

KLASIFIKASI RAGAM *PEAK* FREKUENSI SUARA BINATANG ALAMIAH SEBAGAI STIMULATOR PERTUMBUHAN DAN PRODUKTIVITAS TANAMAN

PEAK FREQUENCY CLASSIFICATION OF NATURAL ANIMAL SOUNDS AS A STIMULANT OF PLANT GROWTH

Oleh: Bagoes Wibowo¹⁾ dan Nur Kadarisman, M.Si.²⁾

1) Mahasiswa Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta

2) Dosen Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta

bagoesfmipa96@gmail.com¹⁾

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengetahui spektrum *peak* frekuensi suara binatang alamiah khas Indonesia dan (2) Mengetahui hasil klasifikasi ragam *peak* frekuensi suara binatang alamiah pada interval *peak* frekuensi *sonic bloom* 3000 Hz-5000 Hz yang dapat digunakan sebagai alternatif sumber stimulator pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Penelitian ini meliputi beberapa tahapan antara lain tahap perekaman suara binatang menggunakan *voice recorder digital* dengan beberapa kali perekaman untuk mendapatkan suara terbaik dengan sedikit/ tanpa *noise*, tahap analisis menggunakan program *MATLAB 2014b* dengan algoritma *FFT (Fast Fourier Transform)* untuk mengetahui karakter spektrum ragam *peak* frekuensi, dan tahap pemotongan sinyal suara menggunakan *software Adobe Audition CS6* untuk dilakukan klasifikasi *peak* frekuensi. Telah dihasilkan klasifikasi suara masing-masing binatang memiliki rentang frekuensi antara lain: 1-1000 Hz sejumlah 6 binatang, 1000-2000 Hz sejumlah 8 binatang, 2000-3000 Hz sejumlah 14 binatang, 3000-4000 Hz sejumlah 12 binatang, 4000-5000 Hz sejumlah 2 binatang, dan 5000-6000 Hz sejumlah 4 binatang. Hasil dari pemotongan sinyal diperoleh suara binatang alamiah dengan *peak* frekuensi interval frekuensi *sonic bloom* (3000 Hz – 5000 Hz) sejumlah 17 jenis binatang.

Kata kunci: binatang alamiah, *peak* frekuensi, *sonic bloom*, timbre

Abstract

The research is aimed to (1) find peak frequency spectrum (timbre) of Indonesian's natural animal sounds and (2) to classify sounds which have frequency range between 3000 Hz-5000 Hz that are used as an alternative stimulant of plant growth. The procedures of this research activities are started by recording the sounds of animals using digital voice recorder several times. This activity aim to obtain sounds with low noise. Total of 27 sounds of 21 birds, 4 insects, frog and gecko were analyzed using the MATLAB 2014b program to determine the character of the peak frequency spectrum. To classify the sounds which are in 3000 Hz-5000 Hz frequency range of sonic bloom, the sounds were cutted in parts by using Adobe Audition CS6 and then the sounds were analyzed by using Matlab to find peak frequency. The result of classified of timbre are frequency range between 1-1000 Hz for 6 animals, 1000-2000 Hz for 8 animals, 2000-3000 Hz for 14 animals, 3000-4000 Hz for 12 animals, 4000-5000 Hz for 2 animals, and 5000-6000 Hz for 4 animals. The signal of animal sounds, has been obtained 17 sounds which are in frequency range of sonic bloom (3000 Hz - 5000 Hz).

Keywords: animal sounds, peak frequency, sonic bloom, timbre

PENDAHULUAN

Kebutuhan mendasar manusia untuk keberlangsungan hidup meliputi tiga hal yakni sandang, pangan, dan papan. Kebutuhan pangan menjadi hal yang pokok karena mempunyai pengaruh sangat kuat untuk membentuk sistem individu yang sehat dan produktif. Permintaan pemenuhan kebutuhan pangan yang sangat tinggi di masyarakat tidak sesuai dengan persediaan bahan makanan di pasaran dengan pertumbuhan kebutuhan pangan di Indonesia sejak 2010 – 2014 mencapai 0,60% - 32,06% (Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian: 2015). Terbatasnya persediaan bahan makanan disebabkan oleh hasil panen yang menurun dan kurang baik dikarenakan perubahan cuaca dan iklim yang ekstrim maupun kebutuhan nutrisi tanaman yang tidak maksimal. Upaya-upaya peningkatan hasil banyak digencarkan meliputi hasil panen dengan waktu yang singkat, jumlah produksi yang meningkat, dan kualitas bahan makanan hasil produksi yang baik. Dalam bidang fisika sudah berkembang teknologi penerapan resonansi gelombang bunyi sebagai alternatif peningkatan pertumbuhan dan produktivitas tanaman pangan dengan memanfaatkan suara binatang yang dikenal sebagai teknologi *sonic bloom*, yakni teknologi pemaparan suara binatang dengan frekuensi berada diantara 3000 – 5000 Hz terhadap tanaman bersama pemupukan daun di pagi hari.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nur Kadarisman, dosen fisika UNY pada tahun 2010 dengan menggunakan sumber bunyi yang berasal dari suara “garengpung” (*Dundubia manifera*) dengan *peak* frekuensi $(3,01 \pm 0,03) 10^3$ Hz dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman kentang. Sudaryanto (2012) mengungkapkan dalam penelitiannya bahwa pemaparan bunyi “jangkrik” pada *peak* frekuensi $(4,43 \pm 0,05) 10^3$ Hz dapat mempercepat pertumbuhan panjang daun dan diameter daun bawang merah serta meningkatkan produktivitas bawang merah sebesar 130%.

Proses penelitian *sonic bloom* yang dilakukan dimulai dari pemilihan suara binatang alamiah yang mempunyai suara dengan *peak* frekuensi berada pada rentang frekuensi *sonic bloom* yakni 3000-5000 Hz hingga pengamatan morfologi tanaman baik tinggi dan diameter batang, lebar daun, banyaknya buah, luas bukaan stomata, dll. Tidak hanya secara

morfologi tanaman, namun juga kandungan gizi dari buah yang dihasilkan tanaman dapat meningkat (Dan Carlson, 1941-2012).

Sebelum dilakukan pemaparan suara binatang pada tanaman, suara terlebih dahulu dianalisis nilai *peak-peak* frekuensinya untuk mendapatkan frekuensi *sonic bloom* yang diinginkan. Proses ini sangatlah penting dilakukan mengingat bahwa teknologi Audio Bio Harmonik/ *Sonic Bloom* menggunakan gelombang suara dengan rentang frekuensi 3000–5000Hz. Rentang frekuensi tersebut menghasilkan suara yang serupa dengan suara kicauan burung yang mampu merangsang terbukanya stomata tanaman di pagi hari (Asrul, 2015).

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan alam baik flora maupun fauna. Keragaman fauna tersebar meliputi daratan maupun perairan Nusantara. Kekayaan alam berupa binatang dengan spesifikasi suara khas masing-masing menjadikan daya tarik tersendiri yang membuat banyak orang memanfaatkannya baik untuk perlombaan, sarana pendidikan, dan penelitian khususnya untuk dijadikan sumber suara stimulator pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Perlu dikaji karakteristik spektrum *peak* frekuensi suara binatang alamiah yang kemudian dapat dijadikan alternatif sumber stimulator pertumbuhan dan produktivitas tanaman terutama tanaman pangan. Untuk menganalisis sinyal suara digunakan program *Matlab R2014b* menggunakan algoritma *Fast Fourier Transform (FFT)*.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan analisis spektrum warna suara dengan *Fast Fourier Transform (FFT) Models*. Analisis sinyal suara menggunakan *software MATLAB R2014b 32 bit* dengan fungsi FFT bawaan *MATLAB*. Fungsi FFT yang digunakan menerapkan persamaan transformasi

$$X(k) = \sum_{j=1}^N x(j) W_N^{(j-1)(k-1)} \quad (1)$$

Dimana:

$$W_N = e^{-j2\pi/N}$$

Waktu dan Tempat Pengambilan Data Penelitian

Pengambilan data penelitian ini dilaksanakan di Pasar Satwa dan Tanaman Yogyakarta (PASTY) Bantul dan Purworejo pada bulan Mei-Desember 2017.

Subjek Penelitian

Subjek yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis binatang meliputi 22 jenis burung, 4 serangga, katak, dan tokek.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian meliputi instrumen pengambilan data dan instrumen analisis data. Instrumen pengambilan data berupa 1 set *voice recorder digital*. Instrumen analisis data yang digunakan adalah computer yang telah terpasang *software Adobe Audition CS6* dan *MATLAB 2014b 32 bit*.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah pengumpulan data kualitatif yakni merekam suara binatang dengan sedikit derau menggunakan *voice recorder digital*. Perekaman suara secara berulang kali untuk mendapatkan suara terbaik untuk menghindari suara yang tidak diinginkan.

Teknik Analisis Data

1. Menyeleksi suara asli

Analisis ini digunakan untuk mengambil suara asli dari binatang yang diinginkan yakni dengan cara memotong suara asli dan memindahkan suara asli ke file audio baru dengan format .wav. Proses seleksi suara asli menggunakan *software Adobe Audition CS6*.

2. Analisis spektrum warna suara menggunakan algoritma Fast Fourier Transform(FFT)

Analisis ini digunakan untuk mengetahui keragaman frekuensi yang terkandung dalam suara. Metode FFT secara rekursif dengan membagi vektor asli menjadi dua bagian, sebagai contoh FFT radix-2, yang berarti bahwa

sejumlah N -sample yang akan ditransformasikan dibagi menjadi dua kelompok untuk setiap kali rekursi.

Berawal dari DFT- N data,

$$X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k)e^{-j2\pi nk/N} \tag{2}$$

Berikutnya, x_k dipilah menjadi genap dan ganjil, maka persamaan (2) menjadi

$$X(n) = \sum_{k=0}^{(\frac{N}{2})-1} x(2k)e^{-j2\pi n(2k)/N} + e^{-j2\pi n/N} \sum_{k=0}^{(\frac{N}{2})-1} x(2k+1)e^{-j2\pi n(2k)/N} \tag{3}$$

Dengan mendefinisikan $W_N = e^{-j2\pi/N}$ maka persamaan (3) menjadi

$$X(n) = \sum_{k=0}^{(\frac{N}{2})-1} x(2k)W_N^{2kn} + W_N^n \sum_{k=0}^{(\frac{N}{2})-1} x(2k+1)W_N^{2kn} \tag{4}$$

Karena $W_N^2 = e^{-j(\frac{2\pi}{N})2} = e^{-j2\pi/(\frac{N}{2})}$, maka $W_N^2 = W_{\frac{N}{2}}$, maka

$$X(n) = \sum_{k=0}^{(\frac{N}{2})-1} x(2k)W_{\frac{N}{2}}^{kn} + W_N^n \sum_{k=0}^{(\frac{N}{2})-1} x(2k+1)W_{\frac{N}{2}}^{kn} \tag{5}$$

Setelah domain waktu dibagi dua, maka domain frekuensi juga dibagi dua, menjadi

$$X(n + N/2) = \sum_{k=0}^{(\frac{N}{2})-1} x(2k)W_{\frac{N}{2}}^{kn} - W_N^n \sum_{k=0}^{(\frac{N}{2})-1} x(2k+1)W_{\frac{N}{2}}^{kn} \tag{6}$$

Persamaan (6) merupakan *FFT radix-2 Decimation in Time* (DIT) yang mana *sequence* data dipilah menjadi dua bagian menjadi genap dan ganjil serta menggambarkan gabungan dua $DFT-N/2$ data. Penggunaan sifat *periodic* dari fungsi kernel membuat perhitungan lebih efisien karena cukup mengganti tanda operasi. Dengan cara yang sama, dari $DFT-N$ data dibagi menjadi empat bagian akan mendapatkan *FFT radix-4*. Didapat persamaan *FFT radix-4* adalah

$$\begin{aligned}
 X(n) = & \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k)W_N^{4kn} \\
 & + W_N^n \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k+1)W_N^{4kn} \\
 & + W_N^{2n} \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k+2)W_N^{4kn} \\
 & + W_N^{3n} \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k \\
 & + 3)W_N^{4kn} \quad (7)
 \end{aligned}$$

Kemudian domain frekuensi juga dibagi empat, maka persamaan (7) menjadi

$$\begin{aligned}
 X(n + N/4) = & \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k)W_N^{4kn} \\
 & + W_N^{(n+\frac{N}{4})} \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k+1)W_N^{4kn} \\
 & + W_N^{2(n+\frac{N}{4})} \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k+2)W_N^{4kn} \\
 & + W_N^{3(n+\frac{N}{4})} \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k \\
 & + 3)W_N^{4kn} \quad (8)
 \end{aligned}$$

Untuk tingkat *radix* lebih tinggi dapat dirumuskan dengan cara yang sama, maka didapat

$$\begin{aligned}
 X\left(n + \alpha \frac{N}{p}\right) = & \sum_{k=0}^{p-1} W_N^{kn} W_p^{k\alpha} \left(\sum_{l=0}^{\frac{N}{p}-1} x(pl \right. \\
 & \left. + k)W_N^{\frac{ln}{p}} \right) \quad (9)
 \end{aligned}$$

Dimana

n = indeks dalam domain frekuensi = $0, 1, 2, \dots, \frac{N}{2} - 1$

$\alpha = 0, 1, 2, \dots, p - 1$

N = banyaknya data

p = jenis *radix* = $2^m; m = 1, 2, 3, \dots$

$k = 0, 1, 2, 3, \dots$

l = indeks dalam domain waktu =

$0, 1, 2, \dots, \frac{N}{p} - 1$

(Chu and George, 2000: 21-25).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Perekaman dan Analisis Spektrum Suara Binatang Alamiah

Dalam proses perekaman, suara di rekam berulang kali menggunakan *voice recorder digital* dan *mic* ditempatkan pada jarak terdekat dengan sumber suara untuk mendapatkan suara binatang sedikit *noise*. Kemudian suara kicauan dipisahkan dari sumber suara yang lain untuk dilakukan analisis spektrum warna suara yang terkandung.



Gambar 1. Suara hasil rekaman penuh burung Anis Merah

Hasil dari proses perekaman masing-masing binatang mempunyai interval waktu dan karakteristik gelombang yang berbeda-beda. Hasil rekaman penuh burung Anis Merah mengandung beberapa kicauan yang periodik,

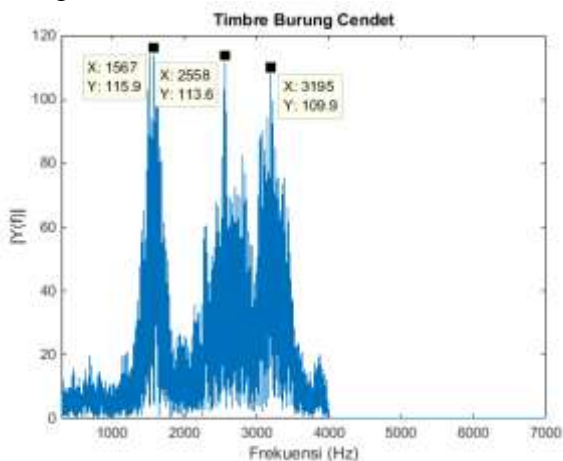
sehingga suara-suara tersebut dipotong dan menghasilkan suara kicauan burung 1 periodik.



Gambar 2. Sampel sinyal suara burung Anis Merah

Terlihat dari gambar diatas bahwa terdapat beberapa suara kicau yang berbeda dalam satu sistem suara kicauan burung Anis Merah. Karakter suara kicauan pada waktu tertentu memiliki khas yang membedakan masing-masing binatang. Interval waktu masing-masing suara binatang tergantung dari banyak dan panjang kicauan yang terjadi.

Suara-suara binatang hasil perekaman yang telah disimpan, kemudian dianalisis spektrum suara (timbre) menggunakan listing program Matlab dan akan menghasilkan grafik yang memunculkan nilai keragaman *peak* frekuensi. Berikut bentuk timbre dari suara burung Cendet.



Gambar 3. Timbre burung Anis Merah

Ragam *peak* frekuensi suara burung Cendet berada diantara 1.000 Hz hingga 4.000 Hz. Suara burung Cendet memunculkan setidaknya tiga *peak* frekuensi yang mendominasi yakni 1.567 Hz, 2.558 Hz, dan 3.195 Hz. Hal tersebut menggambarkan bahwa suara kicauan penuh memiliki 3 karakter suara yang mendominasi. Karakter suara yang

mendominasi timbul akibat getaran mekanik dari pita suara burung Cendet yang terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi dengan kerapatan yang berbeda namun memiliki intensitas yang identik sebagaimana berkesesuaian dengan konsep gelombang bunyiyang dinyatakan oleh Halliday (1992). Berikut tabel yang menunjukkan ragam *peak* frekuensi yang terkandung pada rentang *peak* frekuensi tertentu:

Tabel 1. Ragam Frekuensi yang terkandung

No.	Nama Binatang	Rentang frekuensi yang terkandung (Hz)
1.	Burung Anis Merah	2100-4000
2.	Ayam Jago	500-2800
3.	Burung Cendet	1000-4000
4.	Burung Ciblek	2000-4000
5.	Burung Sirpu	300-3000
6.	Burung Cucak Ijo	2800-3100
7.	Burung Cucak Rowo	1500-2500
8.	Burung Dara	100-500
9.	Burung Gagak	1400-2600
10.	Burung Jalak Suren	1500-4500
11.	Burung Gagak Pecalang	2000-4000
12.	Jangkrik	100-11000
13.	Burung Kacer Sumatera	2600-4000
14.	Burung Kenari	2500-4000
15.	Kinjeng Tangis	5000-10000
16.	Katak	300-3000
17.	Burung Kutilang	1000-4000
18.	Burung Cinta (Love Bird)	2000-14000
19.	Burung Mozambic	2700-4000
20.	Burung Murai Batu	500-3500
21.	Orong-orong	2000-3000
22.	Burung Pentet	2000-4000
23.	Burung Perkutut	800-1100
24.	Burung Pleci	2500-4000
25.	Burung Puter	400-600
26.	Tokek	700-2700
27.	Walang Kecek	2000-12000

Keragaman *peak-peak* frekuensi yang terkandung dalam lebar pita tertentu menunjukkan ciri khas masing-masing suara. Kandungan frekuensi tersebut dapat diekstrak menjadi beberapa bagian sehingga dapat dimanfaatkan menjadi alternatif stimulator pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Terdapat beberapa suara binatang yang memiliki *peak* frekuensi masuk kedalam interval frekuensi *sonic bloom* 3000-5000 Hz. Secara khusus suara-suara binatang dikelompokkan berdasarkan keberadaan *peak* frekuensi yang terkandung didalamnya.

2. Klasifikasi Ragam *Peak* Frekuensi *sonic bloom* 3000-5000 Hz

Dari keragaman nilai *peak* frekuensi suara hasil rekaman, masing-masing bagian suara kicauan dipotong untuk mengetahui nilai *peak* frekuensi masing-masing bagian. Kegiatan tersebut dilakukan untuk memudahkan klasifikasi suara dengan *peak* frekuensi masuk ke dalam interval frekuensi *sonic bloom* 3000 Hz-5000 Hz. Interval waktu pemotongan sinyal suara tergantung panjang kicauan masing-masing bagian. Beberapa suara rekaman menghasilkan beberapa potongan seperti tertampil pada tabel 2.

Tabel 2. Jumlah potongan sinyal suara

No.	Nama Binatang	Jumlah potongan
1.	Burung Anis Merah	21
2.	Ayam Jago	4
3.	Burung Cendet	69
4.	Burung Ciblek	17
5.	Burung Sirpu	2
6.	Burung Cucak Ijo	7
7.	Burung Cucak Rowo	5
8.	Burung Dara	1
9.	Burung Gagak	1
10.	Burung Jalak Suren	16
11.	Burung Gagak Pecalang	2
12.	Jangkrik	1

13.	Burung Kacer Sumatera	5
14.	Burung Kenari	36
15.	Kinjeng Tangis	1
16.	Katak	1
17.	Burung Kutilang	12
18.	Burung Cinta (<i>Love Bird</i>)	12
19.	Burung Mozambic	10
20.	Burung Murai Batu	24
21.	Orong-orong	1
22.	Burung Pentet	55
23.	Burung Perkutut	15
24.	Burung Pleci	10
25.	Burung Puter	2
26.	Tokek	2
27.	Walang Kecek	1

Sinyal suara hasil pemotongan yang telah disimpan kemudian dianalisis kembali menggunakan algoritma FFT program *Matlab 2014b* dan akan menghasilkan bentuk spektrum warna suara. Pemotongan suara dan hasil analisis kemudian dipilah menurut rentang *peak* frekuensi yang terkandung. Pemilahan/klasifikasi suara yang dapat digunakan stimulator pertumbuhan dan produktivitas tanaman hanya pada rentang *peak* frekuensi 3000-5000 Hz. Pengklasifikasian dari ragam *peak* frekuensi suara binatang alamiah mendapatkan hasil klasifikasi dengan nilai *peak* frekuensi yang tergolong ke dalam interval frekuensi *sonic bloom* 3000-5000 Hz sebanyak 17 jenis binatang dengan rincian binatang, Anis Merah (3000-3500 Hz), Cendet (3000-4000 Hz), Ciblek (3000-3500 Hz), Cucak Ijo (3000 Hz), Jalak Suren (3000-5000 Hz), Gagak Pecalang (3000 Hz), Jangkrik (4500 Hz), Kacer Sumatera (3000-4000 Hz), Kenari (3500-4000 Hz), Kinjeng Tangis (5000 Hz), Kutilang (3000-3500 Hz), Love Bird (4000-5000 Hz), Mozambic (3000-4000 Hz), Orong-orong (3000 Hz), Pentet (3000-4000 Hz), dan Pleci (3000-4000 Hz).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang diperoleh dari penelitian, maka diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis timbre suara masing-masing binatang memiliki ragam frekuensi antara lain: 1-1000 Hz meliputi Ayam Jago, Sirpu, Dara, Perkutut, Puter, dan Tokek; 1000-2000 Hz meliputi Ayam Jago, Cendet, Cucak Rowo, Gagak, Katak, Murai Batu, Perkutut, dan Tokek; 2000-3000 Hz meliputi Anis Merah, Cendet, Ciblek, Cucak Rowo, Jalak Suren, Gagak Pecalang, Kacer Sumatera, Kutilang, Mozambik, Murai Batu, Orong-orong, Pentet, Pleci, dan Sirpu; 3000-4000 Hz meliputi Anis Merah, Cendet, Ciblek, Jalak Suren, Kacer Sumatera, Kenari, Kutilang, Love Bird, Mozambik, Murai Batu, Pentet, dan Pleci; 4000-5000 Hz meliputi Jangkrik dan Love Bird; 5000-6000 Hz meliputi Jalak Suren, Kinjeng Tangis, Love Bird, dan Walang Kecek.
2. Hasil klasifikasi ragam *peak* frekuensi interval frekuensi *sonic bloom* 3000 Hz – 5000 Hz diperoleh sejumlah 17 jenis binatang dengan rincian binatang antara lain: Anis Merah (3000-3500 Hz), Cendet (3000-4000 Hz), Ciblek (3000-3500 Hz), Cucak Ijo (3000 Hz), Jalak Suren (3000-5000 Hz), Gagak Pecalang (3000 Hz), Jangkrik (4500 Hz), Kacer Sumatera (3000-4000 Hz), Kenari (3500-4000 Hz), Kinjeng Tangis (5000 Hz), Kutilang (3000-3500 Hz), Love Bird (4000-5000 Hz), Mozambik (3000-4000 Hz), Orong-orong (3000 Hz), Pentet (3000-4000 Hz), dan Pleci (3000-4000 Hz).

Saran

Berdasarkan keterbatasan penelitian, terdapat beberapa saran untuk perbaikan penelitian pengembangan yang lebih lanjut sebagai berikut.

1. Sebaiknya analisis suara dilakukan proses windowing untuk menghindari kebocoran sinyal suara.
2. Sebaiknya proses perekaman menggunakan *voice recorder* yang

memiliki fitur lebih lengkap, salah satunya fitur *sampling rate* untuk pencuplikan data lebih teliti.

3. Diperlukan adanya perhitungan error analisis.


DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Fauzy Muhammad. 2007. *Teknik Proteksi Differensial Digital pada Transformator Daya Tiga Fasa dengan Menggunakan Transformasi Hilbert*. Laporan Tugas Akhir. Bandung: Institut Teknologi Bandung. Diambil dari <http://www.digilib.itb.ac.id> pada tanggal 20 Mei 2017.
- Ayat, A., 2011. *Burung-burung Agrofest di Sumatera*. Bogor: World Agroforestry Centre.
- Eko Prasetyo, Agus, Agus Purwanto, Sumarna. 2009. *Pola Rasio Amplitudo Komponen Harmonik Gender Barung Laras Slendro*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA. Yogyakarta: FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kadarisman, Nur. Agus Purwanto, dan Dadan Rosana. 2012. *Peningkatan Laju Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Kentang Melalui Spesifikasi Variabel Fisis Gelombang Akustik Keras Lemah Suara Pada Pemupukan Daun (Rancang Bangun Teknologi Tepat Guna Audio Bio Harmonik)*. Diambil dari <http://eprints.uny.ac.id> pada tanggal 18 Mei 2017.
- Putri, Galuh K. S. G. 2012. *Ketepatan Taraf Intensitas Bunyi "Garengpung" (*Dundubia manifera*) Termanipulasi pada Peak Frekuensi $(3,01 \pm 0,03) 10^3$ Hz Terhadap Produktivitas dan Pertumbuhan Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L) Pada Lahan dengan Koordinat Titik Batas [(0.0, -0.7); (4.8, -0.7); (4.8, -6.0); (0.0, -6.0)] m dan Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* M)*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

- Kuswanto, Heru. Sumarna, dan Agus Purwanto. 2011. *Kajian Spektrum Warna Bunyi Saron Ricik Gamelan Kanjeng Kyahi Nagawilaga dari Keraton Ngayogyakarta Hadiningrat* dalam Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA. Yogyakarta: FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Muljono, Tyas Catur Pramudi, dan Amiqli Fahmi. 2014. *Adaptif Gamelan Sintetis Menggunakan Metode Pitch Shifting Phase Vocoder untuk Standarisasi Nada dan Media Pembelajaran Gamelan dalam Rangka Menuju Industri Kreatif Modern Nasional*. Laporan Akhir Penelitian Hibah Bersaing. Semarang: UDINUS. Diambil dari <http://www.dinus.ac.id/> pada tanggal 09 Mei 2017.
- Nugraha, A. 2008. *Analisis Frekuensi Gender Barung dan Saron Demung Laras slendro*. Skripsi. Yogyakarta, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Purnomo, M. A. D. 2000. *Studi Awal Sintesis Suara*. Tugas Akhir. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta. Diambil dari <http://www.library.usd.ac.id/> pada tanggal 20 Mei 2017.
- Riyanto, S., Agus Purwanto, Supardi. 2009. *Algoritma Fast Fourier Transform (FFT) Decimation In Time (DIT) Dengan Resolusi 1/10 Hertz*. Prosiding dalam Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Wahyudi, Septian Tri, Ery Safrianti, dan Yusnita Rahayu. 2015. *Aplikasi Spectrum Analyzer untuk Menganalisa Frekuensi Sinyal suara Audio Menggunakan Matlab*. Diambil dari <http://jom.unri.ac.id/> pada tanggal 20 Mei 2017.
- ©1994-2017 The MathWorks, Inc. *Fast Fourier Transform*.
<https://www.mathworks.com>.

Yogyakarta, 13 Juli 2018

Mengetahui,
Dosen Pembimbing



Nur Kadarisman, M.Si.
NIP 196402051991011001