

KLASIFIKASI JENIS BINTANG LAUT BERDASARKAN BENTUK TUBUH MENGUNAKAN DIMENSI FRAKTAL BOX COUNTING DENGAN ALGORITMA K-MEDOIDS

Asmaul Khusnah

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

e-mail: asmaulkhusnah.22019@mhs.unesa.ac.id

Dwi Juniati

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

Penulis Korespondensi: dwi_juniati@unesa.ac.id

Abstrak

Bintang laut merupakan salah satu kelompok dari kelas *Asteroidea* dan termasuk kelompok yang paling beragam dalam filum *Echinodermata*. Keberadaan bintang laut tidak hanya mencerminkan keanekaragaman hayati laut, tetapi Bintang laut juga berkontribusi terhadap stabilitas ekosistem laut dan dapat digunakan sebagai indikator kualitas lingkungan karena sensitif terhadap perubahan kondisi perairan. Setiap spesies bintang laut memiliki perbedaan morfologi, terutama pada bentuk tubuh dan susunan lengan, yang dapat digunakan sebagai dasar identifikasi spesies. Penelitian ini bertujuan mengklasifikasikan spesies bintang laut berdasarkan bentuk tubuh dengan menggunakan pendekatan dimensi fraktal metode *Box Counting*. Sebanyak 120 citra bintang laut digunakan dalam penelitian ini. Pengolahan citra meliputi *remove background*, *cropping*, konversi *grayscale*, segmentasi, dan deteksi tepi Canny. Selanjutnya, metode *Box Counting* digunakan untuk menghitung dimensi fraktal yang kemudian diklasifikasikan menggunakan algoritma *K-Medoids* menjadi delapan kluster, yaitu *Gomophia Egyptiaca*, *Leptasterias Hexactis*, *Tosia Australis*, *Luidia Maculata*, *Choriaster Granulatus*, *Astropecten Articulus*, *Protoreaster Nodosus*, dan *Linckia Laevigata*. Hasil pengelompokan delapan jenis bintang laut memperoleh akurasi 90,83%.

Kata Kunci: Bintang laut, *Box Counting*, *K-Medoids*.

Abstract

Starfish are a group within the class *Asteroidea* and are among the most diverse groups in the phylum *Echinodermata*. The presence of starfish not only reflects marine biodiversity, but they also contribute to the stability of marine ecosystems and can serve as indicators of environmental quality because they are sensitive to changes in water conditions. Each starfish species has distinct morphological differences, particularly in body shape and arm arrangement, which can serve as the basis for species identification. This study aims to classify starfish species based on body shape using the fractal dimension approach of the *Box Counting* method. A total of 120 starfish images were used in this study. Image processing included background removal, cropping, grayscale conversion, segmentation, and Canny edge detection. Subsequently, the *Box Counting* method was used to calculate the fractal dimension, which was then classified using the *K-Medoids* algorithm into eight clusters: *Gomophia Egyptiaca*, *Leptasterias Hexactis*, *Tosia Australis*, *Luidia Maculata*, *Choriaster Granulatus*, *Astropecten Articulus*, *Protoreaster Nodosus*, and *Linckia Laevigata*. The clustering results for the eight starfish species achieved an accuracy of 90.83%.

Keywords: Starfish, *Box Counting*, *K-Medoids*.

PENDAHULUAN (GUNAKAN STYLE SECTION)

Bintang laut yang termasuk dalam kelas *Asteroidea* merupakan salah satu kelompok paling beragam dalam filum *Echinodermata*, dengan jumlah sekitar 1.900 spesies yang tersebar di berbagai perairan laut, mulai dari daerah intertidal hingga laut dalam yang mencapai kedalaman 6.000 meter. Kelompok ini

paling banyak ditemukan di kawasan tropis Atlantik dan Indo-Pasifik (Mah & Blake, 2012).

Keberadaan bintang laut tidak hanya mencerminkan keanekaragaman hayati laut, tetapi juga memiliki kontribusi secara langsung terhadap stabilitas ekosistem. Bintang laut mampu hidup di berbagai habitat pesisir dan memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem laut, pemakan detritus, baik sebagai bagian dari rantai

makanan, maupun sebagai bioindikator yang dikenal sebagai hewan pembersih laut (Kurniawati dkk., 2023). Kelimpahan dan dominansi bintang laut dapat digunakan sebagai indikator kualitas lingkungan karena organisme ini sensitif terhadap perubahan kondisi perairan, seperti suhu, salinitas, dan ketersediaan makanan (Hariyati, 2025).

Di sisi lain, tingginya sensitivitas terhadap perubahan kualitas perairan menjadikan bintang laut berpotensi sebagai bioindikator lingkungan, meskipun distribusi dan kelimpahannya sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia, seperti pembangunan pelabuhan, eksploitasi berlebihan, serta perubahan lingkungan global (Kurniawati dkk., 2023). Dalam konteks tersebut, bintang laut dikenal sebagai *keystone species* yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem laut, tetapi sangat rentan terhadap pemanasan global, penyakit, pencemaran, dan pengasaman laut, sehingga memerlukan pemantauan dan pengelolaan secara berkelanjutan (Ho dkk., 2025).

Selama ini, identifikasi dan klasifikasi bintang laut umumnya dilakukan secara visual sehingga bersifat subjektif dan sulit dianalisis secara kuantitatif. Bentuk tubuh bintang laut yang kompleks dan tidak beraturan, terutama pada kontur dan tepinya, sulit direpresentasikan menggunakan geometri Euclidean. Penelitian Hariyati (2025) mengklasifikasikan spesies bintang laut di Pantai Awang melalui observasi morfologi dan identifikasi visual serta dianalisis menggunakan indeks dominansi tanpa pengukuran numerik terhadap kompleksitas bentuk tubuhnya. Meskipun memiliki simetri radial, bentuk tubuh bintang laut tetap menunjukkan kompleksitas yang berbeda pada berbagai skala pengamatan. Oleh karena itu, pendekatan dimensi fraktal dengan metode Box Counting digunakan untuk mengidentifikasi jenis bintang laut.

Permukaan alami umumnya menunjukkan keserupaan diri secara statistik sehingga dimensi fraktalnya sulit ditentukan secara langsung dari citra. Metode Box Counting digunakan untuk mengestimasi dimensi fraktal melalui perhitungan jumlah kotak yang menutupi citra sehingga menghasilkan nilai numerik sebagai representasi kompleksitas bentuk (Harrar & Hamami, 2007). Istilah fraktal diperkenalkan oleh Benoit Mandelbrot pada tahun 1975 melalui makalah *A Theory of Fractal*

Set. Fraktal berasal dari kata Latin *fractus* yang berarti memecah dan digunakan untuk menggambarkan geometri tidak beraturan dengan pola serupa pada berbagai skala (*self-similarity*) (Hasang & Supardjo, 2012).

Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan dimensi fraktal menggunakan metode *Box Counting* dan algoritma K-Medoids. Penelitian Puspitasari dan Juniati (2023) menunjukkan bahwa dimensi fraktal *Box Counting* dapat merepresentasikan kompleksitas bentuk sayap kupu-kupu sebagai ciri pembeda antarjenis dengan akurasi K-Means sebesar 86,67%. Dalam penelitian ini, algoritma K-Medoids digunakan karena lebih tahan terhadap nilai ekstrem dalam penentuan pusat klaster.

Pemanfaatan kamera bawah laut sebagai media pengambilan citra dapat menjadi alternatif identifikasi bintang laut tanpa kontak langsung. Melalui pendekatan ini, bintang laut dapat dikelompokkan berdasarkan karakteristik bentuk tubuhnya sehingga memudahkan pemantauan keberadaan dan distribusinya di habitat alami.

KAJIAN TEORI (GUNAKAN STYLE SECTION)

Bintang Laut

Bintang laut merupakan hewan invertebrata laut dari kelas Asteroidea dalam filum Echinodermata yang memiliki simetri radial dan umumnya beraturan lima (Nursakinah dkk., 2024). Bintang laut hidup di berbagai habitat laut seperti pasir, lamun, dan terumbu karang serta berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem laut (Kurniawati dkk., 2023). Organisme ini juga dapat mencerminkan kondisi lingkungan perairan karena memiliki hubungan erat dengan habitatnya (Zamani, 2015). Selain itu, bintang laut bergerak menggunakan kaki tabung dan berperan sebagai organisme pembersih dengan memakan bangkai serta sisa organisme laut di lingkungan pantai (Setyowati dkk., 2017).

Gomophia Egyptiaca

Gomophia egyptiaca merupakan spesies bintang laut yang hidup di wilayah Indo-Pasifik dan memiliki lima lengan silindris dengan warna cerah seperti merah, oranye, dan ungu, berukuran rata-rata sekitar 30 cm. Spesies ini bersifat omnivora, yang mempunyai peran dalam menjaga keseimbangan lingkungan laut.



Gambar 1. Gomophia Egyptiaca

Leptasterias Hexactis

Leptasterias hexactis merupakan bintang laut kecil berlengan enam dengan ukuran sekitar 5–9 cm. Spesies ini memiliki lengan tebal, duri padat pada permukaan tubuh, dan hidup di zona intertidal berbatu.



Gambar 2. Leptasterias Hexactis

Tosia Australis

Tosia australis merupakan bintang laut berbentuk pentagonal dengan lima lengan yang menyatu dengan cakram tubuh. Spesies ini memiliki variasi warna dan pola pada permukaan tubuh serta berukuran sekitar 10 cm.



Gambar 3. Tosia Australis

Luidia Maculata

Luidia maculata merupakan bintang laut besar yang umumnya memiliki delapan lengan panjang meruncing dengan cakram tengah kecil. Spesies ini dapat mencapai ukuran sekitar 60 cm dan memiliki pola warna hitam mencolok pada sisi dorsal tubuhnya.



Gambar 4. Luidia Maculata

Choriaster Granulatus

Choriaster granulatus merupakan bintang laut bertubuh besar dengan lima lengan pendek, tebal, dan ujung membulat. Permukaan tubuhnya halus tanpa duri dengan tekstur kasar berbutir. Bintang laut ini berwarna oranye hingga merah dengan ukuran radius tubuh sekitar 50–105 mm.



Gambar 5. Choriaster granulatus

Protoreaster Nodosus

Protoreaster nodosus atau horned sea star merupakan bintang laut berduri dengan lima lengan dan tonjolan berbentuk kerucut pada permukaan tubuhnya. Spesies ini berwarna merah hingga krem dan dapat mencapai ukuran sekitar 30 cm.



Gambar 6. Protoreaster Nodosus

Astropecten Articulates

Astropecten articulatus atau Royal Starfish merupakan bintang laut dengan warna ungu tua dan pelat marginal oranye terang. Spesies ini hidup di perairan dangkal dan memiliki panjang lengan sekitar 9 cm.



Gambar 7. Astropecten Articulates

Linckia Laevigata

Linckia laevigata merupakan bintang laut berlengan lima dengan bentuk silindris dan warna tubuh dominan biru cerah hingga biru muda. Spesies ini dapat tumbuh hingga sekitar 30–40 cm dan hidup di perairan dangkal sekitar terumbu karang.



Gambar 8. Linckia laevigata

Citra Digital

Pengolahan citra adalah proses manipulasi piksel pada citra digital untuk tujuan tertentu, yang awalnya berfokus pada peningkatan kualitas citra, namun berkembang untuk mengekstraksi informasi seiring kemajuan teknologi komputasi (Melvandino dkk., 2023).

Grayscale

Grayscale adalah proses konversi citra berwarna yang terdiri dari kanal merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*) menjadi citra keabuan. Pada citra grayscale 8-bit, tingkat keabuan direpresentasikan dalam rentang nilai 0 hingga 255, di mana 0 menunjukkan hitam dan 255 menunjukkan putih. Proses ini bertujuan menyederhanakan informasi visual sehingga memudahkan analisis citra.

Segmentasi

Segmentasi citra merupakan proses membagi citra digital menjadi beberapa bagian untuk memisahkan objek utama dari latar belakang berdasarkan karakteristik tertentu, seperti warna, intensitas, atau bentuk. Proses ini membantu analisis citra menjadi lebih terstruktur dan efisien karena objek yang akan diteliti dapat dikenali dengan lebih jelas.

Salah satu metode segmentasi yang umum digunakan adalah *thresholding*. Metode ini bekerja dengan menentukan nilai ambang tertentu untuk memisahkan objek dan latar belakang berdasarkan intensitas piksel pada citra *grayscale*. Hasil proses *thresholding* berupa citra biner, di mana piksel objek diberi nilai putih (1) dan piksel latar belakang diberi nilai hitam (0). Dengan demikian, objek pada citra dapat dipisahkan dan dianalisis dengan lebih mudah.

Deteksi Tepi Canny

Deteksi tepi merupakan teknik pengolahan citra yang digunakan untuk menegaskan batas dan kontur objek melalui perubahan intensitas piksel sehingga

membantu proses identifikasi objek (Triono & Murinto, 2015). Dalam penelitian ini digunakan metode Canny karena mampu menghasilkan tepi objek yang lebih jelas, tajam, dan lebih tahan terhadap derau (*noise*) dibandingkan metode deteksi tepi lainnya (Tsani dkk., 2019).

Langkah-langkah melakukan deteksi tepi Canny sebagai berikut (Flaurensia dkk., 2016):

- Penghalusan citra untuk mengurangi derau
- Menghitung nilai gradien yang merepresentasikan besarnya perubahan intensitas piksel
- Menghitung arah tepi dengan menentukan orientasi gradien piksel
- Menghubungkan Garis pada Citra Berdasarkan Nilai Arah Tepian, berfungsi untuk memastikan arah tepian tersimpan dengan benar sehingga keberadaan tepi yang sesungguhnya dapat dikenali
- Non Maximum Suppression (NMS)* adalah tahap yang bertujuan menipiskan tepi dengan mempertahankan hanya piksel yang memiliki nilai gradien maksimum secara lokal pada arah tepi.
- Hysteresis Thresholding* yang berfungsi menghilangkan garis tepi yang terputus-putus pada objek.

Dimensi Fraktal Box Counting

Menurut penelitian dari Hasang & Supardjo (2012), istilah fraktal pertama kali diperkenalkan oleh *Benoit Mandelbrot* pada tahun 1975 melalui publikasi makalahnya berjudul "*A Theory of Fractal Set*". Kata *fractal* berasal dari bahasa Latin *fractus* yang berarti memecah atau terbelah, yang mencerminkan sifat fraktal yang tersusun dari fragmen tidak beraturan.

Fraktal merupakan geometri tidak beraturan yang memiliki pola serupa pada berbagai skala (*self-similarity*). Berbeda dengan dimensi Euclid yang bernilai bulat, dimensi fraktal dapat berupa bilangan pecahan untuk merepresentasikan tingkat kompleksitas suatu objek (Ratri dkk., 2014). Dimensi fraktal digunakan untuk menggambarkan kerumitan bentuk objek, terutama objek alami yang sulit direpresentasikan menggunakan geometri biasa.

Salah satu metode yang umum digunakan untuk menghitung dimensi fraktal adalah Box Counting. Metode ini dilakukan dengan menutupi objek pada citra menggunakan kotak berukuran berbeda, lalu menghitung jumlah kotak yang menutupi objek

tersebut. Box Counting dipilih karena sederhana dan mampu merepresentasikan kompleksitas bentuk objek tidak beraturan pada citra (Juniati & Budayasa, 2016).

Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam perhitungan dimensi fraktal box counting:

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

Persamaan tersebut kemudian ditransformasikan ke bentuk logaritma untuk merepresentasikan hubungan skala pada dimensi fraktal melalui pembagian objek menjadi N dari keseluruhan objek:

$$D_f = \frac{\log N(r)}{\log(\frac{1}{r})} \quad (2)$$

Dimana:

D : nilai dimensi fractal

$N(r)$: banyak kotak yang ditutup oleh objek

r : ukuran kotak yang digunakan untuk menutup objek (variansi ukuran).

Setelah diperoleh bentuk algoritma untuk menentukan nilai dimensi fraktal (D_f), di mana nilai α diperoleh dari gradien grafik hasil pengukuran. Berikut adalah persamaan mencari kemiringan garis lurus pada citra:

$$\alpha = \frac{(\sum_{k=1}^n xy) - \frac{(\sum_{k=1}^n x)(\sum_{k=1}^n y)}{n}}{(\sum_{k=1}^n x^2) - \frac{(\sum_{k=1}^n x)^2}{n}} \quad (3)$$

K-Medoids

Clustering *K-Medoids* atau yang juga dikenal sebagai PAM (Partitioning Around Medoids) adalah teknik *clustering* berbasis partisi yang membagi n objek ke dalam k kluster dengan menggunakan medoid sebagai pusat kluster (Sindi dkk., 2020). Keunggulan utama metode ini adalah mampu menangani data dengan nilai ekstrem karena tidak memengaruhi penentuan pusat kluster secara langsung.

Berikut tahapan-tahapan metode *K-Medoids* (Pratiwi & Juniati, 2022):

- Menetapkan nilai k sebagai jumlah kluster yang akan dibentuk.
- Setiap data (objek) dikelompokkan ke dalam kluster terdekat dengan menggunakan persamaan *Euclidean Distance*:

$$d(x_{ij}, y_{kj}) = \sqrt{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (x_{ij} - y_{kj})^2} \quad (4)$$

Dimana

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

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

y_{kj} : pusat cluster ke- k pada variabel ke- j

m : banyak variabel

n : banyak objek

- Menentukan medoid baru secara acak pada setiap kluster
- Jarak setiap objek terhadap kandidat medoid baru dihitung kembali menggunakan Euclidean Distance.
- Nilai simpangan (S) dihitung dari selisih total jarak baru dan lama. Jika $S < 0$, maka medoid baru digunakan sebagai pusat kluster.
- Langkah ke-3 hingga ke-5 diulang sampai medoid tidak berubah dan diperoleh kluster akhir.

Setelah proses pengelompokan dengan metode *K-Medoids* selesai, dilakukan evaluasi untuk mengetahui kualitas hasil kluster berdasarkan tingkat kemiripan data pada setiap kluster.

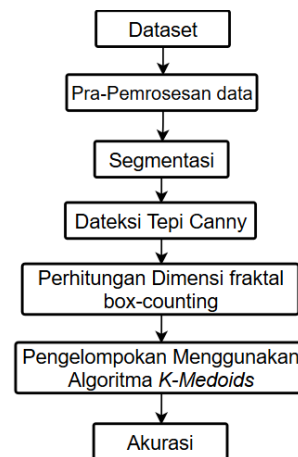
METODE (GUNAKAN STYLE SECTION)

Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa 120 citra yang diperoleh dari dataset Kaggle dan diakses secara online. Data terdiri dari 8 kelompok, di mana setiap kelompok mewakili satu jenis dengan masing-masing 15 citra. Jenis bintang laut yang diklasifikasikan adalah *Gomophia Egyptiaca*, *Leptasterias Hexactis*, *Tosia Australis*, *Luidia Maculata*, *Choriaster Granulatus*, *Astropecten Articulatus*, *Protoreaster Nodosus*, dan *Linckia Laevigata*.

Rancangan Penelitian

Tahapan penelitian untuk mencapai tujuan penelitian ini ditunjukkan dalam diagram alur pada gambar berikut:



Gambar 9. Diagram Alur

Berdasarkan Gambar 6, penelitian ini mengikuti tahapan sebagai berikut:

1. Dataset

Data diperoleh lewat situs web iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>). Penelitian ini mengambil sebanyak 120 citra bintang laut yang terdiri dari delapan jenis Bintang laut yang meliputi 15 citra *Gomophia Egyptiaca*, 15 citra *Leptasterias Hexactis*, 15 citra *Tosia Australis*, 15 citra *Luidia Maculata*, 15 citra *Choriaster Granulatus*, 15 citra *Astropecten Articulatus*, 15 citra *Protoreaster Nodosus*, dan 15 citra *Linckia Laevigata* dengan format .jpg/.jpeg.

2. Pra-Pemrosesan

Tahap pra-proses melibatkan beberapa langkah, yaitu:

a. Cropping

Cropping dilakukan untuk menghilangkan area yang tidak diperlukan sehingga proses pengolahan citra hanya berfokus pada objek utama, yaitu bentuk tubuh bintang laut.

b. Remove Background

Remove background atau hapus bagian latar belakang citra sebagai langkah awal pra-pemrosesan yang dilakukan supaya menghapus bagian latar belakang citra dan fokus pada bentuk tubuh bintang laut. Selanjutnya, dilakukan *resize*, ukuran citra disesuaikan menjadi 256x256 piksel.

c. Grayscale

Citra RGB dikonversi menjadi citra *grayscale* dengan melakukan perhitungan rata-rata nilai piksel dari citra RGB. Langkah ini bertujuan untuk mempertahankan ciri yang lebih optimal dalam variasi tepi pada citra.

3. Segmentasi

Segmentasi adalah langkah untuk memisahkan objek dari latar belakang agar objek dapat dikenali dan dianalisis. Tahap ini bertujuan mempermudah identifikasi bentuk bintang laut untuk analisis selanjutnya. Segmentasi dilakukan dengan metode *thresholding* pada citra *grayscale* sehingga menghasilkan citra biner yang memisahkan objek dan latar

belakang berdasarkan nilai ambang batas tertentu.

4. Deteksi Tepi Canny

Deteksi tepi Canny digunakan untuk mengekstraksi kontur utama bintang laut secara jelas dan stabil, sehingga bentuk lengan dan cakram pusat dapat direpresentasikan dengan baik sebagai dasar analisis dimensi fraktal menggunakan metode *Box counting*.

5. Perhitungan Dimensi Fraktal Menggunakan *Box Counting*

Dimensi fraktal digunakan untuk menghitung dan merepresentasikan kompleksitas bentuk tubuh bintang laut secara numerik sebagai dasar dalam proses klasifikasi.

6. Pengelompokan Menggunakan Algoritma *K-Medoids*

Dilakukan clustering menggunakan algoritma *K-Medoids* dengan bantuan software *RapidMiner*. Semua citra akan dikelompokkan menjadi 8 klaster berdasarkan nilai dimensi yang telah diperoleh.

7. Akurasi

Menghitung akurasi yang bertujuan untuk mengetahui tingkat ketepatan hasil pengelompokan sebelumnya. Dengan menggunakan persamaan :

$$\text{akurasi} = \frac{\text{jumlah prediksi benar}}{\text{Total data}} \times 100\% \quad (5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

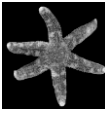
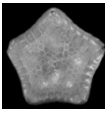
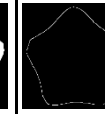
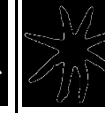
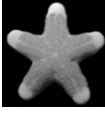
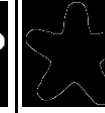
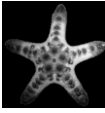
Pengolahan Citra

Pengolahan citra pada corak tubuh ikan laut ini menggunakan bantuan software *python*. Pemotongan citra dan Penghapusan latar belakang bertujuan untuk menghilangkan area yang tidak diperlukan, sehingga proses pengolahan citra dapat difokuskan pada objek utama, yaitu bentuk tubuh bintang laut. Langkah selanjutnya adalah ukuran citra diseragamkan menjadi 256x256 piksel, kemudian citra RGB diubah menjadi citra *grayscale*. Setelah itu, segmentasi menggunakan metode *thresholding* dengan nilai ambang sebesar 1 yang digunakan untuk membedakan antara latar belakang

dan objek Bintang laut. Lalu, deteksi tepi dengan metode Canny karena mampu menghasilkan garis tepi yang halus dan jelas serta efektif dalam mereduksi *noise* (derau).

Berikut hasil dari proses pengolahan citra untuk setiap jenis bintang laut :

Tabel 1. Hasil Pengolahan Citra

Jenis	Citra RGB	Gray-scale	Biner	Deteksi Tepi
<i>Gomophia Egyptiaca</i>				
<i>Leptasterias Hexactis</i>				
<i>Tosia Australis</i>				
<i>Luidia Maculata</i>				
<i>Choriaster Granulatus</i>				
<i>Protoreaster Nodosus</i>				
<i>Astropecten Articulus</i>				
<i>Linckia Laevigata</i>				

Dimensi Fraktal Box Counting

Hasil perhitungan dimensi fraktal tiap citra corak tubuh ikan laut menggunakan metode Box Counting dilakukan dengan bantuan software MATLAB sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai Dimensi Jenis *Gomophia Egyptiaca*

No.	Nilai Dimensi	No.	Nilai Dimensi
1.	1,3423	9.	1,3426
2.	1,3449	10.	1,3522
3.	1,3456	11.	1,3449
4.	1,3533	12.	1,3411
5.	1,3348	13.	1,3441

6.	1,3315
7.	1,3444
8.	1,3405

14.	1,3415
15.	1,351

Tabel 3. Nilai Dimensi Jenis *Leptasterias Hexactis*

No.	Nilai Dimensi	No.	Nilai Dimensi
1.	1,3111	9.	1,3085
2.	1,3093	10.	1,3146
3.	1,3082	11.	1,3128
4.	1,3079	12.	1,3125
5.	1,2914	13.	1,308
6.	1,3144	14.	1,3085
7.	1,3072	15.	1,3183
8.	1,3074		

Tabel 4. Nilai Dimensi Jenis *Tosia Australis*

No.	Nilai Dimensi	No.	Nilai Dimensi
1.	1,2176	9.	1,2168
2.	1,213	10.	1,221
3.	1,2127	11.	1,2127
4.	1,2185	12.	1,214
5.	1,2141	13.	1,2105
6.	1,2212	14.	1,2151
7.	1,2159	15.	1,2152
8.	1,2115		

Tabel 5. Nilai Dimensi Jenis *Luidia Maculata*

No.	Nilai Dimensi	No.	Nilai Dimensi
1.	1,391	9.	1,3828
2.	1,3884	10.	1,392
3.	1,3909	11.	1,3934
4.	1,3902	12.	1,3945
5.	1,389	13.	1,3979
6.	1,3761	14.	1,3997
7.	1,3968	15.	1,3769
8.	1,3817		

Tabel 6. Nilai Dimensi Jenis *Choriaster Granulatus*

No.	Nilai Dimensi	No.	Nilai Dimensi
1.	1,2638	9.	1,2674
2.	1,2578	10.	1,26
3.	1,264	11.	1,2641
4.	1,2574	12.	1,2536
5.	1,2592	13.	1,2669
6.	1,2663	14.	1,2685
7.	1,2545	15.	1,2655
8.	1,2583		

Tabel 7. Nilai Dimensi jenis *Protoreaster Nodosus*

No.	Nilai Dimensi	No.	Nilai Dimensi
1.	1,2766	9.	1,274
2.	1,276	10.	1,2742
3.	1,2754	11.	1,2765
4.	1,2641	12.	1,2715
5.	1,2717	13.	1,2693
6.	1,273	14.	1,2744
7.	1,2734	15.	1,2717
8.	1,272		

Tabel 8. Nilai Dimensi jenis *Astropecten Articulus*

No.	Nilai Dimensi	No.	Nilai Dimensi
1.	1,2977	9.	1,2881
2.	1,2932	10.	1,2903
3.	1,2913	11.	1,2884
4.	1,2939	12.	1,2919
5.	1,2888	13.	1,2816
6.	1,2979	14.	1,2911
7.	1,293	15.	1,2838
8.	1,2878		

Tabel 9. Nilai Dimensi jenis *Linckia Laevigata*

No.	Nilai Dimensi	No.	Nilai Dimensi
1.	1,3152	9.	1,3142
2.	1,321	10.	1,3172
3.	1,3213	11.	1,3239
4.	1,3181	12.	1,3502
5.	1,3214	13.	1,3284
6.	1,3337	14.	1,3047
7.	1,3217	15.	1,3253
8.	1,3208		

Berdasarkan tabel di atas, rata-rata nilai dimensi fraktal setiap jenis Bintang laut diperoleh sebagai berikut:

Tabel 10.

Jenis Hewan	Rata-Rata Dimensi
Gomophia Egyptiaca	1,3436
Leptasterias Hexactis	1,3093
Tosia Australis	1.2153
Luidia Maculata	1.3894
Choriaster Granulatus	1.2618
Astropecten Articulus	1.2729
Protoreaster Nodosus	1.2905
Linckia Laevigata	1.3224

K-Medoids Clustering

Dalam penelitian ini, proses pengelompokan jenis Bintang laut menggunakan algoritma *K-Medoids* dan software rapidminer berikut hasil yang diperoleh:

Tabel 11. Table Centroid

Tabel Centroid	
cluster_0	1.3253
cluster_1	1.2717
cluster_2	1.2641
cluster_3	1.2838
cluster_4	1.2152
cluster_5	1.3047
cluster_6	1.3769
cluster_7	1.3502

Dari tabel centroid yang ada diatas pada tabel 3, tahap selanjutnya adalah mengelompokkan data dimensi fraktal yang dibagi ke dalam delapan klaster, yaitu, *Gomophia Egyptiaca*, *Leptasterias Hexactis*, *Tosia Australis*, *Luidia Maculata*, *Choriaster Granulatus*, *Protoreaster Nodosus*, *Astropecten Articulus*, *Linckia Laevigata*. Berikut hasil yang diperoleh menggunakan software rapidminer:

Tabel 12. Hasil Pengelompokan Nilai Dimensi

Jenis	Cluster	Jenis	Cluster
GE1	cluster_7	CG1	cluster_2
GE2	cluster_7	CG2	cluster_2
GE3	cluster_7	CG3	cluster_2
GE4	cluster_7	CG4	cluster_2
GE5	cluster_0	CG5	cluster_2
GE6	cluster_0	CG6	cluster_2
GE7	cluster_7	CG7	cluster_2
GE8	cluster_7	CG8	cluster_2
GE9	cluster_7	CG9	cluster_2
GE10	cluster_7	CG10	cluster_2
GE11	cluster_7	CG11	cluster_2
GE12	cluster_7	CG12	cluster_2
GE13	cluster_7	CG13	cluster_2
GE14	cluster_7	CG14	cluster_1
GE15	cluster_7	CG15	cluster_2
LH1	cluster_5	PN1	cluster_1
LH2	cluster_5	PN2	cluster_1
LH3	cluster_5	PN3	cluster_1
LH4	cluster_5	PN4	cluster_2

LH5	cluster_3	PN5	cluster_1
LH6	cluster_5	PN6	cluster_1
LH7	cluster_5	PN7	cluster_1
LH8	cluster_5	PN8	cluster_1
LH9	cluster_5	PN9	cluster_1
LH10	cluster_5	PN10	cluster_1
LH11	cluster_5	PN11	cluster_1
LH12	cluster_5	PN12	cluster_1
LH13	cluster_5	PN13	cluster_1
LH14	cluster_5	PN14	cluster_1
LH15	cluster_0	PN15	cluster_1
TA1	cluster_4	AA01	cluster_5
TA2	cluster_4	AA02	cluster_3
TA3	cluster_4	AA03	cluster_3
TA4	cluster_4	AA04	cluster_3
TA5	cluster_4	AA05	cluster_3
TA6	cluster_4	AA06	cluster_5
TA7	cluster_4	AA07	cluster_3
TA8	cluster_4	AA08	cluster_3
TA9	cluster_4	AA09	cluster_3
TA10	cluster_4	AA10	cluster_3
TA11	cluster_4	AA11	cluster_3
TA12	cluster_4	AA12	cluster_3
TA13	cluster_4	AA13	cluster_3
TA14	cluster_4	AA14	cluster_3
TA15	cluster_4	AA15	cluster_3
LM1	cluster_6	LL1	cluster_0
LM2	cluster_6	LL2	cluster_0
LM3	cluster_6	LL3	cluster_0
LM4	cluster_6	LL4	cluster_0
LM5	cluster_6	LL5	cluster_0
LM6	cluster_6	LL6	cluster_0
LM7	cluster_6	LL7	cluster_0
LM8	cluster_6	LL8	cluster_0
LM9	cluster_6	LL9	cluster_5
LM10	cluster_6	LL10	cluster_0
LM11	cluster_6	LL11	cluster_0
LM12	cluster_6	LL12	cluster_7
LM13	cluster_6	LL13	cluster_0
LM14	cluster_6	LL14	cluster_5
LM15	cluster_6	LL15	cluster_0

Berdasarkan tabel 12 hasil pengeelompokkan menggunakan algoritma *K-Medoids* dapat dilihat bahwa cluster 0 mewakili bintang laut jenis *Linckia Laevigata*, cluster 1 mewakili bintang laut jenis

Protoreaster Nodosus, cluster 2 mewakili citra bintang laut jenis *Choriaster Granulatus*, cluster 3 mewakili bintang laut jenis *Astropecten Articulatus*, cluster 4 mewakili bintang laut jenis *Tosia Australis*, cluster 5 mewakili bintang laut jenis *Leptasterias Hexactis*, cluster 6 mewakili bintang laut jenis *Luidia Maculata*, cluster 7 mewakili citra bintang laut jenis *Gomophia Egyptiaca*.

Akurasi

Setelah melalui proses klasifikasi dengan algoritma *K-Medoids*, langkah selanjutnya adalah menghitung keakuratan data dalam pengelompokan jenis bintang laut.

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \frac{\text{jumlah prediksi benar}}{\text{Total data}} \times 100\% \\
 &= \left(\frac{109}{120} \right) \times 100\% \\
 &= 90,83\%
 \end{aligned}$$

PENUTUP

SIMPULAN

Setelah melakukan analisis dalam klasifikasi bintang laut. Berikut beberapa kesimpulan dalam penelitian ini:

1. Dalam proses analisis citra bintang laut yang melalui beberapa tahap, mulai dari pra-pemrosesan citra yang meliputi *remove background*, *cropping*, hingga *grayscale*. Kemudian citra *grayscale* dikonversi menjadi citra biner dengan metode *thresholding* untuk memisahkan objek dari latar belakang agar objek mudah untuk dianalisis, kemudian tahapan deteksi tepi metode *canny*. Setelah bentuk tubuh objek didapat, dihitung nilai dimensi fraktal menggunakan *box counting*, yang hasilnya akan dilakukan clustering menggunakan algoritma *K-Medoids* untuk klasifikasi jenis bintang laut.
2. Hasil klasifikasi dimensi fraktal bentuk tubuh bintang laut menggunakan algoritma *K-Medoids* pada 120 data iNaturalist memperoleh akurasi 90,83%, dengan 109 data terklasifikasi benar ke dalam 8 cluster. Hal ini menunjukkan bahwa metode dimensi fraktal *box counting* dan *K-Medoids* efektif untuk klasifikasi jenis bintang laut.

SARAN

Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan citra dengan kualitas tinggi dan pencahayaan lebih stabil untuk detail morfologi bintang laut. Selain itu, metode lain selain *Box Counting* dan *K-Medoids* dapat dikembangkan untuk meningkatkan akurasi klasifikasi jenis hewan serta mengembangkan pemahaman mengenai metode klasifikasi yang lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Flaurensia, F., Rismawan, T., & Hidayati, R., 2016. Pengenalan Motif Batik Indonesia Menggunakan Deteksi Tepi Canny Dan Template Matching. *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, 4(2), 130–140
- Hariyati, A. (2025). Analisis Dominansi Spesies Bintang Laut Di Kawasan Pantai Awang, Kabupaten Lombok Tengah. *Biocaster: Jurnal Kajian Biologi*, 5(1), 34–42.
- URL <https://doi.org/10.1007/bf00349375>
- Harrar, K., & Hamami, L., 2007. The *Box counting* Method For Evaluating The Fractal Dimension In Radiographic Images. In *Proceedings Of The 6th WSEAS International Conference On Circuits, Systems, Electronics, Control & Signal Processing* (Pp. 385–389). WSEAS
- Hasang, S., & Supardjo, S., 2012. Geometri Fraktal Dalam Rancangan Arsitektur. *Media Matrasain*, 9(1), 111–124.
- Ho, J. C., Chang, J. J. M., Chan, Y. K. S., Lane, D. J. W., & Huang, D., 2025. Diversity Of Starfish (Echinodermata: Asteroidea) In Singapore. *Raffles Bulletin Of Zoology*, 73, 336–347.
- Juniati, D., dan Budayasa, I. K., 2016. *Geometri Fraktal dan Aplikasinya*. Surabaya: Unesa University Press.
- Kurniawati, Y., Maramis AY., Mudloifah, I., Rahayu, D.A., 2023. Abundance And Potential Of Asteroidea As Bioindicator Of Lead (Pb) In The Coastal Zone At Bangkalan Regency, Madura. *Biotropika: Journal Of Tropical Biology* 11(2): 94–100.
- Mah, C. L., & Blake, D. B., 2012. Global Diversity And Phylogeny Of The Asteroidea (Echinodermata). *Plos ONE* 7(4): E35644
- Melvandino, F. H., Akram, A., Bragaswara, W. Y., & Heriyan, O., 2023. Implementasi Metode Background Subtraction Untuk Menghitung Objek Kendaraan Dengan Video Berbasis Opencv. *ATE*, 3(1)
- Nursakinah, Rahman, I., & Buhari, N., 2024. Keanekaragaman Dan Kelimpahan Bintang Laut Di Daerah Pesisir Dusun Pandanan, Kecamatan Sekotong Barat, Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 10(2), 231–245.
- Pratiwi, E. H. & Juniati, D. (2022). Clustering Penyakit Paru-Paru Berdasarkan Rontgen Dada Menggunakan Dimensi Fraktal *Box Counting* Dan *K-Medoids*. *Jurnal Riset Dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, 6(1), 1–12.
- Puspitasari, D., & 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).
- Ratri, A. A., Purnomo, K. D., & Riwansia, R. R., 2014. Aplikasi Dimensi Fraktal Pada Bidang Biosains. In *Prosiding Seminar Nasional Matematika*. Universitas Jember.
- Setyowati, D. A., Supriharyono, & Taufani, W. T., 2017. Bioekologi Bintang Laut (Asteroidea) Di Perairan Pulau Menjangan Kecil, Kepulauan Karimunjawa. *Journal Of Maquares: Management Of Aquatic Resources*, 6(4), 393–400.
- Sindi, S., Orktaipia Ninge, W. R., Sihombing, I. A., Zer, F. I. R. H., & Hartama, D., 2020. Analisis Algoritma *K-Medoids* Clustering Dalam Pengelompokan Penyebaran COVID-19 Di Indonesia. *Jurnal Teknologi Informasi*, 4(1).
- Tsani, N. B., Harliana, & Rachman, A., 2019. Implementasi Deteksi Tepi Canny Dengan Transformasi Power Law Dalam Mendeteksi Stadium Kanker Serviks. *Jurnal Ilmiah INTECH (Information Technology Journal) Of UMUS*, 1(1), 22–33.
- Triono, P., & Murinto. 2015. Aplikasi Pengolahan Citra Untuk Mendeteksi Fraktur Tulang Dengan Metode Deteksi Tepi Canny. *Jurnal Informatika*, 9(2).
- Zamani, N. P. 2015. Kondisi Terumbu Karang Dan Asosiasinya Dengan Bintang Laut (Linckia Laevigata) Di Perairan Pulau Tunda, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 6(1), 1–10.