

KLASIFIKASI SUARA BURUNG LOVEBIRD DENGAN ALGORITMA FUZZY LOGIC

CLASSIFICATION OF LOVEBIRD SOUND'S WITH FUZZY LOGIC ALGORITHM

Tedy Gumilang Sejati¹, Achmad Rizal,ST.,MT.², Alfian Akbar Gozali,ST.,MT.³

^{1,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹tedy.gumilang@gmail.com, ²ach_rizal@yahoo.com, ³alfian@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada tugas akhir ini, dilakukan penelitian untuk mengklasifikasikan suara *lovebird* menjadi tiga kelas yaitu suara kelas A, suara kelas B, dan suara kelas C. Pengklasifikasiannya suara *lovebird* ini dilakukan melalui tahap *audio processing*. Tahapan yang dilakukan untuk proses klasifikasi suara *lovebird*, meliputi : *pre-processing*, ekstraksi ciri, dan klasifikasi. Metode ekstraksi ciri yang digunakan adalah STFT (*Short Time Fourier Transform*) dengan menganalisis *spectrogram* serta menggunakan klasifikasi *Fuzzy Logic*. Berdasarkan hasil pengujian, *spectrogram* memberikan nilai ekstraksi ciri yang cukup akurat dengan waktu komputasi yang terhitung cepat. Hasil dari penelitian tugas akhir ini adalah mendapatkan tingkat akurasi mencapai 92,16% dengan waktu komputasi 0,1886 detik dan kategori MOS baik. Diharapkan dengan kemampuan sistem ini, dapat membantu para kicau mania dan juri burung berkicau sehingga dapat dijadikan standar akurasi yang tepat dalam mengklasifikasikan suara *lovebird*.

Kata kunci : suara *lovebird*, kicau mania, *spectrogram*, algoritma *fuzzy logic*.

Abstract

In this final project, conducted research to classify lovebird 's sound into class A, class B and class C. Classifying of lovebird's sound is done through the audio processing. The steps of classify lovebird's sound are pre-processing, feature extraction, and classification. The feature extraction that used is STFT (Short Time Fourier Transform) with analyzing spectrogram and used Fuzzy Logic classification. Based on test result, spectrogram give a fairly accurate of feature extraction with comparatively fast computing time. The result of this final project has 92,16% accuracy rate with computing time 0,1886 second with either good MOS category. Expected with the ability of this system, can help the kicau mania and expert judgment that can be used as proper standard of accuracy for classify lovebird 's sound.

Keywords : lovebird's sound, nyerecet, kicau mania, *spectrogram*, fuzzy logic algorithm.

1. Pendahuluan

Eksistensi *lovebird* yang terus merangkak naik dan semakin diperhitungkan meskipun tidak langsung melejit saat dilombakan. Popularitasnya sebagai burung kontes bisa dikatakan stabil dibanding dengan burung lain, seperti anis kembang, tledekan, dan cucak rante di arena kontes yang begitu muncul langsung menghebohkan dan berbandrol selangit. Akan tetapi, burung tersebut cepat meredup pamornya tiba-tiba menghilang dari peredaran. Tidak demikian halnya dengan *lovebird* yang sebelumnya dikenal sebagai burung pendamping. Bertahannya *lovebird* di gelanggang kontes dan eksistensinya yang terus mantap ini karena sudah dapat ditanggarkan oleh penggemarnya dan mampu mencetak suara yang diinginkan.[1]

Hingar bingar lomba *lovebird* ternyata tidak diikuti dengan pendidikan dan pengetahuan tentang seni suara *lovebird*. Akibatnya banyak kicau mania yang tertipu dalam memilih *lovebird* berkualitas yang memiliki suara trececan panjang. Mereka kecewa *lovebird* mahal yang telah dibeli tetapi tidak sesuai dengan apa yang diharapkan.[2][6]

Berdasarkan uraian masalah diatas, agar pemilihan *lovebird* memiliki objektivitas yang tinggi, terukur, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah maka dalam Tugas Akhir ini dibuat klasifikasi dan analisis suara *lovebird* untuk membantu kicau mania dalam mengenali suara burung *lovebird* serta memastikan bahwa penggemar *lovebird* mendapatkan burung *lovebird* yang berkualitas dan bisa diandalkan diarena lomba. Analisis tersebut dapat divisualisasikan dalam bentuk *waveform*, sehingga dapat diketahui durasi suara, frekuensi suara, amplitudo, dan pola suara *lovebird*.

2. Dasar Teori

2.1 Teori Suara Burung

Bagian utama mekanisme produksi suara burung adalah paru-paru, *bronchi*, *Syrinx*, *trachea*, *larynx*, *mulut* dan paruh [17]

2.2 Pengertian *Lovebird*

Lovebird adalah satu burung dari sembilan spesies genus *Agapornis* (dari bahasa Yunani “*agape*” yang berarti “*cinta*” dan “*ornis*” yang berarti burung). Mereka adalah burung yang berukuran kecil, antara 13 sampai 17 cm dengan berat 40 hingga 60 gram, dan bersifat sosial. Delapan dari spesies ini berasal dari Afrika, sementara spesies “burung cinta kepala abu-abu” berasal dari Madagaskar. Nama mereka berasal dari kelakuan yang umum diamati bahwa sepasang burung cinta ini akan duduk berdekatan dan saling menyayangi satu sama lain. Sifat pasangan burung cinta adalah monogami di alam bebas.[4]

2.3 Jenis-jenis *lovebird*

Agapornis pullaria, *Agapornis cana*, *Agapornis taranta*, *Agapornis swinderniana*, *Agapornis fischer*, *Agapornis roseicollis*, *Agapornis personata*, *Agapornis nigrigenis*[2]

2.4 Cara memilih *lovebird* kontes

Pemilihan burung *lovebird* kualitas kontes harus sesuai dengan standar kriteria penjurian yang telah ditetapkan Pelestari Burung Indonesia (PBI). *Lovebird* yang bagus harus memenuhi kriteria dasar pada lagu/irama, volume, durasi, dan fisik/gaya.[4]

2.5 Jumlah Patahan

Jumlah Patahan adalah banyaknya jeda yang terjadi ketika burung *lovebird* sedang mengeluarkan kicaunya dalam suatu waktu pengamatan. Semakin sedikit jumlah jeda maka semakin baik kualitas suara dari burung *lovebird* tersebut, sebaliknya semakin banyak jeda yang dilakukan oleh burung *lovebird* ketika berkicau maka kualitas suaranya akan semakin jelek karena akan terdengar putus-putus.[11][16]

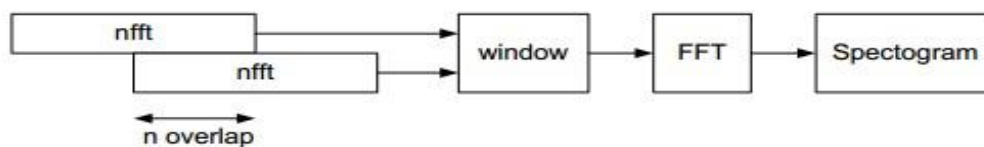
2.6 Klasifikasi suara

Pada tugas akhir ini, suara *lovebird* dibedakan menjadi tiga kelas, yaitu[11][16] :

1. Suara kelas A, yaitu suara yang dikeluarkan *lovebird* secara terus menerus tanpa ada jeda selama 20 detik.
2. Suara kelas B, yaitu suara yang dikeluarkan *lovebird* secara terus menerus dengan satu atau dua kali jeda selama 20 detik.
3. Suara kelas C, yaitu suara yang dikeluarkan *lovebird* secara terus menerus dengan tiga kali jeda atau lebih selama 20 detik.

2.7 Short Time Fourier Transform (STFT)

Algoritma STFT adalah pengembangan dari FFT (*Fast Fourier Transform*), dimana pada STFT, sinyal akan dicuplik dalam waktu tertentu. Sinyal yang diterima akan diterjemahkan dalam domain frekuensi. Kemudian sinyal dicuplik selama t detik, sehingga sinyal tersebut akan diketahui posisinya dalam domain waktu dan frekuensi.



Gambar 2.1 Diagram Blok STFT

2.8 Algoritma Fuzzy Logic

Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output, mempunyai nilai kontinyu. Fuzzy dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama. [1]

Logika Fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan" dan "sangat". Kelebihan dari teori logika fuzzy adalah kemampuan dalam proses penalaran secara bahasa (*linguistic reasoning*), sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematik dari objek yang akan dikendalikan. Beberapa alasan digunakannya *fuzzy logic* :

1. Konsep *fuzzy logic* mudah dimengerti.

2. Fuzzy logic sangat fleksibel.
3. Fuzzy logic memiliki toleransi terhadap data yang kurang tepat

2.8. Neuro Fuzzy

Neuro Fuzzy adalah gabungan dari dua sistem logika fuzzy dan jaringan syaraf tiruan. Sistem neuro fuzzy berdasar pada sistem fuzzy yang dilatih menggunakan algoritma pembelajaran yang diturunkan dari sistem jaringan syaraf tiruan. Dengan kemampuannya untuk belajar, maka sistem neuro fuzzy ini sering disebut dengan ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Interference System) .

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan jaringan adaptif yang berbasis pada sistem kesimpulan fuzzy (fuzzy inference system). Dengan penggunaan suatu prosedur hybrid learning, ANFIS dapat membangun suatu mapping input-output yang keduanya berdasarkan pada pengetahuan manusia (pada bentuk aturan fuzzy if-then) dengan fungsi keanggotaan yang tepat. ANFIS dapat bertindak sebagai suatu dasar untuk membangun satu kumpulan aturan *fuzzy if-then* dengan fungsi keanggotaan yang tepat, yang berfungsi untuk menghasilkan pasangan input-output yang tepat [3].

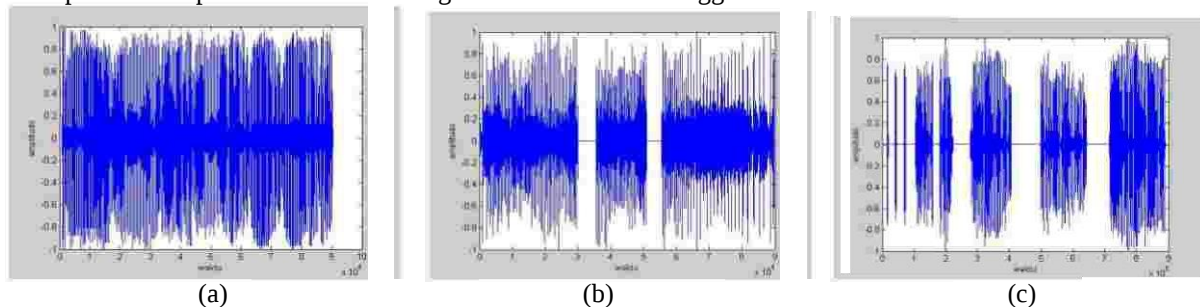
3. Perancangan dan Implementasi Sistem

3.1. Perancangan Sistem

Dalam perancangan dan implementasi sistem akan dijelaskan alur perancangan sistem dan implementasi sistem dalam proses klasifikasi suara *lovebird*. Langkah pertama yang dilakukan dalam proses pembuatan sistem adalah pengambilan data suara *lovebird* yang akan dimasukkan ke dalam *database* sebagai acuan untuk pengklasifikasian suara *lovebird*.

3.2 Akuisisi Suara

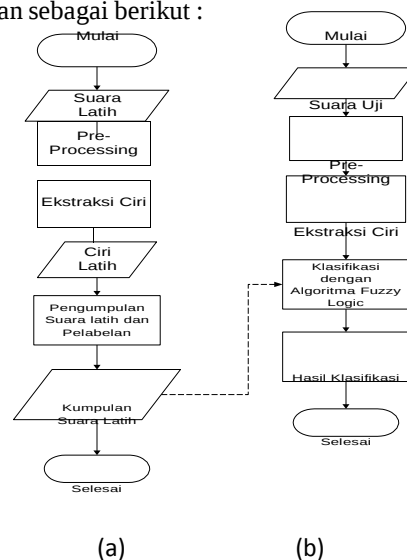
Proses akuisisi suara merupakan proses pengambilan rekaman *lovebird* dari internet. yang akan disimpan dalam format *.wav. Sebelum dijadikan ekstensi format *.wav, suara-suara yang telah diperoleh dari internet yang masih berekstensi *.mp3 disamakan terlebih dahulu durasi setiap suaranya menjadi 20 detik tiap suara dan disimpan dalam tipe Windows PCM dengan ekstensi *.wav menggunakan bantuan software *Cool Edit Pro 2.1*.



Gambar 3.1 Contoh Plot Spektrum Hasil Perekaman Suara Kelas A (a), Suara Kelas (b), Suara Kelas C (c)

3.3 Proses Identifikasi

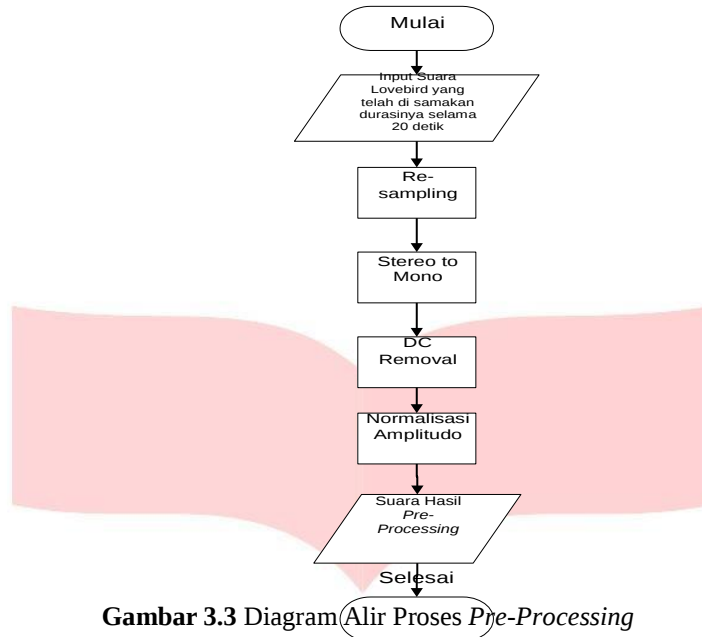
Tahapan identifikasi dibagi menjadi dua fase yaitu fase pelatihan dan fase pengujian. Tahapan proses identifikasi dan data uji dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Identifikasi Suara Latih (a) dan Suara Uji (b)

3.3.1 Pre-processing

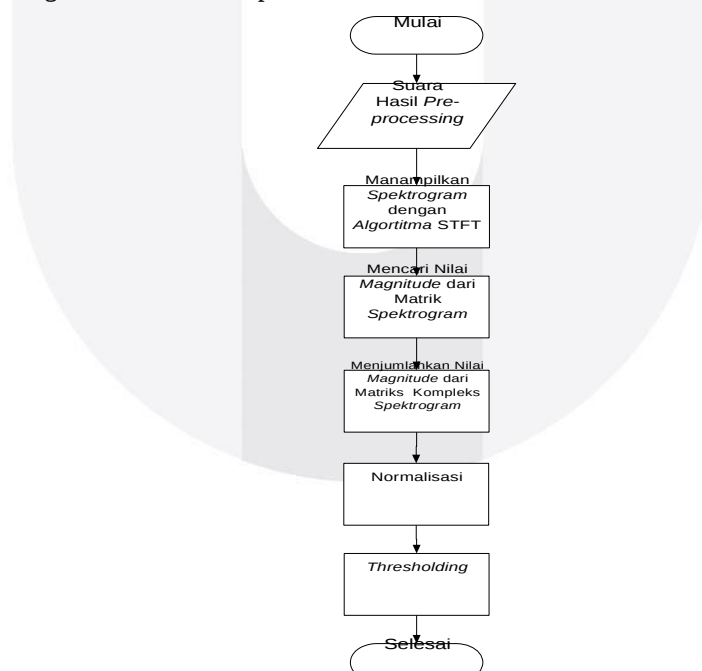
Pre- Processing merupakan tahapan awal sebelum dilakukan pemrosesan tahap selanjutnya terhadap sinyal suara lovebird. Tujuan dari *pre-processing* adalah untuk meningkatkan kualitas dari data masukan yang diperoleh. Berikut adalah diagram alir untuk tahapan *pre-processing* pada sinyal suara *lovebird* :



Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Pre-Processing

3.3.2 Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri merupakan proses pengambilan ciri dari sebuah suara. Proses ini merupakan tahap yang paling penting dalam mengklasifikasikan suara lovebird kelas A, kelas B, ataupun kelas C. Dari proses ekstraksi ciri ini akan diperoleh informasi-informasi penting dari suara tonsil yang dapat membedakan ketiga kondisi tersebut. Selain itu akan didapatkan ciri-ciri yang khas yang membedakan suara lovebird kelas A, kelas B, dan kelas C. Berikut adalah diagram alir untuk tahapan ekstraksi ciri:



Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Ekstraksi Ciri

Pada ekstraksi ciri digunakan algoritma STFT (*Short Time Fourier Transform*) yaitu untuk mengetahui informasi frekuensi di tiap satuan waktunya. Selain itu, juga ditampilkan hasil *spektrogram* dari masing-masing data masukan suara *lovebird*. *Spektrogram* adalah suatu gambar yang menunjukkan kepadatan spektral dari suatu sinyal suara yang berubah terhadap waktu. Format data yang akan dianalisa berbentuk grafik dua dimensi geometris dimana sumbu horizontal mewakili waktu dan sumbu vertikal mewakili frekuensi. Selain dua dimensi,

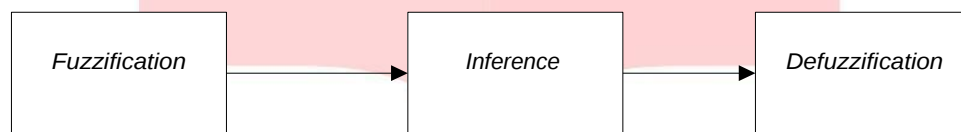
terdapat dimensi ketiga yaitu amplitudo frekuensi tertentu pada waktu tertentu dimana diwakili dengan intensitas atau warna disetiap titik gambar. Untuk Tugas Akhir ini pada algoritma STFT menggunakan format :

$stft = spectrogram(x, fs, n\ overlap, nfft)$.

- $stft$ adalah matrik dari *spectrogram*
- x adalah panjang total data masukan suara lovebird yang berekstensi *.wav.
- *window* adalah panjang *frame* yang digunakan untuk menganalisis frekuensi terhadap waktu, biasanya dalam satuan sample. Pada tugas akhir ini menggunakan *windowing rectangular* dengan 44100 sample.
- $n\ overlap$ adalah jumlah bagian yang menghasilkan *overlap* diantara segmen. Di tugas akhir ini antar *frame* tidak menggunakan *overlapping*.
- $nfft$ adalah panjang FFT yang digunakan oleh *spectrogram*. Panjang FFT yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebanyak 44100 titik.

3.3.3 Klasifikasi

Semua parameter hasil analisis ekstraksi ciri akan digunakan pada *fuzzy logic* untuk melakukan klasifikasi suara *lovebird*. Pada Proposal Tugas Akhir ini, klasifikasi suara *lovebird* ini melakukan pengelompokkan menjadi 3 kelas besar yaitu antara suara kelas A, suara kelas B atau suara kelas C. Pada tahap pelatihan hasil dari ekstraksi ciri disimpan dalam sebuah *database* matriks. Pengklasifikasian suara dengan aturan berbasis *fuzzy* terdiri dari tiga komponen utama yaitu *Fuzzification*, *Inference*, dan *Defuzzification*. Berikut ini blok diagram sistem fuzzy:

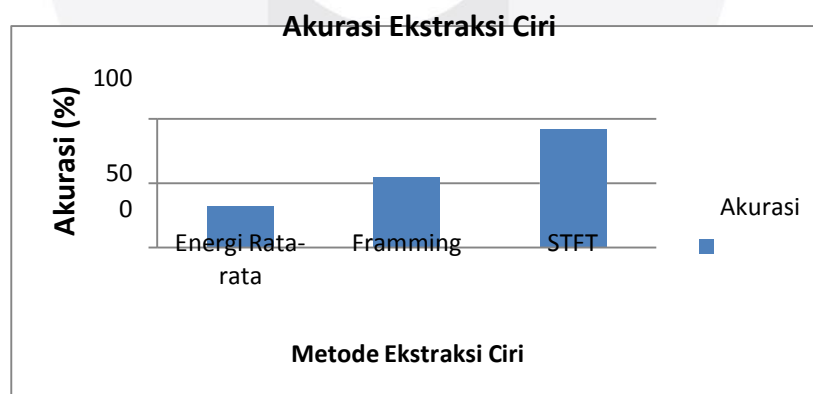


Gambar 3.5 Blok diagram Sistem Fuzzy [19]

4. Pengujian dan Analisis Sistem

4.1. Perbandingan Akurasi Klasifikasi Fuzzy Logic Menggunakan Metode Ekstraksi Ciri Energi Rata-rata dan Short Time Fourier Transform (STFT)

Dalam tugas akhir ini dilakukan percobaan dengan menggunakan tiga ekstraksi ciri yang berbeda. Ekstraksi ciri yang pertama dilakukan dalam domain waktu dengan membagi suara *lovebird* menjadi tiga daerah suara yaitu suara depan, tengah, akhir. Masing-masing daerah kemudian dicari nilai energi rata-ratanya. Energi rata-rata dari setiap ekstraksi ciri digunakan sebagai data masukan di *database* latih suara *lovebird*. Ekstraksi ciri yang kedua yang pernah dilakukan ialah menganalisis suara *lovebird* dalam domain frekuensi dengan pengambilan ciri dari suara *lovebird* per frame-frame, dan pengklasifikasiannya dilihat dari voting terbanyak yang sering muncul. Tujuan dari ekstraksi ciri yang kedua ini untuk melihat perbedaan irama suara *lovebird* di setiap kelas. Ekstraksi ciri yang ketiga ialah menganalisis suara *lovebird* dalam domain frekuensi dengan menggunakan STFT (*Short Time Fourier Transform*) dimana hasil dari STFT berupa *spectrogram* yang tujuan akhirnya untuk mendapatkan jumlah patahan dari suara *lovebird* yang diamati.

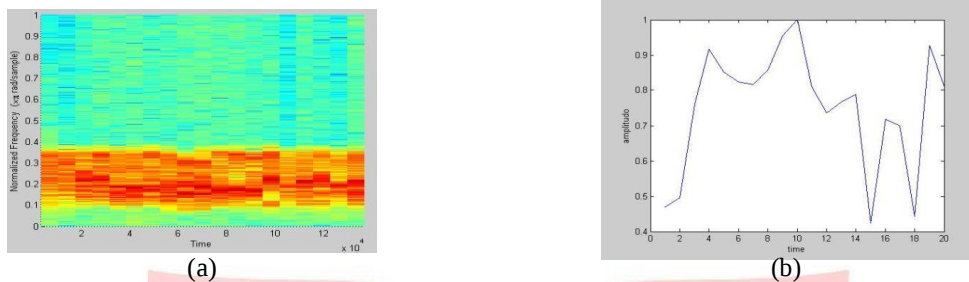


Gambar 4.1 Grafik Tingkat Akurasi dengan Metode Ekstraksi Ciri Energi Rata-rata, Framming, dan STFT

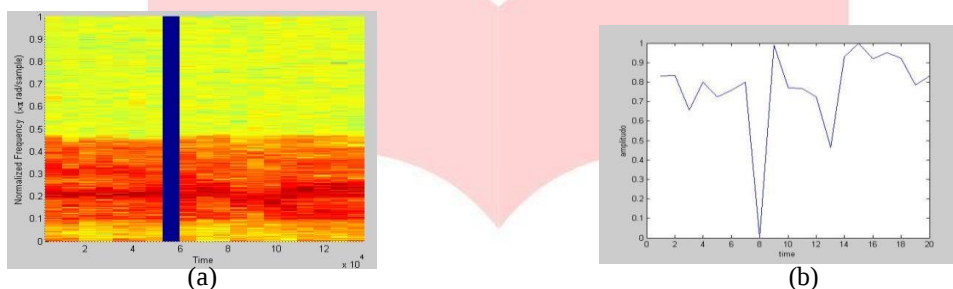
Dari gambar 4.1 dapat disimpulkan bahwa ekstraksi ciri menggunakan *Short Time Fourier Transform* (STFT) menghasilkan nilai akurasi yang bagus, maka dalam tugas akhir ini memilih menggunakan metode STFT untuk ekstraksi cirinya dan pengujian selanjutnya juga menggunakan metode tersebut.

4.2. Analisa Ekstraksi Ciri dengan Spektrogram

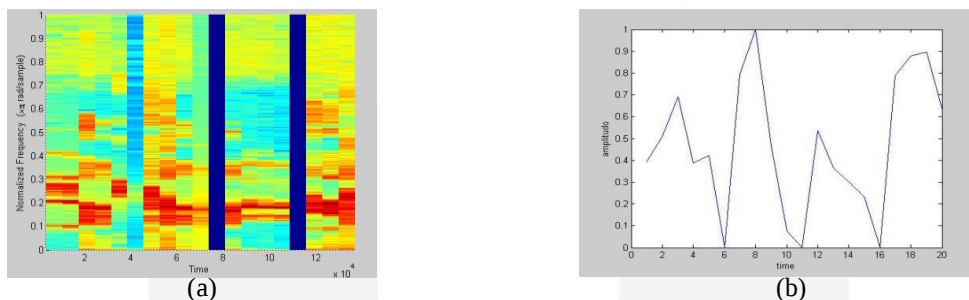
Untuk memperoleh jumlah patahan dari tiap kelas suara dilakukan proses *thresholding* berdasarkan nilai magnitude dari matriks *stft* dimana *threshold* yang digunakan ialah 0,05; 0,1; 0,2. Berikut adalah gambar *spektrogram* setelah dilakukan proses pencarian nilai magnitude, menjumlahkan nilai magnitude, serta normalisasi nilai magnitude dari matriks kompleks spektrogram dalam bentuk 2D. Adapun sumbu *x* menunjukkan waktu dan sumbu *y* menunjukkan frekuensi.



Gambar 4.2 Ekstraksi Ciri *Spektrogram* Suara Kelas A (a) dan Plot Hasil Normalisasi Ciri Kelas A (b)



Gambar 4.3 Ekstraksi Ciri *Spektrogram* Suara Kelas B (a) dan Plot Hasil Normalisasi Ciri Kelas B (b)

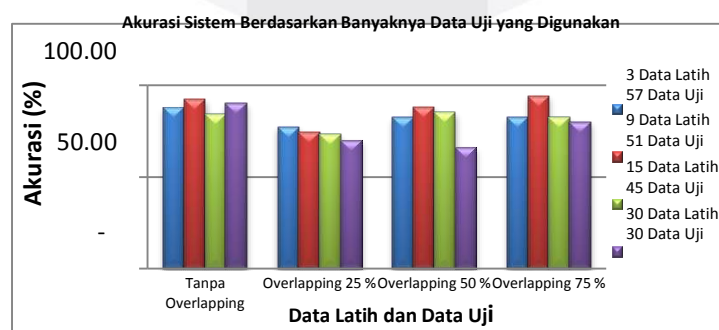


Gambar 4.4 Ekstraksi Ciri *Spektrogram* Suara Kelas C (a) dan Plot Hasil Normalisasi Ciri Kelas C (b)

Ekstraksi ciri bertujuan untuk mendapatkan jumlah patahan dari tiap-tiap suara berdasarkan nilai *threshold* yang telah dipasang dalam *spektrogram*. Jumlah patahan ini yang nantinya akan menentukan kelas dari tiap suara lovebird.

4.2. Perhitungan Akurasi Pengujian Sistem

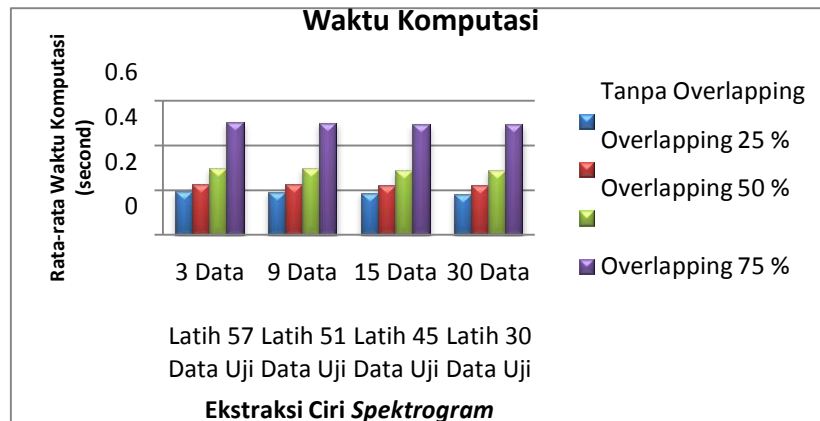
Untuk mengetahui tingkat akurasi sistem yang dibuat, maka dilakukan pengujian terhadap aplikasi yang dibuat. Ditahap perhitungan presentase akurasi ini, proses pengujiannya dibagi menjadi empat tahapan.



Gambar 4.5 Grafik Akurasi Sistem

4.3. Perhitungan Waktu Komputasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis ekstraksi ciri yang digunakan terhadap lamanya sistem bekerja, yaitu mulai dari proses *pre-processing*, ekstraksi ciri, sampai pada klasifikasi. Pada pengujian ini yang diuji adalah rata-rata waktu komputasi sistem dalam menjalankan, mengolah sampai mengklasifikasikan suara.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Waktu Komputasi

4.4. Pengujian Parameter Klasifikasi Fuzzy

Pada klasifikasi *Fuzzy Logic*, parameter yang diubah adalah nilai *epoch* dan *goal*. Berikut adalah perbandingan akurasi serta waktu komputasi dengan jumlah nilai *epoch* dan *goal* yang berbeda:

Tabel 4.1 Perbandingan Berdasarkan Nilai *Epoch* dan *Goal*

Goal	Epoch					
	10		100		200	
	Akurasi	Waktu Komputasi	Akurasi	Waktu Komputasi	Akurasi	Waktu Komputasi
0	90.196%	0.1848 s	90.196%	0.1849 s	90.196%	0.1851 s
0.001	90.196%	0.1847 s	90.196%	0.1848 s	90.196%	0.185 s
0.005	90.196%	0.1842 s	90.196%	0.1856 s	90.196%	0.186 s

4.5. Pengujian MOS (Mean Opinion Score)

MOS ini dilakukan untuk mengetahui opini dari banyak orang. Dalam hal ini MOS diberikan kepada para kica mania dan juri tentang sistem klasifikasi suara *lovebird* ini. MOS ini diberikan kepada 28 kica mania, 1 juri, dan 1 pakar *lovebird* yang menyatakan bahwa 80 % menyukai sistem klasifikasi suara *lovebird* dan 20% tidak menyukai sistem klasifikasi suara *lovebird* ini.

5. Kesimpulan

1. Ekstraksi ciri menggunakan *Short Time Fourier Transform* (STFT) dengan menghitung jumlah patahan ditiap suara *lovebird* merupakan ekstraksi ciri yang paling cocok digunakan dibandingkan ekstraksi ciri energi rata-rata dan *framing* karena menghasilkan nilai akurasi yang tinggi yakni sebesar 92,16%
2. Sistem ini sudah mampu mengklasifikasikan antara suara *lovebird* kelas A, suara *lovebird* kelas B dan suara *lovebird* kelas C menggunakan ekstraksi ciri *spectrogram* tanpa *overlapping*, *overlapping* 25 %, *overlapping* 50 %, *overlapping* 75 %.
3. Klasifikasi suara *lovebird* dilakukan dengan tahapan *pre-processing* berupa *re-sampling*, perubahan kanall *stereo* to *mono*, *DC removal*, normalisasi amplitudo.
4. *Spectrogram* menggunakan *window rectangular* tanpa *overlapping* dapat mengklasifikasikan suara *lovebird* lebih baik dengan akurasi rata-rata sebesar 88,88%.
5. Ekstraksi ciri *spectrogram* tanpa *overlapping* memiliki rata-rata waktu komputasi yang lebih cepat dibandingkan dengan ekstraksi ciri menggunakan *spectrogram* dengan *overlapping* yaitu sebesar 0,1886 second. Hal ini disebabkan karena ekstraksi ciri *spectrogram* tanpa *overlapping* hanya mengenali jumlah patahan tiap satu segmen sehingga tidak ada tumpang tindih antara segmen satu dengan segmen lainnya.

6. MOS (*Mean Opinion Score*) yang dihasilkan menunjukkan bahwa kualitas sistem termasuk dalam kategori “*Good*” karena memiliki nilai rata-rata MOS empat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. N. Dr.Eng, Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab, Yogyakarta: ANDI, 2009.
- [2] B. Handono, S. and R. , Sukses Menagkarkan dan Memelihara Lovebird, Jakarta: Penebar Swadaya, 2013.
- [3] Chinnasamy, "Performance improvement of fuzzy-based algorithms," IET, vol. 8, no. 6, p. 319–326, 2012., " IET, 2012, pp. 319-326.
- [4] D. A. Susanto, Rahasia Burung Juara, Jakarta: PT Trubus Swadaya, 2013.
- [5] D. R. Team, Modul Audio Matlab, Bandung: DSP Laboratory, 2013.
- [6] E. Purwanto, Implementasi dan Analisis Penilaian Suara Perkutut Menggunakan Spektogram, Bandung: IT TELKOM, 2011.
- [7] "Facebook," [Online]. Available: <https://www.facebook.com/groups/lovebirdmaniamojokerto/?ref=bookmarks>,. [Accessed 20 Maret 2014].
- [8] "Facebook," [Online]. Available: <https://www.facebook.com/groups/364488090400299/?ref=bookmarks>. [Accessed 28 Oktober 2014].
- [9] G. A. Away, The Shortcut of Matlab Programming, Bandung: Informatika, 2014.
- [10] H. Hasanah, Evaluasi Perbandingan Short Time Fourier Transform (STFT) Dan Wigner Distribution (WD) Pada Klasifikasi Elektrokardiogram (EKG), Bandung: IT Telkom, 2009.
- [11] K. S. Ba'ari, Interviewee, *Interview of Lovebird Sound's*. [Interview]. Maret 2015.
- [12] Omkicau, "tata-cara-penilaian-dalam-lomba-burung," 2010. [Online]. Available: <http://omkicau.com/2010/04/01/tata-cara-penilaian-dalam-lomba-burung>. [Accessed 20 Maret 2014].
- [13] Omkicau, "Lovebird-satu-trah-borong-juara-di-triwulanan-sragen," 2013. [Online]. Available: <http://omkicau.com/2013/03/02/lovebird-satu-trah-borong-juara-di-triwulanan-sragen>. [Accessed 20 Maret 2014].
- [14] "Omkicau," [Online]. Available: <http://omkicau.com/category/aneka-suara/suara-burung/suara-burung-lovebird/>,. [Accessed 29 Oktober 2014].
- [15] P. P. Widodo and R. T. Handayanto, Penerapan Soft Computing dengan Matlab, Bandung: Rekayasa Sains, 2012.
- [16] R. E. Suhendro, Interviewee, *Interview of Lovebird Sound's*. [Interview]. Maret 2015.
- [17] S. Fegerlund, Automatic Recognition of Bird Species by Their Sounds, Finlandia: Helsinki University Of Technology, 2004.
- [18] S. Kusumadewi, Analisis & Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab, Jogjakarta: Graha Ilmu, 2002.
- [19] Suyanto, Soft Computing, Bandung: Informatika, 2008.