IMPLEMENTASI METODE *MEL-FREQUENCY CEPSTRUM COEFFICIENTS* (MFCC) DALAM IDENTIFIKASI JENIS SUARA BURUNG BERKICAU

Fakhrizal Ahadiat

Teknik Informatika – Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipatiukur 112-114 Bandung
E-mail : isal_ada@yahoo.co.id

ABSTRAK

Burung adalah anggota kelompok hewan bertulang (*vertebrata*) yang memiliki bulu dan sayap. Di Indonesia burung berkicau merupakan salah satu jenis burung yang paling diminati, hal tersebut dapat dilihat semakin banyaknya masyarakat yang memulai hobinya dalam memelihara burung dan lomba-lomba suara kicauan burung yang sering dan rutin diselenggarakan pada setiap kota. Oleh karena itu dibutuhkannya suatu kemudahan bagi para penghobi burung dalam mengidentifikasikan jenis suara burung berkicau terutama pada jenis burung yang memiliki karakteristik bentuk dan warna yang hampir sama.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Risha Annisa, Bambang Hidayat, dan Inung Wijayanto klasifikasi jenis suara burung menggunakan metode *Wavelet Packet Decomposition* dan Jaringan Syaraf Tiruan SOM dengan jumlah sample sebanyak 4 jenis burung didapatkan akurasi dalam identifikasi sebesar 83,13%. Pada penelitian dan penyusunan tugas akhir ini untuk identifikasi jenis suara burung menggunakan metode *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* dan Jaringan Syaraf Tiruan SOM.

Berdasarkan hasil dari pengujian dapat disimpulkan bahwa metode MFCC dan Jaringan Syaraf Tiruan SOM dapat mendeteksi jenis suara burung dengan tingkat akurasi sebesar 85,625% untuk kasus jenis burung yang sama sedangkan untuk kasus jenis burung yang masing-masing memiliki subjenis dengan karakteristik yang hampir sama dapat mendeteksi suara dengan tingkat akurasi sebesar 48,824% sehingga dapat disimpulkan sistem dengan menggunakan metode MFCC sebagai ekstraksi ciri dapat mengidentifikasi jenis burung lebih baik untuk kasus jenis burung yang sama dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya..

Kata Kunci : Burung Berkicau, Ekstraksi Ciri, MFCC, Jaringan Syaraf Tiruan SOM.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Burung adalah anggota kelompok hewan bertulang (vertebrata) yang memiliki bulu dan sayap. Jenis-jenis burung begitu bervariasi, mulai dari burung kolibri yang kecil hingga burung unta yang tingginya melebihi orang. Diperkirakan jenis burung yang terdapat didunia yaitu sekitar 8.800 hingga 10.200 spesies, dan sekitar 1650 jenis burung diantaranya ditemukan di Indonesia. Burung dapat dibagi dua macam yaitu diantaranya burung hias dan burung berkicau. Di Indonesia burung berkicau merupakan salah satu jenis burung yang paling diminati, hal tersebut dapat dilihat semakin banyaknya masyarakat yang memulai hobinya dalam memelihara burung dan juga lomba-lomba suara kicauan burung yang sering dan rutin diselenggarakan pada setiap kota. Oleh karena itu dibutuhkannya suatu kemudahan bagi para penghobi burung dalam mengidentifikasikan jenis suara burung berkicau terutama pada jenis burung yang memiliki karakteristik bentuk dan warna yang hampir sama.

Suara merupakan salah satu bidang biometrik yang saat ini semakin berkembang. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Risha Annisa, Bambang Hidayat, dan Inung Wijayanto klasifikasi jenis suara burung menggunakan metode *Wavelet Packet Decomposition* dan Jaringan Syaraf Tiruan *Self Organizing Maps* dengan jumlah sample sebanyak 4 jenis burung didapatkan akurasi dalam identifikasi sebesar 83,13% [1] dikarenakan masih memiliki kekurangan dalam proses identifikasi jenis suara burung salah satunya yaitu belum dapat membedakan ciri suara pada 2 macam jenis burung diantaranya suara burung cucak ijo dan cucak rawa. Oleh karena itu maka dibutuhkannya perbandingan antar metode pemrosesan agar dapat memilih metode yang tepat untuk proses ekstraksi dan identifikasi jenis suara burung berkicau. Sementara penelitian lain dibidang biometrik suara yaitu dilakukan oleh Angga Setiawan, Achmad Hidayatno dan R. Rizal Isnanto dengan judul pengenalan pengucap tak bergantung teks menggunakan metode *Linear Predictive Coding* (LPC) dan *Vector*

Quantization didapatkan rata-rata persentase pengenalan tertinggi terhadap pengujian dengan data rekam hanya mencapai 68,5% dan pengenalan tertinggi terhadap pengujian secara real time mencapai 58% [2].

Dalam penelitian ini metode yang akan digunakan untuk membangun sistem identifikasi jenis burung yaitu menggunakan metode *Mel Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC) untuk ekstraksi sinyal suara dan untuk identifikasi dibantu dengan menggunakan metode klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan *Self Organizing Maps*. *Metode Mel Frequency Cepstrum Coefficients* digunakan karena memiliki beberapa kelebihan diantaranya mampu menangkap informasi penting dalam sinyal suara, menghasilkan data seminimal mungkin tanpa menghilangkan informasi-informasi yang ada dan mereplikasikan organ pendengaran manusia dalam melakukan persepsi terhadap sinyal suara [3]. Hal ini dibuktikan pada penelitian sebelumnya untuk verifikasi suara orang dengan menggunakan metode MFCC didapatkan akurasi paling tinggi yaitu sekitar 93,254% [4].

Berdasarkan uraian diatas maka pada penelitian yang dilakukan ini, dengan mengimplementasikan metode *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC) dan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Self Organizing Maps* diharapkan dapat menghasilkan keakuratan yang lebih optimal dan waktu yang lebih cepat pada pengolahan suara digital terhadap identifikasi jenis suara burung, yang mana dapat membantu para masyarakat yang memulai hobinya dalam memelihara burung untuk mengidentifikasi jenis burung berdasarkan suaranya dengan lebih akurat dan cepat.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian yang dilakukan adalah untuk mengimplementasikan *metode Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* dalam ekstrasi ciri sinyal suara burung berkicau dan Jaringan Syaraf Tiruan *Self Organizing Maps* dalam identifikasi jenis burung.

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mengimplementasikan dan mengukur tingkat akurasi metode *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* dan Jaringan Syaraf Tiruan *Self Organizing Maps* dalam identifikasi jenis suara burung berkicau.

2. TEORI DASAR

Kecerdasan Buatan *(Artificial Intelligence* atau AI) didefinisikan sebagai kecerdasan yang ditunjukkan oleh suatu entitas buatan. Sistem seperti ini umumnya dianggap komputer. Kecerdasan diciptakan dan dimasukkan kedalam suatu mesin (komputer) agar dapat melakukan pekerjaan seperti yang dapat dilakukan manusia [6].

2.1 Hubungan Kecerdasan Buatan Dengan Pengenalan Suara

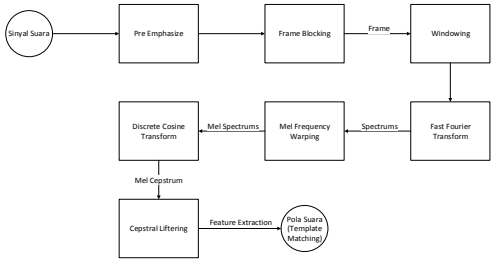
Pemahaman Ucapan/Suara (*Speech/Voice Understanding*), adalah teknik agar komputer dapat mengenali dan memahami bahasa ucapan. Proses ini mengijinkan seseorang berkomunikasi dengan komputer dengan cara berbicara kepadanya. Istilah "pengenalan suara" mengandung arti bahwa tujuan utamanya adalah mengenai kata yang diucapkan tanpa harus tahu artinya, di mana bagian itu merupakan tugas "pemahaman suara".

2.2 MFCC

MFCC (*Mel Frequency Cepstrum Coefficients*) merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam bidang *speech technology*, baik *speaker recognation* maupun *speech recognation*. Metode ini digunakan untuk melakukan *feature extraction*, sebuah proses yang mengkonversikan sinyal suara menjadi beberapa parameter. Keunggulan dari metode ini adalah:

1. Mampu untuk menangkap karakteristik suara yang sangat penting bagi pengenalan suara. Atau dengan kata lain, mampu menangkap informasi-informasi penting yang terkandung dalam sinyal suara.
2. Menghasilkan data seminimal mungkin tanpa menghilangkan informasi-informasi penting yang ada.
3. Mengadaptasi organ pendengaran manusia dalam melakukan persepsi terhadap sinyal suara.

MFCC *feature extraction* sebenarnya merupakan adaptasi dari sistem pendengaran manusia dimana sinyal suara akan di-filter secara linear untuk frekuensi rendah (dibawah 1000 Hz) dan secara logaritmik untuk frekuensi tinggi [3]. Berikut ini blok diagram untuk proses yang dilakukan pada metode MFCC:



Gambar 1 Blok Diagram Alur Proses MFCC

2.2.1 *Pre-emphasize*

Pre-emphasize dilakukan untuk memperbaiki *signal* dari gangguan *noise*, sehingga dapat meningkatkan tingkat akurasi dari proses feature extraction. Default dari nilai alpha yang digunakan dalam proses pre-emphasis filtering adalah 0.97.

$$y[n] = s[n] - \alpha\, s[n-1] \quad (1)$$

Keterangan:
y[n] = signal hasil pre-emphasis filter
s[n] = signal sebelum pre-emphasis filter

2.2.2 *Frame Blocking*

Hasil perekaman suara merupakan sinyal analog yang berada dalam domain waktu yang bersifat variant time, yaitu suatu fungsi yang bergantung waktu. Oleh karena itu sinyal tersebut harus dipotong-potong dalam slot-slot waktu tertentu agar dapat dianggap invariant. Setiap potongan sinyal suara tersebut disebut *frame*.

Untuk menghitung jumlah frame digunakan rumus:

$$Jumlah\ Frame\ =\ ((I-N)/M+1) \quad (2)$$

Keterangan:
I = *Sample rate*
N = *Sample point* (*Sample rate* * waktu framing (s))
M = N/2

2.2.3 *Windowing*

Fungsi window yang paling sering digunakan dalam aplikasi speaker recognation adalah Hamming Window. Fungsi ini menghasilkan sidelobe level yang tidak terlalu tinggi (kurang lebih -43dB) selain itu noise yang dihasilkan pun tidak terlalu besar (kurang lebih 1.36 BINS).
Window Hamming:

$$W_{ham}(n) = 0.52 - 0.46\cos\left[\frac{2\pi n}{(N-1)}\right] 0 \le n \le N-1 \quad (3)$$

Keterangan:
$W_{ham}(n)$ = *Window Hamming*
n = Sinyal ke [1 ... n]
N = *Sample Point*

2.2.4 *Fast Fourier Transform* (FFT)

Proses *windowing* menghasilkan spektrum suara dalam domain waktu, untuk tidak terjadi kesalahan dalam proses warping path maka spektrum domain waktu dirubah menjadi sinyal frekuensi dengan menggunakan proses *Fast Fourier Transform*.

FFT (*Fast Fourier Transform*) adalah teknik perhitungan cepat dari DFT. FFT adalah DFT dengan teknik perhitungan yang cepat dengan memanfaatkan sifat periodikal dari transformasi fourier. Perhatikan definisi dari FFT:

$$F(k) = \sum_{n=1}^{N} f(n) e^{-j2\pi knT/N} \quad (4)$$

Atau dapat dituliskan dengan:

$$F(k) = \sum_{n=1}^{N} f(n)\cos\left(\frac{2\pi nkT}{N}\right) - j\sum_{n=1}^{N} f(n)\sin(2\pi nkT/N) \quad (5)$$

Untuk melihat nilai hasil FFT digunakan rumus:

$$|f(u)| = [R^2 + I^2]^{1/2} \quad (6)$$

2.2.5 *Mel Frequency Warping* (FilterBank)

Magnitude hasil dari proses *Fast Fourier Transform* (FFT) selanjutnya akan melalui tahap *Filterbank*. *Filterbank* ini bertujuan untuk mengetahui ukuran energi pada *Frequency Bandwith* dalam *signal* suara. Langkah pertama yang dilakukan yaitu mencari nilai koefisien *filterbank*.

Berikut ini adalah rumus yang digunakan dalam perhitungan *filterbank*.

$$Y[i] = \sum_{j=1}^{N} S[j] H_i[j] \quad (7)$$

Keterangan:
N = jumlah magnitude spectrum
S[j] = magnitude spectrum pada frekuensi j
$H_i[j]$ = koefisien *filterbank* pada frekuensi j
($1 \le i \le M$)
M = jumlah channel dalam *filterbank*
Dimana $H_i = \frac{mel\ f}{x_i/_2}$

2.2.6 *Discrete Cosine Transform* (DCT)

Proses ini merupakan langkah akhir dari *feature extraction*. Hasil dari DCT ini adalah fitur-fitur yang dibutuhkan untuk melakukan proses analisa terhadap pengenalan suara tersebut. Menggunakan rumus:

$$T_n = \sum_{k=1}^{K} (log\ S_k) \cos[n(k-\tfrac{1}{2})\tfrac{\pi}{K}] \quad (8)$$

Keterangan:
S_k = keluaran dari proses *filterbank* pada indeks *k*
K = jumlah koefisien yang diharapkan

2.2.7 *Cepstral Liftering*

Cepstral, hasil dari fungsi DCT sebenarnya sudah merupakan hasil akhir dari proses *feature extraction* tetapi memiliki beberapa kelemahan. *Low-order* dari *cepstral coefficients* sangat sensitif terhadap *spectral slope*, sedangkan bagian *high orde*r-nya sangat sensitif terhadap *noise*. Oleh karena itu, maka *cepstral liftering* menjadi salah satu standar teknik yang diterapkan untuk meminimalisasi sensitifitas tersebut.

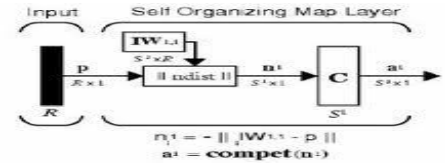
Cepstral liftering dapat dilakukan dengan mengimplementasikan fungsi window terhadap *cepstral features*.

$$W[n] = \{1 + \frac{L}{2}\sin(\frac{n\pi}{L})\} \quad (9)$$

Keterangan:
L = jumlah cepstral coefficients
N = index dari cepstral coefficients

2.3 Jaringan Syaraf Tiruan SOM

JST Kohonen - SOM merupakan salah satu model JST yang menggunakan metode *unsupervised learning*, yaitu mempelajari distribusi himpunan pola-pola tanpa informasi kelas. Jaringan ini terdiri dari dua lapisan (*layer*), yaitu lapisan input dan lapisan output. Setiap neuron dalam lapisan input terhubung dengan setiap neuron pada lapisan output. Setiap neuron dalam lapisan output merepresentasikan kelas (*cluster*) dari input yang diberikan. Berikut ilustrasi arsitektur JST SOM:



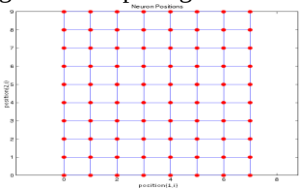
Gambar 2 Arsitektur JST-SOM

Dalam JST SOM, neuron target tidak diletakkan dalam sebuah baris seperti layaknya model jaringan syaraf tiruan yang lain. Neuron target diletakkan dalam dua dimensi yang bentuk/topologinya dapat diatur.

Ada tiga macam topologi yang dapat dibentuk yaitu [7]:

1. Gridtop

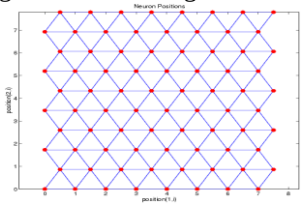
Dalam gridtop neuron disusun dalam array dua dimensi dengan bentuk persegi.



Gambar 3 Topologi Gridtop

2. Hextop

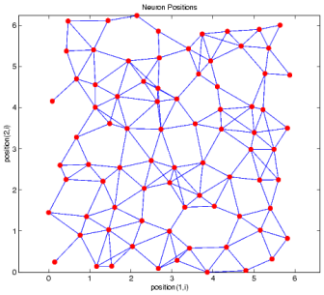
Dalam hextop neuron disusun dalam array dua dimensi dengan bentuk heksagonal.



Gambar 4 Topologi Hextop

3. Randtop

Dalam randtop neuron disusun dalam array dua dimensi dengan susunan acak.

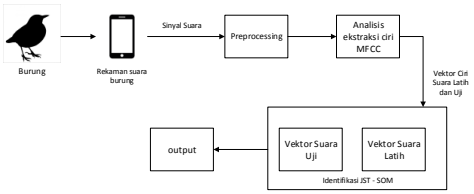


Gambar 5 Topologi Randtop

3 ANALISIS

3.1 Deskripsi Umum Sistem

Pada bagian ini menjelaskan deskripsi umum sistem yang akan dibangun dan tentang metode yang akan diterapkan pada sistem. Dalam sistem identifikasi suara burung terdapat beberapa tahapan. Adapun tahapan sistem tersebut dapat dilihat pada gambar 6:



Gambar 6 Deskripsi Umum Sistem

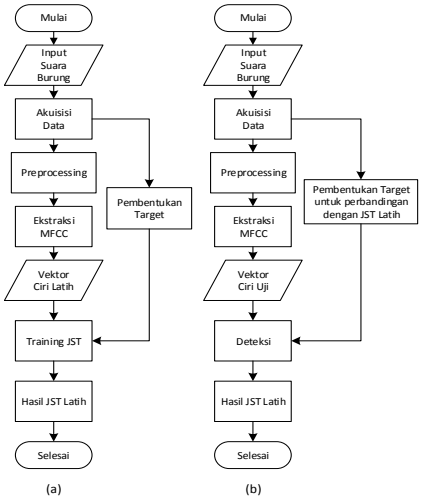
Penjelasan dari gambar diatas adalah sebagai berikut:

1. Tahapan pertama pada sistem ini yaitu suara burung direkam menggunakan *handphone* dengan suara rekam berdurasi 3 detik kemudian suara rekaman burung tersebut disimpan ke komputer agar suara yang diinputkan dapat diolah oleh sistem.
2. *Pre-processing*
   Tahapan ini yaitu mengubah suara dari sinyal analog menjadi sinyal digital dengan melalui tahapan konversi sinyal, akuisisi data, *denoising*, normalisasi dan tahapan *Remove Silent*/*Cropping*.
3. Analisis Ekstraksi Ciri MFCC (*Mel-Frequency Cepstral Coefficients*)
   Tahapan ini yaitu merupakan tahapan yang paling penting dalam pembangunan sistem identifikasi yaitu proses pengekstraksian sinyal suara yang sudah dikonversi menjadi sinyal digital. Proses ekstraksi ciri ini dilakukan sebanyak dua kali yaitu pada tahap latih suara dan tahap uji suara. Tahapan analisis ekstraksi ciri MFCC terdiri dari 7 proses yaitu *Pre Emphasize, Frame Blocking, Windowing, Fast Fourier Transform, Mel Frequency Warping, Discrete Cosine Transform,* dan *Cepstral liftering*.

4. Identifikasi Jaringan Syaraf Tiruan *Self Organizing Maps*
   Identifikasi Jaringan Syaraf Tiruan *Self Organizing Maps* terdiri dari dua bagian yaitu pada data latih dan data uji. Pada proses data latih dilakukan proses untuk menentukan rentang kelas pada JST-SOM. Hasil tersebut akan digunakan untuk identifikasi jenis burung yang telah disesuaikan terlebih dahulu dengan kelas yang telah dihasilkan oleh JST-SOM yang dilatih.

3.2 Analisis Algoritma

Penelitian ini menggunakan metode ekstraksi ciri suara *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC) dan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Self Organizing Maps* dalam hal identifikasi. Dalam sistem ini tahap analisis dikhususkan dalam proses ekstraksi suara dan identifikasi suara burung berkicau, bagan pengenalan secara utuh dapat dilihat di gambar 7.



Gambar 7 Gambaran Alur Proses Latih Suara (a) dan Proses Uji Suara (b)

3.3 Analisis Pre-Processing

3.3.1 *Denoising*

Proses ini diperlukan untuk menghilangkan noise yang tidak diinginkan yang ikut terbawa pada proses perekaman sehingga data suara yang menjadi masukan untuk diekstraksi cirinya memiliki kualitas yang lebih baik.

3.3.2 *Normalisasi*

Proses ini bertujuan untuk menyamakan amplitude dari setiap suara burung yang direkam oleh sistem sehingga berada dalam rentang -1 dan +1. Penyamaan *amplitude* maksimum ini dilakukan karena level atau *power* yang dihasilkan subjek sample pada setiap perekaman tidak pasti sama. Sehingga untuk meminimalisasi perbedaan *power* digunakan proses normalisasi *amplitude*.

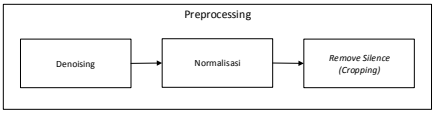
3.3.3 *Remove Silence*

Proses *Remove Silence* dilakukan untuk menghilangkan daerah *silence* dari sinyal suara untuk meningkatkan akurasi sistem. Proses ini dilakukan dengan mencari nilai standar deviasi dari sinyal suara. Nilai standar deviasi tersebut dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$std = \left(\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2\right)^{1/2} \quad (10)$$

Untuk standar nilai deviasi ditetapkan yaitu 0.01

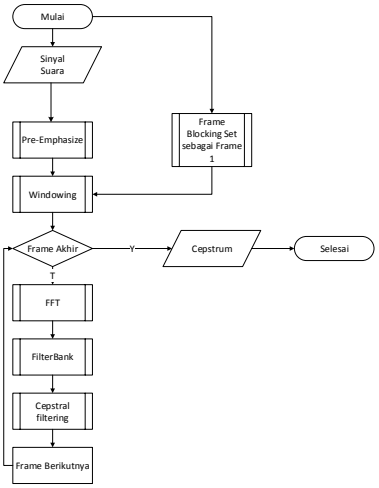
Nilai sinyal yang lebih kecil dari nilai standar deviasi sinyal suara akan dianggap sebagai daerah *silent*. Setelah didapatkan daerah *silent*, dicari indeks maksimum dan minimum dari daerah *silent* tersebut dengan tujuan memotong daerah *silent* dari indeks minimum sampai daerah maksimum tersebut. Dengan demikian, daerah *silent* yang dipotong adalah daerah awal dan akhir dari sinyal suara. Berikut gambaran konsep dari *Pre-processing*:



Gambar 8 Konsep Kerja *Preprocessing*

3.4 Analisis MFCC

Metode *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC) ini menggunakan beberapa parameter yang akan berperan penting dalan menentukan tingkat keberhasilan pengenalan *signal* suara. Berikut ini adalah keseluruhan proses MFCC *feature extraction*:

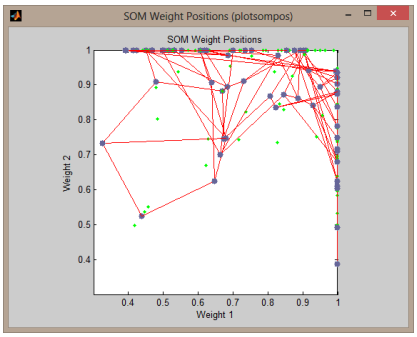


Gambar 9 Proses Metod*e Mel Frequency Cepstrum Coefficients*

3.5 Analisis Identifikasi Jaringan Syaraf Tiruan *Self Organizing Maps*

Untuk dapat mengidentifikasi jenis suara burung berkicau, maka data *signal* baru yang masuk akan dicocokkan dengan data yang telah dilatih oleh JST-

SOM sebelumnya. Parameter yang mempengaruhi JST-SOM latih adalah topologi yang dipakai, fungsi jarak dan pengulangan tiap vektor ciri atau epoch. Topologi yang dipakai untuk identifikasi jenis burung pada penelitian ini yaitu menggunakan Topologi Gridtop, Hextop dan Randtop. Fungsi jarak yang digunakan adalah Euclidean Distance, Box Distance dan Manhattan Distance dengan jumlah epoch yaitu 150, 200, 250 dan 300.



Gambar 10 Posisi Bobot Latih JST-SOM Suara Burung

Gambar diatas adalah contoh hasil dari latih JST-SOM pada ekstraksi suara burung dengan jumlah epoch 150, topologi gridtop dan fungsi jarak yang digunakan adalah *euclidean distances*. Dari hasil tersebut untuk pencocokkan hasil ekstraksi pada proses pengujian diambil dengan cara mengambil nilai hasil uji yang lebih dekat dengan salah satu neuron hasil latih. Ketika salah satu neuron latih dipilih sebagai neuron yang paling cocok dengan nilai hasil uji maka neuron latih lainnya dibuang.

4 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1 Implemetansi Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan untuk mengimplementasikan sistem dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi Perangkat Keras

No.	Perangkat Keras	Spesifikasi
1.	Prosesor	intel i3 2.30 GHz
2	Monitor	Monitor 14” 1366 x 768 (32Bit) (60Hz)
3	VGA	512Mb
4	Memori (RAM)	2GB
5	Keyboard dan Mouse	Standard
6	Speaker	Standard

4.2 Implementasi Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan untuk membangun dan mengimplementasikan sistem dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi Perangkat Lunak

No.	Perangkat Lunak	Spesifikasi
1	Sistem Operasi	Windows 7, 8, dan 8.1
2	Tools	Matlab R2009 dan selanjutnya
3	Bahasa Pemograman	Matlab

4.3 Pengujian Performansi

Dalam klasifikasi JST-SOM parameter yang mempengaruhi adalah topologi, fungsi jarak, dan pengulangan tiap vektor ciri atau epoch yang digunakan. Topologi yang digunakan dalam klasifikasi adalah Gridtop, Hextop, dan Randtop. Fungsi Jarak yang digunakan adalah Euclidean Distance, Box Distance, Manhattan Distance, dan Link Distance. Sedangkan jumlah epoch yang digunakan adalah 150, 200, 250, dan 300. Berikut adalah parameter yang digunakan dalam perhitungan akurasi sistem:

a. Akurasi

Akurasi adalah ukuran ketepatan sistem dalam mengenali input yang diberikan sehingga menghasilkan keluaran yang benar. Secara matematis, persamaan yang dapat dituliskan :

$$Akurasi = \frac{Jumlah_data_benar}{Jumlah_data_keseluruhan} \times 100\%$$

b. Error

Error adalah tingkat kesalahan sistem dalam hal mengenali input yang diberikan pada sistem terhadap jumlah data secara keseluruhan. Secara matematis, persamaan yang dapat dituliskan:

$$Error = \frac{Jumlah_data_salah}{Jumlah_data_keseluruhan} \times 100\%$$

4.3.1 Kasus Pengujian dengan Jumlah Sample 240

Berikut merupakan pengujian berdasarkan jenis burung dan jumlah data yang sama dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya yaitu menggunakan 4 jenis suara burung. Rekaman yang digunakan adalah suara burung perkutut, suara burung kenari, suara burung cucak ijo, dan suara burung cucak rawa. Pada pengujian sistem ekstraksi ciri yang digunakan yaitu MFCC dan klasifikasinya yaitu JST-SOM. JST-SOM dilatih terlebih dahulu dengan menggunakan 20 data latih pada setiap masing-masing burung sehingga jumlah data suara latih terdiri dari 80 data. Untuk pengujiannya data yang digunakan yaitu 40 data uji yang berbeda dengan data latih pada masing-masing burung sehingga jumlah data yang diujikan yaitu 160 data.

1. Hasil Pengujian Penelitian Sebelumnya

Tabel 3 Hasil Akurasi Pengujian Pada Penelitian Sebelumnya

Jenis	Gridtop	Hextop	Randtop

	Euclidean	Box	Manhattan	Link	Euclidean	Box	Manhattan	Link	Euclidean	Box	Manhattan	Link
Perkutut	33	38	39	38	22	39	38	38	34	38	39	30
Kenari	18	34	32	32	17	35	34	36	29	36	36	38
Cucak Ijo	18	16	26	28	12	22	18	21	14	29	15	9
Cucak Rawa	29	24	30	35	27	26	26	23	22	30	23	34
Total	98	112	127	133	78	122	116	118	99	133	113	111
Akurasi (%)	61,25	70	79,38	83,13	48,75	76,25	72,5	73,75	61,88	83,13	70,63	69,38
Error (%)	38,75	30	20,63	16,88	51,25	23,75	27,5	26,25	38,13	16,88	29,38	30,63

Hasil akurasi yang didapatkan oleh penelitian sebelumnya yaitu sebesar 83,13% terjadi pada jumlah epoch 200, topologi Randtop dan fungsi jarak Box.

2. Hasil Pengujian Metode MFCC

Tabel 4 Hasil Akurasi Pengujian dengan Menggunakan Metode MFCC

Jenis	Gridtop				Hextop				Randtop			
	Euclidean	Box	Manhattan	Link	Euclidean	Box	Manhattan	Link	Euclidean	Box	Manhattan	Link
Perkutut	40	34	35	39	39	34	35	38	40	40	40	40
Kenari	31	26	32	34	31	33	34	30	39	39	31	34
Cucak Ijo	9	9	13	10	9	15	13	9	18	15	18	15
Cucak Rawa	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Total	120	109	120	123	119	122	122	117	137	134	129	129
Akurasi (%)	75	68,125	75	76,875	74,375	76,25	76,25	73,125	85,625	83,75	80,625	80,625
Error (%)	25	31,875	25	23,125	25,625	23,75	23,75	26,875	14,375	16,25	19,375	19,375

Hasil akurasi yang didapatkan dengan menggunakan metode MFCC yaitu sebesar 85,625% terjadi pada jumlah epoch 150, topologi Randtop dan fungsi jarak Euclidean.

4.3.2 Kasus Pengujian dengan Jumlah Sample 510

Berikut merupakan pengujian dengan menggunakan 7 jenis suara burung yang masing-masing burung memiliki sub jenisnya sehingga jumlah keseluruhan jenis burung yaitu 17 subjenis. Rekaman yang digunakan adalah subjenis dari suara burung perkutut, suara burung kenari, suara burung jalak, suara burung gelatik, suara burung kolibri, suara burung kacer dan suara burung murai batu. Pada pengujian sistem ekstraksi ciri yang digunakan yaitu MFCC dan klasifikasinya yaitu JST-SOM. JST-SOM dilatih terlebih dahulu dengan menggunakan 10 data latih pada setiap masing-masing burung sehingga jumlah data suara latih terdiri dari 170 data. Untuk pengujiannya data yang digunakan yaitu 20 data uji yang berbeda dengan data latih pada masing-masing burung sehingga jumlah data yang diujikan yaitu 340 data.

Tabel 5 Hasil Akurasi Pengujian dengan Menggunakan 510 Sample

Jenis		Gridtop				Hextop				Randtop			
		Euclidean	Box	Manhattan	Link	Euclidean	Box	Manhattan	Link	Euclidean	Box	Manhattan	Link
Gelatik	Jawa	8	10	13	9	13	10	10	9	9	11	10	10
	Wingko	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	0
Jalak	Kerbau	10	12	10	10	10	10	12	7	10	12	10	10
	Nias	8	13	8	9	10	14	9	7	8	12	9	11
Kacer	Jawa	7	7	6	7	5	7	5	7	7	5	5	7
	Madagaskar	13	15	13	7	13	8	16	15	13	12	15	12
	Poci	5	4	5	7	5	4	5	5	3	3	4	5
Kenari	Border	17	17	18	17	19	17	17	18	18	18	16	17
	Norwich	4	2	1	4	1	0	0	2	3	4	1	0
	Yorkshire	10	8	10	10	9	9	9	9	10	10	9	10
Kolibri	Mangar	20	19	19	18	19	19	20	18	20	20	20	19
	Srigant	2	5	0	2	2	2	5	11	0	0	4	8
Murai Batu	Aceh	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2
	Borneo	4	12	5	8	6	3	11	10	5	3	10	3
	Medan	1	0	0	1	0	0	2	4	0	0	0	0
Perkutut	Bangkok	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Jawa	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Total		152	166	150	151	154	145	164	164	148	152	158	154
Akurasi (%)		44,706	48,824	44,118	44,412	45,294	42,647	48,235	48,24	43,53	44,706	46,471	45,294
Error (%)		55,294	51,176	55,882	55,588	54,706	57,353	51,765	51,76	56,47	55,294	53,529	54,706

Hasil akurasi yang didapatkan dengan menggunakan metode MFCC yaitu sebesar 48,824% terjadi pada jumlah epoch 150, topologi Gridtop dan fungsi jarak Box.

5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang didapat dalam penelitian serta telah disesuaikan dengan tujuan penelitian, maka dipeloreh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan metode MFCC (*Mel-Frequency Cepstrum Coefficients*) dan klasifikasi JST SOM berhasil diimplementasikan dalam identifikasi jenis suara burung berkicau dan didapatkan hasil akurasi sebesar 85,625% untuk kasus jenis burung yang sama sedangkan untuk kasus jenis burung yang masing-masing memiliki subjenis dengan karakteristik yang hampir sama dapat mendeteksi suara dengan tingkat akurasi sebesar 48,824% sehingga dapat disimpulkan sistem dengan menggunakan metode MFCC sebagai ekstraksi ciri dapat mengidentifikasi jenis burung lebih baik untuk kasus jenis burung dan sample yang sama dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya yaitu burung perkutut, burung kenari, burung cucak ijo dan burung cucak rawa.

5.2 Saran

Berikut adalah saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan:

1. Mengembangkan aplikasi identifikasi jenis suara burung secara *real time*.
2. Menambah jumlah sample suara pelatihan dan pengujian lebih banyak agar didapatkan hasil akurasi yang lebih optimal.
3. Menggunakan pendukung perangkat keras yang memiliki spesifikasi lebih baik agar mendapatkan hasil yang maksimal dalam menggunakan metode MFCC (*Mel-Frequency Cepstrum Coefficients*) dan Jaringan Syaraf Tiruan *Self Organizing Maps*.
4. Untuk penelitian lebih lanjut dapat menggunakan metode ekstraksi ciri dan metode klasifikasi lainnya yang dapat membedakan suara pada masing-masing sub jenis burung.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Annisa, B. Hidayat dan I. Wijayanto, "KLASIFIKASI JENIS BURUNG BERDASARKAN SUARA KICAU BURUNG MENGGUNAKAN WAVELET PACKET DECOMPOSITION DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN SELF ORGANIZING MAP," 2012.

[2] F. AN, "PENGENALAN PENGUCAP TAK BERGANTUNG TEKS DENGAN METODE VEKTOR QUANTIZATION (VQ) MELALUI EKSTRAKSI LINEAR PREDICTIVE CODING," 2004.

[3] A. D. Andriana, "PERANGKAT LUNAK UNTUK MEMBUKA APLIKASI PADA KOMPUTER DENGAN PERINTAH SUARA MENGGUNAKAN METODE MEL FREQUENCY CEPSTRUM COEFFICIENTS," *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (KOMPUTA)*, vol. 2, no. 1, pp. 21-26, 2013.

[4] D. Putra dan A. Resmawan, "Verifikasi Biometrika Suara Menggunakan Metode MFCC dan DTW," *Lontar Komputer*, vol. 2, no. 1, pp. 8-21, 2011.

[5] I. Sommerville, Software Engineering (9th Edition), USA: Pearson Education, 2011.

[6] S. Kusumadewi, Artificial Intelligent (Teknik dan Aplikasinya), Yogyakarta: Graha Ilmu, 2003.

[7] A. Hermawan, Jaringan Saraf Tiruan Teori dan Aplikasi, Yogyakarta: Andi, 2006.

[8] R. A.S dan M. Shalahuddin, Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek, Bandung: Informatika, 2013.

[9] G. A. Away, The Shortcut of MATLAB Programming, Bandung: Informatika Bandung, 2006.

[10] R. A. S dan M. Shalahuddin, Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek, Bandung: Informatika, 2013, p. 271.