

**IMPLEMENTASI *K-NEAREST NEIGHBOR* (KNN) UNTUK
KLASIFIKASI CITRA SERAT KAYU**

(Skripsi)

Oleh

**FINKA MARISA GEANANDA SUFIE
1957051003**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

IMPLEMENTASI *K-NEAREST NEIGHBOR* (KNN) UNTUK KLASIFIKASI CITRA SERAT KAYU

Oleh

FINKA MARISA GEANANDA SUFIE

Kayu adalah bahan mentah yang banyak digunakan diberbagai bidang. Di Indonesia, industri mebel seringkali mengidentifikasi kayu langsung dengan indra manusia. Kemampuan dan pengetahuan manusia yang terbatas menyebabkan seringkali terjadi kesalahan dan membutuhkan lebih banyak waktu. Pembelajaran mesin adalah alternatif untuk membantu industri pengolah kayu mengidentifikasi spesies kayu melalui pembelajaran berbasis data. Metode *K-Nearest Neighbor* (KNN) mengurutkan objek (citra serat kayu) berdasarkan kemiripannya dengan jumlah tetangga terdekat (k). Hasil dari penelitian ini berupa implementasi algoritma KNN dengan percobaan menggunakan beberapa k tetangga terhadap hasil ekstraksi fitur dari citra yaitu, fitur warna HSV dan tekstur GLCM. Pengujian model dengan pembagian data latih dan data uji 80:20 dilakukan menggunakan *5-Fold Cross Validation*. Model terbaik dihasilkan tetangga $k = 7$ dengan akurasi 76,9%.

Kata Kunci: Kayu, *K-Nearest Neighbor* (KKN), GLCM, HSV

ABSTRACT

K-NEAREST NEIGHBOR (KNN) IMPLEMENTATION FOR WOOD FIBER IMAGE CLASSIFICATION

By

FINKA MARISA GEANANDA SUFIE

Wood is a raw material that is widely used in various fields. In Indonesia, the furniture industry often identifies wood directly with the human senses. Limited human ability and knowledge cause frequent errors and require more time. Machine learning is an alternative to helping the wood processing industry identify wood species through data-driven learning. The K-Nearest Neighbor (KNN) method sorts objects (wood fiber images) based on their similarity with the number of nearest neighbors (k). The result of this research is the implementation of the KNN algorithm by experimenting with several k neighbors on the results of extracting features from the image, namely, HSV color and GLCM texture. Model testing with a division of training data and test data of 80:20 is done using 5-Fold Cross Validation. The best model was generated by k = 7 neighbors with 76.9% accuracy.

Keywords: Wood, K-Nearest Neighbor (KKN), GLCM, HSV

**IMPLEMENTASI *K-NEAREST NEIGHBOR* (KNN) UNTUK
KLASIFIKASI CITRA SERAT KAYU**

Oleh

FINKA MARISA GEANANDA SUFIE

**Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA KOMPUTER**

Pada

Jurusan Ilmu Komputer
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **IMPLEMENTASI K-NEAREST NEIGHBOR
(KNN) UNTUK KLASIFIKASI CITRA
SERAT KAYU**

Nama Mahasiswa : **Finka Marisa Geananda Sufie**
Nomor Pokok Mahasiswa : 1957051003
Program Studi : S1 Ilmu Komputer
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Rizky Prabowo, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19880807 201903 1 011



Yunda Heningtyas, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19890108 201903 2 014

2. Ketua Jurusan Ilmu Komputer



Didik Kurniawan, S.Si., M.T.
NIP. 19800419 200501 1 004

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Rizky Prabowo, S.Kom., M.Kom.



Sekretaris : Yunda Heningtyas, S.Kom., M.Kom.



Penguji Utama: Dr. rer. nat. Akmal Junaidi, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 26 Juli 2023

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Finka Marisa Geananda Sufie

NPM : 1957051003

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Implementasi K-Nearest Neighbor (KNN) Untuk Klasifikasi Citra Serat Kayu**" merupakan karya saya sendiri dan bukan karya orang lain. Semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti skripsi saya merupakan hasil penjiplakan atau dibuat orang lain, maka bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang telah saya terima.

Bandar Lampung, 26 Juli 2023



Finka Marisa Geananda Sufie
NPM. 1957051003

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 03 Maret 2001, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dengan Ayah Suaidi dan Ibu Febriana Rati Dewi. Penulis memulai pendidikan TK Darussalam Muaradua OKU Selatan yang diselesaikan pada tahun 2007, SDN 05 Muaradua OKU Selatan dan selesai pada tahun 2013. Kemudian pendidikan menengah pertama di SMPN 01 Muaradua OKU Selatan yang diselesaikan pada tahun 2016. Lalu melanjutkan ke pendidikan menengah akhir di SMA Swasta Al-Kautsar Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2019.

Pada tahun 2019 penulis terdaftar menjadi mahasiswa di Program Studi S1 Ilmu Komputer, Jurusan Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Mandiri untuk program studi pilihan ketiga. Selama menjadi mahasiswa penulis melakukan beberapa kegiatan antara lain.

1. Mengikuti rangkaian kegiatan Pengenalan Kehidupan Kampus bagi Mahasiswa Baru (PKKMB) Universitas Lampung, PKKMB Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Pengenalan Jurusan Ilmu Komputer (PRINTER) dan Program Orientasi Tinggi (PROPTI) Jurusan Ilmu Komputer pada tahun 2019.
2. Menjadi Anggota Divisi Desain, Dokumentasi, dan Dekorasi pada kegiatan Gebyar Anggota Muda Ilmu Komputer (ADAPTER) Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer pada periode 2019/2020.
3. Mengikuti kegiatan Karya Wisata Ilmiah (KWI) XXX Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di Desa Tambah Dadi, Kecamatan Purbolinggo, Kabupaten Lampung Timur pada tahun 2019.

4. Menjadi anggota Bidang Media Informasi Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer pada tahun 2019/2020.
5. Menjadi anggota tim pada kegiatan Kompetisi Inovasi Bisnis Mahasiswa (KIBM) yang diadakan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan tahun 2020.
6. Menjadi Asisten Dosen mata kuliah Dasar-Dasar Pemrograman di Jurusan Ilmu Komputer pada tahun 2020/2021 Ganjil.
7. Menjadi anggota Bidang Keilmuan Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer pada periode 2020/2021.
8. Menjadi anggota Divisi Desain pada Kegiatan Pekan Raya Jurusan Ilmu Komputer (PRJ) IX Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer pada tahun 2021.
9. Menjadi Bendahara Pelaksana Kegiatan Workshop Wawancara Kerja Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer pada tahun 2021.
10. Menjadi Asisten Dosen mata kuliah Struktur Data dan Algoritma di Jurusan Ilmu Komputer pada tahun 2020/2021 Genap.
11. Menjadi ketua tim pada kegiatan *Developing an Analytical Dashboard to Improve Restaurant Performance Competition* yang diadakan oleh RMDS Lab tahun 2021.
12. Menjadi Asisten Dosen mata kuliah Struktur Data dan Algoritma di Jurusan Ilmu Komputer pada tahun 2020/2021 Ganjil.
13. Menjadi Asisten Dosen mata kuliah Pemrograman Web di Jurusan Ilmu Komputer pada tahun 2021/2022 Genap.
14. Mengikuti ujian sertifikasi dan mendapatkan sertifikat *Junior Web Developer* oleh Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP) pada tahun 2022.
15. Melaksanakan Kerja Praktik pada bulan Januari 2022 sampai dengan bulan Februari 2022 di UPT BP2MI Lampung.
16. Menjadi koordinator divisi Lomba Esai pada kegiatan Pekan Raya Jurusan Ilmu Komputer (PRJ) X Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer pada tahun 2022.
17. Melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sinar Banten, Kec. Talang Padang, Kab. Tanggamus pada tahun 2022.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbilamin

Puji dan syukur tercurahkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala Rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya ini kepada:

Kedua Orang Tuaku Tercinta

Yang senantiasa memberikan yang terbaik dan doa'a yang selalu menyertaiku. Kuucapkan pula terima kasih sebesar-besarnya karena telah mendidik dan membesarkanku dengan penuh kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang belum bisa terbalaskan.

Kepada Adik-adikku serta Keluarga besar

Yang selalu memberikan doa dan dukungan semangat.

Sahabat dan Teman-temanku

Terima kasih telah menemaniku, mendukungku, dan selalu memberikan kebahagiaan dalam hidupku.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung dan Jurusan Ilmu Komputer

Tempat bernaung mengemban semua ilmu untuk menjadi bekal hidup.

MOTTO

Fokus pada tujuan, bukan hambatan.

Belajar dari kemarin, hidup untuk hari ini, berharap untuk hari esok.

Setiap orang punya porsinya masing-masing, tidak perlu disamakan dan jangan pernah dibandingkan.

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Q.S. Al-Baqarah: 286)

“Dan bersabarlah. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.”
(Q.S. Al-Anfaal: 46)

“Hiduplah seperti pohon kayu yang lebat buahnya, hidup di tepi jalan dan dilempari orang dengan batu, tetapi dibalas dengan buah.”
(Abu Bakar Sibli)

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat beriring salam tak lupa penulis sanjungkan kepada Nabi Muhammad SAW. Skripsi yang berjudul “**Implementasi *K-Nearest Neighbor (KNN)* Untuk Klasifikasi Citra Serat Kayu**” merupakan bagian dari hasil penelitian yang penulis laksanakan.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mengalami kendala-kendala dan kesulitan yang dihadapi sebelumnya. Berkat dukungan dan bantuan berbagai pihak untuk pantang menyerah, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya selama kegiatan penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan lancar.
2. Kepada kedua orangtua yang selalu memberikan dukungan moral, dukungan material, semangat, motivasi, kasih sayang yang tak terhingga dan senantiasa mendoakan selama ini. Semoga Allah SWT selalu memberikan keberkahan dan kebahagiaan untuk kedua orang tuaku di dunia dan akhirat.
3. Adikku Felix Sando Giovananda Sufie dan Fhiero Destra Giovanda Sufie tercinta, semoga Allah SWT selalu mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya serta memberikan segala yang terbaik kepada kita. Semoga kita bisa membahagiakan orang tua.
4. Bapak Rizky Prabowo, M.Kom. selaku dosen pembimbing akademik (PA) dan sekaligus pembimbing utama yang selalu memberikan bimbingan, arahan, ide, kritik, saran, dan motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan lancar.
5. Ibu Yunda Heningtyas, M.Kom. selaku dosen pembimbing kedua yang selalu memberikan bimbingan, arahan, ide, kritik, saran, dan motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan lancar.

6. Bapak Didik Kurniawan, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan dan Ibu Anie Rose Irawati, S.T., M.Cs. Sekretaris Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. rer. nat. Akmal Junaidi, M.Sc. selaku Sekretaris Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung dan selaku dosen pembahas yang senantiasa memberikan kritik dan saran yang bermanfaat dalam perbaikan skripsi ini.
8. Bapak Tono selaku pemilik Panglong Kayu Bringin Jaya yang telah senantiasa membantu penulis dalam memperoleh data untuk skripsi ini.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Ilmu Komputer yang telah memberikan pengalaman dan ilmu kepada penulis serta seluruh karyawan Fakultas MIPA Universitas Lampung, Ibu Ade Nora Maela, Bang Zainuddin, Mas Syam, Mas Nofal, dan lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang selalu membantu segala urusan administrasi penulis.
10. Zul Abidin yang telah banyak membantu dan selalu memberikan semangat, do'a dan kesabaran kepada penulis.
11. Annisa Putri Cahyani, Vira Verina, Hani Cita Lestari, Zahara Liza, Olivia Desti, Salsabilla Julia, Devi Ramadhia, Sendy Hani selaku teman dekat yang telah banyak membantu, mendukung, memberikan semangat, dan do'a kepada penulis selama penelitian hingga selesainya skripsi ini.
12. Teman-teman Jurusan Ilmu Komputer 2019 yang menjadi keluarga satu angkatan selama menjalankan masa studi di Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung.

Penulis menyadari dalam penulisan Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Semoga Skripsi ini bermanfaat. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan perlindungan, kesehatan, dan kebaikan untuk kita semua. Aaamin.

Bandar Lampung, 26 Juli 2023
Penulis

Finka Marisa Geananda Sufie
NPM. 1957051003

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR KODE PROGRAM	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
II. TINJUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.2. Kayu.....	7
2.3. Citra Digital	8
2.4. Klasifikasi	10
2.5. <i>Machine Learning</i>	11
2.6. <i>Python</i>	12
2.7. <i>K-Nearest Neighbor (KNN)</i>	14
2.8. <i>Feature Extraction</i>	16
2.9. <i>K-Fold Cross Validation</i>	17
2.10. <i>Confusion Matrix</i>	18
2.10.1. <i>Accuracy</i>	19
2.10.2. <i>Precision (Positive Predictive Value)</i>	19
2.10.3. <i>Recall</i> atau <i>Sensitivity (True Positive Rate)</i>	20
2.10.4. <i>F1 Score</i>	20
2.11. <i>Jupyter Notebook</i>	20
2.12. <i>Data Flow Diagram (DFD)</i>	20

2.12.1. Komponen DFD	21
2.12.2. <i>Leveling</i> DFD	22
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1. Tempat dan Waktu	23
3.2. Alur Kerja Penelitian	23
3.2.1. <i>Requirement</i>	25
3.2.2. Pengambilan Data.....	26
3.2.3. <i>Pre-processing</i>	27
3.2.4. <i>Feature Extraction</i>	28
3.2.5. Klasifikasi KNN.....	29
3.2.6. Evaluasi	29
3.2.7. <i>Design</i>	30
3.2.8. Pembuatan Sistem Berbasis <i>Web</i>	33
3.2.9. Validasi.....	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1. Hasil Penelitian.....	34
4.1.1. <i>Feature Extraction</i>	34
4.1.2. <i>Export</i> Data Fitur ke <i>Excel</i>	38
4.1.3. <i>K-Nearest Neighbor</i>	38
4.1.4. Evaluasi Kinerja Klasifikasi	40
4.1.5. Implementasi Sistem Berbasis <i>Web</i>	44
4.2. Pembahasan	46
4.2.1. Pemodelan I.....	46
4.2.2. Pemodelan II.....	49
4.2.3. Pemodelan III	53
4.2.4. Pemodelan IV	56
4.2.5. Pemodelan V	59
4.2.6. Pemodelan VI.....	62
V. KESIMPULAN	69
5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Penelitian Terdahulu	4
Tabel 2. Komponen DFD (Andie, 2020)	21
Tabel 3. <i>Timeline</i> Penelitian.....	23
Tabel 4. Hasil perhitungan HSV	35
Tabel 5. Hasil perhitungan Kelas Bayur	37
Tabel 6. Hasil perhitungan Kelas Damar	37
Tabel 7. Hasil perhitungan Kelas Sengon	37
Tabel 8. Data klasifikasi citra kayu dengan data uji	39
Tabel 9. Hasil klasifikasi sampel citra serat kayu	40
Tabel 10. <i>Confusion matrix</i> pada data uji <i>fold</i> ke-1	41
Tabel 11. <i>Confusion matrix</i> pada data uji <i>fold</i> ke-2.....	41
Tabel 12. <i>Confusion matrix</i> pada data uji <i>fold</i> ke-3	42
Tabel 13. <i>Confusion matrix</i> pada data uji <i>fold</i> ke-4.....	42
Tabel 14. <i>Confusion matrix</i> pada data uji <i>fold</i> ke-5	42
Tabel 15. Nilai akurasi, <i>precision</i> , <i>recall</i> , dan <i>f1 score</i> dengan $k = 7$	43
Tabel 16. Hasil evaluasi setiap <i>k-neighbors</i>	44
Tabel 17. Pengujian Model I.....	46
Tabel 18. Pengujian Model II	50
Tabel 19. Pengujian Model III	53
Tabel 20. Pengujian Model IV	56
Tabel 21. Pengujian Model V	59
Tabel 22. Pengujian Model VI.....	62
Tabel 23. Ringkasan hasil akurasi tiap percobaan	66
Tabel 24. Hasil prediksi 180 data uji	85

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Citra Digital.....	8
Gambar 2. Citra Digital <i>Monochrome</i>	9
Gambar 3. Citra Digital <i>Grayscale</i>	9
Gambar 4. Citra Digital <i>True Color</i>	10
Gambar 5. Klasifikasi Menggunakan KNN	15
Gambar 6. Diagram <i>5-Fold Cross Validation</i>	18
Gambar 7. <i>Confusion Matrix Binary Class</i>	18
Gambar 8. <i>Leveling</i> DFD	22
Gambar 9. Tahapan Penelitian Sistem Klasifikasi Citra Serat Kayu (KNN).....	24
Gambar 10. Data Citra Kayu Sengon.....	26
Gambar 11. Data Citra Kayu Bayur	26
Gambar 12. Data Citra Kayu Damar	26
Gambar 13. Citra sebelum dan sesudah proses <i>cropping</i>	27
Gambar 14. Citra sebelum dan sesudah proses <i>grayscale</i>	27
Gambar 15. Citra sebelum dan sesudah konversi HSV	28
Gambar 16. <i>Flowchart</i> Sistem klasifikasi citra serat kayu	30
Gambar 17. Context Diagram Sistem klasifikasi citra serat kayu	31
Gambar 18. DFD <i>Level 0</i> Sistem klasifikasi citra serat kayu	31
Gambar 19. Sistem Klasifikasi Citra Serat Kayu (Awal)	32
Gambar 20. Sistem Klasifikasi Citra Serat Kayu (Setelah <i>input</i>)	32
Gambar 21. Tampilan Awal Sistem	45
Gambar 22. Tampilan Awal Sistem (Lanjutan)	45
Gambar 23. Tampilan Sistem Setelah <i>Input</i> Citra	46
Gambar 24. Analisis Akurasi, Presisi, dan <i>Recall</i> Pemodelan VI.....	66
Gambar 25. Kemiripan citra kelas bayur dengan damar.....	67
Gambar 26. Kemiripan citra bayur dengan sengon.....	68
Gambar 27. Kemiripan citra damar dengan sengon.....	68

Gambar 31. <i>Output</i> Pemodelan VI <i>neighbor</i> $k=7$ pada <i>fold-1</i>	77
Gambar 32. <i>Output</i> Pemodelan VI <i>neighbor</i> $k=7$ pada <i>fold-1</i> (Lanjutan)	78
Gambar 33. <i>Output</i> Pemodelan VI <i>neighbor</i> $k=7$ pada <i>fold-2</i>	79
Gambar 34. <i>Output</i> Pemodelan VI <i>neighbor</i> $k=7$ pada <i>fold-2</i> (Lanjutan)	80
Gambar 35. <i>Output</i> Pemodelan VI <i>neighbor</i> $k=7$ pada <i>fold-3</i>	80
Gambar 36. <i>Output</i> Pemodelan VI <i>neighbor</i> $k=7$ pada <i>fold-3</i> (Lanjutan)	81
Gambar 37. <i>Output</i> Pemodelan VI <i>neighbor</i> $k=7$ pada <i>fold-4</i>	81
Gambar 38. <i>Output</i> Pemodelan VI <i>neighbor</i> $k=7$ pada <i>fold-4</i> (Lanjutan)	82
Gambar 39. <i>Output</i> Pemodelan VI <i>neighbor</i> $k=7$ pada <i>fold-5</i>	82
Gambar 40. <i>Output</i> Pemodelan VI <i>neighbor</i> $k=7$ pada <i>fold-5</i> (Lanjutan)	83
Gambar 41. <i>Output</i> Pemodelan VI <i>neighbor</i> $k=7$ hasil final akurasi	83
Gambar 42. Grafik sebaran data berdasarkan nilai fitur	84

DAFTAR KODE PROGRAM

	Halaman
Kode Program 1. Pembagian data dengan <i>k-fold cross validation</i>	34
Kode Program 2. Ekstraksi fitur HSV	34
Kode Program 3. Ekstraksi fitur GLCM	36
Kode Program 4. <i>Export</i> Data Fitur ke <i>Excel</i>	38
Kode Program 5. KNN dalam <i>Python</i>	38
Kode Program 6. Tabel <i>confusion matrix</i>	41
Kode Program 7. Evaluasi Kinerja Klasifikasi	43
Kode Program 8. Nilai evaluasi kinerja setiap <i>k-neighbors</i>	43
Kode Program 9. Pemodelan VI	77

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kayu merupakan salah satu bahan yang terbuat secara alamiah oleh pohon yang banyak dimanfaatkan diberbagai bidang, termasuk industri konstruksi dan pembuatan furnitur (Liu dkk., 2020). Beberapa jenis kayu yang sering digunakan untuk bahan industri antara lain yaitu kayu sengon, kayu damar, dan kayu bayur. Kayu sengon (*Paraserianthes Falcataria*) merupakan salah satu jenis kayu yang banyak ditanam oleh masyarakat sehingga mudah untuk ditemui di Indonesia (Priyanto dkk., 2018). Harga kayu sengon yang relatif murah dibanding kayu lain menjadikan kayu ini banyak dipilih sebagai bahan dasar pembuatan mebel, pensil, industri konstruksi, dan kayu lapis (Azizah dkk., 2018). Kayu damar (*Agathis loranthifolia Salisb*) merupakan salah satu jenis kayu yang banyak digunakan sebagai kayu pertukangan, kayu lapis, dan pembuatan korek api (Wattimena dkk., 2018). Kayu bayur (*Pterospermum javanicum*) merupakan salah satu kayu dengan kualitas yang tahan terhadap rayap menjadikan kayu jenis ini banyak dicari untuk digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan dan industri mebel (Ariesta, 2021)

Di Indonesia, industri pengolah kayu seperti mebel mengidentifikasi kayu umumnya masih secara manual yaitu langsung dengan indra manusia (Arifin & Melita, 2013). Ketika sudah berwujud kayu maka akan hilang informasi seperti bentuk daun, bentuk buah, penampakan kulit tumbuhan, dan lainnya (Prihastono dkk., 2020). Ciri yang dapat diidentifikasi menggunakan indra manusia dari sebuah potongan kayu adalah pola serat kayu, warna, bau, berat jenis, dan lainnya (Prajitno dkk., 2019). Terbatasnya kemampuan dan pengetahuan manusia dalam membedakan pola atau tekstur serat kayu yang hampir sama, mengakibatkan sering terjadi kesalahan terutama bagi industri

pengolah kayu yang kurang mengetahui jenis-jenis kayu yang akan diolah. Hal ini menyebabkan perlunya keterampilan khusus untuk memastikan kebenaran jenis kayu tersebut (Wibowo dkk., 2021).

Penggunaan teknologi modern seharusnya membuat pekerjaan manusia menjadi lebih mudah. *Machine learning* merupakan salah satu alternatif untuk membantu industri pengolah kayu mengidentifikasi jenis kayu dengan cara pembelajaran berdasarkan data (Shivashankar & Kagale, 2018). Metode klasifikasi yang terkenal dan banyak digunakan dalam bidang *machine learning* salah satunya adalah *K-Nearest Neighbor* (KNN). Metode ini melakukan klasifikasi terhadap objek (citra serat kayu) berdasarkan kemiripan dengan jumlah tetangga terdekat (k) (Waliyansyah & Fitriyah, 2019).

Metode *K-Nearest Neighbor* telah banyak digunakan dalam penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh (Sukrisdyanto dkk., 2019) kekuatan kayu dengan sejumlah citra dari beberapa jenis kayu dan mendapatkan hasil akurasi yang tinggi yaitu mencapai 95%. Penelitian yang dilakukan oleh (Chandra, 2022) melakukan klasifikasi terhadap citra kayu yang diambil dengan lensa kamera mikroskop 60x *zoom* juga memperoleh hasil akurasi yang cukup baik yaitu 76%. Berdasarkan beberapa hasil penelitian terdahulu, penggunaan metode KNN untuk klasifikasi citra menunjukkan hasil yang bagus, sehingga penelitian yang diusulkan bertema "*Implementasi K-Nearest Neighbor (KNN) Untuk Klasifikasi Citra Serat Kayu*". Penelitian ini fokus pada kemampuan klasifikasi untuk mengenali jenis citra serat kayu sengon, bayur, dan damar dengan menggunakan klasifikasi *K-Nearest Neighbors* (KNN). Penelitian ini diharapkan dapat mencapai akurasi yang tinggi.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu apakah metode *K-Nearest Neighbor* (KNN) dapat digunakan untuk mengklasifikasikan citra serat kayu dan berapa hasil akurasi.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Jenis kayu yang akan diklasifikasikan serat kayunya adalah kayu sengon, kayu bayur, dan kayu damar dengan ukuran citra 600 x 600 piksel.
- b. Data yang digunakan merupakan data primer yang didapat dari pengambilan gambar secara langsung menggunakan kamera dan tanpa pengaturan cahaya tambahan.
- c. Data citra yang digunakan dalam penelitian ini merupakan *bitmap* dengan ekstensi jpg/jpeg.

1.4. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengklasifikasikan citra serat kayu sengon, bayur, dan damar dengan metode *K-Nearest Neighbor* (KNN).

1.5. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu mampu mengklasifikasikan citra serat kayu dengan metode *K-Nearest Neighbor* (KNN) sehingga dapat dijadikan informasi atau sebagai bahan rujukan penelitian selanjutnya.

II. TINJUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini tidak lepas dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan. Ringkasan dari beberapa penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

Peneliti	Data	Metode	Hasil
Sukrisdyanto dkk. (2019)	Total 221 citra kayu	KNN	Hasil akurasi 95%.
Chandra (2022)	Total 1300 citra kayu	KNN	Hasil akurasi 76%.
Aufar & Pramunendar (2015)	Total 400 citra kayu	KNN	Hasil akurasi 77.5%.
Widodo dkk. (2019)	Total 2250 data citra anggrek	KNN, SVM, Naïve Bayes	Hasil akurasi knn 98%
Latte dkk. (2015)	Total 160 data citra lapangan tanaman	ANN	Hasil akurasi 84,375%

Penelitian yang dilakukan oleh Sukrisdyanto dkk. (2019) mengklasifikasikan kekuatan kayu menggunakan citra kayu akasia, jati, mahoni, sengon tekik, kapas pesisir, pohon sutra, dan pohon hujan sebanyak 221 citra dengan pembagian data masing-masing jenis kayu 80:20 untuk data latih dan data uji. Parameter yang digunakan untuk menentukan kekuatan kayu adalah warna

RGB dan tekstur citra kayu. Penelitian ini menggunakan dua metode ekstraksi fitur, nilai rata-rata dari histogram RGB untuk setiap saluran warna dan GLCM untuk tekstur. Metode yang digunakan untuk seleksi fitur adalah *Recursive Feature Elimination Cross Validation* (RFECV) dan metode klasifikasi menggunakan KNN. Tahap yang dilakukan yaitu akuisisi citra, ekstraksi dan seleksi fitur, klasifikasi, dan validasi hasil klasifikasi. Hasil akurasi pada *testing* mampu mengklasifikasikan 40 data dengan benar dari 43 data uji mendapatkan akurasi sebesar 95%. Penelitian ini memberikan alat yang berguna bagi industri kayu untuk mengklasifikasikan kekuatan kayu berdasarkan parameter visual.

Penelitian yang dilakukan oleh Chandra (2022) mengklasifikasikan kayu menggunakan data dari citra kayu yang diambil dengan kamera dengan lensa kamera mikroskop *universal clip 60x zoom* dengan *led*. Jenis kayu yang digunakan yaitu kayu damar laut, jati, kruing, meranti, dan ulin dengan setiap jenis kayu dibagi menjadi 250 citra untuk data latih dan 10 citra untuk data uji. Metode yang digunakan untuk fitur ekstraksi adalah *invariant moment* dengan menggunakan 7 fitur dan untuk metode klasifikasi menggunakan KNN. Tahap yang dilakukan yaitu persiapan citra, pembagian data ekstraksi fitur, pelatihan model algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN), pengujian model, dan hasil pengujian model. Nilai dengan $k=3$ memiliki persentase tertinggi dari nilai k lainnya. Oleh karena itu, nilai yang diperoleh $k=3$ dihitung dengan *confusion matrix* menghasilkan akurasi sebesar 76%. Teknologi yang dihasilkan dapat membantu petugas kehutanan dalam mengidentifikasi spesies kayu dan menghemat waktu.

Selanjutnya oleh AUFAR & PRAMUNENDAR (2015) mengklasifikasikan kayu dengan metode KNN menggunakan *Chebyshev Distance* dan ekstraksi fitur GLCM untuk mengklasifikasikan citra kayu jati, mahoni, mindi, dan sengon. Menggunakan data yang diambil dari CV. Majawana Jepara dan perusahaan Bapak Suchaemi berjumlah 400 citra dari 4 jenis kayu dengan 100 citra kayu setiap jenisnya. Data citra tersebut dibagi untuk data latih 360 citra dengan

masing-masing setiap jenis kayu 90 citra dan data uji 40 citra dengan 10 data citra di setiap jenisnya. Tahap yang dilakukan yaitu *preprocessing*, ekstraksi fitur, klasifikasi, dan evaluasi hasil klasifikasi. Hasil akurasi terbesar didapat pada $k=5$ memperoleh 77.5%. Teknologi yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengklasifikasikan jenis kayu secara otomatis berdasarkan citra, sehingga dapat mempermudah dan mempercepat proses pengenalan kayu. Teknologi ini dapat diaplikasikan pada industri kayu, seperti industri mebel, konstruksi, dan lain sebagainya.

Penelitian yang dilakukan Widodo dkk. (2019) mengklasifikasikan jenis-jenis angrek dengan total 2250 data citra angrek. Dari jumlah tersebut, 1500 data digunakan sebagai data uji dan 750 data digunakan sebagai data latih. Metode yang digunakan SVM, KNN, dan Naïve Bayes. Tahap ekstraksi fitur menggunakan metode GLCM untuk mengenali tekstur citra angrek dan fitur ekstraksi warna yang digunakan untuk klasifikasi warna dasar menggunakan HSV. Proses *preprocessing* meliputi *cropping*, *resizing*, dan ekstraksi citra. Selanjutnya, dilakukan klasifikasi jenis-jenis angrek berdasarkan fitur GLCM dan HSV menggunakan algoritma SVM, KNN, dan Naïve Bayes. Hasil akurasi KNN terbaik yang dicapai adalah 98% dengan $k=1$.

Penelitian oleh Latte dkk. (2015) yaitu mengenali citra lapangan tanaman dengan menggunakan data 160 citra dengan masing-masing 20 data citra *Cotton*, *Sugarcane*, *Paddy*, *Sunflower*, *Brinjal*, *Soyabean*, *Maize*, dan *Groundnut*. Citra tersebut diambil menggunakan kamera digital Sony dengan resolusi 16.1 MP dan diambil dalam kondisi pencahayaan standar. Teknik GLCM digunakan untuk ekstraksi fitur tekstur dan model warna HSV untuk ekstraksi fitur warna. Selain itu, Artificial Neural Network (ANN) digunakan untuk klasifikasi citra. Tahap yang dilakukan yaitu pengambilan data citra, *preprocessing*, ekstraksi fitur warna dan tekstur, klasifikasi, dan hasil klasifikasi. Hasil akurasi terbaik yang dicapai adalah 84,375% untuk kombinasi fitur warna dan tekstur.

2.2. Kayu

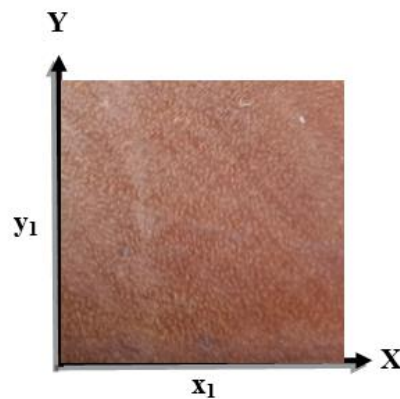
Salah satu bahan dasar atau mentah yang dapat diproses menjadi barang lain dengan mudah yaitu kayu. Contohnya kayu dapat dijadikan bahan baku untuk konstruksi (Pangaribuan, 2014). Kayu merupakan salah satu bahan yang terbuat secara alamiah oleh pohon. Setiap jenis pohon menghasilkan kayu dengan ciri khas yang berbeda (Prihastono dkk., 2020). Ketika sudah berwujud kayu maka akan hilang informasi seperti elemen bentuk daun, bentuk buah, penampakan kulit tumbuhan, dan lainnya. Ciri yang mungkin tersisa dari sebuah potongan kayu adalah pola serat kayu, warna, bau, berat jenis, kekerasan, kekuatan kayu, dan lainnya (Prajitno dkk., 2019).

Beberapa jenis kayu yang sering digunakan untuk bahan industri antara lain yaitu kayu sengon, kayu damar, dan kayu bayur. Kayu sengon (*Paraserianthes Falcataria*) merupakan salah satu jenis kayu yang banyak ditanam oleh masyarakat sehingga mudah untuk ditemui di Indonesia. Karakteristik kayu sengon yaitu ringan dan berwarna putih kekuningan (Priyanto dkk., 2018). Jenis ini dipilih untuk tanaman industri karena mampu beradaptasi dengan berbagai jenis tanah dan pertumbuhannya yang sangat cepat. Harga kayu sengon yang relatif murah dibanding kayu lain menjadikan kayu ini banyak dipilih sebagai bahan dasar pembuatan mebel, pensil, industri konstruksi, dan kayu lapis (Azizah dkk., 2018). Kayu damar (*Agathis loranthifolia Salisb*) merupakan salah satu jenis kayu yang banyak digunakan karena memiliki tingkat keawetan yang tinggi. Kayu damar biasanya digunakan sebagai kayu pertukangan, kayu lapis, dan pembuatan korek api (Wattimena dkk., 2018). Kayu bayur (*Pterospermum javanicum*) merupakan salah satu kayu dengan kualitas yang tahan terhadap rayap. Kayu jenis ini banyak dicari untuk digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan dan industri mebel (Ariesta, 2021).

2.3. Citra Digital

Citra adalah representasi (gambar), kemiripan atau tiruan dari suatu objek. Keluaran citra dari sistem penyimpanan data dapat berupa optik berupa foto, analog berupa sinyal video seperti gambar pada layar televisi, atau bersifat digital yang dapat disimpan langsung pada media penyimpanan. Citra digital adalah citra yang dapat diproses oleh komputer. Citra adalah gambar dalam bidang dua dimensi yang dibuat dari gambar analog dua dimensi dan kontinu menjadi gambar diskrit (Raharja & Harsadi, 2018).

Istilah lain dari citra digital adalah gambar/*image* dan merupakan salah satu komponen multimedia yang berwujud informasi visual yang dihasilkan melalui proses digitalisasi. Terdapat tiga jenis citra digital yaitu citra *monochrome*, citra *grayscale*, dan citra *true color* (Zebua & Ndruru, 2017). *Pixel (Picture Element)* merupakan bagian terkecil dalam citra digital dengan sejumlah angka yang terbuat dari pertemuan garis *horizontal* dan garis *vertical*. Warna yang dapat ditampilkan mempengaruhi nilai piksel yang dihasilkan (Sunandar, 2017).



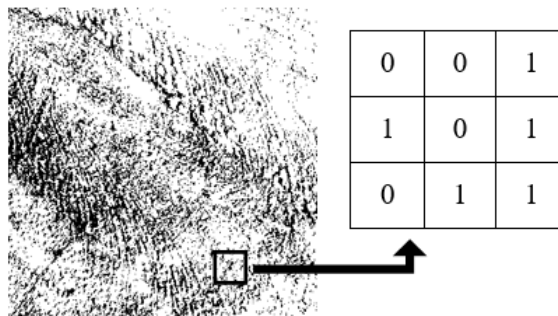
Gambar 1. Citra Digital

Jenis Citra Digital:

a. *Monochrome*

Citra *monochrome* atau biner adalah gambar digital yang memiliki dua kemungkinan nilai piksel yaitu 0 dan 1. Nilai 0 berarti hitam dan nilai 1 untuk putih, dimana setiap piksel membutuhkan 1 bit media penyimpanan

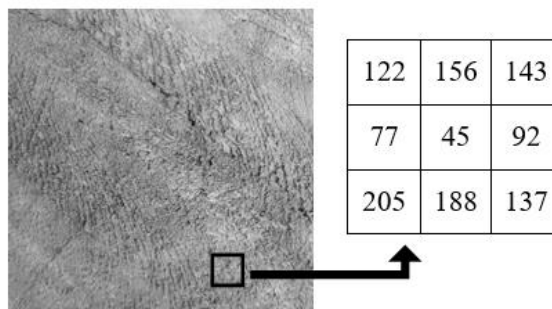
(Efran & Juju, 2022). Contoh citra *monochrome* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Citra Digital *Monochrome*

b. Grayscale

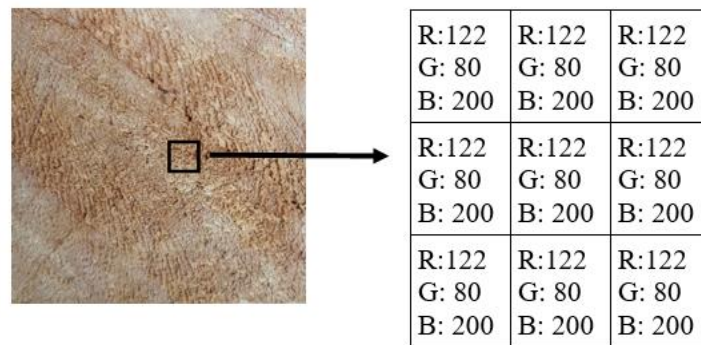
Citra *grayscale* adalah citra yang hanya memiliki satu nilai per piksel. Citra yang ditampilkan terdiri dari warna abu-abu dengan variasi warna hitam pada intensitas paling rendah dan warna putih pada intensitas paling tinggi. Setiap warna dalam citra *grayscale* yang disebut intensitas diwakili oleh bilangan bulat antara 0 dan 255. Citra jenis ini digunakan untuk menentukan tekstur objek (Renaldo dkk., 2022).



Gambar 3. Citra Digital *Grayscale*

c. True Color

Elemen RGB (*Red*, *Green*, dan *Blue*) merupakan warna yang ada di setiap *pixel* citra *true color*. Setiap warna dasar menggunakan penyimpanan 8 bit = 1 *byte*, yang berarti setiap warna memiliki 255 warna. Artinya setiap piksel memiliki kombinasi warna lebih dari 16 juta warna. Itulah mengapa citra ini disebut *true color*, karena memiliki banyak warna hampir mencakup semua warna di alam (Kusuma & Ellyana, 2018)



Gambar 4. Citra Digital *True Color*

2.4. Klasifikasi

Klasifikasi adalah Langkah untuk menemukan sekumpulan pola atau fitur yang menggambarkan dan membedakan satu kelas data dari yang lain, dan digunakan untuk memprediksi data yang belum memiliki kelas data tertentu. Klasifikasi adalah teknik penambangan data yang mengatur data ke dalam kelompok atau kategori yang telah ditentukan sebelumnya. Klasifikasi adalah metode pembelajaran terawasi yang membutuhkan data pelatihan berlabel untuk membuat aturan yang mengklasifikasikan data uji ke dalam kelompok atau kelas yang telah ditentukan (Setio dkk., 2020).

Klasifikasi digital pada suatu citra merupakan penggabungan *pixel* pada suatu gambar ke dalam sejumlah kelompok atau kelas sehingga setiap kelompok dapat menggambarkan suatu unit yang khusus atau unik yang dapat diwakili oleh warna atau pola tertentu (Purwanto & Lukiawan, 2019). Komputer menampilkan gambar sebagai rangkaian *array* tiga dimensi yang besar. Setiap angka dalam tabel *array* adalah bilangan bulat dalam rentang 0 hingga 255. Setiap piksel untuk gambar berwarna terdapat Merah, Hijau, dan Biru (RGB) (Swamynathan, 2017).

Tujuan dari klasifikasi citra adalah untuk meniru kemampuan manusia dalam memahami informasi citra digital, sehingga memungkinkan komputer untuk

mengklasifikasikan objek dalam bentuk citra seperti manusia (Wulandari dkk., 2020).

2.5. Machine Learning

Machine Learning adalah suatu program komputer atau algoritma untuk mendukung sebuah sistem sehingga bisa belajar dari semua langkah yang pernah dilakukan dengan cara pembelajaran data dan menghasilkan model dari kumpulan data tersebut. Dengan demikian, komputer dapat beroperasi sendiri dan membuat *output* berdasarkan algoritma yang telah dibuat. Keterbatasan *machine learning* dalam implementasinya yaitu membutuhkan prasyarat apabila prasyarat tidak terpenuhi maka seringkali hasil akurasi atau solusi menurun seperti datanya bias, membutuhkan kapasitas penyimpanan (memori) yang besar, dan proses pelabelan yang cukup memakan waktu (Kusuma, 2020)

Machine learning berfokus pada pengembangan sistem yang dapat belajar membuat keputusan secara mandiri tanpa perlu manusia memprogramnya berulang kali. Hal ini tidak hanya memungkinkan mesin membuat keputusan, tetapi juga beradaptasi dengan perubahan yang terjadi. Data adalah bahan masukan yang digunakan untuk pelatihan (*training*) agar mesin dapat membuat analisa yang benar. Berdasarkan teknik pembelajarannya, jenis pembelajaran mesin dapat dibagi menjadi *supervised learning* dan *unsupervised learning*. *Supervised learning* adalah teknik *machine learning* yang menggunakan data yang diberi label sehingga mesin dapat mengidentifikasi label masukan sesuai dengan karakteristiknya untuk selanjutnya mengklasifikasikannya, sedangkan *unsupervised learning* adalah teknik membuat kesimpulan berdasarkan kumpulan data yang tidak diberi label, yang merupakan *respons* yang dicirikan oleh data masukan itu sendiri (Retnoningsih & Pramudita, 2020).

Teknik yang digunakan oleh *supervised learning* adalah metode klasifikasi di mana dataset diberi label lengkap untuk klasifikasi kelas yang tidak diketahui. Pengumpulan sampel digunakan untuk meringkas karakteristik distribusi ukuran perilaku di setiap aplikasi, sehingga data membentuk model perilaku. *Supervised learning* selanjutnya dikelompokkan menjadi masalah klasifikasi dan regresi. Masalah klasifikasi muncul ketika variabel hasil bersifat kategoris, seperti merah atau biru dan penyakit atau tidak ada penyakit. Di sisi lain, masalah regresi muncul ketika variabel *output* adalah nilai riil, seperti dollar atau berat. *Supervised learning* memiliki beberapa model algoritma seperti *Back-propagation Linear Regression*, *Support Vector Machine*, *Naive Bayes Classifier*, *K-Nearest Neighbor*, *Decision Tree*, *Logistic Regression*, dan *Neural Network*. Sedangkan *unsupervised learning* sering disebut sebagai pengelompokan karena tidak diperlukan pelabelan dalam kumpulan data dan hasilnya tidak mengidentifikasi *instance* dari kelas tertentu. *Unsupervised learning* dalam sistem memiliki beberapa *input* sampel tetapi tidak ada *output* karena tidak ada *output* yang diinginkan, klasifikasi dilakukan sedemikian rupa sehingga algoritma membagi kategori dengan benar. Tugasnya adalah mendefinisikan fungsi yang menjelaskan struktur tersembunyi dari data yang tidak berlabel. Contoh algoritma *unsupervised* seperti *k-means* dan *Apriori* (Roihan dkk., 2020)

2.6. Python

Python adalah bahasa pemrograman yang digunakan oleh organisasi dan pengembang untuk mengembangkan berbagai aplikasi *desktop*, *web*, dan *mobile*. *Python* dikembangkan di Belanda pada tahun 1990 oleh Guido Van Rossum. *Python* dapat mengimplementasikan perintah *multitasking* secara langsung menggunakan metode berorientasi objek dan semantik dinamis untuk memastikan keterbacaan sintaksis. *Python* adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dapat diaplikasikan menggunakan berbagai sistem operasi seperti *linux*, *Microsoft Windows*, *Mac OS*, *Android*, *Symbian OS*, *Amiga* (Romzi & Kurniawan, 2020).

Flask merupakan *web framework* yang digunakan oleh *python*. *Flask* tergolong ke dalam *micro-framework* karena tidak memerlukan alat atau pustaka khusus dan memiliki basis data bawaan. *Flask* menggunakan *jinja template engine* dan *Werkzeug WSGI ToolKit* (Ningtyas & Setiyawati, 2021). Pada penelitian ini menggunakan *python* versi 3.10 serta menggunakan *library* sebagai berikut (Siradjuddin, 2018):

- *Numpy (Numerical Python)*
Package ini menyediakan berbagai *method* untuk menyimpan data berbentuk *array*, operasi matematika/pengolahan *array*, dan lain-lain.
- *Matplotlib*
Package ini digunakan untuk mengolah data citra dan membuat visualisasi data (grafik).
- *ScikitLearn*
Package ini diperlukan pada tahap uji coba yang menyediakan *toy dataset* dan algoritma-algoritma yang terkait *computational intelligence*.
- *Pandas*
Pandas adalah *library* yang menggunakan *python* untuk analisis statistik dan pengambilan keputusan. *Pandas* digunakan untuk menganalisis data, menghasilkan data dengan cara paling sederhana, mengolah data, dan mengekstrak data. Struktur *Pandas* dirancang untuk bekerja dengan data relasional atau data yang diberi *label*, memungkinkan untuk *database relasional* dan *spreadsheet Excel*.
- *Python OS*
Python OS adalah salah satu *library python* yang memungkinkan untuk melakukan operasi yang terkait dengan sistem operasi.

- *Pickle*

Pickle adalah sebuah *library* yang dapat digunakan untuk menyimpan dan membaca data ke dalam /dari sebuah *file* dengan format *.pkl*.

- *OpenCV*

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) adalah sebuah *library* yang ditujukan untuk pengolahan citra digital secara *real-time* yang dibuat oleh Intel. Fungsinya untuk membaca, menampilkan, dan menyimpan gambar.

2.7. *K-Nearest Neighbor (KNN)*

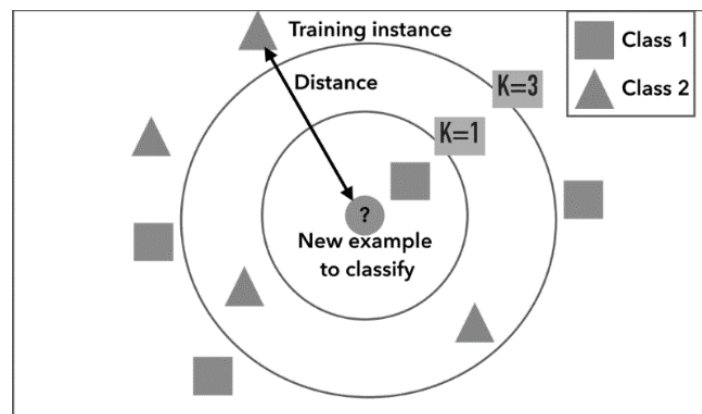
Metode *K-Nearest Neighbors (KNN)* melakukan klasifikasi terhadap objek (serat kayu) berdasarkan data yang paling mirip di mana jumlah *k* telah ditentukan dan mengklasifikasikannya ke dalam kelas baru dengan membentuk pola tertentu (Masutani dkk., 2012). *K-Nearest Neighbor (k-NN)* adalah algoritma klasifikasi berbasis *record* yang meneliti data sebelumnya. Data latih ditentukan kemudian nilai *k* dihasilkan dari kumpulan data yang paling mendekati data uji dengan menggunakan persamaan jarak *Euclidean*. Pada tahap klasifikasi, fitur yang sama dihitung untuk data uji, pengujian ulang data uji yang klasifikasinya tidak diketahui, atau pengujian ulang material untuk menentukan akurasi klasifikasi (Kim dkk., 2019)

K-Nearest Neighbor adalah metode pengklasifikasian objek berdasarkan data latih yang menggunakan jarak atau kemiripan terkecil dari objek tersebut. Pada tahap pembelajaran, algoritma ini hanya menyimpan vektor fitur dan mengklasifikasikan data. Pada tahap klasifikasi, fitur yang sama dihitung untuk data uji. Jarak dari vektor baru ini ke vektor data latih dihitung dan diambil beberapa *k* yang paling mendekati. Titik hasil klasifikasi diprediksi termasuk yang paling banyak terdapat dalam klasifikasi titik tersebut. Dekat atau jauhnya tetangga biasanya dihitung berdasarkan jarak *euclidean*. Semakin tinggi nilai *euclidean distance* maka semakin jauh kemiripan antara

data uji dengan data latih, dan sebaliknya semakin kecil nilai *euclidean distance* maka semakin dekat kemiripan antara data uji dan data latih. Walaupun sangat sederhana dan terdapat kelemahan jika sebaran datanya terlalu dekat namun metode ini mudah dipahami (Siregar dkk., 2019).

Prinsip kerja KNN ialah mencari jarak terdekat antar data yang akan diuji dengan k tetangga terdekatnya, di mana k merupakan bilangan bulat positif. Nilai k terdekat ditentukan berdasarkan ukuran jarak (Suyanto dkk., 2022), sebaiknya nilai k yang digunakan bernilai ganjil untuk menghindari kekeliruan antara dua kelas yang sama. Secara umum, langkah-langkah algoritma KNN sebagai berikut (Heryadi & Wahyono, 2020):

1. Tentukan bilangan bulat untuk nilai k .
2. Mencari k buah sampel dari data input yang memiliki jarak paling dekat dengan data baru.
3. Hitung frekuensi setiap kelas.
4. Data baru di label berdasarkan kelas yang memiliki frekuensi paling banyak dari KNN.



Gambar 5. Klasifikasi Menggunakan KNN

(Meilani, 2019)

Teknik *euclidean distance* mencari jarak terdekat/terpendek antara dua data objek dengan menghiraukan rintangan yang ada dijaluinya. Rumus untuk

menghitung jarak *euclidean* seperti Persamaan 1 di bawah (Vasilyev & Rashich, 2018):

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

$d(x, y)$: Jarak antar variabel x dan y

i : Variabel data

n : Dimensi data

2.8. Feature Extraction

Ada beberapa langkah untuk mengklasifikasikan citra sebagai informasi. Salah satu langkah tersebut adalah ekstraksi fitur untuk menangkap representasi visual dari citra. Ekstraksi yang dilakukan dapat berupa fitur warna, bentuk atau tekstur. Contoh metode ekstraksi fitur adalah matriks *co-occurrence grayscale* (GLCM), yang berfokus pada ekstraksi tekstur. Metode ekstraksi fitur lainnya adalah ekstraksi menggunakan properti warna *Red*, *Green*, dan *Blue* (RGB) yaitu HSV (Farokhah, 2020).

Metode analisis tekstur GLCM adalah untuk mengkarakterisasi tekstur suatu citra dengan menghitung jumlah kemunculan pasangan piksel pada citra dengan nilai spesifik dan hubungan spasial yang ditentukan, menghasilkan GLCM, dan kemudian mengekstraksi kuantitas statistik dari matriks tersebut. (Neneng dkk., 2021). Pada dasarnya GLCM digunakan pada empat arah sudut tertentu yaitu 0° , 45° , 90° dan 135° . Langkah pertama dalam komputasi fitur GLCM adalah mengubah citra berwarna atau RGB menjadi citra *grayscale*, karena metode GLCM mengekstraksi fitur dengan menghitung tingkat keabuan yang berdekatan. Langkah kedua adalah membuat matriks *co-occurrence* kemudian dilanjutkan dengan menentukan hubungan spasial antara piksel referensi dan piksel tetangga berdasarkan jarak d dan sudut θ (Agustina & Ardiansyah, 2020).

Fitur dari GLCM antara lain: *correlation*, *contras*, *homogeneity*, *energy*, ASM dan *dissimilarity*. *Correlation* adalah ukuran ketergantungan antar piksel-piksel dalam citra. *Energy* adalah ukuran konsentrasi pasangan intensitas keabuan dalam matriks. *Contras* adalah derajat variasi intensitas keabuan pada suatu citra. *Homogeneity* adalah kebalikan dari *contras*. ASM merupakan ukuran homogenitas citra. *Dissimilarity* adalah mengukur perbedaan tekstur dengan nilai tinggi jika acak dan sebaliknya dengan nilai rendah jika seragam (Agaputra dkk., 2013).

Ekstraksi fitur warna HSV memiliki fitur warna yang paling penting. *Hue* digunakan untuk menentukan kemerahan, kehijauan, dll. Saturasi adalah kemurnian atau kekuatan warna. *Value* cahaya dari warna bervariasi antara 0-100%. Jika nilainya 0 maka warnanya hitam, semakin tinggi nilainya, semakin terang dan muncul variasi warna baru. Nilai dari setiap warna yang ditampilkan ditentukan oleh proses perhitungan dengan mengubah ruang warna RGB menjadi ruang warna HSV (Wijaya & Ridwan, 2019). Untuk mengklasifikasikan fitur warna digunakan beberapa nilai dari masing-masing *channel* H, S, dan V. *Mean* merupakan rata-rata nilai piksel pada setiap *channel* HSV. Standar deviasi merupakan nilai statistik yang menunjukkan persebaran data dalam sampel (Adha dkk., 2019).

2.9. K-Fold Cross Validation

Cross validation adalah teknik validasi model untuk mengetahui nilai keakuratan hasil analisis. Data yang telah diproses di validasi silang dengan membagi data menjadi data latih dan data uji untuk proses klasifikasi (Nasution dkk., 2019). *K-fold cross-validation* adalah metode untuk menentukan rata-rata keberhasilan klasifikasi dengan membagi dataset secara acak menjadi k subset. Tujuan dibagi berdasarkan banyak k yang ditentukan adalah untuk mendapatkan perbandingan data pelatihan dan uji yang setara untuk validasi. Contohnya *5-fold*, dataset dibagi menjadi 5 sirkuit terpisah dengan ukuran yang hampir sama. Dalam setiap proses, 4 subset digunakan

untuk pelatihan dan sisanya untuk uji (Nikmatun & Waspada, 2019). Diagram *5-fold cross validation* dapat dilihat pada Gambar 6.

	1	2	3	4	5
1	Data uji				
2		Data uji			
3			Data uji		
4				Data uji	
5					Data uji

Gambar 6. Diagram *5-Fold Cross Validation*
(Nikmatun & Waspada, 2019)

2.10. Confusion Matrix

Confusion Matrix merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kinerja suatu metode yang digunakan dalam penelitian. *Confusion Matrix* merepresentasikan hasil evaluasi model dengan menggunakan tabel matriks. *Confusion matrix* membandingkan data prediksi yang didapatkan dari hasil pemodelan dengan data aktual yang merupakan nilai sebenarnya (Markoulidakis dkk., 2021).

		<i>Actual Values</i>	
		Positif (1)	Negatif (0)
<i>Predicted Values</i>	Positif (1)	TP	FP
	Negatif (0)	FN	TN

Gambar 7. *Confusion Matrix Binary Class*
(Markoulidakis dkk., 2021)

Keterangan dari Gambar 7 (Markoulidakis dkk., 2021):

- *Actual Values* adalah nilai asli dari kelas.
- *Predicted Values* adalah nilai prediksi hasil pemodelan.

- Posisi *actual values* dan *predicted values* boleh diubah, sehingga FP dan FN juga berubah.
- *True Positive* (TP) adalah nilai prediksi benar dan nilai aktual benar.
- *False Positive* (FP) adalah nilai prediksi benar sedangkan nilai aktual salah. [*Error Tipe 1*]
- *False Negative* (FN) adalah nilai prediksi salah sedangkan nilai aktual benar. [*Error Tipe 2*]
- *True Negative* (TN) adalah nilai prediksi salah dan nilai aktual salah.

Confusion matrix menghasilkan nilai *accuracy*, *precision*, *recall* dan *F1 score* sebagai berikut (Saputra & Kristiyanti, 2022):

2.10.1. Accuracy

Accuracy adalah hasil persentase yang mengukur seberapa akurat model dapat mengklasifikasikan data dengan benar. Dengan kata lain, akurasi adalah derajat kedekatan nilai prediksi dengan nilai sebenarnya. Semakin dekat nilai prediksi dengan nilai sebenarnya, semakin dekat dengan kebenaran. Rumus *accuracy* pada Persamaan 2 berikut:

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

2.10.2. Precision (Positive Predictive Value)

Precision adalah penggambaran hasil akurasi antara data aktual dan hasil yang diprediksi oleh model. Jadi, *precision* adalah rasio prediksi positif yang benar terhadap hasil prediksi positif total. Untuk menghitung nilai *precision* dapat menggunakan rumus:

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

2.10.3. *Recall* atau *Sensitivity (True Positive Rate)*

Recall menjelaskan keberhasilan model dalam pencarian informasi, yang biasanya digunakan dalam penyajian informasi. Jadi, *recall* adalah rasio prediksi benar-positif terhadap semua data positif-benar. Rumus menghitung *recall* menggunakan Persamaan 4:

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

2.10.4. *F1 Score*

F1 Score adalah rata-rata dari *precision* dan *recall*, nilai terbaik jika hasil mencapai 1 dan nilai terburuk pada 0. Rumus *F1 Score* sebagai berikut:

$$F1\ Score = 2 \times \frac{Recall \times Precision}{Recall + Precision} \dots\dots\dots(5)$$

2.11. *Jupyter Notebook*

Jupyter Notebook adalah sebuah aplikasi berbasis *web* yang dapat digunakan untuk membuat dan berbagi dokumen yang berisi kode program, persamaan (*equations*), gambar (*visualisasi*), dan teks (*text*). *Jupyter Notebook* sering digunakan untuk berbagi proyek yang ditulis dengan *python* dan bahasa lainnya (Purnama & Sofana, 2021). *Jupyter Notebook software open source* fleksibel digunakan untuk komputasi ilmiah, *machine learning*, dan data *sains*. *Jupyter Notebook* sebagai *text editor* yang berjalan di *localhost* komputer dalam *web* aplikasi (Nurdiana & Algifari, 2020).

2.12. *Data Flow Diagram (DFD)*

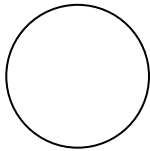


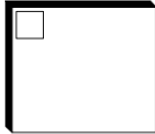
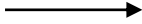

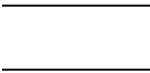

Data flow diagram adalah representasi grafis yang dibuat untuk menggambarkan dari mana asal data, apa tujuan data, di mana data disimpan,

proses apa yang menghasilkan data, dan interaksi antara data yang disimpan dan proses yang dibutuhkan untuk informasi (Martasubrata & Priyadi, 2020). DFD juga disebut sebagai diagram berbentuk jaringan yang mewakili aliran data yang bergerak dari *inputan* ke sistem sampai *output* dari sistem tersebut (López dkk., 2020)

2.12.1. Komponen DFD

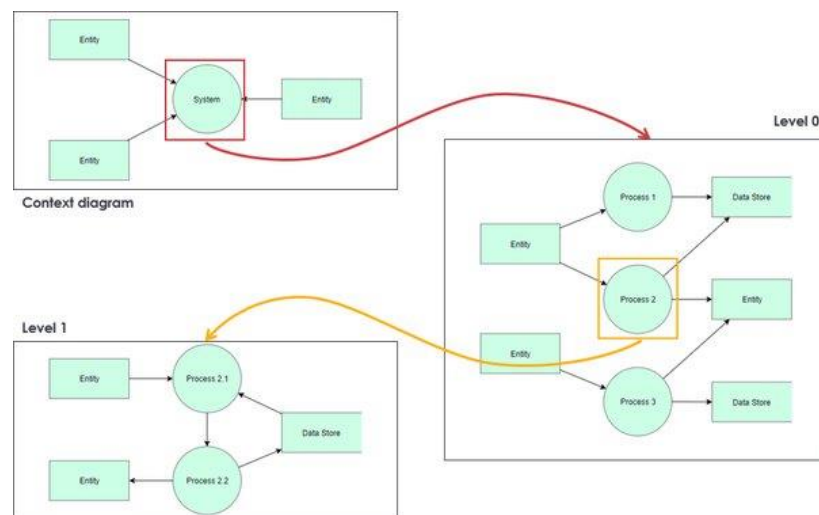
DFD memiliki empat komponen yang ditunjukkan pada tabel di bawah:

Tabel 2. Komponen DFD (Andie, 2020)

Komponen DFD Versi		Deskripsi
E.Yourdan & De Marco	Chris Gane & Trish Sarson	
		Process: Kegiatan yang dilakukan oleh komputer atau orang, suatu fungsi yang mengubah aliran data <i>input</i> menjadi <i>output</i> .
		External entities: Sumber atau tujuan dari sistem informasi.
		Data Flow: Menunjukkan aliran data berupa <i>input</i> untuk proses atau simpanan data dan <i>output</i> atau hasil dari suatu proses.
		Data Store: Tempat menyimpan data yang berupa <i>file</i> atau tabel di <i>database</i> .

2.12.2. Leveling DFD

DFD pada dasarnya digambarkan dalam bentuk hirarki yaitu yang pertama dimulai dari *context diagram* yang berisi keseluruhan umum sistem, terdiri dari satu proses saja tidak lebih dan tidak digambarkan data *store*. Selanjutnya DFD *level 0* yang menggambarkan sistem secara keseluruhan dan untuk DFD pada *level* berikutnya merupakan penghalusan dan penjabaran dari DFD sebelumnya, banyaknya *level* pada DFD disesuaikan dengan sistem yang akan dikembangkan (Afyenni, 2014).



Gambar 8. *Leveling DFD*

(Tsang, 2022)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

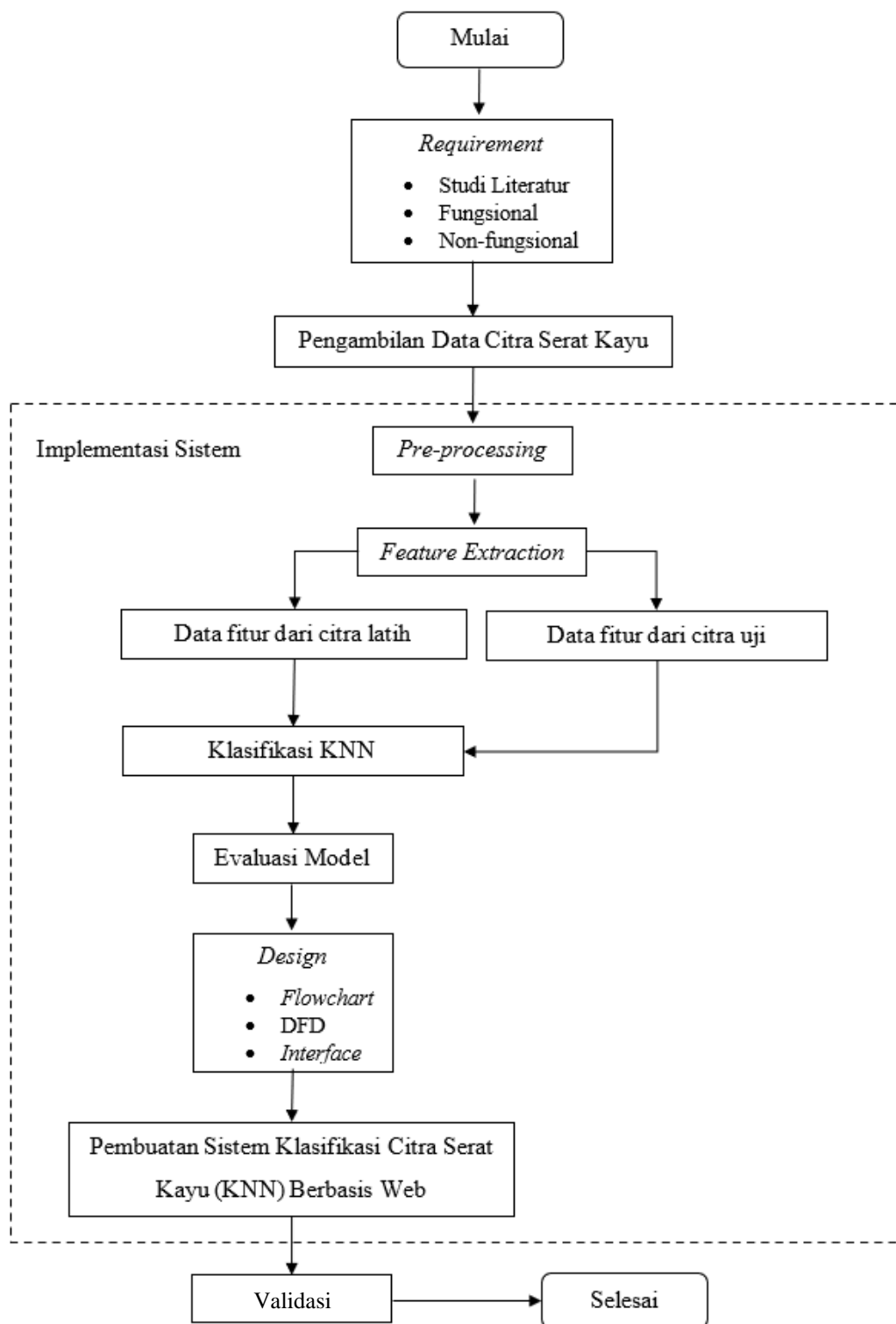
Penelitian dilakukan di Lab. Komputasi Dasar Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Adapun *Timeline* penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. *Timeline* Penelitian

Tahapan	Kegiatan	2022		2023					
		Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
Penelitian Awal	Studi Literatur	█							
	Penentuan Tema	█							
	Pengambilan Data	█	█						
	Penyusunan Draft (BAB I-III)	█	█	█					
Penelitian Inti	<i>Pre-processing</i>	█	█	█					
	Klasifikasi KNN			█	█	█			
	Evaluasi Model			█	█	█			
	Pengembangan Sistem			█	█	█	█		
	Penyusunan Draft (Bab IV-V)			█	█	█	█	█	
Evaluasi	Revisi Skripsi							█	█

3.2. Alur Kerja Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Tahapan Penelitian Sistem Klasifikasi Citra Serat Kayu (KNN)

3.2.1. Requirement

3.2.1.1. Studi Literatur

Tahap pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan sumber-sumber teori valid untuk mendukung penelitian. Pencarian dilakukan melalui artikel *website*, jurnal penelitian terdahulu, dan buku-buku yang mendukung makna terkait penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur dapat dijadikan sebagai referensi penelitian.

3.2.1.2. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional untuk pengembangan sistem yaitu *user* dapat *input* data berupa citra serat kayu pada sistem dan sistem akan melakukan klasifikasi citra berdasarkan data *input user* dan *output* berupa hasil klasifikasi jenis serat kayu.

3.2.1.3. Kebutuhan Non-fungsional

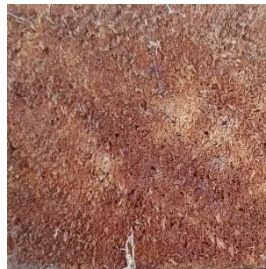
- a. Perangkat Keras
 - Laptop *Processor Core i7-8565U*, RAM 12 GB.
 - Kamera ponsel dengan AF 64 MP + *macro* 2 MP digunakan untuk mengambil citra serat kayu.
- b. Perangkat Lunak
 - Windows 10 (64 bit) sebagai sistem operasi.
 - *Python* 3.10 sebagai bahasa pemrograman.
 - *Jupyter Notebook* dan *VSCode* sebagai *text editor*.
 - *Flask* sebagai *framework*.

3.2.2. Pengambilan Data

Penelitian ini menggunakan data primer yang didapatkan dengan melakukan pengambilan gambar dengan jarak antar kamera dan objek ± 15 cm. Observasi langsung dilakukan di Panglong Kayu Beringin Jaya yang beralamat Jl. Aries No.15, Rajabasa, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35152. Data tersebut terdiri dari 300 citra serat kayu sengon (Gambar 10), 300 citra serat kayu bayur (Gambar 11), dan 300 citra serat kayu damar (Gambar 12). Total keseluruhan data yaitu 900 citra dengan format JPG/JPEG (*Joint Photographic Experts Group*).



Gambar 10. Data Citra Kayu Sengon



Gambar 11. Data Citra Kayu Bayur



Gambar 12. Data Citra Kayu Damar

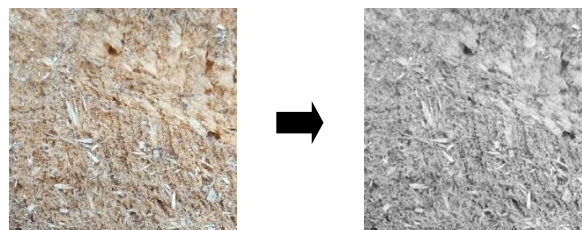
3.2.3. *Pre-processing*

Pre-processing menyiapkan data latih untuk menghasilkan citra terbaik sebelum diolah. *Cropping* dilakukan dengan cara manual memotong beberapa bagian citra dan hanya menyisakan objek inti yang diperlukan seperti pada Gambar 13. Setelah itu, *resize* dilakukan untuk memastikan semua citra memiliki rasio piksel yang sama. Piksel citra diperkecil sehingga objek tidak memiliki banyak nilai perbandingan yang dapat menghambat proses klasifikasi.



Gambar 13. Citra sebelum dan sesudah proses *cropping*

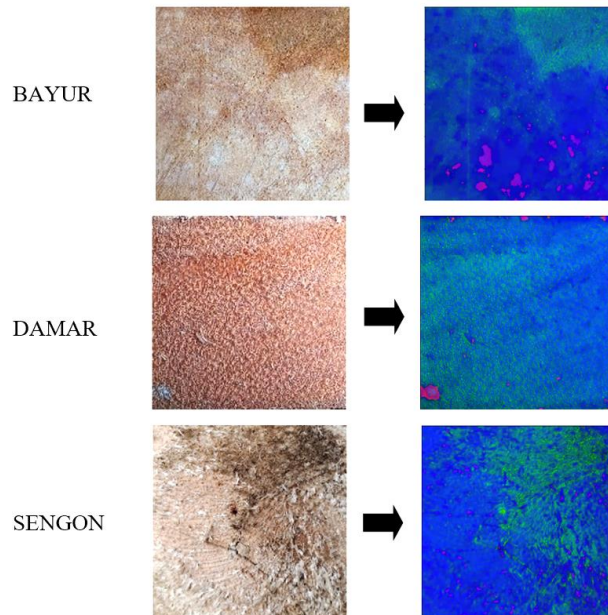
Grayscale juga dilakukan pada tahap ini yaitu mengubah warna citra menjadi keabu-abuan yang bertujuan untuk mengonversi semua informasi warna RGB yang mempunyai tiga matriks penyusun citra dan menyisakan informasi warna yang terdiri dari 1 matriks saja yang digunakan saat ekstraksi GLCM.



Gambar 14. Citra sebelum dan sesudah proses *grayscale*

Konversi citra RGB menjadi HSV dilakukan juga bertujuan untuk mengubah representasi warna dari sistem RGB (yang berbasis pada

kombinasi intensitas merah, hijau, dan biru) menjadi sistem HSV (yang berbasis pada *hue*, saturasi, dan *value*). Tujuan utama konversi ini adalah untuk mempermudah analisis saat dilakukan ekstraksi fitur warna HSV.



Gambar 15. Citra sebelum dan sesudah konversi HSV

3.2.4. Feature Extraction

Penelitian ini menggunakan *feature extraction* warna HSV dan tekstur GLCM mengacu pada penelitian Widodo dkk. pada tahun 2019. Proses dilakukan menggunakan *tools/library python* dalam *Jupyter Notebook*. Setelah mendapatkan citra *grayscale*, matriks GLCM dihitung menggunakan fungsi *graycomatrix* dari *library skimage* dengan parameter jarak (d) = 1 dan sudut (*angle*) $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$, dan 135° . Hasil ekstraksi GLCM menghasilkan nilai dengan enam fitur, yaitu *correlation*, *contras*, *homogeneity*, *energy*, ASM dan *dissimilarity* dengan empat arah sudut, yaitu $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$, dan 135° . Ekstraksi fitur HSV menggunakan citra RGB yang dikonversi menjadi citra HSV. Setelah itu dari komponen *hue*, *saturation*, dan *value* dipisahkan dari masing-

masing piksel dalam gambar untuk menghasikan nilai *mean* dan standar deviasi.

Nilai-nilai dari fitur yang dihasilkan dari ekstraksi warna dan tekstur tersebut akan disimpan untuk kemudian dijadikan sebagai bahan acuan klasifikasi. Setelah dilakukan *feature extraction*, data tersebut dibagi menjadi data latih dan data uji dengan perbandingan 80:20.

3.2.5. Klasifikasi KNN

Tahap ini klasifikasi dilakukan dengan metode KNN, bekerja dengan cara mengklasifikasikan dataset yang memiliki kemiripan paling dekat berdasarkan fitur yang telah didapatkan pada tahap ekstraksi fitur. KNN memiliki atribut yang diinisialisasikan sebagai *k*, yaitu jumlah nilai *neighbor* yang dijadikan acuan untuk mencari jarak terdekat dalam klasifikasi yang hasilnya dapat membedakan berdasarkan kelasnya. Kelas yang digunakan pada penelitian ini yaitu kayu sengon, kayu bayur, dan kayu damar.

Tahap pertama klasifikasi adalah pelatihan yang bertujuan untuk melatih algoritma KNN mempelajari/mengenal data latih dan menghasilkan model berdasarkan pelatihan yang prosesnya dilakukan beberapa kali percobaan dengan beberapa nilai *k neighbor*. Kemudian pengujian model dilakukan dengan data uji dan menghasilkan data yang selesai diproses bersama model KNN yang dibuat.

3.2.6. Evaluasi

Tahap ini melakukan verifikasi apakah hasil akurasi menunjukkan model KNN yang telah dibuat bekerja dengan baik dalam proses

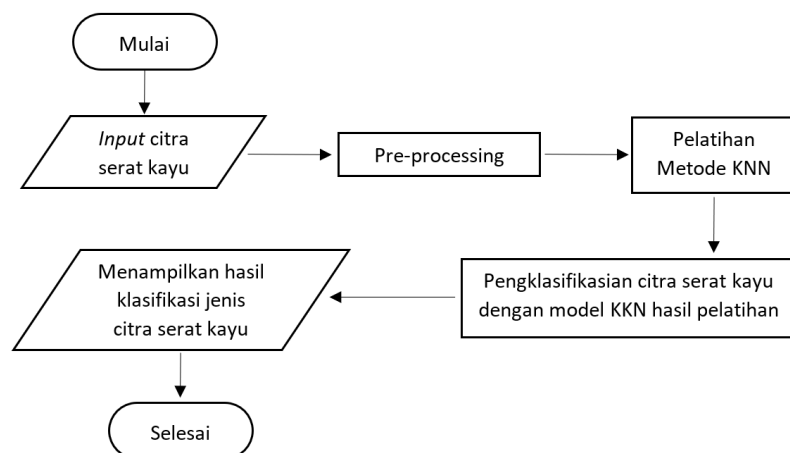
klasifikasi citra serat kayu. Hasil dari pengujian sebelumnya akan dihitung menggunakan *confusion matrix* menghasilkan nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1 score*. Hasil akurasi meliputi interpretasi akhir dari pengolahan data sehingga mendapatkan kesimpulan.

3.2.7. Design

Fase *design* merupakan proses perencanaan untuk solusi sistem yang akan dibuat.

3.2.7.1. Flowchart

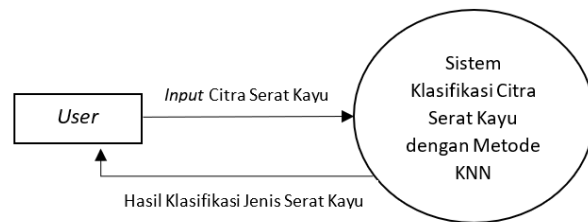
Flowchart pada Gambar 16 menggambarkan alur kerja sistem klasifikasi citra serat kayu. Pada saat pertama menggunakan sistem, *user input* citra serat kayu (Bayur, Damar, dan Sengon). Setelah citra disimpan dalam sistem, sistem akan melakukan *preprocessing* yaitu ekstrak citra menjadi beberapa fitur yang sesuai dalam model klasifikasi. Selanjutnya, sistem akan melakukan pelatihan model KNN dan dilakukan pengklasifikasian. Setelah didapat hasil prediksi dari model, jenis kayu hasil prediksi dari citra inputan akan ditampilkan pada sistem.



Gambar 16. *Flowchart* Sistem klasifikasi citra serat kayu

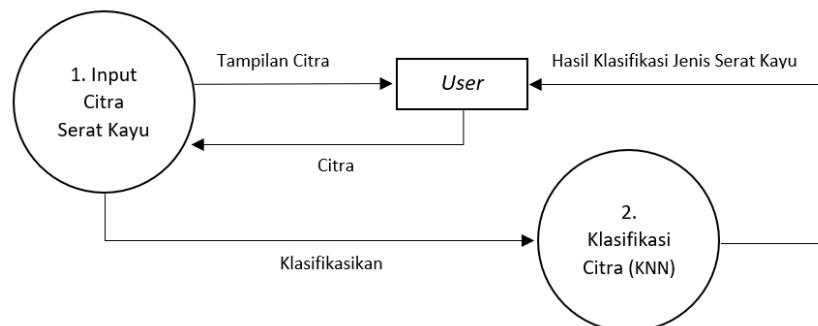
3.2.7.2. Data Flow Diagram (DFD)

Pembuatan DFD dimulai dari penentuan entitas luar yang terlibat dalam sistem yaitu *user*. Langkah berikutnya adalah menentukan *input* dan *output* untuk entitas luar. Hasil penggambaran *Context Diagram* ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17. *Context Diagram* Sistem klasifikasi citra serat kayu

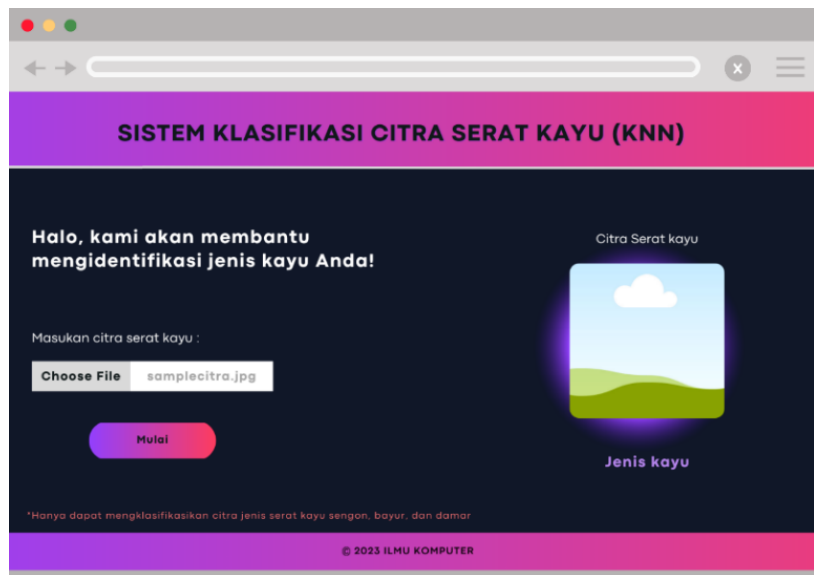
Selanjutnya digambarkan DFD *level 0* dengan melakukan dua proses yaitu input citra serat kayu dan klasifikasi citra dengan metode KNN. Pada proses 1 (satu) terdapat alur data citra dari *user* ke sistem dan tampilan citra dari sistem atau proses 1 (satu) untuk ditampilkan ke *user*. Selanjutnya proses 2 (dua) yaitu klasifikasi citra dengan metode KNN terdapat alur data berupa perintah klasifikasikan dari proses 1 (satu) ke sistem dan alur data hasil klasifikasi berupa jenis serat kayu dari sistem ke *user*. DFD *level 0* dapat ditunjukkan pada Gambar 18.



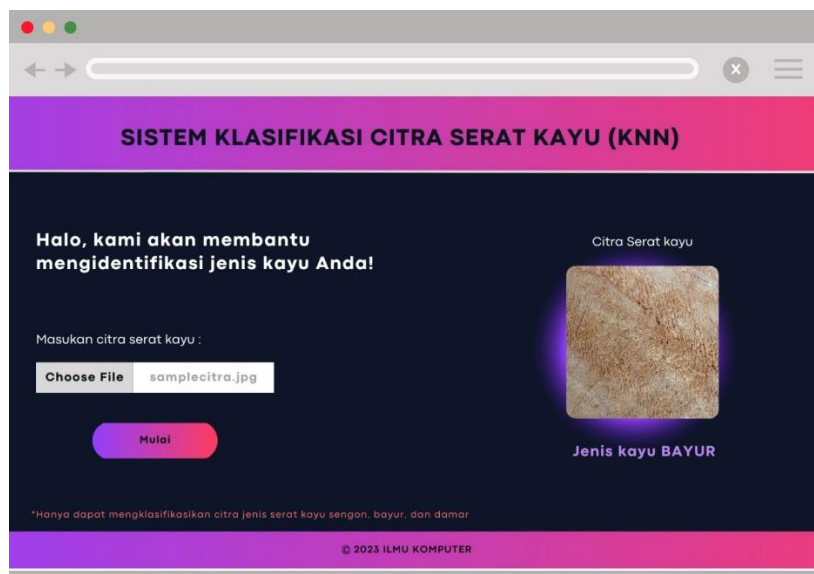
Gambar 18. DFD *Level 0* Sistem klasifikasi citra serat kayu

3.2.7.3. Interface

Sistem ini memiliki tampilan yang berisi informasi umum, kolom *input file*, *button* mulai, dan menampilkan gambar dari *file input user* (Gambar 19). Tampilan hasil klasifikasi dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 19. Sistem Klasifikasi Citra Serat Kayu (Awal)



Gambar 20. Sistem Klasifikasi Citra Serat Kayu (Setelah *input*)

3.2.8. Pembuatan Sistem Berbasis Web

Tahap ini dilakukan proses pembuatan kode program untuk membangun sistem berbasis *web*. Panduan prasyarat dan desain yang telah dibuat pada fase sebelumnya digunakan dalam tahap ini. Perangkat lunak yang digunakan yaitu *VSCode* sebagai *text editor* dan *Flask* sebagai *framework* dengan bahasa pemrograman *python*. Pertama, membuat tampilan *web* dengan menggunakan beberapa *template* yang tersedia di Bootstrap yang dibuat dalam *file* html dan CSS. Setelah itu, membuat fitur-fitur dalam web menjadi berfungsi seperti fungsi *input* dan *output* dibuat dalam *file python*.

3.2.9. Validasi

Fase ini dilakukan pemeriksaan pada sistem yang telah dibuat. Tujuannya untuk mengetahui apakah sistem tersebut telah memenuhi prasyarat dan spesifikasi yang telah ditetapkan. Fase ini dilakukan dengan cara memeriksa fungsi-fungsi dan tombol yang ada di *web* apakah bekerja dengan baik. Jika terdapat kesalahan fitur atau tombol tidak berfungsi sesuai dengan kebutuhan maka dilakukan perbaikan pada kode program yang telah dibuat sampai sistem memenuhi prasyarat.

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian menggunakan metode yang telah diusulkan, maka dari itu dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Penggunaan metode klasifikasi *K-Nearest Neighbor* untuk identifikasi citra serat kayu berhasil dilakukan dan dapat diimplementasikan ke dalam bentuk *website* Sistem Klasifikasi Citra Serat Kayu (KNN).
- b. Hasil akurasi tertinggi mencapai 76,9% pada nilai *neighbor* $k = 7$ dengan pembagian data latih dan data uji 80:20.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, beberapa saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

- a. Menambahkan data citra serat kayu agar tingkat akurasi dapat meningkat.
- b. Ruang lingkup kelas kayu perlu ditambahkan agar sistem dapat mengklasifikasikan jenis serat kayu lainnya.
- c. Menambahkan ekstraksi fitur lainnya agar hasil klasifikasi lebih akurat.
- d. Mengembangkan penelitian identifikasi serat kayu menggunakan metode klasifikasi lainnya yang lebih akurat.
- e. Sistem dapat dikembangkan ke *platform* lain atau *multiplatform*, seperti IOS.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, S. N., Sari, Y. A., & Wihandika, R. C. (2019). Klasifikasi Jenis Citra Makanan Tunggal Berdasarkan Fitur Local Binary Patterns dan Hue Saturation Value Menggunakan Improved K-Nearest Neighbor. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(3), 2416–2424.
- Afyenni, R. (2014). Perancangan Data Flow Diagram untuk Sistem Informasi Sekolah (Studi Kasus Pada SMA Pembangunan Laboratorium UNP). *Teknoif*, 2(1), 35–39.
- Agaputra, M., Wardani, K. R., & Siswanto, E. (2013). Pencarian Citra Digital Berbasis Konten dengan Ekstraksi Fitur HSV, ACD, dan GLCM. *Jurnal Telematika*, 8(2), 8. <https://journal.ithb.ac.id/telematika/article/view/73>
- Agustina, F., & Ardiansyah, Z. A. (2020). Identifikasi Citra Daging Ayam Kampung dan Broiler Menggunakan Metode GLCM dan Klasifikasi-NN. *Jurnal Infokam*, XVI(1), 25–36.
- Andie. (2020). *Membangun Toko Online dengan PHP dan MySQL menggunakan Adobe Dreamweaver*. Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari.
- Ariesta, D. (2021). Efektivitas Pengadaan Barang Dan Jasa Melalui E-Catalogue Di Kecamatan Kebayoran Lama Kota Administrasi Jakarta Selatan. *Ascarya*, 1(2), 156.
- Arifin, J., & Melita, Y. (2013). Klasifikasi Jenis Kayu Dengan Gray-Level Co-Occurrence Matrices (GLCMs) Dan K-Nearest Neighbor. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 7(1), 49–58.
- Aufar, T. H., & Pramunendar, R. A. (2015). *Modifikasi Algoritma K-Nearest Neighbour Menggunakan Chebyshev Distance Berdasarkan Gray Level Co-occurrence Matrix Untuk Klasifikasi Kayu*. 1–5.
- Azizah, Adnan, M. R., & Su'udi, M. (2018). Potensi Serbuk Gergaji Kayu Sengon Sebagai Insektisida Botani. *Jurnal Biosains*, 4(2), 113. <https://doi.org/10.24114/jbio.v4i2.10518>

- Chandra, R. (2022). Wood Classification For Efficiency in Preventing Illegal Logging Using. *Jurnal Mantik*, 6(36), 494–501.
- Efran, F. A. P., & Juju, J. (2022). Implementasi Metode K-Means Clustering Pada Segmentasi Citra Digital. In *Jurnal Media Infotama* (Vol. 18, Issue 2).
- Farokhah, L. (2020). Implementasi K-Nearest Neighbor untuk Klasifikasi Bunga Dengan Ekstraksi Fitur Warna RGB. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 7(6), 1129. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2020722608>
- Heryadi, Y., & Wahyono, T. (2020). *MACHINE LEARNING (Konsep dan Implementasi)*. Gaya Media.
- Kim, H., Kim, M., Park, Y., Yang, S. Y., Chung, H., Kwon, O., & Yeo, H. (2019). Visual classification of wood knots using k-nearest neighbor and convolutional neural network. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 47(2), 229–238. <https://doi.org/10.5658/WOOD.2019.47.2.229>
- Kusuma, I. W. A. W., & Ellyana, R. L. (2018). Penerapan Citra Terkompresi Pada Segmentasi Citra Menggunakan Algoritma K-Means. *Jurnal Terapan Teknologi Informasi*, 2(1), 65–74. <https://doi.org/10.21460/jutei.2018.21.65>
- Kusuma, P. D. (2020). *MACHINE LEARNING TEORI, PROGRAM, DAN STUDI KASUS* (G. D. Ayu (ed.)). DEEPUBLISH CV. BUDI UTAMA.
- Latte, M. V., Shidnal, S., Anami, B. S., & Kuligod, V. B. (2015). A Combined Color and Texture Features Based Methodology for Recognition of Crop Field Image. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, 8(2), 287–302. <https://doi.org/10.14257/ijcip.2015.8.2.28>
- Liu, S., Jiang, W., Wu, L., Wen, H., Liu, M., & Wang, Y. (2020). Real-Time Classification of Rubber Wood Boards Using an SSR-Based CNN. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 69(11), 8725–8734. <https://doi.org/10.1109/TIM.2020.3001370>
- López, M. R., Vidal, M. T., Lozada, M., Alberto, J., & Fuentes, I. (2020). *Use of Data Flow Diagrams for Building Process with Message Passing: A Parallel Design Proposal*. 149(4), 115–127.
- Markoulidakis, I., Kopsiaftis, G., Rallis, I., & Georgoulas, I. (2021). Multi-Class Confusion Matrix Reduction method and its application on Net Promoter

- Score classification problem. *ACM International Conference Proceeding Series, Cx*, 412–419. <https://doi.org/10.1145/3453892.3461323>
- Martasubrata, M. F., & Priyadi, Y. (2020). Analisis Kesiapan UMKM Dalam Mengadopsi E-SCM Melalui Kolaborasi Technology Acceptance Model dan Data Flow Diagram di UMKM Clothing Line Lokal Bandung. *Sosiohumanitas*, 21(2), 108–115. <https://doi.org/10.36555/sosiohumanitas.v21i2.1249>
- Masutani, Y., Nemoto, M., Nomura, Y., & Hayashi, N. (2012). *Clinical Machine Learning in Action*. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-0059-1.ch008>
- Meilani, C. (2019). *K-Nearest Neighbor with R*. <https://medium.com/@16611109/k-nearest-neighbor-with-r-f1efaf740147>
- Nasution, D. A., Khotimah, H. H., & Chamidah, N. (2019). Perbandingan Normalisasi Data untuk Klasifikasi Wine Menggunakan Algoritma K-NN. *Computer Engineering, Science and System Journal*, 4(1), 78. <https://doi.org/10.24114/cess.v4i1.11458>
- Neneng, N., Puspaningrum, A. S., & Aldino, A. A. (2021). Perbandingan Hasil Klasifikasi Jenis Daging Menggunakan Ekstraksi Ciri Tekstur Gray Level Co-occurrence Matrices (GLCM) Dan Local Binary Pattern (LBP). *Smatika Jurnal*, 11(01), 48–52. <https://doi.org/10.32664/smatika.v11i01.572>
- Nikmatun, I. A., & Waspada, I. (2019). Implementasi Data Mining untuk Klasifikasi Masa Studi Mahasiswa Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor. *Jurnal SIMETRIS*, 10(2), 421–432.
- Ningtyas, D. F., & Setiyawati, N. (2021). Implementasi Flask Framework pada Pembangunan Aplikasi Purchasing Approval Request Flask Framework Implementation in Development Purchasing Approval Request Application. *Jurnal Janitra Informatika Dan Sistem Informasi*, 1(1), 19–34. <https://doi.org/10.25008/janitra.v1i1.120>
- Nurdiana, N., & Algifari, A. (2020). Studi Komparasi Algoritma Id3 Dan Algoritma Naive Bayes Untuk Klasifikasi Penyakit Diabetes Mellitus. *Infotech Journal*, 6(2), 18–23.
- Pangaribuan, M. R. (2014). Baja Ringan Sebagai Pengganti Kayu Dalam Pembuatan Rangka Atap Bangunan Rumah Masyarakat. *Jurnal Teknik Sipil*

- Dan *Lingkungan*, 2(4), 648–655.
<https://media.neliti.com/media/publications/212064-baja-ringan-sebagai-pengganti-kayu-dalam.pdf>
- Prajitno, D. R., Sugiarto, B., Herlan, & Wardoyo, R. (2019). Evaluasi Filter Edge Enhancement Untuk Meningkatkan Kualitas Dataset Species Kayu. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 18(2), 38–49.
- Prihastono, G. B. A., Ma'ruf, S. D., Febryano, I. G., Duryat, & Hidayat, W. (2020). Perbandingan Sifat-Sifat Kayu Gmelina dan Mindi setelah Oil Heat Treatment pada Berbagai Durasi Perlakuan. *Seminar Nasional Konservasi 21 April 2020: Konservasi Sumberdaya Alam Untuk Pembangunan Berkelanjutan*, 82–87.
- Priyanto, A., Hantarum, & Sudarno. (2018). Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Briket Terhadap Kerapatan, Kadar Air, Dan Laju Pembakaran Pada Briket Kayu Sengon. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VI*, 541–546.
- Purnama, B., & Sofana, I. (2021). *Implementasi Artificial Intelegence dan Machine Learning*. informatika.
- Purwanto, E. H., & Lukiawan, R. (2019). Parameter Teknis Dalam Usulan Standar Pengolahan Penginderaan Jauh: Metode Klasifikasi Terbimbing. *Jurnal Standardisasi*, 21(1), 67. <https://doi.org/10.31153/js.v21i1.737>
- Raharja, B. D., & Harsadi, P. (2018). Implementasi Kompresi Citra Digital Dengan Mengatur Kualitas Citra Digital. *Jurnal Ilmiah SINUS*, 16(2), 71–77. <https://doi.org/10.30646/sinus.v16i2.363>
- Renaldo, E., Pratama, M. F. R., & Prasetya, F. (2022). Operasi Titik Pada Pengolahan Citra Digital Untuk Matlab. *Mdp Student Conference (Msc)*, 200–205.
- Retnoningsih, E., & Pramudita, R. (2020). Mengenal Machine Learning Dengan Teknik Supervised Dan Unsupervised Learning Menggunakan Python. *Bina Insani Ict Journal*, 7(2), 156. <https://doi.org/10.51211/biict.v7i2.1422>
- Roihan, A., Sunarya, P. A., & Rafika, A. S. (2020). Pemanfaatan Machine Learning dalam Berbagai Bidang: Review paper. *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, 5(1), 75–82. <https://doi.org/10.31294/ijcit.v5i1.7951>

- Romzi, M., & Kurniawan, B. (2020). Pembelajaran Pemrograman Python Dengan Pendekatan Logika Algoritma. *JTIM: Jurnal Teknik Informatika Mahakarya*, 03(2), 37–44.
- Saputra, I., & Kristiyanti, D. A. (2022). *Machine Learning Untuk Pemula*. informatika.
- Setio, P. B. N., Saputro, D. R. S., & Bowo Winarno. (2020). Klasifikasi Dengan Pohon Keputusan Berbasis Algoritme C4.5. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 3, 64–71.
- Shivashankar, & Kagale, M. (2018). Automatic Wood Classification using a Novel Color Texture Features. *International Journal of Computer Applications*, 180(27), 34–38. <https://doi.org/10.5120/ijca2018916648>
- Siradjuddin, I. A. (2018). *Kecerdasan Komputasional Dan Aplikasinya Dengan Menggunakan Python*. Teknosain.
- Siregar, R. R. A., Siregar, Z. U., & Arianto, R. (2019). Klasifikasi Sentiment Analysis Pada Komentar Peserta Diklat Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor. *Kilat*, 8(1), 81–92. <https://doi.org/10.33322/kilat.v8i1.421>
- Sukrisdyanto, O. D., Purnama, I. K. E., & Nugroho, S. M. S. (2019). Wood Strength Classification Based on RGB Color and Image Texture Using KNN Method. *Proceedings - 2019 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application, ISITIA 2019*, 360–365. <https://doi.org/10.1109/ISITIA.2019.8937239>
- Sunandar, H. (2017). Perbaikan kualitas Citra Menggunakan Metode Gaussian Filter. *MEANS (Media Informasi Analisa Dan Sistem)*, 2(1), 19–22. <https://doi.org/10.54367/means.v2i1.18>
- Suyanto, Rachmawati, E., Sulistiyo, M. D., Wulandari, G. S., & Fachrie, M. (2022). *Explainable Artificial Intelligence Menggunakan Metode-Metode Berbasis Nearest Neighbors*. informatika.
- Swamynathan, M. (2017). Mastering Machine Learning with Python in Six Steps - review and good into in ML and NN approaches and basics + Python samples --Each topic has two parts: the first part will cover the theoretical concepts and the second part will cover practical impleme. In *Scandinavian Journal of Information Systems* (Vol. 19, Issue 2).

- <http://aisel.aisnet.org/sjis%0Ahttp://aisel.aisnet.org/sjis/vol19/iss2/4>
- Tsang, C. (2022). *How do I draw a DFD level 0 diagram?* Quora. <https://www.quora.com/How-do-I-draw-a-DFD-level-0-diagram>
- Vasilyev, D., & Rashich, A. (2018). Sefdm-signals euclidean distance analysis. *Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Electrical Engineering and Photonics, EExPolytech 2018*, 75–78. <https://doi.org/10.1109/EExPolytech.2018.8564439>
- Waliyansyah, R. R., & Fitriyah, C. (2019). Perbandingan Akurasi Klasifikasi Citra Kayu Jati Menggunakan Metode Naive Bayes dan k-Nearest Neighbor (k-NN). *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 5(2), 157. <https://doi.org/10.26418/jp.v5i2.32473>
- Wattimena, C. M. A., Pelupessy, L., & Selang, S. (2018). Identifikasi Jenis Hama Tanaman Damar (*Agathis alba*) Di Hutan Lindung Sirimau Kota Ambon Provinsi Maluku. *Agrologia*, 5(2), 95–100. <https://doi.org/10.30598/a.v5i2.187>
- Wibowo, D. W., Erwanto, D., & Kusumastutie, D. A. W. (2021). Klasifikasi Jenis Kayu Menggunakan Esktrasi Fitur Gray Level Co-Occurence Matrix dan Multilayer Perceptron. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 10(1), 1. <https://doi.org/10.25077/jnte.v10n1.788.2021>
- Widodo, A. W., Hernando, D., & Mahmudy, W. F. (2019). Mangrove Forest Classification in Drone Images Using HSV Color Moment and Haralick Features Extraction with K-Nearest Neighbor. *Signal and Image Processing Letters*, 1(3), 1–12. <https://doi.org/10.31763/simple.v1i3.6>
- Wijaya, N., & Ridwan, A. (2019). Klasifikasi Jenis Buah Apel Dengan Metode K-Nearest Neighbors. *Jurnal SISFOKOM*, 08(01), 74–78.
- Wulandari, I., Yasin, H., & Widiharih, T. (2020). Klasifikasi Citra Digital Bumbu Dan Rempah Dengan Algoritma Convolutional Neural Network (Cnn). *Jurnal Gaussian*, 9(3), 273–282. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.v9i3.27416>
- Zebua, T., & Ndruru, E. (2017). Pengamanan citra digital berdasarkan Modifikasi algoritmar c4. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 4(4), 275–282. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201744474>