

SKRIPSI

**KLASIFIKASI PENYAKIT TANAMAN
MELALUI CITRA DAUN PADA TANAMAN
PADI MENGGUNAKAN METODE
*CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Ni Luh Gde Ananda Putri

NIM. 2115354038

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERANGKAT LUNAK
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Tanaman padi merupakan bahan pangan yang paling di butuhkan di Indonesia dan menjadi sumber makanan pokok untuk sebagian besar masyarakat. Namun saat proses produksi padi terdapat berbagai macam kendala, salah satunya serangan penyakit tanaman padi, khususnya pada bagian daun. Penelitian ini bertujuan untuk membangun model klasifikasi penyakit daun padi dengan memanfaatkan metode *Convolutional Neural Network (CNN)* yang baik untuk melakukan identifikasi jenis-jenis penyakit berdasarkan pola, tekstur daun maupun warna. Studi ini mengambil tempat penelitian di Desa Temesi, Kabupaten Gianyar, Bali, yang menjadi pelopor pertanian organik dalam program pertanian cerdas. Proses penelitian ini melibatkan pengumpulan data citra daun padi di lapangan, kemudian pra-pemrosesan data agar bisa digunakan untuk pelatihan model, pembangunan model dengan CNN, pelatihan model serta melakukan evaluasi model menggunakan matriks evaluasi. Adapun jenis penyakit yang di dapatkan di lapangan yaitu *Bacterial Leaf Blight* dan *Narrow Brown Spot* serta *Healthy Leaf*, dengan total 300 data yang masing-masing kelas berisikan 100 data. Hasil penelitian ini juga sudah melalui beberapa skenario pengujian, yang mendapatkan akurasi sebesar 0.93 untuk skenario dengan rasio perbandingan *split* data yaitu 80% untuk data latih dan 20% untuk data uji dengan penggunaan 30 *epoch* untuk pelatihan modelnya.

Kata Kunci : CNN, Klasifikasi Citra, Penyakit Daun Padi

ABSTRACT

Rice is the most needed food crop in Indonesia and is a staple food source for most people. However, during the rice production process, there are various obstacles, one of which is the attack of rice plant diseases, especially on the leaves. This study aims to build a classification model for rice leaf diseases by utilizing the Convolutional Neural Network (CNN) method which is good for identifying types of diseases based on leaf patterns, textures, and colors. This study took place in Temesi Village, Gianyar Regency, Bali, which is a pioneer of organic farming in the smart agriculture program. This research process involved collecting rice leaf image data in the field, then pre-processing the data so that it can be used for model training, model development with CNN, model training, and conducting model evaluation using an evaluation matrix. The types of diseases found in the field were Bacterial Leaf Blight and Narrow Brown Spot as well as Healthy Leaf, with a total of 300 data sets, each class containing 100 data sets. The results of this study have also gone through several test scenarios, which obtained an accuracy of 0.93 for a scenario with a data split comparison ratio of 80% for training data and 20% for test data using 30 epochs for model training.

Keywords : *CNN, Image Classification, Rice Leaf Disease*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Sebelumnya	6
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Tanaman Padi.....	9
2.2.2 Penyakit Daun Padi.....	9
2.2.3 Pengendalian Penyakit Padi	10
2.2.4 <i>Dataset</i>	10
2.2.6 <i>Convolutional Neural Network</i>	11
2.2.7 Klasifikasi	12

2.2.8 <i>Python</i>	13
2.2.9 <i>Flask</i>	13
2.2.10 <i>Flowchart</i>	13
2.2.11 <i>Use Case</i>	14
2.2.12 Matriks Evaluasi	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Objek dan Metode Penelitian.....	17
3.1.1 Objek Penelitian.....	17
3.1.2 Metode Penelitian	17
3.2 Analisis Kondisi Eksisting.....	19
3.3 Rancangan Penelitian.....	19
3.3.1 Arsitektur Sistem	20
3.3.2 Kebutuhan Teknologi.....	21
3.3.3 <i>Flowchart</i> Pengembangan Model	22
3.3.4 <i>Pipeline</i> Model CNN	24
3.3.5 <i>Use Case Diagram</i>	27
3.4 Pengujian Penelitian.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Hasil Implementasi	28
4.1.1 Implementasi Alat.....	28
4.1.2 Implementasi Model	29
4.2 Hasil Pengujian Model.....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Simbol <i>Flowchart</i>	14
Tabel 2.2 Simbol <i>Use Case</i>	15
Tabel 4.1 <i>Classification Report</i> Dengan 10 <i>Epoch</i>	45
Tabel 4.2 <i>Classification Report</i> Dengan 20 <i>Epoch</i>	49
Tabel 4.3 <i>Classification Report</i> Dengan 30 <i>Epoch</i>	55
Tabel 4.4 Pembagian Data 70% dan 30%.....	56
Tabel 4.5 Pembagian Data 80% dan 20%.....	57
Tabel 4.6 Pembagian Data 90% dan 10%.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arsitektur CNN	12
Gambar 3.1	Tahapan penelitian	17
Gambar 3.2	Arsitektur Sistem	20
Gambar 3.3	<i>Flowchart</i> Pengembangan Model	22
Gambar 3.4	<i>Pipeline</i> Model CNN.....	24
Gambar 3.5	<i>Use Case Diagram</i>	27
Gambar 4.1	Ponsel	28
Gambar 4.2	Laptop	29
Gambar 4.3	Kode <i>Split</i> Data	30
Gambar 4.4	Kode <i>Import Library</i>	31
Gambar 4.5	Kode <i>Load</i> Direktori <i>Dataset</i>	32
Gambar 4.6	Kode Augmentasi Data	33
Gambar 4.7	Kode <i>Load</i> Data	34
Gambar 4.8	Kode Pembangunan Model CNN.....	34
Gambar 4.9	Kode <i>Compile</i> Model	36
Gambar 4.10	Kode <i>Callback</i>	37
Gambar 4.11	Kode <i>Train</i> Model	38
Gambar 4.12	Kode Evaluasi Model.....	38
Gambar 4.13	Kode Menampilkan Plot Akurasi.....	39
Gambar 4.14	Kode Menampilkan Plot <i>Loss</i>	39
Gambar 4.15	Kode Menampilkan <i>Confusion Matrix</i> dan <i>Classification Report</i> ..	40
Gambar 4.16	Kode Simpan Model	41

Gambar 4.17 <i>Plot Accuracy Dengan 10 Epoch</i>	43
Gambar 4.18 <i>Plot Loss Dengan 10 Epoch</i>	44
Gambar 4.19 <i>Confusion Matrix Dengan 10 Epoch</i>	44
Gambar 4.20 <i>Plot Accuracy Dengan 20 Epoch</i>	48
Gambar 4.21 <i>Plot Accuracy Dengan 20 Epoch</i>	48
Gambar 4.22 <i>Confusion Matrix Dengan 20 Epoch</i>	49
Gambar 4.23 <i>Plot Accuracy Dengan 30 Epoch</i>	53
Gambar 4.24 <i>Plot Accuracy Dengan 30 Epoch</i>	53
Gambar 4.25 <i>Confusion Matrix Dengan 30 Epoch</i>	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Form Bimbingan Skripsi Pembimbing 1	64
Lampiran 2 Form Bimbingan Skripsi Pembimbing 2	65
Lampiran 3 Form Pernyataan Telah Menyelesaikan Bimbingan Skripsi	66
Lampiran 4 Lembar Perbaikan Penguji 1	67
Lampiran 5 Lembar Perbaikan Penguji 2	68
Lampiran 6 Lembar Perbaikan Penguji 3	69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanaman padi bisa tumbuh subur di wilayah yang beriklim tropis yang biasanya ditandai dengan suhu yang cenderung hangat serta curah hujan yang memadai, hal ini dikarenakan proses pertumbuhan padi membutuhkan persediaan air yang cukup [1]. Proses penanaman padi melalui beberapa tahapan yang dimulai dari proses penyemaian benih, kemudian pemindahan padi ke lahan sawah sampai saat masa panen tiba. Padi merupakan salah satu dari beberapa jenis tanaman penghasil bahan pangan, karena menjadi sumber utama penghasil beras, yang merupakan makanan pokok untuk sebagian besar negara-negara di benua Asia, termasuk Indonesia. Seiring peningkatan pertumbuhan penduduk setiap tahun, maka semakin meningkat pula kebutuhan akan pasokan beras. Data pada tahun 2023, produksi padi mencapai 53,98 juta ton GKG sedangkan estimasi pada tahun 2024 menurun menjadi 52,66 juta ton GKG, hal ini menunjukkan adanya penurunan produksi padi sebesar 2,45% atau setara dengan 1,32 juta ton [2]. Tentunya hal ini dapat menyebabkan kekhawatiran akan kenaikan harga beras serta ketersediaan beras di masa depan.

Desa Temesi yang terletak di Kabupaten Gianyar, Bali memiliki hamparan sawah yang luas dan menjadi salah satu komoditas pertanian, terutama padi, karena adanya sistem irigasi khas Bali yang disebut subak. Desa Temesi menjadi desa pertama yang melakukan panen beras sehat dari beberapa desa yang mengikuti proyek pertanian cerdas di Kabupaten Gianyar, dengan menghasilkan gabah kering hasil panen sekitar 7,2 ton per hektar. Melalui proyek ini dilakukan teknik pertanian yang ramah lingkungan seperti penggunaan pupuk kompos dan pengurangan penggunaan pestisida. Selama proses budidaya tanaman padi, ada beberapa kendala, seperti pengaruh dari faktor cuaca, kesuburan tanah dan faktor lain, salah satunya penyakit tanaman padi, seperti *bacterial leaf blight* dan *narrow brown spot* yang tentunya dapat mempengaruhi hasil produksi padi. Maka dari itu diperlukan dukungan agar Desa Temesi bisa menjadi contoh dalam pertanian organik yang berkelanjutan.

Mengenal berbagai jenis-jenis penyakit tanaman padi menjadi langkah yang penting bagi petani untuk menjaga jumlah produksi padi tetap stabil. Pengamatan pada tanaman padi yang di deteksi terserang penyakit bisa dilihat melalui bagian daun, hal ini dikarenakan daun padi yang terinfeksi penyakit biasanya menunjukkan gejala yang bisa berupa perubahan warna daun atau munculnya bercak. Selain itu, bagian daun padi lebih mudah diamati dan difoto dibanding bagian tanaman padi lainnya, seperti akar maupun bagian batang tanaman. Memanfaatkan kemajuan dari teknologi, untuk mengidentifikasi penyakit pada tanaman khususnya padi dapat dilakukan melalui pengenalan pola dari suatu citra. Salah satu metode yang digunakan adalah *deep learning* yang dapat menjadi salah satu solusi untuk mengklasifikasi penyakit tanaman padi. Metode *deep learning* ini merupakan salah satu bagian dari *machine learning* yang memungkinkan komputer untuk dapat mempelajari cara kerja otak manusia dengan memanfaatkan data dan algoritma. Dalam *deep learning* memiliki algoritma seperti *Convolutional Neural Network (CNN)* yang sering digunakan untuk kebutuhan *image processing*, karena memiliki keunggulan dalam pengolahan serta pengenalan suatu citra berdasarkan pola, detail serta tingkat akurasi yang baik [3].

Algoritma CNN dianggap cocok digunakan untuk klasifikasi penyakit tanaman melalui pengolahan citra, karena keberhasilannya dalam penelitian serupa. Penelitian tersebut dilakukan untuk mendeteksi penyakit dengan membandingkan dua metode yaitu CNN dan SVM yang berfokus pada citra daun tanaman jagung. Tujuan dari penelitian ini untuk memahami proses deteksi penyakit tanaman jagung menggunakan citra daun dan mengevaluasi hasil perbandingan kinerja dari kedua metode tersebut. Dataset yang digunakan mencakup empat kategori, antara lain hawar, jamur, karat dan daun sehat, dengan total 3.732 citra daun, yang diambil dari kaggle. Proses analisis dilakukan dengan menggunakan *Jupyter Notebook* dan *Visual Studio Code*, sebagai teks editor. Berdasarkan hasil pengujian dengan *confusion matrix* di dapatkan akurasi sebesar 98% dari metode CNN dan akurasi 87% dengan metode SVM, ini berarti CNN lebih mampu mengenali dan mengklasifikasi penyakit daun jagung dengan resiko kesalahan yang lebih rendah, selain dari hasil akurasi ada beberapa faktor lain mengapa metode CNN lebih dipilih daripada SVM, antara lain : Model CNN cenderung cepat beradaptasi

terhadap variasi dari gambar-gambar yang ada, karena adanya proses augmentasi dan proses pelatihan data serta memiliki tiga lapisan yaitu konvolusi, lapisan *pooling* serta *fully connected*, sedangkan untuk model dengan SVM cenderung belum terlalu baik terhadap bermacam-macam variasi dari gambar atau citra dan ini memerlukan banyak proses *preprocessing* sebelum data digunakan untuk melatih model atau melakukan *tunning* parameter untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Metode yang akan diterapkan ke dalam sistem yaitu metode yang memiliki tingkat akurasi tertinggi, maka metode CNN yang akan diimplementasikan ke dalam sistem [4].

Dalam penelitian ini akan dibuat model klasifikasi penyakit tanaman padi yang akan mengimplementasikan metode CNN untuk melakukan klasifikasi penyakit tanaman padi melalui citra daun, karena CNN baik digunakan untuk melakukan pengenalan pola dari citra, ini berdasarkan hasil dari penelitian sebelumnya, sehingga dapat membantu mengenali jenis penyakit yang menyerang tanaman padi dan informasi pengendaliannya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

- a. Bagaimana melakukan pengolahan data citra daun padi untuk mendukung proses klasifikasi?
- b. Bagaimana membangun model untuk melakukan klasifikasi penyakit tanaman padi dengan *Convolutional Neural Network* (CNN)?

1.3 Batasan Masalah

Mengingat luasnya pembahasan, permasalahan perlu dibatasi berdasarkan aspek-aspek berikut:

- a. Penelitian ini hanya akan menggunakan CNN untuk klasifikasi penyakit daun tanaman padi, tanpa membandingkan dengan metode lain atau model lain.
- b. Dataset dan label yang digunakan terbatas hanya dari penyakit tertentu yang ditemukan di lapangan.
- c. Data klasifikasi dibatasi hanya untuk daun padi.

- d. Model ini hanya akan melakukan klasifikasi penyakit tanaman padi.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah dikemukakan di atas, didapati tujuan dari penelitian sebagai berikut:

- a. Pengolahan data citra daun padi untuk mendukung proses klasifikasi.
- b. Membangun model untuk melakukan klasifikasi penyakit tanaman padi dengan *Convolutional Neural Network* (CNN).

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dikembangkan penulis dapat menawarkan berbagai manfaat baik untuk mahasiswa, perguruan tinggi dan masyarakat.

- a. Bagi mahasiswa, bermanfaat dalam mempelajari cara mengumpulkan data dan cara mengimplementasikan *Convolutional Neural Network* (CNN), dalam bidang pertanian, dengan bisa terlibat langsung di dalam proses pengembangan mahasiswa tidak hanya memahami konsep teori tapi juga mendapatkan pengalaman pengolahan data, pelatihan model serta bisa mengimplementasikan teknologi untuk mendukung pertanian.
- b. Bagi perguruan tinggi, dapat memiliki kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang pertanian yang berkaitan dengan kebutuhan masyarakat. Perguruan tinggi juga dapat membangun kerja sama dengan program studi terkait untuk dapat menghasilkan solusi-solusi untuk masalah yang muncul di bidang pertanian.
- c. Bagi Masyarakat, khususnya petani adanya teknologi ini dapat membantu dalam mengklasifikasi penyakit tanaman padi. Petani dapat mengenali gejala penyakit dan mendapatkan informasi pengendalian penyakit.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang diterapkan dalam penelitian ini terdiri dari 5 bab, antara lain:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini berisi mengenai gambaran umum dari penelitian ini, dimulai dari bagaimana masalah penelitian ini ditemukan, alasan pemilihan topik hingga penyelesaian masalah. Dalam bab ini terdiri dari beberapa sub bab antara lain, latar

belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan pustaka berdasarkan teori-teori yang mendukung penelitian, serta penelitian serupa yang telah diterbitkan sebelumnya. Terdapat dua sub bab seperti penelitian sebelumnya dan landasan teori.

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai metode yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi objek yang digunakan, analisis serta rancangan sistem. Terdapat empat sub bab yaitu objek dan metode penelitian, analisis kondisi eksisting, rancangan penelitian serta pengujian penelitian.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil penelitian serta pembahasan temuan yang diperoleh pada penelitian. Terdapat dua sub bab yaitu hasil dan pembahasan serta pengujian.

BAB V: PENUTUP

Bab ini berisi penutup dari penelitian yang berisi kesimpulan akhir serta saran dari penulis untuk penelitian yang akan datang. Terdapat dua sub bab yaitu kesimpulan dan saran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- a. Adapun pengolahan data citra agar dapat digunakan dalam pembangunan model klasifikasi adalah melakukan pelabelan atau pengelompokkan dari jenis penyakit yang di dapatkan di lapangan yaitu di subak di Desa Temesi, yaitu *bacterial leaf blight* dan *narrow brown spot* serta kelas untuk *healthy leaf*, dengan total 300 gambar, yang masing-masing kelas dibagi menjadi 100 gambar. setelah data di berikan label berdasarkan jenis penyakitnya maka akan dilakukan *preprocessing* terlebih dahulu untuk membagi data menjadi data *train* dan data *test* agar bisa digunakan dalam pelatihan model, ukuran gambar juga akan disamakan menjadi 224x224 piksel ini bertujuan untuk mempermudah dalam proses pelatihan model, ukuran ini dipilih karena dapat mempertahankan lebih banyak fitur visual yang penting seperti tekstur dan pola penyakit dan ukuran ini sering digunakan sebagai nilai default untuk arsitektur cnn lainnya. Pengolah citra penting untuk mendukung proses klasifikasi karena bertujuan untuk meningkatkan akurasi.
- b. Dalam pembangunan model untuk dapat melakukan klasifikasi penyakit daun padi melalui beberapa tahapan seperti pengumpulan *dataset*, *preprocessing data*, pembangunan model, pelatihan model, pengujian model serta evaluasi model. Tahapan – tahapan ini merupakan *pipeline* dalam membangun model untuk klasifikasi dari awal. Sehingga setiap tahapan sangat penting dalam menentukan hasil kinerja model. Pada penelitian ini model hanya mengenali dua jenis penyakit padi yaitu *narrow brown spot* dan *bacterial leaf blight* serta satu kelas daun sehat *healthy leaf*, karena tiga kelas tersebut yang di dapatkan di lapangan dan dilatih pada model. Kemudian hasil pengujian model yang didapatkan dari beberapa

skenario, diperoleh akurasi terbaik sebesar 0.93 dari skenario *split* data 80% : 20% yang dilatih dengan 30 *epoch*.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan dari hasil penelitian, yaitu : model masih diperlukan pengembangan lebih lanjut agar nantinya model menjadi lebih kompleks untuk dapat melakukan klasifikasi, dari segi data penyakit diharapkan bisa mencakup lebih banyak lagi jenis-jenis penyakit daun tanaman padi, dengan jumlah data yang lebih banyak, sehingga model dapat belajar dengan data yang lebih variatif. Serta untuk pengembangan kedepannya diharapkan model ditingkatkan agar mampu melakukan klasifikasi dan deteksi validitas *input* yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Nurhidayat, A. K. T. Difa, F. Nasrullah, F. H. Anwar, and D. O. Radianto, “Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produktivitas Pertanian Padi di Daerah Tropis,” *Sains Student Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 111–117, 2024.
- [2] Badan Pusat Statistik, “Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2021 (Angka Sementara),” 2022. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2022/10/17/1910/pada-2022--luas-panen-padi-diperkirakan-sebesar-10-61-juta-hektare-dengan-produksi-sekitar-55-67-juta-ton-gkg.html>
- [3] M. Rijal, A. M. Yani, and A. Rahman, “Deteksi Citra Daun untuk Klasifikasi Penyakit Padi menggunakan Pendekatan Deep Learning dengan Model CNN,” *J. Teknol. Terpadu*, vol. 10, no. 1, pp. 56–62, 2024, doi: 10.54914/jtt.v10i1.1224.
- [4] F. Sulistiyana and S. Anardani, “Aplikasi Deteksi Penyakit Tanaman Jagung Dengan Convolutional Neural Network dan Support Vector Machine,” *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 6, no. 1, pp. 423–432, 2023.
- [5] R. B. M. A. A. Wijaya, D. N. A. Putri, and D. R. Fudholi, “Smart GreenGrocer: Automatic Vegetable Type Classification Using the CNN Algorithm,” *IJCCS (Indonesian J. Comput. Cybern. Syst.)*, vol. 17, no. 3, p. 271, 2023, doi: 10.22146/ijccs.82377.
- [6] A. Maysela and N. Rohma, “Diagnosa Penyakit Tanaman Tomat pada Citra Daun Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN),” *JIMU J. Ilm. Multi Disiplin*, vol. 02, no. 03, pp. 555–567, 2024, [Online]. Available: <https://ojs.smkmerahputih.com/index.php/jimu/article/view/407>
- [7] S. A. Bukhari, “Implementasi Metode Convolutional Neural Network (Cnn) Untuk Diagnosa Penyakit Tanaman Cabai Pada Citra Daun,” *J. Multidisiplin Saintek*, vol. 3, no. 0, pp. 1–11, 2024.
- [8] S. Azizah, A. I. Pradana, and D. Hartanti, “Komputika : Jurnal Sistem

- Komputer Identifikasi Kesehatan Daun Tanaman Padi Menggunakan Klasifikasi Biner Sehat dan Tidak Sehat dengan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) Di Kabupaten Klaten Identification of Rice Plant Leaf Health Using Binary,” vol. 13, 2024, doi: 10.34010/komputika.v13i2.12771.
- [9] R. Setiawan, H. Zein, R. A. Azdy, and S. Sulistyowati, “Rice Leaf Disease Classification with Machine Learning: An Approach Using Nu-SVM,” *Indones. J. Data Sci.*, vol. 4, no. 3, pp. 136–144, 2023, doi: 10.56705/ijodas.v4i3.114.
- [10] A. A. Santosa, R. Y. N. Fu’adah, and S. Rizal, “Deteksi Penyakit pada Tanaman Padi Menggunakan Pengolahan Citra Digital dengan Metode Convolutional Neural Network,” *J. Electr. Syst. Control Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 98–108, 2023, doi: 10.31289/jesce.v6i2.7930.
- [11] A. Walascha *et al.*, “Review Artikel: Inventarisasi Jenis Penyakit yang Menyerang Daun Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.),” *Pros. Semin. Nas. Biol.*, vol. 1, no. 2, pp. 471–478, 2021, [Online]. Available: <https://semnas.biologi.fmipa.unp.ac.id/index.php/prosiding/article/download/150/300>
- [12] M. Suarsana, P. Parmila, P. S. Wahyuni, and I. G. M. Suarmika, “Pengaruh Serangan Hama Penggerek Batang dan Penyakit Tungro terhadap Produktivitas Sembilan Varietas Padi di Lokapaksa, Bali,” *Agro Bali Agric. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 84–90, 2020, doi: 10.37637/ab.v3i1.461.
- [13] G. Purnama, M. Nurhidayat, W. Sugiharti, and F. Zakaria, *Teknik Mengendalikan Hama dan Penyakit Tanaman Padi*, Cet 3 (Edi. Jakarta: Pertanian Press, 2023.
- [14] F. Marpaung, F. Aulia, and R. C. Nabila, *Computer Vision Dan Pengolahan Citra Digital*. Surabaya: PUSTAKA AKSARA, 2022.
- [15] A. F. A. H. Alnuaimi and T. H. K. Albaldawi, “An overview of machine learning classification techniques,” *BIO Web Conf.*, vol. 97, pp. 1–24, 2024, doi: 10.1051/bioconf/20249700133.

- [16] S. Maesaroh, *Bahasa Pemrograman Python*, vol. 2, no. 11. Banten: PT SADA KURNIA PUSTAKA, 2024.
- [17] Y. Zanevych, “Flask Vs. Django Vs. Spring Boot: Navigating Framework Choices for Machine Learning Object Detection Projects,” pp. 311–318, 2024, doi: 10.36074/logos-29.03.2024.066.
- [18] Rasiban, A. Septiansyah, S. Hasanah, veren nita Permatasari, and A. Yuliawati, “Sistem Informasi Otomatisasi Pelaporan Data Penjualan Toko Buku Nazwa Yang Masuk Dan Yang Keluar,” *Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 283–284, 2024, [Online]. Available: doi.org/10.37817/ikraith-informatika.v8i1
- [19] R. Sistem, “JURNAL RESTI Comparison of Machine Learning Algorithms in Detecting Tea Leaf,” vol. 5, no. 158, pp. 6–12, 2024.
- [20] K. Riehl, M. Neunteufel, and M. Hemberg, “Hierarchical confusion matrix for classification performance evaluation,” *J. R. Stat. Soc. Ser. C Appl. Stat.*, vol. 72, no. 5, pp. 1394–1412, 2023, doi: 10.1093/jrssc/qlad057.