

SKRIPSI

DETEKSI HAMA DARI CITRA TANAMAN



Yohan Kurnia Wijaya

NPM: 2017730020

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2022**

UNDERGRADUATE THESIS

IMAGE-BASED PLANT DISEASE IDENTIFICATION



Yohan Kurnia Wijaya

NPM: 2017730020

**DEPARTMENT OF INFORMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

DETEKSI HAMA DARI CITRA TANAMAN

Yohan Kurnia Wijaya

NPM: 2017730020

Bandung, 14 Januari 2022

Menyetujui,

Pembimbing

Digitally signed
by Veronica Sri
Moertini

Dr. Veronica Sri Moertini

Ketua Tim Penguji

Digitally signed
by Natalia

Natalia, M.Si.

Anggota Tim Penguji

Digitally signed by
Husnul Hakim
Husnul Hakim

Husnul Hakim, M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Digitally signed
by Mariskha Tri
Adithia

Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

DETEKSI HAMA DARI CITRA TANAMAN

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 14 Januari 2022



Yohan Kurnia Wijaya
NPM: 2017730020

ABSTRAK

Penanganan hama dan penyakit tanaman merupakan permasalahan yang cukup sulit bagi petani modern yang belum memahami seluk-beluk dalam bercocok tanam. Dibutuhkan pengetahuan dan pengalaman dalam mengenali jenis penyakit dan hama tanaman, juga dalam memberikan penanganan yang tepat. Tanaman hortikultura mampu menunjukkan gejala hama dan penyakit pada bagian tanaman seperti daun, buah, batang, dan akar. Meskipun terdapat banyak variasi penyakit dan hama, gejala secara umum dapat jelas terlihat pada bagian daunnya.

Teknologi pengenalan citra dapat dimanfaatkan sebagai solusi pada permasalahan ini. Hama dan penyakit tanaman dapat dideteksi secara otomatis melalui masukan citra daun tanaman, dengan teknik klasifikasi. *Convolutional Neural Network (CNN)* merupakan arsitektur algoritma *Deep Learning* yang dikhususkan dalam pengenalan citra. *CNN* adalah teknik yang cocok untuk digunakan karena sifatnya yang fleksibel terhadap variasi data, terutama pada permasalahan penelitian ini. *CNN* digunakan dalam merancang model klasifikasi jenis hama dan penyakit tanaman yang menerima citra daun sebagai masukannya. Data yang dipelajari model berupa citra daun tanaman hortikultura sehat dan berpenyakit, yang didapat melalui kunjungan langsung pada daerah Bandung dan sekitarnya.

Rancangan akhir model mampu mencapai rata-rata akurasi sebesar 0.854 pada pengujian terhadap dataset utama. Model klasifikasi menggunakan pendekatan Multi-Model yang melibatkan lebih dari 1 model dalam proses klasifikasi. Rancangan akhir model dimanfaatkan pada perangkat lunak yang dapat digunakan dalam kasus nyata. Perangkat lunak mampu menerima masukan citra tanaman, memanfaatkan model klasifikasi, dan menampilkan penanganan hama dan penyakit tanaman yang sesuai. Implementasi rancangan model memanfaatkan *Library Machine Learning TensorFlow*.

Kata-kata kunci: Hama Tanaman, Citra Digital, Klasifikasi, Deep Learning, Neural Network, Convolutional Neural Network, Machine Learning, Library, TensorFlow

ABSTRACT

Plant pest and disease management can be a challenging task for inexperienced modern farmers. It requires a good knowledge and experience to identify and control plant pests and diseases. Most Horticultural Plants are able to show symptoms of pests and diseases from their parts of leaf, fruit, stem, and roots. There are numerous variations of pests and diseases, but most of them are visible through plant leaves.

Image Recognition is proposed as a solution for this problem. Image Recognition can potentially detect plant pests and diseases automatically by their leaf images with classification techniques. Convolutional Neural Network or CNN is a type of Deep Learning architecture used for Image Recognition. CNN provides a flexible way to learn from high variety data, which fits well to this problem. CNN is used for building a classification model that classifies plant pests and diseases by their leaf image. CNN model uses a Dataset which consists of Horticultural Plant leaf images to train for plant pests and diseases classification task. Data used for training are handpicked and collected during farm visits in Bandung.

Final iteration of model utilizes a Multi-Model approach, which uses multiple model for a single classification task. The model is able to achieve 0.854 average accuracy on the main dataset. Final iteration of model is then deployed into a software to analyze real world data. Software is designed to be able to receive image input, utilize classification model, then show the appropriate methods to control plant pest and diseases based on diagnosis results. TensorFlow is utilized as a Machine Learning Library throughout model development stages.

Keywords: Plant Disease, Digital Image, Classification, Deep Learning, Neural Network, Convolutional Neural Network, Machine Learning, Library, TensorFlow

*Kepada Tuhan Yang Maha Esa, keluarga tercinta, Teknik
Informatika UNPAR, dan diri sendiri*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan penelitian yang berjudul **Deteksi Hama dengan Citra Tanaman** dengan baik dan tepat waktu. Seluruh proses penyusunan dan penulisan penelitian ini tidak mungkin terjadi tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis ingin berterima kasih kepada:

1. Ayah dan Ibu yang tanpa lelah selalu memberikan doa, dan dukungan secara moral maupun materiil sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.
2. Ibu Dr. Ir. Veronica Sri Moertini, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dan memberikan arahan sehingga penelitian selesai tepat waktu.
3. Ibu Natalia, S.Si, M.Si., dan Bapak Husnul Hakim, S.Kom., M.T. selaku dosen penguji yang telah membantu menguji penelitian ini.
4. Teman-teman yang sudah lulus yaitu, Muhammad Naufal Akram, Kevin Draven, dan Henrico Leodra yang memberikan dukungan dan informasi selama pengerjaan skripsi ini.
5. Teman-teman seperjuangan dalam penelitian yaitu Muhammad Prasasta, Fritz Humphrey Silalahi, dan Alfaza Ranggana yang saling mendukung dan bertukar informasi selama pengerjaan skripsi ini.
6. Teman-teman penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang mendukung penulis secara langsung maupun tidak langsung.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa penelitian ini jauh dari sempurna. Meskipun demikian, penulis berharap agar skripsi ini dapat menjadi manfaat dan inspirasi pembaca.

Bandung, Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxv
DAFTAR KODE PROGRAM	xxvii
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Pembahasan	2
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Hama Tanaman Hortikulura	5
2.1.1 <i>Liriomyza sp.</i>	5
2.1.2 <i>Pseudoperonospora cubensis</i>	5
2.1.3 <i>Cercospora sp.</i>	6
2.2 Citra Digital	6
2.2.1 <i>Pixel</i>	6
2.2.2 Model Warna RGB	6
2.2.3 Prapemrosesan pada Citra	7
2.3 Tahapan <i>Data Science</i>	8
2.3.1 Mendefinisikan Masalah	9
2.3.2 Mengumpulkan Data	9
2.3.3 Eksplorasi dan Penyiapan Data	9
2.3.4 Analisis Data	9
2.3.5 Story Telling & Deployment	9
2.4 <i>Deep Learning</i>	9
2.4.1 <i>Perceptron</i>	10
2.4.2 <i>Layer Neural Network</i>	10
2.5 Learning Pada Deep Neural Network	12
2.5.1 <i>Forward Propagation</i>	12
2.5.2 <i>Activation Function</i>	12
2.5.3 <i>Loss Function</i>	16
2.5.4 <i>Optimizer Function</i>	17
2.5.5 <i>Backward Propagation</i>	19
2.5.6 <i>Regularization</i>	20

2.5.7	Hyperparameter Neural Network	20
2.6	Convolutional Neural Network	21
2.6.1	Feature Extraction	21
2.6.2	Classification	22
2.6.3	Layer khusus pada CNN	23
2.6.4	Pooling	23
2.6.5	Flattened Layer	23
2.7	Metode Evaluasi	24
2.7.1	Akurasi	24
2.7.2	Confusion Matrix	24
2.7.3	Precision dan Recall	24
2.8	Cross Validation	25
2.8.1	K-Fold Cross Validation	26
2.9	Brute-Force Search	26
2.10	Library Machine Learning	26
3	PENGUMPULAN, EKSPLORASI DATA DAN TEKNOLOGI	27
3.1	Data	27
3.1.1	Dataset Primer	27
3.1.2	Dataset Sekunder	28
3.2	Model Prediksi	28
3.3	Metode Evaluasi	29
3.3.1	Akurasi dan Loss	29
3.3.2	Confusion Matrix	29
3.4	Metode <i>Tuning</i>	30
3.5	Eksplorasi Teknologi dengan TensorFlow	30
3.5.1	High Level API	30
3.5.2	<i>Scalability</i> dan <i>Production</i>	31
3.5.3	Fitur Pendukung	31
4	PEMODELAN DAN EVALUASI MODEL	33
4.1	Single-Model dan Multi-Model	33
4.2	Persiapan	34
4.2.1	Kelas Dataset	34
4.2.2	Partisi Dataset	35
4.2.3	Prapemrosesan dan Pemuatan Dataset	36
4.3	Perbandingan <i>Hyperparameter</i>	37
4.3.1	Fungsi Aktivasi	38
4.3.2	Fungsi Optimasi	38
4.3.3	Kesimpulan	40
4.4	<i>Brute-Force Search</i> dengan TensorBoard	40
4.4.1	Notasi Rancangan	41
4.4.2	Single-Model	41
4.4.3	Multi-Model	41
4.5	Eksperimen Single-Model	43
4.5.1	Eksperimen 1	43
4.5.2	Eksperimen 2	44
4.5.3	Eksperimen 3	45
4.5.4	Eksperimen 4	45
4.5.5	Eksperimen 5	46
4.5.6	Eksperimen 6	47
4.5.7	Eksperimen 7	47

4.6	Ekspirimen Multi-Model	48
4.6.1	Model Tanaman	48
4.6.2	Model Cabai	49
4.6.3	Model Timun	51
4.6.4	Model Kacang	53
4.6.5	Model Tomat	55
4.6.6	Pemilihan Model Akhir Tanaman	59
4.7	Pengujian Single-Model dan Multi-Model	59
4.7.1	Kesimpulan	59
5	PEMANFAATAN MODEL	61
5.1	Menyimpan dan Mengkonversi Model	61
5.2	Perancangan Aplikasi	61
5.3	Implementasi Aplikasi	61
5.3.1	Pemanfaatan Model Prediksi	64
6	KESIMPULAN DAN SARAN	67
6.1	Kesimpulan	67
6.2	Saran	67
	DAFTAR REFERENSI	69
	A KODE PENDUKUNG PERANCANGAN MODEL	71
	B KODE DASAR PERANCANGAN MODEL DENGAN <i>Cross-Validation</i> KFOLD	73
	C KODE EKSPERIMEN SINGLE-MODEL	77
	D KODE EKSPERIMEN MULTI-MODEL: MODEL TANAMAN, CABAI, TIMUN, TOMAT, KACANG	83
	E KODE PEMANFAATAN MODEL PREDIKSI DENGAN TENSORFLOW.JS	95
	F HASIL PENGUMPULAN DATA	97

DAFTAR GAMBAR

2.1	Contoh Citra Daun Timun Sehat	5
2.2	Contoh Gejala Penyakit Embun Bulu pada Daun Timun	5
2.3	Representasi Model Warna RGB	6
2.4	Penyimpanan Citra Digital Grayscale	7
2.5	Penyimpanan Citra Digital	7
2.6	Pengaturan Kontras dengan Filter <i>Laplacian</i>	7
2.7	Contoh Citra Asli	8
2.8	Contoh Augmentasi Rotasi	8
2.9	Contoh Augmentasi Translasi	8
2.10	Contoh Augmentasi Dilatasi	8
2.11	Sel Saraf	10
2.12	Sel Saraf	10
2.13	Arsitektur Neural Network	11
2.14	Contoh Unit <i>Perceptron</i> dengan 3 Input	12
2.15	Fungsi Aktivasi Linear	13
2.16	Sel Saraf	13
2.17	Single Layer Network	13
2.18	Single Layer Network	14
2.19	Single Layer Network	14
2.20	Contoh Perhitungan <i>SoftMax</i> pada <i>Layer Output</i>	15
2.21	<i>Gradient Descent</i>	17
2.22	<i>Ilustrasi pergerakan Gradient Descent</i>	18
2.23	<i>Ilustrasi model Overfit, General, dan Overfit</i>	20
2.24	Arsitektur CNN	21
2.25	Perhitungan Matriks Konvolusi	22
2.26	Proses Perhitungan <i>Max Pooling</i>	23
2.27	Proses perubahan <i>layer</i> konvolusi menjadi <i>flattened layer</i>	23
2.28	Contoh Evaluasi hasil prediksi model dengan <i>Confusion Matrix</i>	24
2.29	Contoh Hasil Prediksi pada dua kelas data	25
3.1	Alur Perancangan Arsitektur <i>Neural Network</i>	29
3.2	Contoh Hasil Training pada Model yang <i>Overfit, Underfit, dan learning</i>	29
3.3	<i>Confusion Matrix</i> pada model berperforma buruk	30
3.4	<i>Confusion Matrix</i> pada model berperforma baik	30
3.5	Penggunaan <i>TensorBoard</i> dalam Mengevaluasi Arsitektur	31
4.1	<i>Ilustrasi Multi-Model</i>	34
4.2	Contoh Citra Tomat Sehat	34
4.3	Contoh Citra Tomat Hama Pengorok Daun	34
4.4	Contoh Citra Cabai Sehat	34
4.5	Contoh Citra Cabai Penyakit Bercak Daun	34
4.6	Contoh Citra Kacang Panjang Sehat Sehat	35
4.7	Contoh Citra Kacang Panjang Hama Pengorok Daun	35

4.8	Contoh Citra Timun Sehat	35
4.9	Contoh Citra Timun Hama Pengorok Daun	35
4.10	Contoh Citra Timun Penyakit Embun Bulu	35
4.11	Contoh Citra Gambas Sehat	35
4.12	Contoh Citra Gambas Hama Pengorok Daun	35
4.13	Arsitektur CNN yang digunakan sebagai pembanding <i>Hyperparameter</i>	38
4.14	Grafik Akurasi Perbandingan Fungsi Aktivasi	38
4.15	Grafik Akurasi dan <i>Loss Mini Batch Gradient Descent</i>	39
4.16	Grafik Akurasi dan <i>Loss Momentum</i>	39
4.17	Grafik Akurasi dan <i>Loss RMSProp</i>	39
4.18	Grafik Akurasi dan <i>Loss Adam</i>	40
4.19	Arsitektur Eksperimen 1	43
4.20	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Eksperimen 1 Single-Model	44
4.21	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Eksperimen 2 Single-Model	44
4.22	Arsitektur Eksperimen 3	45
4.23	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Eksperimen 3 Single-Model	45
4.24	Arsitektur Eksperimen 4	45
4.25	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Eksperimen 4 Single-Model	46
4.26	Arsitektur Eksperimen 5	46
4.27	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Eksperimen 5 Single-Model	46
4.28	Arsitektur Eksperimen 6	47
4.29	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Eksperimen 6 Single-Model	47
4.30	Arsitektur Model Tanaman Eksperimen 1	49
4.31	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Eksperimen 1 Multi-Model Single-Model	49
4.32	Arsitektur Model Tanaman Cabai Eksperimen 1	49
4.33	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Model Cabai Eksperimen 1	50
4.34	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Model Cabai Eksperimen 2	50
4.35	Arsitektur Model Tanaman Timun Eksperimen 1	51
4.36	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Model Timun Eksperimen 1	51
4.37	Arsitektur Model Tanaman Timun Eksperimen 2	52
4.38	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Model Timun Eksperimen 2	52
4.39	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Model Timun Eksperimen 3	52
4.40	Arsitektur Model Tanaman Kacang Eksperimen 1	53
4.41	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Model Kacang Eksperimen 1	53
4.42	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Model Kacang Eksperimen 2	54
4.43	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Model Kacang Eksperimen 3	54
4.44	Arsitektur Model Tanaman Kacang Eksperimen 4	55
4.45	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Model Kacang Eksperimen 4	55
4.46	Arsitektur Model Tanaman Tomat Eksperimen 1	56
4.47	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Model Tomat Eksperimen 1	56
4.48	Arsitektur Model Tanaman Tomat Eksperimen 2	56
4.49	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Model Tomat Eksperimen 2	57
4.50	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Model Tomat Eksperimen 3	57
4.51	Contoh Citra Tomat 1	58
4.52	Contoh Citra Tomat 2	58
4.53	Arsitektur Model Tanaman Tomat Eksperimen 4	58
4.54	Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> Model Tomat Eksperimen 4	58
5.1	Halaman Fitur Utama Prediksi	62
5.2	Contoh Halaman setelah citra daun terunggah	62
5.3	Contoh Hasil Diagnosis pada Antarmuka	63
5.4	Contoh Halaman Penyakit Tanaman	63

5.5	Contoh Pemilihan Model Tanaman	64
5.6	Contoh Hasil Diagnosis pada Tanaman Tomat Sehat	64
F.1	Cabai Sehat	97
F.2	Cabai Bercak Daun	97
F.3	Timun Bercak Daun	97
F.4	Timun Sehat	97
F.5	Timun Hama Tulis	97
F.6	Gambas Kresek	97
F.7	Gambas Sehat	97
F.8	Tomat Sehat	97
F.9	Tomat Hama Tulis	97
F.10	Kacang Panjang Sehat	97
F.11	Kacang Panjang Hama Tulis	97

DAFTAR TABEL

4.1	Hasil Eksperimen 5 tanpa kelas Oyong	48
4.2	Hasil Eksperimen 6 tanpa kelas Oyong	48
4.3	Hasil Eksperimen Model Tanaman 1	49
4.4	Hasil Eksperimen Model Tanaman Cabai 1	50
4.5	Hasil Eksperimen Model Tanaman Cabai 2	50
4.6	Hasil Eksperimen 1 Model Tanaman Timun	51
4.7	Hasil Eksperimen 2 Model Tanaman Timun	52
4.8	Hasil Eksperimen 3 Model Tanaman Timun	53
4.9	Hasil Eksperimen 1 Model Tanaman Kacang	53
4.10	Hasil Eksperimen 2 Model Tanaman Kacang	54
4.11	Hasil Eksperimen 3 Model Tanaman Kacang	54
4.12	Hasil Eksperimen 4 Model Tanaman Kacang	55
4.13	Hasil Eksperimen 1 Model Tanaman Tomat	56
4.14	Hasil Eksperimen 2 Model Tanaman Tomat	57
4.15	Hasil Eksperimen 3 Model Tanaman Tomat	58
4.16	Hasil Eksperimen 4 Model Tanaman Tomat	59
4.17	Hasil <i>testing</i> Single-Model	59
4.18	Hasil <i>Testing</i> Multi-Model	59

DAFTAR KODE PROGRAM

3.1	Kode penggunaan Sequential API	30
3.2	Kode tahap implementasi hingga training dan evaluasi	31
4.1	Kode untuk memuat data training	36
4.2	Kode konfigurasi ImageDataGenerator untuk Augmentation	36
5.1	Kode Fitur Prediksi dengan TensorFlowjs	65
A.1	Reshuffle-Split.py	71
A.2	Brute-Force-Search.py	72
B.1	Perancangan_CrossValidation.py	73
C.1	Single-Model-Eksperimen-1.py	77
C.2	Single-Model-Eksperimen-2.py	77
C.3	Single-Model-Eksperimen-3.py	78
C.4	Single-Model-Eksperimen-4.py	79
C.5	Single-Model-5(Final).py	80
C.6	Single-Model-6.py	80
D.1	Multi-Model-Plant-1(Final).py	83
D.2	Multi-Model-Cabai-1.py	84
D.3	Multi-Model-Cabai-2(Final).py	84
D.4	Multi-Model-Timun-1.py	85
D.5	Multi-Model-Timun-2(Final).py	86
D.6	Multi-Model-Timun-3.py	87
D.7	Multi-Model-Kacang-1.py	87
D.8	Multi-Model-Kacang-2.py	88
D.9	Multi-Model-Kacang-3.py	89
D.10	Multi-Model-Kacang-4(Final).py	90
D.11	Multi-Model-Tomat-1.py	90
D.12	Multi-Model-Tomat-2.py	91
D.13	Multi-Model-Tomat-3.py	92
D.14	Multi-Model-Tomat-4(Final).py	92
E.1	predictor.js	95

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Petani modern umumnya tidak memiliki banyak pengalaman terkait penanganan hama dan penyakit pada beragam jenis tanaman. Penanganan hama dan penyakit memerlukan pengetahuan terhadap berbagai jenis penyakit tanaman untuk mampu mengenali dan melakukan penanganan secara tepat. Kesulitan dalam mengenali hama tanaman berpotensi diatasi dengan digunakannya teknologi pengenalan citra. Dengan teknologi pengenalan citra, petani modern dapat mengetahui penanganan hama yang tepat dengan cukup menyediakan citra tanaman yang ingin diteliti.

Dari berbagai macam teknik pengenalan citra, digunakan teknik *machine learning* untuk mampu menganalisis citra tanaman secara otomatis. Teknik *machine learning* memanfaatkan *Convolutional Neural Network* (CNN), yang merupakan arsitektur pada sistem Jaringan Saraf Tiruan (*Neural Network*). Arsitektur *CNN* merupakan arsitektur khusus yang digunakan untuk melakukan analisis pada citra digital. Model *CNN* mampu melakukan klasifikasi dengan mempelajari langsung pola-pola yang dimiliki data.

Model klasifikasi dirancang untuk mampu mendeteksi gejala penyakit yang dimiliki oleh tanaman hortikultura, atau tanaman budidaya. Tanaman hortikultura dipilih karena merupakan jenis tanaman yang umum ditanam oleh petani. Tanaman hortikultura mampu menunjukkan gejalanya melalui akar, batang, dan daun. Penelitian berfokus untuk mendeteksi gejala yang ditunjukkan pada daun tanaman karena dianggap lebih mudah untuk dilakukan. Rancangan akhir model mampu mengklasifikasikan masukan citra daun tanaman ke dalam kelas penyakit tanaman.

Data yang dipelajari oleh Model *CNN* adalah data citra daun tanaman beserta jenis penyakitnya. Data utama dikumpulkan melalui kunjungan langsung daerah perkebunan di Bandung dan sekitarnya. Tahapan prapemrosesan data sederhana seperti *Image Augmentation* dilakukan untuk memperbanyak variasi data yang dipelajari oleh model.

Pada penelitian ini dibuat juga perangkat lunak yang dapat memanfaatkan model klasifikasi yang sudah dibuat. Perangkat lunak dapat menerima masukan citra tanaman, menganalisis citra, lalu memberikan prediksi berdasarkan analisis tersebut. Dari prediksi ini didapatkan penanganan penyakit tanaman yang sesuai. Pembuatan perangkat lunak dan model klasifikasi *CNN* memanfaatkan *library TensorFlow* yang menyediakan berbagai implementasi algoritma *Machine Learning*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana langkah pengumpulan dan pengolahan data yang tepat, sehingga mudah untuk digunakan pada tahap analisis, dan dapat meningkatkan kinerja model klasifikasi?
2. Bagaimana sistem klasifikasi mampu mendeteksi fitur pada citra dan mengenali jenis hama berdasarkan fitur yang ditemukan?
3. Bagaimana cara mengevaluasi kinerja model terhadap hasil klasifikasi?
4. Bagaimana cara memanfaatkan model klasifikasi yang dibuat untuk digunakan pada perangkat lunak?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada pengerjaan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data citra daun tanaman beserta jenis penyakitnya sebagai dataset utama yang dimanfaatkan dalam perancangan model.
2. Membuat model *Deep Learning* dengan arsitektur *Convolutional Neural Network (CNN)*, yang dapat mendeteksi fitur-fitur objek pada citra tanaman, dan melakukan klasifikasi jenis hama atau penyakit berdasarkan fitur yang ditemukannya.
3. Mengevaluasi kinerja model klasifikasi dengan metrik klasifikasi seperti *Validation Accuracy*, dan melakukan *Parameter Tuning* untuk memperbaiki performa model juga menghindari *overfitting*.
4. Mengimplementasikan hasil rancangan teknik/model dalam sebuah perangkat lunak yang dapat menerima input gambar tanaman dan melakukan klasifikasi dengan memanfaatkan model yang dibuat.

1.4 Batasan Masalah

Batasan yang dibuat pada pengerjaan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Cakupan jenis tanaman hortikultura yang diuji pada penelitian ini terdiri dari tanaman cabai, gambas, kacang panjang, timun, dan tomat.
2. Program hanya menganalisis citra tanaman yang menunjukkan bagian daun.

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan pada pengerjaan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data gambar daun sehat dan daun berpenyakit tanaman hortikultura dengan melakukan kunjungan pada daerah Bandung dan sekitarnya.
2. Melakukan studi literatur pada penyakit atau hama yang umum menyerang tanaman-tanaman tersebut dan cara penanganannya.
3. Merancang dan menguji *Convolutional Base* atau *layer* pemilihan fitur pada arsitektur model *CNN*.
4. Merancang dan menguji *layer* klasifikasi pada arsitektur model *CNN*.
5. Melakukan analisis data citra tanaman (tahap awal) dengan model klasifikasi.
6. Mengevaluasi model klasifikasi dengan metrik *validation accuracy*, dan melakukan *Fine Tuning* pada model.
7. Membuat analisis kebutuhan dan rancangan program.
8. Mengintegrasikan model yang telah diuji pada rancangan program sebagai sistem keseluruhan.
9. Membuat program untuk mengimplementasikan hasil perancangan dan menguji program dalam contoh kasus yang nyata.
10. Menulis dokumen skripsi.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan setiap bab pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bab 1 Pendahuluan
Bab 1 berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika pembahasan.
2. Bab 2 Dasar Teori
Bab 2 berisi teori-teori dasar yang digunakan pada penelitian ini. Dasar Teori yang digunakan mencakup Hama Tanaman Hortikultura, Citra Digital, Tahapan *Data Science*, dan *Deep Learning*.

3. Bab 3 Pengumpulan, Eksplorasi Data dan Teknologi
Bab 3 berisi perancangan solusi permasalahan penelitian. Aspek yang diperhatikan dalam perancangan solusi permasalahan berupa: jenis data dan metode pengumpulannya, metode perancangan model prediksi yang cocok, metode evaluasi model prediksi, metode *Tuning* model yang digunakan, dan teknologi yang dimanfaatkan untuk mengimplementasikan solusi.
4. Bab 4 Pemodelan dan Evaluasi Model
Bab 4 berisi persiapan, langkah, dan hasil eksperimen yang dilakukan dalam merancang model prediksi. Eksperimen-eksperimen dilakukan untuk mengevaluasi performa rancangan model hingga didapatkannya suatu rancangan final.
5. Bab 5 Pemanfaatan Model
Bab 5 berisi tentang bagaimana model prediksi dapat dimanfaatkan pada perangkat lunak untuk digunakan pada kasus nyata.
6. Bab 6 Kesimpulan
Bab 6 berisi kesimpulan yang didapatkan dari hasil serangkaian eksperimen yang telah dilakukan.