Sains & Matematika
p-ISSN: 2302-7290
e-ISSN: 2548-1835
Sains dan Matematika, Vol 10, No. 2, Oktober 2025: 1-9

KLASIFIKASI ULAR BERBISA BERBASIS CORAK KULIT DENGAN PENDEKATAN K-MEANS DAN DIMENSI FRAKTAL BOX COUNTING

CLASSIFICATION OF POISONOUS SNAKES BASED ON SKIN PATTERNS USING THE K-MEANS APPROACH AND BOX COUNTING FRACTAL DIMENSION

Nabilah Nesya Adiarni Azzahra, Keisha Sabilah Putri Hermansyah, Mahesa Aryo Wicaksono
S1 Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya
Jln. Ketintang, Surabaya 60231

ABSTRAK

Ular merupakan reptil tak berkaki dengan tubuh panjang yang dapat ditemukan di hampir seluruh habitat, kecuali wilayah bersuhu rendah. Meski tidak memiliki indera pendengaran, ular mampu mendeteksi getaran melalui rahang bawahnya yang bersentuhan dengan permukaan tanah. Organ penciuman ular terletak pada lidah bercabangnya yang berfungsi menangkap aroma di udara, sedangkan hidung utamanya hanya berfungsi untuk sistem pernapasan. Corak kulit ular menunjukkan variasi unik antarspesies, di mana identifikasi melalui corak kulit memungkinkan pengamatan perbedaan karakteristik antarspesies. Dalam penelitian ini, konsep fraktal dari matematika—bentuk geometri kompleks untuk merepresentasikan pola alam tidak beraturan—dimanfaatkan untuk mengklasifikasikan jenis ular berdasarkan corak kulit. Sebanyak 90 gambar warna difokuskan pada area pola kulit, dikonversi ke citra skala abu-abu, lalu melalui proses segmentasi. Area hasil segmentasi dianalisis polanya menggunakan deteksi tepi Canny, kemudian dimensi fraktal dihitung dengan metode box counting. Data tersebut dikelompokkan menjadi 6 klaster menggunakan algoritma K-Means, menghasilkan akurasi klasifikasi sebesar 86.67% untuk enam jenis ular yang diteliti.

Kata Kunci: Corak Kulit Ular, K-Means, Box Counting.

ABSTRACT

Snakes are legless reptiles with long bodies that can be found in almost all habitats, except for cold areas. Although they do not have a sense of hearing, snakes are able to detect vibrations through their lower jaws that come into contact with the ground surface. The snake's olfactory organ is located on its forked tongue which functions to capture aromas in the air, while its main nose only functions for the respiratory system. Snake skin patterns show unique variations between species, where identification through skin patterns allows observation of differences in characteristics between species. In this study, the concept of fractals from mathematics – complex geometric shapes to represent irregular natural patterns – was utilized to classify snake types based on skin patterns. A total of 90 color images were focused on the skin pattern area, converted to grayscale images, and then went through a segmentation process. The segmented area was analyzed for its pattern using Canny edge detection, then the fractal dimension was calculated using the box counting method. The data were grouped into 6 clusters using the K-Means algorithm, resulting in a classification accuracy of 86.67% for the six types of snakes studied.

Key Words: *Snake Skin Pattern, K-Means, Box Counting.*

PENDAHULUAN

Ular berbisa merupakan kelompok reptil yang memiliki potensi bahaya tinggi bagi manusia dan hewan lainnya. Identifikasi cepat dan akurat terhadap spesies ular berbisa sangat penting dalam konteks medis, konservasi, dan keamanan lingkungan. Salah satu ciri khas yang dapat dimanfaatkan untuk identifikasi adalah corak kulit yang unik pada setiap spesies ular.

Dalam beberapa dekade terakhir, analisis fraktal telah digunakan untuk mengukur kompleksitas pola alami, termasuk pola pada kulit hewan. Metode box-counting adalah teknik yang umum digunakan untuk menghitung dimensi fraktal, yang menggambarkan tingkat kerumitan suatu pola. Misalnya, dalam studi oleh Abdel-Aal dan El Mansori (2015), metode box-counting digunakan untuk mengevaluasi struktur fraktal pada sisik ventral ular, menunjukkan bahwa meskipun terdapat variasi mikro-geometri antar spesies, dimensi fraktal kulit ular menunjukkan kesamaan yang signifikan .

Setelah memperoleh nilai dimensi fraktal dari corak kulit ular, langkah selanjutnya adalah

*Alamat korespondensi:
nugrahaniprimary@unesa.ac.id

mengklasifikasikan data tersebut. K-Means Clustering adalah algoritma pembelajaran mesin tanpa pengawasan yang digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan kesamaan fitur. Algoritma ini telah diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk segmentasi citra dan pengenalan pola. Sebagai contoh, dalam artikel oleh GeeksforGeeks (2025), dijelaskan bahwa K-Means efektif dalam mengelompokkan data berdasarkan kesamaan, yang relevan untuk tugas klasifikasi pola.

Dengan menggabungkan metode box-counting untuk ekstraksi fitur dan K-Means untuk klasifikasi, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pendekatan baru dalam identifikasi spesies ular berbisa berdasarkan corak kulitnya. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi identifikasi dan memberikan kontribusi dalam bidang herpetologi, konservasi, dan keamanan lingkungan.

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

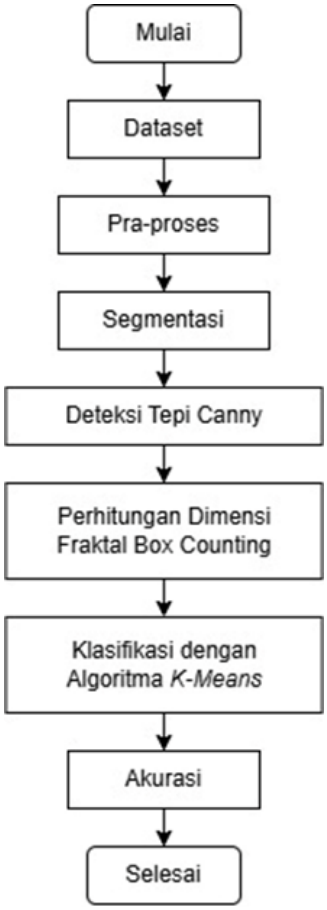
Penelitian ini merupakan studi kuantitatif yang menggunakan pendekatan pemrosesan citra digital dan klasifikasi tak terawasi untuk mengelompokkan spesies ular berbisa berdasarkan corak kulitnya. B.

B. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 90 citra warna yang mewakili 6 jenis ular berbisa: Western Diamondback Rattlesnack, Timber Rattlesnake, Copperhead, Eastern Cottonmouth, Mojave Rattlesnack, Red Diamond Rattlesnack. Setiap spesies diwakili oleh 15 citra. Dataset diambil dari situs Kaggle dengan nama "Giant Snake Data (60+ Species)!" (Kaggle, 2024) yang dapat diakses secara online pada https://www.kaggle.com/datasets/shouvikdey21/giant-snakedata60-species-kaggles-biggest. Data yang digunakan dalam bentuk gambar atau jpg.

C. Rancangan penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan utama, yaitu: pemilihan data, pra-pemrosesan citra, ekstraksi fitur menggunakan metode box counting untuk menghitung dimensi fraktal, serta pengelompokan data menggunakan algoritma K-Means. Berikut ialah tahapan dari penelitian.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

D. Analisis Data

Pada bagian ini akan dibahas tahapan-tahapan dari analisis data untuk implementasi dimensi fraktal dan klasifikasi klastering dengan algoritma K-Means pada corak kulit ular.

1) Data dan Sampel Penelitian

Data yang dipilih pada penelitian ini ialah citra kulit ular yang diambil dari situs Kaggle dengan nama "Giant Snake Data (60+ Species)!" (Kaggle, 2024) yang dapat diakses secara online. Dataset terdiri dari 90 citra dari 6 jenis ular yaitu 15 citra Western Diamondback Rattlesnack, 15 citra Timber Rattlesnake, 15 citra Copperhead, 15 citra Eastern Cottonmouth, 15 citra Mojave Rattlesnack, dan 15 citra Red Diamond Rattlesnack.

2) Pra-pemrosesan Data

Citra yang diperoleh akan melalui proses cropping untuk memfokuskan pada bagian tengah tubuh ular, tempat corak paling terlihat jelas. Setelah itu, citra diubah ke dalam format grayscale menggunakan rumus standar konversi RGB, untuk mereduksi beban komputasi dan mempertahankan variasi tepi citra.

3) Segmentasi

Langkah selanjutnya adalah segmentasi citra menggunakan metode thresholding biner agar objek (corak kulit ular) terpisah dari latar belakang.

4) Deteksi Tepi Canny

Setelah citra biner diperoleh, dilakukan deteksi tepi menggunakan metode Canny, yang efektif dalam menangkap struktur geometris alami secara halus dan detail.

5) Ekstraksi Fitur: Dimensi Fraktal

Fitur utama yang diekstraksi dari citra hasil deteksi tepi adalah dimensi fraktal, yang dihitung menggunakan metode box counting. Dimensi fraktal digunakan untuk mengukur Tingkat kerumitan pola corak pada citra. Objek dengan corak yang lebih rumit akan memiliki dimensi fraktal yang lebih tinggi. Metode ini telah digunakan secara efektif dalam penelitian Abdel-Aal & El Mansori (2015) untuk mengevaluasi struktur fraktal sisik ular dan menunjukkan konsistensi nilai dimensi antar spesies.

6) Klasifikasi: K-Means Clustering

Nilai dimensi fraktal dari semua citra kemudian digunakan sebagai fitur input dalam proses klasifikasi menggunakan algoritma K-Means clustering. Algoritma ini mengelompokkan data ke dalam enam klaster berdasarkan kemiripan nilai dimensi fraktal (Han, Kamber, & Pei, 2012). Hasil klasifikasi dibandingkan dengan label spesies asli untuk mengukur akurasi pengelompokan.

7) Menghitung Akurasi

Untuk mengetahui ketepatan hasil dari klasifikasi data menggunakan klastering K-Means, maka akurasi akan dihitung dengan menggunakan perhitungan berikut.

$$akurasi = \frac{jumlah\ data\ benar}{total\ keseluruhan\ data} \times 100\ \%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai proses klasifikasi jenis ular berbisa berdasarkan corak tubuh dengan menerapkan dimensi fraktal menggunakan metode box counting dan diklasifikasikan menggunakan algoritma K-Means.

A. Proses Pemilihan Data

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data 6 jenis ular berbisa yang terdiri dari Western Diamondback Rattlesnake, Timber Rattlesnake, Copperhead, Eastern Cottonmouth, Mojave Rattlesnake dan Hognose Snake. Setiap jenis memiliki 15 citra, sehingga total citra untuk enam jenis ular berbisa tersebut sebanyak 90 citra. Data diperoleh dari situs website kaggle.com dengan nama file yaitu "Giant Snake Data". Citra-citra tersebut berformat .jpg dan merupakan citra berwarna atau RGB dengan resolusi yang berbeda-beda.

B. Pra-Proses

Setelah mendapatkan dataset, langkah berikutnya adalah memilih citra ular berbisa yang tampak jelas seluruh corak tubuhnya. Kemudian citra tersebut dicrop atau dipotong lalu difokuskan ke bagian tengah tubuh ular agar corak tubuh terlihat lebih jelas untuk memudahkan proses pengolahan.

Citra yang diperoleh memiliki kontras gelap terang yang tidak merata sehingga kontras pada citra perlu diatur agar tampilan corak tubuh pada ular berbisa terlihat lebih menonjol. Selain itu, derau atau noise pada citra juga perlu dihilangkan. Citra juga perlu disesuaikan ukurannya menjadi 300×200 piksel.

Langkah selanjutnya adalah memastikan apakah citra yang telah didapatkan sudah termasuk ke dalam citra grayscale. Citra grayscale bertujuan agar variasi pada tepi citra dapat dipertahankan sehingga didapatkan nilai tepian corak tubuh ular berbisa dengan detail tepi yang mungkin tidak teratur masih tetap terlihat serta meminimalkan

beban perhitungan komputasional. Pengolahan citra corak tubuh ular berbisa ini dilakukan dengan bantuan software Matlab R2024b dan syntax untuk memanggil citra sebagai berikut.

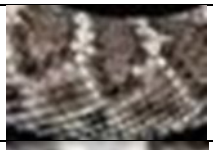
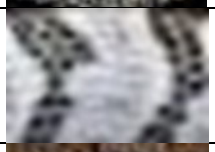
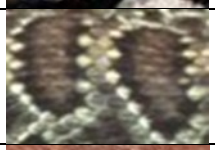
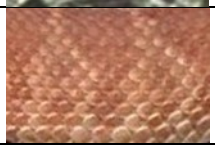
```
>> Gambar=imread('nama citra.jpg');imshow(Gambar);
```

Selanjutnya skala piksel pada citra diubah menjadi 300 * 200 piksel.

```
>> RGB = imresize(Gambar1,[200,300]);
size(RGB)
figure, imshow(RGB)
```

Berikut adalah beberapa citra hasil dimana setiap jenis ular berbisa direpresentasikan oleh satu citra yang telah dipanggil ke dalam *software* MATLAB R2023b dan sudah dilakukan proses cropping.

Tabel 1 : Citra Jenis Ular Berbisa

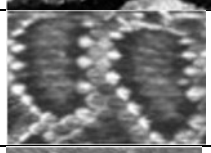
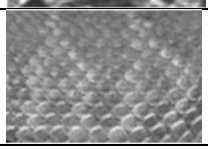
Jenis Ular Berbisa	Citra
Western Diamondback Rattlesnake	
Timber Rattlesnake	
Copperhead	
Eastern Cottonmouth	
Mojave Rattlesnake	
Red Diamond Rattlesnake	

Karena citra di atas masih berupa citra berwarna atau RGB, maka citra perlu dikonversi terlebih dahulu ke dalam format grayscale. Untuk mempermudah proses konversi seluruh data citra ular berbisa dari citra RGB ke dalam *grayscale*, maka dibutuhkan bantuan software MATLAB dengan syntax sebagai berikut.

```
>> [rows, columns, numberOfColorChannels] = size(RGB);
if numberOfColorChannels > 1
    Igray = rgb2gray(RGB);
else
    Igray = RGB;
end
figure, imshow (Igray);
```

Jika citra sudah dikonversi ke dalam grayscale, maka corak tubuh ular berbisa akan berubah sebagai berikut.

Tabel 2 : Citra Grayscale Corak Tubuh Ular Berbisa

Jenis Ular Berbisa	Citra Grayscale
Western Diamondback Rattlesnake	
Timber Rattlesnake	
Copperhead	
Eastern Cottonmouth	
Mojave Rattlesnake	
Red Diamond Rattlesnake	

C. Segmentasi

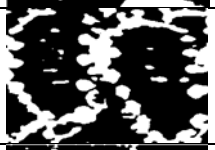
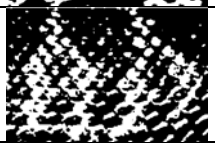
Setelah citra corak tubuh ular berbisa melalui tahap pra-proses dan telah dikonversi ke dalam format grayscale, maka akan dilakukan proses pemisahan objek dengan latar belakang melalui proses segmentasi. Segmentasi bertujuan agar objek yang berupa corak tubuh ular berbisa lebih mudah dikenali untuk dilakukan analisis lebih lanjut sehingga nantinya detail tepi Canny akan terlihat dengan jelas. Metode segmentasi yang digunakan adalah metode thresholding atau ambang batas, dimana metode ini akan mengubah citra grayscale menjadi citra biner.

Untuk mempermudah proses konversi seluruh data citra ular berbisa dari citra grayscale ke dalam citra biner, maka dibutuhkan bantuan software MATLAB dengan syntax sebagai berikut.

```
bin = imbinarize (Igray);
figure, imshow (bin);
```

Hasil citra biner setelah melalui proses segmentasi dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 3 : Segmentasi Citra Corak Tubuh Ular Berbisa

Jenis Ular Berbisa	Citra Biner
Western Diamondback Rattlesnake	
Timber Rattlesnake	
Copperhead	
Eastern Cottonmouth	
Mojave Rattlesnake	
Red Diamond Rattlesnake	

D. Deteksi Tepi Canny

Setelah tahap segmentasi dan citra sudah berubah ke dalam citra biner, tahap berikutnya adalah deteksi tepi. Tujuan deteksi tepi ini adalah untuk mengidentifikasi corak atau bercak yang terdapat pada tubuh ular berbisa. Selanjutnya tepi-tepi tersebut akan digunakan untuk menghitung dimensi fraktal menggunakan metode box counting

E. Dimensi Fraktal Box Counting

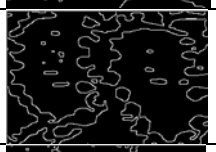
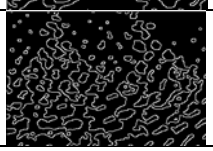
Untuk mengidentifikasi masing-masing jenis ular maka dibutuhkan suatu nilai untuk mengkarakteristik ular berbisa berdasarkan corak tubuhnya. Dalam penelitian ini besaran nilai yang digunakan adalah dimensi, karena dimensi dapat mewakili sifat atau karakteristik dari tiap jenis ular berbisa tersebut. Hasil deteksi tepi Canny dapat digunakan untuk menghitung dimensi fraktal tersebut. Metode yang digunakan adalah box counting. Untuk menghitung dimensi fraktal citra dan kemudian akan diklasifikasikan ke dalam kelompok-kelompok ular berbisa yang telah ditentukan sebelumnya.

Metode pendeteksian tepi pada penelitian ini menggunakan metode deteksi tepi Canny. Untuk mempermudah pendeteksian tepi Canny, berikut syntax deteksi tepi Canny yang digunakan.

```
canny=edge(bin,'canny');
figure, imshow(canny);
```

Hasil proses deteksi tepi Canny dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Tabel 4 : Deteksi Tepi Canny Citra Corak Tubuh Ular Berbisa

Jenis Ular Berbisa	Citra Hasil Tepi Canny
Western Diamondback Rattlesnake	
Timber Rattlesnake	
Copperhead	
Eastern Cottonmouth	
Mojave Rattlesnake	
Red Diamond Rattlesnake	

untuk citra yang lainnya, maka dibutuhkan bantuan software MATLAB dengan memanggil fungsi boxcount sebagai berikut.

```
>> % Implementasi Box Counting dengan Ukuran Box Pangkat 2
max_dimension = max(size(canny));
min_power = 0;
max_power = floor(log2(max_dimension));
powers = min_power:max_power;
box_sizes = 2.^powers;
num_boxes = zeros(size(box_sizes));

for i = 1:length(box_sizes)
    box_size = box_sizes(i);
    count = 0;
    for row = 1:box_size:rows
        for col = 1:box_size:columns
            sub_image = canny(row:min(row+box_size-1, rows), col:min(col+box_size-1, columns));
            if any(sub_image(:))
                count = count + 1;
            end
        end
    end
    num_boxes(i) = count;
end
```

```
% Hitung Dimensi Fraktal
log_sizes = log(1./box_sizes);
log_counts = log(num_boxes);

% Gunakan regresi linear untuk menghitung kemiringan (dimensi fraktal)
% Hindari ukuran box terbesar (resolusi terkecil) jika jumlah titik kurang dari 2
if length(log_sizes) > 1
    p = polyfit(log_sizes(2:end), log_counts(2:end), 1);
    df_estimated = p(1);
    disp(['Estimasi Dimensi Fraktal (Box Counting) = ' num2str(df_estimated)]);

    % Optional: Plot hasil box counting
    figure;
    plot(log_sizes, log_counts, 'bo-');
    xlabel('log(1/ukuran\_box)');
    ylabel('log(jumlah\_box)');
    title('Box Counting');
    grid on;
else
    disp('Tidak cukup ukuran box untuk menghitung dimensi fraktal.');
end
```

Gambar 8 (a) dan (b). Sintax Fungsi Box Counting

Berikut dimensi 6 jenis ular berbisa berdasarkan citra corak tubuhnya setelah dilakukan perhitungan dimensi fraktal box counting.

Tabel 5 : Dimensi Citra Corak Tubuh Ular Berbisa

Jenis	Dimensi	Jenis	Dimensi	Jenis	Dimensi
WDR 1	1.5015	MR 1	1.599	CH 1	1.3492
WDR 2	1.5465	MR 2	1.578	CH 2	1.3045
WDR 3	1.539	MR 3	1.672	CH 3	1.3452
WDR 4	1.5002	MR 4	1.525	CH 4	1.301
WDR 5	1.5228	MR 5	1.696	CH 5	1.3212
WDR 6	1.5638	MR 6	1.678	CH 6	1.3104
WDR 7	1.5645	MR 7	1.684	CH 7	1.3304
WDR 8	1.539	MR 8	1.667	CH 8	1.3337
WDR 9	1.536	MR 9	1.619	CH 9	1.3219
WDR 10	1.5176	MR 10	1.674	CH 10	1.3434
WDR 11	1.5176	MR 11	1.684	CH 11	1.3196
WDR 12	1.5451	MR 12	1.599	CH 12	1.3067
WDR 13	1.4136	MR 13	1.519	CH 13	1.3132
WDR 14	1.4273	MR 14	1.631	CH 14	1.3397
WDR 15	1.4495	MR 15	1.630	CH 15	1.3048
EC 1	1.4594	TR 1	1.2843	RDR 1	1.3976
EC 2	1.4689	TR 2	1.2208	RDR 2	1.3606
EC 3	1.4198	TR 3	1.2962	RDR 3	1.38
EC 4	1.427	TR 4	1.2253	RDR 4	1.3706
EC 5	1.4764	TR 5	1.2099	RDR 5	1.3682
EC 6	1.4849	TR 6	1.2141	RDR 6	1.3949
EC 7	1.4479	TR 7	1.2315	RDR 7	1.3881
EC 8	1.4594	TR 8	1.283	RDR 8	1.3708
EC 9	1.4364	TR 9	1.2722	RDR 9	1.382
EC 10	1.4469	TR 10	1.2353	RDR 10	1.3635
EC 11	1.4527	TR 11	1.2645	RDR 11	1.3802
EC 12	1.4019	TR 12	1.2605	RDR 12	1.3686
EC 13	1.4667	TR 13	1.246	RDR 13	1.3873
EC 14	1.4004	TR 14	1.2641	RDR 14	1.3651
EC 15	1.4457	TR 15	1.2072	RDR 15	1.3676

Keterangan :

WDR = *Western Diamondback Rattlesnake*
TR = *Timber Rattlesnake*
EC = *Eastern Cottonmouth*
CH = *Copperhead*
MR = *Mojave Rattlesnake*
RDR = *Red Diamond Rattlesnake*

dimana urutan angka di samping setiap simbol dalam tabel menunjukkan citra ke-i dari setiap jenis ular, dengan i = 1, 2, 3, ..., 15.

Dari Tabel 5 diperoleh rata-rata untuk setiap dimensi citra corak tubuh ular berbisa sebagai berikut.

Tabel 6. Rata-rata Dimensi Ular Berbisa

Jenis Ular Berbisa	Rata-Rata Dimensi
Western Diamondback Rattlesnake	1.5043

Timber Rattlesnake	1.2477
Eastern Cottonmouth	1.4429
Copperhead	1.3207
Mojave Rattlesnake	1.6293
Red Diamond Rattlesnake	1.3757

F. Pengelompokan Dimensi dengan Algoritma K-Means

Setelah mendapatkan dimensi fraktal dari citra corak tubuh ular pada proses sebelumnya, langkah berikutnya adalah mengklasifikasikan citra-citra tersebut menggunakan algoritma K-Means. Pada penelitian ini, akan dibentuk 6 klaster (K=6) dari data dimensi fraktal. Berikut ini adalah langkah-langkah implementasi algoritma K-Means:

1) Menentukan banyaknya K klaster yang diperlukan dan pilih secara acak K titik awal sebagai centroid awal. Berikut contoh centroid yang digunakan untuk iterasi pertama untuk 6 klaster.

Centroid	Dimensi Fraktal
C1	1.3976
C2	1.4594
C3	1.3492
C4	1.5015
C5	1.2843
C6	1.5990

2) Mengalokasikan setiap data atau objek ke klaster yang memiliki centroid terdekat dengan menggunakan jarak Euclidean. Misalkan ambil salah satu data dimensi fraktal, yaitu data pertama dari jenis *Red Diamond Rattlesnake*, RDR1 = 1.3976. Selanjutnya, dihitung jarak titik data RDR1 ke masing-masing pusat klaster (*centroid*) awal menggunakan rumus jarak *Euclidean*, yang diperoleh sebagai berikut:

- Jarak RDR1 ke C1 (1.3976) = $\sqrt{(1.3976 - 1.3976)^2} = \sqrt{(0)^2} = 0$
- Jarak RDR1 ke C2 (1.4594) = $\sqrt{(1.3976 - 1.4594)^2} = \sqrt{(-0.0618)^2} = 0.0618$
- Jarak RDR1 ke C3 (1.3492) = $\sqrt{(1.3976 - 1.3492)^2} = \sqrt{(0.0484)^2} = 0.0484$
- Jarak RDR1 ke C4 (1.5015) = $\sqrt{(1.3976 - 1.5015)^2} = \sqrt{(-0.1039)^2} = 0.1039$
- Jarak RDR1 ke C5 (1.2843) = $\sqrt{(1.3976 - 1.2843)^2} = \sqrt{(0.1133)^2} = 0.1133$
- Jarak RDR1 ke C6 (1.5990) = $\sqrt{(1.3976 - 1.5990)^2} = \sqrt{(-0.2014)^2} = 0.2014$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, data RDR1 =1.3976 memiliki nilai jarak yang paling minimum terhadap Centroid C1 (jarak 0). Oleh karena itu, RDR1 akan masuk ke dalam Klaster 1 pada iterasi pertama. Langkah perhitungan jarak minimum ini akan diterapkan pada seluruh data dimensi fraktal lainnya. Setelah nilai jarak setiap data terhadap keenam centroid awal diidentifikasi dan ditemukan jarak minimumnya, setiap data akan ditempatkan ke klaster yang diwakili oleh centroid terdekatnya.

3) Memperbarui nilai centroid baru dengan menghitung nilai rata-rata dari semua data dalam setiap klaster.
4) Ulangi langkah-langkah 2) dan 3) hingga pusat klaster (centroid) tidak berubah lagi dan data tidak berpindah klaster. Berikut hasil klasifikasi 6 jenis ular berbisa yang telah diperoleh:

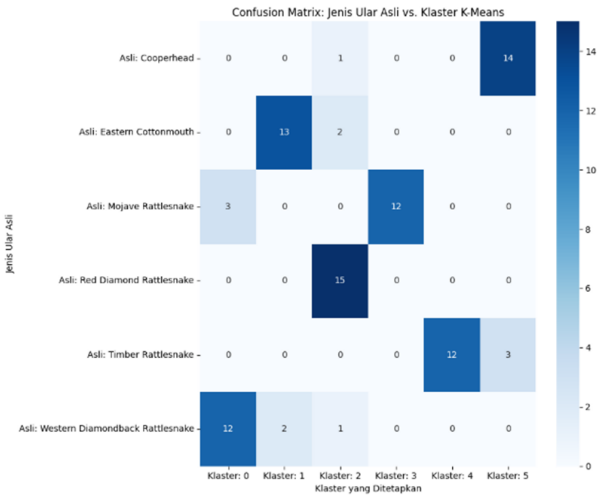
```
Confusion Matrix (Baris: Jenis Ular Asli, Kolom: Klaster):
                                  Klaster: 0  Klaster: 1  Klaster: 2  \
Asli: Cooperhead                           0           0           1
Asli: Eastern Cottonmouth                  0          13           2
Asli: Mojave Rattlesnake                   3           0           0
Asli: Red Diamond Rattlesnake              0           0          15
Asli: Timber Rattlesnake                   0           0           0
Asli: Western Diamondback Rattlesnake     12           2           1

                                  Klaster: 3  Klaster: 4  Klaster: 5
Asli: Cooperhead                           0           0          14
Asli: Eastern Cottonmouth                  0           0           0
Asli: Mojave Rattlesnake                  12           0           0
Asli: Red Diamond Rattlesnake              0           0           0
Asli: Timber Rattlesnake                   0          12           3
Asli: Western Diamondback Rattlesnake      0           0           0
```

Dari hasil klasterisasi, dapat diidentifikasi klaster-klaster yang terbentuk dari citra corak tubuh ular sebagai berikut :

- Klaster 0 mewakili citra corak tubuh ular *Western Diamondback Rattlesnake*.
- Klaster 1 mewakili citra corak tubuh ular *Eastern Cottonmouth*.
- Klaster 2 mewakili citra corak tubuh ular *Cooperhead*.
- Klaster 3 mewakili citra corak tubuh ular *Mojave Rattlesnake*.
- Klaster 4 mewakili citra corak tubuh ular *Timber Rattlesnake*.
- Klaster 5 mewakili citra corak tubuh ular *Cooperhead*.

Berikut adalah Confusion Matrix yang didapat.



Terdapat 12 dari 90 data yang tidak sesuai dengan pengelompokan yang telah dilakukan. Berikut data-data tersebut:

- Ada 1 data jenis Cooperhead yang masuk ke dalam Klaster 2.
- Ada 2 data jenis Eastern Cottonmouth yang masuk ke dalam Klaster 2.
- Ada 3 data jenis Mojave Rattlesnake yang masuk ke dalam Klaster 0.
- Ada 3 data jenis Timber Rattlesnake yang masuk ke dalam Klaster 5.
- Ada 2 data jenis Western Diamondback Rattlesnake yang masuk ke dalam Klaster 1.
- Ada 1 data jenis Western Diamondback Rattlesnake yang masuk ke dalam Klaster 2.

G. Akurasi

Setelah dilakukan proses klasterisasi dengan metode K-Means, selanjutnya akan dihitung keakuratan data berdasarkan ke lompok sebelumnya. Berikut hasil akurasi yang diperoleh.

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Data Benar}}{\text{Total Keseluruhan Data}} \times 100\%$$
$$= \frac{78}{90} \times 100\%$$
$$= 86.67\%$$

Dari hasil klasterisasi dimensi fraktal corak tubuh Ular Berbisa menggunakan algoritma K-Means diperoleh akurasi sebesar 86.67 %. Akurasi tersebut diuji terhadap 90 dataset yang diperoleh dari database situs kaggle.com, dengan jumlah data yang benar adalah 78 data sesuai dataset yang digunakan.

SIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa pendekatan berbasis geometri fraktal, khususnya melalui metode box counting, mampu digunakan untuk mengukur tingkat kerumitan pola corak kulit ular berbisa. Nilai dimensi fraktal yang dihasilkan dari citra tepi corak ular berhasil merepresentasikan karakteristik visual tiap spesies secara numerik. Proses klasifikasi menggunakan algoritma K-Means berhasil mengelompokkan citra ke dalam enam klaster sesuai jumlah spesies, dengan tingkat akurasi sebesar 86,67% dari total 90 data citra.

Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi antara analisis dimensi fraktal dan metode pembelajaran tak terawasi (unsupervised learning) dapat digunakan sebagai pendekatan awal dalam sistem identifikasi pola biologis, khususnya dalam klasifikasi citra corak ular berbisa. Keberhasilan ini menegaskan potensi metode fraktal untuk diaplikasikan dalam pengolahan citra natural yang kompleks dan tidak beraturan, seperti pola pada hewan liar.

Namun, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa kualitas citra input sangat memengaruhi hasil akhir, terutama dalam penentuan nilai dimensi fraktal. Ketidaktepatan segmentasi atau deteksi tepi dapat menyebabkan penyimpangan nilai fitur, yang berdampak pada hasil klasifikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Dwi Juniati, M.Si., selaku dosen mata kuliah Geometri Fraktal yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta ilmu yang sangat berharga dalam penyusunan artikel ini.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada teman-teman sekelompok yang telah bekerja sama dengan penuh semangat, saling membantu, dan memberikan kontribusi terbaiknya sehingga artikel ini dapat terselesaikan sesuai dengan yang diharapkan.

Akhir kata, penulis berharap semoga artikel ini dapat memberikan manfaat serta menjadi tambahan wawasan bagi pembaca.

DAFTAR PUSTAKA

Abdel-Aal, H. & El Mansori, M. (2015) *The fractal structure of the ventral scales in legless reptiles*. doi:10.13140/2.1.3434.9446.

Cates, C.C., Valore, E.V., Couto, M.A., Lawson, G.W. & McCabe, J.G. (2015) 'Comparison of the protective effect of a commercially available western diamondback rattlesnake toxoid vaccine for dogs against envenomation of mice with western diamondback rattlesnake (Crotalus atrox), northern Pacific rattlesnake (Crotalus oreganus oreganus), and southern Pacific rattlesnake (Crotalus oreganus helleri) venom', *American Journal of Veterinary Research*, 76(3), pp. 272–279.

Dey, S. (2023) *Giant Snake Data: 60 species, Kaggle's biggest*. Kaggle. Available at: https://www.kaggle.com/datasets/shouvikdey21/giant-snake-data60-species-kaggles-biggest (Accessed: 15 June 2025).

Faizah, A.M. (2024) *Klasifikasi jenis ikan laut berdasarkan corak tubuh dengan algoritma K-Means menggunakan dimensi fraktal box counting*. Skripsi Sarjana, Universitas Negeri Surabaya. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.

GeeksforGeeks (n.d.) *K-means clustering | Introduction*. Available at: https://www.geeksforgeeks.org/k-means-clustering-introduction (Accessed: 20 June 2025).

Han, J., Kamber, M. & Pei, J. (2012) *Data mining: Concepts and techniques*. doi:10.1016/C20090-61819-5.

Juniati, D. & Budayasa, I.K. (2016) *Geometri fractal dan aplikasinya*. Surabaya: Unesa University Press.

Rahmad, A., Herdiyeni, Y., Buono, A. & Douady, S. (2015) 'Pemodelan dimensi fraktal multiskala untuk mengenali bentuk daun', *Jurnal Ilmu Komputer Agri-Informatika*, 4(1), pp. 35–41.

Schuett, G.W., Repp, R.A., Spencer, C.L., Beaman, K.R. & Painter, C.W. (2016) 'Rattlesnakes of Arizona: Western diamond-backed rattlesnake (Crotalus atrox)', in *Rattlesnakes of Arizona, Volume 1*. pp. 333–346. Available at: https://www.researchgate.net/publication/331071250_Rattlesnakes_of_Arizona_Western_Diamond-backed_Rattlesnake_Crotalus_atrox (Accessed: 20 June 2025).

Wikipedia contributors (n.d.) *Agkistrodon piscivorus*. *Wikipedia*. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Agkistrodon_piscivorus (Accessed: 20 June 2025).

Wikipedia contributors (n.d.) *Crotalus ruber*. *Wikipedia*. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Crotalus_ruber (Accessed: 20 June 2025).

Wikipedia contributors (n.d.) *Crotalus scutulatus*. *Wikipedia*. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Crotalus_scutulatus (Accessed: 20 June 2025).

Wikipedia contributors (n.d.) *Eastern copperhead*. *Wikipedia*. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Eastern_copperhead (Accessed: 20 June 2025).

Wikipedia contributors (n.d.) *Timber rattlesnake*. *Wikipedia*. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Timber_rattlesnake (Accessed: 20 June 2025).

Wikipedia contributors (n.d.) *Western diamondback rattlesnake*. *Wikipedia*. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Western_diamondback_rattlesnake (Accessed: 20 June 2025).