

IDENTIFIKASI PENYAKIT DAUN TANAMAN KOPI ROBUSTA MENGUNAKAN ARSITEKTUR MOBILENETV2 DENGAN ALGORITMA SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)

Rintan Renata, Desi puspita, Risnaini Masdalipa

Teknik Informatika, Institut Teknologi pagar alam

Jl. Masik Siagim No. 75 Simpang Mbacang, Kec. Dempo Tengah Kota Pagar Alam

rintanmbkm@gmail.com

ABSTRAK

Penyakit pada tanaman kopi robusta merupakan salah satu faktor yang dapat menurunkan kualitas dan produktivitas hasil panen. Proses identifikasi penyakit tanaman kopi robusta masih banyak dilakukan secara manual melalui pengamatan langsung, sehingga memerlukan keahlian khusus dan kurang efisien. Oleh karena itu, peneliti membangun sistem identifikasi penyakit tanaman kopi robusta berbasis citra daun menggunakan arsitektur MobileNetV2 dan algoritma *Support Vector Machine* (SVM). Dataset yang digunakan terdiri dari 600 citra daun kopi robusta yang diambil dari 5 kecamatan di Kota Pagar Alam, yang dibagi menjadi data *training* dan data validasi dengan perbandingan 80:20. Untuk memenuhi kebutuhan jumlah data, dilakukan augmentasi pada data *training* sehingga menghasilkan 5.000 citra. Proses pelatihan dilakukan dalam 40 epoch yang mencakup tahap *fine-tuning* pada 30 layer terakhir MobileNetV2 untuk mengoptimasi ekstraksi ciri. Vektor fitur tersebut kemudian digunakan sebagai input pada algoritma SVM yang dioptimasi menggunakan *Grid Search*. Hasil evaluasi menunjukkan model mencapai akurasi validasi sebesar 96% pada tahap pengembangan dan akurasi pengujian sistem sebesar 85% menggunakan *confusion matrix*. Performa ini membuktikan bahwa integrasi MobileNetV2 dan SVM mampu memberikan hasil identifikasi yang stabil dan akurat di atas target 80%.

Kata kunci : Penyakit tanaman kopi, *MobileNetv2*, *Support Vector Machine* (SVM), pengolahan citra.

1. PENDAHULUAN

Dengan kemajuan teknologi yang begitu pesat di era sekarang ini, sudah banyak metode baru telah dikembangkan untuk dapat menemukan penyakit di bidang pertanian. Salah satu metode yang menjanjikan adalah teknologi pengolahan citra digital. Perkembangan teknologi di bidang pengolahan citra dan kecerdasan buatan telah mendorong penerapan metode *deep learning* yang mampu memberikan kinerja yang unggul dalam klasifikasi citra di berbagai sektor, termasuk sektor pertanian [1]

Teknologi ini memungkinkan analisis visual yang lebih presisi dan objektif terhadap gejala penyakit yang muncul, di sektor pertanian teknologi teknologi seperti *internet of Things* (IOT), *drone* untuk pemetaan lahan, serta sistem analisis berbasis citra digital kini semakin banyak di dimanfaatkan untuk meningkatkan efektivitas dalam pemantauan kesehatan tanaman. Saat ini inovasi yang berkembang dengan pesat adalah pemanfaatan pengolahan citra digital untuk mengamati kondisi tanaman melalui daun, batang, dan bagian bagian tanaman lainya. Teknologi ini mampu memberikan analisis visual yang lebih cepat, objektif, dan konsisten. Dalam perkembangan selanjutnya, pengolahan citra digital semakin diperkuat dengan hadirnya *deep learning*. *Deep learning*, merupakan bagian dari *machine learning* yang menggunakan jaringan saraf tiruan berlapis-lapis untuk mempelajari pola data membutuhkan proses ekstraksi fitur secara manual. Dalam konteks citra, *deep learning*, khususnya dengan arsitektur seperti *MobileNetv2* mampu mengenali visual melalui proses *convolution* dan menghasilkan

representasi fitur yang lebih kaya dan akurat hubungan dengan *machine learning* adalah bahwa *deep learning* pada dasarnya adalah sub-bidang dari *machine learning*, namun bekerja dengan kapasitas pemodelan yang jauh lebih besar, *Algoritma Support Vector Machine* (*svm*), salah satu algoritma pembelajaran mesin yang paling banyak digunakan untuk klasifikasi, *hyperplane Algoritma Support Vector Machine* (*svm*) yang ideal, yang dapat memisahkan kelas data dengan margin yang paling besar, kelebihan *Algoritma Support Vector Machine* (*svm*) bahwa algoritma ini efektif untuk dataset kecil hingga menengah dan dapat menangani data dengan dimensi tinggi [2]

Semakin besar margin pemisahan tersebut, semakin baik kemampuan model dalam membedakan objek pada data data baru. Proses ini dilakukan dengan memanfaatkan *Support Vector*, yaitu titik-titik data yang berada paling dekat dengan *hyperplane* dan berperan penting dalam menentukan posisi batas keputusan. Algoritma *Support Machine Vector* (SVM) terkenal sangat efektif untuk memisahkan data yang kompleks karena mampu menemukan batas keputusan yang optimal sehingga citra daun dapat di identifikasi ke dalam kategori “sehat” atau berpenyakit, Sementara itu *Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan algoritma dari *Deep Learning* yang dikenal bisa mengetahui pola visual pada gambar. Pada tahap ekstraksi fitur citra, penelitian ini menggunakan arsitektur *mobilenetv2 MobileNetv2*, adalah salah satu arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dirancang khusus untuk digunakan pada perangkat *mobile*, arsitektur ini memiliki keunggulan berupa penggunaan filter konvolusi yang lebih efisien dan

sesuai dengan karakteristik citra, sehingga ukuran model yang dihasilkan dapat menjadi ringan dan hemat sumber daya [3]

MobileNet dikenal memiliki struktur yang ringan, cepat, dan mampu mempelajari pola-pola penting seperti tekstur, bentuk. Dengan kemampuan *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam menghasilkan representasi fitur yang lebih detail dan informatif, proses klasifikasi dapat dilakukan oleh Algoritma *Support Machine Vector* (SVM). Berdasarkan data BPS 2025, Kota Pagar Alam terkenal sebagai penghasil kopi robusta di pulau sumatra, dengan luas areal perkebunan kopi robusta dari 5 kecamatan di pagar alam mencapai 8,089,75 Ha, dan produksi perkebunan kopi robusta dari 5 kecamatan menembus 19,268,30 ton (BPS 2025). Dari hasil wawancara kepada petani dalam melakukan identifikasi penyakit daun kopi robusta dilakukan dengan cara manual dimana melihat pengalaman langsung yang di dapat oleh petani yaitu, daun kopi mengalami penyakit bercak daun, karat daun, embun jelangga sehingga petani sering kali mengalami keterbatasan pengetahuan serta kesalahan dalam identifikasi penyakit yang menyebabkan penerapan pengendalian terhadap penyakit yang tidak tepat hal ini menyebabkan dampak pada penggunaan pestisida kimia berlebih yang berbahaya. Hal ini yang dilakukan petani dalam melakukan identifikasi pada bagian daun kopi robusta secara cepat untuk melakukan proses diagnosa penyakit pada daun kopi robusta. Hal ini menyebabkan pengetahuan dan informasi proses diagnosa belum efisien untuk mendapatkan informasi terkait tentang penyakit kopi, terutama untuk perkebunan yang luas dalam mengenali gejala penyakit daun kopi Robusta. Penyakit pada daun tanaman kopi juga mempengaruhi penurunan pada produksi panen kopi dan Dapat menyebabkan penurunan kualitas kopi robusta akibat rontoknya daun produktivitas tanaman kopi robusta menjadi tidak stabil oleh karena itu diperlukan sistem berbasis pengolahan citra digital yang mampu mengidentifikasi kondisi penyakit daun tanaman kopi robusta dengan akurat dan efisien.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut peneliti ini mengusulkan solusi melalui *Algoritma Support Vector Machine* (SVM) yang dikombinasikan dengan arsitektur *MobileNetv2* dengan sistem berupa kamera diidentifikasi untuk mengidentifikasi penyakit pada tanaman kopi robusta. Dalam mengidentifikasi kopi robusta terutama pada daun diolah berdasarkan gambar daun kopi robusta, *MobileNetv2* digunakan sebagai *extractor* fitur untuk mengekstrak ciri visual yang relevan dari gambar daun kopi robusta, sedangkan *Support Vector Machine* (SVM) berfungsi sebagai klasifikasi dimana untuk menentukan apakah daun tersebut tergolong sehat atau mengandung penyakit, dengan model ini penyakit daun kopi dapat diidentifikasi secara cepat, tepat, dan objektif yang dapat membantu petani kopi terhadap pencegahan dan penanganan penyakit untuk mengurangi penyebaran

penyakit dan mengurangi risiko kerugian pada hasil produksi panen kopi.

2. TINJAUAN PUSRAKA

2.1. Kopi Robusta

Menurut penelitian terdahulu oleh A. Supriyanto, R. R. Isnanto, and O. D. Nurhayati, Kopi adalah jenis tanaman berbentuk pohon yang termasuk dalam keluarga *rubiaceae* dan *genus coffea*, tetapi hanya dua *spesies* dari genus kopi yang bernilai komersial, terutama kopi robusta dan arabika. Jenis kopi lainnya hanya digunakan sebagai campuran untuk meningkatkan aromanya, seperti biji kopi *excelsa* dan biji kopi *liberica* [4] Menurut ((Kalsum Rahmaningsih soettardi et al., 2021) dalam [5]

Kopi robusta berasal dari beberapa *spesies* kopi, terutama *coffea canephora* suhu rata-rata 21-24°C, Kopi ini dapat tumbuh dengan baik di ketinggian antara 400 dan 700 meter di atas permukaan laut. Kopi Robusta mengandung kafein sekitar 2-3 %, yaitu hampir dua kali lebih banyak dibandingkan kopi arabika. Selain itu, robusta juga memiliki kadar ekstrak terlarut yang lebih tinggi, sehingga menghasilkan kopi yang lebih kental dan berwarna lebih pekat. Kandungan tersebut membuat robusta sangat menguntungkan untuk industri kopi bubuk maupun instan.

2.2. Mobilenetv2

Mobilenetv2 adalah arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dirancang khusus untuk aplikasi pada perangkat mobile. Salah satu keunggulan utama arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) ini adalah ketebalan filter konvolusi yang disesuaikan dengan ukuran gambar, sehingga dapat mengurangi ukuran model secara signifikan. Dalam penelitian ini, digunakan arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) yaitu *mobilenetv2*. *Mobilenetv2*, yang dirilis pada tahun 2018, masih menggunakan konvolusi *depthwise* dan *pointwise* seperti pada versi sebelumnya. Namun, *Mobilenetv2* menambahkan dua fitur baru, yaitu linear *bottleneck* dan *shortcut connections* antar layer [3]

MobileNetv2 adalah model yang dikembangkan oleh google dengan desain arsitektur yang ringan, sehingga dapat digunakan pada perangkat dengan kemampuan pemrosesan yang terbatas, selain efisien, *MobileNetv2* juga mampu melakukan identifikasi objek pada citra dengan tingkat akurasi yang tinggi [6]

2.3. Data Mining

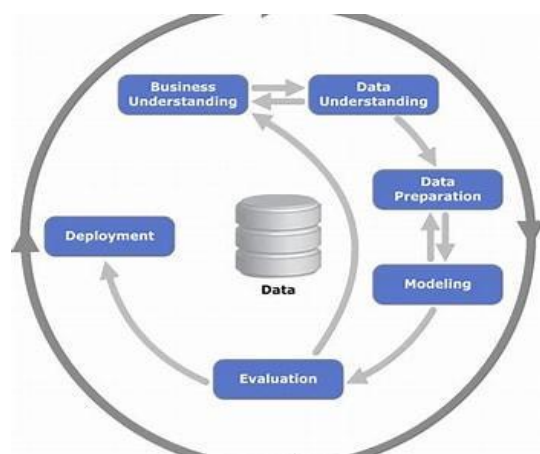
Data mining adalah suatu istilah yang digunakan untuk menguraikan penemuan pengetahuan di dalam database. Data mining adalah proses yang menggunakan teknik statistik, matematika, kecerdasan buatan, dan machine learning untuk mengekstraksi dan mengidentifikasi informasi yang bermanfaat dan pengetahuan yang terkait dari berbagai database besar [7]

2.4. Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) merupakan metode pembelajaran mesin yang paling efektif untuk klasifikasi, karena proses penerapan model klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM) melibatkan analisis setiap label atau kelas serta pembentukan margin yang mendekati nilai nol. Oleh karena itu, *Support Vector Machine* (SVM) umumnya digunakan untuk regresi vektor pendukung (*support vector classification*). *Hyperplane* dalam *Support Vector Machine* (SVM) adalah fitur utama yang membantu menilai hubungan antara satu kelas dengan kelas lainnya. Cara kerja *Support Vector Machine* (SVM) memungkinkan identifikasi *hyperplane* terbaik melalui pengenalan vektor pendukung yang paling mudah dikenali. Dalam konteks klasifikasi, *hyperplane* disebut sebagai garis di dua dimensi, bidang di tiga dimensi, dan biasanya digunakan untuk mengkategorikan data dengan dimensi lebih dari tiga. Ilustrasi prinsip kerja algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dalam memisahkan dua kelas data dapat dilihat pada gambar di bawah ini. *Support Vector Machine* (SVM) beroperasi dengan mencari *hyperplane* yang tidak hanya mampu membedakan dua kelas data, tetapi juga memaksimalkan jarak antar kelas (margin) guna meningkatkan akurasi klasifikasi[8]

Support vector Machine (SVM) merupakan algoritma klasifikasi yang efektif untuk membedakan dua atau lebih kelas dengan menentukan *hyperplane* yang paling optimal pada ruang fitur. *Support vector Machine* (SVM) bekerja dengan prinsip margin maksimum, yaitu memilih *hyperplane* yang memberikan jarak terbesar antara kelas yang berbeda. Algoritma ini memiliki keunggulan dalam mengolah data berdimensi tinggi dan tetap memberikan kinerja yang baik meskipun jumlah sampel terbatas.[9]

3. METODE PENELITIAN



Gambar 1. metode CRIPS-DM

Penelitian ini menggunakan metode *cross industry standard proces for data mining* (CRIPS-DM) sebagai kerangka kerja pengembangan sistem, karena

metode ini mampu menggambarkan tahapan penelitian secara sistematis mulai dari pemahaman data hingga evaluasi model. CRIPS-DM, juga dikenal sebagai proses standar lintas industri untuk data mining, menyediakan standar data mining yang dapat diterapkan dalam strategi pemecahan masalah umum untuk bisnis atau uni penelitian yang terdiri dari berbagai fase [10]

3.1. Pemahaman Bisnis (Business understanding)

Pada tahap (*Business Understanding*) penelitian ini adalah untuk memahami permasalahan yang akan diselesaikan. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara kepada petani kopi langsung dan Dinas Pertanian permasalahan dalam penelitian ini adalah sulitnya melakukan identifikasi penyakit tanaman kopi robusta dan masih dilakukan dengan cara pengamatan langsung dengan manual sehingga kurang efisien. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem berbasis web menggunakan *frame work flask* identifikasi penyakit tanaman kopi robusta berbasis citra daun menggunakan ekstraksi ciri *MobileNetv2* dan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) agar dapat membantu proses identifikasi penyakit secara akurat.

3.2. Pemahaman data (data understanding)

Tahap ini yaitu melakukan data *understanding* dimana mengumpulkan dan memahami karakteristik data yang akan digunakan, data yang digunakan yaitu berupa citra daun kopi robusta. Untuk mendukung tujuan tersebut, diperlukan data citra daun kopi robusta sehingga tahap selanjutnya dilakukan proses pengambilan data sampel dan penyusunan dataset sebagai dasar pengembangan sistem.

3.3. Pemodelan (modeling)

Tahap modeling dilakukan dengan membangun model identifikasi penyakit tanaman kopi robusta. Pada tahap ini, citra daun kopi yang telah melalui proses *preprocessing* diekstraksi ciecinya menggunakan arsitektur *MobileNetv2* tanpa layer klasifikasi untuk menghasilkan vektor fitur. *MobileNetv2* digunakan sebagai *feature extractor* dengan bobot *pre-trained* tanpa dilakukan proses pelatihan ulang. Selanjutnya, vektor fitur tersebut digunakan sebagai input pada algoritma *Support vector Machine* (SVM) untuk membangun model identifikasi penyakit tanaman kopi robusta. Proses pemodelan dilakukan menggunakan alat bantu *google colab*.

3.4. Evaluasi (evalation)

Tahap *evaluation* bertujuan untuk mengevaluasi kinerja model yang telah dibangun. Evaluasi dilakukan menggunakan data testing dengan membandingkan hasil prediksi model *Support Vector Machine* (SVM) terhadap label data asli. Hasil evaluasi ditampilkan dalam bentuk *confusion matrix* dan dihitung nilai akurasi, *precision*, *recall*, dan *f1-score* untuk menilai

performa sistem identifikasi penyakit tanaman kopi robusta.

Evaluasi kinerja sistem dimulai dengan memasukkan hasil prediksi yang dihasilkan oleh algoritma *Support Vector Machine* (SVM) berdasarkan data testing, selanjutnya hasil prediksi tersebut dibandingkan dengan label asli data testing untuk mengetahui kesesuaian antara hasil prediksi sistem dengan kondisi penyakit yang sebenarnya. Proses perbandingan ini kemudian disajikan dalam bentuk *confusion matrix* yang menggambarkan jumlah prediksi benar dan salah pada setiap kelas penyakit daun kopi robusta. Berdasarkan *confusion matrix* tersebut, dilakukan perhitungan metrik evaluasi yang meliputi akurasi, *precision*, *recall*, dan *f1-score* nilai-nilai evaluasi ini digunakan untuk mengukur kinerja sistem dalam mengidentifikasi penyakit tanaman kopi robusta. Hasil perhitungan evaluasi selanjutnya ditampilkan sebagai keluaran akhir untuk menilai tingkat keberhasilan sistem yang di usulkan.

3.5. Penyebaran (deployment)

Tahap *deployment* ini merupakan tahap akhir dari metode *CRIPS-DM*. Pada penelitian ini, hasil dari proses identifikasi dan evaluasi digunakan sebagai dasar untuk menarik kesimpulan mengenai kinerja sistem yang di usulkan. Sistem berbasis *web* menggunakan *frame work flask* yang telah dibangun diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai pendukung identifikasi penyakit tanaman kopi robusta berbasis citra daun dan dimengerti oleh pihak Dinas Pertanian Kota Pagar Alam dan petani.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemahaman bisnis (*business understanding*)

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem identifikasi penyakit pada daun kopi robusta berbasis citra digital dengan memanfaatkan teknologi *deep learning* dan *machine learning*. Model *MobileNetv2* digunakan untuk mengekstraksi fitur penting dari citra daun, proses pelatihan model dilakukan dalam 2 tahap, yaitu tahap pelatihan awal dengan membekukan sebagian besar layer *MobileNetv2*, serta tahap *fine-tuning* dengan membuka beberapa layer terakhir untuk meningkatkan kemampuan model dalam mempelajari karakteristik citra daun kopi. Setelah model *convolutional neural network* (CNN) selesai dilatih lalu dilakukan proses klasifikasi menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM).

4.2. Pemahaman data (*data understanding*)

Pada tahap ini data yang digunakan dalam penelitian ini adalah 600 citra daun kopi robusta dimana dibagi menjadi 100 data dari setiap kelasnya gambar tersebut diperoleh dari kebun kopi dari 5 kecamatan di kota Pagar Alam lalu dataset dapat diakses melalui *google drive*.

4.3. Persiapan data (*data preparation*)

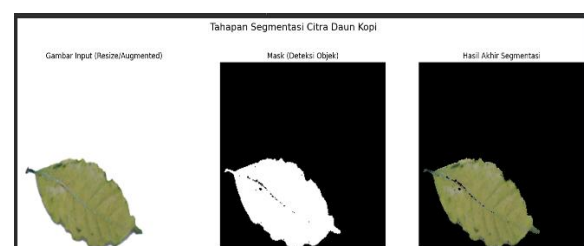
Setelah dataset berhasil dibagi menjadi 6 kategori langkah selanjutnya adalah proses pengolahan data sebelum digunakan dalam pelatihan model pada tahap ini dilakukan beberapa proses penting agar citra siap digunakan dalam proses pembelajaran mesin proses persiapan data meliputi *resize* citra, *augmentasi* data, dan segmentasi tahapan ini dapat kita lihat seperti gambar di bawah ini



Gambar 2. sebelum dan sesudah resize



Gambar 3. hasil augmentasi



Gambar 4. hasil segmentasi

4.4. Pemodelan (*modeling*)

Setelah melakukan tahap persiapan data selanjutnya adalah proses modeling yaitu proses pembangunan model klasifikasi menggunakan dataset yang telah dipersiapkan. Pada tahap ini dilakukan proses pelatihan model untuk menganali pola pada

citra daun kopi sehingga model mampu mengklasifikasikan jenis penyakit daun kopi secara otomatis. Dalam penelitian ini, pemodelan dilakukan menggunakan pendekatan *transfer learning* dengan *fine-tuning* pada model *Convolutional Neural Network* (CNN). Model yang digunakan adalah *Mobilenetv2* yang kemudian digunakan untuk mengekstraksi fitur dari citra daun kopi sebelum dilakukan proses klasifikasi menggunakan algoritma *support vector machine* (SVM).

4.5. Pelatihan (evaluation)

Setelah proses pelatihan dan optimasi model selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi untuk mengetahui performa model dalam mengklasifikasikan penyakit daun kopi. Evaluasi dilakukan menggunakan beberapa metrik pengukuran seperti *accuracy*, *precision*, *recall*, *f1-score*, serta *confusion matrix* proses evaluasi pada penelitian ini dilakukan 2 tahap dimana tahap awal hanya mendapatkan akurasi sebesar 69% lalu peneliti menggunakan optimalisasi metode *gridsearch* guna meningkatkan akurasi pada algoritma *support vector machine* (SVM) yang mendapatkan nilai akurasi sebesar 96%

Akurasi SVM (fitur hasil fine-tuned MobileNetV2): 0.6916666666666667

Classification Report:

	precision	recall	f1-score	support
BERCAK DAUN	0.93	0.70	0.80	20
DAUN KUNING	0.86	0.90	0.88	20
KARAT DAUN	1.00	0.50	0.67	20
KUTU PUTIH	0.73	0.40	0.52	20
SERANGAN ULAT	0.40	1.00	0.57	20
UPAS	1.00	0.65	0.79	20
accuracy			0.69	120
macro avg	0.82	0.69	0.70	120
weighted avg	0.82	0.69	0.70	120

Gambar 5. Akurasi awal *support vector machine* (SVM)

--- HASIL OPTIMASI ---

Settingan Terbaik: {'svm_C': 0.1, 'svm_gamma': 'scale', 'svm_kernel': 'linear'}

Classification Report Terbaru:

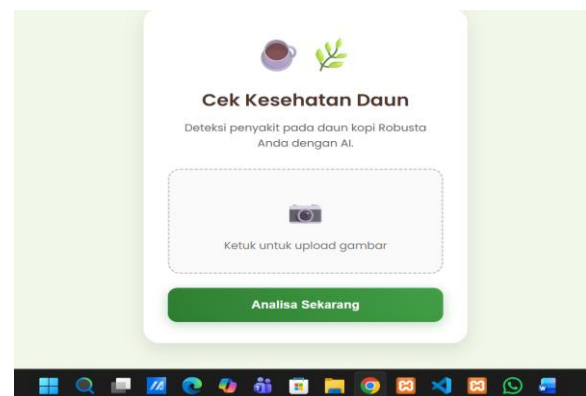
	precision	recall	f1-score	support
BERCAK DAUN	0.90	0.95	0.93	20
DAUN KUNING	1.00	1.00	1.00	20
KARAT DAUN	0.94	0.85	0.89	20
KUTU PUTIH	1.00	1.00	1.00	20
SERANGAN ULAT	0.90	0.95	0.93	20
UPAS	1.00	1.00	1.00	20
accuracy			0.96	120
macro avg	0.96	0.96	0.96	120
weighted avg	0.96	0.96	0.96	120

Gambar 6. Akurasi *support vector machine* dengan *gridsearch*

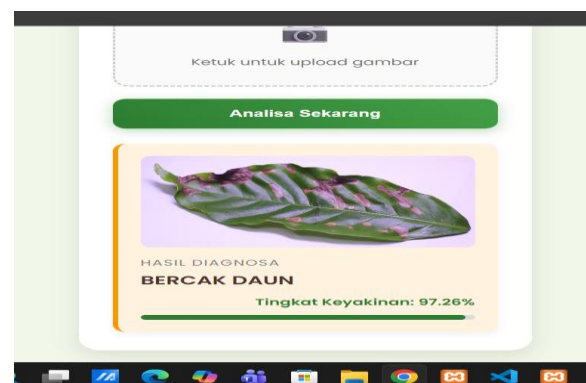
4.6. Penyebaran (deployment)

Tahap *deployment* merupakan langkah untuk mengintegrasikan model *machine learning* yang telah

dilatih ke dalam sebuah sistem yang dapat diakses oleh pengguna. Pada penelitian ini, sistem dideploy menggunakan *framework flask* berbasis *web* selanjutnya file model *support vector machine* (SVM) (*best_svm_model_96.pkl*) dan fitur (*selector.pkl*) dimuat ke dalam memori server menggunakan library *joblib* agar dapat melakukan identifikasi secara akurat *Website* ini merupakan sistem identifikasi penyakit daun kopi robusta yang dikembangkan menggunakan *framework flask*. Sistem ini dapat membantu petani untuk mengidentifikasi jenis penyakit yang menyerang daun tanaman kopi berdasarkan ekstraksi fitur citra digital, khususnya melalui karakteristik visual seperti warna bercak, pola tekstur, dan bentuk kerusakan pada permukaan daun, pengguna cukup mengunggah gambar daun kopi yang ini di identifikasi , kemudian menekan tombol identifikasi untuk mengetahui jenis penyakit sistem ini sangat berguna bagi petani kopi sebagai alat bantu pengambilan keputusan khususnya bagi petani kopi robusta di kota Pagar Alam.



Gambar 7. tampilan awal sistem



Gambar 8. tampilan hasil identifikasi sistem

4.7. Pengujian Sistem Blackbox Testing

Pengujian sistem merupakan tahapan penting dalam pengembangan perangkat lunak untuk memastikan bahwa sistem yang dibangun telah berjalan sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi yang telah ditentukan. Pada penelitian ini, metode pengujian yang digunakan adalah Black Box Testing, yaitu metode pengujian yang berfokus pada fungsionalitas sistem tanpa memperhatikan struktur internal atau kode program. Pengujian dilakukan dengan cara

memberikan berbagai variasi input ke dalam sistem, kemudian mengamati output yang dihasilkan dan membandingkannya dengan hasil yang diharapkan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa setiap fitur dalam sistem berfungsi dengan baik, mampu menangani input dengan benar, serta menghasilkan output yang sesuai dengan spesifikasi. Proses pengujian dilakukan dengan menyusun beberapa skenario uji berdasarkan fungsi utama sistem, seperti proses input citra daun, proses identifikasi menggunakan ekstraksi fitur MobileNetV2, dan klasifikasi menggunakan Support Vector Machine (SVM), hingga menghasilkan output berupa jenis penyakit tanaman. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan output yang sesuai dengan input yang diberikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem telah berjalan dengan baik dan memenuhi kebutuhan pengguna. Dengan demikian, metode Black Box Testing efektif digunakan untuk menguji kinerja sistem dari sisi pengguna tanpa harus mengetahui detail implementasi di dalamnya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan arsitektur *MobileNetV2* sebagai ekstraktor fitur yang dikombinasikan dengan algoritma *support vector machine* (SVM) melalui proses *fine-tuning* pada 30 layer terakhir terbukti sangat efektif, menghasilkan akurasi awal sebesar 83,3% yang kemudian meningkat hingga mencapai akurasi maksimal 96% setelah optimasi *grid search* dengan parameter kernel linier dan $C = 0,1$ implementasi sistem berbasis *web* menggunakan *framework flask* juga menunjukan performa *real* yang stabil dengan akurasi pengujian sebesar 85% dan keberhasilan identifikasi sempurna (100%). Pada kelas bercak daun, serangan ulat, dan upas. Meskipun demikian, untuk pengembangan selanjutnya disarankan adanya penambahan variasi dataset, terutama pada kelas karat daun guna mengatasi kendala *high inter-class similarity*, serta penerapan ekstraksi tekstur yang lebih spesifik untuk mempertajam perbedaan visual antar penyakit. Selain itu, optimasi ukuran model dan penambahan fitur edukasi penanganan penyakit pada sistem *web* sangat direkomendasikan agar sistem dapat berjalan lebih

ringan dan memberikan manfaat praktis yang lebih luas bagi pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Chairudin, S. Nugroho, and O. Suria, "klasifikasi antraknosa dan buah busuk pada citra cabai rawit," vol. 10, no. 2, pp. 657–666, 2025.
- [2] M. Rizal *et al.*, "deteksi awal penyakit tanaman berbasis citra daun: studi perbandingan algoritme svm dan cnn," vol. 1, no. 1, pp. 61–76, 2025.
- [3] A. N. Nafisa *et al.*, "Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network Arsitektur Model MobileNetV2 dalam Klasifikasi Penyakit Tumor Otak Glioma, Pituitary dan Meningioma," vol. 5, no. 1, pp. 53–61, 2023.
- [4] A. Supriyanto, R. R. Isnanto, and O. D. Nurhayati, "Klasifikasi Penyakit Daun Kopi Robusta Menggunakan Metode SVM dengan Ekstraksi Ciri GLCM," vol. 12, no. November, pp. 241–248, 2023.
- [5] D. Handoko, A. Syarifuddin, and E. Febriyanti, "tangga js family simpang kanan sumberejo," vol. 5, no. 2, pp. 38–51, 2022.
- [6] R. J. H. Butar-butur *et al.*, "Deep Learning untuk Identifikasi Daun Tanaman Obat Menggunakan Transfer Learning MobileNetV2," vol. 8, no. 2, pp. 142–148, 2023.
- [7] D. T. Cahaya, D. Puspita, R. Syahri, and T. Informatika, "penerapan metode k-means clustering untuk pengelompokan potensi padi di kota pagar alam," vol. 8, no. 2, pp. 2187–2193, 2024.
- [8] B. K. Gulo and A. R. Himamunanto, "bulletin of computer science research Deteksi Penyakit Tanaman Padi (Oryza Sativa L.) Menggunakan Support Vector Machine (SVM) Dan Random Forest Pada Citra Daun," vol. 5, no. 2, pp. 724–733, 2025.
- [9] D. Lizard, S. Dimara, B. Rahmat, and h. maulana, "identifikasi penyakit daun padi dengan metode transfer learning mobilenet - support vector machine," vol. 9, no. 3, pp. 5413–5420, 2025.
- [10] S. firdaus, Muhammad, "penentuan klasifikasi dengan crisp-dm," pp. 826–831, 2022.