

KLASIFIKASI JENIS IKAN HIU BERDASARKAN CORAK TUBUH MENGGUNAKAN DIMENSI FRAKTAL BOX COUNTING DAN K-MEANS**Silfa Amalia**Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
e-mail: silfaamalia.210022@mhs.unesa.ac.id***Dwi Juniaty**Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
e-mail: dwi_juniati@unesa.ac.id**Abstrak**

Hiu merupakan kelompok ikan bertulang rawan dalam subkelas *Elasmobranchii*. Hiu sebagai predator puncak berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem laut. Oleh karena itu, upaya pelestarian hiu sangat penting dan memerlukan identifikasi spesies yang akurat. Identifikasi berdasarkan corak tubuh hiu dapat meningkatkan ketepatan dalam mengklasifikasikan dan membedakan keragaman spesies, karena beberapa spesies hiu memiliki pola corak yang khas dan berbeda satu sama lain. Dalam ilmu matematika, konsep fraktal menjadi salah satu metode yang sesuai untuk menganalisis pola-pola tidak beraturan pada objek alami, termasuk corak pada tubuh hiu. Penelitian ini mengklasifikasikan jenis hiu berdasarkan corak tubuhnya dengan menggunakan dimensi fraktal. Sebanyak 105 citra berwarna pada bagian samping insang tubuh ikan hiu dipotong dan diubah menjadi citra *grayscale*, kemudian dilakukan segmentasi pada bagian corak tubuhnya. Hasil segmentasi tersebut selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi pola corak tubuh ikan hiu menggunakan metode deteksi tepi Canny. Nilai dimensi fraktal dihitung menggunakan metode *box counting*, kemudian hasilnya diklasifikasikan ke dalam 7 klaster dengan menggunakan algoritma *K-Means Clustering*. Menghasilkan tingkat akurasi klasifikasi sebesar 89,52%.

Kata Kunci: Corak Tubuh Ikan Hiu, Box Counting, K-Means.**Abstract**

Sharks are a group of cartilaginous fish in the subclass Elasmobranchii. As apex predators, sharks play an important role in maintaining the balance of the marine ecosystem. Therefore, shark conservation efforts are very important and require accurate species identification. Identification based on shark body patterns can increase the accuracy in classifying and distinguishing species diversity, because some shark species have distinctive patterns that are different from each other. In mathematics, the concept of fractals is one of the appropriate methods to analyze irregular patterns in natural objects, including shark body patterns. This research classifies shark species based on their body pattern using fractal dimension. A total of 105 color images on the side of the gills of the shark's body were cut and converted into grayscale images, then segmented on the body pattern. The segmentation results were then used to identify the shark body pattern using the Canny edge detection method. The fractal dimension value is calculated using the box counting method, then the results are classified into 7 clusters using the K-Means Clustering algorithm. Resulting in a classification accuracy rate of 89.52%.

Keywords: *Shark Body Patterns, Box Counting, K-Means.***PENDAHULUAN**

Hiu termasuk kelompok ikan bertulang rawan dalam subkelas *Elasmobranchii*. Hiu memiliki lebih dari 500 spesies yang tersebar di perairan seluruh dunia, mulai dari terumbu karang tropis, perairan pantai beriklim sedang, lautan terbuka, hingga laut dalam yang teramat dingin (Nurastri & Marasabessy, 2021). Sebagian besar ikan hiu merupakan predator puncak yang memiliki peranan penting dalam mengontrol berbagai populasi hewan laut. Namun,

saat ini populasi hiu terus mengalami penurunan akibat tingginya tingkat eksploitasi, baik sebagai tangkapan utama maupun sebagai tangkapan sampingan. Permintaan pasar yang tinggi terhadap produk olahan hiu, terutama pada bagian siripnya, telah mendorong penangkapan berlebih, yang pada akhirnya mengancam kelestarian berbagai spesies hiu. Beberapa spesies seperti Hiu Paus (*Rhincodon typus*) dan Hiu Belimbing (*Stegostoma tigrinum*), kini telah masuk dalam daftar merah IUCN. Situasi ini memunculkan kekhawatiran terhadap kerusakan

ekosistem laut serta terganggunya keseimbangan populasi spesies lainnya, yang pada akhirnya dapat berpengaruh terhadap ketahanan pangan manusia. Oleh karena itu, identifikasi spesies hiu secara akurat menjadi sangat penting untuk mendukung upaya pelestariannya.

Penelitian oleh Bahar dan Kusuma (2023) berjudul "Klasifikasi Spesies Hiu dengan Arsitektur ResNet50" telah mengklasifikasikan jenis ikan hiu berdasarkan citra digital menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan mengekstraksi fitur dari citra, dan menghasilkan akurasi sebesar 86%. Namun, model ini masih memiliki keterbatasan dalam membedakan fitur visual yang sangat mirip antar spesies, seperti antara *Sand Tiger Shark* dan *Tiger Shark* yang memiliki kemiripan pada pola tubuh dan warna.

Ikan hiu memiliki keragaman morfologis yang tinggi, mulai dari ukuran, bentuk tubuh, warna, hingga corak tubuh yang khas pada masing-masing spesies. penelitian ini berfokus pada pengklasifikasian ikan hiu berdasarkan corak tubuhnya, dengan tujuan untuk mengidentifikasi ciri-ciri visual yang memungkinkan pengelompokan berbagai spesies dalam citra digital. Perbedaan pada garis, bintik, dan pola tubuh pada masing-masing spesies dapat diolah menggunakan teknik deteksi tepi. Salah satu metode deteksi tepi yang unggul dalam mengekstraksi bentuk objek adalah deteksi tepi Canny. Metode ini terbukti mampu menghasilkan tepi citra yang tajam, sehingga mendukung akurasi dalam proses segmentasi.

Pendekatan geometri fraktal, khususnya metode *Box Counting* dapat digunakan untuk mengenali kompleksitas pada corak tubuh ikan hiu. Fraktal adalah konsep yang diperkenalkan oleh Benoit Mandelbrot (1983) yang digunakan untuk menggambarkan bentuk alami yang kompleks dan tidak teratur. Melalui dimensi fraktal, pola-pola visual pada corak tubuh ikan hiu dapat dikarakterisasi dan dihitung nilai kompleksitasnya. Selanjutnya, hasil dimensi fraktal dari setiap citra ikan hiu dapat dikelompokkan menggunakan algoritma *clustering*. Penelitian ini memilih algoritma *K-Means* karena memiliki keunggulan dalam efisiensi komputasi dan efektivitas dalam menangani data berbasis numerik.

Beberapa penelitian terdahulu yang telah menerapkan metode *Box Counting* dan *K-Means*

dalam analisis dimensi fraktal diantaranya adalah, penelitian oleh Isnaini (2019) berjudul "Implementasi Dimensi Fraktal *Box Counting* dan *K-Means* dalam Klasifikasi Jenis Kupu-Kupu (Lepidoptera) Berdasarkan Bentuk Sayap", yang berhasil mencapai akurasi sebesar 89%. Penelitian lainnya dilakukan oleh Isnaini (2019) dengan judul "Analisis Jenis Tumor Kulit Menggunakan Dimensi Fraktal *Box Counting* dan *K-Means*", yang berhasil mencapai akurasi sebesar 100% untuk dua klaster. Kedua penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Box Counting* dan *K-Means* efektif digunakan dalam berbagai bidang, seperti klasifikasi bentuk kupu-kupu maupun identifikasi jenis tumor kulit. Tingginya tingkat akurasi yang diperoleh menunjukkan bahwa metode ini mampu mengelompokkan dan mengklasifikasikan data secara efektif berdasarkan dimensi fraktal.

Penelitian ini menggunakan objek ikan hiu dengan mengklasifikasikan berbagai jenis atau spesiesnya berdasarkan corak pada tubuhnya. Terdapat tujuh jenis ikan hiu yang akan diidentifikasi yaitu Hiu Belimbang (*Stegostoma tigrinum*), Hiu Macan Tutul (*Triakis semifasciata*), Hiu Piyama (*Poroderma africanum*), Hiu Epaulette (*Hemiscyllium ocellatum*), Hiu Kucing Berbintik Kecil (*Scyliorhinus canicularis*), Hiu Paus (*Rhincodon typus*), dan Hiu Macan (*Galeocerdo cuvier*). Dataset dalam penelitian ini terdiri dari 105 citra ikan hiu, di mana setiap jenis diwakili oleh 15 citra yang berbeda. Tujuan dari proses pengklasifikasian citra ikan hiu ini adalah untuk mengenali dan mengelompokkan citra ke dalam spesies yang tepat dengan menggunakan metode dimensi fraktal *Box Counting* dan metode *K-Means* melalui bantuan *software* yang telah dikembangkan secara khusus, di mana hasil dari penelitian ini diharapkan dapat mendukung proses identifikasi jenis ikan hiu sehingga mempermudah pemantauan keberadaannya di suatu wilayah perairan sebagai langkah awal dalam upaya pelestarian.

KAJIAN TEORI

IKAN HIU

Ikan hiu merupakan kelompok ikan bertulang rawan yang tergolong dalam subkelas *Elasmobranchii* dan memiliki lebih dari 500 spesies yang tersebar luas di berbagai habitat perairan dunia, mulai dari

terumbu karang hingga laut dalam (Nurastri & Marasabessy, 2021). Hiu dikenal sebagai predator dengan rahang kuat dan gigi tajam yang tersusun dalam beberapa deret dan terus berganti sepanjang hidupnya untuk mempertahankan efektivitas dalam menangkap dan mengunyah mangsa (Maulina, 2020). Kulit hiu dilapisi dentikel dermal yang berfungsi melindungi dari kerusakan serta mengurangi hambatan saat berenang. Morfologi tubuh hiu umumnya memanjang, terdiri dari kepala, badan, dan ekor, serta dilengkapi dengan berbagai sirip seperti sirip punggung, dada, perut, anal, dan ekor yang masing-masing memiliki fungsi dalam pergerakan dan keseimbangan.

HIU BELIMBING

Hiu Belimbing atau *Stegostoma tigrinum* memiliki panjang tubuh maksimum mencapai 2,66 m. Hiu ini memiliki tubuh berwarna kuning kecokelatan dengan bintik-bintik cokelat tua yang menyerupai pola macan tutul. Hiu belimbing biasa ditemukan di perairan tropis dan subtropis pada kedalaman 62 m, terutama di sekitar terumbu karang, batu karang, dan pasir. Makanan utamanya meliputi moluska, krustasea, ikan kecil, dan ular laut. Meski tergolong predator, hiu ini tidak dianggap berbahaya bagi manusia. Saat ini, Hiu Belimbing berstatus terancam punah dan diduga telah punah secara lokal di beberapa wilayah Indonesia akibat penangkapan berlebihan dan kerusakan habitat.



Gambar 1. Hiu Belimbing

HIU MACAN TUTUL

Hiu Macan Tutul atau *Triakis semifasciata* memiliki panjang tubuh antara satu hingga 1,98 m. Tubuhnya berwarna abu-abu keperakan dengan pola bercak gelap berbentuk pelana dan deretan titik cokelat tua di sepanjang punggungnya. Hiu ini hidup di perairan subtropis, khususnya pesisir Pasifik timur. Hiu Macan Tutul memangsa ikan teleost, udang, kerang, kepiting, dan cacing laut. Meskipun berstatus risiko rendah menurut IUCN, Hiu Macan Tutul kini menghadapi berbagai ancaman serius, seperti penangkapan berlebihan, perburuan liar, dan degradasi habitat.



Gambar 2. Hiu Macan Tutul

HIU PIYAMA

Hiu Piyama atau *Poroderma africanum* memiliki panjang tubuh hingga 101 cm. Hiu ini dikenal dengan pola tubuh bergaris hitam sejajar di punggung dan sisi tubuhnya yang menyerupai piyama bergaris. Hiu Piyama aktif di malam hari dan memangsa ikan kecil, krustasea, serta moluska di dasar laut. Hiu ini biasanya ditemukan di perairan dangkal dan berbatu. Hiu Piyama berstatus *Least Concern* menurut IUCN.



Gambar 3. Hiu Piyama

HIU EPAULETTE

Hiu Epaulette atau *Hemiscyllium ocellatum* memiliki panjang maksimum mencapai 107 cm. Tubuhnya berwarna krem kecokelatan dengan dihiasi bintik hitam kecil dan oselus besar di atas sirip dadanya. Hiu Epaulette hidup di perairan dangkal terumbu karang dan memangsa cacing, krustasea, serta ikan kecil. Berstatus *Least Concern* menurut IUCN, namun populasinya di sekitar Nugini berpotensi menurun akibat penangkapan berlebihan dan kerusakan habitat.



Gambar 4. Hiu Epaulette

HIU KUCING BERBINTIK KECIL

Hiu Kucing Berbintik Kecil atau *Scyliorhinus canicula* memiliki Panjang tubuh antara 65 hingga 75 cm. Hiu ini dikenal dengan pola bintik gelap disepanjang tubuhnya yang berwarna coklat keabu-abuan. Hiu Kucing Berbintik Kecil merupakan predator aktif sekaligus pemakan bangkai oportunistik. Berstatus *Least Concern* menurut IUCN, spesies ini memiliki nilai ekonomi rendah dan kurang diminati nelayan karena kulitnya yang keras.



Gambar 5. Hiu Kucing Berbintik Kecil

HIU PAUS

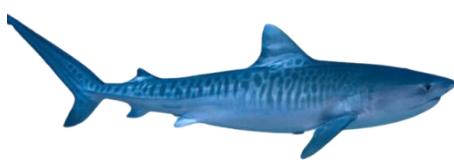
Hiu Paus atau *Rhincodon typus* adalah spesies hiu terbesar di dunia dengan panjang mencapai 18 meter, namun hiu ini tidak berbahaya bagi manusia karena hanya memakan plankton, krustasea kecil, dan ikan berkelompok. Hiu Paus memiliki pola bintik dan garis putih keabu-abuan pada kulit abu-abu gelap yang menyerupai sidik jari manusia. Hiu Paus berstatus *Endangered* menurut IUCN akibat penurunan populasi yang terus berlangsung.



Gambar 6. Hiu Paus

HIU MACAN

Hiu Macan atau *Galeocerdo cuvier* memiliki panjang tubuh mencapai 7,4 m. Hiu ini dihiasi oleh pola garis vertikal abu-abu gelap yang menyerupai corak harimau. Hiu Macan memangsa berbagai jenis hewan laut seperti ikan, burung laut, penyu, lumbalumba, pari, bahkan hiu lainnya, serta diketahui juga menelan benda-benda non-makanan seperti plastik, logam, dan sampah laut. Hiu ini hidup di perairan tropis dan subtropis. Populasi Hiu Macan kini hampir terancam punah menurut IUCN.



Gambar 7. Hiu Macan

CITRA DIGITAL

Pengolahan citra digital merupakan bidang studi yang mempelajari metode pengolahan gambar dua dimensi dengan bantuan komputer secara digital. Kualitas citra seringkali terganggu oleh derau (*noise*), kontras berlebih, ketidakjamanan, atau kabur (*blurring*), yang dapat memengaruhi akurasi interpretasi informasi di dalamnya. Oleh karena itu, pengolahan citra diperlukan untuk meningkatkan kualitas citra melalui berbagai teknik, seperti

penghilangan noise, pengaturan kontras, penajaman detail, dan pemulihan citra agar menghasilkan citra yang lebih tajam dan informatif. Setelah melalui tahap perbaikan dan pemulihan, citra kemudian dikonversi dari citra berwarna (RGB) menjadi citra *grayscale*, yaitu citra yang hanya memiliki satu tingkatan warna yaitu abu-abu. Dengan tingkat intensitas antara 0 (hitam) hingga 255 (putih), di mana setiap pikselnya diwakili oleh 8 bit. Konversi ini bertujuan untuk menghasilkan citra yang lebih sederhana namun tetap mempertahankan detail penting.

SEGMENTASI

Segmentasi citra merupakan proses pemisahan citra menjadi wilayah-wilayah yang memiliki homogenitas antara warna, tekstur, dan intensitas. Tujuan segmentasi adalah untuk memisahkan objek dari latar belakang agar objek lebih mudah dikenali dan dianalisis. Salah satu teknik segmentasi paling sederhana dan efektif adalah *thresholding*, yaitu proses pemilihan nilai ambang (threshold) tertentu untuk mengonversi citra *grayscale* menjadi citra biner berdasarkan intensitas piksel. Piksel dengan nilai intensitas di atas ambang akan bernilai satu (putih), sedangkan di bawah ambang akan bernilai nol (hitam), sehingga membentuk citra biner. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut (Kumaseh et al., 2013).

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) \geq T \\ 0 & \text{if } f(x, y) < T \end{cases} \quad (1)$$

DETEKSI TEPI

Deteksi tepi pada suatu citra adalah suatu proses untuk menghasilkan tepian dari objek citra. Pemilihan metode sangat berpengaruh terhadap hasil akhir deteksi tepi citra, karena setiap metode memiliki tingkat akurasi yang berbeda. Metode yang digunakan untuk deteksi tepi pada penelitian ini adalah deteksi tepi Canny. Deteksi tepi Canny dikemukakan oleh John Canny pada tahun 1986 (Kurniawati & Kusumawardhani, 2017). Kelebihan operator Canny dibandingkan dengan operator deteksi tepi lainnya, yaitu kemampuan untuk mengurangi noise sebelum melakukan perhitungan tepi sehingga akan menghasilkan tepi yang optimal (Supriyatno, 2020).

DIMENSI FRAKTAL BOX COUNTING

Fraktal pertama kali diperkenalkan oleh Benoit Mandelbrot pada tahun 1975, berasal dari bahasa Latin *fractus* yang berarti "patah" atau "rusak". Fraktal menggambarkan bentuk-bentuk geometri alam yang kompleks dan tidak beraturan, seperti awan, gunung, atau pohon, yang tidak bisa dijelaskan dengan geometri Euclidean. Berbeda dari

bentuk Euclide yang cocok untuk objek buatan manusia, fraktal memiliki ciri khas *self-similarity*, didefinisikan secara iteratif, dan memiliki dimensi real non-negatif (Juniati & Budayasa, 2016).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung dimensi fraktal dari suatu objek adalah metode *box counting*. Metode ini sangat popular dikarenakan perhitungannya yang sangat jelas, terutama pada citra dua dimensi. Cara menghitung dimensi dari suatu citra adalah dengan membagi suatu objek menjadi beberapa bagian kotak (persegi) dengan berbagai variasi ukuran (Juniati & Budayasa, 2016).

Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung dimensi fraktal *box counting*.

$$N(r) = \frac{1}{r^n} \quad (2)$$

Dengan demikian konsep dimensi fraktal dari objek *self-similarity* pada metode *box counting*, dapat dituliskan dengan persamaan (Juniati & Budayasa, 2016).

$$DF = \frac{\log N(r)}{\log \frac{1}{r}} \quad (3)$$

Dimana,

DF = Nilai dimensi fraktal

$N(r)$ = Jumlah persegi yang menutupi objek

r = Variasi ukuran kotak

Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai gradien D (α), di mana α diperoleh dari hasil pengukuran dimensi D yang ditampilkan dalam bentuk grafik, sehingga:

$$\alpha = \frac{(\sum_{k=1}^n xy) - \frac{(\sum_{k=1}^n x)(\sum_{k=1}^n y)}{n}}{(\sum_{k=1}^n x^2) - \frac{(\sum_{k=1}^n x)^2}{n}} \quad (4)$$

K-MEANS CLUSTERING

Salah satu metode pengelompokan yang umum digunakan adalah *K-Means*, yaitu algoritma yang membagi data ke dalam K klaster berdasarkan titik pusat (*centroid*) yang sebagai representasi dari klaster tersebut.

Berikut adalah langkah-langkah metode *K-Means*:

- Menentukan banyaknya jumlah klaster (K).
- Memilih *centroid* awal secara acak.
- Mengelompokkan data berdasarkan jarak terdekat ke *centroid* menggunakan rumus jarak *Euclidean*.

$$d(x, c) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - c_i)^2} \quad (5)$$

dimana,

$d(x, c)$ = jarak antara x dan c

i = index dari atribut

n = jumlah data

x_i = atribut data ke- i ($i=1,2,3, \dots, n$)

c_i = atribut pusat klaster ke- i ($i=1,2,3, \dots, n$)

d. Menentukan *centroid* baru dengan menghitung nilai rata-rata data setiap klaster.

e. Mengulangi proses c dan d hingga centroid tidak berubah dan data tetap pada klasternya.

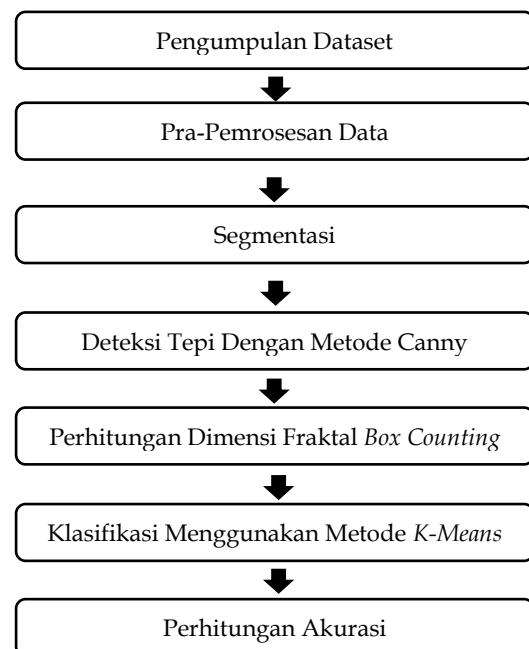
METODE

SUMBER DATA

Penelitian ini menggunakan data sekunder dari website iNaturalist yang dapat diakses secara online melalui <https://www.inaturalist.org/>. Terdapat total 105 citra ikan hiu yang akan dikelompokkan, dengan setiap ikan hiu diwakili oleh 15 citra. Tujuh jenis ikan hiu yang akan dianalisis yaitu Hiu Belimbing (*Stegostoma tigrinum*), Hiu Macan Tutul (*Triakis semifasciata*), Hiu Piyama (*Poroderma africanum*), Hiu Epaulette (*Hemiscyllium ocellatum*), Hiu Kucing Berbintik Kecil (*Scyliorhinus canicularis*), Hiu Paus (*Rhincodon typus*), dan Hiu Macan (*Galeocerdo cuvier*).

RANCANGAN PENELITIAN

Rancangan penelitian yang digunakan dalam studi ini disajikan dalam bentuk diagram pada gambar berikut.



Gambar 8. Diagram Rancangan Penelitian

1. Dataset

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data citra ikan hiu yang dapat diakses melalui website iNaturalist. Dataset yang berjumlah 105 citra ikan hiu terdiri atas 15 citra Hiu Belimbing (*Stegostoma tigrinum*), 15 citra Hiu Macan Tutul (*Triakis semifasciata*), 15 citra Hiu Piyama (*Poroderma africanum*), 15 citra Hiu Epaulette (*Hemiscyllium ocellatum*), 15 citra Hiu Kucing Berbintik Kecil (*Scyliorhinus canicularis*), 15 citra Hiu Paus (*Rhincodon typus*), 15 citra Hiu Macan (*Galeocerdo cuvier*).

2. Pra-pemrosesan Data

Tahapan pra-pemrosesan data penelitian ini melalui langkah-langkah berikut:

a. Cropping image

Citra yang diperoleh kemudian dipotong pada bagian samping insang untuk menampilkan corak khas setiap spesies dan mempermudah pengolahan pada tahap selanjutnya. Semua ukuran citra juga akan disesuaikan menjadi 300x200 piksel.

b. Penyesuaian Kecerahan dan Kontras

Penyesuaian kecerahan dan kontras dilakukan agar corak tiap spesies tampak lebih jelas tanpa terganggu bayangan, pencahayaan berlebih, atau perbedaan intensitas cahaya.

c. Penghilangan Noise

Penghilangan *noise* pada citra untuk mengurangi gangguan visual dari elemen acak yang tidak diinginkan, sehingga detail penting pada citra menjadi lebih jelas.

d. Grayscale

Karena citra awal berupa RGB, perlu dikonversi menjadi citra *grayscale* untuk mempertahankan detail tepi corak ikan hiu yang tidak teratur tetap terlihat.

3. Segmentasi

Setelah citra RGB dikonversi menjadi citra *grayscale*, tahap berikutnya adalah segmentasi untuk memisahkan objek dengan latar belakang. Proses ini menghasilkan citra biner hitam putih yang menampilkan corak tubuh ikan hiu, sehingga akan menonjolkan detail tepi *canny* secara lebih jelas.

4. Deteksi Tepi Menggunakan Metode *Canny*

Metode deteksi tepi *Canny* digunakan untuk menghasilkan tepian yang tajam dan jelas dengan kesalahan interpretasi yang rendah. Penerapan metode ini untuk mengidentifikasi pola tubuh ikan hiu sebelum perhitungan dimensi fraktal *box counting*.

5. Perhitungan Dimensi Fraktal *Box Counting*

Citra yang telah diproses menggunakan deteksi tepi Canny kemudian digunakan sebagai input dalam perhitungan dimensi fraktal menggunakan metode *box counting* pada *software* MATLAB R2024b. Proses ini menghasilkan nilai dimensi fraktal dari setiap citra pola tubuh ikan hiu.

6. Pengelompokan Menggunakan Metode *K-Means*

Setelah didapatkan nilai dimensi, citra dikelompokkan ke dalam tujuh klaster dengan metode *K-Means* menggunakan bantuan *software* RapidMiner Studio.

7. Pengukuran Akurasi

Tahap akhir berupa pengukuran akurasi untuk mengetahui ketepatan data dari hasil pengelompokan sebelumnya.

$$\text{akurasi} = \frac{\text{Jumlah data benar}}{\text{Total seluruh data}} \times 100\% \quad (6)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

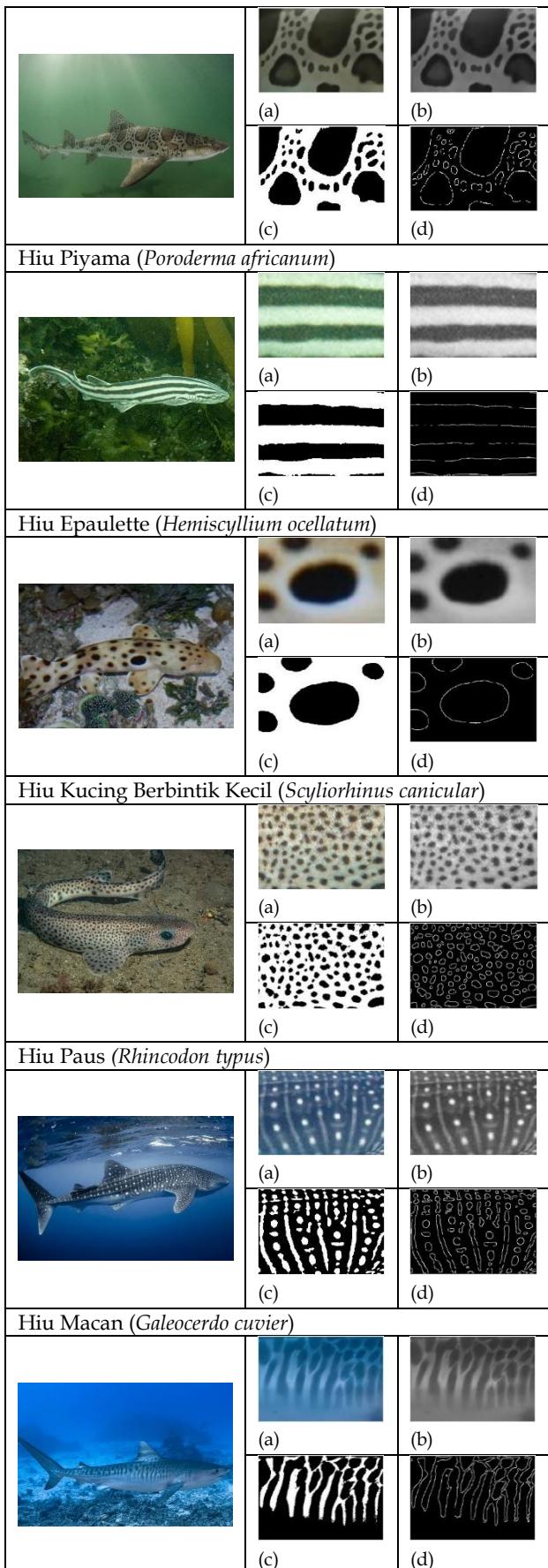
PENGOLAHAN CITRA

Proses pengolahan citra pada corak tubuh ikan hiu dilakukan dengan bantuan *software* MATLAB. Citra yang telah mengalami peningkatan kecerahan dan kontras yang cukup serta telah direduksi noise-nya, selanjutnya dikonversi ke dalam citra *grayscale*. Setelah citra dikonversi ke dalam format *grayscale*, tahap selanjutnya adalah segmentasi citra. Proses segmentasi dilakukan menggunakan metode *thresholding* untuk menghasilkan citra biner, sehingga pendekripsi tepi dengan metode Canny dapat memberikan hasil yang lebih jelas.

Berikut merupakan hasil pengolahan citra untuk setiap jenis ikan hiu.

Tabel 1. Hasil Pengolahan Citra

Hiu Belimbing (<i>Stegostoma tigrinum</i>)			
	(a)	(b)	
	(c)	(d)	
Hiu Macan Tutul (<i>Triakis semifasciata</i>)			



Pada Tabel 1 ditampilkan hasil pengolahan citra, dimana gambar (a) merupakan citra hasil pemotongan pada bagian samping insang, gambar (b) merupakan citra dalam format *grayscale*, gambar (c) merupakan citra hasil segmentasi, dan gambar (d) merupakan citra setelah dilakukan deteksi tepi menggunakan metode Canny.

DIMENSI FRAKTAL BOX COUNTING

Nilai dimensi fraktal setiap citra corak tubuh ikan hiu dihitung menggunakan metode *box counting* dengan bantuan *software* MATLAB. Berikut adalah hasil nilai dimensi dari setiap citra corak tubuh ikan hiu:

Tabel 2. Nilai Dimensi Hiu Belimbing

No	Nilai Dimensi	No	Nilai Dimensi
1	1,6056	9	1,6017
2	1,6201	10	1,6154
3	1,6191	11	1,618
4	1,631	12	1,6022
5	1,639	13	1,6186
6	1,6212	14	1,6
7	1,6207	15	1,6191
8	1,6		

Tabel 3. Nilai Dimensi Hiu Macan Tutul

No	Nilai Dimensi	No	Nilai Dimensi
1	1,5047	9	1,4653
2	1,4706	10	1,4869
3	1,4853	11	1,4733
4	1,4706	12	1,4689
5	1,5055	13	1,4715
6	1,5016	14	1,4836
7	1,5024	15	1,4919
8	1,4976		

Tabel 4. Nilai Dimensi Hiu Piyama

No	Nilai Dimensi	No	Nilai Dimensi
1	1,3229	9	1,355
2	1,3469	10	1,3456
3	1,3442	11	1,3523
4	1,3259	12	1,3415
5	1,3345	13	1,3401
6	1,3523	14	1,3483
7	1,3331	15	1,3428
8	1,3273		

Tabel 5. Nilai Dimensi Hiu Epaulette

No	Nilai Dimensi	No	Nilai Dimensi
1	1,2045	9	1,2279
2	1,2279	10	1,2196
3	1,2477	11	1,2259

4	1,2111	12	1,2154
5	1,2132	13	1,2515
6	1,2154	14	1,2111
7	1,2132	15	1,3302
8	1,2984		

Tabel 6. Nilai Dimensi Hiu Kucing Berbintik Kecil

No	Nilai Dimensi	No	Nilai Dimensi
1	1,6927	9	1,6902
2	1,6935	10	1,6927
3	1,684	11	1,6789
4	1,6865	12	1,6848
5	1,6763	13	1,6939
6	1,6772	14	1,7136
7	1,6951	15	1,7109
8	1,6956		

Tabel 7. Nilai Dimensi Hiu Paus

No	Nilai Dimensi	No	Nilai Dimensi
1	1,6589	9	1,6557
2	1,6711	10	1,6612
3	1,658	11	1,6501
4	1,6538	12	1,6754
5	1,6621	13	1,6519
6	1,6815	14	1,6621
7	1,668	15	1,6662
8	1,6635		

Tabel 8. Nilai Dimensi Hiu Macan

No	Nilai Dimensi	No	Nilai Dimensi
1	1,5659	9	1,6061
2	1,5653	10	1,5972
3	1,5949	11	1,5747
4	1,6034	12	1,5722
5	1,5861	13	1,5989
6	1,6094	14	1,5765
7	1,5691	15	1,5867
8	1,5741		

Berdasarkan data pada tabel di atas, berikut merupakan nilai rata-rata dimensi fraktal untuk setiap jenis ikan hiu.

Tabel 9. Rata-Rata Dimensi

Jenis Ikan Hiu	Rata-Rata Dimensi
Hiu Belimbing	1,6154
Hiu Macan Tutul	1,4853
Hiu Piyama	1,3408
Hiu Epaulette	1,2342
Hiu Kucing Berbintik Kecil	1,6910
Hiu Paus	1,6626
Hiu Macan	1,5853

K-MEANS CLUSTERING

Proses pengelompokan jenis corak pada tubuh ikan hiu dilakukan menggunakan metode *K-Means Clustering* dengan bantuan *software* RapidMiner Studio. Adapun hasil nilai *centroid* yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 10. Tabel Centroid

Tabel Centroid	
Cluster 0	1,2219
Cluster 1	1,6101
Cluster 2	1,3377
Cluster 3	1,4853
Cluster 4	1,6896
Cluster 5	1,5745
Cluster 6	1,6587

Berdasarkan tabel centroid diatas, nilai dimensi dari citra corak tubuh ikan hiu akan dikelompokkan kedalam 7 klaster, dimana data 1-15 adalah citra Hiu Belimbing, data 16-30 adalah citra Hiu Macan Tutul, data 31-45 adalah Hiu Piyama, data 46-60 adalah citra Hiu Epaulette, data 61-75 adalah citra Hiu Kucing Berbintik Kecil, data 76-90 adalah citra Hiu Paus, data 91-105 adalah citra Hiu Macan. Berikut hasil yang diperoleh dari *software* RapidMiner.

Tabel 11. Hasil Pengelompokan Nilai Dimensi

No	Cluster	No	Cluster	No	Cluster
1	Cluster 1	36	Cluster 2	71	Cluster 4
2	Cluster 1	37	Cluster 2	72	Cluster 4
3	Cluster 1	38	Cluster 2	73	Cluster 4
4	Cluster 1	39	Cluster 2	74	Cluster 4
5	Cluster 6	40	Cluster 2	75	Cluster 4
6	Cluster 1	41	Cluster 2	76	Cluster 6
7	Cluster 1	42	Cluster 2	77	Cluster 6
8	Cluster 1	43	Cluster 2	78	Cluster 6
9	Cluster 1	44	Cluster 2	79	Cluster 6
10	Cluster 1	45	Cluster 2	80	Cluster 6
11	Cluster 1	46	Cluster 0	81	Cluster 4
12	Cluster 1	47	Cluster 0	82	Cluster 6
13	Cluster 1	48	Cluster 0	83	Cluster 6
14	Cluster 1	49	Cluster 0	84	Cluster 6
15	Cluster 1	50	Cluster 0	85	Cluster 6
16	Cluster 3	51	Cluster 0	86	Cluster 6
17	Cluster 3	52	Cluster 0	87	Cluster 4
18	Cluster 3	53	Cluster 2	88	Cluster 6
19	Cluster 3	54	Cluster 0	89	Cluster 6
20	Cluster 3	55	Cluster 0	90	Cluster 6
21	Cluster 3	56	Cluster 0	91	Cluster 5
22	Cluster 3	57	Cluster 0	92	Cluster 5
23	Cluster 3	58	Cluster 0	93	Cluster 1

24	Cluster 3	59	Cluster 0	94	Cluster 1
25	Cluster 3	60	Cluster 2	95	Cluster 5
26	Cluster 3	61	Cluster 4	96	Cluster 1
27	Cluster 3	62	Cluster 4	97	Cluster 5
28	Cluster 3	63	Cluster 4	98	Cluster 5
29	Cluster 3	64	Cluster 4	99	Cluster 1
30	Cluster 3	65	Cluster 4	100	Cluster 1
31	Cluster 2	66	Cluster 4	101	Cluster 5
32	Cluster 2	67	Cluster 4	102	Cluster 5
33	Cluster 2	68	Cluster 4	103	Cluster 1
34	Cluster 2	69	Cluster 4	104	Cluster 5
35	Cluster 2	70	Cluster 4	105	Cluster 5

Hasil pengelompokan pada Tabel 11 menunjukkan bahwa Cluster 0 mewakili Hiu Epaulette, Cluster 1 mewakili Hiu Belimbing, Cluster 2 mewakili Hiu Piyama, Cluster 3 mewakili Hiu Macan Tutul, Cluster 4 mewakili Hiu Kucing Berbintik Kecil, Cluster 5 mewakili Hiu Macan, dan Cluster 6 mewakili Hiu Paus. Terdapat 11 data dari 105 data yang masuk ke dalam cluster yang salah.

AKURASI

Setelah proses pengelompokan menggunakan metode *K-Means*, langkah selanjutnya adalah menghitung tingkat akurasi data berdasarkan pengelompokan yang telah dilakukan sebelumnya.

$$\begin{aligned} \text{akurasi} &= \frac{\text{Jumlah data benar}}{\text{Total seluruh data}} \times 100\% \\ &= \frac{94}{105} \times 100\% \\ &= 89,52\% \end{aligned}$$

PENUTUP

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, klasifikasi jenis ikan hiu berdasarkan corak tubuh dilakukan melalui beberapa tahapan pengolahan citra, dimulai dari prapemrosesan berupa pemotongan gambar (*cropping*), penyesuaian kecerahan dan kontras, penghilangan noise, serta konversi citra ke format grayscale. Tahap berikutnya adalah segmentasi citra menggunakan metode *thresholding* dan deteksi tepi dengan metode Canny. Setelah itu, dilakukan perhitungan dimensi fraktal menggunakan metode *box counting* dan hasilnya kemudian diklasifikasikan menggunakan algoritma *K-Means*. Hasil pengelompokan nilai dimensi fraktal tersebut membentuk 7 klaster dengan tingkat akurasi sebesar 89,52%.

SARAN

Peneliti selanjutnya diharapkan menggunakan citra dengan ketajaman lebih tinggi untuk memperoleh data yang lebih jelas dan berkualitas. Selain itu, dianjurkan untuk menerapkan metode lain selain *box counting* dan *K-Means* guna meningkatkan akurasi dan memperluas wawasan terkait teknik identifikasi pada hewan. Penambahan variasi jenis ikan hiu yang diklasifikasikan juga diharapkan dapat memperkaya hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahar, A., & Kusuma, B. A. (2023). Klasifikasi Spesies Hiu Dengan Arsitektur Resnet50. *Journal Of Computer Science And Technology (Jocstec)*, 1(3), 118-123. <Https://Doi.Org/10.59435/Jocstec.V1i3.120>
- Fahmi. (2021). Tinjauan Status Hiu Belimbing (*Stegostoma Tigrinum*) Di Perairan Indonesia. *Oseana*, 46(June), 25-36.
- Faizah, A. M., & Juniati, D. (2024). Implementasi Dimensi Fraktal Box Counting Dan K-Means Dalam Klasifikasi Jenis Ikan Laut Berdasarkan Corak Tubuh. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 12(01), 197-207.
- Ferreira, L. C., & Simpfendorfer, C. (2019). Galeocerdo Cuvier. The Iucn Red List Of Threatened Species 2019. *The Iucn Red List Of Threatened Species*, 8235. <Https://Www.Iucnredlist.Org/Species/39378/2913541>
- Inaturalist. (2025). California Academy Of Sciences & National Geographic Society. <Https://Www.Inaturalist.Org>
- Isnaini, N. A., & Juniati, D. (2019). Analisis Jenis Tumor Kulit Menggunakan Dimensi Fraktal Box Counting Dan K-Means. *Jurnal Riset Dan Aplikasi Matematika*, 3(2), 71-77. <Https://Doi.Org/10.26740/Jram.V3n2.P71-77>
- Juniati, D., & Budayasa, I. K. (2016). *Geometri Fraktal Dan Aplikasinya Edisi Pertama*. Unesa University Press.
- Maulina, E. A. (2020). Kajian Morfologi, Morfometrik, Dan Status Konservasi Jenis - Jenis Ikan Hiu Yang Dijual Di Tpi Pantai Utara Jawa Tengah. *Scientific Journals Of Unnes*.
- Noviyanti, N. S. (2015). Karakteristik Habitat Hiu Paus, *Rhincodon Typus* Smith, 1828 (*Elasmobranchii: Rhincodontidae*) Di Pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. *Institut Pertanian Bogor Bogor*.
- Nurastri, V. D., & Marasabessy, I. (2021). Status Konservasi Ikan Terancam Punah Yang

- Diperdagangkan Keluar Kota Sorong (Studi Kasus: Ikan Hiu Berdasarkan Identifikasi Di Loka Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Dan Laut Sorong). (*Jrpk Jurnal Riset Perikanan Dan Kelautan*, 3(1), 303–318.
- Papadopoulo, K., Villegas-Ríos, D., Mucientes, G., Hillinger, A., & Alonso-Fernández, A. (2023). Drivers Of Behaviour And Spatial Ecology Of The Small Spotted Catshark (*Scyliorhinus Canicula*). *Aquatic Conservation: Marine And Freshwater Ecosystems*, 443–457. <Https://Doi.Org/10.1002/Aqc.3943>
- Pattiasina, T. F. (2020). A Review Of The Concept And Application Of Geospatial Technology In Mapping And Modeling The Migration Of Whale Shark (*Rinchodon Typus*). *Musamus Fisheries And Marine Journal*, 2(2), 77–101. <Https://Doi.Org/10.35724/Mfmj.V2i2.2466>
- Pauly, D., & Froese, R. (2024). *Fishbase*. World Wide Web Electronic. <Www.Fishbase.Org>
- Pierce, S. J., Grace, M. K., & Araujo, G. (2021). *Rhincodon Typus (Green Status Assessment)*. The Iucn Red List Of Threatened Species 2021. <Https://Doi.Org/E.T19488a1948820242>
- Pierce, S. J., & Norman, B. (2016). *Rhincodon Typus*. The Iucn Red List Of Threatened Species 2016. <Https://Doi.Org/10.2305/Iucn.Uk.2016-1.Rlts.T19488a2365291.En>
- Pilgrim, I., & Taylor, R. (2018). We Are Intechopen , The World ' S Leading Publisher Of Open Access Books Built By Scientists , For Scientists Top 1 %. In *Intech*. <Https://Doi.Org/Http://Dx.Doi.Org/10.5772/Intechopen.81958>
- Pollom, R., Gledhill, K., Da Silva, C., Mccord, M. E., & Winker, H. (2020). Poroderma Africanum, Pyjama Shark. *The Iucn Red List Of Threatened Species* 2020. <Https://Dx.Doi.Org/10.2305/Iucn.Uk.2020-2.Rlts.T39348a124404008.En%0acopyright>
- Purnomo, K. D., Sari, N. P. W., Ubaidillah, F., & Agustin, I. H. (2019). The Construction Of The Koch Curve (N,C) Using L-System. *International Conference On Science And Applied Science (Icsas)*. <Https://Doi.Org/Https://Doi.Org/10.1063/1.5141721>
- Puspitasari, D., & Juniati, D. (2023). Implementasi Dimensi Fraktal Box Counting Dan K-Means Dalam Klasifikasi Jenis Kupu-Kupu (Lepidoptera) Berdasarkan Bentuk Sayap. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 11(2), 164–173. <Https://Doi.Org/10.26740/Mathunesa.V11n2.P164-173>
- Ratna, S. (2020). Pengolahan Citra Digital Dan Histogram Dengan Phyton Dan Text Editor Phycharm. *Technologia*, 11(3), 181–186. <Https://Doi.Org/10.31602/Tji.V11i3.3294>
- Ratri, A. A. (2015). Penerapan Metode Box Counting Untuk Identifikasi Telapak Tangan. *Digital Repository Universitas Jember*.
- Ribas, L. C., Gonçalves, D. N., Silva, J. De A., Castro, A. A. De, Bruno, O. M., & Gonçalves, W. N. (2019). Fractal Dimension Of Bag-Of-Visual Words. *Pattern Analysis And Applications*, 22(1), 89–98. <Https://Doi.Org/10.1007/S10044-018-0736-X>
- Rigby, C. L., Dudgeon, C. L., Armstrong, A. O., Bateman, R., Jabado, R. W., Robinson, D., Rohner, C. A., & Venables, S. . (2024). *Stegostoma Tigrinum*. The Iucn Red List Of Threatened Species 2024. <Https://Www.Iucnredlist.Org/Species/41878/124425292>