

Sistem Informasi Ketahanan Pangan Berbasis Web dengan AI Computer Vision untuk Mendeteksi Dini Penyakit Tanaman Padi

Web-Based Food Security Information System with AI Computer Vision for Early Detection of Rice Plant Diseases

Indriany Monalisa Sri Herlina^{1*}, Moch Syahrul Jaylani², Dimas Zulkarnain Putra Sukamto³

^{1,2}Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

³Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Email korespondensi: indrianymonalisash16@gmail.com

ABSTRACT

Rice (Oryza sativa L.) is a strategic commodity in national food security, yet its productivity is frequently reduced by disease outbreaks such as Bacterial Blight, Brown Spot, Leaf Blast, and Tungro, while conventional disease identification still relies on subjective visual observation, requiring specialized expertise and considerable time. This study aims to develop a web-based food security information system that utilizes Artificial Intelligence (AI) Computer Vision technology to detect rice plant diseases at an early stage through digital imagery quickly and accurately. The research used a dataset of 10,107 rice leaf images comprising five classes, namely Bacterial Blight, Brown Spot, Healthy, Leaf Blast, and Tungro, with 10,092 images as the training set and 15 images as the validation set. The classification model was built using the Transfer Learning method with the MobileNetV3-Small architecture, trained on Google Colab using the Adam Optimizer with a learning rate of 0.001 over five epochs, then implemented into a Streamlit-based web application equipped with an automatic mitigation knowledge base. Test results on new images outside the dataset show the model identifies Bacterial Blight with a confidence level of 97.93% and Tungro at 100.00%, demonstrating excellent model generalization. The resulting system allows users to upload rice leaf images and obtain diagnostic results along with automatic treatment recommendations. This study concludes that integrating AI Computer Vision technology with a web-based information system can serve as an effective, fast, lightweight, and accessible solution to support early detection of rice plant diseases, thereby strengthening Indonesia's national food security.

Keywords: Food Security, Computer Vision, MobileNetV3-Small, Transfer Learning, Rice Disease.

ABSTRAK

Tanaman padi (*Oryza sativa L.*) merupakan komoditas strategis dalam ketahanan pangan nasional, namun produktivitasnya sering menurun akibat serangan penyakit seperti Bacterial Blight, Brown Spot, Leaf Blast, dan Tungro, sementara identifikasi penyakit secara konvensional masih bergantung pada pengamatan visual yang subjektif, memerlukan keahlian khusus, dan waktu yang relatif lama. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem informasi ketahanan pangan berbasis web yang memanfaatkan teknologi Artificial Intelligence (AI) Computer Vision untuk mendeteksi penyakit dini tanaman padi melalui citra digital secara cepat dan akurat. Penelitian dilakukan menggunakan dataset 10.107 citra daun padi yang terdiri dari lima kelas, yaitu Bacterial Blight, Brown Spot, Healthy, Leaf Blast, dan Tungro, dengan 10.092 citra sebagai data latih dan 15 citra sebagai data validasi. Model klasifikasi dibangun menggunakan metode Transfer Learning dengan arsitektur MobileNetV3-Small, dilatih pada Google Colab menggunakan Adam Optimizer dengan learning rate 0,001 selama lima epoch, lalu diimplementasikan ke aplikasi web berbasis Streamlit yang dilengkapi knowledge base mitigasi otomatis. Hasil pengujian pada citra baru di luar dataset menunjukkan model mampu mengidentifikasi Bacterial Blight dengan tingkat kepercayaan 97,93% dan Tungro 100,00%, membuktikan kemampuan generalisasi model yang sangat baik. Sistem yang dihasilkan memungkinkan pengguna mengunggah citra daun padi dan memperoleh hasil diagnosis beserta rekomendasi penanganan secara otomatis. Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi AI Computer Vision dengan sistem informasi berbasis web mampu menjadi solusi efektif, cepat, ringan, dan mudah diakses untuk mendukung deteksi dini penyakit tanaman padi, sekaligus berkontribusi terhadap penguatan ketahanan pangan nasional Indonesia.

Kata Kunci: Ketahanan Pangan, Computer Vision, MobileNetV3-Small, Transfer Learning, Penyakit Padi.

PENDAHULUAN

Ketahanan pangan merupakan isu yang masih menjadi perhatian utama berbagai negara, termasuk Indonesia. Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) sebagai komoditas pangan pokok dan strategis yang menjadi penopang ketahanan pangan nasional. Dengan jumlah penduduk lebih dari 284 juta jiwa (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2025a), Indonesia menempatkan produksi padi sebagai pilar utama dalam ketahanan pangan nasional. Perbandingan luas panen di Indonesia tahun 2024 dan 2025 mengalami peningkatan sebesar 12,69% dan dengan produksi padi yang kian juga meningkat sebesar 13,29%. Berdasarkan data (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2025b), luas panen padi yang ada di Indonesia mencapai 11,32 juta hektare dengan total produksi padi 60,21 juta ton Gabah Kering Giling (GKG), hal ini membuat negara Indonesia menjadi salah satu produsen padi terbesar di dunia.

Meskipun demikian, produktivitas pertanian padi di Indonesia secara konsisten masih terancam oleh serangan penyakit yang disebabkan berbagai patogen. Beberapa penyakit pada tanaman padi menurut (Suganda et al., 2016) seperti blast (*Pyricularia oryzae*) yang mampu menyebabkan kehilangan hasil panen hingga 61%, hawar daun bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) menurut (Yanti et al., 2017) dapat menurunkan produksi padi sebanyak 30 hingga 40%, bercak coklat (*Helminthosporium oryzae*) yang diajukan menurut (Muzaki et al., 2025) dapat menimbulkan kerugian hingga 45%, tungro yang ditularkan oleh welerang hijau (*Nephotettix virescens*), dan busuk batang (*Rhizoctonia solani*) yang menjadi ancaman lahan pertanian di berbagai wilayah di Indonesia. Oleh karena itu, diperlukan deteksi dan penanganan dini yang tepat untuk meminimalkan kehilangan hasil panen.

Namun, proses identifikasi pada penyakit padi secara konvensional masih sangat bergantung pada pengalaman visual oleh penyuluh pertanian lapangan (PPL). Metode pendekatan tradisional ini mengandung sejumlah kelemahan mendasar, antara lain membutuhkan keahlian khusus yang tidak dimiliki oleh semua petani, bersifat subjektif, memerlukan waktu yang relatif lama, serta tidak dapat dilakukan secara real-time di lapangan (Nugroho et al., 2024). Di samping itu, keterbatasan jumlah penyuluh pertanian yang tersebar secara merata di seluruh wilayah Indonesia menjadikan pendeteksian dini penyakit menjadi semakin sulit dilaksanakan secara masif dan konsisten.

Perkembangan pesat teknologi kecerdasan buatan Artificial Intelligence (AI), khususnya di bidang Computer Vision dan *deep learning*, telah membuka paradigma baru dalam deteksi penyakit tanaman berbasis citra digital yang sangat menjanjikan dalam sektor pertanian presisi. Teknologi AI mampu menganalisis citra digital tanaman secara otomatis, dan akurat dengan beberapa detik untuk mendeteksi gejala-gejala penyakit yang tampak pada bagian daun, batang, maupun malai tanaman padi. Pendekatan berbasis citra digital ini memungkinkan diagnosis penyakit dilakukan bahkan sebelum gejala berkembang ke tingkat yang lebih kritis, sehingga intervensi dapat dilakukan lebih awal dan lebih efektif.

Berbagai penelitian terdahulu (Mohanty et al., 2016) telah membuktikan efektivitas penggunaan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN), *Vision Transformer* (ViT), dan arsitektur *deep learning* lainnya dalam mengidentifikasi 26 penyakit pada 14 spesies tanaman dengan tingkat akurasi yang mencapai 99,35 persen. Penerapan transfer deep learning (Roseno et al., 2024) dari model-model *pre-trained* seperti ResNet, VGG16, EfficientNet, dan MobileNetV2 (Pai et al., 2025) juga terbukti mampu meningkatkan performa klasifikasi penyakit bahkan dengan dataset yang relatif terbatas. Hal ini membuka peluang nyata untuk mengembangkan sistem identifikasi penyakit padi yang praktis, efisien, dan dapat diakses secara luas oleh petani Indonesia.

Meskipun penelitian mengenai klasifikasi penyakit tanaman padi berbasis AI telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengembangan model klasifikasi dan evaluasi akurasi algoritma. Melihat urgensi permasalahan di atas serta besarnya potensi yang

ditawarkan oleh teknologi AI, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem berbasis kecerdasan buatan AI yang mampu mengidentifikasi penyakit tanaman padi secara dini melalui analisis citra digital serta memberikan rekomendasi mitigasi secara otomatis. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi solusi teknologi yang mudah diakses, terutama bagi petani kecil di pedesaan, sehingga dapat berkontribusi nyata terhadap peningkatan produktivitas pertanian dan ketahanan pangan nasional Indonesia.

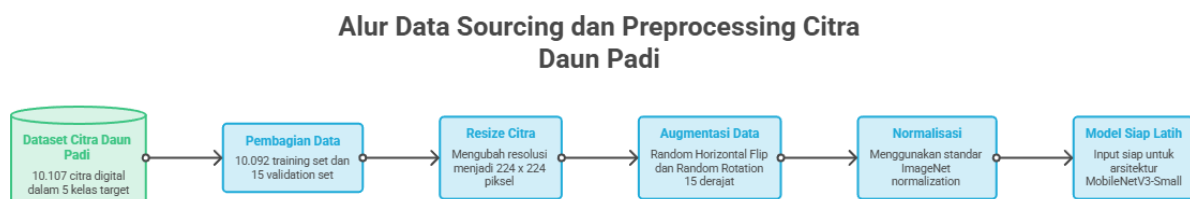
METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan hanya memberikan kontribusi bagi ilmu dunia pertanian khususnya para petani, namun juga bisa bagi pengembangan teknologi mengenai klasifikasi berbasis gambar untuk mendeteksi dini penyakit pada daun tanaman padi. Secara metodologis, alur penelitian dirancang melalui tiga tahapan utama yaitu *pertama* pengumpulan dan pra-proses data citra, *kedua* perancangan serta pelatihan model klasifikasi berbasis *deep learning*, dan *ketiga* implementasi model ke dalam aplikasi web interaktif yang dapat digunakan secara langsung oleh pengguna maupun petani. Seluruh tahapan tersebut disusun untuk menghasilkan sistem yang tidak hanya akurat dalam klasifikasi penyakit, tetapi juga efisien, ringan, dan praktis dioperasikan pada lingkungan komputasi lokal maupun berbasis cloud.

Dataset yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 10.107 citra digital daun tanaman padi yang merepresentasikan kondisi kesehatan tanaman dalam lima kelas target, yaitu Bacterial Blight, Brown Spot, Healthy, Leaf Blast, dan Tungro. Dari keseluruhan data tersebut, sebanyak 10.092 citra digunakan sebagai *training set* dan 15 citra digunakan sebagai *validation set*. Komposisi data ini dimaksudkan untuk memberikan ruang pembelajaran yang sangat besar bagi model dalam menangkap karakteristik visual tiap kelas, sekaligus menyediakan data validasi untuk menguji kemampuan generalisasi model pada sampel yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Data Sourcing dan Preprocessing

Tahap pra-proses dilakukan untuk menyeragamkan format masukan citra dan meningkatkan ketahanan model terhadap variasi visual lapangan :



Gambar 1. Data Sourcing dan Training

Seluruh gambar di-*resize* menjadi resolusi 224 x 224 piksel agar sesuai dengan kebutuhan arsitektur *MobileNetV3-Small* dan menjaga konsistensi dimensi input. Selanjutnya diterapkan augmentasi berupa *Random Horizontal Flip* dan *Random Rotation* hingga 15 derajat guna mensimulasikan variasi orientasi daun pada kondisi nyata di lapangan. Setelah itu, citra dinormalisasi menggunakan standar *ImageNet normalization* sehingga distribusi nilai piksel selaras dengan data pre-trained yang menjadi dasar proses *transfer learning*. Kombinasi pra proses ini penting untuk menekan sensitivitas model terhadap perubahan posisi, sudut pengambilan gambar, dan variasi pencahayaan, yang lazim dijumpai pada akuisisi citra pertanian di lingkungan operasional.

```

*** === MEMULAI PROSES TRAINING MODEL AI ===

Epoch 1/5
-----
TRAIN - Loss: 0.3058 | Acc: 0.8832
VAL - Loss: 1.2569 | Acc: 0.8000

Epoch 2/5
-----
TRAIN - Loss: 0.1617 | Acc: 0.9433
VAL - Loss: 0.1473 | Acc: 0.9333

Epoch 3/5
-----
TRAIN - Loss: 0.1324 | Acc: 0.9526
VAL - Loss: 0.0034 | Acc: 1.0000

Epoch 4/5
-----
TRAIN - Loss: 0.1065 | Acc: 0.9635
VAL - Loss: 0.0317 | Acc: 1.0000

Epoch 5/5
-----
TRAIN - Loss: 0.1065 | Acc: 0.9616
VAL - Loss: 0.0600 | Acc: 1.0000

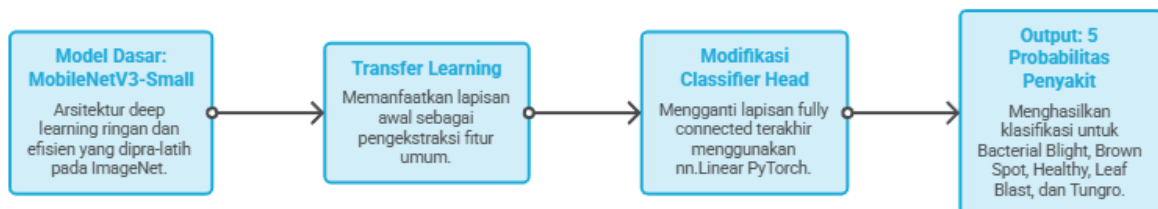
=== TRAINING SELESAI ===
Waktu Eksekusi: 14m 10s
Akurasi Validasi Terbaik: 1.0000

```

Gambar 2. Tahap Proses Training Model

Arsitektur Model dan Transfer Learning

(Warbhe et al., 2025) Menurut Pemilihan model peneliti didasarkan pada sifatnya yang ringan, efisien, dan tetap memiliki kemampuan ekstraksi fitur yang tinggi, sehingga sesuai untuk sistem deteksi penyakit tanaman yang membutuhkan respons cepat dan konsumsi sumber daya komputasi yang rendah. Dalam pendekatan *transfer learning*, lapisan-lapisan awal *MobileNetV3-Small* dimanfaatkan sebagai pengekstraksi fitur umum, sedangkan lapisan klasifikasi akhir dimodifikasi secara khusus untuk menyesuaikan kebutuhan klasifikasi lima kelas penyakit padi.

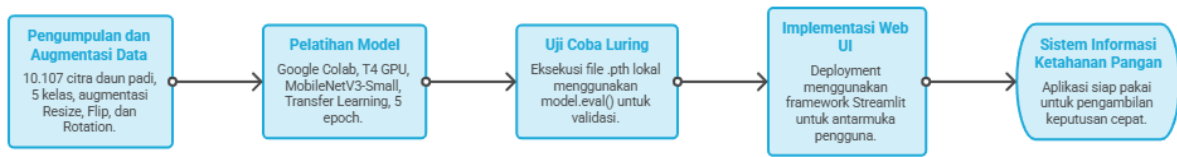


Gambar 3. Arsitektur Model dan Transfer Learning

Pada bagian *classifier head*, lapisan *fully connected* terakhir diganti menggunakan implementasi *PyTorch* melalui `nn.Linear` agar model menghasilkan lima keluaran probabilitas sesuai dengan lima label target, yaitu *Bacterial Blight*, *Brown Spot*, *Healthy*, *Leaf Blast*, dan *Tungro*. Modifikasi ini memungkinkan model belajar secara spesifik dari pola morfologi daun padi, seperti bercak nekrotik, perubahan warna jaringan, pola kerusakan tepi daun, dan gejala klorosis khas masing-masing penyakit. Dengan demikian, model tidak hanya mengandalkan fitur umum hasil pra-pelatihan, tetapi juga menyesuaikan representasi internalnya terhadap karakteristik domain pertanian yang menjadi fokus penelitian.

Arsitektur Deployment Web

Setelah model selesai dilatih dan divalidasi, sistem diimplementasikan ke dalam arsitektur *Single-File Web Application* berbasis *Streamlit* menggunakan bahasa pemrograman Python. Pendekatan ini dipilih untuk memastikan proses integrasi model ke antarmuka pengguna berlangsung sederhana, dan efisien. Dalam konteks implementasi, seluruh logika inferensi, pemuatan model, pemrosesan citra, serta visualisasi hasil ditempatkan dalam satu berkas aplikasi sehingga memudahkan *deployment* dan mengurangi kompleksitas pengelolaan sistem.



Gambar 4. Arsitektur dan Pipeline Deployment Web AI

Arsitektur berbasis *Streamlit* juga memberikan keunggulan dari sisi efisiensi bandwidth dan manajemen memori CPU lokal. Karena sistem dirancang untuk melakukan inferensi secara langsung pada sisi aplikasi tanpa beban komputasi yang berlebihan, maka proses prediksi dapat berjalan cepat dan responsif. Selain itu, penggunaan mekanisme inferensi dengan *torch.no_grad()* memastikan bahwa proses prediksi tidak menyimpan jejak gradien, sehingga konsumsi memori menjadi lebih hemat dan cocok untuk skenario penggunaan pada perangkat komputasi terbatas. Dengan rancangan tersebut, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat klasifikasi, tetapi juga sebagai media informasi cerdas yang mendukung pengambilan keputusan cepat di sektor ketahanan pangan.

Untuk ini, peneliti merancang tahapan (*pipeline*) yang digunakan dalam pengembangan model sebagai berikut:

1. **Pengumpulan dan Augmentasi Data:** Menggunakan total 10.107 citra digital daun padi yang terbagi menjadi 10.092 gambar untuk *Training Set* dan 15 gambar untuk *Validation Set*. Citra tersebut dibagi ke dalam 5 kelas target: *Bacterial Blight*, *Brown Spot*, *Healthy*, *Leaf Blast*, dan *Tungro*. Guna mencegah *overfitting*, dilakukan augmentasi berupa *Resize* 224×224 piksel, *Random Horizontal Flip*, dan *Random Rotation* 15 derajat.
2. **Pelatihan Model pada Cloud Environment:** Proses *training* dilakukan menggunakan *environment* Google Colab dengan akselerasi hardware T4 GPU. Arsitektur yang dipilih adalah *MobileNetV3-Small* yang memanfaatkan teknik *Transfer Learning* (bobot *pre-trained* ImageNet). Model dilatih menggunakan *Loss Function CrossEntropyLoss* dan *Adam Optimizer* dengan *learning rate* 0.001 selama 5 *epoch*. Output dari tahap ini adalah file bobot model .pth.
3. **Uji Coba Luring** (Python Lokal) : File model .pth diunduh dan dieksekusi secara lokal menggunakan interpreter Python di perangkat komputer untuk menguji kecepatan dan ketepatan inferensi pada citra penantang baru di luar dataset melalui mode evaluasi (*model.eval()*).
4. **Implementasi Sistem Informasi** (Web UI Deployment) : Model AI yang valid dibungkus ke dalam aplikasi web berbasis framework *Streamlit* (Python) untuk menyajikan antarmuka *Sistem Informasi Ketahanan Pangan* yang interaktif, ringan, dan siap pakai oleh petani.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam menguji gejala *Bacterial Blight* dan *Tungro* melalui pendekatan transfer learning berbasis *MobileNetV3-Small* yang diintegrasikan ke dalam sistem web berhasil membangun perancangan web deteksi dini penyakit padi yang efektif dan responsif. Sistem yang dihasilkan mampu melakukan klasifikasi citra daun padi secara langsung melalui antarmuka web, sekaligus menampilkan hasil diagnosis dan rekomendasi mitigasi yang relevan untuk mendukung tindakan lapangan bagi petani. Penelitian ini memperlihatkan bahwa kombinasi *Computer Vision* dan sistem informasi berbasis web dapat menjadi solusi aplikatif bagi kebutuhan deteksi dini penyakit tanaman dalam konteks ketahanan pangan. Penulis hanya menguji

gejala Bacterial Blight dan Tungro dikarenakan untuk membuktikan ketajaman model lokal dalam mendeteksi pola penyakit yang berbeda seperti pola tepi daun dengan infeksi seluruh warna daun.

Pembahasan Pengujian Klasifikasi Model

Model diuji menggunakan citra uji baru di luar dataset pelatihan, yaitu berkas daun_test.jpg, untuk mengevaluasi kemampuan inferensi pada data yang belum pernah diproses sebelumnya. Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa performa model tidak hanya tinggi pada data latih, tetapi juga konsisten pada citra aktual yang merepresentasikan kondisi lapangan. Pada kasus uji pertama, citra yang menunjukkan gejala Bacterial Blight berhasil diidentifikasi secara presisi oleh model dengan *confidence score* sebesar 97,93 persen. Hasil ini mengindikasikan bahwa model mampu menangkap pola visual khas penyakit, seperti perubahan tekstur dan warna pada tepi daun, dengan tingkat keyakinan yang sangat tinggi.

Tabel 1. Hasil Pengujian Klasifikasi

Kasus Uji	Tingkat Kepercayaan (%)
Bacterial Blight	97,93%
Tungro	100,00%

Sumber: Data primer diolah

Pada kasus uji kedua, citra penyakit Tungro berhasil dikenali secara mutlak dengan *confidence score* sebesar 100,00 persen. Nilai keyakinan yang sangat tinggi ini menunjukkan bahwa fitur visual yang terdapat pada citra uji sangat dekat dengan representasi internal yang telah dipelajari model selama pelatihan. Secara empiris, hasil tersebut memperlihatkan bahwa sistem memiliki kemampuan klasifikasi yang sangat baik pada dua contoh penyakit yang diuji. Dengan demikian, model tidak hanya layak digunakan sebagai prototipe akademik, tetapi juga memiliki potensi praktis untuk mendukung diagnosis awal secara cepat dan akurat.

Performa Klasifikasi Model AI pada Lingkungan Lokal

Model *MobileNetV3-Small* yang telah diekspor dari Google Colab diuji secara luring (*offline*) menggunakan skrip Python lokal dengan memasukkan citra uji baru yang belum pernah dikenali oleh model sebelumnya (*unseen data*).

Tabel 2. Hasil Pengujian Inferensi Model Kustom MobileNetV3

Kasus Uji	Nama File Citra	Target Diagnosa	Tingkat Keyakinan (Confidence Score)	Status Sistem
Sampel A	daun_test_01.jpg	<i>Bacterial Blight</i>	97.93%	Sukses/Valid
Sampel B	daun_test_02.jpg	<i>Tungro</i>	100.00%	Sukses/Valid

Sumber: Data primer diolah

Secara ilmiah, performa tinggi *MobileNetV3-Small* dapat dijelaskan melalui desain arsitekturnya yang efisien namun tetap kaya fitur. Keunggulan model ini terletak pada penggunaan mekanisme *Squeeze-and-Excitation* yang berfungsi menimbang ulang pentingnya setiap kanal fitur, sehingga respons terhadap pola visual penting seperti bercak, nekrosis, dan perubahan intensitas warna menjadi lebih selektif. Selain itu, fungsi aktivasi *Hard-Swish* membantu mempertahankan efisiensi komputasi tanpa mengorbankan kualitas nonlinieritas yang diperlukan

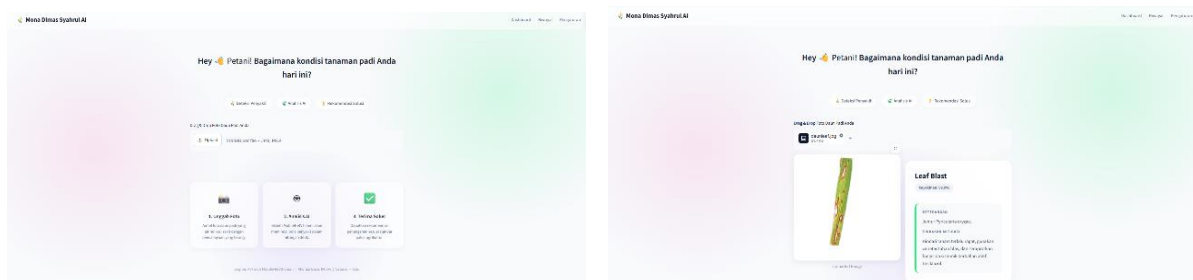
untuk pemisahan fitur kelas. Kombinasi kedua komponen ini membuat *MobileNetV3* sangat efektif dalam mengekstraksi pola tepi daun sakit yang halus dan kompleks, meskipun ukuran model tetap ringan. Dalam konteks deteksi penyakit padi, karakteristik ini sangat penting karena gejala visual sering muncul dalam bentuk perubahan lokal yang kecil tetapi diagnostik.

Implementasi Antarmuka Web

Implementasi antarmuka sistem informasi dilakukan menggunakan *Streamlit* untuk menyediakan pengalaman pengguna yang sederhana namun fungsional. Fitur utama yang dihadirkan meliputi *drag and drop file uploader* untuk memudahkan pengguna mengunggah citra daun padi tanpa prosedur teknis yang rumit, *spinner loading state* selama proses inferensi untuk memberikan umpan balik visual bahwa sistem sedang memproses data, visualisasi gambar input agar pengguna dapat memverifikasi citra yang dianalisis, serta tampilan teks output hasil diagnosis AI yang langsung menyajikan nama kelas penyakit hasil prediksi. Seluruh alur ini dirancang agar pengguna awam sekalipun dapat memanfaatkan sistem secara intuitif dan cepat.

Tahap akhir dari *progress* penelitian ini adalah mengintegrasikan backend AI ke dalam Frontend Web UI menggunakan *Streamlit*. Sistem ini dirancang sebagai sistem informasi satu halaman (*single-page application*) yang memprioritaskan kemudahan akses bagi petani dan penyuluh lapangan.

Sistem menyediakan fitur *Drag & Drop File Uploader* untuk menerima berkas gambar daun padi dalam format .jpg atau .png. Saat gambar diunggah, sistem mengunci komputasi menggunakan blok `torch.no_grad()` untuk menghemat penggunaan memori. Output informasi yang ditampilkan pada halaman web tidak hanya berupa teks nama penyakit dan persentase akurasi di atas gambar, melainkan langsung dipetakan secara otomatis ke dalam pangkalan pengetahuan (*Knowledge Base*) mitigasi agrikultur konkret, seperti rekomendasi aplikasi bakterisida untuk penanganan *Bacterial Blight* atau tindakan eradikasi tanaman untuk memutus siklus virus *Tungro*. Hal ini menjamin bahwa sistem ini berfungsi penuh sebagai pusat informasi taktis untuk mendukung ketahanan pangan nasional.



Gambar 5: Antarmuka Aplikasi Web Ketahanan Pangan Berbasis Streamlit

Dari sisi rekayasa perangkat lunak, integrasi antarmuka dengan model inferensi melalui `torch.no_grad()` memberikan efisiensi komputasi yang tinggi karena prediksi dilakukan tanpa proses pembentukan gradien. Hal ini sangat relevan untuk sistem berbasis web yang ditujukan agar dapat dijalankan pada sumber daya terbatas. Dengan pendekatan tersebut, aplikasi tetap responsif meskipun berjalan di lingkungan komputasi lokal atau server sederhana, sehingga mendukung prinsip efisiensi dalam pengembangan sistem informasi pertanian berbasis kecerdasan buatan.

Integrasi Knowledge Base Mitigasi

Selain menghasilkan label prediksi, sistem ini juga diintegrasikan dengan *business logic knowledge base* yang memetakan setiap kelas penyakit ke dalam rekomendasi mitigasi agrikultur yang konkret. Pendekatan ini menjadikan sistem tidak berhenti pada tahap identifikasi, tetapi berlanjut pada pemberian informasi tindakan yang dapat langsung dimanfaatkan oleh pengguna. Sebagai contoh, ketika model mendeteksi *Bacterial Blight*, sistem menampilkan anjuran penanganan berbasis bakterisida dan praktik pengendalian yang relevan. Sementara itu, jika prediksi mengarah pada *Tungro*, sistem memberikan rekomendasi berupa eradikasi tanaman terinfeksi dan tindakan pengendalian vektor untuk memutus rantai penyebaran penyakit.

Integrasi pengetahuan diagnostik dengan rekomendasi tindakan ini memiliki implikasi strategis terhadap ketahanan pangan. Dalam konteks pertanian padi, kecepatan deteksi dan ketepatan respons sangat menentukan tingkat kehilangan hasil. Oleh karena itu, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat klasifikasi penyakit, tetapi juga sebagai sistem pendukung keputusan yang membantu petani maupun pemangku kepentingan pertanian melakukan intervensi lebih awal. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan *Computer Vision* dalam sistem informasi web mampu memberikan kontribusi nyata bagi penguatan ketahanan pangan melalui deteksi dini dan mitigasi berbasis pengetahuan

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan Sistem Informasi Ketahanan Pangan berbasis web yang mengintegrasikan teknologi Artificial Intelligence dan Computer Vision untuk mendeteksi dini penyakit tanaman padi melalui citra digital. Model klasifikasi yang dibangun menggunakan pendekatan *transfer learning* dengan arsitektur MobileNetV3-Small mampu memberikan hasil klasifikasi yang baik pada data uji baru, dengan tingkat kepercayaan sebesar 97,93% untuk penyakit Bacterial Blight dan 100,00% untuk penyakit Tungro. Sistem yang diimplementasikan menggunakan framework Streamlit mampu melakukan proses unggah citra, klasifikasi penyakit, dan penyajian rekomendasi mitigasi secara otomatis melalui knowledge base yang terintegrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan AI Computer Vision pada sistem informasi berbasis web berpotensi mendukung deteksi dini penyakit tanaman padi secara cepat, akurat, dan mudah diakses sehingga dapat membantu upaya peningkatan produktivitas pertanian dan penguatan ketahanan pangan nasional.

Dan diperlunya saran untuk menambah jumlah dan variasi dataset agar model mampu mengenali kondisi lapangan yang lebih beragam. Selain itu, evaluasi model dapat diperluas menggunakan metrik akurasi, precision, recall, dan F1-score untuk memperoleh gambaran performa yang lebih komprehensif. Pengembangan sistem ke platform mobile serta integrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT), data cuaca, dan sistem informasi geografis juga dapat dilakukan untuk meningkatkan manfaat sistem dalam mendukung pertanian presisi dan ketahanan pangan yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2025a). *Jumlah Penduduk pertengahan tahun 2025*. 6 juni 2026. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTk3NSMy/jumlah-penduduk-pertengahan-tahun.html>
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2025b). *Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2025*. 2 Februari 2026. <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2026/02/02/2545/luas-panen-padi->

pada-tahun-2025-mencapai-sekitar-11-32-juta-hektare-dengan-produksi-padi-sebanyak-60-21-juta-ton-gabah-kering-giling--gkg-.html

- Mohanty, S. P., Hughes, D. P., & Salathé, M. (2016). Using deep learning for image-based plant disease detection. *Frontiers in Plant Science*, 7(September), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01419>
- Muzaki, A. W., Sudamto, B. A., & Daniati, E. (2025). Sistem Identifikasi Corak Penyakit pada daun Padi dan monitoring Deteksi Dini untuk Lahan Sehat Menggunakan Metode (CNN). *Inotek*, 9, 2230.
- Nugroho, H., Chew, J. X., Eswaran, S., & Tay, F. S. (2024). Resource-optimized cnns for real-time rice disease detection with ARM cortex-M microprocessors. *Plant Methods*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s13007-024-01280-6>
- Pai, P., Amutha, S., Patil, S., Shobha, T., Basthikodi, M., Shafeeq, B. M. A., & Gurpur, A. P. (2025). Deep learning-based automatic diagnosis of rice leaf diseases using ensemble CNN models. *Scientific Reports*, 15(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13079-z>
- Roseno, M. T., Oktarina, S., Nearti, Y., Syaputra, H., & Jayanti, N. (2024). Comparing CNN Models for Rice Disease Detection: ResNet50, VGG16, and MobileNetV3-Small. *Journal of Information Systems and Informatics*, 6(3), 2099–2109. <https://doi.org/10.51519/journalisi.v6i3.865>
- Suganda, T., Yulia, E., Widiyanti, F., & Hersanti. (2016). Intensitas penyakit blas (*Pyricularia oryzae* Cav.) pada padi varietas Ciherang di lokasi endemik dan pengaruhnya terhadap kehilangan hasil [Disease intensity of blast disease (*Pyricularia oryzae* Cav.) of Ciherang rice variety at the endemic location and. *Jurnal Agrikultura*, 27(3), 154–159.
- Warbhe, M. K., Bore, J. J., & Chaudari, S. N. (2025). A Deep Learning Based System to Predict the Plant Disease Using Streamlit. *2025 4th International Conference on Sentiment Analysis and Deep Learning (ICSADL)*, 1744–1751. <https://doi.org/10.1109/ICSADL65848.2025.10933389>
- Yanti, Y., Habazar, T., & Resti, Z. (2017). Formulasi Padat Rhizobakteria Indigenus *Bacillus Thuringiensis* Ts2 Dan Waktu Penyimpanan Untuk Mengendalikan Penyakit Pustul Bakteri *Xanthomonas Axonopodis* Pv. *Glycines*. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 17(1), 9. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.1179-18>