



KLASIFIKASI BURUNG NOKTURNAL BERDASARKAN SUARA MENGUNAKAN DIMENSI FRAKTAL HIGUCHI DAN K- NEAREST NEIGHBOR

AGUSTINA SURYA DEWI^{1*}, DWI JUNIATI²

^{1,2} Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri
Surabaya

*Corresponding email: agustina.20040@mhs.unesa.ac.id

ABSTRAK

Burung nokturnal merupakan jenis burung yang aktif di malam hari sehingga menjadi sulit untuk ditemui keberadaannya. Namun, suara khas yang dihasilkan setiap burung dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi keberadaan suatu spesies burung nokturnal dengan mengklasifikasikan burung nokturnal menggunakan nilai dimensi fraktal. Pada penelitian ini akan diklasifikasikan burung nokturnal menggunakan metode *Higuchi* dan *K-Nearest Neighbor* (KNN). Pada penelitian ini digunakan sebanyak 120 data dengan masing-masing 15 data untuk 8 spesies burung yang berbeda, yaitu *Eastern whip-poor-will*, *Eurasian stone-curlew*, *European nightjar*, kowak-malam Abu, *Pauraque*, *Short-tailed nighthawk*, *Striped owl*, dan *Long-tailed Potoo*. Tahap pertama dilakukan *pre-processing* pada data dan dilanjutkan dengan ekstraksi ciri data sinyal suara menggunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dengan tipe *mother wavelet Daubechies 4* dengan dekomposisi 5 level. Setelah itu, dicari nilai dimensi fraktalnya dengan metode *Higuchi*. Nilai dimensi fraktal yang diperoleh dibagi menjadi data latih dan data uji yang selanjutnya diklasifikasikan dengan metode KNN. Dari penelitian ini diperoleh akurasi tertinggi sebesar 87,5% pada *K-max* metode *Higuchi* 50 dan 60 dengan $k=3$ pada KNN. Hal ini menunjukkan bahwa dimensi fraktal *Higuchi* dan metode pengklasifikasian KNN dapat digunakan untuk mengklasifikasikan burung nokturnal berdasarkan suara.

Kata Kunci: Suara, Burung nokturnal, Dimensi Fraktal *Higuchi*, *K-Nearest Neighbor*.

ABSTRACT

Nocturnal birds are birds that are active at night, making them difficult to find. However, the distinctive sound produced by each bird can be utilized to detect the presence of nocturnal birds by classifying nocturnal birds using fractal dimension values. In this study, nocturnal birds will be classified using the *Higuchi* and *K-Nearest Neighbor* (KNN) methods. In this study, 120 data were used with 15 data each for 8 different bird species, i.e. *Eastern whip-poor-will*, *Eurasian stone-curlew*, *European nightjar*, *black-crowned night heron*, *Pauraque*, *Short-tailed nighthawk*, *Striped owl*, and *Long-tailed Potoo*. The first step is *pre-processing* the data and continuing with the extraction of sound signal data characteristics using *Discrete Wavelet*

Transform (DWT) with Daubechies 4 mother wavelet type with 5-level decomposition. After that, the fractal dimension value is sought using the Higuchi method. The fractal dimension values obtained are divided into training data and test data which are then classified by the KNN method. From this study, the highest accuracy of 87.5% was obtained at K-max of Higuchi method 50 and 60 with $k = 3$ in KNN. This shows that the Higuchi fractal dimension and KNN method can be used to classify nocturnal birds based on sound.

Pendahuluan

Berdasarkan waktu aktivitasnya jenis hewan dibedakan menjadi 3, yaitu hewan diurnal, hewan krepuskular, dan hewan nokturnal [1]. Diurnal adalah kondisi suatu hewan yang memiliki sifat atau kebiasaan aktif pada siang hari. Krepuskular adalah kondisi suatu hewan yang memiliki sifat atau kebiasaan aktif pada saat remang-remang (peralihan dari siang ke sore). Nokturnal adalah kondisi suatu hewan yang memiliki sifat atau kebiasaan aktif pada malam hari [2]. Perbedaan waktu aktivitas tersebut membuat hewan memiliki karakteristik yang berbeda.

Burung (Aves) termasuk dalam hewan vertebrata yang beradaptasi untuk terbang [3]. Burung nokturnal merupakan jenis burung yang aktif di malam hari dan beristirahat di siang hari. Karena burung nokturnal lebih aktif pada saat hari telah gelap, keberadaan burung-burung nokturnal menjadi sulit untuk ditemui. Namun, setiap burung mengeluarkan suara yang khas dengan karakteristiknya masing-masing. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan suatu metode untuk mendeteksi keberadaan suatu spesies burung dengan memanfaatkan suara mereka hasilkan.

Suatu satu metode yang akan diteliti untuk mendeteksi keberadaan burung-burung nokturnal berdasarkan suara adalah metode dimensi fraktal. Metode dimensi fraktal yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Higuchi*. Metode *Higuchi* telah banyak digunakan untuk menganalisis sinyal suara. Selain itu, metode *Higuchi* merupakan salah satu metode yang efisien untuk menghitung nilai dimensi deret waktu [4]. Hasil dari perhitungan nilai dimensi fraktal dari setiap sinyal suara akan diklasifikasi dengan metode K-Nearest Neighbor (KNN). K-Nearest Neighbor (KNN) sendiri merupakan salah satu algoritma pengklasifikasian terbaik [5].

Dari uraian penjelasan diatas, penelitian ini dimaksudkan untuk menguji perhitungan nilai dimensi fraktal dari suara burung dengan metode klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN) dalam pengklasifikasian suara burung nokturnal. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat mempermudah mendeteksi keberadaan suatu spesies burung nokturnal di suatu wilayah berdasarkan suara yang mereka hasilkan.

1 Tinjauan Pustaka

2.1 Burung Nokturnal

Burung nokturnal merupakan jenis burung yang aktif di malam hari dan beristirahat di siang hari. Burung nokturnal memiliki mata yang lebih besar daripada burung diurnal dan kepekaan terhadap cahaya yang lebih tinggi sehingga memungkinkan mereka melihat dalam kondisi cahaya redup. Selain itu, burung nokturnal seringkali memiliki kemampuan pendengaran yang lebih tinggi yang membantu mereka menemukan mangsa [6].

2.2 *Eastern Whip-poor-will*

Eastern Whip-poor-will termasuk dalam keluarga nightjar. Burung ini merupakan burung nokturnal yang berkembang biak di hutan gugur atau hutan campuran terbuka di Kanada bagian tengah dan tenggara serta Amerika Serikat bagian timur. *Eastern Whip-poor-will* bermigrasi ke

Amerika Serikat bagian Tenggara saat musim dingin [7]. Dinamakan Whip-poor-will karena burung ini mengeluarkan suara “whip-poor-will, whip-poor-will” saat fajar dan senja [8].



Gambar 1. *Eastern Whip-poor-will*

Sumber : https://www.allaboutbirds.org/guide/Eastern_Whip-poor-will/id

2.3 *Eurasian stone-Curlew*

Eurasian stone-Curlew merupakan salah satu burung nokturnal dari keluarga *Burhinidae*. Burung ini dapat dijumpai di Eropa utara dan barat, Asia barat daya, dan Afrika Utara. Salah satu suara yang dikeluarkan burung ini adalah "kchhhhh-wit!" [9].



Gambar 2. *Eurasian stone-Curlew*

Sumber: <https://ebird.org/species/eutkne1>

2.4 *European Nightjar*

European Nightjar merupakan burung nokturnal dari keluarga *Caprimulgidae*. Burung ini berkembang biak di seluruh Eropa Utara dan Tengah, dari Skandinavia bagian selatan, Eropa Barat dan Afrika Utara, hingga Cina Barat Laut dan Mongolia Timur Laut. Suara dari burung ini adalah "quaw-eek" atau "kooik" [10].



Gambar 3. *European Nightjar*

Sumber : <https://www.birdforum.net/gallery/european-nightjar.698903/>

2.5 *Kowak-malam Abu*

Kowak-malam Abu atau dalam Bahasa Inggris disebut *Black-crowned Night-Heron* merupakan burung nokturnal dari keluarga *Ardeidae* [11]. Burung ini menyebar luas hampir di

sebagian besar dunia, kecuali Australia dan Antartika. Suara burung ini yaitu “kwok!” atau “quawk!” [12].



Gambar 4. Kowak-malam Abu

Sumber : https://www.allaboutbirds.org/guide/Black-crowned_Night-Heron/id

2.6 *Pauraque*

Pauraque merupakan salah satu spesies burung dari keluarga *Caprimulgidae*. Burung ini berkembang biak di ujung selatan Amerika Serikat dan timur laut Meksiko, melalui Amerika Tengah, selatan hingga timur laut Argentina. Suara burung ini yaitu "poo wee-ee-oo'oo" [10].



Gambar 5. *Pauraque*

Sumber : <https://ebird.org/species/compau>

2.7 *Short-tailed Nighthawk*

Short-tailed Nighthawk merupakan salah satu spesies burung dari keluarga *Caprimulgidae*. Burung ini dapat ditemukan di Meksiko dan di Amerika Selatan bagian tengah dan utara. Suara dari burung ini adalah "g'wik" atau "gweek" [13].



Gambar 6. *Short-tailed Nighthawk*

Sumber : <https://ebird.org/species/shtnig1>

2.8 *Striped Owl*

Striped Owl merupakan spesies burung dari keluarga *Strigidae*. *Striped owl* dapat dijumpai di Mexico sebelah selatan hingga Panama, sebelah utara Amerika bagian selatan, Uruguay dan Argentina Utara. Salah satu suara ciri khas burung ini adalah "wheeyoo" [10].

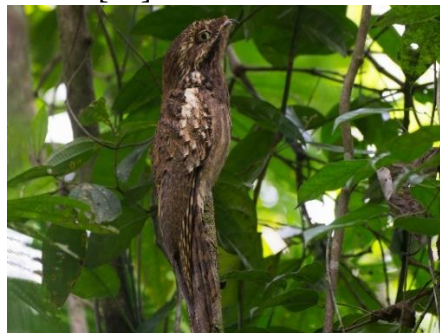


Gambar 7. *Striped Owl*

Sumber : <https://ebird.org/species/strowl1>

2.9 *Long-tailed Potoo*

Long-tailed Potoo merupakan salah satu spesies burung dari keluarga *Nyctibiidae*. Burung ini tersebar di seluruh penjuru Amerika bagian selatan kecuali Chili dan Uruguay. Suara dari burung ini adalah "waa-OO-uh" [10].



Gambar 8. *Long-tailed Potoo*

Sumber : <https://ebird.org/species/lotpot1>

2.10 Transformasi *Wavelet*

Transformasi *Wavelet* adalah tipe transformasi yang digunakan untuk menganalisis suatu sinyal yang bergerak [14]. Sinyal yang bergerak ini dianalisis dengan menggunakan teknik analisis multi-resolusi. Teknik analisis multi-resolusi merupakan teknik untuk menganalisis frekuensi dengan cara menganalisis frekuensi yang berbeda menggunakan resolusi yang berbeda [15]. Transformasi *Wavelet* mempunyai karakter khusus yang sesuai untuk analisis sinyal suara sehingga dapat digunakan untuk ekstraksi ciri pada sistem pengenalan suara [16]. Transformasi *Wavelet* memiliki dua tipe berdasarkan nilai parameter dari dilatasi dan translasinya, yaitu *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) [17].

2.11 *Discrete Wavelet Transform* (DWT)

Discrete Wavelet Transform (DWT) merupakan proses mentransformasikan sinyal diskrit menjadi koefisien wavelet dengan cara menyaring sinyal menggunakan dua filter, yaitu *low pass filter* dan *high pass filter* [5]. *Low pass filter* digunakan untuk menganalisis sinyal frekuensi rendah dan *high pass filter* digunakan untuk menganalisis sinyal frekuensi tinggi. Pembagian sinyal ini disebut dengan dekomposisi [18].

2.12 Geometri Fraktal

Geometri fraktal merupakan salah satu cabang dari ilmu matematika yang membahas tentang bentuk dari fraktal atau bentuk apa saja yang bersifat *self-similarity* [19]. Pada tahun 1975 Mandelbrot mengemukakan istilah dimensi fraktal dalam artikelnya “*A Theory of Fractal Set*”. Dimensi fraktal merupakan penyederhanaan dari konsep dimensi *Hausdorff* yang biasa disebut kapasitas figur geometri. Suatu ide yang menjadi dasar dari dimensi fraktal diperoleh dengan menganalisis himpunan pada ukuran skala yang berbeda [20]. Dimensi fraktal merupakan suatu elemen penting karena dapat didefinisikan dan dihubungkan dengan data di dunia nyata, serta nilainya dapat diukur dengan melakukan eksperimen [21].

2.13 Metode Higuchi

Metode *Higuchi* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung nilai dimensi fraktal dalam bentuk gelombang [21]. Misalkan diberikan deret waktu $X = X[1], X[2], \dots, X[N]$. Langkah-langkah untuk menghitung nilai dimensi fraktal dengan algoritma Higuchi adalah sebagai berikut [4].

1. Tentukan t deret waktu baru, maka X_m^t didefinisikan sebagai berikut.

$$X_m^t = \left\{ X[m], X[m+t], \dots, X \left[m + \text{int} \left(\frac{N-m}{t} \right) \cdot t \right] \right\}. \quad (1)$$

Dimana $m, t \in \mathbb{Z}$, dengan t menunjukkan interval waktu diskrit dan $m = 1, 2, \dots, t$ yang menunjukkan nilai waktu awal.

2. Menentukan panjang dari setiap deret waktu dengan persamaan sebagai berikut.

$$L(m, t) = \frac{\left\{ \left(\sum_{i=1}^{\text{int}(\frac{N-m}{t})} |X[m+it] - X[m+(i-1) \cdot t]| \right) \frac{N-1}{\text{int}(\frac{N-m}{t}) \cdot t} \right\}}{t}. \quad (2)$$

Dimana N adalah panjang dari deret waktu asli X , dan $|X[m+it] - X[m+(i-1) \cdot t]| = h_i$. Dengan demikian, $L(m, t)$ adalah jumlah normalisasi panjang segmen baru dan h_i menunjukkan nilai jarak yang berbeda pada koordinat titik sejauh t , yang berawal dari sampel ke m , $X[m]$ dengan $m = 1, 2, \dots, t$.

3. Hitung panjang kurva untuk interval waktu t dengan cara membagi semua subderet $L(m, t)$ dengan t , untuk $m = 1, 2, \dots, t$.

$$L(t) = \frac{\sum_{m=1}^t L(m, t)}{t}. \quad (3)$$

4. Dengan demikian, dimensi fraktal *Higuchi* dapat didefinisikan sebagai kemiringan garis sesuai dengan $\left\{ \ln(L(t)), \ln \left(\frac{1}{t} \right) \right\}$ yang mana diestimasi dengan kuadrat linear yang paling sesuai, sehingga diperoleh hasil dimensi fraktal dengan persamaan sebagai berikut.

$$L(t) = t^{-D}, \quad (4)$$

$$L(t) = \frac{1}{t^D}, \quad (5)$$

$$D = \frac{\ln(L(t))}{\ln \left(\frac{1}{t} \right)}. \quad (6)$$

Dimana D adalah dimensi fraktal *Higuchi*.

2.14 Metode *K-Nearest Neighbor*

Klasifikasi dapat diartikan sebagai proses pembagian, yang berarti data yang sama akan dikumpulkan dan data yang tidak sama akan dipisahkan [22]. *K-Nearest Neighbor* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengelompokkan k objek dalam data latih yang memiliki jarak terdekat dengan objek pada data baru atau biasa disebut data uji [23]. Data latih akan diproyeksikan ke dalam dimensi ruang yang mana dapat merepresentasikan fitur dari data [24]. Pembagian ruang dilakukan menjadi beberapa bagian yakni data latih, data uji, dan klasifikasi dari data uji akan menjadi dasar untuk pembagiannya [25]. Langkah-langkah untuk menghitung algoritma *K-Nearest Neighbor* adalah sebagai berikut [14].

1. Menentukan parameter k (banyaknya data dengan jarak terdekat).
2. Menghitung jarak antara data latih dan data uji. Pada penelitian ini menggunakan jarak *Euclidean*.
3. Mengurutkan jarak yang terbentuk dan menentukan tetangga terdekat berdasarkan jarak minimum ke- k .
4. Mengumpulkan kelas yang bersesuaian.
5. Mencari jumlah kelas dari tetangga yang terdekat dan menetapkan kelas tersebut sebagai kelas data yang akan dievaluasi.

2.15 Akurasi

Akurasi adalah tingkat keakuratan dalam pengklasifikasian data [17]. Akurasi dari suatu metode klasifikasi dapat diukur dengan metode *confusion matrix*. *Confusion matrix* berisi informasi yang membandingkan hasil klasifikasi yang dilakukan oleh sistem dengan hasil klasifikasi yang seharusnya [26]. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung akurasi.

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\%. \quad (7)$$

Dengan :

TP : *True Positive* (Jumlah data kelas X yang terklasifikasikan dengan benar pada kelas X)

FP : *False Positive* (Jumlah data kelas Y yang diklasifikasikan pada kelas X)

FN : *False Negative* (Jumlah data kelas X yang diklasifikasikan pada kelas Y)

TN : *True Negative* (Jumlah data kelas Y yang terklasifikasikan dengan benar pada kelas Y)

2 Metode

3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari *website* Xeno-Canto. Data suara burung nokturnal pada penelitian ini sebanyak 120 data dengan masing-masing 15 data untuk 8 spesies burung yang berbeda, yaitu burung *Eastern whip-poor-will*, burung *Eurasian stone-Curlew*, burung *European nightjar*, burung Kowak-malam Abu, burung *Pauraque*, burung *Short-tailed Nighthawk*, burung *Striped Owl*, dan burung *Long-tailed Potoo*.

3.2 Pre-Processing

Pada proses ini dilakukan pemotongan, *filtering*, dan normalisasi pada data suara. Proses pemotongan data suara asli dilakukan pada setiap sinyal suara burung menjadi 1 detik. Proses pemotongan data suara asli dilakukan untuk menyamakan durasi semua sinyal suara burung. Proses *filtering* dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan *noise* pada setiap sinyal suara. Proses pemotongan dan *filtering* dilakukan dengan bantuan *software* Audacity. Selanjutnya dilakukan normalisasi pada sinyal suara setiap burung. Proses normalisasi

dilakukan dengan cara mengubah interval amplitudo menjadi -1 sampai 1 pada setiap sinyal suara burung [22]. Proses normalisasi ini dilakukan untuk menyamakan interval amplitudo maksimum agar proses ekstraksi ciri tidak dipengaruhi oleh perubahan amplitudo [5]. Proses normalisasi ini dilakukan dengan bantuan Matlab.

3.3 Ekstraksi Ciri

Proses ekstraksi ciri dilakukan dengan metode *Discrete Wavelet Transform* dengan dekomposisi 5 level dan tipe *mother wavelet daubechies 4*. Proses ini bertujuan untuk mengambil ciri sinyal suara burung nokturnal. Proses ini dilakukan dengan bantuan Matlab.

3.4 Metode Higuchi

Pada proses ini, sinyal suara hasil dari proses ekstraksi ciri akan dihitung nilai dimensi fraktalnya dengan metode *Higuchi*. Perhitungan nilai dimensi fraktal dengan metode *Higuchi* pada penelitian ini dilakukan dengan bantuan Matlab dan menggunakan nilai K-max 50 dan 60.

3.5 Proses Klasifikasi

Setelah diperoleh nilai dimensi fraktal dari proses sebelumnya, data nilai dimensi fraktal dibagi menjadi data latih dan data uji. Pada penelitian ini dipilih pembagian 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 6:4, 7:3, 8:2, dan 9:1 untuk percobaan. Proses klasifikasi pada penelitian ini menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* (KNN). Pada metode KNN dipilih nilai k yaitu, 1, 2, 3, 5, 7, dan 9 dan dilakukan dengan bantuan *software* RapidMiner Studio.

3.6 Akurasi

Setelah dilakukan proses klasifikasi, dihitung akurasi untuk mengukur keberhasilan metode yang digunakan dengan rumus sebagai berikut.

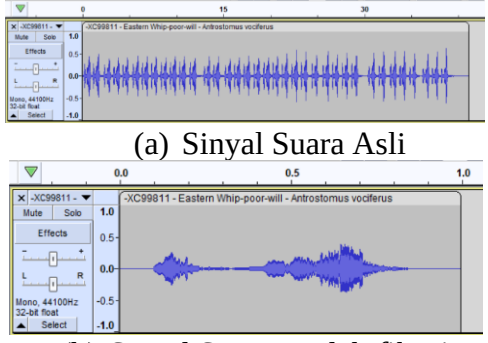
$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\%. \quad (8)$$

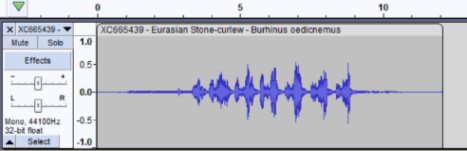
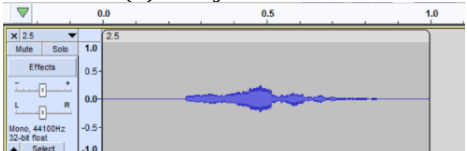
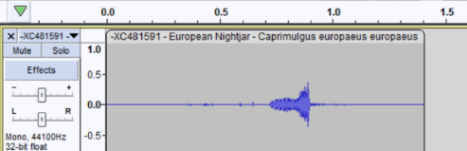
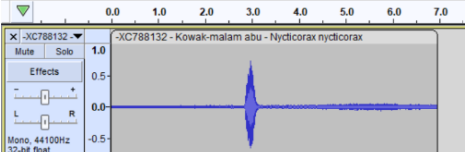
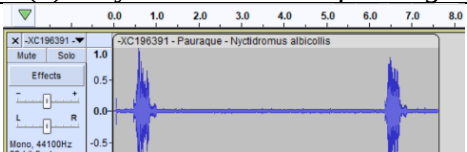
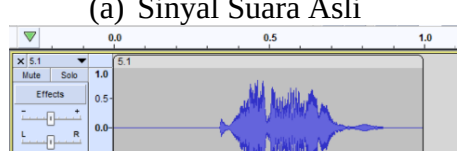
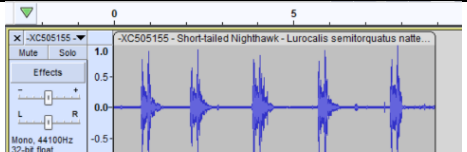
3 Hasil

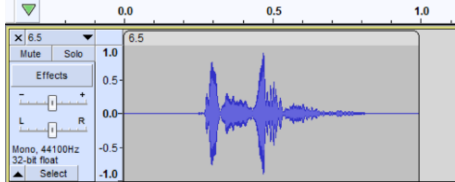
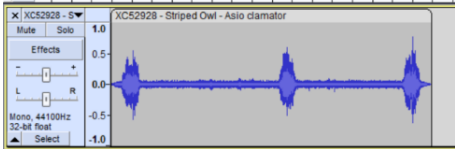
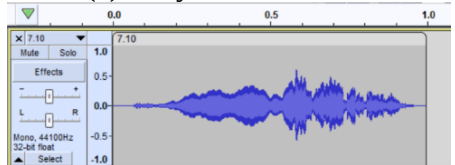
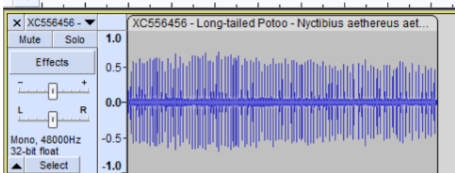
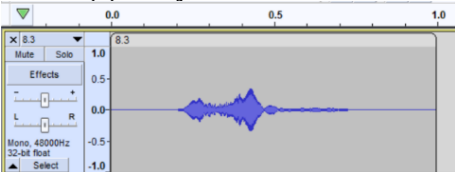
4.1 Pre-Processing

Data suara burung nokturnal yang diperoleh dari *website* memiliki durasi yang berbeda-beda. Oleh karena itu, dilakukan pemotongan data suara setiap burung nokturnal yang digunakan dengan durasi 1 detik. Langkah selanjutnya adalah proses *filtering*, yaitu mengurangi atau menghilangkan *noise* pada setiap data suara yang telah melalui proses pemotongan. Berikut adalah tabel yang berisi sinyal suara asli dan sinyal suara setelah dilakukan proses *filtering* untuk setiap spesies burung nokturnal.

Tabel 1. Hasil *Filtering*

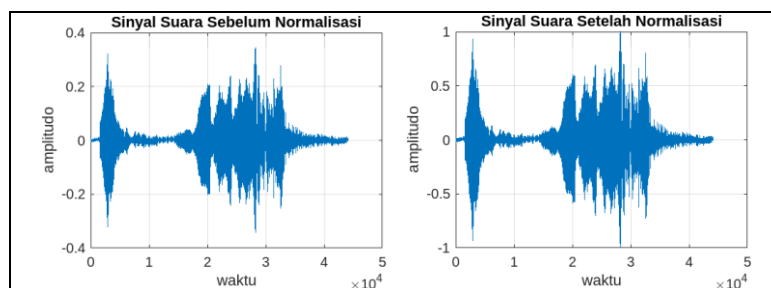
No.	Burung	Gambar
1.	<i>Eastern Whip-poor-will</i>	 (a) Sinyal Suara Asli (b) Sinyal Suara setelah <i>filtering</i>

2.	<i>Eurasian stone-Curlew</i>	 (a) Sinyal Suara Asli  (b) Sinyal Suara setelah <i>filtering</i>
3.	<i>European Nightjar</i>	 (a) Sinyal Suara Asli  (b) Sinyal Suara setelah <i>filtering</i>
4.	Kowak-malam Abu	 (a) Sinyal Suara Asli  (b) Sinyal Suara setelah <i>filtering</i>
5.	<i>Pauraque</i>	 (a) Sinyal Suara Asli  (b) Sinyal Suara setelah <i>filtering</i>
6.	<i>Short-tailed Nighthawk</i>	 (a) Sinyal Suara Asli

		 (b) Sinyal Suara setelah <i>filtering</i>
7.	<i>Striped Owl</i>	 (a) Sinyal Suara Asli  (b) Sinyal Suara setelah <i>filtering</i>
8.	<i>Long-tailed Potoo</i>	 (a) Sinyal Suara Asli  (b) Sinyal Suara setelah <i>filtering</i>

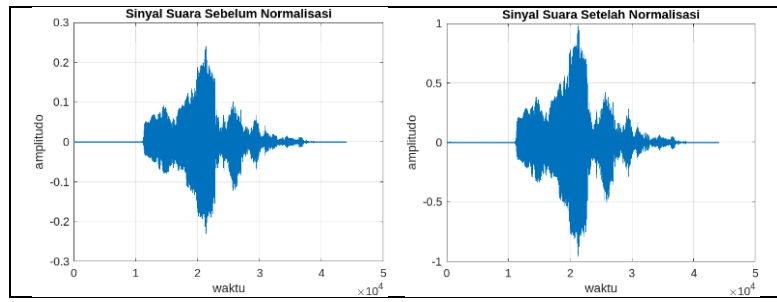
Data suara hasil proses filtering kemudian di normalisasi untuk menyamakan amplitudo, yaitu -1 sampai 1. Proses normalisasi dilakukan dengan bantuan matlab. Berikut hasil penggambaran data suara tiap spesies burung nokturnal sebelum dan sesudah normalisasi.

1. *Eastern Whip-poor-will*

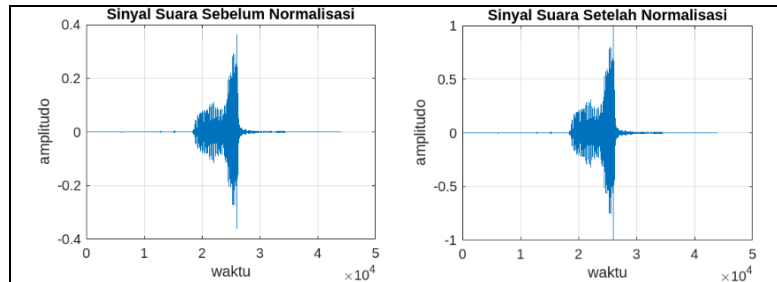


Gambar 9. Proses Normalisasi Suara *Eastern Whip-poor-will*

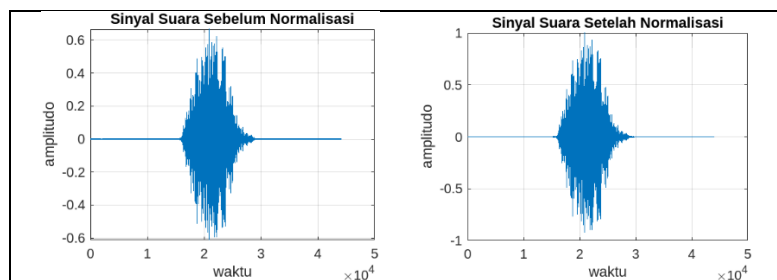
2. *Eurasians stone-Curlew*

Gambar 10. Proses Normalisasi Suara *Eurasian stone-Curlew*

3. *European Nightjar*

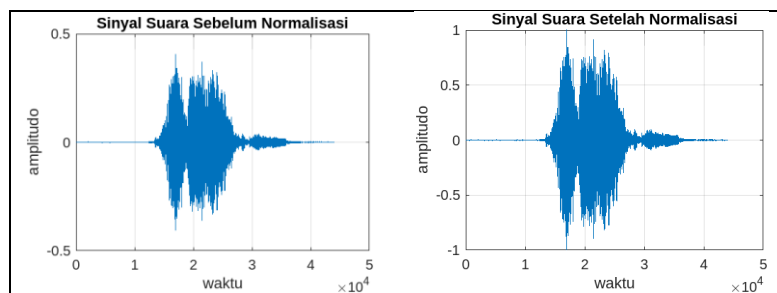
Gambar 11. Proses Normalisasi Suara *European Nightjar*

4. Kowak-malam Abu

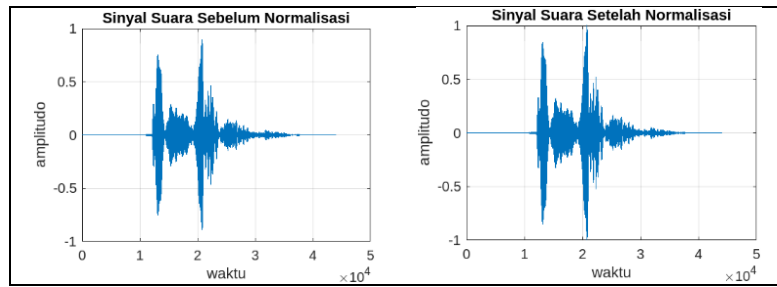


Gambar 12. Proses Normalisasi Kowak-malam Abu

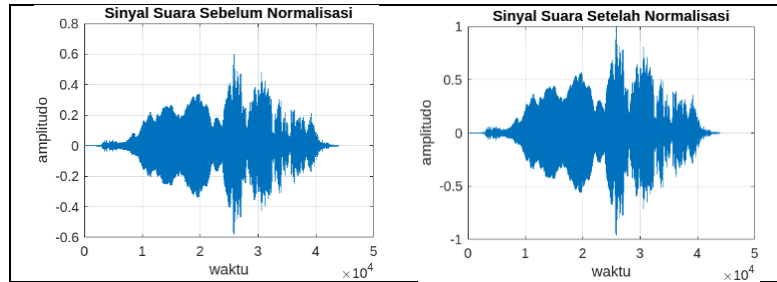
5. Pauraque

Gambar 13. Proses Normalisasi Suara *Pauraque*

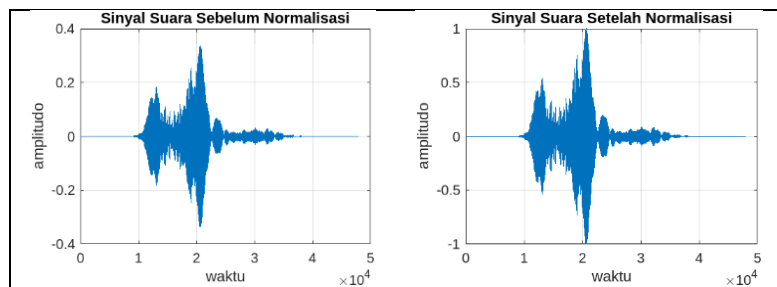
6. Short-tailed Nighthawk

Gambar 14. Proses Normalisasi Suara *Short-tailed Nighthawk*

7. Striped Owl

Gambar 15. Proses Normalisasi Suara *Striped Owl*

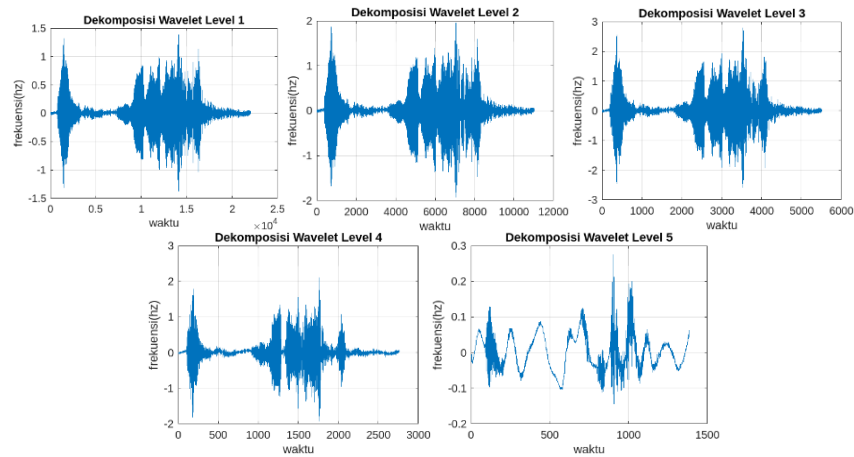
8. Long-tailed Potoo

Gambar 16. Proses Normalisasi Suara *Long-tailed Potoo*

4.2 Ekstraksi Ciri

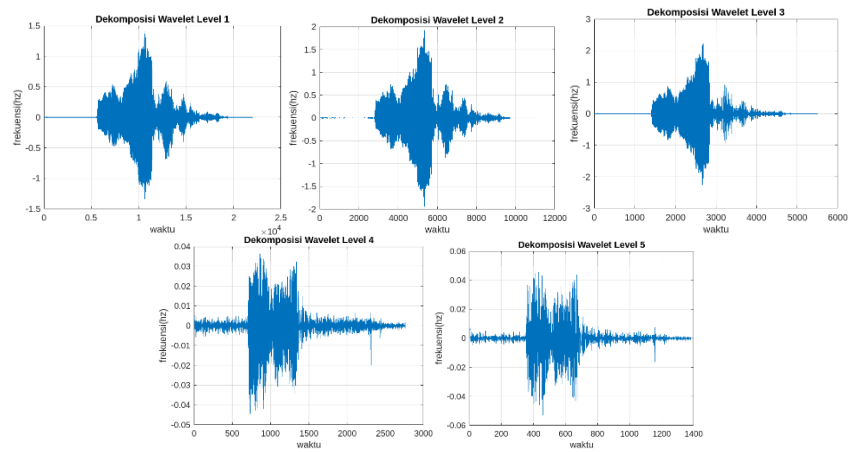
Setelah diperoleh hasil sinyal suara dari proses *pre-processing*, langkah selanjutnya adalah ekstraksi ciri dari sinyal suara tersebut. Proses ekstraksi ciri dilakukan dengan metode DWT 5 level dengan tipe *daubechies 4*. Proses ini dilakukan dengan bantuan Matlab. Berikut penggambaran hasil ekstraksi ciri pada tiap spesies sinyal suara burung nokturnal.

1. *Eastern Whip-poor-will*



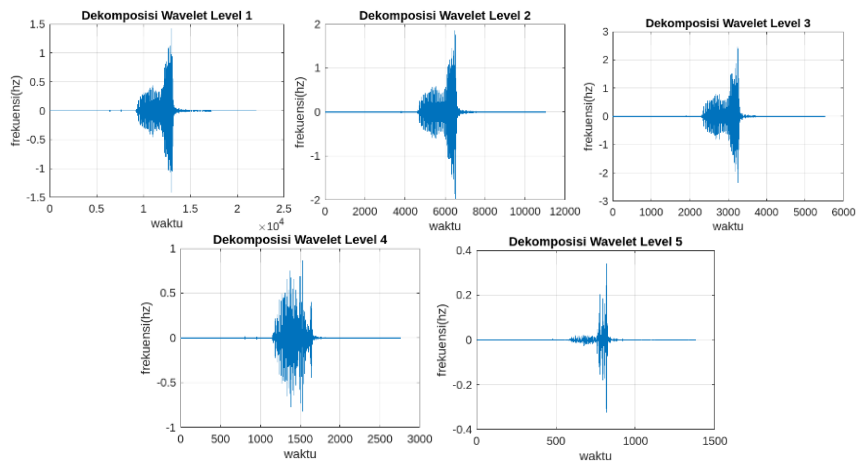
Gambar 17. Sinyal Dekomposisi level 1-5

2. *Eurasian stone-Curlew*



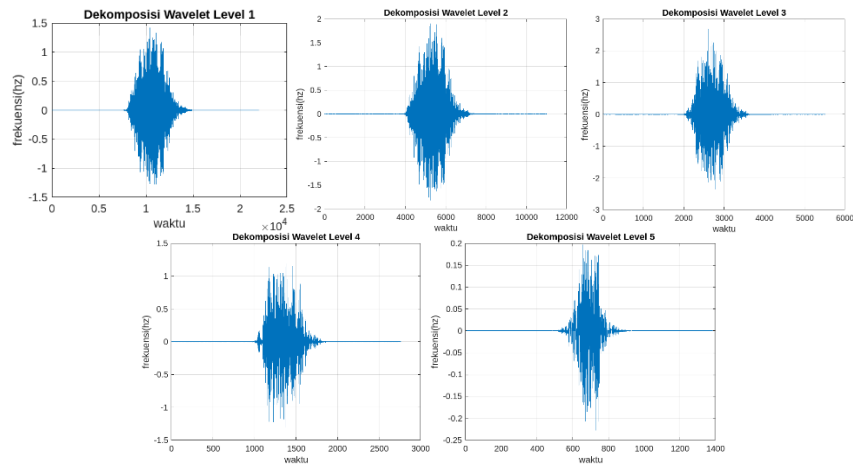
Gambar 18. Sinyal Dekomposisi level 1-5

3. *European Nightjar*

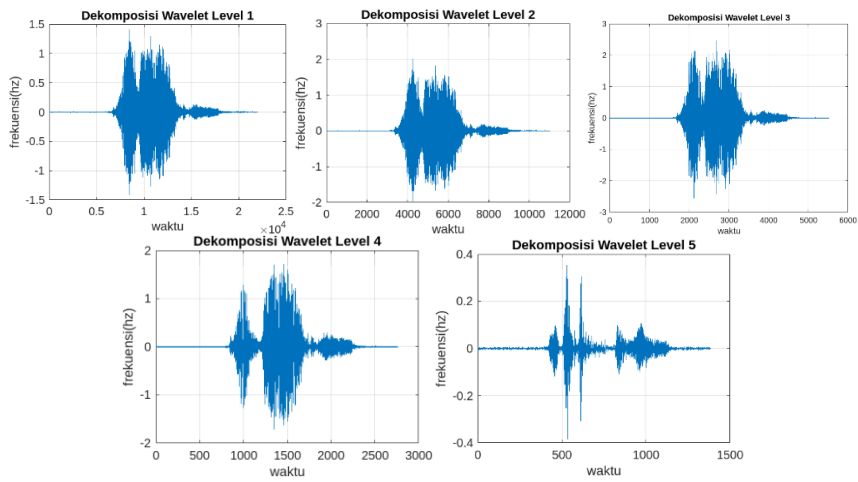


Gambar 19. Sinyal Dekomposisi level 1-5

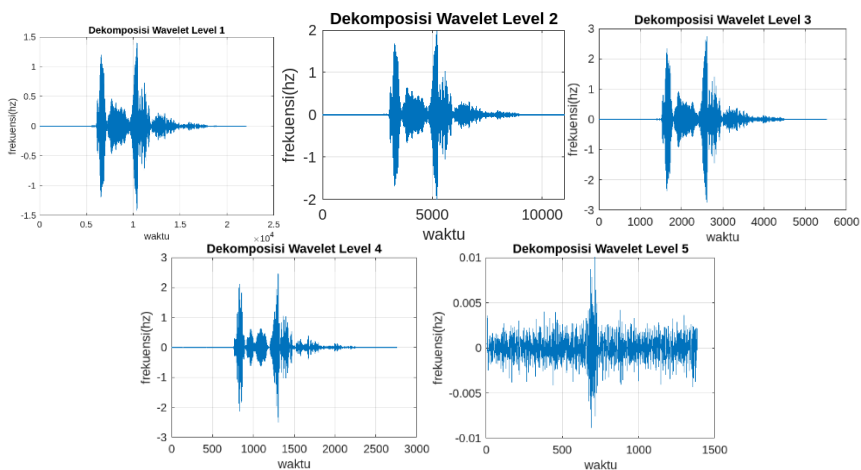
4. *Kowak-malam Abu*



Gambar 20. Sinyal Dekomposisi level 1-5

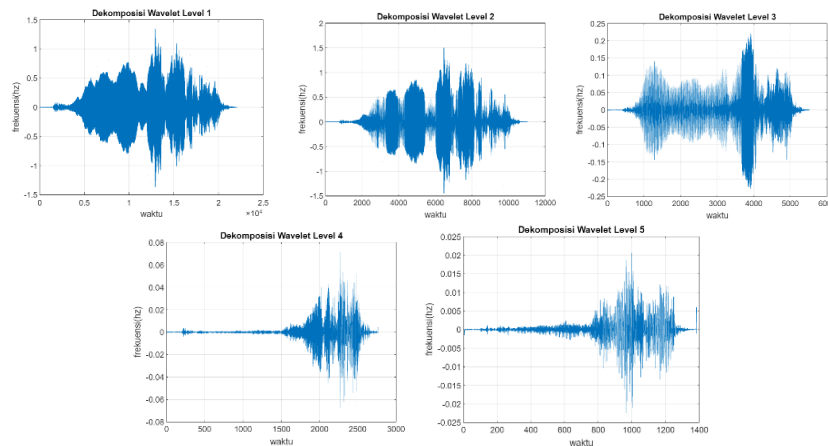
5. *Pauraque*

Gambar 21. Sinyal Dekomposisi level 1-5

6. *Short-tailed Nighthawk*

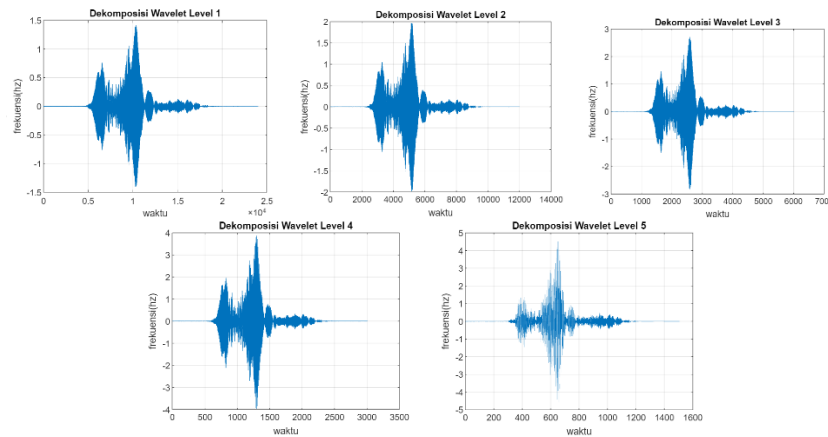
Gambar 22. Sinyal Dekomposisi level 1-5

7. *Striped Owl*



Gambar 23. Sinyal Dekomposisi level 1-5

8. *Long-tailed Potoo*



Gambar 24. Sinyal Dekomposisi level 1-5

4.3 Dimensi Fraktal Higuchi

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai dimensi fraktal dengan metode *Higuchi*. Perhitungan dilakukan dengan bantuan matlab dan menggunakan nilai $K_{\max}=50$ dan $K_{\max}=60$. Pada $K_{\max}=50$, burung *Eastern Whip-poor-will* memiliki nilai dimensi fraktal maksimum sebesar 2,0080 dan minimum sebesar 1,5413. Burung *Eurasian stone-Curlew* memiliki nilai dimensi fraktal maksimum sebesar 2,0194 dan minimum sebesar 1,6918. Burung *European Nightjar* memiliki nilai dimensi fraktal maksimum sebesar 2,0056 dan minimum sebesar 1,9320. Burung Kowak-malam Abu memiliki nilai dimensi fraktal maksimum sebesar 2,0085 dan minimum sebesar 1,9033. Burung *Pauraque* memiliki nilai dimensi fraktal maksimum sebesar 2,0161 dan minimum sebesar 1,8433. Burung *Short-tailed Nighthawk* memiliki nilai dimensi fraktal maksimum sebesar 2,0032 dan minimum sebesar 1,6563. Burung *Striped Owl* memiliki nilai dimensi fraktal maksimum sebesar 2,0213 dan minimum sebesar 1,8789. Burung *Long-tailed Potoo* memiliki nilai dimensi fraktal maksimum sebesar 2,0069 dan minimum sebesar 1,7476.

Pada $k_{\max}=60$, burung *Eastern Whip-poor-will* memiliki nilai dimensi fraktal maksimum sebesar 2,0035 dan minimum sebesar 1,5195. Burung *Eurasian stone-Curlew* memiliki nilai dimensi fraktal maksimum sebesar 2,0111 dan minimum sebesar 1,7259. Burung *European Nightjar* memiliki nilai dimensi fraktal maksimum sebesar 2,0001 dan minimum sebesar 1,9311. Burung Kowak-malam Abu memiliki nilai dimensi fraktal maksimum sebesar 2,0048 dan minimum sebesar 1,9072. Burung *Pauraque* memiliki nilai dimensi fraktal maksimum sebesar 2,0104 dan minimum sebesar 1,8523. Burung *Short-tailed Nighthawk* memiliki nilai

dimensi fraktal maksimum sebesar 1,9985 dan minimum sebesar 1,6271. Burung *Striped Owl* memiliki nilai dimensi fraktal maksimum sebesar 2,0155 dan minimum sebesar 1,8837. Burung *Long-tailed Potoo* memiliki nilai dimensi fraktal maksimum sebesar 2,0028 dan minimum sebesar 1,7569.

4.4 Klasifikasi *K-Nearest Neighbor*

Nilai dimensi fraktal yang diperoleh dari proses sebelumnya pada tahap ini akan diklasifikasikan dengan metode *K-Nearest Neighbor*. Sebelumnya data akan dibagi menjadi data latih dan data uji. Pada penelitian ini, dipilih pembagian data latih dan data uji dari 1:9 sampai 9:1 sebagai percobaan. Selanjutnya dipilih nilai K pada KNN adalah 1, 2, 3, 5, 7, dan 9. Proses klasifikasi dengan KNN ini dilakukan dengan *software* Rapidminer Studio. Berikut ini adalah tabel yang menyajikan hasil akurasi dari beberapa percobaan yang dilakukan.

Tabel 2. Hasil Akurasi

K-max	Data Latih	Data Uji	Nilai k					
			1	2	3	5	7	9
50	0,1	0,9	60.58%	60.58%	52.88%	50.00%	47.12%	48.08%
	0,2	0,8	59.38%	59.38%	53.12%	43.75%	40.62%	45.83%
	0,3	0,7	71.25%	71.25%	66.25%	63.75%	53.75%	46.25%
	0,4	0,6	73.61%	73.61%	65.28%	63.89%	61.11%	58.33%
	0,6	0,4	68.75%	68.75%	77.08%	62.50%	58.33%	68.75%
	0,7	0,3	75.00%	75.00%	71.88%	71.88%	65.62%	62.50%
	0,8	0,2	75.00%	75.00%	70.83%	79.17%	70.83%	66.67%
	0,9	0,1	75.00%	75.00%	87.50%	62.50%	62.50%	62.50%
60	0,1	0,9	54.81%	54.81%	50.00%	50.96%	53.85%	53.85%
	0,2	0,8	53.12%	53.12%	47.92%	44.79%	44.79%	46.88%
	0,3	0,7	63.75%	63.75%	60.00%	57.50%	45.00%	46.25%
	0,4	0,6	66.67%	66.67%	61.11%	62.50%	55.56%	52.78%
	0,6	0,4	64.58%	64.58%	66.67%	60.42%	60.42%	52.08%
	0,7	0,3	75.00%	75.00%	71.88%	71.88%	65.62%	59.38%
	0,8	0,2	79.17%	79.17%	75.00%	83.33%	75.00%	70.83%
	0,9	0,1	75.00%	75.00%	87.50%	75.00%	62.50%	50.00%

Berdasarkan tabel 2 diatas, diperoleh akurasi tertinggi yaitu 87,5% untuk pengklasifikasian burung nokturnal dengan metode *Higuchi*. Nilai akurasi tertinggi diperoleh pada percobaan dengan K-max = 50 dan K-max=60, pembagian data latih dan data uji 9:1, dan dengan k pada KNN yaitu 3.

4 Kesimpulan

Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa pengklasifikasian burung nokturnal berdasarkan suara, yaitu burung *Eastern Whip-poor-will*, burung *Eurasian stone-Curlew*, burung *European Nightjar*, burung Kowak-malam abu, burung *Pauraque*, burung *Short-tailed Nighthawk*, burung *Striped Owl*, dan burung *Long-tailed Potoo* menggunakan ekstraksi ciri DWT 5 level, dimensi fraktal *Higuchi* dengan kmax 50 dan 60, serta pembagian data latih dan data uji, yaitu 9:1 metode KNN dengan $k = 3$ dapat menghasilkan akurasi tertinggi sebesar

87,5%. Hal ini menandakan bahwa 87,5% dari data suara burung nokturnal dapat diprediksi benar ke masing-masing spesiesnya, sementara 10% dari data suara burung nokturnal diprediksi benar dalam spesies burung nokturnal yang berbeda. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penerapan dimensi fraktal *Higuchi* dan metode pengklasifikasian *K-Nearest Neighbor* (KNN) dapat digunakan untuk mengklasifikasikan burung nokturnal berdasarkan suara yang mana dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu spesies burung nokturnal melalui suara yang dikeluarkan.

Daftar Pustaka

- [1] D. Maknun, *Ekologi: Populasi, Komunitas, Ekosistem Mewujudkan Kampus Hijau Asri, Islami dan Ilmiah*, Cirebon: Nurjati Press, 2017.
- [2] KBBI, "KBBI," Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, 2016. [Online]. Available: <https://kbbi.kemdikbud.go.id/>. [Accessed 30 10 2023].
- [3] N. Geographic and N. Geographic, "About Birds," National Geographic Society, 2023. [Online]. Available: <https://www.nationalgeographic.com/animals/birds>. [Accessed 30 10 2023].
- [4] D. Juniati, C. Khotimah, D. E. K. Wardani and K. Budayasa, "Fractal dimension to classify the heart sound recordings with KNN and fuzzy c-mean clustering methods," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 953(1), 2018.
- [5] Y. G. Pamela and D. Juniati, "Klasifikasi Jenis Delphinidae (Lumba-lumba) dengan Dimensi Fraktal Menggunakan Metode Higuchi dan KNN (K-Nearest Neighbor)," *Jurnal Ilmiah Matematika*, vol. 9(1), pp. 204-211, 2021.
- [6] N. B. Network, "Humming Birds Plus," Nature Blog Network, 2023. [Online]. Available: <https://www.hummingbirdsplus.org/nature-blog-network/nocturnal-birds-sleeping-and-active-at-night/>. [Accessed 30 10 2023].
- [7] A. B. Conservancy, "American Bird Conservancy," American Bird Conservancy, 2023. [Online]. Available: <https://abcbirds.org/bird/eastern-whip-poor-will/>. [Accessed 26 10 2023].
- [8] B. L. Guide, "Biodiversity Landowners' Guide," School for Resource and Environmental Studies (SRES), [Online]. Available: <https://www.farmbiodiversity.ca/species-at-risk-2/birds/eastern-whip-poor-will/>. [Accessed 26 10 2023].
- [9] Birdfact, "Birdfact," Birdfact, 2023. [Online]. Available: <https://birdfact.com/birds/stone-curlew>. [Accessed 29 10 2023].
- [10] N. Bouglouan, "Oiseaux Birds," Oiseaux Birds, [Online]. Available: <https://www.oiseaux-birds.com>. [Accessed 29 10 2023].
- [11] A. A. Birds, "All About Birds," Cornell University, 2023. [Online]. Available: https://www.allaboutbirds.org/guide/Black-crowned_Night-Heron/overview. [Accessed 26 10 2023].
- [12] Audubon, "Audubon," National Audubon Society, [Online]. Available: <https://www.audubon.org/field-guide/bird/black-crowned-night-heron>. [Accessed 26 10 2023].
- [13] Animalia, "Animalia," animalia, 2023. [Online]. Available: <https://animalia.bio/short-tailed-nighthawk>. [Accessed 30 10 2023].

- [14] D. Widhyanti and D. Juniati, "Classification Of Baby Cry Sound Using Higuchi's Fractal Dimension With K-Nearest Neighbor And Support Vector Machine," *Jurnal of Physics Conference Series*, 2021.
- [15] A. Satria, A. S. Sembiring and F. , "Penerapan Metode Haar Wavelet Transform Dalam Teknik Pemampatan Citra Berwarna," *Jurnal Riset Komputer (JURIKOM)*, vol. 5, pp. 296-300 , 2018.
- [16] A. Ketut, "Biometrik Suara dengan Transformasi Wavelet Berbasis Orthogonal Daubenchies," *GEMATEK JURNAL TEKNIK KOMPUTER*, vol. 9(2), pp. 49-56, 2007.
- [17] M. Damayanti, "Klasifikasi Jenis Anjing Laut Berdasarkan Suara Dengan Metode Higuchi Dan K-nearest Neighbor," *Jurnal Ilmiah Matematika*, vol. 11(2), 2023.
- [18] M. Ruswiansari, A. Novianti and Wirawan, "Implementasi Discrete Wavelet Transform (Dwt) dan Singular Value Decomposition (Svd) pada Image Watermarking," *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan*, 2016.
- [19] S. Hasang and S. Supardjo, "Geometri Fraktal dalam Rancangan Arsitektur," *MEDIA MATRASAIN*, vol. 9(1), 2012.
- [20] D. Juniati and I. K. Budayasa, *Geometri Fraktal dan Aplikasinya*, Surabaya: UNESA Press, 2016.
- [21] A. Wintarti, D. Juniati and . I. N. Wulandari, "Classification of Gamelan Tones Based on Fractal Analysis," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 288, 2017.
- [22] A. Nunasikhah and D. Juniati, "Klasifikasi Jenis Jangkrik Berdasarkan Suara Menggunakan Dimensi Fraktal Metode Higuchi dan K-Nearest Neighbor (KNN)," *Jurnal Ilmiah Matematika* , vol. 10(1), pp. 199-207, 2022.
- [23] A. M. Argina, "Penerapan Metode Klasifikasi K-Nearest Neighbor Pada Dataset Penderita Penyakit Diabetes," *Indonesian Journal of Data and Science*, vol. 1(2), pp. 29-33, 2020.
- [24] R. N. Sofiani and D. Juniati, "Klasifikasi Jenis Emosi Berdasarkan Gelombang Otak Menggunakan Dimensi Higuchi dengan K-Nearest Neighbor," *Jurnal Ilmiah Matematika* , vol. 10(1), pp. 150-160, 2022.
- [25] D. V. Ariani and D. Juniati, "Klasifikasi Penyakit Paru Berdasar Suara Pernapasan Menggunakan Dimensi Fraktal Higuchi dan K-Nearest Neighbor," *Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 5(1), 2022 .
- [26] Karsito and S. Susanti, "Klasifikasi Kelayakan Peserta Pengajuan Kredit Rumah dengan Algoritma Naïve Bayes Di Perumahan Azzura Residencia," *Jurnal Teknologi Pelita Bangsa*, vol. 9(3), 2019.