

**Fusi Fitur Gabor dan *Color Moment HSV* untuk Klasifikasi Citra Penyakit  
Tanaman Padi menggunakan *Support Vector Machine***

**Skripsi**

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Mencapai Derajat Sarjana S-1 dalam Program Studi Informatika**



**Disusun Oleh:**

Husnul Khatimah

22106050015

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**2026**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

### LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Husnul Khatimah  
NIM : 22106050015  
Program Studi : Informatika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul **“Fusi Fitur Gabor dan Color Moment HSV untuk Klasifikasi Citra Penyakit Tanaman Padi menggunakan Support Vector Machine”** merupakan penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan bukan plagiasi karya orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Program Studi Informatika pada Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.

Yogyakarta, 26 Mei 2026  
Yang membuat pernyataan,



Husnul Khatimah  
22106050015

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

### LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir  
Lamp : -

Kepada  
Yth.  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga  
DI Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka saya selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudari:

Nama : Husnul Khatimah  
NIM : 22106050015  
Judul Skripsi : Fusi Fitur Gabor dan *Color Moment* HSV untuk Klasifikasi Citra Penyakit Tanaman Padi menggunakan *Support Vector Machine*

Sudah dapat diajukan kepada Program Studi Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Informatika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi / tugas akhir Saudari dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya saya ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 26 Mei 2026

Pembimbing,



Dr. Siti Mutmainah, S.Kom, M.Cs.  
NIP. 19791204 200604 2 003

# LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1251/Un.02/DST/PP.00.9/06/2026

Tugas Akhir dengan judul : Fusi Fitur Gabor dan Color Moment HSV untuk Klasifikasi Citra Penyakit Tanaman Padi menggunakan Support Vector Machine

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : HUSNUL KHATIMAH  
Nomor Induk Mahasiswa : 22106050015  
Telah diujikan pada : Jumat, 05 Juni 2026  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang  
Siti Mutmainah, S.Kom., M.Cs., Ph.D  
SIGNED

Valid ID: 6a26772667897



Penguji I  
Ir. Maria Ulfah Siregar, S.Kom., MIT., Ph.D.  
SIGNED

Valid ID: 6a265e26132ba



Penguji II  
Dwi Otik Kurniawati, M.Eng.  
SIGNED

Valid ID: 6a261e07d9e75



Yogyakarta, 05 Juni 2026  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 6a26828f97617

## INTISARI

Produktivitas padi menurun akibat sulitnya identifikasi penyakit daun secara akurat karena kemiripan gejala dan keterbatasan pengamatan visual. Untuk meningkatkan proses klasifikasi, penelitian ini menerapkan fusi fitur Gabor dan *Color Moment HSV* menggunakan *Support Vector Machine*. Dataset yang digunakan merupakan dataset dari *Kaggle* dengan enam kelas penyakit. Gabor digunakan untuk mengekstraksi informasi tekstur berdasarkan kombinasi frekuensi dan orientasi, sedangkan *Color Moment HSV* digunakan untuk mengekstraksi informasi warna melalui kanal *Hue*, *Saturation*, dan *Value*. Kedua fitur tersebut digabungkan menggunakan teknik konkatenasi dan digunakan sebagai input model SVM. Evaluasi dilakukan menggunakan akurasi, *precision*, *recall*, *F1-score*, *confusion matrix*, dan *K-Fold Cross Validation 5 fold*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fitur Fusi (Gabor+HSV) memberikan performa klasifikasi lebih baik dibandingkan fitur tunggal. Pada pengujian awal, fitur Fusi memperoleh akurasi sebesar 0,93, lebih tinggi dibandingkan fitur Gabor sebesar 0,85 dan HSV sebesar 0,82. Setelah dilakukan *tuning hyperparameter*, akurasi fitur Fusi meningkat menjadi 0,94 dengan rata-rata akurasi *K-Fold Cross Validation* sebesar 0,933. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggabungan fitur tekstur dan warna mampu meningkatkan kemampuan model dalam membedakan setiap kelas penyakit daun padi.

**Kata Kunci :** Klasifikasi penyakit daun padi, Gabor, *Color Moment HSV*, penggabungan fitur, dan *Support Vector Machine*.

## **ABSTRACT**

*Rice productivity has declined due to the difficulty of accurately identifying leaf diseases because of the similarity of symptoms and the limitations of visual observation. To improve the classification process, this study applies Gabor and HSV Color Moment feature fusion using a Support Vector Machine. The dataset used is from Kaggle and includes six disease classes. Gabor is used to extract texture information based on a combination of frequency and orientation, while Color Moment HSV is used to extract color information through the Hue, Saturation, and Value channels. These two features are combined using concatenation and serve as input for the SVM model. Evaluation was conducted using accuracy, precision, recall, F1-score, confusion matrix, and 5-fold K-Fold Cross Validation. The research results show that the Fusion feature (Gabor+HSV) provides better classification performance compared to single features. In the initial testing, the Fusion feature achieved an accuracy of 0.93, higher than the Gabor feature at 0.85 and the HSV feature at 0.82. After hyperparameter tuning, the accuracy of the Fusion feature increased to 0.94 with an average K-Fold Cross Validation accuracy of 0.933. These results indicate that combining texture and color features enhances the model's ability to distinguish between each class of rice leaf diseases.*

**Keywords :** *Rice leaf disease classification, Gabor, Color Moment HSV, feature fusion, and Support Vector Machine.*

## HALAMAN MOTTO

“Jangan bandingkan jarak terbangnya, tapi bagaimana dan apa yang dilalui.”

**(Pesawat Kertas – JKT48)**

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”

**(Q.S Al-Insyirah: 5-6)**



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Atas karunia Allah SWT Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada:

Alm. Nurhayati Malik, Alm. Arwan Pademmui,

Zulkifli Malik, dan Salma

Orang Tua tercinta

Nurul Karimah, Ruhaemah, dan Alm. Muh. Riyadh

Kakak-kakak tersayang

Keluarga Besar

Yang selalu memberi doa dan dukungan

Sahabat dan teman seperjuangan

Yang selalu memberikan dukungan untuk penulis

Serta

Almamater tercinta

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
Program Studi Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri teladan bagi umat manusia. Penyusunan tugas akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Penulis menyadari bahwa proses penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Bapak Dr. Muhammad Mustakim, S.T. M.T. sebagai Ketua Program Studi Informatika.
4. Ibu Siti Mutmainah, S.Kom, M.Cs. Ph.D, selaku dosen pembimbing terima kasih atas arahan, bimbingan, dan saran yang telah diberikan selama proses penyusunan hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
5. Bapak Agus Mulyanto, S.Si., M.Kom., selaku dosen pembimbing akademik atas arahan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
6. Alm. Nurhayati Malik dan Alm. Arwan Pademmui, orang tua tercinta yang telah memberikan kasih sayang, doa dan pengorbanan yang sangat besar semasa hidupnya. Walaupun kini beliau tidak lagi berada di sisi penulis dan tidak bisa lagi mendampingi dalam setiap langkah perjalanan ini namun rasa cinta dan kehangatannya tetap selalu dirasakan dan menjadi kekuatan bagi penulis. Semoga Allah SWT menerima segala amal ibadah beliau dan

mengampuni segala dosanya. Penulis berharap beliau dapat melihat dan merasa bangga atas setiap perjalanan ini.

7. Om Zulkifli Malik dan ibu Salma, beliau sudah penulis anggap sebagai orang tua. Terima kasih atas segala dukungan yang telah diberikan baik dalam bentuk kasih sayang, materi, maupun arahan selama ini. Terima kasih juga telah selalu ada untuk mendampingi dan menemani penulis dalam setiap keadaan.
8. Nurul Karimah, Ruhaemah, dan Alm. Muh. Riyadh kakak-kakak sayang, terima kasih telah selalu mensupport adek bungsu ini. Kehadiran dan perhatian yang kalian diberikan selama ini sangat berarti bagi penulis.
9. Seluruh keluarga besar penulis, terima kasih karna selalu mendoakan dan memberikan dukungan.
10. Marsha Kamila, Sri Harmonis, dan Kiki Puspita Sari sahabat penulis yang sudah seperti keluarga. Terima kasih telah menemani penulis dan menjadi tempat bercerita selama masa perkuliahan. Tanpa kalian penulis tidak tahu bagaimana bisa bertahan dan melewati masa perkuliahan ini, kalian selalu membantu dan menyemangati penulis dalam menghadapi berbagai cobaan yang ada. Terima kasih juga telah menemani dalam proses penyusunan skripsi ini, begadang hingga larut malam untuk menyelesaikannya bersama. Semoga kalian selalu diberikan kemudahan di setiap langkah.
11. Dian Novendria, terima kasih telah menjadi teman yang baik dan selalu menemani di kala sepi. Selalu melibatkan penulis dalam berbagai kegiatan dan mengajak untuk melakukan hal-hal yang membuat kehidupan di perantauan ini menjadi lebih berwarna. Juga selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
12. Teman-teman seperjuangan bimbingan Nadhif, Arga, Rizki Surya, dan Surya Nugraha, terima kasih telah menjadi partner diskusi dan membantu penulis selama masa perkuliahan, terutama setelah penjurusan hingga tahap penyusunan skripsi.

13. Teman-teman grup PPT, terima kasih atas dukungan dan segala kenangan yang telah dibuat bersama selama ini. Banyak hal yang sudah dilewati bersama yang membuat masa perkuliahan penulis menjadi lebih berkesan.
14. Teman-teman Informatika angkatan 2022, terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan semua kenangan selama masa perkuliahan. Semoga kita semua sukses di langkah masing-masing ke depannya.
15. Semua pihak yang pernah hadir dan membantu penulis, yang mungkin tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala kebaikan yang telah diberikan.
16. Terima kasih untuk Yogyakarta atas kenangan selama 4 tahun yang tidak akan pernah penulis lupakan. Kota ini memberikan rasa nyaman dan banyak cerita di setiap sudutnya. Di kota ini penulis banyak dipertemukan dengan orang baik yang layaknya seperti keluarga sendiri. Selain menjadi tempat menempuh pendidikan, Jogja juga menjadi tempat penulis tumbuh dan lebih mengenal diri sendiri, serta banyak belajar tentang keberanian, kedewasaan, kesabaran, dan cara menghadapi rasa takut dalam kehidupan. Semoga selalu ada kesempatan untuk kembali berkunjung ke kota ini di kemudian hari.
17. Terakhir, untuk diri saya sendiri Husnul Khatimah. Terima kasih sudah bertahan sampai sejauh ini di tengah lelah dan jatuh bangun selama proses mengerjakan skripsi. Terima kasih juga karena tetap berusaha percaya bahwa diri ini selalu bisa, meskipun tidak jarang diliputi rasa ragu dan takut. Perjalanan ini tidak mudah, dan layak untuk dirayakan. Semoga ke depan tetap rendah hati, lebih baik lagi, dan tetap kuat dalam menjalani kehidupan setelah ini. Semoga setiap langkah dimudahkan dan pelan-pelan semua mimpi yang selama ini dijaga bisa terwujud. Aamiin.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki kekurangan dan belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sebagai bahan evaluasi dan perbaikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	iv
INTISARI.....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
HALAMAN MOTTO .....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	7
2.1 Tinjauan Pustaka .....	7
2.2 Landasan Teori.....	13
2.2.1 Citra Digital.....	13
2.2.2 Klasifikasi Citra .....	14
2.2.3 Ekstraksi Fitur .....	15
2.2.4 Filter Gabor .....	16
2.2.5 <i>Color Moment HSV</i> .....	18
2.2.6 Penggabungan Fitur .....	19
2.2.7 <i>Support Vector Machine</i> .....	20
2.2.8 Metrik Evaluasi .....	24

2.2.9	<i>K-Fold Cross Validation</i> .....	27
BAB III	METODE PENELITIAN.....	28
3.1	Desain Penelitian.....	28
3.2	Data dan Sumber Data .....	28
3.3	Perangkat dan Alat Penelitian .....	31
3.4	Alur Penelitian .....	31
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	39
4.1	Analisis Data .....	39
4.1.1	<i>Exploratory Data Analysis (EDA)</i> .....	39
4.1.2	<i>Data Preprocessing</i> .....	40
4.2	Ekstraksi Fitur .....	42
4.2.1	Fitur Gabor .....	42
4.2.2	Fitur <i>Color Moment HSV</i> .....	44
4.2.3	Fitur Gabungan .....	46
4.3	Analisis Kinerja Klasifikasi .....	49
4.3.1	Kinerja dengan Parameter Awal .....	49
4.3.2	Kinerja dengan Tuning Parameter .....	54
4.3.3	Kinerja Keseluruhan data dengan <i>K-Fold Cross Validation</i> .....	58
BAB V	PENUTUP.....	62
5.1	Kesimpulan .....	62
5.2	Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	.....	64
LAMPIRAN	.....	70

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Confusion matrix</i> pada Klasifikasi Data .....	25
Gambar 2. 2 Mekanisme <i>K-Fold Cross Validation</i> .....	27
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	32
Gambar 4. 1 Perbandingan Sebelum dan Setelah Resize citra.....	41
Gambar 4. 2 Contoh Konversi Citra ke HSV.....	45
Gambar 4. 3 Perbandingan Akurasi Model dengan Parameter Awal .....	50
Gambar 4. 4 <i>Confusion Matrix</i> Gabor.....	52
Gambar 4. 5 <i>Confusion Matrix</i> HSV.....	52
Gambar 4. 6 <i>Confusion Matrix</i> Gabungan .....	53
Gambar 4. 7 Perbandingan Akurasi Sebelum dan Sesudah Tuning Parameter ....	55
Gambar 4. 8 <i>Confusion Matrix</i> Gabor dengan Tuning Parameter .....	56
Gambar 4. 9 <i>Confusion Matrix</i> HSV dengan Tuning Parameter .....	57
Gambar 4. 10 <i>Confusion Matrix</i> Gabungan dengan Tuning Parameter.....	58
Gambar 4. 11 Grafik Garis Perbandingan Akurasi pada Setiap Fold .....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ringkasan Tinjauan Pustaka .....	7
Tabel 3. 1 Contoh Citra Tiap Penyakit Daun Padi.....	30
Tabel 4. 1 Distribusi Jumlah Data Tiap Kelas .....	39
Tabel 4. 2 Resolusi Citra.....	40
Tabel 4. 3 Hasil <i>Encode</i> Label .....	42
Tabel 4. 4 Contoh Hasil Ekstraksi Fitur Gabor.....	44
Tabel 4. 5 Contoh Hasil Ekstraksi Fitur HSV .....	46
Tabel 4. 6 <i>Shape</i> Data Latih.....	47
Tabel 4. 7 <i>Shape</i> Data Validasi .....	47
Tabel 4. 8 Contoh Hasil Ekstraksi Fitur Fusi(Gabor+HSV).....	48
Tabel 4. 9 Contoh Hasil Fitur Fusi(Gabor+HSV) Terstandarisasi.....	49
Tabel 4. 10 Hasil Evaluasi Model dengan Parameter Awal.....	50
Tabel 4. 11 Hasil Evaluasi Model dengan Tuning Parameter.....	55
Tabel 4. 12 Hasil Evaluasi dengan <i>K-Fold Cross Validation</i> .....	59
Tabel 4. 13 Rata-Rata Hasil <i>K-Fold Cross Validation</i> .....	60

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Link Dataset.....	70
Lampiran 2 Link Kode .....	70
Lampiran 3 Library yang digunakan.....	70
Lampiran 4 <i>Curriculum Vitae</i> .....	71



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Produktivitas tanaman padi di banyak wilayah sering mengalami ketidakstabilan akibat terserang penyakit [1]. Hal ini menjadi serius karena tanaman padi merupakan komoditas pangan utama. Tanaman ini berperan penting dalam memenuhi kebutuhan konsumsi, terutama bagi masyarakat Indonesia. Tingginya ketergantungan masyarakat terhadap padi sebagai sumber karbohidrat utama menyebabkan setiap gangguan produksi dapat berdampak langsung pada ketersediaan pangan. Beberapa penyakit utama yang kerap menyerang adalah seperti *leaf blast*, *brown spot*, *bacterial leaf blight*, *leaf scald*, dan *narrow brown spot*. Penyakit-penyakit tersebut merupakan jenis yang umum ditemukan di lahan pertanian padi. Dampak yang ditimbulkan tidak hanya menurunkan kualitas hasil panen, tetapi pada kondisi tertentu juga dapat menyebabkan penurunan produksi secara drastis.

Kerugian hasil akibat patogen dan hama pada tanaman padi secara global mencapai kisaran 24,6% hingga 40,9%, sehingga menunjukkan besarnya dampak penyakit terhadap keberlanjutan produksi pangan [2]. Laporan *Food and Agriculture Organization (FAO)* turut memperkuat dengan menyatakan bahwa kawasan Asia dan Pasifik merupakan pusat produksi dan konsumsi padi terbesar di dunia dengan kontribusi sekitar 91% terhadap produksi padi global. Selain itu, kehilangan hasil tanaman padi secara global dapat mencapai sekitar 20–30% setiap tahunnya akibat serangan hama dan penyakit tanaman [3]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengendalian penyakit pada tanaman padi merupakan isu yang sangat krusial karena dapat memengaruhi produktivitas dan ketahanan pangan dunia.

Daun sering menjadi indikator utama dalam mengidentifikasi jenis tanaman dan mendeteksi gejala gangguan sejak dini. Hal ini karena perubahan kondisi tanaman biasanya terlihat daun. Seiring perkembangan teknologi, pengolahan citra mulai dimanfaatkan untuk membantu proses identifikasi

penyakit. Metode ini membuat proses deteksi menjadi lebih cepat dan akurat. Klasifikasi penyakit tanaman tidak hanya penting untuk penelitian, tetapi juga bermanfaat dalam botani terapan dan pengembangan sistem pertanian berbasis teknologi. Hal tersebut tentunya dapat membantu dalam memantau kondisi tanaman secara lebih efektif [4].

Namun, dalam praktiknya proses identifikasi penyakit pada tanaman khususnya padi masih banyak dilakukan melalui pengamatan visual oleh petani atau penyuluh pertanian. Meskipun cara ini sudah umum digunakan, hasilnya sering bergantung pada pengalaman masing-masing tunggal dan dapat berbeda-beda. Selain itu, beberapa penyakit memiliki gejala yang mirip sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan dalam diagnosis. Proses pemeriksaan juga menjadi kurang efisien apabila dilakukan pada lahan yang luas karena membutuhkan waktu dan tenaga yang tidak sedikit.

Dalam beberapa tahun terakhir, metode klasifikasi citra terus berkembang, khususnya pada pendekatan *machine learning*. Salah satu metode *machine learning* yang sering digunakan adalah *Support Vector Machine*. SVM bekerja dengan mencari *hyperplane* terbaik untuk memisahkan data antar kelas [5]. Hal ini membuat SVM memiliki kemampuan generalisasi yang baik saat digunakan pada data baru. Selain itu, SVM dapat digunakan pada dataset dengan jumlah kecil maupun besar. Berbeda dengan *deep learning* yang umumnya membutuhkan data dalam jumlah besar [6]. Selain itu, penelitian juga menunjukkan bahwa SVM mampu menghasilkan akurasi yang tinggi dan stabil, termasuk pada citra berbasis warna [7].

SVM juga memiliki keunggulan dalam menangani data yang tidak terpisah secara *linear*. Hal ini bisa dilakukan dengan bantuan fungsi kernel, seperti *Radial Basis Function* (RBF). Kernel tersebut membuat data bisa dipetakan ke dimensi yang lebih tinggi sehingga pola yang kompleks tetap bisa dipisahkan [5]. Ini penting dalam klasifikasi citra, karena pola data biasanya tidak sederhana. Penelitian juga menunjukkan bahwa performa SVM cukup kompetitif dibandingkan metode lain, terutama jika menggunakan fitur yang baik [8]. Selain itu, SVM juga cenderung lebih stabil dan tidak mudah

mengalami overfitting, sehingga hasilnya lebih konsisten saat diuji pada data baru [9].

Selain pemilihan arsitektur model, efektivitas klasifikasi citra juga ditentukan oleh kualitas ekstraksi fitur. Proses ini sangat penting karena bertujuan untuk menonjolkan karakteristik penting dari suatu objek, seperti tekstur, bentuk, dan warna. Tanpa ekstraksi fitur yang tepat, informasi penting pada citra akan sulit dikenali oleh model dan berpotensi menurunkan performa klasifikasi. Beberapa metode ekstraksi fitur yang populer digunakan adalah Filter Gabor dan *Color Moment HSV*. Filter Gabor bekerja dengan meniru mekanisme penglihatan manusia dalam mengenali pola tekstur dan orientasi citra. Penelitian yang dilakukan oleh Minarno menunjukkan bahwa penerapan Filter Gabor mampu meningkatkan akurasi klasifikasi citra medis secara signifikan ketika digabungkan dengan CNN [10]. Sementara itu, penelitian lain juga menunjukkan bahwa Filter Gabor efektif dalam mengekstraksi pola tekstur halus pada citra wajah, yang membantu meningkatkan performa model *deep learning* [11].

Sementara itu, *Color Moment HSV* merupakan metode ekstraksi fitur warna yang merepresentasikan distribusi warna pada citra. Metode ini menghitung momen statistik seperti *mean*, standar deviasi, dan *skewness* pada kanal *Hue*, *Saturation*, dan *Value*. Nilai-nilai statistik ini digunakan untuk menggambarkan bagaimana warna tersebar di setiap kanal sehingga dapat membedakan variasi warna antar objek. Dalam bidang pertanian, Color Moment HSV telah dimanfaatkan untuk menganalisis perbedaan distribusi warna, misalnya pada penelitian klasifikasi tingkat kematangan buah, sehingga mampu membedakan setiap kelas citra berdasarkan karakteristik warna yang dimiliki [12]. Dibandingkan dengan ruang warna RGB yang hanya menggabungkan informasi warna, HSV justru memisahkan informasi warna dan kecerahan ke dalam komponen yang berbeda sehingga lebih efektif dalam merepresentasikan perubahan warna akibat gejala penyakit tanaman. Penelitian menunjukkan bahwa konversi citra ke ruang warna HSV dibandingkan RGB menghasilkan fitur yang lebih representatif untuk proses klasifikasi penyakit

tanaman karena informasi warna dapat diekstraksi dengan lebih baik [13]. Penelitian lain juga sejalan, menerapkan HSV pada segmentasi citra daun tomat berpenyakit dan menunjukkan bahwa ruang warna HSV mampu menonjolkan area gejala penyakit dengan lebih jelas sehingga mendukung proses identifikasi penyakit pada tanaman [14].

Meskipun metode ekstraksi fitur seperti Filter Gabor dan *Color Moment HSV* sudah cukup banyak digunakan dalam berbagai penelitian pengolahan citra, namun penggabungan kedua fitur tersebut dengan metode klasifikasi SVM pada objek penyakit tanaman padi masih belum diterapkan. Dalam penelitian ini, analisis dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi dari beberapa jenis fitur. Eksperimen dirancang dalam tiga skenario, yaitu menggunakan fitur Gabor, fitur HSV, serta penggabungan keduanya. Pendekatan ini bertujuan untuk mengevaluasi kontribusi masing-masing fitur terhadap performa model. Hasil dari setiap skenario kemudian dibandingkan untuk melihat apakah penggabungan fitur tekstur dan warna dapat meningkatkan kemampuan model dalam mengklasifikasikan penyakit daun padi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Penelitian deteksi penyakit tanaman padi berbasis citra digital masih memiliki tantangan dalam memanfaatkan fitur citra secara maksimal. Penggabungan Filter Gabor dan *Color Moment HSV* dengan metode klasifikasi *Support Vector Machine* dapat menjadi salah satu alternatif untuk menangkap informasi tekstur dan warna citra dengan lebih baik. Pendekatan ini membantu model membedakan setiap kelas dengan lebih jelas serta menghasilkan klasifikasi yang lebih konsisten melalui kombinasi fitur yang saling melengkapi.

Berdasarkan hal tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana penerapan Filter Gabor dan *Color Moment HSV* dalam proses ekstraksi dan penggabungan fitur citra penyakit daun padi?

2. Bagaimana kinerja *Support Vector Machine* dalam mengklasifikasikan penyakit padi berdasarkan hasil ekstraksi fitur Gabor dan *Color Moment HSV*, baik secara tunggal maupun melalui penggabungan kedua fitur?
3. Apakah penggabungan fitur Gabor dan *Color Moment HSV* dapat meningkatkan kinerja klasifikasi penyakit daun padi?

### 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus pada tujuan yang ingin dicapai, maka batasan masalah dalam penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Dataset yang digunakan berupa citra daun padi dengan enam label penyakit, yaitu *healthy*, *leaf blast*, *leaf scald*, *narrow brown spot*, *brown spot*, dan *bacterial leaf blight* yang bersumber dari dataset publik.
2. Proses praproses *preprocessing* citra meliputi *resize* citra dan *encode label*
3. Proses ekstraksi fitur dilakukan menggunakan Filter Gabor dan *Color Moment HSV*.
4. Model klasifikasi yang digunakan adalah *Support Vector Machine* dan penerapan *Hyperparameter Tuning*.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi proses klasifikasi penyakit daun padi berbasis citra digital dengan menerapkan metode ekstraksi dan penggabungan fitur menggunakan Filter Gabor dan *Color Moment HSV*. Kedua metode tersebut digunakan karena mampu menangkap karakteristik tekstur dan warna yang menjadi ciri khas dari setiap jenis penyakit pada daun padi. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk melihat kinerja metode *Support Vector Machine* dalam mengklasifikasikan penyakit daun padi berdasarkan fitur yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan fitur secara terpisah maupun penggabungan kedua fitur tersebut. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan hasil yang dihasilkan dari masing-masing pendekatan. Melalui perbandingan tersebut, diharapkan dapat diketahui kontribusi masing-masing fitur terhadap performa model SVM. Penelitian ini

juga melihat apakah penggabungan fitur dapat memberikan representasi yang lebih baik dibandingkan penggunaan satu jenis fitur saja.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Secara praktis, penelitian ini memberikan gambaran mengenai pengaruh penggunaan fitur tekstur dan warna terhadap hasil klasifikasi penyakit daun padi. Melalui eksperimen yang dilakukan, dapat diketahui bagaimana kinerja metode SVM ketika menggunakan fitur Gabor, HSV, maupun penggabungan keduanya. Hasil penelitian ini juga membantu memahami fitur mana yang lebih berkontribusi dalam meningkatkan performa model. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi gambaran awal dalam pemanfaatan teknologi pengolahan citra untuk membantu proses pemantauan kesehatan tanaman secara lebih cepat dan terstruktur.

Bagi peneliti selanjutnya, hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi dalam pengembangan penelitian pada bidang pengolahan citra dan klasifikasi citra tanaman. Penelitian ini juga dapat menjadi dasar untuk melakukan pengembangan metode atau penambahan jenis fitur lain agar sistem deteksi penyakit tanaman dapat bekerja dengan lebih baik. Dari sisi penerapan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pengembangan sistem cerdas di bidang pertanian, khususnya dalam mendukung petani dalam memantau kondisi tanaman. Pemanfaatan teknologi tersebut diharapkan dapat mendorong penerapan konsep pertanian cerdas (*smart farming*) di Indonesia sehingga proses budidaya tanaman dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, Filter Gabor dan *Color Moment HSV* dapat digunakan dengan baik dalam proses ekstraksi fitur citra penyakit daun padi. Filter Gabor digunakan untuk menangkap informasi tekstur seperti pola bercak dan perubahan struktur daun, sedangkan *Color Moment HSV* digunakan untuk mengambil informasi warna melalui kanal *Hue*, *Saturation*, dan *Value*. Fitur Gabor diekstraksi dari citra *grayscale* dengan beberapa kombinasi frekuensi dan arah (*theta*), kemudian dihitung nilai *mean* dan standar deviasi dari respon filternya, dan akhirnya menghasilkan 24 fitur. Sementara itu, *Color Moment HSV* diperoleh dengan mengonversi citra ke HSV, lalu dihitung nilai *mean*, standar deviasi, serta *skewness* pada setiap kanal yang menghasilkan 9 fitur. Kedua fitur tersebut kemudian digabungkan menggunakan metode konkrenisasi menjadi 33 fitur, sehingga informasi yang dihasilkan lebih lengkap.

Kinerja metode *Support Vector Machine* dalam mengklasifikasikan penyakit daun padi menunjukkan hasil yang baik pada semua jenis fitur. Pada pengujian awal, fitur gabungan memiliki akurasi paling tinggi yaitu sekitar 0,93, dibandingkan dengan Gabor sebesar 0,85 dan HSV sebesar 0,82, yang berarti mengalami peningkatan sekitar 8% dari Gabor dan sekitar 11% dari HSV. Selain itu, nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* pada fitur gabungan juga lebih tinggi dan seimbang. Setelah dilakukan proses tuning, performa model semakin meningkat, terutama pada fitur Gabor, namun fitur gabungan tetap menjadi yang terbaik dengan akurasi validasi sebesar 0,94, lebih tinggi dibandingkan Gabor sebesar 0,88 dan HSV sebesar 0,83. Fitur gabungan masih unggul dan mampu mengurangi kesalahan klasifikasi pada beberapa kelas berdasarkan hasil *confusion matrix*.

Pengujian menggunakan metode *K-Fold Cross Validation* dengan 5 fold yang disertai penerapan tuning parameter juga menunjukkan bahwa fitur gabungan memiliki performa paling baik dibandingkan fitur lainnya. Rata-rata akurasi validasi yang diperoleh sebesar 0,93, lebih tinggi dibandingkan Gabor

sebesar 0,88 dan HSV sebesar 0,85. Selain itu, nilai akurasi pada setiap fold tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu jauh, sehingga menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang cukup baik dalam bekerja pada data yang berbeda.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan fitur Gabor dan *Color Moment HSV* mampu merepresentasikan data citra dengan baik. Metode SVM juga dapat mengklasifikasikan penyakit daun padi dengan hasil yang cukup optimal. Penggunaan fitur gabungan memberikan performa yang lebih tinggi dibandingkan fitur tunggal. Pendekatan ini dapat digunakan sebagai salah satu alternatif dalam klasifikasi citra penyakit tanaman padi.

## 5.2 Saran

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, untuk pengembangan selanjutnya penulis memberikan beberapa saran agar hasil penelitian dapat ditingkatkan. Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat mencoba menggunakan metode ekstraksi fitur lain yang mampu menangkap karakteristik citra, sehingga dapat dilakukan perbandingan dengan metode yang digunakan pada penelitian ini.
2. Penggabungan fitur masih dapat dikembangkan dengan mengombinasikan dua atau lebih jenis fitur agar informasi yang diperoleh menjadi lebih beragam.
3. Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini juga dapat diterapkan pada objek lain, seperti tanaman selain padi atau bahkan pada bidang lain di luar pertanian.
4. Metode penggabungan fitur dapat dikembangkan lebih lanjut dan diimplementasikan dalam sistem pengenalan citra, misalnya pada sistem klasifikasi penyakit tanaman berbasis citra secara otomatis.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. K. Bag, S. Raghu, A. Banerjee, S. R. Prabhukarthikeyan, M. S. Baite, and M. Yadav, "Durable Resistance of Rice to Major and Emerging Diseases: Present Status," *Open Agric. J.*, vol. 17, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.2174/18743315-v17-e20230109-2022-HT14-3623-6.
- [2] S. Savary, L. Willocquet, S. J. Pethybridge, P. Esker, N. McRoberts, and A. Nelson, "The global burden of pathogens and pests on major food crops," *Nat. Ecol. Evol.*, vol. 3, no. 3, pp. 430–439, Mar. 2019, doi: 10.1038/s41559-018-0793-y.
- [3] Food and Agriculture Organization (FAO), "Rice in Sustainable Agriculture and Rural Development in Asia and the Pacific," <https://www.fao.org/4/J1699e/J1699e.htm>.
- [4] S. F. Nazila, Y. Arman, D. Wahyuni, N. Nurhasanah, and Y. S. Putra, "Deteksi Dini Serangan Hama Penyakit pada Cabai Rawit Menggunakan Metode Image Recognition," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 9, no. 2, Aug. 2023, doi: 10.28932/jutisi.v9i2.6342.
- [5] A. Kumar and D. Mishra, "Improving Support Vector Machine using Modified Kernel Function," *International Journal of Scientific Research and Modern Technology*, pp. 1–5, May 2025, doi: 10.38124/ijrsmt.v4i5.501.
- [6] M. M. L. Ramadhan, "An alternative for kernel SVM when stacked with a neural network," *Jurnal Ilmu Komputer dan Informasi*, vol. 17, no. 1, pp. 1–7, Feb. 2024, doi: 10.21609/jiki.v17i1.1172.
- [7] Y. Supit, "Penerapan Algoritma Support Vector Machine (SVM) untuk Deteksi Penyakit Mata Katarak," *INDONESIAN JOURNAL ON DATA SCIENCE*, vol. 2, no. 2, pp. 87–96, Jan. 2025, doi: 10.30989/ijds.v2i2.1449.
- [8] P. Wang, E. Fan, and P. Wang, "Comparative analysis of image classification algorithms based on traditional machine learning and deep learning," *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 141, pp. 61–67, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.patrec.2020.07.042.
- [9] K. N. A. Nur, A. Wanto, and P. Poningsih, "Optimization Of Svm Algorithm For Obesity Classification With Smote Technique And Hyperparameter Tuning," *JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer)*, vol. 11, no. 2, pp. 291–303, Nov. 2025, doi: 10.33480/jitk.v11i2.6878.
- [10] A. E. MINARNO, M. H. C. MANDIRI, and M. R. ALFARIZY, "Klasifikasi COVID-19 menggunakan Filter Gabor dan CNN dengan Hyperparameter Tuning," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 9, no. 3, p. 493, Jul. 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i3.493.

- [11] Z. Nabila Izdihar, S. Yuda Prasetyo, S. Philip, and S. Muhamad Isa, "International Journal of INTELLIGENT SYSTEMS AND APPLICATIONS IN ENGINEERING Age Identification Through Facial Images Using Gabor Filter and Convolutional Neural Network (CNN)." [Online]. Available: [www.ijisae.org](http://www.ijisae.org)
- [12] N. Br Sembiring and M. Fakhriza, "Image Classification of Red Dragon Fruit Ripeness Levels Using HSV Color Moments and the K-NN Algorithm," *Journal of Applied Informatics and Computing*, vol. 9, no. 4, pp. 1793–1799, Aug. 2025, doi: 10.30871/jaic.v9i4.10206.
- [13] D. P. Sönmez and Ş. Kılıç, "PlantPathNet: a novel network based on cross-layer feature integration for plant disease classification," *Front. Plant Sci.*, vol. 17, Apr. 2026, doi: 10.3389/fpls.2026.1783576.
- [14] Haidar Ahmad Fajri, Safrizal Ardana Ardiyansa, and Eric Julianto, "Segmentasi Citra Daun Tomat Berpenyakit dengan Metode K-Means Clustering pada Ruang Warna HSV," *The Indonesian Journal of Computer Science*, vol. 14, no. 2, Apr. 2025, doi: 10.33022/ijcs.v14i2.4685.
- [15] Wiharto, F. H. Nashrullah, E. Suryani, U. Salamah, N. P. T. Prakisyana, and S. Setyawan, "Texture-based feature extraction using gabor filters to detect diseases of tomato leaves," *Revue d'Intelligence Artificielle*, vol. 35, no. 4, pp. 331–339, Aug. 2021, doi: 10.18280/ria.350408.
- [16] B. S. Bari *et al.*, "A real-time approach of diagnosing rice leaf disease using deep learning-based faster R-CNN framework," *PeerJ Comput. Sci.*, vol. 7, p. e432, Apr. 2021, doi: 10.7717/peerj-cs.432.
- [17] Moh. Heri Susanto, Irwan Budi Santoso, Suhartono, and Ahmad Fahmi Karami, "Klasifikasi Penyakit Padi Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Berbasis Citra Daun," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 14, no. 3, pp. 181–189, Aug. 2025, doi: 10.22146/jnteti.v14i3.18791.
- [18] F. Wajidi and N. Arifin, "Deteksi Penyakit Daun Cabai Menggunakan Kombinasi GLCM Dan HSV dengan Klasifikasi SVM," vol. 11, no. 02, 2025, [Online]. Available: <https://data.mendeley.com/datasets/w9mr3vf56s/1>
- [19] Ch. R. Babu\*, D. S. Rao, V. S. Kiran, and N. Rajasekhar, "Assessment of Plant Disease Identification using GLCM and KNN Algorithms," *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, vol. 8, no. 5, pp. 4900–4904, Jan. 2020, doi: 10.35940/ijrte.E5018.018520.
- [20] S. Ramesh and D. Vydeki, "Application of machine learning in detection of blast disease in south indian rice crops," *Journal of Phytology*, vol. 11, pp. 31–37, May 2019, doi: 10.25081/jp.2019.v11.5476.

- [21] H. M. Zangana, A. K. Mohammed, Z. B. Sallow, and F. M. Mustafa, "Exploring Image Representation and Color Spaces in Computer Vision: A Comprehensive Review," *Indonesian Journal of Computer Science*, vol. 13, no. 3, Jun. 2024, doi: 10.33022/ijcs.v13i3.3998.
- [22] V. Wiley and T. Lucas, "Computer Vision and Image Processing: A Paper Review," *International Journal of Artificial Intelligence Research*, vol. 2, no. 1, p. 22, Jun. 2018, doi: 10.29099/ijair.v2i1.42.
- [23] A. Voulodimos, N. Doulamis, A. Doulamis, and E. Protopapadakis, "Deep Learning for Computer Vision: A Brief Review," *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2018, pp. 1–13, 2018, doi: 10.1155/2018/7068349.
- [24] B. B. Chaudhuri, M. Nakagawa, P. Khanna, and S. Kumar, Eds., *Proceedings of 3rd International Conference on Computer Vision and Image Processing*, vol. 1022. Singapore: Springer Singapore, 2020. doi: 10.1007/978-981-32-9088-4.
- [25] W. Rawat and Z. Wang, "Deep Convolutional Neural Networks for Image Classification: A Comprehensive Review," *Neural Comput.*, vol. 29, no. 9, pp. 2352–2449, Sep. 2017, doi: 10.1162/neco\_a\_00990.
- [26] M. U. Nasution, L. S. H. -, and F. S. -, "TINJAUAN METODE PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK DETEKSI OBJEK OTOMATIS," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3, Jul. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3.7135.
- [27] S. S. Yadav and S. M. Jadhav, "Deep convolutional neural network based medical image classification for disease diagnosis," *J. Big Data*, vol. 6, no. 1, p. 113, Dec. 2019, doi: 10.1186/s40537-019-0276-2.
- [28] S. Huang, Y. Lu, W. Wang, and K. Sun, "Multi-scale guided feature extraction and classification algorithm for hyperspectral images," *Sci. Rep.*, vol. 11, no. 1, Dec. 2021, doi: 10.1038/s41598-021-97636-2.
- [29] D. Jiang and J. Kim, "Image retrieval method based on image feature fusion and discrete cosine transform," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 12, Jun. 2021, doi: 10.3390/app11125701.
- [30] A. Voulodimos, N. Doulamis, A. Doulamis, and E. Protopapadakis, "Deep Learning for Computer Vision: A Brief Review," *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2018, pp. 1–13, 2018, doi: 10.1155/2018/7068349.
- [31] M. Wang, L. Gao, X. Huang, Y. Jiang, and X. Gao, "A Texture Classification Approach Based on the Integrated Optimization for Parameters and Features of Gabor Filter via Hybrid Ant Lion Optimizer," *Applied Sciences*, vol. 9, no. 11, p. 2173, May 2019, doi: 10.3390/app9112173.
- [32] L. Zhu, T. Chen, J. Yin, S. See, and J. Liu, "Learning Gabor Texture Features for Fine-Grained Recognition," Aug. 2023, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2308.05396>

- [33] N. E. R. Pah, S. A. S. Mola, and A. Y. Mauko, "Ekstrasi Ciri Warna HSV dan Ciri Bentuk Moment Invariant untuk Klasifikasi Buah Apel Merah," *Jurnal Komputer dan Informatika*, vol. 9, no. 2, pp. 142–153, Sep. 2021, doi: 10.35508/jicon.v9i2.5043.
- [34] B. Solanki and M. Jain, "A Survey of Content Based Image Retrieval Using Color and Texture Features," *Indian Journal of Computer Science*, vol. 3, no. 6, p. 8, Jan. 2019, doi: 10.17010/ijcs/2018/v3/i6/141444.
- [35] R. RAJ and Dr. M. V Sudhamani, "Retrieval of Images using Combination of Features as Color, Color Moments and Hu Moments," *Advances in Image and Video Processing*, vol. 7, no. 5, pp. 09–21, Nov. 2019, doi: 10.14738/aivp.75.7208.
- [36] T. Chen and J. Yang, "A Novel Multi-Feature Fusion Method in Merging Information of Heterogenous-View Data for Oil Painting Image Feature Extraction and Recognition," *Front. Neurobot.*, vol. 15, Jul. 2021, doi: 10.3389/fnbot.2021.709043.
- [37] X. Cui, H. Li, L. Liu, S. Wang, and F. Xu, "Multi-FusNet: fusion mapping of features for fine-grained image retrieval networks," *PeerJ Comput. Sci.*, vol. 10, p. e2025, Jun. 2024, doi: 10.7717/peerj-cs.2025.
- [38] C. Cortes and V. Vapnik, "Support-vector networks," *Mach. Learn.*, vol. 20, no. 3, pp. 273–297, Sep. 1995, doi: 10.1007/BF00994018.
- [39] I. K. Nti, O. Nyarko-Boateng, F. A. Adekoya, and B. A. Weyori, "An empirical assessment of different kernel functions on the performance of support vector machines," *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 10, no. 6, pp. 3403–3411, Dec. 2021, doi: 10.11591/eei.v10i6.3046.
- [40] Z. H. Kok, A. R. Mohamed Shariff, M. S. M. Alfatni, and S. Khairunniza-Bejo, "Support Vector Machine in Precision Agriculture: A review," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 191, p. 106546, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.compag.2021.106546.
- [41] B. Oktaviana and S. Suriati, "Implementation of the Support Vector Machine (SVM) Method for Classifying the Maturity Level of Oil Palm Fruit," *Journal of Applied Informatics and Computing*, vol. 9, no. 5, pp. 2288–2295, Oct. 2025, doi: 10.30871/jaic.v9i5.10783.
- [42] N. H. Ovirianti, M. Zarlis, and H. Mawengkang, "Support Vector Machine Using A Classification Algorithm," *Sinkron*, vol. 7, no. 3, pp. 2103–2107, Aug. 2022, doi: 10.33395/sinkron.v7i3.11597.
- [43] A. Mulianti, Y. Chrisnanto, and H. Ashaury, "Optimalisasi Klasifikasi Support Vector Machine dengan SMOTE: Studi Kasus Ulasan Pengguna Aplikasi Alfagift," *Jurnal Pekommas*, vol. 9, no. 2, pp. 249–258, Dec. 2024, doi: 10.56873/jpkm.v9i2.5583.

- [44] I. K. Nti, O. Nyarko-Boateng, F. A. Adekoya, and B. A. Weyori, “An empirical assessment of different kernel functions on the performance of support vector machines,” *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 10, no. 6, pp. 3403–3411, Dec. 2021, doi: 10.11591/eei.v10i6.3046.
- [45] F. Solihin, M. Syarief, E. M. S. Rochman, and A. Rachmad, “Comparison of Support Vector Machine (SVM), K-Nearest Neighbor (K-NN), and Stochastic Gradient Descent (SGD) for Classifying Corn Leaf Disease based on Histogram of Oriented Gradients (HOG) Feature Extraction,” *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. 8, no. 1, pp. 121–129, Jun. 2023, doi: 10.21831/elinvo.v8i1.55759.
- [46] M. Awad and R. Khanna, “Support Vector Machines for Classification,” in *Efficient Learning Machines*, Berkeley, CA: Apress, 2015, pp. 39–66. doi: 10.1007/978-1-4302-5990-9\_3.
- [47] D. Chicco and G. Jurman, “The advantages of the Matthews correlation coefficient (MCC) over F1 score and accuracy in binary classification evaluation,” *BMC Genomics*, vol. 21, no. 1, p. 6, Dec. 2020, doi: 10.1186/s12864-019-6413-7.
- [48] D. Chicco and G. Jurman, “The advantages of the Matthews correlation coefficient (MCC) over F1 score and accuracy in binary classification evaluation,” *BMC Genomics*, vol. 21, no. 1, p. 6, Dec. 2020, doi: 10.1186/s12864-019-6413-7.
- [49] D. Chicco and G. Jurman, “The advantages of the Matthews correlation coefficient (MCC) over F1 score and accuracy in binary classification evaluation,” *BMC Genomics*, vol. 21, no. 1, Jan. 2020, doi: 10.1186/s12864-019-6413-7.
- [50] Ž. Đ. Vujovic, “Classification Model Evaluation Metrics,” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 12, no. 6, 2021, doi: 10.14569/IJACSA.2021.0120670.
- [51] D. Chicco, N. Tötsch, and G. Jurman, “The Matthews correlation coefficient (MCC) is more reliable than balanced accuracy, bookmaker informedness, and markedness in two-class confusion matrix evaluation,” *BioData Min.*, vol. 14, no. 1, p. 13, Feb. 2021, doi: 10.1186/s13040-021-00244-z.
- [52] A. Tharwat, “Classification assessment methods,” *Applied Computing and Informatics*, vol. 17, no. 1, pp. 168–192, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.aci.2018.08.003.
- [53] I. K. Nti, O. Nyarko-Boateng, and J. Aning, “Performance of Machine Learning Algorithms with Different K Values in K-fold CrossValidation,” *International Journal of Information Technology and Computer Science*, vol. 13, no. 6, pp. 61–71, Dec. 2021, doi: 10.5815/ijitcs.2021.06.05.

- [54] S. Widodo, H. Brawijaya, and S. Samudi, “Stratified K-fold cross validation optimization on machine learning for prediction,” *Sinkron*, vol. 7, no. 4, pp. 2407–2414, Oct. 2022, doi: 10.33395/sinkron.v7i4.11792.
- [55] O. Nwabuko, “An Overview of Research Study Designs in Quantitative Research Methodology,” *American Journal of Medical and Clinical Research & Reviews*, vol. 03, no. 05, pp. 01–06, 2024, doi: 10.58372/2835-6276.1169.
- [56] Nur Uswatun Hasanah and Meyniar Albina, “Hakikat Desain Eksperimental: Pendekatan Konseptual dan Implikasinya dalam Penelitian Kuantitatif,” *QAZI : Journal of Islamic Studies*, vol. 2, no. 1, pp. 179–186, Jun. 2025, doi: 10.61104/qz.v2i1.276.
- [57] Dede Ikhsan Dwi Saputra, “Rice Leafs Disease Dataset,” <https://www.kaggle.com/datasets/dedeikhsandwisaputra/rice-leafs-disease-dataset>.
- [58] S. P. Mohanty, D. P. Hughes, and M. Salathé, “Using Deep Learning for Image-Based Plant Disease Detection,” *Front. Plant Sci.*, vol. 7, Sep. 2016, doi: 10.3389/fpls.2016.01419.
- [59] P. D. Wijayati, N. Harianto, and A. Suryana, “Permintaan Pangan Sumber Karbohidrat di Indonesia,” *Analisis Kebijakan Pertanian*, vol. 17, no. 1, pp. 13–26, Jan. 2023, doi: 10.21082/akp.v17n1.2019.13-26.
- [60] A. Kamilaris and F. X. Prenafeta-Boldú, “Deep learning in agriculture: A survey,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 147, pp. 70–90, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.compag.2018.02.016.
- [61] J. Homepage, A. Faradisya, and M. A. I. Pakereng, “MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science Comparative Analysis of Linear, Polynomial, RBF, and Sigmoid Kernels in Support Vector Machine for Heart Disease Classification Analisis Komparatif Kernel Linear, Polynomial, RBF, dan Sigmoid pada Support Vector Machine untuk Klasifikasi Penyakit Jantung,” vol. 5, pp. 1531–1537, 2025, doi: 10.57152/malcom.v5i4.2321.