

PENERAPAN DIMENSI FRAKTAL BOX-COUNTING DAN K-MEANS DALAM MENGLASIFIKASIKAN PENYAKIT PADA DAUN MANGGA

Firzya Febriyan Ika Arvianita

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

e-mail: firzyafebriyan.21053@mhs.unesa.ac.id

Dwi Juniati

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

e-mail: dwijuniati@unesa.ac.id

Abstrak

Klasifikasi penyakit pada daun mangga menjadi penting dalam mendukung upaya identifikasi dini penyakit secara visual, terutama bagi petani yang kesulitan membedakan gejala penyakit. Penelitian ini bertujuan mengklasifikasikan enam kondisi daun mangga, yaitu daun sehat, *anthracnose*, *bacterial cancer*, *gall midges*, *powdery mildew*, dan *sooty mould* dengan menerapkan metode dimensi fraktal *Box-Counting* sebagai ekstraksi ciri dan algoritma *K-Means* untuk klasifikasi. Sebanyak 120 citra digunakan sebagai data, melalui tahapan pra-pemrosesan berupa *cropping* citra, konversi citra ke *grayscale*, penajaman, segmentasi, dan deteksi tepi menggunakan metode *Canny*. Hasil deteksi tepi digunakan untuk menghitung nilai dimensi fraktal, yang selanjutnya diklasifikasikan menggunakan algoritma *K-Means* dengan bantuan *Rapidminer*. Hasil klasifikasi menunjukkan akurasi sebesar 90% dengan kesalahan klasifikasi sebanyak 12 dari 120 citra. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi metode dimensi fraktal *Box-Counting* dan algoritma *K-Means* efektif membedakan jenis penyakit daun mangga secara visual.

Kata Kunci: Daun Mangga, Dimensi Fraktal *Box-Counting*, *K-Means*, Pengolahan Citra, Klasifikasi

Abstract

Classification of diseases on mango leaves is important in supporting early identification of diseases visually, especially for farmers who have difficulty distinguishing disease symptoms. This study aims to classify six conditions of mango leaves, namely healthy leaves, anthracnose, bacterial cancer, gall midges, powdery mildew, and sooty mold by applying BoxCounting fractal dimension method as feature extraction and K-Means algorithm for classification. A total of 120 images were used as data, through pre-processing stages such as image cropping, image conversion to grayscale, sharpening, segmentation, and edge detection using the Canny method. The edge detection results are used to calculate the fractal dimension value, which is then classified using the K-Means algorithm with the help of Rapidminer. The classification results showed an accuracy of 90% with a misclassification of 12 out of 120 images. This result shows that the combination of Box-Counting fractal dimension method and K-Means algorithm is effective in visually distinguishing the type of mango leaf disease.

Keywords: Mango Leaf, Box-Counting Fractal Dimension, K-Means, Image Processing, Classification.

PENDAHULUAN

Indonesia kaya akan keanekaragaman buah tropis, salah satunya adalah mangga yang tumbuh subur di iklim tropis. Banyak masyarakat menanam mangga, bahkan menjadikannya sumber mata pencarian. Namun, tanaman mangga menghadapi tantangan serius dari serangan hama dan penyakit, yang sering disebut organisme pengganggu tanaman (OPT), yang dapat mengurangi kualitas dan kuantitas hasil panen. Petani seringkali kesulitan mengidentifikasi jenis hama atau penyakit yang menyerang, meskipun gejalanya sudah ada.

Kurangnya pengetahuan ini dapat menyebabkan kerugian besar atau gagal panen.

Untuk mengatasi tantangan ini, pendekatan yang lebih efektif dalam mendeteksi dan mengidentifikasi hama serta penyakit pada tanaman mangga menjadi sangat penting, terutama di tengah kemajuan teknologi. Beberapa penelitian terkait deteksi penyakit pada tanaman mangga telah dilakukan, seperti penelitian (Harmiansyah dkk., 2024) yang menganalisis hama dan penyakit pada daun mangga menggunakan *Deep Learning* dengan model Pra Latih YOLOv5, mencapai akurasi 87%. Namun, penelitian ini masih kurang optimal karena keterbatasan dalam

menangani fitur unik dan dataset yang relatif kecil. Penelitian lain oleh (Nanda, 2021) menggunakan *Local Binary Pattern* dan *K-Nearest Neighbor* untuk mendeteksi penyakit pada daun mangga, mendapatkan akurasi 87,5% dari 16 data, namun masih memerlukan lebih banyak data uji.

Penggunaan dimensi fraktal telah banyak diterapkan dalam klasifikasi citra pada berbagai jenis penyakit, terbukti efektif dengan tingkat akurasi yang tinggi. Misalnya, penelitian Alifa dan Juniati (2019) mengklasifikasikan jenis tumor kulit menggunakan dimensi fraktal *Box-Counting* dan *K-Means*, mencapai akurasi 100% untuk 2 klaster dan 65% untuk 3 klaster. (Siregar & Juniati, 2023) mengimplementasikan dimensi fraktal *Box-Counting* dan *K-Means* untuk klasifikasi penyakit mata berdasarkan citra *fundus retina*, dengan akurasi 89% untuk 5 klaster. Berdasarkan hasil penelitian-penelitian terdahulu, metode dimensi fraktal *Box-Counting* dan algoritma *K-Means* terbukti efektif sebagai pendekatan yang efektif dalam pengklasifikasian jenis penyakit.

Dengan mempertimbangkan penjelasan di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan penyakit yang menyerang daun mangga. Pendekatan yang digunakan adalah menggabungkan metode dimensi fraktal *Box-Counting* untuk menganalisis kompleksitas pola tekstur daun, dan algoritma *K-Means* sebagai teknik pengelompokan. Diharapkan sistem klasifikasi yang dikembangkan mampu memberikan hasil yang lebih akurat dan efisien dalam membedakan daun sehat dan daun yang terinfeksi penyakit. Penelitian ini menggunakan 120 citra daun mangga yang terbagi ke dalam 6 kelas, masing-masing terdiri dari 20 citra, yang dianggap representatif untuk menguji efektivitas metode fraktal dalam membedakan pola bercak penyakit.

KAJIAN TEORI

Bagian ini membahas teori-teori relevan yang mendukung penelitian klasifikasi penyakit pada daun mangga menggunakan dimensi fraktal *Box-Counting* dan *K-Means*.

A. Daun Mangga

Daun mangga merupakan bagian dari tanaman *evergreen* yang tetap hijau sepanjang tahun. Daun muda berwarna jingga kemerahan, berubah menjadi merah gelap mengkilap, dan

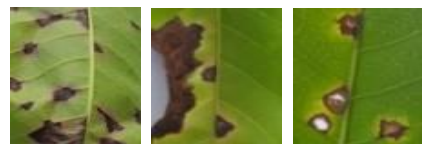
akhirnya hijau tua saat dewasa. Daun mangga memiliki bentuk sederhana, dengan panjang 15-35 cm dan lebar 6-16 cm. Ciri-ciri daun ini menjadi penting dalam mengidentifikasi jenis tanaman.

B. Penyakit Daun Mangga

Penyakit daun mangga adalah tantangan utama dalam budidaya mangga, yang dapat disebabkan oleh berbagai patogen seperti jamur, bakteri, dan virus. Faktor lingkungan seperti kelembaban, suhu, dan praktik budidaya yang tidak tepat juga memengaruhi perkembangan penyakit. Beberapa penyakit umum yang menyerang daun mangga antara lain (Effendi et al., 2019):

1. *Anthraco* (Antraknosa)

Anthraco disebabkan oleh jamur *Colletotrichum spp.*, menyerang daun, batang, dan buah, sering terjadi pada kawasan kelembaban tinggi menjelang musim panen.



Gambar 1. Penyakit *Anthraco*

2. *Bacterial cancer* (Kanker Bakteri)

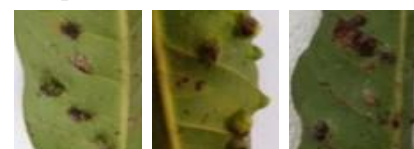
Bacterial cancer disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas citri* pv. *Mangiferaeindicae*, dapat menyebabkan kehilangan panen hingga 80%. Gejala khasnya berupa lesi hitam, sedikit terangkat, dan bersudut, sering dikelilingi area klorotik.



Gambar 2. Penyakit *Bacterial cancer*

3. *Gall midges*

Gall midges disebabkan oleh serangan hama yang mengakibatkan puru (pertumbuhan abnormal) pada daun. Puru ini mengganggu fotosintesis, mempengaruhi pertumbuhan dan hasil panen.



Gambar 3. Penyakit *Gall midges*

4. Powdery mildew (Embun Tepung)

Powdery mildew menimbulkan bercak atau noda putih tidak teratur pada permukaan daun. Bercak ini menebal seperti lapisan tepung pada serangan parah, disebabkan oleh kumpulan konidia dan konidiofor jamur.



Gambar 4. Penyakit *Powdery mildew*

5. Sooty Mold (Jamur Jelaga)

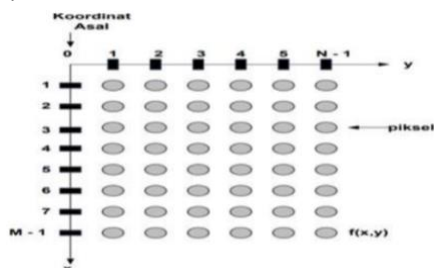
Sooty mould disebabkan oleh jamur *Meliola Mangifera* dan *Capnodium mangiferum*, membuat daun tampak hitam seperti lapisan beludru. Pertumbuhan jamur ini terjadi di atas cairan manis serangga penghisap, mengganggu fotosintesis.



Gambar 5. Penyakit *Powdery mildew*

C. Citra Digital

Citra adalah representasi visual dua dimensi yang terdiri dari kumpulan titik piksel dengan intensitas warna tertentu. Dalam pengolahan citra digital, citra direpresentasikan sebagai matriks (M kolom x N baris). Setiap piksel memiliki koordinat (x,y) dan nilai $f(x,y)$ yang menunjukkan intensitas atau warna.



Gambar 6. Koordinat dalam Citra Digital (Munantri dkk., 2020)

D. Citra Grayscale

Citra *grayscale* adalah citra yang hanya memiliki nuansa abu-abu, rentang dari hitam hingga putih. Konversi citra berwarna (RGB) ke *grayscale* menyederhanakan data dengan

mengurangi kanal warna, fokus pada karakteristik bentuk dan motif.

E. Penajaman Citra (Sharpening)

Sharpening adalah proses pemrosesan gambar untuk meningkatkan ketajaman visual dengan memperjelas detail dan menonjolkan tepi objek. Teknik ini bekerja dengan menonjolkan perbedaan intensitas antar piksel, sering dilakukan dengan algoritma seperti *unsharp masking*.

F. Segmentasi Citra (Thresholding)

Segmentasi citra membagi gambar digital menjadi segmen-segmen. *Thresholding* adalah metode umum untuk membedakan objek yang diinginkan (foreground) dengan latar belakang (background). *Foreground* ditandai putih (1), *background* hitam (0). Rumusnya adalah:

$$T = T[x, y, f(x, y), g(x, y)]$$

dengan,

T = nilai *threshold*

x, y = koordinat titik *threshold*

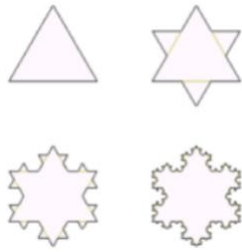
$f(x, y), g(x, y)$ = titik piksel tingkat keabuan

G. Deteksi Tepi Canny

Metode deteksi tepi Canny menghasilkan visual menyerupai relief dengan garis-garis kasar yang khas. Keunggulan utamanya adalah akurasi tinggi dan tingkat kesalahan rendah dalam mendeteksi tepi. Prosesnya melibatkan pengurangan *noise* dengan filter Gaussian dan penerapan *thresholding* ganda.

H. Geometri Fraktal

Geometri fraktal adalah cabang geometri yang mempelajari sifat-sifat fraktal, objek geometris yang menunjukkan sifat kekasaran pada semua skala, di mana setiap bagian memiliki kemiripan dengan bentuk aslinya. Istilah "Fraktal" diperkenalkan oleh Benoit Mandelbrot (1975) dari Bahasa Latin "*Frangere*" (terbelah menjadi bagian rusak atau tidak teratur). Contoh fraktal matematis meliputi Sierpinski Triangle, Peano Curve, dan Koch Snowflake. Fraktal juga ditemukan di alam seperti awan, pegunungan, dan garis pantai.



Gambar 7. Koch Snowflake

I. Dimensi Fraktal Box-Counting

Dimensi fraktal adalah rasio yang menggambarkan kompleksitas indeks statistik, membandingkan perubahan detail dalam pola fraktal saat diukur pada berbagai skala. *Box-Counting* adalah metode yang digunakan untuk menentukan dimensi fraktal. Prosesnya melibatkan penempatan serangkaian kotak berukuran lebih kecil di atas citra dan menghitung jumlah kotak yang mengandung elemen penting (piksel putih). Persamaan yang digunakan adalah:

$$N(r) = \frac{1}{r^D},$$

$$\log(N(r)) = D \log\left(\frac{1}{r}\right),$$

$$D = \frac{\log N(r)}{\log\left(\frac{1}{r}\right)},$$

Untuk memperoleh nilai gradien $D(\alpha)$, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{n(\sum_{k=1}^n xy) - ((\sum_{k=1}^n x)(\sum_{k=1}^n y))}{n \sum_{k=1}^n x^2 - (\sum_{k=1}^n x)^2}$$

Berikut merupakan contoh penerapan dimensi fraktal dengan metode *Box-Counting*.



Gambar 8. Hasil Thresholding (Hartono, 2016)

J. Algoritma K-Means

K-Means adalah metode pengelompokan yang membagi data masukan menjadi k kluster atau kelompok, dengan setiap kluster memiliki titik pusat (*centroid*) sebagai wakilnya. Langkah-langkahnya meliputi:

1. Menentukan jumlah kluster (k) yang diinginkan.
2. Memilih k titik awal secara acak untuk dijadikan *centroid* awal.

3. Mengelompokkan setiap data ke dalam kluster yang memiliki *centroid* terdekat dengan menghitung jarak Euclidean:

$$d(x_{ij}, y_{kj}) = \sqrt{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (x_{ij} - y_{kj})^2}$$

dimana,

$d(x_{ij}, y_{kj})$ = jarak Euclidean

x_{ij} = objek ke- i pada variabel ke- j

y_{kj} = pusat kluster ke- k pada variabel ke- j

n = banyak objek

m = banyak nilai dimensi fraktal.

4. Mengubah nilai *centroid* dengan menghitung rata-rata dari seluruh data dalam setiap kluster.
5. Melakukan iterasi hingga posisi *centroid* stabil.

METODE

A. Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang berfokus pada klasifikasi penyakit daun mangga menggunakan pendekatan dimensi fraktal *Box-Counting* dan algoritma *K-Means*. Proses dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Matlab R2016a dan Rapidminer.

B. Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan berupa 120 citra daun mangga yang diunduh dari situs Kaggle, terdiri dari 100 citra berpenyakit (*Anthracoise, Bacterial cancer, Gall Midge, Powdery mildew, Sooty mould*) dan 20 citra sehat.

C. Teknik Analisis Data

Tahapan analisis mencakup pra-pemrosesan citra melalui *cropping* dan *resizing* (72×96 piksel), konversi ke *grayscale*, penajaman (*unsharp masking*), dan segmentasi menggunakan *thresholding* Otsu. Citra biner kemudian diproses dengan deteksi tepi Canny untuk memperoleh kontur. Nilai dimensi fraktal dihitung menggunakan metode *Box-Counting* pada Matlab, lalu diklasifikasikan menggunakan algoritma *K-Means* pada Rapidminer. Evaluasi dilakukan dengan menghitung akurasi hasil klusterisasi terhadap label asli.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Pemilihan Data

Data berupa citra daun mangga dari Kaggle, mencakup 6 klaster: 5 jenis penyakit (*anthracnose*, *bacterial cancer*, *gall midges*, *powdery mildew*, *sooty mould*) dan 1 klaster daun sehat. Sebanyak 120 citra dipilih (20 citra per jenis) dengan mempertimbangkan kejelasan visual gejala dan kesesuaian format/ukuran gambar. Seluruh citra disimpan dalam format JPG dengan resolusi 72×96 piksel.

B. Pra-pemrosesan

Tahap ini menyeragamkan ukuran seluruh citra menjadi 72×96 piksel dengan format JPG menggunakan Matlab R2016a. Ukuran ini menjaga keseimbangan antara efisiensi komputasi dan kelayakan visual.

C. Pengolahan Citra Grayscale

Citra dikonversi dari RGB ke *grayscale* untuk menyederhanakan informasi warna, hanya mempertahankan intensitas piksel. Ini penting karena metode fraktal dan deteksi tepi lebih mengandalkan tekstur dan bentuk.

D. Penajaman Citra (*Sharpening*)

Penajaman citra menggunakan metode *unsharp masking* untuk memperjelas detail, terutama pada tepi dan struktur bercak penyakit. Proses ini meningkatkan kontras antara area terang dan gelap, membuat fitur seperti tepi daun dan batas bercak terlihat lebih tegas.

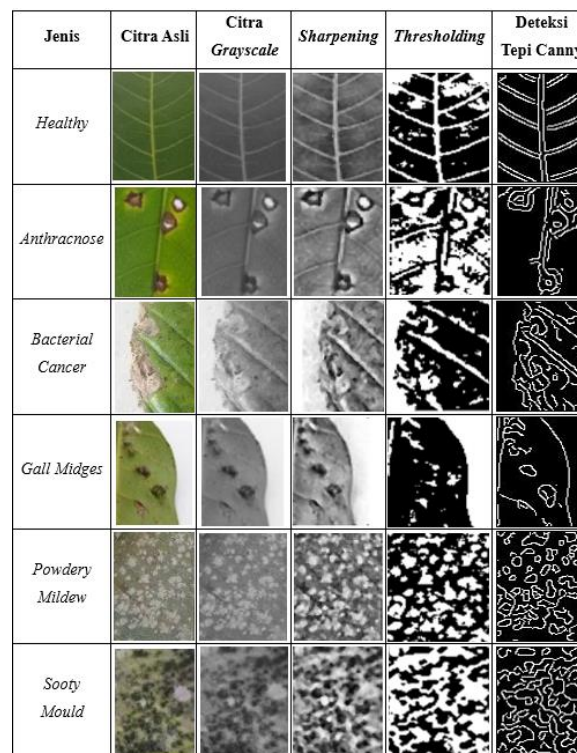
E. Hasil Citra (*Thresholding*)

Segmentasi citra memisahkan area daun (objek utama) dari latar belakang menggunakan metode *thresholding* Otsu. Hasilnya adalah citra biner yang memperjelas batas antar area yang terkena penyakit dan yang tidak, serta memudahkan perhitungan dimensi fraktal.

F. Deteksi Tepi Canny

Tahap ini mengekstraksi garis batas objek-objek penting dalam citra, fokus pada pemisahan area terinfeksi dan sehat. Algoritma Canny digunakan karena efisien dan tahan *noise*,

menghasilkan tepi yang bersih, presisi, dan kontinu. Berikut adalah hasil citra daun yang telah melewati proses pengolahan citra:



G. Dimensi Fraktal *Box-Counting*

Nilai dimensi fraktal dihitung dari citra biner hasil deteksi tepi Canny menggunakan metode *Box-Counting* di Matlab. Nilai ini mengukur tingkat kerumitan pola penyebaran bercak penyakit, menjadi ciri numerik untuk klasifikasi. Semakin rumit pola bercaknya, nilai dimensi fraktalnya semakin tinggi.

Klaster	Dimensi	Klaster	Dimensi	Klaster	Dimensi
HT 1	0.8311	BC 1	0.3693	PM 1	1.4655
HT 2	0.8068	BC 2	0.3675	PM 2	1.5851
HT 3	0.8045	BC 3	0.3928	PM 3	1.5689
HT 4	0.8258	BC 4	0.3226	PM 4	1.5080
HT 5	0.8161	BC 5	0.3896	PM 5	1.5511
HT 6	0.7080	BC 6	0.9842	PM 6	1.4483
HT 7	0.8408	BC 7	0.3778	PM 7	1.4959
HT 8	0.7700	BC 8	0.3768	PM 8	1.5409
HT 9	0.6944	BC 9	0.9630	PM 9	1.5225
HT 10	0.7432	BC 10	0.3570	PM 10	1.4977
HT 11	0.8257	BC 11	0.3495	PM 11	1.4951
HT 12	0.8828	BC 12	0.4206	PM 12	1.5455
HT 13	0.8453	BC 13	0.3852	PM 13	1.4655
HT 14	0.8164	BC 14	0.3543	PM 14	1.5525
HT 15	0.8322	BC 15	0.5117	PM 15	1.5410
HT 16	0.8080	BC 16	0.3385	PM 16	1.5689
HT 17	0.8434	BC 17	0.4046	PM 17	1.5459

HT 18	0.8958	BC 18	0.3367	PM 18	1.5098
HT 19	0.8422	BC 19	0.3598	PM 19	1.5853
HT 20	0.9041	BC 20	0.4329	PM 20	1.4910
AN 1	1.2070	GM 1	1.0057	SM 1	1.4089
AN 2	1.2060	GM 2	0.9811	SM 2	1.4104
AN 3	1.2173	GM 3	0.9907	SM 3	1.4007
AN 4	1.5367	GM 4	1.0253	SM 4	1.2081
AN 5	1.2224	GM 5	1.0323	SM 5	1.2057
AN 6	1.2373	GM 6	1.0056	SM 6	1.4144
AN 7	1.2645	GM 7	1.0560	SM 7	1.4112
AN 8	1.1697	GM 8	1.0290	SM 8	1.4273
AN 9	1.5463	GM 9	1.0473	SM 9	1.3952
AN 10	1.2224	GM 10	1.0442	SM 10	1.4128
AN 11	1.2352	GM 11	0.9419	SM 11	1.4248
AN 12	1.2335	GM 12	0.9942	SM 12	1.4206
AN 13	1.2077	GM 13	1.0448	SM 13	1.4161
AN 14	1.1813	GM 14	0.3910	SM 14	1.2163
AN 15	1.2253	GM 15	1.0427	SM 15	1.2754
AN 16	1.2309	GM 16	1.0647	SM 16	1.4355
AN 17	1.2303	GM 17	1.0459	SM 17	1.4234
AN 18	1.2396	GM 18	1.0584	SM 18	1.4289
AN 19	1.1811	GM 19	1.0924	SM 19	1.3916
AN 20	1.2226	GM 20	1.0989	SM 20	1.3965

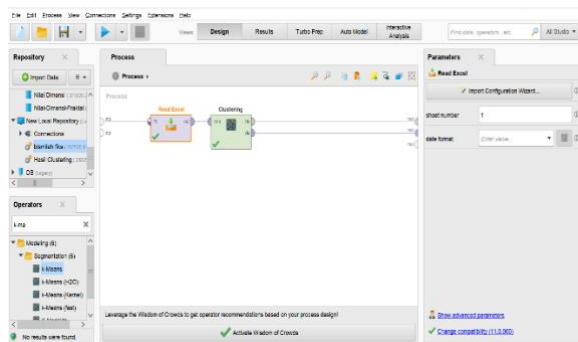
Tabel 1. Hasil Nilai Dimensi Citra

Rata-rata nilai dimensi fraktal dari setiap jenis citra penyakit daun mangga adalah sebagai berikut: [Tabel 4.2: Rata-Rata Nilai Dimensi Citra Penyakit Daun Mangga]

- *Healthy*: 0.8168
- *Anthracnose*: 1.2509
- *Bacterial cancer*: 0.4397
- *Gall midges*: 0.9996
- *Powdery mildew*: 1.5242
- *Sooty mould*: 1.3762

H. Klasifikasi

Proses klasifikasi menggunakan metode *K-Means Clustering* dilakukan pada nilai dimensi fraktal yang diperoleh. Perangkat lunak Rapidminer digunakan untuk pengelompokan data berdasarkan kemiripan nilai fitur.



Gambar 9. Proses Klasifikasi Menggunakan Software Rapidminer

Tabel Centroid yang digunakan untuk klasterisasi 6 jenis citra penyakit daun mangga:

Klaster	Dimensi Fraktal
Klaster 0	1.026
Klaster 1	1.421
Klaster 2	0.381
Klaster 3	0.817
Klaster 4	1.220
Klaster 5	1.536

Hasil klasterisasi 120 data menggunakan algoritma *K-Means* dengan Rapidminer adalah sebagai berikut:

Klaster	Dimensi	Klaster	Dimensi	Klaster	Dimensi
HT 1	Cluster_3	BC 1	Cluster_2	PM 1	Cluster_1
HT 2	Cluster_3	BC 2	Cluster_2	PM 2	Cluster_5
HT 3	Cluster_3	BC 3	Cluster_2	PM 3	Cluster_5
HT 4	Cluster_3	BC 4	Cluster_2	PM 4	Cluster_5
HT 5	Cluster_3	BC 5	Cluster_2	PM 5	Cluster_5
HT 6	Cluster_3	BC 6	Cluster_0	PM 6	Cluster_1
HT 7	Cluster_3	BC 7	Cluster_2	PM 7	Cluster_5
HT 8	Cluster_3	BC 8	Cluster_2	PM 8	Cluster_5
HT 9	Cluster_3	BC 9	Cluster_0	PM 9	Cluster_5
HT 10	Cluster_3	BC 10	Cluster_2	PM 10	Cluster_5
HT 11	Cluster_3	BC 11	Cluster_2	PM 11	Cluster_5
HT 12	Cluster_3	BC 12	Cluster_2	PM 12	Cluster_5
HT 13	Cluster_3	BC 13	Cluster_2	PM 13	Cluster_1
HT 14	Cluster_3	BC 14	Cluster_2	PM 14	Cluster_5
HT 15	Cluster_3	BC 15	Cluster_2	PM 15	Cluster_5
HT 16	Cluster_3	BC 16	Cluster_2	PM 16	Cluster_5
HT 17	Cluster_3	BC 17	Cluster_2	PM 17	Cluster_5
HT 18	Cluster_3	BC 18	Cluster_2	PM 18	Cluster_5
HT 19	Cluster_3	BC 19	Cluster_2	PM 19	Cluster_5
HT 20	Cluster_3	BC 20	Cluster_2	PM 20	Cluster_5
AN 1	Cluster_4	GM 1	Cluster_0	SM 1	Cluster_1
AN 2	Cluster_4	GM 2	Cluster_0	SM 2	Cluster_1
AN 3	Cluster_4	GM 3	Cluster_0	SM 3	Cluster_1
AN 4	Cluster_5	GM 4	Cluster_0	SM 4	Cluster_4
AN 5	Cluster_4	GM 5	Cluster_0	SM 5	Cluster_4
AN 6	Cluster_4	GM 6	Cluster_0	SM 6	Cluster_1
AN 7	Cluster_4	GM 7	Cluster_0	SM 7	Cluster_1
AN 8	Cluster_4	GM 8	Cluster_0	SM 8	Cluster_1
AN 9	Cluster_5	GM 9	Cluster_0	SM 9	Cluster_1
AN 10	Cluster_4	GM 10	Cluster_0	SM 10	Cluster_1
AN 11	Cluster_4	GM 11	Cluster_0	SM 11	Cluster_1
AN 12	Cluster_4	GM 12	Cluster_0	SM 12	Cluster_1
AN 13	Cluster_4	GM 13	Cluster_0	SM 13	Cluster_1
AN 14	Cluster_4	GM 14	Cluster_2	SM 14	Cluster_4
AN 15	Cluster_4	GM 15	Cluster_0	SM 15	Cluster_4

AN 16	Cluster_4	GM 16	Cluster_0	SM 16	Cluster_1
AN 17	Cluster_4	GM 17	Cluster_0	SM 17	Cluster_1
AN 18	Cluster_4	GM 18	Cluster_0	SM 18	Cluster_1
AN 19	Cluster_4	GM 19	Cluster_0	SM 19	Cluster_1
AN 20	Cluster_4	GM 20	Cluster_0	SM 20	Cluster_1

Tabel 2. Hasil Pengelompokkan Nilai Dimensi

Dari hasil klasterisasi, klaster-klaster tersebut dapat diidentifikasi:

Cluster 1 = Citra penyakit *sooty mould*

Cluster 2 = Citra penyakit *bacterial cancer*

Cluster 3 = Citra yang sehat (*healthy*)

Cluster 4 = Citra penyakit *anthracnose*

Cluster 5 = Citra penyakit *powdery mildew*

Cluster 0 = Citra penyakit *gall midges*

Dari total 120 data citra, terdapat 12 data yang salah klasifikasi oleh algoritma *K-Means*. Kesalahan klasifikasi ini banyak ditemukan pada kategori *sooty mould* (SM) dan *powdery mildew* (PM). Kedua penyakit tersebut memiliki tampilan visual yang serupa, yaitu bercak putih atau abu terang yang menyebar tidak beraturan. Kemiripan visual ini menghasilkan kontur yang tidak terlalu jelas dalam proses segmentasi, dan nilai dimensi fraktal yang mirip (sekitar 1.40–1.55), menyulitkan *K-Means* membedakan secara akurat. Selain itu, kualitas citra (misalnya, *noise*, bayangan, atau pencahayaan tidak merata) juga memengaruhi hasil segmentasi dan nilai fraktal.

Berikut adalah contoh gambar citra daun mangga yang sehat dan berpenyakit:



Gambar 10. Contoh Citra yang salah (2 di kiri) dan citra yang benar (2 di kanan)

Selain faktor kemiripan visual, kualitas citra juga berperan penting. Citra dengan *noise* tinggi, bayangan, atau pencahayaan tidak merata dapat memengaruhi hasil segmentasi, sehingga dimensi fraktal yang diperoleh tidak lagi merepresentasikan bentuk bercak yang sebenarnya.

Dengan demikian, kesalahan klasifikasi bukan hanya disebabkan oleh kedekatan nilai numerik dimensi fraktal, namun juga oleh

keterbatasan preprocessing dan pengaruh faktor pencitraan. Solusi ke depan bisa berupa penambahan fitur lain (seperti tekstur atau warna) atau optimasi metode segmentasi agar lebih presisi dalam mengekstrak kontur bercak penyakit.

I. Akurasi

Tingkat keberhasilan model diukur menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= \frac{\text{Jumlah data yang benar}}{\text{Jumlah keseluruhan data}} \times 100\% \\ &= \frac{108}{120} \times 100\% \\ &= 90\% \end{aligned}$$

Nilai akurasi 90% menunjukkan bahwa kombinasi metode ekstraksi ciri dimensi fraktal dan klasifikasi menggunakan *K-Means* bekerja secara efektif dalam membedakan jenis penyakit berdasarkan tampilan visualnya

PENUTUP

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan:

1. Metode *Box-Counting* berhasil digunakan untuk menghitung nilai dimensi fraktal dari pola bercak pada daun mangga, merepresentasikan kompleksitas bentuk bercak penyakit sebagai parameter numerik untuk klasifikasi.
2. Algoritma *K-Means*, diimplementasikan melalui Rapidminer, berhasil mengelompokkan citra daun mangga ke dalam klaster-klaster penyakit tertentu berdasarkan nilai fraktal yang diperoleh, menunjukkan efektivitas dalam membedakan kondisi daun.
3. Tingkat akurasi klasifikasi mencapai 90%, dengan 12 dari 120 data salah klasifikasi. Ini menunjukkan performa yang cukup baik dari kombinasi metode dimensi fraktal *Box-Counting* dan *K-Means* dalam mengenali pola penyakit daun mangga

SARAN

Meskipun akurasi tinggi, terdapat beberapa keterbatasan:

1. Jumlah data sebaiknya diperbanyak untuk mencakup lebih banyak variasi kondisi daun

- mangga dan memperkuat generalisasi model.
2. Metode segmentasi dan ekstraksi ciri dapat dikembangkan dengan pendekatan lain untuk menghasilkan nilai klasifikasi yang lebih akurat.
3. Validasi hasil klasifikasi sebaiknya melibatkan pakar pertanian secara langsung untuk memastikan kecocokan hasil dengan kondisi lapangan

DAFTAR PUSTAKA

- Agmalaro, M. A., Kustiyo, A., & Akbar, A. R. (2023). Identifikasi Tanaman Buah Tropika Berdasarkan Tekstur Permukaan Daun Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Tropical Fruit Plants Identification Based on Leaf Surface Texture Image Using Artificial Neural Network. *Ilmu Komputer Agri-Informatika*, 2(2), 73–82. <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jika>
- Alifa, N., & Juniati, D. (2019). Analisis Jenis Tumor Kulit Menggunakan Dimensi Fraktal Box Counting Dan K-Means. *Jurnal Riset Dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, 3(2), 71. <https://doi.org/10.26740/jram.v3n2.p71-77>
- Awaluddin, M., & Darmo, B. (2020). PENAJAMAN DAN SEGMENTASI CITRA PADA PENGOLAHAN CITRA DIGITAL Moehammad Awaluddin , Bambang Darmo Y *). *Penajaman Dan Segmentasi Citra Pada Pengolahan Citra Digital*, 31, 63–67.
- Benatar, G. V., Nurhayati, Y., & Febryani, N. (2023). IDENTIFIKASI Colletotrichum asianum PENYEBAB ANTRAKNOSA MANGGA KULTIVAR GOLEK DI INDRAMAYU IDENTIFICATION OF Colletotrichum asianum CAUSING ANTHRACNOSE Anthracnose disease is one of the major obstacles in mango cultivation . This disease is highly detrimen. *Media Pertanian*, 8(1), 1–13.
- C. Zombre, D. (2020). First Report of Xanthomonas citri pv mangiferaeindicae Causing Mango Bacterial Canker on Mangifera indica in Togo. In *APS Online Publications*.
- Effendi, M. T., Hidayat, N., & Dewi, R. K. (2019). Sistem Diagnosis Penyakit Tumbuhan Mangga Menggunakan Metode Naive Bayes. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(4), 3896–3902. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/5072>
- Febrianti, T. S., & Afifi, F. C. (2022). Batik Jlamprang with Koch Snowflake and Koch Anti Snowflake Fractal Geometry using Desmos. *Ethnomathematics Journal*, 3(1), 40–50. <https://doi.org/10.21831/ej.v3i1.48775>
- Harmiansyah, H., Oviana, E. T., Alpaizon, R., Khalifah, D. P., & Dwirotnama, P. (2024). Sistem Deteksi Hama dan Penyakit Tanaman Mangga (Mangifera indica L.) Berbasis Deep Learning Menggunakan Model Pra Latih YOLOv5. *Agrikultura*, 35(1), 151. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v35i1.53834>
- Hartono, R. (2020). Matematika dan Statistika Komprehensif. *Jakarta*, 306.
- Is, H. A. T. (2024). *Box Counting* (pp. 1–11).
- Maria, E., Yulianto, Y., Arinda, Y. P., Jumiati, J., & Nobel, P. (2018). Segmentasi Citra Digital Bentuk Daun Pada Tanaman Di Politani Samarinda Menggunakan Metode Thresholding. *Jurnal Rekayasa Teknologi Informasi (JURTI)*, 2(1), 37. <https://doi.org/10.30872/jurti.v2i1.1377>
- Matematika, J. I., & Amin, M. Al. (2017). *MATH unesa*. 2(6).
- Munantri, N. Z., Sofyan, H., & Florestiyanto, M. Y.

- (2020). Aplikasi Pengolahan Citra Digital Untuk Identifikasi Umur Pohon. *Telematika*, 16(2), 97. <https://doi.org/10.31315/telematika.v16i2.3183>
- Nanda, I. D. (2021). Penerapan Local Binary Pattern Dan K-Nearest Neighbor Mendeteksi Penyakit Pada Daun Mangga. In *Skripsi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara*.
- Pipit Muliyah, Dyah Aminatun, Sukma Septian Nasution, Tommy Hastomo, Setiana Sri Wahyuni Sitepu, T. (2020). Pengolahan Citra Digital. *Journal GEEJ*, 7(2).
- Pokhrel, S. (2024). PENDEKATAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) UNTUK KLASIFIKASI BAGIAN TANAMAN MANGGA. *Ayan*, 15(1), 37–48.
- Puspasari, L. T., Nurochman, I. S., Meliansyah, R., Dewi, V. K., Bari, I. N., & Qosim, W. A. (2024). Tipe Puru dan Serangga yang Berasosiasi pada Puru Daun Mangga (*Mangifera indica* L.) Varietas Gedong Gincu di Desa Karyamukti, Kecamatan Tomo, Kabupaten Sumedang. *Agrikultura*, 35(1), 126. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v35i1.54017>
- Romadiastri, Y. (2023). *BATIK FRAKTAL : PERKEMBANGAN APLIKASI GEOMETRI*. 158–164.
- Sari, D. P., & Juniati, D. (2023). Implementasi Dimensi Fraktal Box Counting Dan K-Means Dalam Klasifikasi Jenis Kupu-Kupu (Lepidoptera) Berdasarkan Bentuk Sayap. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 11(2), 164–173. <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v11n2.p164-173>
- Siregar, T. N., & Juniati, D. (2023). Implementasi Dimensi Fraktal Box Counting Dan K-Means dalam Klasifikasi Jenis Penyakit Mata Berdasarkan Citra Fundus Retina. *Jurnal Riset Dan Aplikasi Matematika*, 07(02), 206–223. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/jram/article/view/27730%0Ahttps://journal.unesa.ac.id/index.php/jram/article/view/27730/10595>
- Sulaiman, Nurhayati, & Sitompul, J. N. (2021). *SISTEM PAKAR MENDIAGNOSA PENYAKIT TANAMAN MANGGA ARUMANIS DENGAN METODE CERTAINTY FACTOR*. 35(3).
- Surya Pradana, D., Rahayudi, B., & Suprpto. (2018). Sistem Pakar Pendeteksi Hama dan Penyakit Tanaman Mangga Menggunakan Metode Iterative Dichotomiser Tree (ID3). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(7), 2713–2720. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Wati, A. K., & Juniati, D. (2023). Penerapan Dimensi Fraktal Box Counting Dan K-Medoids Untuk Deteksi Jenis Hewan Kingdom Mamalia Berdasarkan Motif Tubuh. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 11(2), 174–185. <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v11n2.p174-185>
- Wattimena, C. M. A., & Latumahina, F. (2023). Initial Study of Peas and Disease Attacks on Canarium in Hatusua Village Seed Source Deployment. *Jurnal Hutan Tropis*, 11(1), 68–73. <https://provulp.ru>
- Wikipedia.com. (2024). *Dimensi Fraktal*. https://id.wikipedia.org/wiki/Dimensi_fraktal