

PENERAPAN DIMENSI FRAKTAL *HIGUCHI* DAN *K-NEAREST NEIGHBOR* DALAM KLASIFIKASI PASSERIFORMES (BURUNG PENGICAU) BERDASARKAN SUARA

Putri Anis Nurul Yania

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

putri.19004@mhs.unesa.ac.id

Dwi Juniati

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

Penulis Korespondensi: dwijuniati@unesa.ac.id

Abstrak

Passeriformes adalah salah satu kelas aves yang merupakan jenis burung pengicau. Tingkat konservasi dari spesies Passeriformes masih relatif rendah dan populasinya sudah mulai menurun, sehingga kelestarian Passeriformes perlu dipertahankan dari kepunahan maupun penurunan populasinya. Burung memiliki habitat yang beraneka ragam, sehingga menyebabkan keterbatasan dalam mengetahui ada atau tidaknya spesies burung di suatu wilayah. Suara kicauan dapat digunakan untuk mengenali jenis burung berdasarkan suaranya. Dengan dimensi fraktal bisa melakukan analisis suara Passeriformes berdasarkan ciri sinyal suaranya. Penelitian ini akan mengklasifikasikan Passeriformes berdasarkan suara menggunakan metode *Higuchi* serta *K-Nearest Neighbor*. Langkah awal yaitu pra-pemrosesan, selanjutnya adalah proses ekstraksi ciri menggunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan dekomposisi wavelet 5 level menggunakan tipe *mother wavelet Daubechies4*. Selanjutnya yaitu menghitung nilai dari dimensi fraktal dengan memakai metode *Higuchi*. Setelah memperoleh nilai dimensi fraktal, data dibagi menjadi dua yaitu data pelatihan dan data pengujian. Selanjutnya data diklasifikasikan menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor*. Dalam penelitian ini, telah diperoleh nilai dengan akurasi tertinggi sebesar 90% dimana perbandingan data pelatihan maupun data pengujian adalah 9:1, dengan nilai $K_{max}=60$, serta nilai k pada *K-NN* adalah 1, 2 dan 5. Sehingga, dapat disimpulkan penerapan dimensi fraktal *Higuchi* serta *K-Nearest Neighbor* dapat digunakan dalam mengklasifikasikan Passeriformes berdasarkan suara.

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

Abstract

Passeriformes is one of the aves class which is a type of songbird. The conservation level of Passeriformes species is still relatively low and the population has begun to decline, so the sustainability of Passeriformes needs to be maintained from extinction or population decline. Birds have diverse habitats, causing limitations in knowing the presence or absence of bird species in an area. Chirping sounds can be used to recognize bird species based on their sound. With fractal dimension, we can analyze the Passeriformes sound based on its sound signal characteristics. This research will classify Passeriformes based on sound using the Higuchi method and K-Nearest Neighbor. The first step is pre-processing, followed by feature extraction using Discrete Wavelet Transform (DWT) and 5-level wavelet decomposition using Daubechies4 mother wavelet type. Next is to calculate the value of the fractal dimension using the Higuchi method. After obtaining the fractal dimension value, the data is divided into two, namely training data and testing data. Furthermore, the data is classified using the K-Nearest Neighbor algorithm. In this study, the highest accuracy value of 90% has been obtained where the ratio of training data and testing data is 9:1, with $K_{max}=60$, and the value of k in K-NN is 1, 2 and 5. So, it can be concluded that the application of the Higuchi fractal dimension and K-Nearest Neighbor can be used in classifying Passeriformes based on sound.

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

PENDAHULUAN

Sejak tahun 1.500 diperkirakan sebanyak 182 jenis burung telah punah (BirdLife International, 2017). Kepunahan ini semakin meningkat disebabkan oleh kerusakan habitat yang semakin meluas. Passeriformes merupakan salah satu kelas aves yang merupakan jenis burung pengicau (Austin et al., 2023). Tingkat konservasi dari spesies Passeriformes masih relatif rendah dan populasinya sudah mulai menurun (All About Bird, 2023). Burung (termasuk Passeriformes) memiliki peran penting terhadap ekosistem, sehingga kelestarian burung perlu dipertahankan dari kepunahan maupun penurunan populasinya. Dalam menjaga kelestarian burung dibutuhkan data mengenai kesamaan dan kelimpahan burung di setiap wilayah. Langkah awal dalam memperoleh data tersebut adalah dengan mengetahui ada atau tidaknya burung di wilayah tersebut. Burung (termasuk Passeriformes) memiliki habitat yang beraneka ragam, seperti hutan, sawah, padang rumput, perkebunan, savana dan habitat perairan (Alikodra, 2002). Habitat burung yang beraneka ragam akan menyebabkan manusia sulit untuk menjangkau habitatnya, sehingga menyebabkan keterbatasan dalam mengetahui spesies burung di suatu wilayah. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode untuk mengklasifikasikan suara Passeriformes.

Suara kicauan burung menjadi salah satu penanda adanya kehidupan burung di suatu wilayah. Suara kicauan yang dikeluarkan oleh burung dapat digunakan untuk mengenali jenis burung berdasarkan suaranya. Seiring berkembangnya teknologi dan informasi, pengklasifikasian jenis burung dapat dilakukan menggunakan suara. Klasifikasi jenis burung berdasarkan dengan suaranya telah diteliti oleh Afida (2020), yaitu mengklasifikasikan jenis-jenis burung berdasarkan bunyi suaranya menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM), diperoleh akurasi tertinggi 77%.

Dimensi fraktal adalah indeks untuk karakterisasi dari pola fraktal dengan cara mengukur kompleksitasnya sebagai rasio perubahan secara detail terhadap skala perubahan (Juniati et al., 2018). Dimensi fraktal sendiri telah banyak digunakan analisisnya dalam pengklasifikasian suara. Pada penelitian sebelumnya, Juniati et al (2018) dengan dimensi fraktal *Higuchi* serta metode K-NN dan *Fuzzy C-Means* berdasarkan rekam suara/bunyi jantung, mengklasifikasikan jenis

penyakit jantung diperoleh akurasi tertinggi berdasarkan metode K-NN diperoleh sebesar 86,17% sedangkan akurasi paling tinggi metode *Fuzzy C-Means* sebesar 78,56%. Wintarti et al (2018) mengklasifikasikan jenis laras musik gamelan menggunakan analisis fraktal diperoleh akurasi sebesar 82,85%. Ariani (2022) mengklasifikasikan jenis penyakit paru menggunakan dimensi fraktal *Higuchi* serta K-NN berdasarkan dari adanya suara pernapasan atau detak jantung, diperoleh akurasi tertinggi sebesar 83%. Nunasikhah (2022) mengklasifikasikan suara dari jenis jangkrik menggunakan dimensi fraktal *Higuchi* dan K-NN, diperoleh akurasi tertinggi sebesar 90%. Berdasarkan ketiga penelitian tersebut, metode dimensi fraktal *Higuchi* dan K-NN menghasilkan akurasi yang optimal dalam klasifikasi suara.

Dalam penelitian ini akan dilakukan karakterisasi suara Passeriformes secara matematis dengan menggunakan dimensi fraktal *Higuchi*. Metode *Higuchi* merupakan metode yang efektif dalam perhitungan yang ada pada nilai dimensi guna menghitung data *time series*. Hasil yang diperoleh dari perhitungan nilai dimensi fraktal *Higuchi* akan diklasifikasikan dengan menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* atau KNN. *K-Nearest Neighbor* yaitu salah satu dari metode algoritma klasifikasi yang mudah dan juga efektif.

Berdasarkan pemaparan yang dijelaskan diatas, penelitian ini hendak meneliti antara klasifikasi Passeriformes dan dimensi fraktal *Higuchi* maupun *K-Nearest Neighbor* berdasarkan suara. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat membantu mempermudah dalam proses klasifikasi jenis burung dan mempermudah untuk mengetahui ada atau tidaknya spesies burung di suatu wilayah sebagai upaya awal pelestarian burung.

KAJIAN TEORI

A. Passeriformes (Burung Pengicau)

Passeriformes merupakan salah satu kelas aves yang merupakan jenis burung pengicau, yang termasuk kedalam subfilum Vertebrata dan Filum Chordata. Burung ini memiliki karakteristik berdarah panas dan berkembang biak dengan bertelur (Rudiansyah & Radhi, 2019). Passeriformes menggunakan suara untuk berkomunikasi dengan sesamanya. Passeriformes mengeluarkan suara untuk berbagi

informasi seperti ketika ada bahaya, mengusir predator, menarik perhatian pasangannya, dan mempertahankan wilayahnya (Mulyani & Iqbal, 2020). Berikut adalah jenis Passeriformes yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Bewick's Wren



Gambar 1. Bewick's Wren

Bewick's Wren merupakan burung asli Amerika Utara yang masuk dalam jenis Passeriformes. Suara burung ini yaitu "peer sciiit...sciiit sker teeerrrrr". (All About Birds, 2023). Suara Bewick's wren berada pada frekuensi 3,3 kHz - 4,1 kHz (Bird of the World, 2013). Kepedulian konservasi pada Bewick's Wren relatif rendah dan populasi burung ini mulai menurun pada awal abad kedua puluh. (All About Birds, 2023).

2. American Robin



Gambar 2. American Robin

American Robin merupakan burung asli Amerika Utara yang masuk dalam jenis Passeriformes. Suara burung ini yaitu "cuckk...cuckk...cuckk". (All About Birds, 2023). Suara Bewick's wren berada pada frekuensi 1808 Hz - 3729 Hz (Dowling et al., 2011). Kepedulian konservasi pada burung American Robin masih rendah. (All About Birds, 2023).

3. Northern Cardinal



Gambar 3. Northern Cardinal

Northern Cardinal merupakan burung asli Amerika Utara yang masuk dalam jenis Passeriformes. Suara burung ini yaitu "kyuu...kyuu...kyuu". (All About Birds, 2023). Suara Northern Cardinal berada pada frekuensi 1450 Hz - 4666 Hz (Dowling et al., 2011). Kepedulian konservasi pada burung Northern Cardinal masih rendah. (All About Birds, 2023).

4. Song Sparrow



Gambar 4. Song Sparrow

Song Sparrow merupakan burung asli Amerika Utara yang masuk dalam jenis Passeriformes. Suara burung ini yaitu "cuit..cuit..cuitt srrttttt..cit.cit.cuit" (All About Birds, 2023). Suara Song Sparrow berada pada frekuensi 2114 Hz - 7828 Hz (Dowling et al., 2011). Menurut *North American Breeding Bird Survey*, Populasi Song Sparrow menurun sekitar 27% antara tahun sejak 1966-2019. Dan kepedulian konservasi pada burung Song Sparrow masih rendah. (All About Birds, 2023).

5. Northern Mockingbird



Gambar 5. Northern Mockingbird

Northern Mockingbird merupakan burung asli Amerika Utara yang masuk dalam jenis Passeriformes. Suara burung ini yaitu "Cuiit...cuitt...cuit.cuit". (All About Birds, 2023). Suara Northern Mockingbird berada pada frekuensi 750 Hz - 7000 Hz (Gammon & Corsiglia, 2019). Menurut *North American Breeding Bird Survey*, Populasi Northern

Mockingbird menurun 30% dan kepedulian konservasinya masih rendah. (All About Birds, 2023).

B. Transformasi Wavelet

Transformasi wavelet merupakan transformasi yang digunakan dalam menganalisis sinyal non stasioner. Transformasi wavelet memisahkan sinyal ke dalam komponen frekuensi yang berbeda serta memberikan gambaran frekuensi waktu dari sinyal (El-Ramsisi & Khalil, 2007). Terdapat dua jenis transformasi yang cocok dengan nilai parameter dari translasi maupun dilatasinya adalah *Continue Wavelet Transform* atau biasa disebut dengan CWT serta *Discrete Wavelet Transforms* atau juga DWT.

C. Discrete Wavelet Transform (DWT)

Discrete Wavelet Transforms atau DWT adalah sebutan dari transformasi sinyal diskrit yang berubah jadi koefisien-koefisien *wavelet* yaitu caranya menapis sinyal dengan memakai *high pass filter* dan *low pass filter*, dua buah tapis secara berbeda atau berlawanan (Seran et al., 2021). Pada proses *Discrete Wavelet Transforms* (DWT), menggunakan teknik filterisasi digital yang telah didapatkan dari sebuah skala waktu sinyal digital. *Discrete Wavelet Transforms* (DWT) didefinisikan sebagai berikut (Juniati et al., 2018):

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

D. Geometri Fraktal

Geometri fractal secara umum merupakan salah satu cabang dari matematika guna mempelajari beberapa sifat serta perilaku fraktal. Istilah fraktal pertama kalinya digunakan oleh matematikawan yang bernama Benoit Mandelbrot pada tahun 1975. Fraktal mempelajari himpunan yang tidak reguler maupun fungsi yang dapat dikatakan tidak mulus. Fraktal mempunyai detail yang tanpa dapat dihitung ataupun tak terhingga serta dominan mempunyai sifat kemiripan diri (*self-similarity*) pada semua skala. Biasanya dengan mengulang satu pola, maka dapat menghasilkan fractal (Juniati & Budayasa, 2016).

E. Higuchi

Dimensi fraktal *Higuchi* merupakan metode komputasi non-linear cepat yang

hasilnya lebih akurat dibandingkan dengan metode lainnya (Yilmaz & Unal, 2020). Metode *Higuchi* dapat berfungsi guna menghitung sebuah nilai dimensi fractal melalui bentuk gelombang dan termasuk kedalam salah satu algoritma yang dipergunakan untuk menghitung hasil nilai dimensi melalui data deret waktu. Misal diberi deret waktu $X[k]$ dengan $k=1,2,3,\dots,n$. Algoritma menghitung nilai dimensi fraktal *Higuchi* pada deret waktu adalah sebagai berikut (Juniati et al., 2018):

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

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

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

- b. Panjang dari tiap deret waktu baru didefinisikan berikut ini:

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

Dimana $\frac{N-1}{\text{int}\left(\frac{N-z}{k}\right) \cdot k}$ menunjukkan faktor normalisasi, N menunjukkan panjang dari deret waktu asli dan $|x[z+ik] - x[z+(i-1)k]| = h_i$. Dalam hal ini, $L(z, k)$ diartikan sebagai jumlah dari normalisasi panjang segmen yang baru h_i . Setiap h_i biasanya memiliki nilai jarak berbeda pada koordinat titik yang dimulai sejauh (k) , dimulai dari sampel hingga z , $x[z]$ dengan $z = 1,2,3,\dots,k$.

- c. Dengan membagi semua sub deret $L(z, k)$ dengan k , diperoleh panjang kurva untuk interval waktu k . Untuk $z=1,2,3,\dots,k$.

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

- d. Kemiringan garis yang cocok dengan $\left\{ \ln(L(k)), \ln\left(\frac{1}{k}\right) \right\}$ serta diestimasi dengan kuadrat linear yang sesuai, sehingga dapat menghasilkan dimensi fraktal *Higuchi*.

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

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

$$HFD = \frac{\ln(L(k))}{\ln\left(\frac{1}{k}\right)}$$

Dimana HFD merupakan dimensi fraktal *Higuchi*.

F. *K-Nearest Neighbor*

Klasifikasi dapat diartikan sebagai pengelompokan data yang baru untuk dimasukkan ke dalam kelas dengan berdasarkan dari tipe data. Proses dari klasifikasi sendiri memiliki dua tahap; tahap pelatihan dan tahap pengujian (Nasution et al., 2019). *K-Nearest Neighbor* sendiri adalah algoritma data mining berfungsi menentukan klasifikasi. Cara kerja algoritma ini dengan mengklasifikasikan suatu data dengan menentukan parameter k terlebih dahulu yang akan digunakan untuk menghitung interval (jarak) antara titik yang terdapat dalam data pelatihan maupun data pengujian dengan rumus jarak *Euclidean*. Selanjutnya, mencari jarak terdekat dan kemudian menentukan kelas yang sesuai. (Brawijaya., 2019).

METODE

A. Data

Data suara kicauan burung diperoleh melalui website Kaggle dari format data suara *.wav pada <https://www.kaggle.com/datasets/vinayshanbhag/bird-song-data-set>. Data yang digunakan terdiri dari 20 data suara burung bewick's wren, 20 data suara burung american robin, 20 data suara burung northern cardinal, 20 data suara burung song sparrow, dan 20 data suara burung northern mockingbird.

B. Pra-Pemrosesan

Dalam proses ini suara asli akan dipotong pada durasi yang sama untuk mempermudah proses pengolahan data. Selanjutnya dilakukan *filtering*, yaitu penghilangan atau pengurangan *noise* pada data suara. Proses ini hendak dilakukan melalui *software* audacity. Setelah melakukan proses *filtering*, kemudian dilakukan proses normalisasi yaitu dengan cara mengubah interval (jarak) amplitudo menjadi -1 sampai 1 agar sinyal suara proses ekstraksi ciri tidak dipengaruhi oleh perubahan amplitudo, oleh sebab itu interval amplitudo harus sama.

Proses normalisasi hendak dilakukan menggunakan *software* Matlab 2017a.

C. Ekstraksi Ciri

Pada proses ini dilakukan pengambilan ciri sinyal suara dengan menggunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Dalam proses tersebut, hendak melakukannya dengan menggunakan dekomposisi wavelet 5 level tipe *mother wavelet Daubechies4* karena memberikan kinerja yang terbaik (Widhyanti & Juniati, 2021). Proses ekstraksi ciri pada penelitian ini dilakukan menggunakan *software* Matlab 2017a.

D. Metode Higuchi

Dalam proses ini, akan dihitung nilai dimensi dari sinyal hasil ekstraksi ciri menggunakan metode *Higuchi* dan dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab 2017a. Pada proses ini dipilih nilai K_{max} yaitu 50 dan K_{max} 60.

E. Proses Klasifikasi

Dalam proses ini, nilai dimensi fraktal yang sudah diperoleh dibagi menjadi dua data; data pelatihan maupun data pengujian. Data tersebut dapat dianalisis dengan nilai perbandingan 1:9 sampai 9:1. Selanjutnya akan dilakukan klasifikasi dari data yang ada menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor*. Proses ini hendak dilakukan dengan menggunakan *software* RapidMiner Studio.

F. Akurasi

Pada proses ini akan dilakukan perhitungan akurasi untuk melihat tingkat keberhasilan metode yang digunakan dalam penelitian. Nilai akurasi dihitung berdasarkan algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN) pada proses pengklasifikasian.

Berikut adalah persamaannya:

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

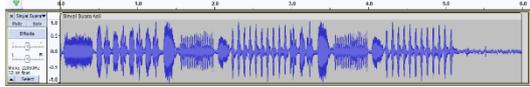
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pra-Pemrosesan

Data-data suara pada kicauan burung yang telah didapatkan melalui website tersebut, dipotong dengan durasi yang sama yaitu 3 detik pada semua data suara yang digunakan. Proses selanjutnya yaitu *filtering* (menghilangkan atau mengurangi *noise*) yang ada pada data suara. Proses pemotongan data suara dan proses

filtering (menghilangkan atau mengurangi *noise*) ini dilakukan menggunakan *software* audacity. Berikut adalah sinyal suara yang asli dan sinyal suara yang usai dilakukan pemotongan dan *filtering* untuk setiap jenis Passeriformes.

1. Bewick's Wren

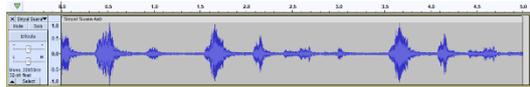


Gambar 6. Sinyal Suara yang Asli



Gambar 7. Sinyal pada Suara Setelah *Filtering*

2. American Robin

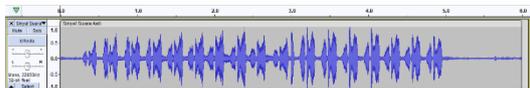


Gambar 8. Sinyal Suara yang Asli



Gambar 9. Sinyal pada Suara Setelah *Filtering*

3. Northern Cardinal



Gambar 10. Sinyal Suara yang Asli



Gambar 11. Sinyal pada Suara Setelah *Filtering*

4. Song Sparrow

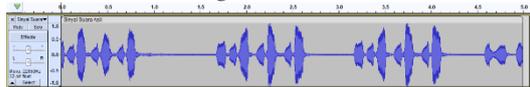


Gambar 12. Sinyal Suara yang Asli

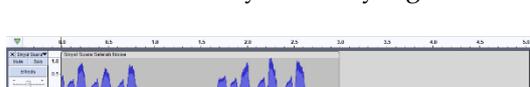


Gambar 13. Sinyal pada Suara Setelah *Filtering*

5. Northern Mockingbird



Gambar 14. Sinyal Suara yang Asli

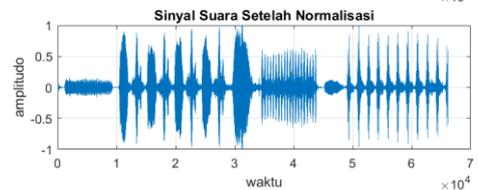
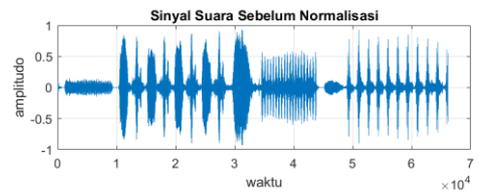


Gambar 15. Sinyal Suara Setelah *Filtering*

Selanjutnya, melakukan proses normalisasi menggunakan *software* Matlab 2017a guna menyamakan amplitudo dari -1

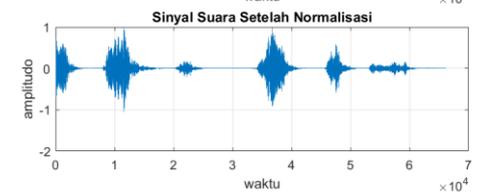
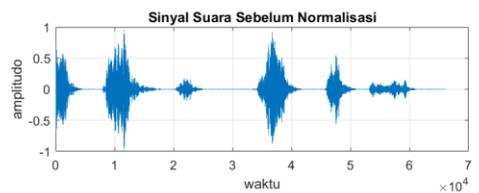
sampai 1. Berikut ini merupakan penggambaran dari sinyal suara sebelum maupun sesudah dilakukan normalisasi.

1. Bewick's Wren



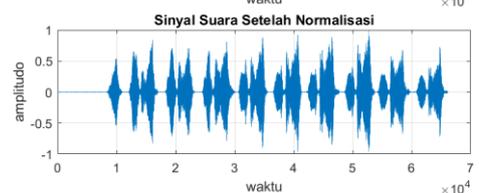
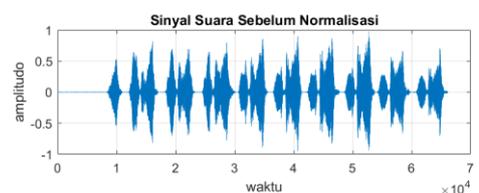
Gambar 16. Proses Normalisasi Suara Bewick's Wren

2. American Robin



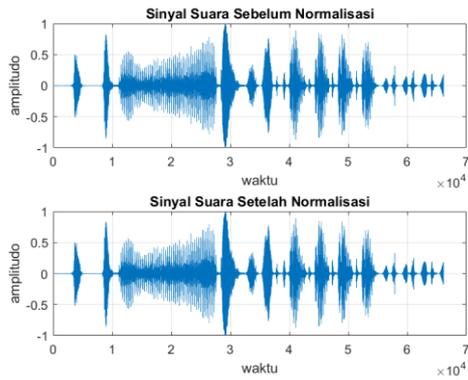
Gambar 17. Proses Normalisasi Suara American Robin

3. Northern Cardinal



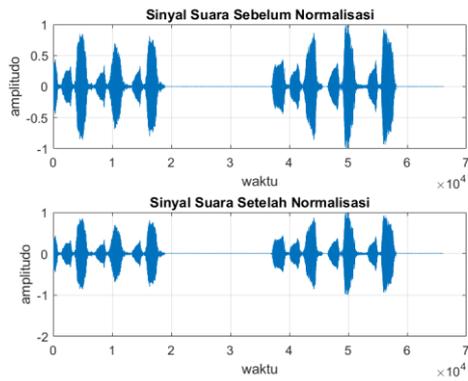
Gambar 18. Proses Normalisasi Suara Northern Cardinal

4. Song Sparrow



Gambar 19. Proses Normalisasi Suara Song Sparrow

5. Northern Mockingbird

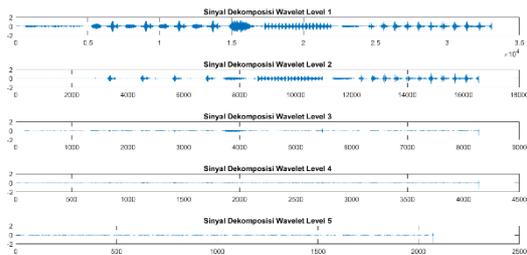


Gambar 20. Proses Normalisasi Suara Northern Mockingbird

B. Ekstraksi Ciri

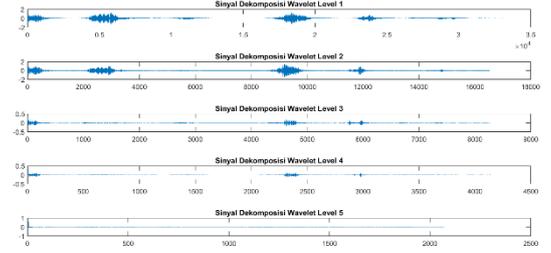
Setelah dilakukan proses pra-pemrosesan maka tahap yang selanjutnya adalah dilakukannya proses dari ekstraksi ciri penggunaan *Discrete Wavelet Transform* atau biasa disebut *DWT* serta mengambil tipe *mother wavelet Daubechies4* dan juga dekomposisi wavelet 5 level. Berikut adalah sinyal hasil dari dekomposisi wavelet untuk setiap jenis *Passeriformes*.

1. Bewick's Wren



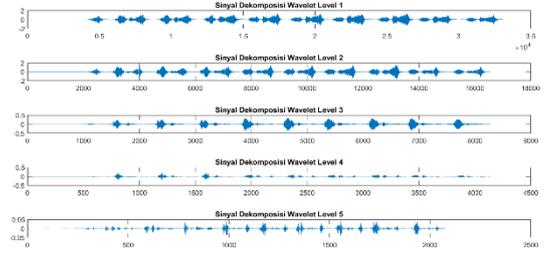
Gambar 21. Sinyal Dekomposisi

2. American Robin



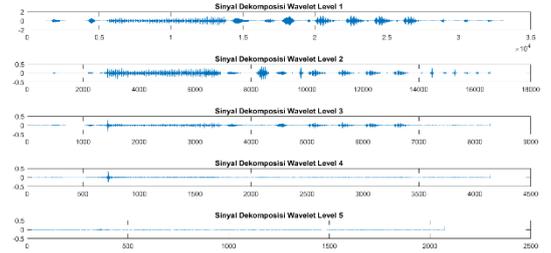
Gambar 22. Sinyal Dekomposisi

3. Northern Cardinal



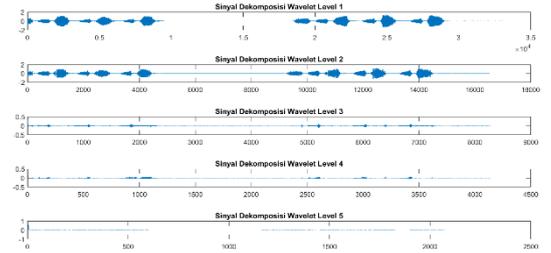
Gambar 23. Sinyal Dekomposisi

4. Song Sparrow



Gambar 24. Sinyal Dekomposisi

5. Northern Mockingbird



Gambar 25. Sinyal Dekomposisi

C. Dimensi Fraktal Higuchi

Perhitungan nilai dimensi sinyal suara dihitung dengan metode *Higuchi* menggunakan *software Matlab 2017a*. Dalam proses ini, nilai dari *Kmax* yang telah dipilih adalah 50 dan 60.

Berdasarkan nilai *Kmax* 50, burung bewick's wren nilai dimensi maksimumnya sebesar 2,0017 dan nilai dimensi minimumnya sebesar 1,6268. Burung american robin nilai dimensi maksimumnya sebesar 2,0098 dan nilai dimensi minimumnya sebesar 1,8769. Burung northern cardinal nilai dimensi maksimumnya sebesar 2,0142 dan nilai dimensi minimumnya sebesar 1,8870. Burung song sparrow nilai dimensi

maksimumnya sebesar 2,0070 dan nilai dimensi minimumnya sebesar 1,8816. Burung northern mockingbird nilai dimensi maksimumnya sebesar 2,0047 dan nilai dimensi minimumnya sebesar 1,8044.

Sedangkan berdasarkan nilai K_{max} 60, burung bewick's wren nilai dimensi maksimumnya sebesar 1,9964 dan nilai dimensi minimumnya sebesar 1,7034. Burung american robin nilai dimensi maksimumnya sebesar 2,0026 dan nilai dimensi minimumnya sebesar 1,8886. Burung northern cardinal nilai dimensi maksimumnya sebesar 2,0101 dan nilai dimensi minimumnya sebesar 1,8967. Burung song sparrow nilai dimensi maksimumnya sebesar 2,0038 dan nilai dimensi minimumnya sebesar 1,8930. Burung northern mockingbird nilai dimensi maksimumnya sebesar 1,9992 dan nilai dimensi minimumnya sebesar 1,8068.

D. Klasifikasi

Setelah diperoleh nilai dimensi fraktalnya, selanjutnya akan dilakukan klasifikasi menggunakan perbandingan dari data pelatihan maupun data pengujian yaitu 1:9 sampai 9:1. Data tersebut akan diklasifikasikan bersama algoritma *K- Nearest Neighbor* yang penggunaan nilai k adalah 1,2,3,5,6,7. Proses ini dilakukan menggunakan *software* RapidMiner Studio. Berikut adalah hasil akurasi yang diperoleh dari hasil klasifikasi:

Tabel 1. Hasil Akurasi

Kmax	Data Pelatihan	Data Pengujian	Nilai K						
			1	2	3	5	6	7	
50	0,1	0,9	30%	30%	25,56%	26,67%	26,67%	27,78%	
	0,2	0,8	45%	45%	42,50%	38,75%	31,25%	33,25%	
	0,3	0,7	52,86%	52,86%	47,14%	54,29%	50%	50%	
	0,4	0,6	51,67%	51,67%	45%	53,33%	51,67%	56,67%	
	0,5	0,5	62%	62%	60%	60%	60%	56%	
	0,6	0,4	52,50%	52,50%	60%	65%	65%	67,50%	
	0,7	0,3	53,33%	53,33%	56,67%	56,67%	56,67%	66,67%	
	0,8	0,2	50%	50%	50%	60%	55%	70%	
	0,9	0,1	70%	70%	50%	70%	50%	70%	
60	0,1	0,9	31,11%	31,11%	31,11%	37,78%	40%	40%	
	0,2	0,8	46,25%	46,25%	45%	41,25%	41,25%	41,25%	
	0,3	0,7	54,29%	54,29%	44,29%	47,14%	52,86%	54,29%	
	0,4	0,6	56,67%	56,67%	45%	48,33%	53,33%	50%	
	0,5	0,5	62%	62%	58%	54%	60%	62%	
	0,6	0,4	62,50%	62,50%	62,50%	70%	60%	65%	
	0,7	0,3	63,33%	63,33%	63,33%	60%	56,67%	56,67%	
	0,8	0,2	65%	65%	60%	65%	55%	55%	
	0,9	0,1	90%	90%	80%	90%	60%	70%	

Berdasarkan tabel 1, diperoleh nilai akurasi tertinggi yaitu 90% yang terdapat dalam K_{max} = 60 dari hasil perbandingan data pelatihan maupun data pengujian 9:1 serta nilai k pada K-NN yaitu 1, 2 dan 5. Hasil dibawah ini adalah detail dan *confusion matrix* dari hasil akurasi tertinggi:

Tabel 2. Detail Akurasi untuk $k=1$ dan $k=2$

Precision	Recall	F1-Score	Support	Class
100%	100%	100%	2	BW
66,67%	100%	80%	2	AR
100%	100%	100%	2	NC
100%	100%	100%	2	SS
100%	50%	66,67%	2	NM

Tabel 3. *Confusion Matrix* untuk $k=1$ dan $k=2$

TRUE	BW	AR	NC	SS	NM
BW	2	0	0	0	0
AR	0	2	0	0	1
NC	0	0	2	0	0
SS	0	0	0	2	0
NM	0	0	0	0	1

Tabel 4. Detail Akurasi untuk $k= 5$

Precision	Recall	F1-Score	Support	Class
100%	50%	66,67%	2	BW
100%	100%	100%	2	AR
100%	100%	100%	2	NC
66,67%	100%	80%	2	SS
100%	100%	100%	2	NM

Tabel 5. *Confusion Matrix* untuk $k= 5$

TRUE	BW	AR	NC	SS	NM
BW	1	0	0	0	0
AR	0	2	0	0	0
NC	0	0	2	0	0
SS	1	0	0	2	0
NM	0	0	0	0	2

Keterangan:

- BW = Bewick's Wren
- AR = American Robin
- NC = Northern Cardinal
- SS = Song Sparrow
- NM = Northern Mockingbird

Nilai dari *Precision*, *Recall*, *F1-Score*, dan *Support* ditunjukkan oleh tabel 2 dan 4. Sedangkan *confusion matrix* yang digunakan untuk menganalisis akurasi kelas aslinya ditunjukkan oleh tabel 3 dan 5.

Berdasarkan nilai $k=1$ dan $k=2$, diperoleh *precision* kelompok bewick's wren sebesar 100% yang berarti semua data pengujian telah memiliki kesesuaian pada data prediksi sebanyak 2 data dalam kelompok bewick's wren serta *recall* diperoleh 100%, berarti jumlah data yang melalui hasil pengujian terklasifikasi semuanya pada kelompok bewick's wren yaitu 2 data. *Precision* kelompok american robin sebesar 66,67% pada data pengujian telah sesuai terdapat pada data prediksi sebesar 66,67% yaitu 2 data terklasifikasi dalam kelompok american robin dan 33,33% terklasifikasi pada kelompok selain american robin hanya 1 data terklasifikasi kedalam kelompok northern

mockingbird dan *recall* mencapai 100%, maka jumlah data hasil pengujian terklasifikasi semua pada kelompok american robin yaitu 2 data. *Precision* kelompok northern cardinal sebesar 100% yang berarti semua data pengujian memiliki kesesuaian dengan data prediksi yaitu sebanyak 2 di kelompok northern cardinal dan *recall* sebesar 100% yang mana jumlah data hasil pengujian terklasifikasi semua dalam kelompok northern cardinal yaitu 2 data. *Precision* kelompok song sparrow sebesar 100% yang berarti semua data pengujian telah sesuai berdasarkan data prediksi sebanyak 2 data didalam kelompok song sparrow dan *recall* sebesar 100% berarti jumlah berdasarkan data hasil pengujian terklasifikasi semua pada kelompok song sparrow yaitu 2 data. *Precision* kelompok northern mockingbird sebesar 100% yang berarti semua data pengujian telah memiliki kecocokan berdasarkan data prediksi sebanyak 2 data dalam kelompok northern mockingbird dan *recall* mencapai 50% yang berarti data pengujian telah terklasifikasi dengan benar sebesar 50% hanya 1 data dan 50% terklasifikasi kedalam kelompok selain northern cardinal terdapat 1 data terklasifikasi pada kelompok american robin.

Sedangkan berdasarkan nilai $k=5$, diperoleh *Precision* kelompok bewick's wren sebesar 100% yang berarti semua data pengujian telah cocok atau sesuai dalam data prediksi terdapat 2 data dalam kelompok bewick's wren serta *recall* sebesar 50% dengan arti pengujian yang terklasifikasi secara benar sebesar 50% hanya 1 data serta 50% terklasifikasi dalam kelompok selain bewick's wren terdapat hanya 1 data terklasifikasi pada kelompok song sparrow. *Precision* kelompok american robin sebesar 100% yang berarti semua data yang ada pada pengujian sesuai atau cocok pada data prediksi sebanyak 2 data yang didalam kelompok american robin maupun *recall* mencapai 100% sehingga berarti jumlah dari data hasil pengujian terklasifikasi semua pada kelompok american robin terdapat 2 data. *Precision* kelompok northern cardinal mencapai 100%, berarti semua data pengujian terklasifikasi semuanya sesuai pada data prediksi yaitu sebanyak 2 data dalam kelompok northern cardinal dan juga *recall* mencapai 100%. Hal tersebut menjadikan jumlah data hasil pengujian telah terklasifikasi semua pada kelompok northern cardinal yaitu 2 data.

Precision dari kelompok song sparrow mencapai 66,67% sehingga, data pengujian tersebut memiliki kesesuaian dengan data prediksi yang mencapai 66,67% yaitu terdapat 2 data terklasifikasi kedalam kelompok song sparrow dan 33,33% terklasifikasi pada kelompok selain song sparrow hanya 1 data, terklasifikasi pada kelompok bewick's wren maupun *recall* sebesar 100% yang artinya jumlah data hasil pengujian terklasifikasi semua pada kelompok american robin yaitu 2 data. *Precision* kelompok northern mockingbird sebesar 100% yang berarti semua data pengujian telah memiliki kesesuaian data prediksi sebanyak 2 data dalam kelompok northern mockingbird serta *recall* mencapai 100% yang berarti jumlah dari data hasil pengujian telah mendapatkan klasifikasi semua pada kelompok northern mockingbird yaitu 2 data.

PENUTUP

SIMPULAN

Dari penelitian tersebut, pengklasifikasian Passeriformes berdasarkan suara yaitu, suara burung bewick's wren, suara burung american robin, suara burung northern cardinal, suara burung song sparrow, dan suara burung northern mockingbird menggunakan dimensi fraktal diperoleh nilai akurasi tertinggi sebesar 90%, yang artinya dapat dilakukan dengan metode *Higuchi* dan nilai $K_{max} = 60$ melalui klasifikasi Passeriformes, *Discrete Wavelet Transform* atau DWT 5 level, melalui perbandingan antara data pelatihan dan data pengujian 9:1 serta nilai k pada K-NN adalah 1, 2 dan 5. Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan, demikian itu kesimpulan yang dapat ditarik bahwasanya penerapan dari dimensi fraktal *Higuchi* serta *K-Nearest Neighbor* (K-NN) bisa dipergunakan dalam mengklasifikasikan Passeriformes berdasarkan suara.

DAFTAR PUSTAKA

- Afida, A. M. (2020). Klasifikasi Jenis Burung Berdasarkan Suara Menggunakan Algoritme Support Vector Machine. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 8(1), 1-6. <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v8n1.p1-6>
- All About Birds. (2023). All About Birds, Cornell Lab of Ornithology. Diambil 20 Februari 2023, dari

- <https://www.allaboutbirds.org>
- Alikodra, H.S. (2002). *Pengelolaan Satwa Liar*. Bogor: Fakultas Kehutanan IPB
- Ariani, D. V., & 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.
<https://doi.org/10.30605/proximal.v5i1.1608>
- Austin, O.L., Gill, F., & Clench, M.H. (2023). Passeriform. Diambil 20 Februari 2023, dari <https://www.britannica.com/animal/passeriform>
- BirdLife International. (2017). We have lost over 150 bird species since 1500. Diambil 20 Februari 2023, dari <http://www.birdlife.org>
- Bird of the World. (2013). Bewick's Wren. Diambil 20 Februari 2023, dari <https://birdsoftheworld.org/bow/species/bewwre/cur/sounds>
- Brawijaya, H., Samudi, & Widodo, S. (2019). Komparasi Algoritma K-Nearest Neighbor dan Naive Bayes pada Pengobatan Penyakit Kutil Menggunakan Cryotherapy (Comparison of the K-Nearest Neighbor and Naive Bayes Algorithm in the Treatment of Warts Using Cryotherapy). *JUITA : Jurnal Informatika*, 7(2), 93–99.
- Dowling, J. L., Luther, D. A., & Marra, P. P. (2011). Comparative effects of urban development and anthropogenic noise on bird songs. *Behavioral Ecology*, 23(1), 201–209.
<https://doi.org/10.1093/beheco/arr176>
- El-Ramsisi, A. M., & Khalil, H. A. (2007). Diagnosis System Based on Wavelet Transform, Fractal Dimension and Neural Network. *Journal of Applied Sciences*, 7(24).
- Gammon, D. E., & Corsiglia, A. M. (2019). Mockingbirds imitate frogs and toads across North America. *Elsevier*, 169.
<https://doi.org/10.1016/j.beproc.2019.103982>
- Juniati, D., & Budayasa, I.K. (2016). *Geometri Fraktal & Aplikasinya*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya University Press.
- Juniati, D., Khotimah, C., Wardani, D. E. K., & Budayasa, K. (2018). Fractal dimension to classify the heart sound recordings with KNN and fuzzy c-mean clustering methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 953(1).
<https://doi.org/10.1088/17426596/953/1/012202>
- Mulyani, Y. A., & Iqbal, M. (2020). *BURUNG-BURUNG DI KAWASAN SEMBILANG DANGKU* (1st ed.). ZSL Indonesia.
- Nasution, D. A., Khotimah, H. H., & Chamidah, N. (2019). Perbandingan Normalisasi Data untuk Klasifikasi Wine Menggunakan Algoritma K-NN. *Computer Engineering, Science and System Journal*, 4(1), 78–82.
- Nunasikhah, A., & Juniati, D. (2022). Klasifikasi Jenis Jangkrik Berdasarkan Suara Menggunakan Dimensi Fraktal Metode Higuchi Dan K-Nearest Neighbor (Knn). *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 10(1), 199–207.
<https://doi.org/10.26740/mathunesa.v10n1.p199-207>
- Rudiansyah, & Radhi, M. (2019). Perilaku Satwa Liar Pada Kelas Burung (Aves). *Jurnal OSF Preprints*, 1(1), 1–10.
- Seran, A. B., Rahman, A. Y., & Istiadi, I. (2021). Temu Kembali Kemiripan Motif Citra Tenun Menggunakan Transformasi Wavelet Diskrit Dan GLCM. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 5(5), 958–966.
- Widhyanti, D., & Juniati, D. (2021). Classification of Baby Cry Sound Using Higuchi's Fractal Dimension with K-Nearest Neighbor and Support Vector Machine. *Journal of Physics: Conference Series*, 1747(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1747/1/012014>
- Wintarti, A., Juniati, D., & Wulandari, I. N. (2018). Classification of Gamelan Tones Based on Fractal Analysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 288(1).
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/288/1/012022>
- Yilmaz, A., & Unal, G. (2020). Multiscale Higuchi's fractal dimension method. *Nonlinear Dynamics*, 101(2), 1441–1455.