

**PENERAPAN DIMENSI FRAKTAL HIGUCHI DALAM KLASIFIKASI JENIS MONYET BERDASARKAN SUARA DENGAN METODE K-NEAREST NEIGHBOR (K-NN)**

**Fika Yulistina**

Program Studi Matematika, FMIPA , Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia  
fika.20037@mhs.unesa.ac.id

**Dwi Juniati**

Program Studi Matematika, FMIPA , Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia  
Penulis Korespondensi : dwijuniati@unesa.ac.id

**Abstrak**

Monyet merupakan salah satu jenis mamalia primata yang termasuk dalam sub-ordo *Anthropoide*. Beberapa spesies monyet telah mengalami penurunan jumlah secara signifikan pada beberapa dekade terakhir, oleh karena itu diperlukan suatu metode untuk mendeteksi keberadaan populasi monyet di suatu wilayah sebagai upaya untuk meningkatkan konservasi monyet agar terhindar dari ancaman kepunahan. Diketahui bahwa sebagian besar habitat monyet adalah hutan yang merupakan alam bebas dengan memiliki banyak pohon dan berbagai satwa lain di dalamnya, hal ini mengakibatkan keterbatasan untuk mendeteksi populasi monyet di suatu wilayah. Dalam komunikasi vokal, monyet mengeluarkan berbagai jenis suara, dimana suara yang dikeluarkan oleh monyet dari jenis yang berbeda dapat menghasilkan sinyal suara yang berbeda, sehingga memunculkan suatu karakteristik. Dari informasi karakteristik tersebutlah pada penelitian ini akan dilakukan klasifikasi jenis monyet berdasarkan suara dengan menerapkan metode dimensi fraktal *Higuchi* dan klasifikasi *K-Nearest Neighbor* (K-NN). Tahapannya yaitu *pre-processing* data, kemudian ekstraksi ciri dengan dekomposisi suara hingga level 7 menggunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) berjenis *mother wavelet Daubechies db4*. Selanjutnya melakukan perhitungan nilai *Higuchi*. Dari nilai *Higuchi* yang telah didapat, dilakukan tahap klasifikasi K-NN. Pada penelitian ini menggunakan rasio pembagian data menjadi data *training* dan data *testing* sebesar 0,5 : 0,5, pada  $K_{max} = 50$  dan  $k = 3$  didapatkan hasil akurasi tertinggi yaitu sebesar 90,38%. Dari hasil akurasi yang tinggi disimpulkan bahwa metode *Higuchi* dan K-NN dapat diterapkan pada klasifikasi jenis monyet berdasarkan suara.

**Kata Kunci:** Monyet, Dimensi Fraktal *Higuchi*, *K-Nearest Neighbor* (K-NN).

**Abstract**

Monkeys are one type of primate mammal that belongs to the *Anthropoide* sub-order. Some monkey species have experienced a significant decline in numbers in recent decades, therefore a method is needed to detect the presence of monkey populations in an area as an effort to improve monkey conservation to avoid the threat of extinction. It is known that most of the monkey's habitat is a forest which is a wild nature with many trees and various other animals in it, this causes limitations to detect the monkey population in an area. In vocalization communication, monkeys emit various types of sounds, where the sounds emitted by monkeys of different types can produce different sound signals, giving rise to a characteristic. From this characteristic information, this research will classify monkey species based on sound by applying the *Higuchi* fractal dimension method and *K-Nearest Neighbor* (K-NN) classification. The steps are data *pre-processing*, then feature extraction with sound decomposition up to level 7 using *Discrete Wavelet Transform* (DWT) of *Daubechies db4* mother wavelet type. Next, calculate the *Higuchi* value. From the *Higuchi* value that has been obtained, the K-NN classification step is carried out. In this study using the ratio of data division into training data and testing data of 0.5: 0.5, when the  $K_{max} = 50$  and  $k = 3$  the highest accuracy result is obtained, which is 90.38%. From these high results it is concluded that the *Higuchi* method and K-NN can be applied to the classification of monkey species based on sound.

**Keywords:** Monkey, *Higuchi* Fractal Dimension, *K-Nearest Neighbor* (K-NN).

**PENDAHULUAN**

Monyet merupakan salah satu jenis mamalia primata yang termasuk dalam sub-ordo *Anthropoide* (Groves C. , 2018). Ada lebih dari 260 spesies monyet

yang dibagi menjadi dua jenis, yaitu monyet dunia lama dan dunia baru, penggolongan ini berdasarkan tempat ditemukannya (Gonzalez, 2023).

Sebagian besar monyet tinggal di kawasan hutan dan beberapa spesies dapat ditemukan di sabana atau di daerah pegunungan. Beberapa spesies

monyet telah mengalami penurunan jumlah secara signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Dari jumlah populasi yang melimpah menjadi hanya 1.000 ekor yang tersisa di alam liar (*Monkey World*, n.d.).

Dalam bertahan hidup, monyet berkomunikasi menggunakan vokal, ekspresi wajah, dan gerak tubuh. Pada komunikasi vokal, monyet mengeluarkan berbagai jenis suara yaitu gonggongan, jeritan, dengusan, mencicit, teriakan, rintihan, dan erangan (*monkey*, 2023). Spesies monyet yang berbeda mengeluarkan jenis suara yang berbeda. Sehingga suara yang dikeluarkan oleh monyet dapat digunakan untuk mengidentifikasi monyet dan untuk memantau populasi monyet di suatu wilayah (Aldrich, Molleson, & Nekaris, 2008).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka diperlukan suatu metode untuk mendeteksi keberadaan populasi monyet di suatu wilayah sebagai upaya untuk meningkatkan konservasi monyet. Di sisi lain, diketahui bahwa sebagian besar habitat monyet adalah hutan. Hutan merupakan alam bebas yang memiliki banyak pohon dan berbagai satwa lain di dalamnya, hal ini mengakibatkan keterbatasan untuk mendeteksi populasi monyet. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan suatu metode klasifikasi jenis monyet berdasarkan informasi suara.

Pada penelitian ini akan dilakukan klasifikasi jenis monyet berdasarkan suara. Dimana suara yang dikeluarkan oleh monyet dari jenis yang berbeda dapat menghasilkan sinyal suara yang berbeda, sehingga memunculkan suatu karakteristik. Informasi karakteristik sinyal ini kemudian diproses menggunakan suatu metode dimensi fraktal *Higuchi*. Dengan mengetahui nilai dimensi fraktal, dan dilakukan klasifikasi dengan metode *K-Nearest Neighbor* (K-NN).

Dimensi fraktal adalah indikator untuk mendapatkan ciri dari suatu pola fraktal dengan menghitung tingkat kerumitannya selaku perbandingan perubahan secara perinci terhadap parameter perubahan (Juniati, Khotimah, Wardani, & Budayasa, 2018). Menurut Winarti et al (2018) Dari berbagai jenis metode untuk dimensi fraktal, yang lebih tepat untuk melakukan perhitungan sinyal suara adalah metode dimensi fraktal *Higuchi* karena sangat efisien dalam menghitung nilai kurva dan data deret waktu. Terdapat beberapa peneliti yang telah menggunakan dimensi fraktal untuk

menganalisis berbagai sinyal suara, yang dapat menjadi acuan dalam penelitian ini. Dalam sebuah penelitian, Juniati et al (2018) menggunakan dimensi fraktal, metode *K-Nearest Neighbor* (K-NN) dan *Fuzzy C-Means* untuk menganalisis rekaman suara jantung. Mereka mampu mengelompokkan jenis penyakit jantung menggunakan metode-metode tersebut, dengan metode K-NN yang mencapai akurasi sebesar 86,17% dan metode *Fuzzy C-Means* sebesar 78,56%. Nunaiskhah (2022) yang melakukan analisis untuk pengelompokan jenis jangkrik berdasarkan suara menggunakan dimensi fraktal *Higuchi* dan K-NN mencapai akurasi sebesar 90%. Yania (2023) yang melakukan pengelompokan jenis *passeriformes* dengan metode dimensi fraktal *Higuchi* dan K-NN mencapai akurasi sebesar 90%. Berdasarkan hasil penelitian-penelitian terdahulu tersebut, menunjukkan bahwa metode dimensi fraktal *Higuchi* dan *K-Nearest Neighbor* (K-NN) adalah metode terbaik untuk melakukan klasifikasi atau pengelompokan jenis suara. Hasil dari klasifikasi ini diharapkan dapat membantu untuk mendeteksi adanya populasi monyet dalam suatu wilayah, sebagai upaya meningkatkan kelestarian monyet di dunia.

## KAJIAN TEORI

### A. Monyet

Monyet merupakan salah satu jenis mamalia primata yang termasuk dalam sub-ordo *Anthropoidea*. Monyet memiliki otak yang besar dan dikenal karena kecerdasan dan keingintahuannya yang tinggi. Sebagian besar spesies hidup di hutan tropis (Groves C., 2018; Groves C. P., 2023).

Ada lebih dari 260 spesies monyet di dunia yang dibagi menjadi dua kelompok utama, yaitu monyet dunia lama dan dunia baru, penggolongan ini berdasarkan tempat ditemukannya (Gonzalez, 2023). Keluarga *Cercopithecidae* (Monyet Dunia Lama) terdiri dari 103 spesies atau lebih dalam 21 marga dari Afrika dan Asia. Monyet dunia lama termasuk banyak yang sering terlihat di kebun binatang. Keluarga *Platyrrhini* (Monyet Dunia Baru) terdiri dari 94 spesies atau lebih dalam 5 famili dari Amerika Tengah dan Selatan yang beriklim tropis

(Groves C. P., 2023). Berikut 7 jenis monyet yang akan digunakan dalam penelitian ini :

1. *Common Squirrel Monkey*

*Common squirrel monkey* atau *squirrel monkey* (*Saimiri sciureus*) merupakan monyet yang paling banyak ditemukan di hutan tepi sungai di Guianas dan lembah Sungai Amazon. *Squirrel monkey* termasuk dalam kelompok monyet dunia baru. Mereka berkomunikasi dengan setidaknya 26 panggilan yang berbeda, termasuk gonggongan, dengkur, jeritan, suara mengintip, dan cicit (*common squirrel monkey, n.d.*).



Gambar 1. *Common Squirrel Monkey*  
Sumber : brevardzoo.org

2. *De Brazza's Monkey*

*De brazza's monkey* (*Cercopithecus neglectus*) adalah monyet dunia lama dan termasuk monyet hutan endemik Afrika sub-sahara. Beberapa populasi hidup dalam kelompok jantan dan betina. Jantan mengeluarkan suara menggelegar untuk mengumpulkan kelompoknya dan menetapkan wilayah mereka. Betina dikenal suka menggeram pada manusia (Walker, 2022).



Gambar 2. *De Brazza's Monkey*  
Sumber : Shutterstock.com

3. *Diana Monkey*

*Diana monkey* (*Cercopithecus diana*) termasuk dalam kelompok monyet dunia lama yang habitatnya tersebar dari

Sierra Leone hingga Ghana, di Afrika Barat. Monyet ini berkomunikasi satu sama lain dengan panggilan dan isyarat visual. Komunikasi vokal mereka meliputi vokal umum, peringatan dan panggilan (Kennedy, 1999).



Gambar 3. *Diana Monkey*  
Sumber : Zoo Leipzig

4. *Geoffroy's Spider Monkey*

*Geoffroy's spider monkey* (*Ateles geoffroyi*) disebut juga monyet laba-laba hitam merupakan hewan asli Amerika Tengah. Habitatnya tersebar di berbagai jenis hutan di Meksiko, Belize, Kosta Rika, El Savador, Geatemala, Honduras, Nikaragua, dan Panama. Monyet ini termasuk dalam kelompok monyet dunia baru (Downey, 2017). Dalam komunikasi vokal, *Geoffroy's spider monkey* mengeluarkan suara gonggongan, ringkikan, jeritan, dan berbagai suara lainnya (Downey, 2017).



Gambar 4. *Geoffroy's spider monkey*  
Sumber : naturephoto-cz.com

5. *Proboscis Monkey*

*Proboscis monkey* (*Nasalis larvatus*) disebut Bekantan dalam bahasa Indonesia, merupakan monyet endemik dari Pulau Kalimantan, Indonesia. Bekantan dikenal sebagai monyet hidung panjang dan salah satu monyet terbesar di Asia. Bekantan dikenal

dengan vokalnya yang unik. Vokal merupakan hal sangat penting, dan mereka menggunakan berbagai vokal seperti ringkikan, erangan, jeritan, dan raungan keras dalam berkomunikasi (Lussier, 2023).



Gambar 5. *Proboscis Monkey*

Sumber : [neprimateconservancy.org](http://neprimateconservancy.org)

6. *Rhesus Monkey*

*Macaque rhesus* atau *rhesus monkey* (*Macaca mulatta*), primata berwarna pasir yang berasal dari hutan tetapi juga ditemukan hidup berdampingan dengan manusia di India bagian utara, Nepal, Cina bagian timur dan selatan, dan Asia Tenggara bagian utara. *Rhesus Monkey* termasuk dalam kelompok monyet dunia lama. Mereka berkomunikasi melalui gerak tubuh dan vokal. Pada komunikasi vokal mereka umumnya memekik atau mencicit, dan meringis (*rhesus monkey*, 2023).



Gambar 6. *Rhesus Monkey*

Sumber : [researchmatters.in](http://researchmatters.in)

7. *Vervet Monkey*

*Vervet monkey* (*Cercopithecus pygerythrus*) merupakan monyet yang termasuk dalam kelompok monyet dunia lama. Monyet ini hidup di berbagai jenis hutan dan sabana terbuka di seluruh Afrika (Romulondi, 2018).

*Vervet monkey* menggunakan berbagai macam panggilan dalam berkomunikasi. Panggilan tersebut

dilakukan pada saat menginginkan sesuatu, saat kesakitan atau kesusahan, dan pada saat peringatan ada predator. Vokal yang dihasilkan dalam berbagai panggilan ini juga memiliki berbagai keunikan (Romulondi, 2018).



Gambar 7. *Vervet Monkey*

Sumber : [animalspot.net](http://animalspot.net)

**B. Transformasi Wavelet**

Transformasi wavelet adalah metode yang umumnya diaplikasikan untuk penekanan noise dan ekstraksi fitur dari gambar *ultrasound* tertentu. Pemilihan pengaturan sistem transformasi wavelet dapat berpengaruh pada efisiensi prosedur *denoising* secara signifikan. Metode berbasis wavelet sangat efektif karena serbaguna dengan implementasi yang relatif sederhana, dan kemampuan pengurangan noise yang baik pada tingkat noise yang lebih tinggi (Vilimek, et al., 2022).

**C. Discrete Wavelet Transformation (DWT)**

*Discrete wavelet transformation* adalah sistem yang diaplikasikan untuk mengurangi kumpulan representasi fitur. Transformasi ini melakukan analisis sinyal pada skala yang berbeda dan menyajikannya dalam skala waktu menggunakan teknik *filtering* dengan filter berbeda daripada *cut-off frequency*. DWT didefinisikan sebagai berikut (Juniati et al., 2018) :

$$DWT(j, k) = \sum_{t=-\infty}^{\infty} x(t) \frac{1}{\sqrt{2^j}} \psi\left(\frac{t - 2^j k}{2^j}\right)$$

DWT mendukung berbagai *mother wavelet*, seperti *Harr*, *Daubechies*, *Biorthogonal*, *Symlet*, *Meyer*, dan *Coiflets*. *Wavelet Haar* adalah *mother wavelet* yang pertama dan paling sederhana, sedangkan *wavelet*

*Daubechies* adalah keluarga wavelet ortogonal (Rhif, Ben Abbes, Farah, Martinez, & Sang, 2019). Proses DWT pada sinyal suara akan membagi sinyal satu dimensi menjadi dua bagian yaitu frekuensi tinggi dan frekuensi rendah. Pembagian ini yang dinamakan proses dekomposisi sinyal suara (Pamela & Juniati, 2021).

**D. Geometri Fraktal**

Geometri fraktal adalah studi formal tentang struktur yang serupa sebagai dasar konseptual untuk pemahaman kompleksitas alam. Sifat yang dimiliki geometri fraktal antara lain yaitu repetisi, penskalaan, dan kemiripan diri. Fraktal dibentuk dengan pola yang sangat sederhana (Wahyuningsih & Hernadi, 2020). Istilah fraktal atau *fractal* diperkenalkan oleh Mendelbrot pada 1975, berasal dari istilah latin "*fractus*" yang bermakna "patah" atau "rusak". Fraktal mempelajari himpunan tak regular atau fungsi yang tidak teratur. Geometri fraktal ini pertama kali muncul melalui analisis fungsi *Weierstrass*, himpunan *Cantor*, segitiga *Sierpinski*, dan kurva salju *Koch* (Juniati & Budayasa, 2016). Dimensi fraktal juga dikenal sebagai metode berkonsep lebih sederhana dibandingkan dengan dimensi *Haudsforff*. Dalam perhitungan dimensi fraktal, analisis himpunan dengan berbagai jenis dapat menjadi konsep yang mendasari di dalamnya (Sofiani & Juniati, 2022).

**E. Higuchi**

*Higuchi* adalah salah satu algoritma yang digunakan secara luas untuk menghitung sifat fraktal sinyal fisik non-linear yang kompleks. Algoritma ini dinilai lebih stabil, cepat, akurat, murah, dan lebih baik daripada metode linier dalam menganalisis data besar (Wanliss, Arriza, Wanliss, & Gordon, 2021). *Higuchi* merupakan algoritma untuk melakukan perhitungan dimensi fraktal dalam bentuk deret waktu. Misalnya, diberi deret waktu  $X[k]$  dengan  $k = 1, 2, 3, \dots, n$ . Algoritma yang digunakan untuk menghitung nilai dimensi fraktal Higuchi pada deret waktu ini adalah sebagai berikut (Juniati, Khotimah, Wardani, & Budayasa, 2018):

- a. Deret waktu  $X[k]$  diperoleh deret waktu baru  $X_z^k$ , didefinisikan sebagai berikut :

$$X_z^k = \{X[z], X[z + k], \dots, X[z + \text{int}(\frac{N-z}{k}) \cdot k]\}$$

Dimana  $z$  dan  $k$  adalah bilangan bulat,  $k$  merupakan interval waktu diskrit dan  $z$  merupakan nilai waktu dari  $z = 1, 2, 3, \dots, k$ .

- b. Panjang setiap deret waktu baru didefinisikan sebagai berikut :

$$L(z, k) = \frac{\left\{ \sum_{i=1}^{\text{int}(\frac{N-z}{k})} |x[z+ik] - x[z+(i-1)k]| \frac{N-1}{\text{int}(\frac{N-z}{k}) \cdot k} \right\}}{t}$$

Dimana  $\frac{N-1}{\text{int}(\frac{N-z}{k}) \cdot k}$  merupakan faktor normalisasi,  $N$  merupakan panjang dari deret waktu asli dan  $|x[z + ik] - x[z + (i - 1)k]| = h_i$ . Maka didapatkan  $L(z, k)$  yang merupakan jumlah normalisasi Panjang segmen baru dari  $h_i$ . Setiap  $h_i$  mempresentasikan nilai jarak yang berbeda pada korodinat pasangan titik sejauh  $k$ , dimulai dari sampel ke  $z$ ,  $x[z]$  dengan  $z = 1, 2, 3, \dots, k$ .

- c. Panjang kurva untuk interval waktu  $k$  didapatkan dengan membagi semua sub deret  $L(z, k)$  dengan  $k$ . Untuk  $z = 1, 2, 3, \dots, k$  didapatkan persamaan :

$$L(k) = \frac{\sum_{z=1}^k L(z, k)}{k}$$

- d. Dimensi fraktal *Higuchi* dapat diinterpretasikan sebagai kemiringan garis yang tepat dengan  $\left\{ \ln(L(k)), \ln\left(\frac{1}{k}\right) \right\}$  kemudian diestimasi dengan kuadrat linear yang tepat, sehingga didapatkan hasil dimensi fraktal *Higuchi* :

$$L(k) = k^{-HFD}$$

$$L(k) = \frac{1}{k^{HFD}}$$

**F. K-Nearest Neighbor (K-NN)**

*K-Nearest Neighbor* (K-NN) adalah salah satu pengklasifikasian yang paling sederhana. Inti dari pengklasifikasiannya bergantung pada pengukuran jarak atau kemiripan antara sampel data *training* dan data *testing*. K-NN terdiri dapat dijadikan dasar pengklasifikasi untuk berbagai masalah klasifikasi pola seperti pengenalan pola, kategorisasi teks, model pemeringkatan, pengenalan objek, dan aplikasi pengenalan peristiwa (Abu Alfeilat,

et al., 2019). Data testing akan diproyeksi ke dimensi beruang banyak, dimana tiap dimensi mewakili dari karakteristik data (Ariani & Juniati, 2022). Tahapan dalam perhitungan algoritma K-NN yaitu dengan menentukan parameter K, menghitung jarak *euclidean*, mengurutkan jarak dan menentukan tetangga terdekat dengan jarak minimum ke-k, mengklasifikasi ke dalam kelas yang sesuai, menemukan jumlah kelas hasil klasifikasi (Juniati, Khotimah, Wardani, & Budayasa, 2018).

## METODE

### A. Data

Data suara yang digunakan berupa data sekunder yang diperoleh melalui website Museum Fuernaturkunde Berlin dengan format .wav yang dapat diakses pada <https://www.museumfuernaturkunde.berlin/de/wissenschaft/tierstimmenarchiv>. Data berjumlah 105 yang terdiri dari 7 jenis monyet yaitu *Common Squirrel Monkey*, *De Brazza Monkey*, *Diana Monkey*, *Geoffroy's Spider Monkey*, *Proboscis Monkey*, *Rhesus Monkey*, dan *Vervet Monkey* dengan masing-masing 15 suara.

### B. Pre-Processing

Data suara yang diperoleh akan diproses terlebih dahulu untuk memudahkan pengolahan data, yaitu dengan pemotongan, *filtering*, dan normalisasi. Pemotongan dilakukan agar setiap data berdurasi sama. *Filtering* dilakukan dengan *software* Audacity bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan *noise* suara. Kemudian normalisasi menggunakan *software* Matlab 2018a untuk mengubah rentang amplitudo pada setiap data menjadi -1 sampai 1 agar saat dilakukan proses ekstraksi ciri, sinyal suara tidak terpengaruh oleh perubahan amplitudo.

### C. Ekstraksi Ciri

Proses ekstraksi ciri dilakukan untuk mengetahui informasi karakteristik atau ciri pada setiap data dengan metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Proses ini dilakukan dengan *software* Matlab 2018a. Proses DWT ini akan dilakukan dekomposisi wavelet level 7. *Mother wavelet* yang

digunakan adalah *Daubechies db4*, dimana menurut Widhyanti dan Juniati (2021) *mother wavelet* tersebut adalah yang terbaik.

### D. Metode Higuchi

Sinyal suara dari proses ekstraksi ciri pada tahap ini akan dihitung nilai dimensi fraktal *Higuchi* menggunakan *software* Matlab 2018a. Pada penelitian ini dipilih  $K_{max}=50$  dan  $K_{max}=60$ .

### E. Klasifikasi K-NN

Pada tahap ini, nilai dimensi yang telah diperoleh, akan dilakukan proses pengolahan data dengan menggunakan *software* RapidMiner Studio. Pertama-tama dilakukan *split* data menjadi data *testing* dan data *training* dengan perbandingan yang ditentukan, yaitu 0,1 : 0,9 sampai 0,9 : 0,1. Kemudian dilakukan pengklasifikasian menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN).

### F. Akurasi

Tahapan menentukan nilai akurasi bertujuan untuk mengetahui bagaimana tingkat berhasilnya suatu metode yang diaplikasikan dalam menganalisa data. Pada penelitian ini, nilai akurasi didapatkan setelah proses K-NN dilakukan. Nilai akurasi didapatkan dari persamaan berikut :

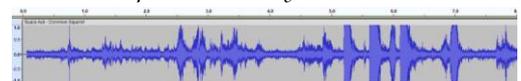
$$Akurasi = \left( \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \right) \times 100\%$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

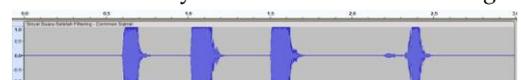
### A. Pre-Processing

Pada penelitian ini digunakan data suara monyet yang diperoleh dari website di atas. Data suara tersebut dilakukan pemotongan dengan masing-masing berdurasi 3 detik. Setelah itu dilakukan proses *filtering* yaitu mengurangi atau menghilangkan *noise* dengan menggunakan *software* Audacity. Hasil *filtering* dapat dilihat pada gambar berikut.

#### 1. Common Squirrel Monkey

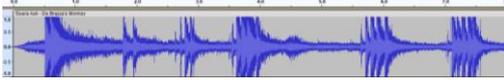


Gambar 8. Sinyal Suara Sebelum *Filtering*

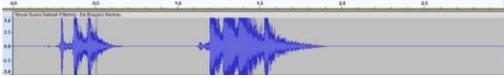


Gambar 9. Sinyal Suara Setelah *Filtering*

2. *De Brazza's Monkey*



Gambar 10. Sinyal Suara Sebelum *Filtering*

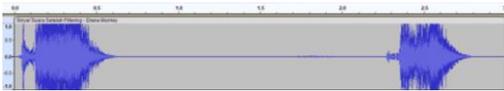


Gambar 11. Sinyal Suara Setelah *Filtering*

3. *Diana Monkey*

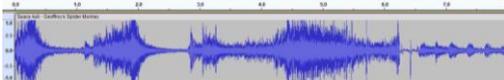


Gambar 12. Sinyal Suara Sebelum *Filtering*



Gambar 13. Sinyal Suara Setelah *Filtering*

4. *Geoffroy's Spider Monkey*

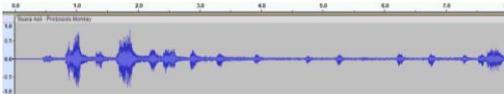


Gambar 14. Sinyal Suara Sebelum *Filtering*



Gambar 15. Gambar 10. Sinyal Suara Sebelum *Filtering*

5. *Proboscis Monkey*

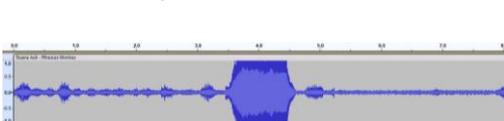


Gambar 16. Sinyal Suara Sebelum *Filtering*

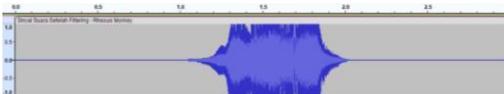


Gambar 17. Gambar 10. Sinyal Suara Sebelum *Filtering*

6. *Rhesus Monkey*

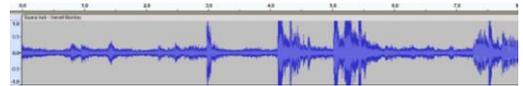


Gambar 18. Sinyal Suara Sebelum *Filtering*

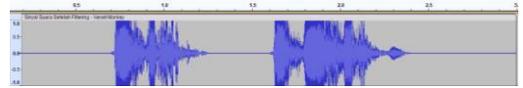


Gambar 19. Gambar 10. Sinyal Suara Sebelum *Filtering*

7. *Vervet Monkey*



Gambar 20. Sinyal Suara Sebelum *Filtering*



Gambar 21. Gambar 10. Sinyal Suara Sebelum *Filtering*

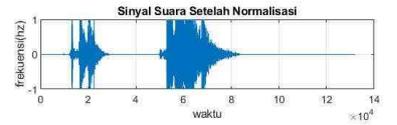
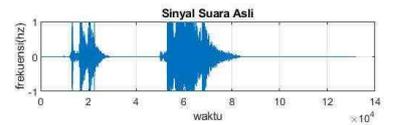
Suara yang sudah menjalani proses *filtering* kemudian dinormalisasi untuk mengatur amplitude agar sama yaitu dari -1 sampai 1. Proses normalisasi dilakukan menggunakan *software* Matlab 2018a. Hasil normalisasi suara dapat dilihat pada gambar berikut.

1. *Common Squirrel Monkey*



Gambar 22. Normalisasi Suara

2. *De Brazza's Monkey*



Gambar 23. Normalisasi Suara

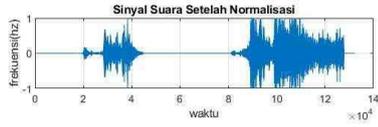
3. *Diana Monkey*



Gambar 24. Normalisasi Suara

4. *Geoffroy's Spider Monkey*





Gambar 25. Normalisasi Suara

5. *Proboscis Monkey*



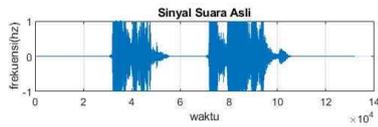
Gambar 26. Normalisasi Suara

6. *Rhesus Monkey*



Gambar 27. Normalisasi Suara

7. *Vervet Monkey*

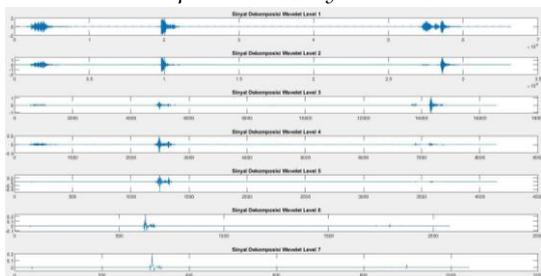


Gambar 28 Normalisasi Suara

**B. Ekstraksi Ciri**

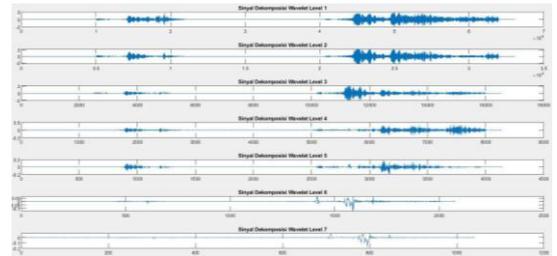
Data suara hasil *filtering* selanjutnya dilakukan pengolahan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dengan menggunakan *mother wavelet Daubechies db4*. Akan dilakukan dekomposisi sinyal suara 7 level untuk mengambil informasi ciri dari data suara. Hasil DWT dapat dilihat pada gambar berikut.

1. *Common Squirrel Monkey*



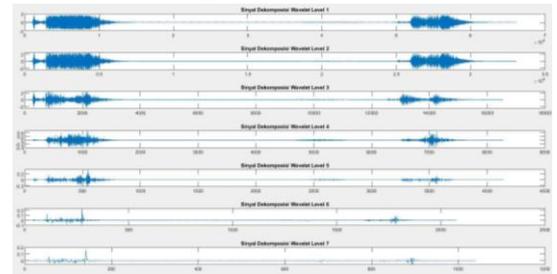
Gambar 29. Dekomposisi Sinyal Suara

2. *De Brazza's Monkey*



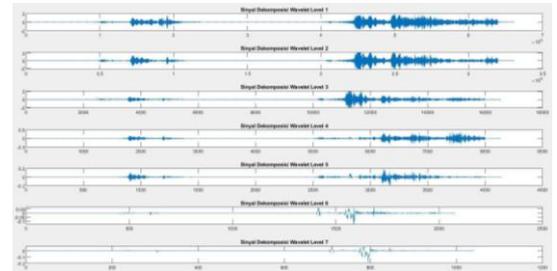
Gambar 30. Dekomposisi Sinyal Suara

3. *Diana Monkey*



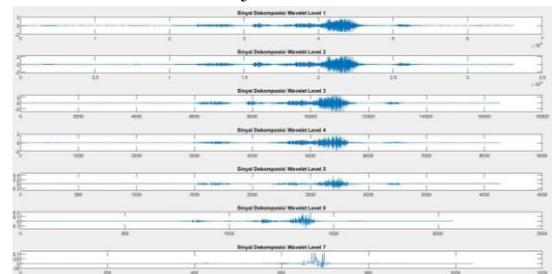
Gambar 31. Dekomposisi Sinyal Suara

4. *Geoffroy's Spider Monkey*



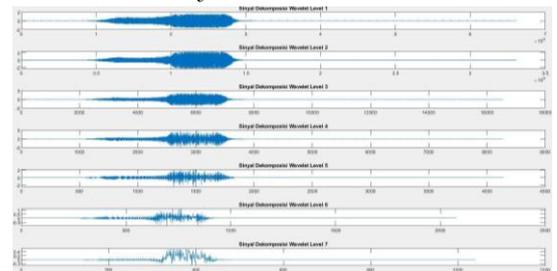
Gambar 32. Dekomposisi Sinyal Suara

5. *Proboscis Monkey*



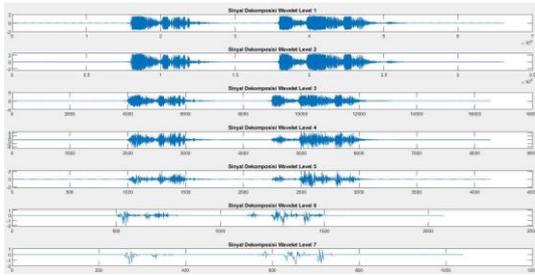
Gambar 33. Dekomposisi Sinyal Suara

6. *Rhesus mokey*



Gambar 34. Dekomposisi Sinyal Suara

7. *Vervet Monkey*



Gambar 35. Dekomposisi Sinyal Suara

**C. Dimensi Fraktal Higuchi**

Data suara yang telah diolah kemudian dilakukan perhitungan nilai dimensi fraktal Higuchi. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan software Matlab 2018a. Perhitungan pada penelitian ini menggunakan nilai  $K_{max}=50$  dan  $K_{max}=60$ .

Pada saat nilai  $K_{max}=50$ , *Common Squirrel Monkey* menghasilkan nilai tertinggi sebesar 2,0116 dan terendah sebesar 1,9147, *De Brazza's Monkey* dengan nilai tertinggi sebesar 2,0111 dan terendah sebesar 1,9075, *Diana Monkey* dengan nilai tertinggi sebesar 2,0112 dan terendah sebesar 1,917, *Geoffroy's Spider Monkey* dengan nilai tertinggi sebesar 2,0177 dan terendah 1,9024, *Proboscis Monkey* dengan nilai tertinggi sebesar 2,0106 dan terendah sebesar 1,8881, *Rhesus Monkey* dengan nilai tertinggi sebesar 2,0201 dan terendah sebesar 1,9215, dan *Vervet Monkey* dengan nilai tertinggi sebesar 2,0121 dan terendah sebesar 1,902.

Sementara itu, pada saat nilai  $K_{max}=60$ , *Common Squirrel Monkey* menghasilkan nilai tertinggi sebesar 2,0082 dan terendah sebesar 1,9127, *De Brazza's Monkey* dengan nilai tertinggi sebesar 2,0079 dan terendah sebesar 1,9066, *Diana Monkey* dengan nilai tertinggi sebesar 2,0108 dan terendah sebesar 1,9499, *Geoffroy's Spider Monkey* dengan nilai tertinggi sebesar 2,044 dan terendah 1,8992, *Proboscis Monkey* dengan nilai tertinggi sebesar 2,0074 dan terendah sebesar 1,8906, *Rhesus Monkey* dengan nilai tertinggi sebesar 2,0151 dan terendah sebesar 1,9223, serta *Vervet Monkey* dengan nilai tertinggi sebesar 2,0081 dan terendah sebesar 1,9095.

**D. Klasifikasi K-NN**

Nilai dimensi yang telah didapatkan sebelumnya kemudian digunakan untuk

klasifikasi menggunakan metode K-NN yang dilakukan dengan software RapidMiner Studio. Pada proses ini data dibagi menjadi data *training* dan data *testing* dengan perbandingan 0,1 : 0,9 sampai 0,9 : 0,1. Dengan metode K-NN dipilih nilai k yaitu 1,3,5,7,9. Dari hasil klasifikasi didapatkan nilai akurasi yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Hasil Akurasi

KMAX	Pembagian Data		K				
	Data Training	Data Testing	1	3	5	7	9
50	0.1	0.9	72,53%	62,64%	68,13%	70,33%	70,33%
	0.2	0.8	79,76%	78,57%	73,81%	67,86%	75,00%
	0.3	0.7	81,43%	77,14%	72,86%	75,71%	75,71%
	0.4	0.6	79,37%	77,78%	69,84%	68,25%	73,02%
	0.5	0.5	86,54%	90,38%	82,69%	75,00%	75,00%
	0.6	0.4	80,95%	80,95%	76,19%	78,57%	76,19%
	0.7	0.3	78,57%	75,00%	78,57%	82,14%	78,57%
	0.8	0.2	80,95%	76,19%	76,19%	80,95%	80,95%
	0.9	0.1	85,71%	85,71%	71,43%	85,71%	71,43%
60	0.1	0.9	76,92%	70,33%	65,93%	76,92%	76,92%
	0.2	0.8	83,33%	79,76%	77,38%	73,81%	71,43%
	0.3	0.7	81,43%	78,57%	74,29%	78,57%	77,14%
	0.4	0.6	80,95%	80,95%	79,37%	73,02%	76,19%
	0.5	0.5	84,62%	84,62%	80,77%	84,62%	80,77%
	0.6	0.4	83,33%	83,33%	80,95%	80,95%	78,57%
	0.7	0.3	82,14%	82,14%	78,57%	82,14%	78,57%
	0.8	0.2	85,71%	85,71%	85,71%	80,95%	80,95%
	0.9	0.1	71,43%	71,43%	71,43%	71,43%	71,43%

Menurut tabel 1, didapatkan hasil akurasi tertinggi yaitu sebesar 90,38% pada saat nilai  $K_{max}$  50 dengan k sama dengan 3 dan perbandingan data *training* dan data *testing* 0,5 : 0,5. Berikut ini merupakan hasil detail akurasi dan *confusion matrix* dari hasil K-NN dengan nilai akurasi yang tertinggi :

Tabel 2. Detail Akurasi

Precision	Recall	F-Measure	Support	Class
100%	85,71%	92,30%	6	CS
83,33%	62,50%	71,43%	6	DB
63,64%	100%	77,78%	11	DI
100%	87,50%	93,34%	7	GS
100%	100%	100%	7	PR
100%	100%	100%	8	RH
100%	100%	100%	7	VE

Tabel 3. *Confusion Matrix*

True	CS	DB	DI	GS	PR	RH	VE
CS	6	0	0	0	0	0	0
DB	0	5	0	1	0	0	0
DI	1	3	7	0	0	0	0
GS	0	0	0	7	0	0	0
PR	0	0	0	0	7	0	0
RH	0	0	0	0	0	8	0
VE	0	0	0	0	0	0	7

Keterangan :

- CS = *Common Squirrel Monkey*
- DB = *De Brazza's Monkey*
- DI = *Diana Monkey*
- GS = *Geoffroy's Spider Monkey*
- PR = *Proboscis Monkey*
- RH = *Rhesus Monkey*
- VE = *Vervet Monkey*

Pada tabel 2 terdapat nilai *Precision*, *Recall*, *Support* dan *F-Measure*, dan pada tabel 3 terdapat nilai *confusion matrix* yang bertujuan untuk analisis masing-masing kelas. Hasil yang didapatkan dari tabel 2 dan tabel 4 menunjukkan pada saat  $K_{max}$  50 dengan  $k$  sama dengan 3, *Common Squirrel Monkey* memperoleh *precision* sebesar 100% dan *recall* sebesar 85,71% dengan ketepatan data prediksi sebanyak 6 data dan semua terklasifikasi ke dalam kelas *Common Squirrel Monkey*, *De Brazza's Monkey* memperoleh *precision* sebesar 83,33% dan *recall* sebesar 62,50% dengan ketepatan data prediksi sebanyak 6 dan dari data prediksi tersebut hanya 1 yang terklasifikasi dalam kelas selain *De Brazza's Monkey*, *Diana Monkey* memperoleh *precision* sebesar 63,64% dan *recall* sebesar 100% dengan ketepatan data prediksi sebanyak 11 dan dari data prediksi tersebut hanya 4 yang terklasifikasi dalam kelas selain *Diana Monkey*, *Geoffroy's Spider Monkey* memperoleh *precision* sebesar 100% dan *recall* sebesar 87,50% dengan ketepatan data prediksi sebanyak 7 dan dari 7 data tersebut semua terklasifikasi dalam kelas *Geoffroy's Spider Monkey*, *Proboscis Monkey* memperoleh *precision* sebesar 100% dan *recall* sebesar 100% dengan ketepatan data prediksi

sebanyak 7 dan dari data tersebut semua terklasifikasi dalam kelas *Proboscis Monkey*, *Rhesus Monkey* memperoleh *precision* sebesar 100% dan *recall* sebesar 100% dengan ketepatan data prediksi sebanyak 8 dan dari 8 data tersebut semua terklasifikasi dalam kelas *Rhesus Monkey*, serta *Vervet Monkey* memperoleh *precision* sebesar 100% dan *recall* sebesar 100% dengan ketepatan data prediksi sebanyak 7 dan dari 7 data tersebut semua terklasifikasi dalam kelas *Vervet Monkey*.

## PENUTUP

### SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di atas, untuk mengklasifikasikan jenis monyet berdasarkan suara, yaitu terdapat 7 jenis monyet, *Common Squirrel Monkey*, *De Brazza's Monkey*, *Diana Monkey*, *Geoffroy's Spider Monkey*, *Proboscis Monkey*, *Rhesus Monkey*, dan *Vervet Monkey*, didapatkan hasil akurasi tertinggi sebesar 90,38%. Hasil akurasi tersebut didapatkan menggunakan Metode *Higuchi* pada nilai  $K_{max}=50$  melalui proses dekomposisi sinyal suara dengan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) 7 level, serta digunakan metode *K-Nearest Neighbor* K-NN dengan perbandingan data *training* dan data *testing* sebesar 0,5: 0,5 pada nilai  $k=3$ . Jadi kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan, penerapan metode dimensi fraktal *Higuchi* dan metode klasifikasi *K-Nearest Neighbor* (K-NN) dapat menjadi metode yang baik untuk dilakukan analisis klasifikasi jenis monyet berdasarkan suara.

### DAFTAR PUSTAKA

A *De Brazza's monkey eating food*. (2023). Diambil kembali dari *Sutterstock*: <https://www.shutterstock.com/image-photo/de-brazzas-monkey-eating-food-2209051479>

Abu Alfeilat, H., Hassanat, A., Lassameh, O., Tawarneh, A., Eyal Salman, H., & Prasath, V. (2019). *Effects of distance measure choice on k-nearest neighbor classifier performance: a review*. *Big Data*, 7(4), 221-248.

Aldrich, B. C., Molleson, L., & Nekaris, K. (2008). *Vocalizations as a conservation tool: an auditory survey of the Andean titi monkey Callicebus oenanthe Thomas, 1924 (Mammalia: Primates: Pitheciidae) at Tarangue, Northern Peru*. *Contributions to Zoology*, 77(1), 1-6.

Ariani, D., & Juniati, D. (2022). *Klasifikasi Penyakit Paru Berdasar Suara Pernapasan Menggunakan Dimensi Fraktal Higuchi Dan K-Nearest Neighbor*. *Proximal: Jurnal Penelitian*

- Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 5(1), 70-81.
- common squirrel monkey*. (n.d). Diambil kembali dari *Encyclopedia Britannica*: <https://www.britannica.com/animal/common-squirrel-monkey>
- Downey, K. (2017, Agustus). *Geoffroy's Spider Monkey*. Diambil kembali dari *New England Primate Conservancy*: <https://neprimateconservancy.org/geoffroys-spider-monkey/>
- Gonzalez, N. (2023). *Types Of Monkeys: The 10 Species Of Monkey Breeds You Should Know*. Diambil kembali dari *A-Z Animals*: <https://a-z-animals.com/blog/types-of-monkeys-the-species-of-monkey-breeds-you-should-know/>
- Groves, C. (2018). *Primate Taxonomy. The International Encyclopedia of Biological Anthropology*.
- Groves, C. P. (2023, Oktober 13). *monkey*. Diambil kembali dari *Encyclopedia Britannica*: <https://www.britannica.com/animal/monkey>
- Jiri, B. (2017). *Geoffroy's Spider Monkey*. Diambil kembali dari *Nature Photo*: <https://www.naturephoto-cz.com/geoffroys-spider-monkey-photo-25389.html>
- Juniati, D., & Budayasa, K. (2016). *Geometri Fractal & Aplikasinya*. Surabaya: Unesa University Press.
- Juniati, D., Khotimah, C., Wardani, D., & Budayasa, K. (2018). *Fractal dimension to classify the heart sound recordings with KNN and fuzzy c-mean clustering methods. Journal of Physics: Conf Series* 953 012202.
- Kennedy, K. (1999). *Cercopithecus diana*. Diambil kembali dari *Animal Diversity*: [https://animaldiversity.org/accounts/Cercopithecus\\_diana/](https://animaldiversity.org/accounts/Cercopithecus_diana/)
- Lussier, Z. (2023, September). *New England Primate Conservancy*. Diambil kembali dari *Proboscis Monkey*: <https://neprimateconservancy.org/proboscis-monkey/>
- monkey*. (2023). Diambil kembali dari San Diego Zoo Wildlife Alliance: <https://animals.sandiegozoo.org/animals/monkey>
- Monkey World*. (n.d). Diambil kembali dari *Monkey World*: <https://www.monkeyworlds.com/>
- Nunansikhah, A., & Juniati, D. (2022). Nan, Adin Nunasikhah, and Dwi Juniati. "Klasifikasi Jenis Jangkrik Berdasarkan Suara Menggunakan Dimensi Fraktal Metode *Higuchi* Dan *K-Nearest Neighbor* (Knn). *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika* 10.1 , 199-207.
- Pamela, Y., & Juniati, D. (2021). Klasifikasi Jenis *Delphinidae* (Lumba-lumba) dengan Dimensi Fraktal menggunakan Metode *Higuchi* dan KNN (*K-Nearest Neighbor*). *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 9(1), 204-211.
- rhesus monkey*. (2023, Oktober 24). Diambil kembali dari *Encyclopedia Britannica*: <https://www.britannica.com/animal/rhesus-monkey>
- Rhif, M., Ben Abbes, A., Farah, I., Martinez, B., & Sang, Y. (2019). *Wavelet Transform Application for/in Non-Stationary Time-Series Analysis: A Review. Applied Sciences*, 9(7):1345.
- Romulondi, E. (2018). *Vervet Monkey*. Diambil kembali dari SANBI Biodiversity for Life: <https://www.sanbi.org/animal-of-the-week/vervet-monkey/>
- Sofiani, R., & Juniati, D. (2022). Klasifikasi Jenis Emosi Berdasarkan Gelombang Otak Menggunakan Dimensi *Higuchi* Dengan *K-Nearest Neighbor*. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 10(1), 150-160.
- Srivathsan, A., & Meier, R. (2011). *Proboscis monkeys (Nasalis larvatus (Wurmb, 1787)) have unusually high-pitched vocalizations. Raffles Bulletin of Zoology*, 59. 319-323.
- Vilimek, D., Kubicek, J., Golian, M., Jaros, R., Kahankova, R., Hanzlikova, P., . . . Buzga, M. (2022). *Comparative analysis of wavelet transform filtering system for noise reduction in ultrasound images. journal pone*.
- Wahyuningsih, S., & Hernadi, J. (2020). Sistem Fungsi Iterasi dan Dimensi Fraktal Pada Himpunan Serupa Diri. *Jurnal Fourier* 9.2, 59-74.
- Walker, N. (2022). *De Brazza's Monkey*. Diambil kembali dari *A-Z Animals*: <https://a-z-animals.com/animals/de-brazzas-monkey/>
- Wanliss, J., Arriza, R. H., Wanliss, G., & Gordon, S. (2021). *Optimization of the higuchi method. International Journal of Research-GRANTHAALAYAH*, 9(11).
- Winarti, e. (2018). *Classification of Gamelan Tones Based on Fractal Analysis. IOP Conf Series: Mater Sci Eng*.
- Yania, P., & Juniati, D. (2023). Yania, Putri Anis Nurul, and Dwi Juniati. "PENERAPAN DIMENSI FRAKTAL *HIGUCHI* DAN *K-NEAREST NEIGHBOR* DALAM KLASIFIKASI *PASSERIFORMES* (BURUNG PENGICAU) BERDASARKAN SUARA. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika* 11.2, 92-101.