

**IDENTIFIKASI PENYAKIT TANAMAN KOPI ARABIKA MENGGUNAKAN
ALGORITMA *SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM) BERDASARKAN
EKSTRAKSI FITUR WARNA DAUN**

SKRIPSI

PRAYUDHA WIRA ARYAPUTRA

191401133



**PROGRAM STUDI S-1 ILMU KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**

MEDAN

2024

**IDENTIFIKASI PENYAKIT TANAMAN KOPI ARABIKA MENGGUNAKAN
ALGORITMA *SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM) BERDASARKAN
EKSTRAKSI FITUR WARNA DAUN**

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi tugas dan memenuhi syarat memperoleh ijazah
Sarjana Ilmu Komputer

PRAYUDHA WIRA ARYAPUTRA

191401133



**PROGRAM STUDI S-1 ILMU KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**

MEDAN

2024

PERSETUJUAN

Judul : IDENTIFIKASI PENYAKIT TANAMAN
KOPI ARABIKA MENGGUNAKAN
ALGORITMA *SUPPORT VECTOR*
MACHINE (SVM) BERDASARKAN
EKTRAKSI FITUR WARNA DAUN

Kategori : SKRIPSI

Nama : PRAYUDHA WIRA ARYAPUTRA

Nomor Induk Mahasiswa : 191401133

Program Studi : SARJANA (S-1) ILMU KOMPUTER

Fakultas : ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI
INFORMASI

Telah diuji dan dinyatakan lulus di Medan, 5 Januari 2024.

Komisi Pembimbing :

Pembimbing II



Amer Sharif, S.Si, M.Kom
NIP. 196910212021011001

Pembimbing I



Prof. Dr. Poltak Sihombing, M.Kom
NIP. 196203171991031001

Diketahui/Disetujui Oleh

Ketua Program Studi S-1 Ilmu Komputer



Dr. Amalia, S.T, M.T
NIP. 197812212014042001

PERNYATAAN**IDENTIFIKASI PENYAKIT TANAMAN KOPI ARABIKA MENGGUNAKAN
ALGORITMA *SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM) BERDASARKAN
EKSTRAKSI FITUR WARNA DAUN****SKRIPSI**

Saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, kecuali untuk beberapa kutipan dan ringkasan yang telah disebutkan sumbernya.

Medan, 3 Januari 2024



Prayudha Wira Aryaputra

191401133

PENGHARGAAN

Rasa syukur penulis pancarkan kepada Allah SWT, yang dengan rahmat dan karunia-Nya memungkinkan penyelesaian skripsi ini dengan cepat guna memenuhi syarat gelar Sarjana Komputer di Program Studi S-1 Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara.

Penulis juga ingin menyampaikan penghargaan yang tulus kepada semua pihak yang membantu dalam pembuatan skripsi ini melalui doa, dukungan, arahan, dan ilmu, dengan penuh rasa terima kasih.

1. Bapak Dr. Muryanto Amin, S.Sos., M.Si. selaku Rektor Universitas Sumatera Utara.
2. Ibu Dr. Maya Silvi Lidya, B.Sc., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi.
3. Ibu Dr. Amalia, S.T., M.T. selaku Ketua Prodi S-1 Ilmu Komputer Universitas Sumatera Utara.
4. Bapak Prof. Dr. Poltak Sihombing, M.Kom. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Amer Sharif, S.Si., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Dr. T. Henny Febriana Harumy S.Kom., M.Kom. dan Ibu Sri Melvani Hardi S.Kom., M.Kom. selaku Dosen Penguji Skripsi yang telah memberikan banyak ilmu dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Ibu Fuzy Yustika Manik, S.Kom., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada penulis selama masa perkuliahan.
8. Seluruh tenaga pendidik dan pegawai Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini hingga lancar.

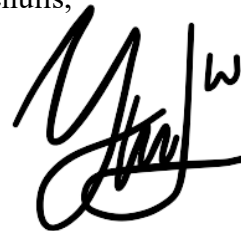
9. Ibunda Syahnial Budiatty dan Ayahanda Alamsyah yang selalu memberikan dukungan kepada penulis dengan penuh kasih sayang, dorongan, dan doa yang selalu dipanjatkan.
10. Adik penulis, Kevin Andhika Putra yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan materil.
11. Manajer dalam perjalanan hidup, Ilma Sakinah Parinduri yang selalu memberikan dukungan dan membantu dalam menyelesaikan segala urusan penulis.
12. Keluarga “Favellas”, Sebastian Russel, Kevin Sinaga, David Lionard, Cornelius Parlindungan, Febri Bastanta, Hafiz Alfandi, Ananda Tri, Arian Syah, Ilham Sihol, Andi Saputra, Christian Galileo, Arsen Marcelino, Igokydear, Fikri Akbar, dan Daffa Auli.
13. Keluarga “Abnormal”, Febriando Manik, Yehezkiel Tonglo, dan Ridho Anshory.
14. Keluarga “Anak Gang”, Fiena Farha, Chintya Fadhillah, Anggi Permata, Daffa Aris, Khoirul Anwar, Muhammad Alif, Naufal Reza, Khairil Ashar, dan Rangga Fiqri.
15. Sahabat seperjuangan penulis, M. Amirul Ilmi, Faradhilla Chairani, Nikita Yofanny Napitupulu, Siti Zuhairah, Victory Jessica, Farika Aini, Yanda Aziz, Muhammad Fattah, Jeltri Aktiani, Feren Tasya, dan Quixel.
16. Seluruh teman-teman Stambuk 2019 khususnya Kom A, Program Studi S-1 Ilmu Komputer yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
17. Keluarga PEMA USU Periode 2021/2022 dan IMILKOM USU khususnya Departemen Hubungan Kemahasiswaan, Badan Pengurus Harian, dan teman-teman Presidium Periode 2022/2023 yang telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman kepada penulis selama masa perkuliahan.

18. Dan seluruh pihak yang telah membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga segala kebaikan yang telah diberikan dapat memperoleh balasan sebesar-besarnya dari rahmat Allah SWT, diberikan kelapangan langkah untuk masa depan yang akan datang. Penulis berharap dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua yang memerlukannya.

Medan, 3 Januari 2024

Penulis,

A handwritten signature in black ink, featuring a stylized 'P' and 'W' that are interconnected, with a small 'w' at the end.

Prayudha Wira Aryaputra

ABSTRAK

Kopi menjadi komoditas yang memiliki pangsa pasar internasional yang luas. Penilaian tanaman ini didasarkan pada faktor kualitatif. Oleh karena itu, menciptakan kopi yang memiliki kualitas unggul menjadi suatu isu strategis bagi pertumbuhan tanaman kopi. Beberapa penyakit pada tanaman kopi dapat diidentifikasi melalui gangguan pada daun. Meskipun setiap penyakit memiliki ciri visual yang berbeda-beda, namun tidak sedikit petani kopi yang dirugikan karena tidak mengetahui bagaimana identifikasi dan pengendalian penyakit pada tanaman kopi dengan tepat sesuai dengan jenis penyakit tanamannya. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem yang mampu mengidentifikasi jenis penyakit tanaman kopi dengan akurasi yang baik. Sistem ini berbasis *website* dengan implementasi *image processing* dan Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) yang dapat mengidentifikasi dan memberikan solusi penanggulangan penyakit pada tanaman kopi Arabika berdasarkan ekstraksi warna daun untuk membantu para petani. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa akurasi mencapai 90%, presisi sebesar 96%, *recall* sebesar 93%, dan *F1-score* sebesar 94,47%%. Ini menunjukkan bahwa identifikasi menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) sangat baik.

Kata Kunci: Penyakit Tanaman Kopi, *Machine Learning*, Pengolahan Citra, Algoritma *Support Vector Machine*.

ABSTRACT

Coffee is a commodity that has a wide international market share. The assessment of this plant is based on qualitative factors. Therefore, creating coffee that has superior quality becomes a strategic issue for the growth of coffee plants. Some diseases of coffee plants can be identified through disturbances in the leaves. Although each disease has different visual characteristics, not a few coffee farmers are disadvantaged because they do not know how to identify and control diseases in coffee plants appropriately according to the type of plant disease. Therefore, a system is needed that is able to identify the type of coffee plant disease with good accuracy. This system is based on a website with the implementation of image processing and Support Vector Machine (SVM) Algorithm that can identify and provide disease control solutions in Arabica coffee plants based on leaf color extraction to help farmers. The test results of the system showed that accuracy reached 95%, precision of 98.7%, recall of 96.2%, and F1-score of 97.68%. This shows that identification using the Support Vector Machine (SVM) is excellent.

Keyword: *Coffee Plant Disease, Machine Learning, Image Processing, Support Vector Machine Algorithm.*

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN.....	iv
PENGHARGAAN	v
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Metodologi Penelitian	4
1.7. Penelitian Relevan.....	5
1.8. Sistematika Penulisan	6
BAB 2 LANDASAN TEORI	8
2.1. Tanaman Kopi	8
2.2. Penyakit Tanaman Kopi	8
2.3. <i>Machine Learning</i>	9
2.4. Citra Digital.....	10
2.5. <i>Hue Saturation Intensity</i>	11
2.6. Algoritma <i>Support Vector Machine</i> (SVM)	12
BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM.....	14
3.1. Analisis Sistem.....	14
3.2. Arsitektur Umum.....	18
3.3. Pemodelan Sistem	19

3.4. <i>Flowchart</i>	22
3.5. Perancangan Antarmuka Sistem.....	24
BAB 4 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	26
4.1. Kebutuhan Sistem	26
4.2. Persiapan Dataset	27
4.3. Pengolahan Dataset	28
4.4. Identifikasi Citra.....	29
4.5. Implementasi Sistem	29
4.6. Pengujian Sistem.....	30
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1. Kesimpulan	38
5.2. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	42

DAFTAR GAMBAR

2.1. Hyperplane Algoritma Support Vector Machine	12
3.1. Diagram Ishikawa	14
3.2. Data Yang Dikelola	17
3.3. Arsitektur Umum.....	18
3.4. Use Case Diagram.....	19
3.5. Activity Diagram	21
3.6. Sequence Diagram	22
3.7. <i>Flowchart</i> Sistem	23
3.8. Halaman Tampilan Utama.....	24
3.9. Halaman Hasil Identifikasi.....	25
4.1. <i>Nodisease</i>	27
4.2. Penyakit <i>Leaf Miner</i>	27
4.3. Penyakit <i>Leaf Rust</i>	27
4.4. Penyakit <i>Leaf Blight (Phoma)</i>	27
4.5. Ekstraksi Fitur Warna HSI.....	28
4.6. Implementasi Halaman Utama	29
4.7. Implementasi Halaman Hasil Identifikasi	30
4.8. Hasil Pelabelan.....	32

DAFTAR TABEL

3.1. Rincian <i>Dataset</i> Citra.....	17
3.2. <i>Narrative Use Case</i> Identifikasi Penyakit Tanaman Kopi	20
4.1. Pengujian pada Halaman Utama	31
4.2. Pengujian Akurasi Sistem	33
4.3. <i>Confusion Matrix</i>	34
4.4. Perhitungan <i>Precision</i>	35
4.5. Perhitungan <i>Recall</i>	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Pengujian Sistem.....	A-1
Lampiran 2	<i>Curriculum Vitae</i>	B-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia, setelah Brazil dan Columbia, adalah salah satu dari produsen kopi terbesar di dunia. Kehadiran kopi sebagai komoditas utama dalam perdagangan internasional membawa nilai ekonomis yang signifikan. Oleh karena itu, penting untuk memberikan perhatian serius terhadap pengembangan usaha pertanian kopi ini, mengingat dampak besar yang dimilikinya terhadap perekonomian nasional. Tanaman kopi biasanya tumbuh di daerah beriklim tropis, dan beberapa spesies kopi yang paling dikenal yaitu kopi Arabika dan kopi Robusta. Tanaman kopi menghasilkan biji kopi setelah melewati proses pemetikan, pengolahan, dan pemanggangan (Novianti, et al., 2022).

Kopi menjadi komoditas yang memiliki pangsa pasar internasional yang luas. Penilaian tanaman ini didasarkan pada faktor kualitatif. Oleh karena itu, menciptakan kopi yang memiliki kualitas unggul menjadi suatu isu strategis bagi pertumbuhan tanaman kopi. Menerapkan teknik yang bertujuan untuk meningkatkan nilai tambah pada kopi dapat memberikan sejumlah manfaat signifikan bagi pertumbuhan tanaman kopi, mengingat kopi merupakan tanaman yang memberikan pendapatan tinggi per unit luas tanah (Effendi dan Tiaawan, 2019). Ini digunakan untuk meningkatkan produktivitas produksi tanaman kopi dan memungkinkan untuk mendapatkan hasil kualitatif yang lebih baik.

Beberapa penyakit pada tanaman kopi dapat diidentifikasi melalui gangguan pada daun. Diantaranya seperti penyakit karat daun, hama daun, dan busuk daun (Martinez, et al., 2022). Meskipun setiap penyakit memiliki ciri visual yang berbeda-beda, namun tidak sedikit petani kopi yang dirugikan karena tidak mengetahui bagaimana identifikasi dan pengendalian penyakit pada tanaman kopi dengan tepat sesuai dengan jenis penyakit tanamannya. Maka, dibutuhkan suatu sistem yang mampu

melakukan ekstraksi fitur warna berdasarkan *dataset* citra penyakit tanaman yang kemudian dapat membantu para petani kopi untuk mengidentifikasi penyakit pada tanaman kopi agar petani-petani kopi mendapatkan informasi pengendalian penyakit tanaman kopi yang tepat untuk dapat memperkecil kerugian dalam proses budidaya tanaman kopi.

Pada saat ini, perkembangan teknologi pengolahan citra digital mengalami kemajuan yang signifikan. Berbagai sistem pengolahan citra, baik dalam bentuk perangkat keras maupun perangkat lunak, hadir dengan beragam fitur sebagai ciri keunggulan mereka. Sistem pengolahan citra juga sudah sering digunakan untuk membantu dalam mengenali proses masalah dalam keseharian salah satunya adalah masalah pertanian (Amatulla, et al., 2021). Salah satu teknik untuk memproses gambar digital adalah dengan menggunakan *Support Vector Machine* (SVM). berbasis *margin* yang mampu menemukan *hyperplane* (bidang pemisah) terbaik yang memisahkan beberapa kelas klasifikasi dengan *margin* maksimum.

Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) adalah salah satu metode klasifikasi yang sangat efektif dalam menangani masalah klasifikasi multi kelas. Penelitian yang melibatkan situasi dunia nyata seringkali mencakup skenario dengan multi kelas, oleh karena itu metode SVM telah diusulkan sebagai solusi untuk penelitian tersebut, terutama dalam konteks pertanian (Astrianda, 2020). Metode klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM) diperkenalkan pertama kali oleh Vapnik pada tahun 1998. Secara prinsip, algoritma ini berfungsi dengan menetapkan batas antara dua kelas dengan memaksimalkan jarak dari data terdekat. Untuk mencapai batas maksimum antara kelas-kelas tersebut, diperlukan pembentukan *hyperplane* (garis pemisah) optimal di dalam ruang input. Proses ini melibatkan pengukuran *margin hyperplane* dan penemuan titik maksimum. *Margin* adalah jarak antara *hyperplane* dan titik terdekat dari setiap kelas, di mana titik-titik tersebut dikenal sebagai *Support Vector Machine* (SVM).

Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) cenderung lebih baik dalam mengatasi *overfitting* karena mencari *hyperplane* dengan margin

maksimum. Pada penelitian ini, proses ekstraksi fitur warna akan dipertajam akurasi dengan menggunakan metode *Hue Saturation Intensity* (HSI) dimana penggabungan informasi, baik warna maupun *grayscale* dari sebuah citra (Hendryanto, et al., 2021). Metode ini dirancang untuk merepresentasikan warna secara lebih intuitif, memisahkan informasi tentang warna dasar (*Hue*), kecerahan (*Intensity*), dan warna jenuh (*Saturation*).

1.2 Rumusan Masalah

Penyakit pada tanaman kopi Arabika (*Arabica*) dapat direpresentasikan melalui gangguan pada daunnya dan cenderung sulit untuk diidentifikasi. Jika petani salah mengidentifikasi dan mengambil keputusan untuk penanggulangan penyakit, maka berakibat pada hasil produksi tanaman kopi saat dipanen dan berpotensi merusak tanaman kopi tersebut. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem dengan implementasi *image processing* dan Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) yang dapat mengidentifikasi dan memberikan solusi penanggulangan penyakit pada tanaman kopi Arabika (*Arabica*) berdasarkan ekstraksi warna daun untuk membantu para petani.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian, peneliti menetapkan sejumlah pembatasan terhadap lingkup penyelesaian masalah. Berikut adalah batasan-batasan dalam konteks penelitian ini:

1. Citra Daun pada tanaman kopi yang berjenis Arabika (*Arabica*) akan diklasifikasikan terdiri dari daun sehat dan 3 penyakit pada daun tanaman kopi, yaitu karat daun (*leaf rust*), serangan hama daun (*leaf miner*), dan busuk daun (*leaf blight*).
2. Menggunakan Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dengan pertajaman akurasi menggunakan metode *Hue Saturation Intensity* (HSI).
3. Resolusi pada citra yang digunakan adalah 256 x 256 piksel.

4. Output yang dihasilkan adalah hasil identifikasi jenis penyakit daun tanaman kopi Arabika.
5. Sistem yang dibangun merupakan sebuah *website* yang menggunakan bahasa pemrograman *Python* dan IDE berupa *Visual Studio Code*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yaitu membangun sistem *website* untuk melakukan identifikasi penyakit pada daun tanaman kopi Arabika dan informasi gejala penyakit menggunakan *machine learning* dengan implementasi Algoritma *Support Vector Machine*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Membantu petani tanaman kopi mengidentifikasi penyakit daun kopi Arabika secara efektif dengan akurasi yang baik.
2. Memberikan referensi solusi penanganan terhadap identifikasi penyakit daun tanaman kopi Arabika.
3. Dapat dijadikan sebagai referensi dalam pengembangan sistem pendeteksi dan proses citra menggunakan *machine learning* di masa yang akan datang.

1.6 Metodologi Penelitian

Adapun tahapan metode yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Studi Pustaka
Studi pustaka dilakukan dengan tujuan mengumpulkan berbagai materi referensi yang terkait dengan pengolahan citra, daun kopi, pengolahan data, serta *Support Vector Machine* (SVM) dari sejumlah jurnal, artikel, buku, dan sumber referensi lainnya.
2. Analisis dan Perancangan Sistem
Dalam tahap ini, peneliti akan menganalisis semua elemen yang diperlukan oleh sistem dan selanjutnya merancang diagram alir

(*flowchart*), diagram *use case*, diagram urutan (*sequence diagram*), serta merancang antarmuka (*interface*) berdasarkan kebutuhan sistem.

3. Implementasi

Dalam proses implementasi, Diagram alir yang direncanakan akan berfungsi sebagai dasar untuk membuat aplikasi. Bahasa pemrograman *Python* dan *Visual Studio Code* (IDE) akan digunakan dalam penelitian ini untuk membuat sistem.

4. Pengujian

Melakukan uji coba untuk memverifikasi apakah sistem yang telah dibangun berjalan sesuai dengan keinginan, dan jika terdapat kesalahan, melakukan perbaikan sejauh yang diperlukan.

5. Dokumentasi

Peneliti akan menyusun dokumentasi dan menulis laporan berdasarkan hasil penelitian mengenai aplikasi yang telah dikembangkan, dengan format yang sesuai untuk skripsi.

1.7 Penelitian Relevan

Beberapa penelitian terkait dengan penelitian ini yaitu:

1. Berdasarkan penelitian “Identifikasi Penyakit Pada Daun Tomat Berdasarkan Fitur Warna Dan Tekstur” oleh Mungki Astiningrum, Putra Prima Arhandi, Nabilla Aqmarina Ariditya yang mana nilai akurasi terhadap identifikasi penyakit pada tanaman tomat mencapai 92,89%.
2. Lalu ada penelitian oleh Hendiyanto Edha, Sampe Hotlan Sitorus, dan Uray Ristian. yang berjudul “Penerapan Metode Transformasi Ruang Warna *Hue Saturation Intensity* (HSI) Untuk Mendeteksi Kematangan Buah Mangga Harum Manis” dengan akurasi metode mencapai 87%.
3. Berdasarkan penelitian “Penerapan Transformasi Ruang Warna *Hue Saturation Intensity* (HSI) untuk Mendeteksi Kematangan Buah Tomat” oleh Abitdavy Athallah, Arvi Arkadia, Sheva Naufal Rifqi, Trianto dan Desta Sandya Prasvita dengan tingkat keberhasilan akurasi implementasi metode mencapai 83,33%.

4. Selanjutnya penelitian berjudul “Klasifikasi Kematangan Buah Tomat dengan Variasi Model Warna Menggunakan *Support Vector Machine*” oleh Nica Astrianda dengan akurasi mencapai 95%.
5. Serta penelitian oleh Yuslena Sari, Andreyan Rizky, dan Rika Wahyuni. yang berjudul “*Classification of Chili Leaf Disease Using the Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) and the Support Vector Machine (SVM) Methods*” dengan akurasi penerapan Algoritma Support Vector Machine (SVM) mencapai 88%.

1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini melibatkan beberapa bagian yang diurutkan sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini mencakup latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan yang diterapkan dalam skripsi ini.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan tentang kajian teori dari penelitian ini yaitu *Machine Learning*, *Support Vector Machine* (SVM), *Hue Saturation Intensity* (HSI), tanaman kopi, dan pembahasan terkait metode yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini memuat analisis dan perancangan yang menjadi landasan bagi penelitian ini, yaitu tentang *Machine Learning*, *Support Vector Machine* (SVM), *Hue Saturation Intensity* (HSI), penyakit tanaman kopi, dan rincian metode yang digunakan dalam penelitian.

BAB 4 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Dalam bab ini, terdapat penjelasan mengenai implementasi algoritma SVM pada sistem berbasis *website* identifikasi penyakit daun kopi beserta hasil pengujian sistem yang dibangun dan analisisnya.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini mencakup rekomendasi dari para peneliti dan kesimpulan yang diambil dari penelitian, yang dapat berfungsi sebagai peta jalan untuk penelitian lebih lanjut.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Tanaman Kopi

Tanaman kopi (*Coffea sp.*) adalah jenis pohon yang merupakan bagian dari genus *Coffea* dan keluarga tanaman Rubiaceae. Tanaman kopi dapat mencapai ketinggian 12 meter dan terdiri dari akar, batang, daun, bunga, dan buah. Tanaman kopi umumnya berada pada ketinggian 900 hingga 1550 meter dpl, dengan perbedaan suhu harian 15-25°C antara siang dan malam (Yoga, 2017).

2.2 Penyakit Tanaman Kopi

Penyakit tanaman kopi adalah masalah yang dapat memengaruhi kesehatan dan produksi tanaman kopi. Perubahan warna dan struktur daun tanaman kopi dapat digunakan untuk mengidentifikasi gejala penyakit yang mempengaruhi tanaman kopi.

2.2.1. Karat Daun (*Leaf Rust*)

Karat daun atau *leaf rust* adalah penyakit tumbuhan kopi yang terjadi pada daun yang disebabkan oleh jamur yang menginfeksi melalui stomata pada permukaan daun. Penyakit ini dimulai dengan munculnya bercak kuning di bagian atas daun tanaman kopi, yang selanjutnya mengalami perubahan warna menjadi coklat. Sedangkan pada sisi bawah daun tumbuhan kopi, terlihat adanya bercak yang berwarna jingga (Sugiarti, 2019). Akibatnya, tanaman akan sulit melakukan fotosintesis dan menyebabkan kuantitas dan kualitas kopi akan menurun.

2.2.2. Serangan Hama Daun (*Leaf Miner*)

Serangan hama daun atau yang sering dikenal *leaf miner* adalah Hama yang dikenal sebagai penambang daun kopi

menyerang tanaman kopi dan menyebabkan penyakit berkembang pada daunnya. Serangga ini menargetkan bagian dalam daun dan biasanya terlihat pada tanaman kopi yang sangat padat. Akibatnya, sel-sel di dalam daun mengalami kematian, menghentikan proses fotosintesis, dan menyebabkan banyak daun yang rontok dan mati.

2.2.3. Busuk Daun (*Leaf Blight*)

Hawar daun atau *leaf blight* adalah penyakit yang disebabkan jamur *Phoma Costaricensis* muncul pada daun tanaman kopi. Penyakit tersebut mengakibatkan batang tanaman mengering, daun-daunnya gugur, tunas buah dan kelopak bunga juga jatuh, dan hal ini dapat berdampak buruk pada produktivitas tanaman kopi. Gejalanya adalah munculnya bercak hitam berbentuk lingkaran pada daun tanaman kopi dan memakan sebagian daun sehingga terkadang membuat sebuah lubang pada daun. Penyakit ini seringkali menginfeksi tanaman yang tumbuh di lingkungan dengan cuaca yang dingin dan angin yang kuat (Kopi 76, 2021).

2.3 *Machine Learning*

Dalam kecerdasan buatan, *machine learning* adalah cabang yang berhubungan dengan pembuatan model dan metode komputer yang memungkinkan komputer secara otomatis belajar dari data dan berkinerja lebih baik tanpa pemrograman eksplisit. Pendekatan ini dirancang untuk memberikan kemampuan komputer untuk memahami pola, mengidentifikasi tren, dan membuat keputusan berdasarkan data yang telah diberikan. *Machine learning* berfokus pada kemampuan sistem untuk belajar dari data yang diberikan. Beberapa pendekatan pada *machine learning* sebagai berikut.

2.3.1. *Supervised Learning* (Pembelajaran Terbimbing)

Supervised Learning adalah pendekatan dalam machine learning di mana model menggunakan dataset yang dilabeli sebagai

panduan untuk belajar dan membuat prediksi atau klasifikasi pada data baru.

2.3.2. *Unsupervised Learning* (Pembelajaran Tanpa Pengawasan)

Unsupervised learning adalah jenis machine learning di mana model menggunakan dataset tanpa label untuk mengidentifikasi pola atau struktur dalam data, seperti kelompok data yang serupa atau mengurangi dimensi data.

2.3.3. *Reinforcement Learning* (Pembelajaran Penguatan)

Reinforcement learning melibatkan agen yang berinteraksi dengan lingkungannya dan memperoleh penghargaan atau hukuman sebagai tanggapan terhadap tindakannya. Tujuan agen adalah mengoptimalkan total penghargaan.

Penting untuk dicatat bahwa setiap jenis pembelajaran memiliki kegunaan dan aplikasi yang berbeda, tergantung pada karakteristik data dan tujuan akhir dari pemodelan. *Supervised learning* cocok untuk tugas klasifikasi dan prediksi, *unsupervised learning* berguna untuk mengeksplorasi struktur dalam data, dan *reinforcement learning* efektif untuk situasi di mana agen harus belajar dari interaksi dengan lingkungannya. *Machine Learning* menjadi semakin penting dalam mengatasi masalah kompleks dan membuat keputusan yang cerdas berdasarkan analisis data. Dengan terus berkembangnya teknologi, *Machine Learning* terus memberikan kontribusi besar dalam berbagai industri.

2.4 Citra Digital

Citra digital adalah representasi visual dari objek atau scene yang direkam atau diciptakan menggunakan teknologi digital. Citra digital biasanya merupakan representasi dua dimensi (2D) yang diungkapkan pada bentuk matriks dengan jumlah elemen terbatas yang merupakan titik-titik kecil yang membentuk gambar (Hendryanto, 2020). Setiap piksel memiliki

nilai-nilai numerik yang mewakili warna dan intensitas cahaya pada lokasi tertentu dalam gambar.

2.5 *Hue Saturation Intensity*

Metode *Hue Saturation Intensity* (HSI) adalah suatu sistem warna yang mengukur warna berdasarkan tiga atribut utama: *Hue* (Tint), *Saturation* (Ketelitian), dan *Intensity* (Intensitas). Sistem ruang warna *Hue Saturation Intensity* (HSI) dirancang dapat meniru kinerja mata manusia dalam menginterpretasikan warna. Metode ini melibatkan kombinasi warna dan citra *grayscale* untuk menciptakan representasi yang lebih sesuai dengan persepsi manusia. Di sisi lain, persepsi manusia tentang warna tidak mendukung model warna RGB atau CMY untuk representasi warna. (Hendryanto, et al., 2021).

2.5.1. *Hue* (Tint)

Hue menggambarkan jenis warna dan diukur dalam derajat pada roda warna. Sebagai ilustrasi, nilai *hue* untuk warna merah, kuning, hijau, dan biru bervariasi.

2.5.2. *Saturation* (Ketelitian)

Saturation mengukur sejauh mana suatu warna murni atau jenuh, atau sejauh mana warna tersebut diubah menjadi warna netral (abu-abu). *Saturation* rendah menghasilkan warna pucat atau netral, sedangkan *saturation* tinggi menghasilkan warna yang lebih jenuh.

2.5.1. *Intensity* (Intensitas)

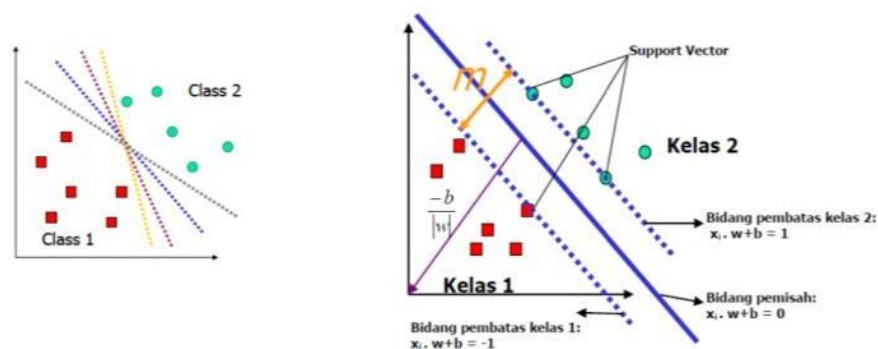
Intensity (juga disebut *Value* atau *Brightness*) mengukur seberapa terang atau gelap suatu warna. *Intensity* tinggi menunjukkan warna yang lebih terang, sedangkan *intensity* rendah menghasilkan warna yang lebih gelap.

2.6 Algoritma Support Vector Machine (SVM)

SVM (*Support Vector Machine*) adalah suatu metode dalam *machine learning* yang diterapkan guna menganalisis data dalam konteks klasifikasi dan analisis regresi. Pendekatan pembelajaran statistik ini didasarkan pada konsep optimalisasi untuk mengatasi masalah bias dalam pembelajaran. Algoritma ini adalah salah satu metode dalam *machine learning* yang berasal dari teori statistik yang dirancang oleh Vladimir Vapnik. dalam *machine learning* yang dikembangkan berdasarkan teori statistik yang dikembangkan oleh Vladimir Vapnik (Fourina, 2012). SVM memiliki kemampuan untuk melakukan generalisasi guna mengidentifikasi pola-pola khusus berdasarkan data latih dan kemudian mengaplikasikannya pada data uji.

Tujuan dari algoritma *support vector machine* yaitu untuk menemukan *hyperplane* dalam ruang berdimensi N (N sebagai jumlah fitur) yang dapat mengklasifikasikan titik data secara tegas, terdapat berbagai kemungkinan *hyperplane* yang bisa dipilih untuk memisahkan kedua kelas titik data tersebut. (Fuzy, 2015). *Hyperplane* adalah suatu objek matematis yang memisahkan dua kelas data dalam ruang berdimensi tinggi dan digunakan dalam algoritma seperti SVM untuk klasifikasi optimal.

Pada algoritma *Support Vector Machine* diperlukan untuk menemukan titik maksimal dan menghitung margin *hyperplane* akan membantu menentukan garis *hyperplane* terbaik untuk membagi data antara dua kelas. Margin mengukur pemisahan antara titik terdekat masing-masing kelas dan *hyperplane*. (Muhammad, 2017).



Gambar 2.1 Hyperplane Algoritma Support Vector Machine (Hendry, 2021)

Untuk dapat memperoleh hyperplane pada *Support Vector Machine*, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$(w \cdot x_i) + b = 0$$

Keterangan :

- w : vektor bobot (*weight vector*).
- x : vektor fitur input (x).
- b : bias.

Pada data x_i , yang termasuk dalam kelas -1 dapat dirumuskan menggunakan persamaan berikut:

$$(w \cdot x_i + b) \leq 1, y_i = -1$$

Sedangkan pada data x_i , yang termasuk dalam kelas +1 dapat dirumuskan menggunakan persamaan berikut:

$$(w \cdot x_i + b) \geq 1, y_i = +1$$

Terdapat beberapa tahapan untuk mengimplementasikan algoritma ini, diantaranya:

1. Terdapat 2 proses yang dilakukan pada algoritma *Support Vector Machine* yaitu proses *training* dan proses *testing*.
2. Sistem menerima inputan citra pada proses *training*.
3. Pengolahan citra digital dengan melakukan pemotongan citra, pengubahan ukuran citra, dan ekstraksi fitur warna pada citra.
4. Perhitungan menggunakan SVM dan hasil perhitungan tersimpan didalam database.
5. Dalam proses *testing*, sistem menerima inputan citra
6. Selanjutnya, dilakukan ekstraksi fitur warna pada citra dan dihitung menggunakan SVM.
7. Dilakukan pencocokan model pola dan identifikasi dengan menggunakan SVM.
8. Menentukan hasil.

BAB 3

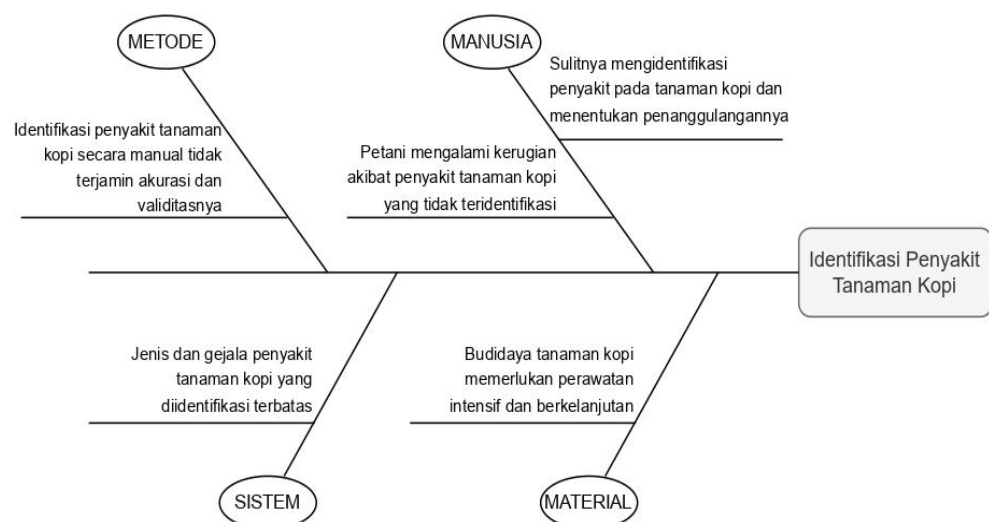
ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1 Analisis Sistem

Tujuan dari analisis sistem adalah untuk menentukan persyaratan komponen selama fase desain sistem dari proses penelitian. Sebagai dasar untuk menciptakan sistem, analisis masalah akan dilakukan pada tahap analisis sistem untuk menentukan sebab dan akibat dari suatu masalah. Untuk menentukan prosedur dan sumber data yang diperlukan untuk fase desain sistem, persyaratan tambahan dan analisis proses dilakukan.

3.1.1. Analisis Masalah

Analisis berguna sebagai identifikasi sebab akibat permasalahan yang akan diselesaikan oleh sistem. Pendekatan analisis masalah penelitian ini, yang dikenal sebagai metode Ishikawa Diagram atau *Fishbone Diagram*, memecah penyebab utama masalah menjadi empat bagian. yaitu, metode, manusia, sistem, dan material yang digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3.1. Diagram Ishikawa

3.1.2. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi hal-hal yang dibutuhkan selama merancang sistem. Terdapat 2 jenis kebutuhan yang dapat diidentifikasi dalam perancangan sebuah sistem yang terdiri dari kebutuhan fungsional dan kebutuhan non-fungsional.

1. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional adalah rangkaian aktivitas yang harus berfungsi pada saat sistem berjalan. Pada penelitian ini, terdapat beberapa kebutuhan fungsional sistem, diantaranya.

- a. Sistem menyediakan kolom *input* dokumen gambar dari *storage* pengguna.
- b. Sistem dapat menerima unggahan berupa dokumen gambar dari pengguna.
- c. Sistem dapat melakukan proses identifikasi penyakit tanaman kopi berdasarkan citra masukan pengguna.
- d. Sistem dapat memberikan hasil jenis penyakit dan informasi tambahan sesuai dengan identifikasi citra.

2. Kebutuhan Non-Fungsional

Kumpulan kebutuhan tambahan yang dibangun ke dalam sistem dikenal sebagai kebutuhan non-fungsional. Dalam penelitian ini, kebutuhan non-fungsional adalah.

a. Tampilan Antarmuka

Aplikasi *web* dilengkapi dengan tampilan antarmuka yang mudah dipahami dan diakses oleh pengguna.

b. Performa

Sistem menggunakan manipulasi data menggunakan bahasa pemrograman *Python*.

c. Kualitas

Sistem dirancang dengan penerapan metode *Support Vector Machine* dan kualitas identifikasi yang dihasilkan berdasarkan ekstraksi citra daun tanaman kopi dari unggahan pengguna.

d. Kontrol

Sistem mampu mengakses *storage* pengguna pada kolom unggahan gambar.

e. Ekonomis

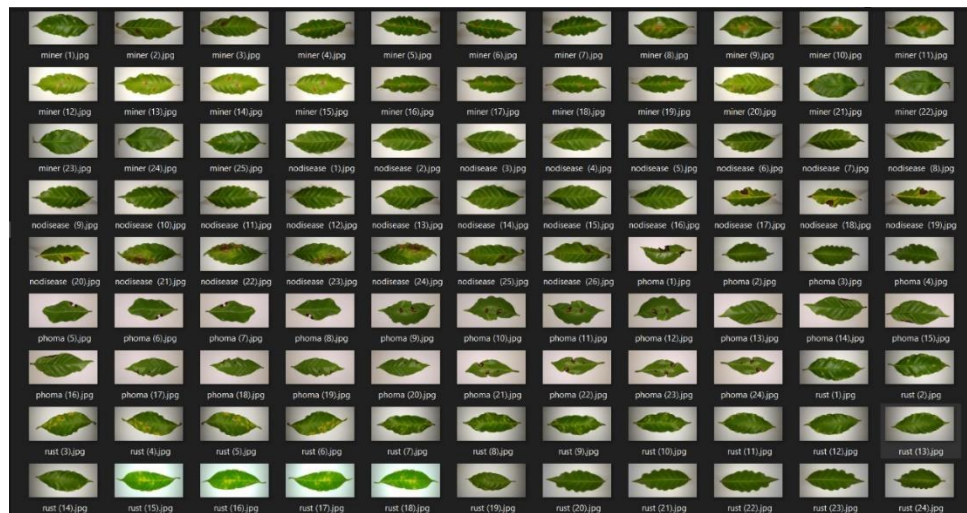
Sistem yang dibangun dapat diakses pada laman *website*.

3.1.3. Analisis Proses

Dalam penelitian ini, system akan dibangun dengan implementasi metode *Support Vector Machine* (SVM) dan proses ekstraksi fitur warna akan dipertajam akurasi dengan menggunakan metode *Hue Saturation Intensity* (HSI) dimana penggabungan informasi berasal dari segi warna maupun *grayscale* dari sebuah citra. Metode ini dirancang untuk merepresentasikan warna secara lebih intuitif, memisahkan informasi tentang warna dasar (*hue*), kecerahan (*intensity*), dan warna jenuh (*saturation*). Adapun proses kerja awal sebelum masuk sistem pada penelitian adalah sebagai berikut.

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini digunakan untuk mengambil informasi berupa gambar dari daun tanaman kopi Arabika yang memiliki kriteria sehat, karat daun (*leaf rust*), terkena serangan hama daun (*leaf miner*), dan busuk daun (*leaf blight*). Informasi terkait kumpulan gambar untuk kebutuhan system diperoleh dari berbagai sumber yang telah dikelompokkan. Adapun gambar daun tanaman kopi sesuai klasifikasi terlampir di bawah ini.



Gambar 3.2. Data Yang Dikelola

Data yang dikelola kemudian dikelompokkan menjadi serangkaian 220 dataset dimana akan dilakukan proses pengubahan ke dalam ruang warna HSI (*Hue, Saturation, Intensity*) untuk memisahkan informasi warna, kejelasan, dan intensitas citra pada daun tanaman kopi.

2. Menentukan *Dataset*

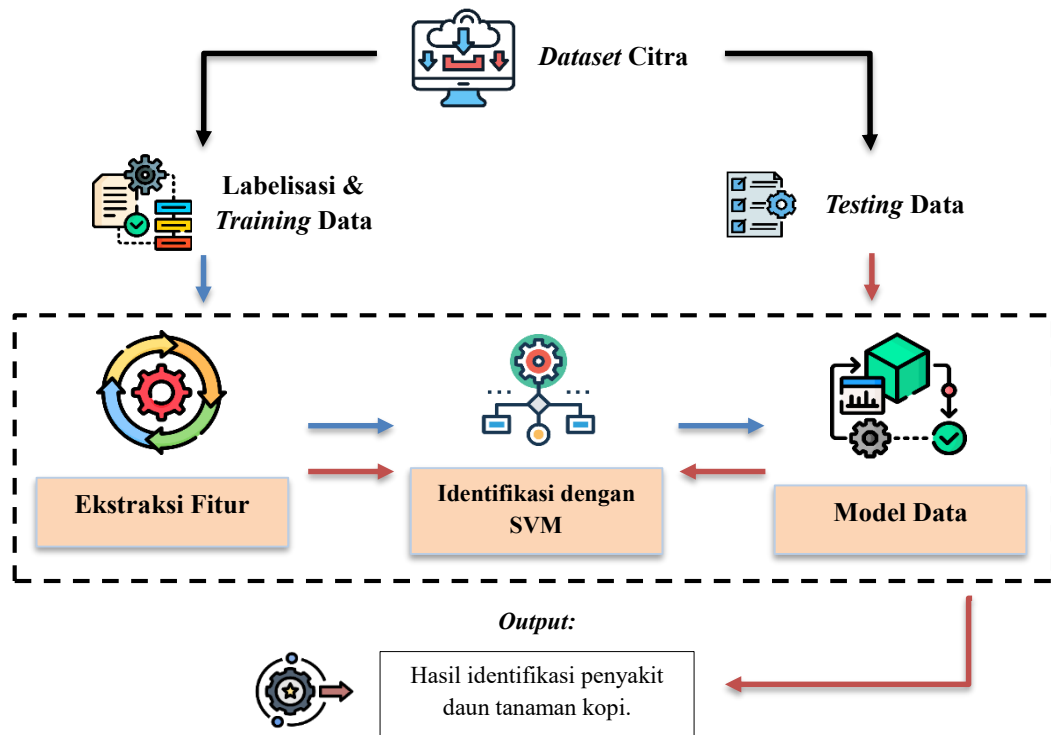
Berdasarkan informasi citra yang telah dikumpulkan dari berbagai sumber, selanjutnya kumpulan citra dari setiap klasifikasi tersebut akan dikelompokkan menjadi dua buah bagian dataset yaitu, dataset latih (*training*) dan dataset uji (*testing*). Adapun pembagian dataset ini dirincikan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 3.1. Rincian *Dataset* Citra

Klasifikasi Daun	Total Dataset	Dataset Latih	Dataset uji
Daun Sehat (<i>No Disease</i>)	220	200	20
Karat Daun (<i>Leaf Rust</i>)	220	200	20
Hama Daun (<i>Leaf Miner</i>)	220	200	20
Busuk Daun (<i>Leaf Blight</i>)	220	200	20

3.2 Arsitektur Penelitian

Arsitektur umum penelitian merupakan alur seluruh rangkaian sistem dalam penelitian. Adapun arsitektur umum sistem pada penelitian ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3.3. Arsitektur Umum

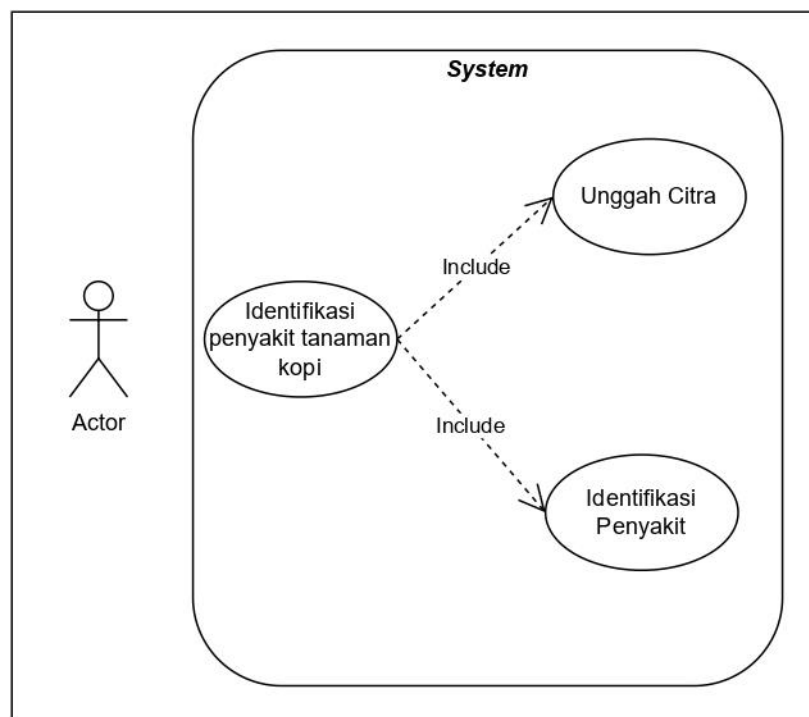
- Menerima masukan berupa dataset citra latih dan citra uji.
- Melakukan sejumlah pemrosesan pada gambar, termasuk mengubahnya menjadi skala abu-abu, memotong bagian tertentu (*cropping*) dan mengubah ukurannya (*resizing*).
- Ekstraksi ciri dilakukan pada gambar yang telah diproses, menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dan metode *Hue Saturation Intensity* (HSI).
- Normalisasi dilakukan pada ciri yang diekstraksi, agar semua ciri memiliki rentang nilai yang seragam.
- Ciri-ciri tersebut dimasukkan ke dalam model *Support Vector Machine* (SVM) untuk proses identifikasi.
- Output* sistem berupa hasil identifikasi penyakit pada citra daun tanaman kopi.

3.3 Pemodelan Sistem

Peneliti menggunakan *use case diagram*, *activity diagram*, dan *sequence diagram* untuk menggambarkan proses pemodelan di seluruh tahap pemodelan sistem. Diagram ini dijelaskan sebagai berikut.

3.3.1. Use Case Diagram

Use case diagram adalah representasi visual tentang bagaimana pengguna dan teknologi yang sedang dikembangkan berinteraksi. Tujuan dari grafik ini adalah untuk membuatnya lebih mudah untuk menganalisis komponen kunci yang diperlukan ketika mengembangkan sistem. *Use case diagram* digunakan untuk penelitian ini ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.4. *Use Case Diagram*

Adapun *narrative use case*, juga dikenal sebagai *textual use case*, adalah metode untuk menilai dan mengkarakterisasi persyaratan perangkat lunak yang berusaha untuk mengklarifikasi bagaimana pengguna (aktor) terlibat dengan sistem yang sedang dikembangkan.

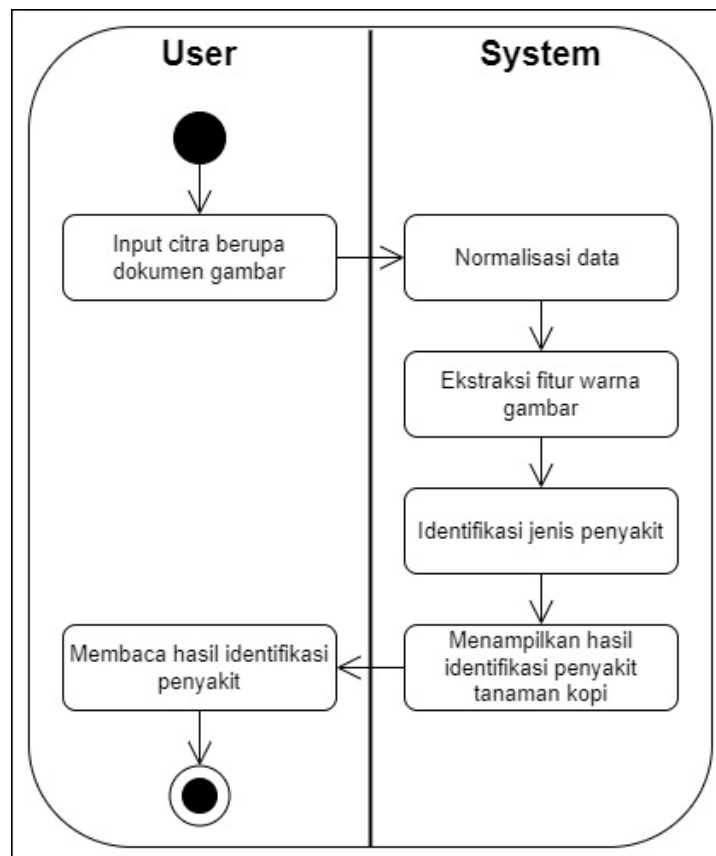
Berikut ini adalah narasi diagram kasus penggunaan.

Tabel 3.2. *Narrative Use Case* Identifikasi Penyakit Tanaman Kopi

Use Case Name	Identifikasi Penyakit Tanaman Kopi	
Actor	Pengguna	
Description	<i>Use case</i> ini mendeskripsikan aktivitas ketika pengguna melakukan pengujian untuk proses identifikasi penyakit tanaman kopi.	
Precondition	Pengguna berada pada halaman menu awal.	
Typical Course of Event	Aksi Pengguna	Respon Sistem
	Pengguna mengunggah dokumen gambar daun kopi.	Menampilkan nama dokumen masukan pengguna dan tombol proses.
Alternate Course	Aksi Pengguna	Respon Sistem
	Pengguna tidak mengunggah jenis dokumen yang sesuai.	Menampilkan <i>alert</i> kesalahan tipe dokumen.
Post Condition	1. Kondisi Sukses Sistem memproses data dan menampilkan hasil identifikasi penyakit tanaman kopi.	2. Kondisi Gagal Menampilkan <i>alert</i> kesalahan dokumen.

3.3.2. Activity Diagram

Activity diagram adalah grafik yang menunjukkan alur kerja lengkap sistem dari awal hingga akhir. Adapun *activity diagram* dalam identifikasi penyakit tanaman kopi Arabika bagi pengguna dan *activity diagram* bagi aktivitas admin digambar pada diagram berikut.

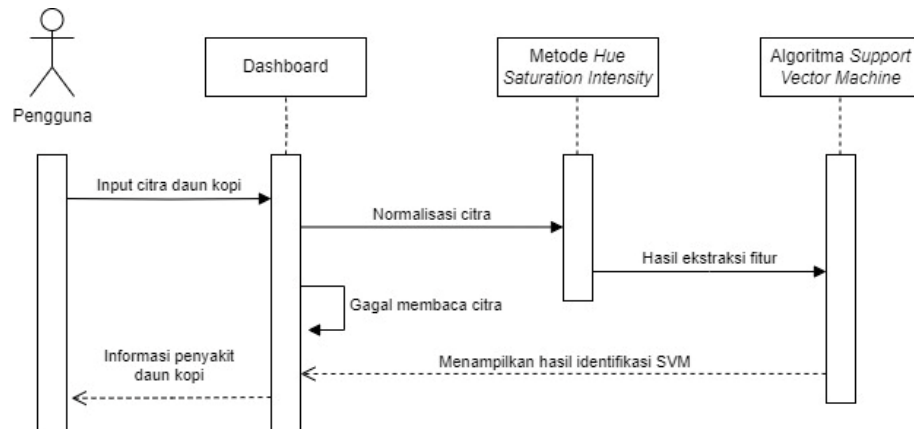


Gambar 3.5. *Activity Diagram*

Pada Gambar 3.4. dapat dilihat bahwa dalam tahap awal sistem akan menampilkan laman unggah dokumen gambar yang dapat diakses oleh pengguna. Selanjutnya pengguna diminta untuk mengunggah dokumen gambar daun sebagai masukan terhadap sistem. Sistem akan melakukan proses normalisasi terhadap citra. Selanjutnya proses ekstraksi fitur warna juga dilakukan oleh sistem dengan menggunakan *Hue Saturation Intensity* (HSI). Data kemudian akan diproses dengan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) sehingga dapat diidentifikasi jenis penyakitnya dan ditampilkan kepada pengguna. Hasil identifikasi penyakit tanaman kopi selanjutnya dapat dibaca oleh pengguna sebagai acuan dalam pengendalian lanjutan.

3.3.3. Sequence Diagram

Untuk dapat melihat interaksi setiap obyek yang ada dalam sistem, berikut merupakan *sequence diagram* pada sistem.



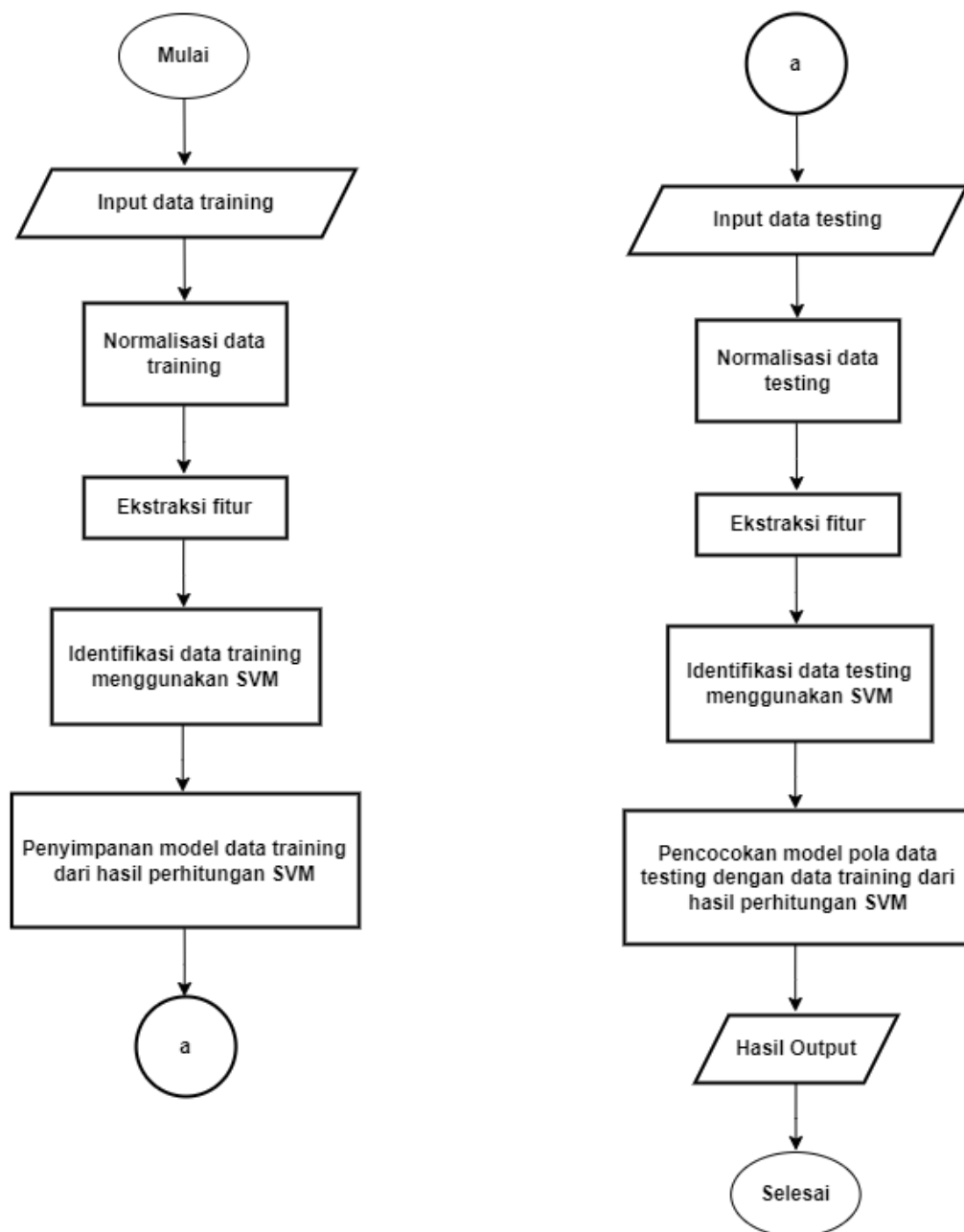
Gambar 3.6. *Sequence Diagram*

Pada Gambar 3.7. dapat dilihat bahwa urutan penggunaan sistem oleh pengguna dalam melakukan identifikasi penyakit tanaman kopi adalah dengan mengunggah dokumen gambar sebagai *input* terhadap system. Selanjutnya citra akan memasuki tahap *pre-processing* dimana dilakukan proses normalisasi dan ekstraksi fitur warna pada citra. Citra yang telah melewati tahap *pre-processing* kemudian diproses menggunakan Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) sehingga diperoleh hasil identifikasi penyakit tanaman kopi.

Hasil identifikasi akan diarahkan kembali ke *dashboard* system sehingga dapat dilihat informasinya kepada pengguna untuk kebutuhan pengendalian lanjutan.

3.4 Flowchart

Flowchart atau disebut juga diagram alir adalah diagram gambaran alur sistem dan rangkaian proses pada sistem secara bertahap. Pada sistem, diimplementasikan Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) untuk identifikasi penyakit dan *Hue Saturation Intensity* (HSI) untuk *pre-processing* citra.



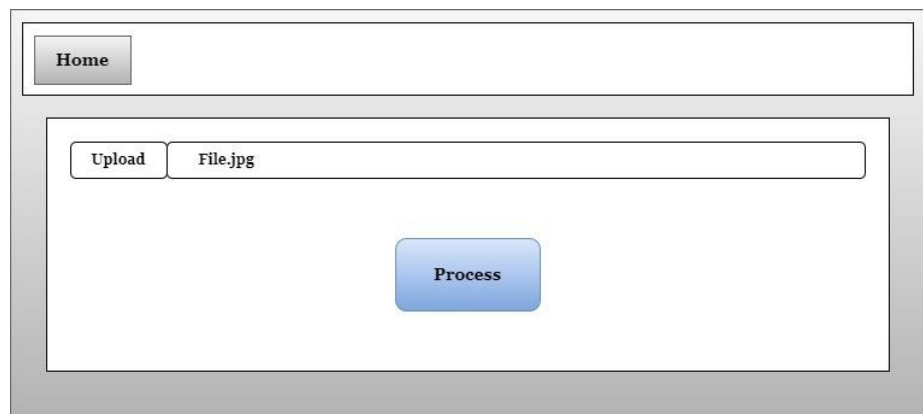
Gambar 3.7. *Flowchart* Sistem

3.5 Perancangan Antarmuka Sistem

Pada dasarnya, perancangan antarmuka sistem bertujuan untuk menggambarkan tampilan sistem sehingga dapat berinteraksi dengan pengguna ketika digunakan. Selain rancangan antarmuka aplikasi *web*, berikut juga dilampirkan perancangan *database* untuk kebutuhan sistem.

1. Halaman Tampilan Utama

Ketika pertama kali membuka aplikasi *web*, pengguna maupun admin akan menuju ke sebuah menu tampilan utama.



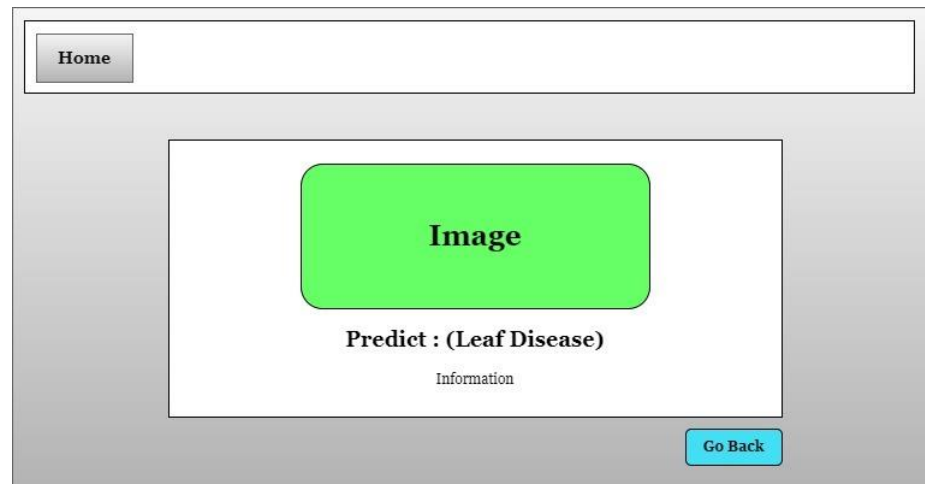
Gambar 3.8. Halaman Tampilan Utama

Keterangan Gambar:

- 1) *Home*: tombol *default* mengarah ke halaman utama *website*.
- 2) *Upload*: tombol untuk mengunggah dokumen gambar.
- 3) *File.jpg*: menampilkan nama dokumen yang diunggah oleh pengguna.
- 4) *Process*: tombol untuk melakukan proses identifikasi penyakit tanaman kopi sesuai dokumen gambar yang diunggah pengguna.

2. Halaman Hasil Identifikasi

Ketika pengguna menekan tombol *Process*, dapat dilihat hasil identifikasi penyakit tanaman kopi beserta keterangannya.



Gambar 3.9. Halaman Hasil Identifikasi

Keterangan Gambar:

- 1) *Home*: tombol *default* mengarah ke halaman utama *website*.
- 2) *Image*: gambar yang diunggah oleh pengguna.
- 3) *Predict*: keterangan jenis penyakit tanaman kopi sesuai hasil identifikasi sistem.
- 4) *Information*: berisi informasi terkait penyakit tanaman kopi hasil identifikasi sistem.

BAB 4 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1 Kebutuhan Sistem

Sebuah sistem untuk melatih model *Support Vector Machine* (SVM) yang dikembangkan dengan beberapa komponen pendukung. Komponen-komponen ini, yang penting untuk proses pelatihan, mengandung perangkat lunak dan perangkat keras. Sistem ini menggunakan perangkat lunak khusus yang mendukung fungsi SVM dan dibangun untuk memaksimalkan pemanfaatan perangkat keras tertentu. Sistem ini mampu menjalankan prosedur pelatihan model SVM dengan efisiensi dan efektivitas yang tinggi ketika perangkat keras dan perangkat lunak terintegrasi sempurna.

4.1.1. Perangkat Keras

Adapun spesifikasi perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- a. *Processor Intel Core I7 10th Gen*
- b. 8 GB DDR4 RAM
- c. *Hardisk 500GB*

4.1.2. Perangkat Lunak

Adapun perangkat lunak atau *library* yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- a. Implementasi Pengolahan data
 - Visual Studio Code
 - *Library*: Numpy, OpenCV
- b. Implementasi Klasifikasi data input
 - Visual Studio Code
 - *Library*: Flask

4.2 Persiapan Dataset

Setelah pengumpulan data, langkah berikutnya adalah pelabelan data. Pelabelan data melibatkan penambahan kategori atau label pada setiap data atau citra yang terkumpul. Dalam konteks penerapan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) untuk mengidentifikasi pada tanaman kopi berdasarkan ekstraksi fitur warna daun, pelabelan data dilakukan dengan memberikan label pada masing-masing citra sesuai dengan jenis penyakit yang terjadi pada daun tanaman kopi tersebut. Proses pelabelan ini biasanya dilakukan secara manual oleh individu atau kelompok yang memiliki pemahaman yang relevan seperti pakar untuk penyakit tanaman.



Gambar 4.1. Nodisease



Gambar 4.2. Penyakit *Leaf Miner*



Gambar 4.3. Penyakit *Leaf Rust*



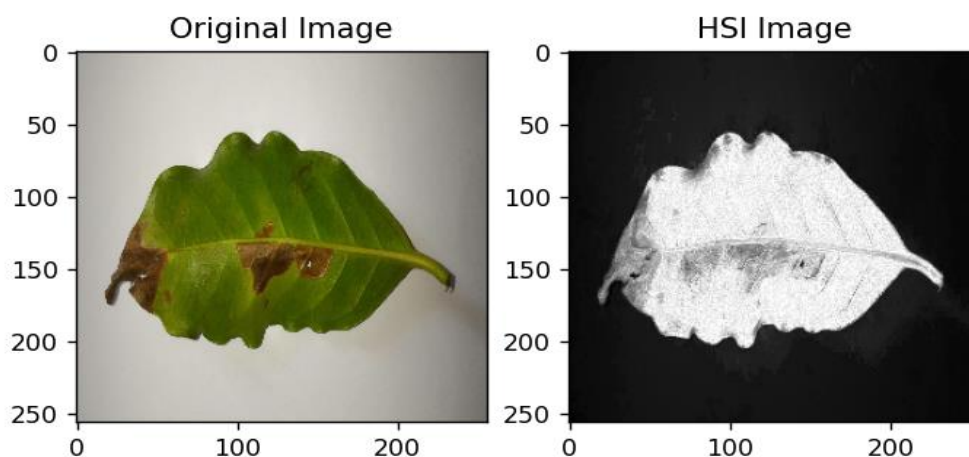
Gambar 4.4. Penyakit *Leaf Blight*

Adapun kumpulan dataset setelah proses pelabelan dapat dilihat pada gambar di atas. Gambar 4.1. merupakan citra daun dengan label sehat atau *nodisease*, Gambar 4.2. merupakan citra daun dengan label penyakit *leaf miner* atau daun yang terkena hama penambang, Gambar 4.3. merupakan citra daun dengan label penyakit *leaf rust* atau karat daun, sementara Gambar 4.4. merupakan citra daun dengan label penyakit *leaf blight* atau busuk daun.

4.3 Pengolahan Dataset

Proses pengolahan data pada citra sebelum menjalani tahap identifikasi menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas citra dan memfasilitasi proses ekstraksi fitur pada citra.

Setelah melakukan pengumpulan dataset, proses selanjutnya adalah melakukan *pre-processing* citra. Pengolahan dataset citra ke dalam model HSI (*Hue, Saturation, dan Intensity*) melibatkan representasi citra dalam ruang warna HSI. Citra umumnya direpresentasikan pada ruang warna RGB (*Red, Green, Blue*). Mengonversi citra RGB ke dalam ruang warna HSI melibatkan perhitungan *Hue* (H), *Saturation* (S), dan *Intensity* (I) dari komponen warna RGB. Setelah konversi ke HSI, mungkin perlu melakukan normalisasi pada komponen HSI untuk memastikan bahwa nilai-nilai berada dalam rentang yang diinginkan. Normalisasi sering digunakan untuk membuat nilai-nilai intensitas atau kejenuhan berada dalam rentang 0 hingga 1. Selanjutnya, melakukan mengekstraksi fitur-fitur dari komponen HSI yang diperoleh. Misalnya, dapat dilihat pada fitur-fitur seperti kecerahan maksimum, nilai *hue* dominan, atau kejenuhan rata-rata. Setelah konversi ke HSI dan ekstraksi fitur, lalu dapat melakukan berbagai operasi pemrosesan citra. Ini bisa termasuk perbaikan kontras, peningkatan kecerahan, atau filter yang berfokus pada komponen HSI tertentu.



Gambar 4.5. Ekstraksi Fitur Warna HSI

Dapat dilihat pada Gambar 4.5. citra asli daun kopi dan citra daun yang sudah diproses dengan ekstraksi fitur menggunakan model warna HIS dengan melibatkan

konversi citra ke ruang warna HSI. Pemilihan fitur HSI berdasarkan komponen *Hue*, *Saturation*, dan *Intensity* untuk analisis warna, kejenuhan, dan kecerahan pada citra daun kopi.

4.4 Identifikasi Citra

Proses Identifikasi citra menggunakan metode HSI dan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dimulai dengan pemodelan warna HSI. Citra diubah ke dalam ruang warna HSI (*Hue*, *Saturation*, *Intensity*) untuk memisahkan informasi warna, kejelasan, dan intensitas citra pada daun tanaman kopi.

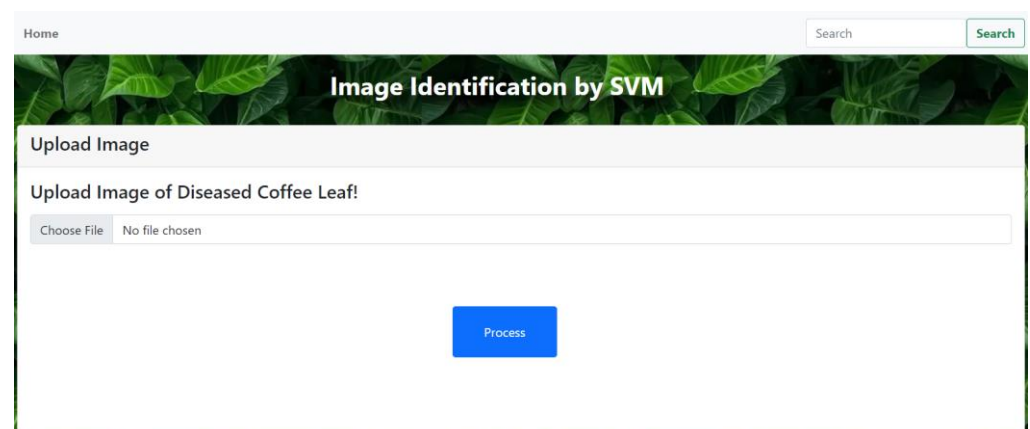
Dalam proses Identifikasi citra menggunakan Algoritma *Support Vector Machine* (SVM), pendekatan yang berbeda diterapkan. SVM mencari *hyperplane* terbaik yang dapat memisahkan antara berbagai kelas data. Proses ini melibatkan identifikasi vektor dukungan yang berada pada batas keputusan, sehingga memastikan pemisahan optimal antara kelas daun tanaman kopi sehat dan daun tanaman kopi yang terinfeksi penyakit.

4.5 Implementasi Sistem

Implementasi tahapan antarmuka dengan menggunakan bahasa pemrograman *Python* untuk pengolahan data di belakangnya yang terhubung dengan HTML, mencakup halaman utama dan halaman hasil identifikasi.

4.5.1. Halaman utama (*landing page*)

Gambar 4.6 merupakan tampilan halaman pertama atau halaman utama.

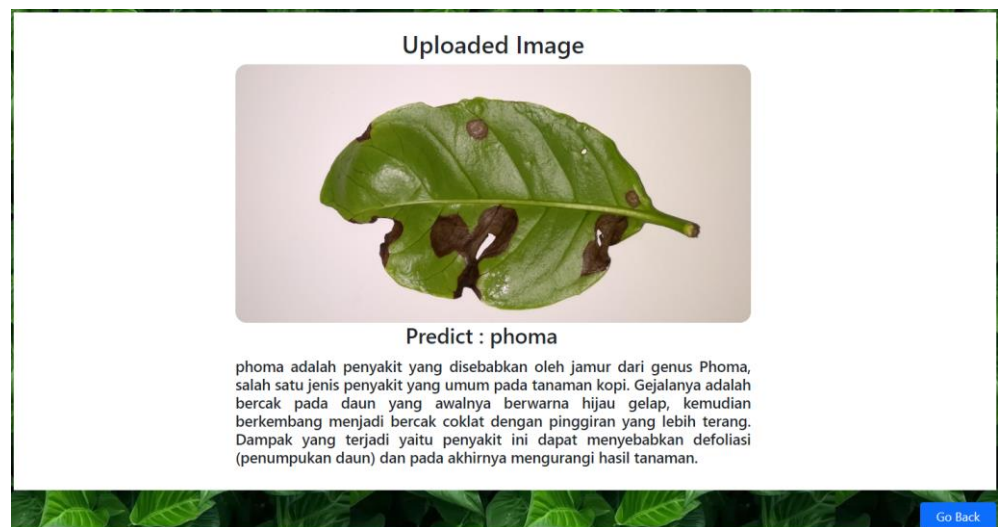


Gambar 4.6. Implementasi Halaman Utama

Pada gambar 4.6. tersebut di atas, dimana pengguna dapat menginput *file* image penyakit pada daun kopi dan melakukan pengujian.

4.5.2. Halaman hasil identifikasi

Gambar 4.7 merupakan tampilan halaman hasil identifikasi yang menjadi hasil prediksi sistem pada data citra yang telah diinput pada halaman utama.



Gambar 4.7. Implementasi Halaman Hasil Identifikasi

Pada gambar 4.7. tersebut di atas, dimana pengguna dapat melihat hasil uji dari identifikasi pada penyakit daun tanaman kopi dan juga penjelasan mengenai sebab dan gejala yang terjadi pada tanaman kopi.

4.6 Pengujian Sistem

Pada titik ini, sistem sedang diuji dan diperiksa untuk melihat apakah dapat berfungsi sebagaimana dimaksud. Pengujian sistem terdiri dari uji metode *blackbox* untuk melihat apakah fungsi elemen pada system dapat berinteraksi dengan pengguna secara baik, serta pengujian akurasi berdasarkan *data training* untuk melihat apakah hasil identifikasi penyakit tanaman kopi sudah bekerja dengan baik.

4.6.1. Pengujian *Blackbox* pada Sistem

Pengujian *Black Box* dilakukan dengan merancang skenario pengujian yang bertujuan untuk menguji semua fungsi menggunakan perangkat lunak dan memastikan kesesuaian dengan spesifikasi yang diperlukan oleh pengguna, yang dalam hal ini adalah admin.

Tabel 4.1. Pengujian pada Halaman Utama

Aktivitas Pengujian	Realisasi yang diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
Unggahan dokumen berupa gambar	Diklik tombol proses maka akan menampilkan gambar unggahan	Muncul gambar unggahan sesuai masukan pengguna	Diterima
Unggahan dokumen tidak berupa gambar	Diklik tombol proses maka akan muncul pesan gagal pada halaman hasil	Muncul pesan gagal pada halaman hasil	Diterima

4.6.2. Pengujian Proses Identifikasi

Pengujian pada proses identifikasi dilakukan guna mengevaluasi kinerja model identifikasi dalam mengidentifikasi citra uji. Dengan melakukan pengujian, kita dapat menilai sejauh mana model identifikasi dapat memprediksi kelas citra yang belum pernah dilihat sebelumnya. Sebelum proses identifikasi citra input, model dilatih menggunakan 800 data sebagai sampel pelatihan. Selanjutnya, akurasi dihitung dengan membandingkan label kelas yang diberikan oleh sistem identifikasi dengan label kelas yang sebenarnya dari citra uji. Proses pelabelan dapat dilihat dalam gambar 4.8 sebelum data dilatih (*training*).

```
['miner', 'nodisease', 'phoma', 'rust']
predictions: ['miner' 'rust' 'miner' 'phoma' 'miner' 'miner' 'nodisease'
'phoma' 'miner' 'nodisease' 'nodisease' 'miner' 'nodisease' 'miner'
'nodisease' 'nodisease' 'rust' 'phoma' 'miner' 'phoma' 'rust' 'miner'
'nodisease' 'miner' 'nodisease' 'miner' 'miner' 'phoma' 'nodisease'
'miner' 'phoma' 'nodisease' 'miner' 'miner' 'rust' 'nodisease' 'rust'
'rust' 'phoma' 'nodisease' 'miner' 'nodisease' 'phoma' 'phoma' 'phoma']
```

Gambar 4.8. Hasil Pelabelan





Dari kumpulan data yang telah terbagi menjadi *data training* dan *data testing*, dataset tersebut mencakup fitur-fitur yang relevan bersama dengan label kelas yang sesuai. Dapat dilihat pada Gambar 4.8. pelabelan dataset dengan hasil prediksi data berdasarkan identifikasi dari seluruh dataset yang dilakukan pada kumpulan *data training* yang akan ditetapkan menjadi 4 kelas jenis data. Hasil prediksi dari variasi acak sesuai dengan empat kriteria pelabelan yang telah ditetapkan di awal, terdiri dari *nodisease* yaitu daun sehat, *miner* atau penyakit hama penambang daun, *rust* atau disebut juga karat daun, dan *phoma* yang dikenal dengan penyakit *leaf blight* (busuk daun).

Model *Support Vector Machine* (SVM) menggunakan dataset ini untuk melakukan identifikasi pada sampel baru dengan mencari *hyperplane* terbaik yang memisahkan kelas-kelas tersebut. SVM berupaya menemukan batas keputusan yang optimal untuk memaksimalkan margin antara kelas-kelas, sehingga memungkinkan identifikasi yang akurat untuk sampel baru berdasarkan posisi mereka terhadap *hyperplane* ini.

4.6.3. Pengujian Akurasi Sistem

Hasil dari proses testing yang dilakukan pada sistem terdapat pada berikut.

Tabel 4.2. Pengujian Akurasi Sistem

Jenis Klasifikasi	Citra Daun Tanaman Kopi	Jumlah Aktual	Jumlah Prediksi
Nodisease		20	23
Leaf Miner		20	22
Leaf Rust		20	16
Leaf Blight		20	19

Pengujian akurasi sistem dilakukan untuk mengidentifikasi penyakit daun kopi menggunakan *80 data testing*. Setiap jenis klasifikasi memiliki 20 jumlah aktual, dan hasil yang diperoleh bervariasi. Informasi mengenai hasil pengujian sistem dapat ditemukan dalam lampiran 2.

4.6.4. Hasil Pengujian Akurasi Sistem

Evaluasi kinerja pada Algoritma SVM (*Support Vector Machine*) dapat dilakukan menggunakan *Confusion Matrix*, yang menyajikan informasi tentang klasifikasi yang benar dan yang salah pada suatu model. *Confusion matrix* umumnya memiliki empat sel, yaitu True Positive (TP), False Positive (FP), True Negative (TN), dan

False Negative (FN). Evaluasi pada *Confusion Matrix* dapat dilihat dalam tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3. Tabel *Confusion Matrix*

		Kelas Aktual				Total Prediksi
		Leaf Miner	Leaf Rust	Leaf Blight (Phoma)	Nodisease	
Kelas Prediksi	Leaf Miner	18	4	0	0	22
	Leaf Rust	1	15	0	0	16
	Leaf Blight (Phoma)	0	0	19	0	19
	Nodisease	1	1	1	20	23
Total prediksi		20	20	20	20	80

a. Akurasi (*Accuracy*)

Dari *Confusion Matrix* yang telah disebutkan sebelumnya, nilai akurasi (*Accuracy*) dihitung menggunakan rumus tertentu. Akurasi memberikan indikasi sejauh mana model dapat melakukan klasifikasi dengan tepat.

$$Akurasi = \frac{\text{Banyak data uji yang sesuai}}{TP+FP+FN+TN} \times 100\% \dots\dots\dots(a)$$

$$Akurasi = \frac{18+15+19+20}{72+3+5+0} \times 100\% = 90\%$$

Dari hasil perhitungan nilai akurasi di atas, didapatkan nilai akurasi sebesar 90%.

b. Presisi (*Precision*)

Presisi (*Precision*) adalah salah satu metrik evaluasi dalam konteks klasifikasi yang mengukur seberapa tepat atau presisi model dalam mengidentifikasi positif. *Precision* dihitung sebagai rasio antara *True Positive* (TP) dan total prediksi positif yang dilakukan oleh model. *False Positive* (FP) adalah jumlah kasus yang salah diklasifikasikan sebagai positif.

Tabel 4.4. Tabel Perhitungan *Precision*

	N	LM	LR	LB
<i>True Positive</i>	20	18	15	19
<i>False Positive</i>	0	1	1	1
<i>Precision</i> (TP)/(TP+FP)	1	0,94	0,93	0,95

Keterangan:

N = Nodisease

LM = Leaf Miner

LR = Leaf Rust

LB = Leaf Blight

Presisi dapat di rumuskan dari perhitungan berdasarkan tabel diatas adalah:

$$\text{Presisi} = \frac{\text{True Positif}}{\text{TP}+\text{FP}} \times 100\% \dots\dots\dots(b)$$

$$\text{Presisi} = \frac{72}{72+3} \times 100\% = 96\%$$

Dari hasil perhitungan nilai presisi di atas, didapatkan nilai presisi sebesar 96%.

c. Recall

Recall adalah metrik kinerja yang memberikan informasi tentang kemampuan model dalam mengidentifikasi sebanyak mungkin kasus positif yang sebenarnya positif.

Tabel 4.5. Tabel Perhitungan *Recall*

	N	LM	LR	LB
<i>True Positive</i>	20	18	15	19
<i>False Negatif</i>	0	1	4	0
<i>Precision</i> (TP)/(TP+FN)	1	0.94	0.82	1

Keterangan:

N = Nodisease

LM = Leaf Miner

LR = Leaf Rust

LB = Leaf Blight

Recall dapat di rumuskan dari perhitungan berdasarkan tabel diatas adalah:

$$Recall = \frac{True\ Positif}{TP+FN} \times 100\% \dots\dots\dots(c)$$

$$Recall = \frac{72}{72+5} \times 100\% = 93\%$$

Dari hasil perhitungan nilai *recall* di atas, didapatkan nilai *recall* sebesar 93%.

d. *F1-Score*

Satu parameter evaluasi terakhir yang digunakan untuk menilai hasil klasifikasi adalah *F1-score*.

$$F1 - score = \frac{2 \times (Precision \times Recall)}{Precision + Recall} \times 100\% \dots \dots \dots (d)$$

$$F1 - score = \frac{2 \times (96 \times 93)}{96 + 93} \times 100\% = 94,47\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai *F1-score* di atas, didapatkan nilai *F1-score* sebesar 94,47%.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan berikut dicapai ketika Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) digunakan dalam tahap analisis, desain, dan pengujian sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit pada tanaman kopi Arabika.

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan 220 buah citra sebagai dataset untuk membagi 3 kategori penyakit dan tanaman kopi sehat. 200 buah citra dataset digunakan sebagai data latih dan 20 buah citra digunakan sebagai data uji.
2. Sistem digunakan untuk mengidentifikasi penyakit tanaman kopi Arabika menggunakan Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dan *Hue Saturation Intensity* (HSI) sebagai *pre-processing*.
3. Sistem dapat digunakan untuk memberikan luaran berupa hasil identifikasi penyakit tanaman kopi Arabika beserta informasi tambahan terkait penyakit.
4. Dari hasil pengujian sistem, dengan metode evaluasi *confusion matrix* didapatkan nilai rata-rata sebesar 93.36%. Dengan rincian, nilai *accuracy* sebesar 90%, nilai *precission* sebesar 96%, nilai *recall* sebesar 93%, serta nilai *F1-score* sebesar 94,47%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk menjadi pertimbangan dalam pengembangan maupun penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini memiliki luaran berupa hasil identifikasi penyakit tanaman kopi yang menggunakan Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dan *Hue Saturation Intensity* (HSI) sebagai *pre-processing*, peneliti selanjutnya diharapkan dapat menggunakan metode lain untuk mengidentifikasi kasus yang sama.








2. Penelitian selanjutnya diharapkan memperbanyak kuantitas *dataset* sehingga akurasi dari sistem bisa lebih baik lagi.
3. Penelitian selanjutnya dapat memperbanyak kuantitas jenis penyakit yang dapat diidentifikasi terkait tanaman kopi.
4. Diharapkan pengembangan sistem bisa sampai ke tahap aplikasi yang bisa digunakan secara *mobile*.








DAFTAR PUSTAKA








- Soesanto, Lukas. 2020. “Kompedium Penyakit-Penyakit Kopi”. Yogyakarta: Lily Publisher.
- A, Mungki., Arhandi, Putra Prima., Nabilla. “Identifikasi Penyakit pada Daun Tomat Berdasarkan Fitur Warna dan Tekstur” JIP (Jurnal Informatika Polinema), Vol. 6, No. 2 (Februari 2020): 47-50.
- Amatulla, Luthfiah., Ein, Ivtytah., Mayanda. “Identifikasi Penyakit Daun Kentang Berdasarkan Fitur Tekstur dan Warna Dengan Menggunakan Metode *K-Nearest Neighbor*” SENAMIKA Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer dan Aplikasinya (April 2021): 783-791.
- Astrianda, Nica. “Klasifikasi Kematangan Buah Tomat dengan Variasi Model Warna Menggunakan *Support Vector Machine*” VOCATECH: *Vocational Education and Technology Journal*, Vol. 1, No. 2 (2020): 44-51.
- Edha, H., Sitorus, Hotlan. S., Ristian, U. “Penerapan Metode Transformasi Ruang Warna *Hue Saturation Intensity* (HSI) Untuk Mendeteksi Kematangan Buah Mangga Harum Manis” Coding: Jurnal Komputer dan Aplikasi, Vol.8, No. 1 (2020): 1-10.
- Effendi, M. Junius., Tiaawan, Medi. “Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Tanaman Kopi Berbasis Web” Jurnal Sistem Komputer Musirawas, Vol. 4, No. 1 (Juni 2019): 25-32.
- Filho, O, G. “*Coffee Leaf Miner Resistance*”. Braz. J. Plant Physiol, Vol. 18, No. 1 (2006): 109-117.
- Husada, H, C., Paramita, A, S. “Analisis Sentimen Pada Maskapai Penerbangan di Platform *Twitter* Menggunakan Algoritma *Support Vector Machine* (SVM)” Jurnal TEKNIKA, Vol.10, No.1 (Maret 2021): 18-26.








- Martinez, Fredy., Montiel, Holman., Martinez, Fernando. “*A Machine Learning Model for the Diagnosis of Coffee Diseases*” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 13, No. 4 (2022): 968-974.
- Muhammad, Abitdavy, A., Arkadia, Arvi., Rifqi, Sheva, N., Trianto., Prasvita, Desta, S. “Penerapan Transformasi Ruang Warna Hue Saturation Intensity (HSI) untuk Mendeteksi Kematangan Buah Tomat” Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer dan Aplikasinya (SENAMIKA), Jakarta-Indonesia (September 2021), hal 75-81.
- Novianti, K. D. Pradnyani., Gunawan, I. M. Deddy., Sukerti, Ni Kadek. “Implementasi *Forward Chaining* Untuk Mendiagnosis Penyakit Tanaman Kopi” *Information System and Emerging Technology Journal*, Vol. 1, No. 2 (Desember 2022): 88-97.
- Rizal, R, A., Girsang, I, S., Prasetyo, S, A. “Klasifikasi Wajah Menggunakan *Support Vector Machine* (SVM)” Riset dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer, Vol.3, No.2 (April 2019): 1-4.
- Sari, Yuslena., Baskara, A.R., Wahyuni, Rika. “*Classification of Chili Leaf Disease Using the Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) and the Support Vector Machine (SVM) Methods*” 2021 *Sixth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, 2021: 1-4.
- Wahyuningtiyas, B., Tritasmoro, I., Ibrahim, Nur. “Identifikasi Penyakit Pada Daun Kopi Menggunakan Metode *Local Binary Pattern* dan *Random Forest*” *Proceeding of Engineering*, Vol.8, No.6 (Desember 2022): 2972-2980.








LAMPIRAN 1. HASIL PENGUJIAN SISTEM








No	Citra Daun Tanaman Kopi	Aktual	Prediksi
1		Leaf Miner	Leaf Miner
2		Leaf Miner	Leaf Miner
3		Leaf Miner	Nodisease
4		Leaf Miner	Leaf Rust
5		Leaf Miner	Leaf Miner
6		Leaf Miner	Leaf Miner
7		Leaf Miner	Leaf Miner








No	Citra Daun Tanaman Kopi	Aktual	Prediksi
8		Leaf Miner	Leaf Miner
9		Leaf Miner	Leaf Miner
10		Leaf Miner	Leaf Miner
11		Leaf Miner	Leaf Miner
12		Leaf Miner	Leaf Miner
13		Leaf Miner	Leaf Miner
14		Leaf Miner	Leaf Miner








No	Citra Daun Tanaman Kopi	Aktual	Prediksi
15		Leaf Miner	Leaf Miner
16		Leaf Miner	Leaf Miner
17		Leaf Miner	Leaf Miner
18		Leaf Miner	Leaf Miner
19		Leaf Miner	Leaf Miner
20		Leaf Miner	Leaf Miner
21		Leaf Rust	Leaf Rust








No	Citra Daun Tanaman Kopi	Aktual	Prediksi
22		Leaf Rust	Leaf Rust
23		Leaf Rust	Leaf Rust
24		Leaf Rust	Nodisease
25		Leaf Rust	Leaf Rust
26		Leaf Rust	Leaf Rust
27		Leaf Rust	Leaf Miner
28		Leaf Rust	Leaf Rust








No	Citra Daun Tanaman Kopi	Aktual	Prediksi
29		Leaf Rust	Leaf Rust
30		Leaf Rust	Leaf Rust
31		Leaf Rust	Leaf Rust
32		Leaf Rust	Leaf Rust
33		Leaf Rust	Leaf Rust
34		Leaf Rust	Leaf Miner
35		Leaf Rust	Leaf Rust








No	Citra Daun Tanaman Kopi	Aktual	Prediksi
36		Leaf Rust	Leaf Rust
37		Leaf Rust	Leaf Rust
38		Leaf Rust	Leaf Rust
39		Leaf Rust	Leaf Miner
40		Leaf Rust	Leaf Miner
41		Leaf Blight	Leaf Blight
42		Leaf Blight	Leaf Blight




No	Citra Daun Tanaman Kopi	Aktual	Prediksi
43		Leaf Blight	Leaf Blight
44		Leaf Blight	Leaf Blight
45		Leaf Blight	Leaf Blight
46		Leaf Blight	Nodisease
47		Leaf Blight	Leaf Blight
48		Leaf Blight	Leaf Blight
49		Leaf Blight	Leaf Blight

No	Citra Daun Tanaman Kopi	Aktual	Prediksi
50		Leaf Blight	Leaf Blight
51		Leaf Blight	Leaf Blight
52		Leaf Blight	Leaf Blight
53		Leaf Blight	Leaf Blight
54		Leaf Blight	Leaf Blight
55		Leaf Blight	Leaf Blight
56		Leaf Blight	Leaf Blight

No	Citra Daun Tanaman Kopi	Aktual	Prediksi
57		Leaf Blight	Leaf Blight
58		Leaf Blight	Leaf Blight
59		Leaf Blight	Leaf Blight
60		Leaf Blight	Leaf Blight
61		Nodisease	Nodisease
62		Nodisease	Nodisease
63		Nodisease	Nodisease

No	Citra Daun Tanaman Kopi	Aktual	Prediksi
64		Nodisease	Nodisease
65		Nodisease	Nodisease
66		Nodisease	Nodisease
67		Nodisease	Nodisease
68		Nodisease	Nodisease
69		Nodisease	Nodisease
70		Nodisease	Nodisease

No	Citra Daun Tanaman Kopi	Aktual	Prediksi
71		Nodisease	Nodisease
72		Nodisease	Nodisease
73		Nodisease	Nodisease
74		Nodisease	Nodisease
75		Nodisease	Nodisease
76		Nodisease	Nodisease
77		Nodisease	Nodisease

No	Citra Daun Tanaman Kopi	Aktual	Prediksi
78		Nodisease	Nodisease
79		Nodisease	Nodisease
80		Nodisease	Nodisease

LAMPIRAN 2. *CURRICULUM VITAE*

PRAYUDHA W. ARYAPUTRA

Mahasiswa

Saya adalah seorang laki-laki yang cenderung tidak ambil pusing untuk sebagian hal dan fokus untuk sebagian lainnya.



0822-7672-9702



prayudhawira14@gmail.com



Jl. Benteng Hilir Komplek Benhil
Blok D. No 9, Medan Tembung



prayudhawira

EDUCATION

- Universitas Sumatera Utara
S-1 Ilmu Komputer, 2019 - Now
- MAN 2 Model Medan, 2016 - 2019

EXPERTISE

- Management Skills
- Creativity
- Negotiation
- Critical Thinking
- Leadership

SKILLS SUMMARY

Design Process	<div><div></div></div>
Public Speaking	<div><div></div></div>
Project Management	<div><div></div></div>

EXPERIENCE

- Koordinator Acara Pemuda Lestari Budaya Simalungun by Yayasan Pondok Kasih (2023)
- Crew Acara Peluncuran Program Huawei ICT Academy USU (2022)
- Ketua Panitia Pelatihan Dasar Organisasi IMILKOM (2022)
- Anggota PDD Democratic Political Fest PEMA USU (2022)
- Koordinator Humas Dies Natalis Fasilkom-TI USU ke 10 (2022)
- Crew Acara Generasi Indonesia Emas 2045 Universitas Sumatera Utara (2022)
- Koordinator Humas Pengukuhan Stambuk 2021 S-1 Ilmu Komputer USU (2022)
- Koordinator Humas Rapat Kerja Wilayah BEM-SI SUMBAGUT (2021)
- Koordinator PTT Penyambutan Mahasiswa Baru S-1 Ilmu Komputer USU (2021)
- Anggota Humas Komisi Pemilihan Umum Ilmu Komputer USU (2021)
- Anggota PTT PKKMB USU PEMA USU (2021)
- Anggota PTT Upgrading dan Rapat Kerja PEMA USU (2021)
- Anggota PTT Penyambutan Mahasiswa Baru ILKOMP USU 2020 (2020)
- Anggota PTT Computer Science Anniversarry 18 (2019)

ORGANIZATION

- **Ketua Umum**
Ikatan Mahasiswa S-1 Ilmu Komputer USU (2022 - 2023)
- **Wakil Menteri Kebijakan Kampus**
PEMA USU Kabinet REKA CIPTA (2021 - 2022)
- **Kepala Divisi Olahraga Bidang Minat & Bakat**
PEMA FASILKOM-TI Kabinet REMONI (2021 - 2022)
- **PLT. Kepala Departemen Kemahasiswaan**
Ikatan Mahasiswa S-1 Ilmu Komputer USU (2021 - 2022)