci: Jaringan Syaraf Tiruan Konvolusional, Penyakit Bercak Daun Pisang, klasifikasi gambar, pembelajaran mendalam, pertanian

# **KATA PENGANTAR**

# **DAFTAR ISI**

[**LEMBAR PERNYATAAN** ii](#_Toc178047267)

[**LEMBAR PERSETUJUAN** iii](#_Toc178047268)

[**LEMBAR PENGESAHAN** iv](#_Toc178047269)

[***ABSTRACT*** v](#_Toc178047270)

[**ABSTRAK** vi](#_Toc178047271)

[**KATA PENGANTAR** vii](#_Toc178047272)

[**DAFTAR ISI** viii](#_Toc178047273)

[**BAB I** 1](#_Toc178047274)

[**PENDAHULUAN** 1](#_Toc178047275)

[**1.1.** **Latar Belakang** 1](#_Toc178047276)

[**1.2.** **Identifikasi Masalah** 1](#_Toc178047277)

[**1.3.** **Rumusan Masalah** 2](#_Toc178047278)

[**1.5.** **Tujuan Penelitian** 3](#_Toc178047279)

[**1.6.** **Manfaat Penelitian** 3](#_Toc178047280)

[**BAB II** 4](#_Toc178047281)

[**Landasan Teori** 4](#_Toc178047282)

[2.1. Machine Learning 4](#_Toc178047283)

[2.2. Deep Learning 4](#_Toc178047284)

[2.3. Convolutional Neural Network (CNN) 5](#_Toc178047285)

[2.3.1. Convolutional Layer 5](#_Toc178047286)

[2.3.2. Rectified Linear Unit (ReLU) 6](#_Toc178047287)

[2.3.3. Pooling Layer 6](#_Toc178047288)

[2.3.4. Fully Connected Layer 7](#_Toc178047289)

[2.3.5. Softmax 7](#_Toc178047290)

[2.4. Penyakit Daun Tanaman Pisang 7](#_Toc178047291)

[2.4.1. Sigatoka 8](#_Toc178047292)

[2.4.2. Cordana 8](#_Toc178047293)

[2.4.3. Pestalotiopsis 9](#_Toc178047294)

[2.5. Python 10](#_Toc178047295)

[2.6. Tensorflow 11](#_Toc178047296)

# **BAB I**

# **PENDAHULUAN**

## **Latar Belakang**

Pisang merupakan salah satu tanaman buah utama di Indonesia, dengan luas panen selalu menempati posisi pertama. Produksi pisang sebagian besar berasal dari perkebunan rakyat. Namun, produksi pisang terancam oleh berbagai penyakit, salah satunya adalah Banana Leaf Spot Diseases (BLSD). BLSD disebabkan oleh beberapa jenis jamur, seperti Mycosphaerella musicola (Sigatoka), Cordana musae (Cordana), dan Microstroma sp. (Antraknosa). Penyakit ini dapat menyebabkan kerusakan daun yang signifikan, sehingga menurunkan hasil panen dan kualitas buah pisang.

Identifikasi penyakit daun pisang secara dini sangat penting untuk mengendalikan penyebaran penyakit dan meminimalkan kerugian ekonomi. Cara tradisional untuk mengidentifikasi penyakit daun pisang umumnya dilakukan secara visual oleh petani. Namun, metode ini seringkali tidak akurat dan tidak dapat mendeteksi penyakit pada tahap awal.

Oleh karena itu, diperlukan metode yang lebih akurat dan efisien untuk mengidentifikasi BLSD. Salah satu metode yang menjanjikan adalah penggunaan Convolutional Neural Network (CNN), yaitu salah satu jenis jaringan saraf tiruan yang telah terbukti efektif dalam tugas pengenalan citra. CNN mampu belajar dari data citra dan mengidentifikasi pola-pola yang terkait dengan penyakit tertentu.

## **Identifikasi Masalah**

1. Kesulitan dalam identifikasi penyakit daun pisang secara tradisional:

* Identifikasi visual oleh petani seringkali tidak akurat dan tidak dapat mendeteksi penyakit pada tahap awal.
* Hal ini dapat menyebabkan keterlambatan dalam pengambilan keputusan untuk mengendalikan penyakit, sehingga mengakibatkan kerusakan yang lebih parah pada tanaman pisang.

2. Potensi Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengatasi masalah identifikasi BLSD:

* CNN telah terbukti efektif dalam tugas pengenalan citra dan dapat digunakan untuk mengklasifikasikan BLSD pada daun pisang.
* CNN berpotensi untuk mengatasi masalah identifikasi BLSD secara akurat, efisien, dan terjangkau

## **Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang model CNN yang efektif untuk mengklasifikasikan BLSD pada daun pisang?
2. Bagaimana menguji kinerja model CNN yang telah dirancang?
3. **Batasan Penelitian**

Penelitian ini berfokus pada implementasi Convolutional Neural Network (CNN) untuk klasifikasi tiga jenis penyakit Banana Leaf Spot Diseases (Banana LSD) pada tanaman pisang, yaitu Sigatoka, Cordana, dan Pestalotiopsis, dengan menggunakan teknik pengolahan citra.

Identifikasi penyakit lain, serta metode selain pengolahan citra, tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian ini. Data gambar yang digunakan diperoleh dari sumber yang telah ditentukan, tanpa mempertimbangkan variabilitas lingkungan seperti kondisi cahaya atau sudut pengambilan gambar.Implementasi dan pengujian model dilakukan dalam skala laboratorium dan belum diuji secara lapangan. Validasi model di lapangan dengan kondisi riil belum termasuk dalam lingkup penelitian ini.

Akurasi model diukur berdasarkan dataset yang digunakan, tanpa analisis mendalam terhadap kesalahan klasifikasi. Model yang dikembangkan spesifik untuk penyakit daun pisang dan mungkin tidak dapat diaplikasikan langsung pada tanaman atau penyakit lain. Dengan batasan ini, penelitian diharapkan dapat terarah pada tujuan utama, yaitu mengembangkan dan menguji model CNN untuk klasifikasi tiga jenis penyakit Banana Leaf Spot Diseases pada tanaman pisang.

## **Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang model CNN yang efektif untuk mengklasifikasikan BLSD pada daun pisang.
2. Menguji kinerja model CNN yang telah dirancang dengan menggunakan data citra daun pisang yang terinfeksi BLSD.

## **Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Bagi Pengguna:

Pengguna akan mendapatkan manfaat dari metode identifikasi BLSD yang lebih akurat dan efisien. Model CNN yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat membantu petani mengidentifikasi BLSD pada daun pisang secara dini dan akurat, sehingga dapat meminimalkan kerugian ekonomi akibat penyakit ini.

Bagi Penulis :

Penelitian ini akan memberikan penulis pengetahuan dan keterampilan baru dalam bidang pengolahan citra digital dan jaringan saraf tiruan. Penulis akan belajar bagaimana merancang, melatih, dan mengevaluasi model CNN untuk tugas klasifikasi citra.

# **BAB II**

# **Landasan Teori**

## Machine Learning

Machine learning adalah ilmu pengembangan algoritme dan model secara statistik yang digunakan sistem komputer untuk menjalankan tugas tanpa instruksi eksplisit, mengandalkan pola serta inferensi sebagai gantinya. Sistem komputer menggunakan algoritme machine learnin*g* untuk memproses data historis berjumlah besar dan mengidentifikasi pola data. Hal ini memungkinkannya untuk memprediksi hasil yang lebih akurat dari set data input yang diberikan. Misalnya, ilmuwan data dapat melatih aplikasi medis untuk mendiagnosis kanker dari gambar sinar-x dengan cara menyimpan jutaan gambar yang dipindai dan diagnosis yang sesuai.[4]

agasan utama di balik machine learning adalah hubungan matematis yang ada antara semua kombinasi data input dan output. Model machine learning tidak mengetahui hubungan ini sebelumnya, tetapi dapat menerka jika diberikan set data yang cukup. Hal ini berarti setiap algoritme machine learning dibangun di seputar fungsi matematika yang dapat dimodifikasi.[]

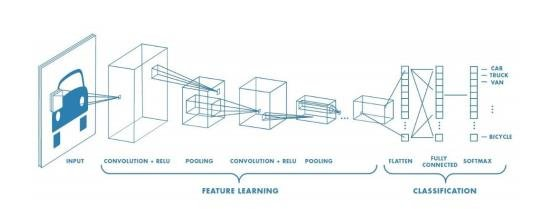
## **Deep Learning**

**Deep learning** adalah subbidang dari machine learning yang terinspirasi oleh struktur dan fungsi otak manusia. Ini melibatkan penggunaan jaringan saraf tiruan (artificial neural networks) dengan banyak lapisan (deep) untuk mempelajari representasi hierarkis dari data.

Deep learning memiliki kemapuan dalam mempelajari suatu representasi fitur yang kompleks secara otomatis. Selain itu, deep learning juga dapat memperbaiki dan mengoptimalkan parameter mereka dengan algoritma pembelajaran yang dikenal dengan istilah backpropagation. Deep learning memiliki beberapa algoritma yang dapat digunakan seperti recurrent neural network, self-organizing maps, convolutional neural network dan long short term memory network. Dengan algoritma tersebut, mereka dapat menghasilkan suatu output yang tepat dan akurat. [5]

## Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) adalah pengembangan dari Multilayer Perceptron (MLP) yang didesain untuk mengolah data dua dimensi. CNN termasuk dalam jenis Deep Neural Network karena kedalaman jaringan yang tinggi dan banyak diaplikasikan pada data citra Perbedaan mendasar antara CNN dan MLP terletak pada adanya operasi konvolusi dan struktur lapisan tersembunyi yang lebih kompleks pada CNN. [6]

Ilustrasi arsitektur CNN dapat dilihat pada gambar berikut.

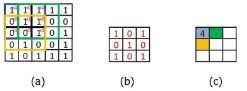
Gambar 1. Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN)

Dalam gambar tersebut, dapat dilihat bahwa arsitektur utama CNN terdiri dari proses input, pembelajaran fitur, klasifikasi, dan output. Pada proses pembelajaran fitur, terdapat beberapa lapisan tersembunyi, termasuk lapisan konvolusi (convolutional layer), fungsi aktivasi ReLU (Rectification Linear Unit), dan pooling. Selanjutnya, dalam proses klasifikasi terdapat fully connected layer dan fungsi aktivasi (softmax), kemudian diikuti oleh output.

### Convolutional Layer

Lapisan konvolusi adalah lapisan utama yang menjadi dasar arsitektur CNN. Dalam pemrosesan citra, konvolusi berarti menerapkan sebuah kernel pada citra di semua offset yang memungkinkan. Pada kebanyakan library yang menggunakan CNN, konvolusi juga disebut dengan cross-correlation, yang pada dasarnya adalah konvolusi tanpa membalik kernel Persamaan dan contoh operasi konvolusi dapat dilihat di bawah ini.

s(t)=(*x \* w*)(t)



Gambar 2. Contoh operasi konvolusi

### Rectified Linear Unit (ReLU)

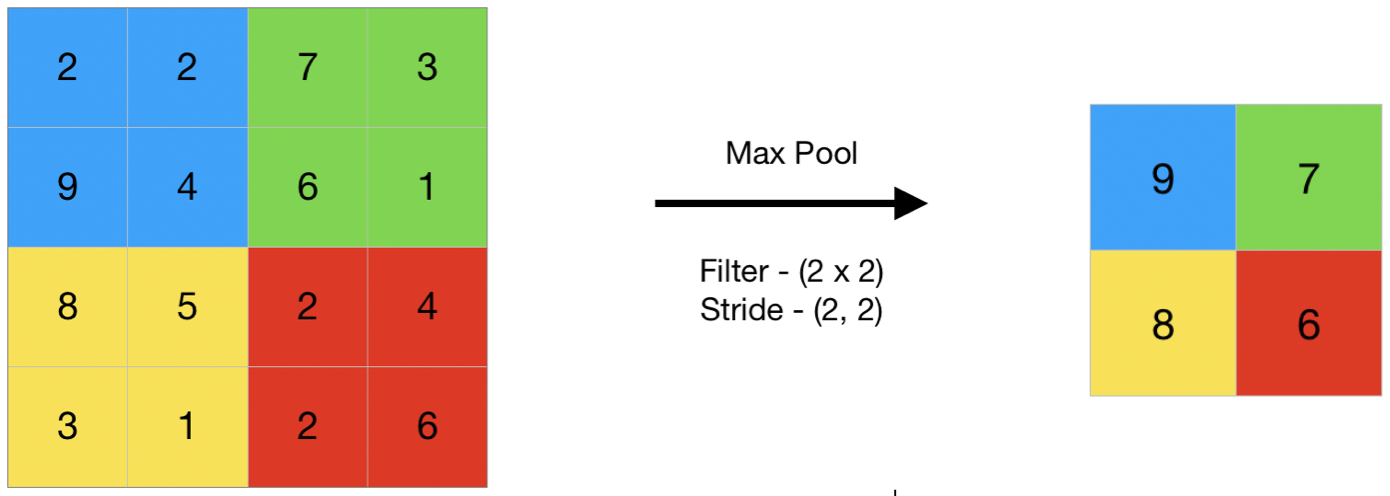
Fungsi aktivasi Rectified Linear Unit (ReLU) merupakan pilihan populer dalam arsitektur jaringan saraf tiruan, khususnya jaringan saraf konvolusional (CNN). ReLU dirancang untuk mengatasi permasalahan vanishing gradient yang kerap muncul pada jaringan dalam, dengan cara memperkenalkan non-linearitas dan meningkatkan kapasitas representasi model. Persamaan matematis dari fungsi ReLU dapat dilihat di bawah ini.

*f(x) = max(0,x)*

### Pooling Layer

Pooling atau subsampling adalah layer yang bertujuan untuk mengurangi ukuran matriks. Cara kerjanya adalah dengan membagi matriks menjadi beberapa grid kecil, kemudian mengambil nilai terbesar dari setiap grid. Persamaan dan contoh operasi pooling dapat dilihat di bawah ini.

y =



Gambar 3. Contoh operasi Pooling Layer

### Fully Connected Layer

Layer ini mengumpulkan hasil dari proses konvolusi. Layer ini menerima input dari output proses sebelumnya untuk mengidentifikasi fitur mana yang paling berkorelasi dengan kelas tertentu. Fungsi layer ini adalah untuk menyatukan semua node yang awalnya dua dimensi menjadi satu dimensi (vektor). Proses penyatuan semua node ini disebut juga dengan flatten. Persamaan dan ilustrasi fully connected layer dapat dilihat di bawah ini.

y =

### Softmax

Softmax adalah sebuah fungsi yang digunakan untuk mengubah vektor dari sejumlah bilangan real menjadi distribusi probabilitas. Artinya, output dari softmax adalah sekumpulan nilai antara 0 dan 1, di mana jumlah seluruh nilai ini adalah 1. Fungsi ini sangat berguna dalam masalah klasifikasi multi-kelas, di mana kita ingin menentukan kemungkinan suatu data termasuk ke dalam salah satu dari beberapa kelas yang ada. Persamaan softmax adalah

## Penyakit Daun Tanaman Pisang

Di seluruh dunia, pisang adalah salah satu buah yang paling umum, menyumbang hampir 8.juta - 9.juta dari tahun 2021-2022l. Namun, setiap tahunnya terjadi kehilangan hasil panen pisang dalam jumlah besar akibat berbagai penyakit pada daun pisang.[4] Penting untuk mengidentifikasi penyakit-penyakit ini sejak dini untuk meningkatkan produksi pisang. Inspeksi visual adalah metode paling umum untuk mengidentifikasi penyakit pada daun pisang. Citra penyakit banana leaf spot disease (BANANA LSD) terdiri dari 3 jenis penyakit yang dapat menyerang daun tanaman pisang. Ketiga jenis penyakit tersebut akan dideteksi pada penelitian ini dan ditunjukkan pada tabel berikut.

### Sigatoka

Sigatoka adalah penyakit daun pisang yang disebabkan oleh jamur Mycosphaerella. Penyakit ini sangat merusak dan dapat menyebabkan kerugian besar bagi petani pisang di seluruh dunia. Sigatoka dapat menurunkan hasil panen hingga 80% jika tidak segera ditangani. [7]

Jamur penyebab Sigatoka berkembang dengan baik pada kondisi lingkungan yang lembab dan hangat. Spora jamur mudah menyebar melalui angin, hujan, atau alat pertanian. Siklus penyakit Sigatoka dimulai dari spora yang menginfeksi permukaan daun, kemudian tumbuh menjadi koloni jamur dan menghasilkan spora baru. Spora-spora ini kemudian menginfeksi daun-daun di sekitarnya.



Gambar 4 Sigatoka

### Cordana

**Cordana** adalah jenis jamur yang menyebabkan penyakit bercak daun pada tanaman pisang. Secara spesifik, jamur yang bertanggung jawab adalah Cordana musae. Penyakit ini cukup umum ditemukan di berbagai daerah penanaman pisang. [8]

Ditandai oleh lesi nekrotik besar, berwarna coklat pucat, berbentuk oval hingga seperti gelendong dengan cincin konsentrik berwarna abu-abu pucat, dengan tepi coklat tua yang dikelilingi oleh lingkaran kuning cerah, memisahkan lesi dari jaringan daun yang sehat. Kerusakan paling besar terjadi ketika patogen masuk ke jaringan daun yang lemah karena usia, kondisi lingkungan yang buruk, kekurangan nutrisi, luka, atau melalui lesi yang disebabkan oleh patogen lain. Daun akhirnya berubah menjadi coklat dan kering.



Gambar 5 Cordana

### Pestalotiopsis

**Pestalotiopsis** adalah jenis jamur yang sering menyerang berbagai jenis tanaman, termasuk pisang. Jamur ini dapat menyebabkan berbagai macam penyakit, salah satunya adalah **bercak daun.**

Gejala awal penyakit ini adalah bercak-bercak sempit berwarna cokelat tua yang kemudian berubah menjadi bercak cokelat tidak beraturan. Bercak-bercak tersebut secara bertahap menyebar dari tengah daun ke tepi, dan muncul titik-titik cokelat tua pada daun yang sakit. Terdapat batas jelas berwarna kuning keemasan di sekitar bercak. Jaringan yang rusak seringkali menutupi sepertiga hingga setengah dari daun yang terinfeksi. [9]



Gambar 6 Pestalotiopsis

## Python

**Python** adalah bahasa pemrograman berorientasi objek, interaktif, dan diinterpretasikan. Bahasa ini menggabungkan modul, pengecualian, pengetikan dinamis, tipe data dinamis tingkat tinggi, dan kelas. Python mendukung beberapa paradigma pemrograman di luar berorientasi objek, seperti prosedural dan fungsional. Python menggabungkan kekuatan luar biasa dengan sintaksis yang sangat jelas. Bahasa ini memiliki antarmuka ke banyak panggilan sistem dan perpustakaan, serta ke berbagai sistem jendela, dan dapat diperluas dalam C atau C++. Python juga dapat digunakan sebagai bahasa ekstensi untuk aplikasi yang membutuhkan antarmuka yang dapat diprogram. Akhirnya, Python adalah portabel: bahasa ini berjalan pada banyak varian Unix termasuk Linux dan macOS, serta pada Windows.

Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dapat diterapkan pada berbagai jenis masalah. Bahasa ini dilengkapi dengan perpustakaan standar yang besar yang mencakup bidang-bidang seperti pemrosesan string (ekspresi reguler, Unicode, menghitung perbedaan antara file), protokol internet (HTTP, FTP, SMTP, XML-RPC, POP, IMAP), rekayasa perangkat lunak (pengujian unit, logging, profiling, parsing kode Python), dan antarmuka sistem operasi (panggilan sistem, sistem file, soket TCP/IP).

Pilihan Python dalam penelitian ini didasarkan pada keberadaan ekosistem pustaka yang sangat lengkap dan terus berkembang. **Pustaka-pustaka seperti NumPy, Pandas, Matplotlib, dan OpenCV menyediakan alat-alat yang diperlukan untuk pengolahan citra, manipulasi data, dan visualisasi hasil.** Selain itu, framework deep learning seperti TensorFlow dan Keras memberikan kemudahan dalam membangun dan melatih model CNN yang kompleks.

## Tensorflow

**TensorFlow** adalah sebuah perpustakaan perangkat lunak sumber terbuka yang dikembangkan oleh Google, dirancang khusus untuk komputasi numerik berskala besar, terutama dalam bidang pembelajaran mesin (machine learning) dan kecerdasan buatan (artificial intelligence). TensorFlow memungkinkan para peneliti dan pengembang untuk membangun dan melatih berbagai macam model pembelajaran mesin, mulai dari model sederhana hingga yang sangat kompleks seperti jaringan saraf dalam (deep neural networks). Keunggulan TensorFlow terletak pada fleksibilitasnya, kemampuannya dalam menangani data dalam skala besar, serta dukungan terhadap berbagai platform perangkat keras seperti CPU dan GPU. Dengan menggunakan TensorFlow, kita dapat membangun aplikasi cerdas seperti pengenalan gambar, pemrosesan bahasa alami, dan banyak lagi.

# **BAB III**

# **ANALISIS DAN PERANCANGAN**