

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

TUGAS AKHIR SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh:
BAGOES WIBOWO
14306141001

**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2018**

PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR SKRIPSI

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

Skripsi ini

Telah memenuhi persyaratan dan siap diujikan

Disetujui dan disahkan pada

Tanggal : 10 April 2018

Untuk dipertahankan didepan Tim Penguji Skripsi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Menyetujui,

Pembimbing


Nur Kadarisman, M.Si

NIP. 19640205 199101 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bagoes Wibowo
NIM : 14306141001
Prodi/ Jurusan : Fisika/ Pendidikan Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Penelitian : KLASIFIKASI RAGAM PEAK FREKUENSI SUARA BINATANG ALAMIAH SEBAGAI STIMULATOR PERTUMBUHAN DAN PRODUKTIVITAS TANAMAN.

Menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diteritkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata tulis karya ilmiah yang lazim. Apabila terbukti pernyataan saya tidak benar, sepenuhnya merupakan tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 14 Mei 2018

Yang Menyatakan,



Bagoes Wibowo

NIM 14306141001

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

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

Disusun Oleh:

Bagoes Wibowo

NIM 14306141001

Telah dipertahankan di depan Tim Pengaji Tugas Akhir Skripsi Program Studi Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta

Pada tanggal 24 Mei 2018

TIM PENGUJI

Tanda Tangan

Tanggal

Nama/Jabatan

Nur Kadarisman, M.Si.

Ketua Pengaji/ Pembimbing

Dyah Kurniawati A., M.Sc.

Sekretaris

Dr. Warsono, M.Si.

Pengaji

6 - 6 - 2018

4 - 6 - 2018

4 - 6 - 2018

Yogyakarta, 6/6/2018

Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,

Dr. Hartono

NIP 19620329 198702 1 002

MOTTO

Harga kebaikan manusia adalah diukur menurut apa yang telah dilaksanakan/diperbuatnya (Ali Bin Abi Thalib)

Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah (Thomas Alva Edison)

Ketergesaan dalam setiap usaha membawa kegagalan (Herodotus)

Kegagalan hanya terjadi bisa kita menyerah (Lessing)

“Kebaikan tidak bernilai selama diucapkan akan tetapi bernilai sesudah diherjakan”

“Ku olah kata, ku baca makna, kuikat dalam alinea, ku bingkai dalam bab sejumlah lima, jadilah mahakarya, gelar sarjana kuterima, orangtua, calon istri, dan calon mertua pun bahagia” (Anonim)

PERSEMBAHAN

Bingkisan kecil untuk kedua orang tuaku....

Buah tangan untuk keluargaku....

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

**Oleh:
Bagoes Wibowo
14306141001**

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui spektrum *peak* frekuensi suara binatang alamiah khas Indonesia dan 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 dimulai dari proses perekaman suara binatang menggunakan *voice recorder digital* dengan beberapa kali perekaman untuk mendapatkan suara terbaik dengan sedikit/ tanpa *noise*. Sebanyak 27 sampel suara masing-masing 21 burung, 4 serangga, katak, dan tokek dianalisis menggunakan program *MATLAB 2014b* untuk mengetahui karakter spektrum ragam *peak* frekuensinya. Suara yang telah diketahui ragam *peak* frekuensinya, kemudian dipotong pada interval waktu tertentu menggunakan *software Adobe Audition CS6* untuk dilakukan klasifikasi *peak* frekuensi. Sampel suara hasil pemotongan kemudian dianalisis kembali menggunakan program *MATLAB 2014b* dengan algoritma FFT untuk mengetahui nilai *peak* frekuensi maksimum. Suara dengan nilai *peak* frekuensi berada diantara 3000 – 5000 Hz dipilih untuk dijadikan *file* stimulator.

Hasil analisis timbre 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.

Katakunci: binatang alamiah, *peak* frekuensi, *sonic bloom*, timbre

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

**By:
Bagoes Wibowo
14306141001**

Abstract

The purpose of the research is to find peak frequency spectrum (timbre) of Indonesian's natural animal sounds and to classify sounds which have frequency range between 3000 Hz-5000 Hz that are used as an alternative stimulant of plant growth.

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 analyse 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

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warohmatullohi Wabarakatuh

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi (TAS). Penelitian ini adalah penelitian payung Riset Grup kelompok bidang kajian sinyal dengan dana DIPA UNY yang diketuai oleh Nur Kadarisman, M.Si. tahun 2018 yang berjudul "*Karakterisasi Spektrum Bunyi Berbasis Binatang Alamiah sebagai Alternatif Sumber Stimulator Audio Bio Harmonic System untuk Peningkatan Produktivitas Tanaman Pangan*" yang kemudian menjadi Tugas Akhir Skripsi (TAS) dengan judul "*Klasifikasi Ragam Peak Frekuensi Suara Binatang Alamiah sebagai Stimulator Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman*".

Skripsi ini digunakan untuk memenuhi sebagian syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains di Universitas Negeri Yogyakarta. Penulisan skripsi ini dapat terselesaikan berkat bimbingan dan kerjasama dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus dan sedalam-dalamnya kepada:

1. Dr. Hartono, M.Si. selaku dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah mengesahkan penyusunan skripsi ini.
2. Yusman Wiyatmo, M.Si. selaku Kajurdik Fisika yang telah membantu dan memperlancar administrasi penyusunan skripsi ini.
3. Nur Kadarisman, M.Si. selaku Dosen Pembimbing yang penuh kesabaran membimbing dan memberikan saran dalam penyusunan skripsi ini.
4. Riset Grup kelompok bidang kajian sinyal yang telah memayungi penelitian ini.

Penulis menyadari dalam Tugas Akhir Skripsi ini masih banyak kekurangan baik dalam hal penulisan maupun tata bahasa. Kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat penulis harapkan untuk perbaikan dikemudian hari.

Wassalamu'alaikum Warohmatullohi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 18 April 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBERAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Teknologi Audio Bio Harmonik/ <i>Sonic Bloom</i>	6
B. Gelombang Bunyi.....	9
C. Analisis Sinyal Suara.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	22
B. Subjek dan Objek Penelitian	22
C. Variabel Penelitian	23
D. Langkah Kerja dan Intrumen yang Digunakan	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	

A. Hasil Perekaman dan Analisis Spektrum Suara Binatang Alamiah	25
B. Klasifikasi Ragam <i>Peak Frekuensi sonic bloom</i> 3000-5000 Hz	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	39
B. Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	43

Daftar Gambar

Gambar 1. Ilustrasi gelombang bunyi	9
Gambar 2. Peristiwa bunyi dan perambatannya (sumber: Stein, 1986)	11
Gambar 3. Resonansi bunyi dua garputala.....	13
Gambar 4. Timbre Wilahan 1 Saron Ricik gamelan Naga Wilaga Wilaga (sumber: Heru Kuswanto dkk, 2011)	14
Gambar 5. Diagram kupu-kupu radix-2 FFT (sumber: S. L. Johnsson and Robert L. K., 1992).....	17
Gambar 6. Diagram alir proses klasifikasi suara binatang alamiah	24
Gambar 7. Suara hasil rekaman penuh burung Anis Merah	25
Gambar 8. Sinyal suara burung Anis Merah.....	25
Gambar 9. Sinyal suara burung Cendet.....	26
Gambar 10. Timbre burung Anis Merah.....	27
Gambar 11. Timbre sinyal suara burung Cendet	27
Gambar 12. Sinyal suara kicauan burung Anis Merah 0,086 detik	35
Gambar 13. Timbre suara kicauan burung Anis Merah 0,346-0,432 detik.....	37

Daftar Tabel

Tabel 1. Perbandingan jumlah operasi perkalian antara DFT dan FFT	18
Tabel 2. Perbandingan waktu masing-masing algoritma	21
Tabel 3. Ragam Frekuensi yang terkandung.....	28
Tabel 4. Pengelompokan berdasarkan rentang frekuensi	29
Tabel 5. Jumlah potongan sinyal suara	36

Daftar Lampiran

Lampiran 1. Burung Anis Merah	44
Lampiran 2. Ayam Jago	48
Lampiran 3. Burung Cendet.....	50
Lampiran 4. Burung Ciblek.....	60
Lampiran 5. Burung Sirpu.....	63
Lampiran 6. Burung Cucak Ijo.....	64
Lampiran 7. Burung Cucak Rowo	66
Lampiran 8. Burung Dara	68
Lampiran 9. Burung Gagak.....	69
Lampiran 10. Burung Jalak Suren.....	70
Lampiran 11. Burung Gagak Pecalang	73
Lampiran 12. Jangkrik	74
Lampiran 13. Burung Kacer Sumatera.....	75
Lampiran 14. Burung Kenari	77
Lampiran 15. Kinjeng Tangis	83
Lampiran 16. Katak.....	84
Lampiran 17. Burung Kutilang	85
Lampiran 18. Burung Cinta (<i>Love Bird</i>)	88
Lampiran 19. Burung Mozambik	91
Lampiran 20. Burung Murai Batu	93
Lampiran 21. Orong-orong	97
Lampiran 22. Burung Pentet	98
Lampiran 23. Burung Perkutut.....	106
Lampiran 24. Burung Pleci	109
Lampiran 25. Burung Puter.....	111
Lampiran 26. Tokek	112
Lampiran 27. Walang Kecek.....	113

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

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. Pada perkembangan zaman, kebutuhan pangan semakin meningkat mengingat populasi manusia yang semakin meningkat pula. 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. Dengan situasi tersebut, maka diperlukan upaya penangulangan untuk mendapatkan hasil produksi yang 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. Penelitian-penelitian dewasa ini terus digencarkan untuk mengatasi masalah produksi hasil pangan. Hal ini sebanding dengan perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) yang sangat pesat. 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.

Telah ada penelitian terdahulu mengenai pengaruh suara dari beberapa binatang alamiah terhadap pertumbuhan dan produktivitas berbagai tanaman. Hasil yang didapat adalah peningkatan yang signifikan dari pertumbuhan dan produktivitas tanaman tertentu dengan frekuensi tertentu (Nur Kadarisman: 2012). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh salah satu dosen fisika FMIPA UNY Bapak Nur Kadarisman, M.Si. 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 yang dipaparkan 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%.

Penelitian *sonic bloom* ini telah gencar dilakukan oleh peneliti guna meningkatkan ketahanan pangan. 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)*.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas dapat diidentifikasi beberapa masalah, diantaranya:

1. Banyak sumber suara binatang alamiah yang belum dimanfaatkan dalam penilitian *sonic bloom*.

2. Penelitian *sonic bloom* masih menggunakan suara binatang termanipulasi pada *peak* frekuensi 3000 – 5000 Hz, bukan hasil klasifikasi berdasarkan ragam *peak* frekuensi yang terkandung dalam suara binatang alamiah.

C. Batasan Masalah

Karena banyaknya permasalahan yang terdapat pada kajian ini dan keterbatasan peneliti dalam melakukan penelitian, maka diperlukan batasan-batasan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Sumber suara yang digunakan adalah suara binatang alamiah jenis burung (Anis Merah, Cendet, Ciblek, Sirpu, Cucak Ijo, Cucak Rowo, Dara, Derkuku, Gagak, Jalak Suren, Gagak Pecalang, Kacer Sumatera, Kenari, Kutilang, Puter, *Lovebird*, Mozambic, Pentet, Murai Batu, Perkutut, Pleci), serangga (Kinjengtangis, Jangkrik, Walang Kecek, Orong-orong), Katak, Tokek, dan Ayam Jago.
2. Klasifikasi suara binatang dengan *peak* frekuensi berada diantara 3000 Hz – 5000 Hz.

D. Rumusan Masalah

Dari latarbelakang yang telah dipaparkan, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah spektrum *peak* frekuensi suara binatang alamiah khas Indonesia terutama beberapa jenis burung dan serangga?
2. Bagaimanakah 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?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Mengetahui ragam *peak* frekuensi suara binatang alamiah khas Indonesia terutama beberapa jenis burung dan serangga.
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.

F. Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dalam penelitian ini adalah:

1. Dapat dijadikan sebagai sumber bunyi alternatif stimulator pertumbuhan dan produktivitas tanaman.
2. Dapat dijadikan acuan penelitian selanjutnya terkait warna bunyi (*timbre*), manipulasi bunyi, taraf intensitas bunyi untuk penerapan teknologi *smart growth sonic bloom*.
3. Bagi para mahasiswa, penelitian ini dapat memberikan pengetahuan tentang ilmu fisika khususnya gelombang bunyi untuk diterapkan pada bidang biologi dan pertanian. Hal ini dapat menggambarkan bahwa ilmu fisika sangat luas dan dapat berguna bagi masyarakat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Teknologi Audio Bio Harmonik/ *Sonic Bloom*

Audio Bio Harmonik/ *Sonic Bloom* merupakan penerapan teknologi gelombang suara dengan rentang frekuensi 3000 Hz – 5000 Hz bersama pemupukan daun yang diberikan pada tanaman untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas serta mutu hasil tanaman pangan. Rentang frekuensi tersebut menghasilkan suara yang serupa dengan suara kicauan burung yang mampu merangsang terbukanya stomata tanaman di pagi hari (Asrul, 2015). Konsep teknologi *sonic bloom* ini adalah paduan antara teknologi yang menggunakan gelombang suara dengan tingkat frekuensi tertentu guna mendorong peningkatan kegiatan fotosintesis tanaman melalui upaya pembukaan stomata yang lebih lebar, dengan pemberian nutrisi tertentu. Dengan stomata yang terbuka lebar, maka aktivitas fotosintesis akan semakin meningkat, sehingga ketika dilakukan penambahan nutrisi maka hasil fotosintesis menjadi maksimal (Yulianto dkk, 2005:27). Teknologi *Sonic Bloom* dapat mempercepat pertumbuhan tanaman baik tinggi maupun diameter batang tanaman. Teknologi *Sonic Bloom* yang diterapkan di Amerika pada tanaman *Black Walnut*, mempengaruhi pertumbuhan diameter batang yang mula-mula berkisar 0,51- 1,02 cm per tahun menjadi 2,12 cm per tahun. Tinggi batang terpengaruh 2 hingga 3 kali lipat lebih tinggi per tahunnya. Tanaman kedelai dengan dipaparkan *Sonic Bloom* dapat menghasilkan hingga 300 polong per tanaman (mengandung 27% protein) dengan normal produktivitas 30-35 polong per tanaman (mengandung 15% protein) (Dan Carlson, 2012). Nur Kadarisman (2012) mengungkapkan bahwa hasil yang tampak secara visual pertumbuhan dan

produktivitas tanaman pangan, yaitu sebagai efek pemberian energi suara akustik, berfrekuensi kompleks, serta dengan tingkat energi yang bervariasi. Jika pemakaiannya tepat, maka rangsangan suara ini mampu menstimulir metabolisma sel-sel tanaman. Akibatnya terjadi peningkatan penyerapan nutrisi dan uap air lewat daun. Efek yang paling menakjubkan adalah pertumbuhan serta produksi tanaman yang luar biasa.

Sonic Bloom dapat diaplikasikan pada semua jenis tanaman mulai dari tanaman semusim misalkan padi, palawija, bunga-bungaan hingga tanaman tahunan seperti kopi, kakao, karet, kelapa sawit, jati, merantim dan sebagainya. Dari berbagai jenis tanaman tersebut yang membedakan adalah frekuensi pemberian nutrisi *sonic bloom*nya. Meskipun demikian, bukan berarti *sonic bloom* bisa digunakan sembarangan. Jika hujan deras, teknologi itu pantang digunakan. Batang kacang-kacangan misalnya, bisa busuk bila saat hujan tetapi tetap dipupuk. Alat *sonic bloom* juga hanya bisa efektif disetel ketika suhu dilapangan antara (11-30) derajat celcius. Bila suhu lebih rendah dan *stomata* tetap terbuka, tanaman bisa membeku. Sebaliknya terlalu tinggi tanaman akan mengalami dehidrasi (Nurul Badri, 2005).

Penelitian mengenai teknologi *Sonic Bloom* semakin gencar dilakukan para peneliti guna meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas berbagai tanaman pangan. Di Indonesia sendiri telah banyak peneliti yang menerapkan teknologi sonic bloom, salah satunya pada tanaman kentang, kacang kedelai, kacang tanah, kacang babi yang dilaksanakan pada tahun 2010 di Dieng, Kabupaten Wonosobo. Perlakuan pada setiap jenis tanaman kacang kedelai, kacang tanah, dan kacang babi dengan menggunakan Audio Bio Harmonik (terapan sonic bloom) dengan variasi suara binatang yang telah disintesa frekuensinya mampu mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman

(Kadarisman dkk, 2011:1-5). *Sonic Bloom* dapat diaplikasikan pada semua jenis tanaman mulai dari tanaman semusim misalkan padi, palawija, bunga-bungaan hingga tanaman tahunan seperti kopi, kakao, karet, kelapa sawit, jati, merantim dan sebagainya. Dari berbagai jenis tanaman tersebut yang membedakan adalah frekuensi pemberian nutrisi *sonic bloom*nya. Untuk tanaman semusim biasanya diaplikasi setiap (7-10) hari sekali. Untuk tanaman keras/tahunan aplikasinya cukup satu bulan satu kali penyemprotan dengan dosis (2-4) cc/liter air tergantung dari jenis tanamannya.

Meskipun demikian, bukan berarti *sonic bloom* bisa digunakan sembarangan. Jika hujan deras, teknologi itu pantang digunakan. Batang kacang-kacangan misalnya, bisa busuk bila saat hujan tetapi tetap dipupuk. Alat *sonic bloom* juga hanya bisa efektif disetel ketika suhu dilapangan antara (11-30) derajat celcius. Bila suhu lebih rendah dan *stomata* tetap terbuka, tanaman bisa membeku. Sebaliknya terlalu tinggi tanaman akan mengalami dehidrasi (Nurul Badri, 2005).

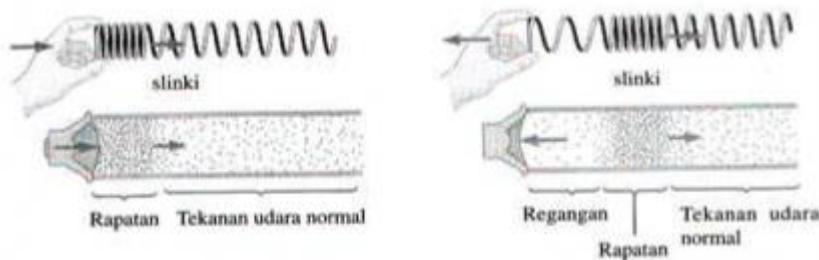
Pemaparan suara binatang alamiah teknologi *Sonic Bloom* menggunakan beberapa *peak* frekuensi yang masih masuk dalam rentang frekuensi 3000-5000 Hz. Teknologi tepat guna Audio Bio Harmonik menggunakan *smart chip* WT5001 mengambil *peak* frekuensi 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz untuk penerapan teknologi *sonic bloom* (Restiana, 2016). Sebelum men-drive file suara, diperlukan klasifikasi *peak* frekuensi mana saja yang masuk dalam rentang frekuensi *Sonic Bloom* sehingga lebih mudah menyeleksi dan mendapatkan data suara sesuai dengan *peak* frekuensi yang dibutuhkan.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nur Kadarisman dkk (2012), pembuatan teknologi tepat guna Audio Bio Harmonik/ *Sonic Bloom* diawali dengan

menganalisis suara dengan menggunakan algoritma *Fourier Transform*. Analisis ini berguna untuk meng-klasifikasi *peak-peak* frekuensi suara binatang yang masih berada pada rentang frekuensi *sonic bloom*.

B. Gelombang Bunyi

Pengelompokan gelombang menurut arah getar relatif terhadap arah perambatan gelombang, dibedakan menjadi 2, yaitu gelombang longitudinal dan gelombang transversal. Gelombang longitudinal memiliki arah getar sejajar dengan arah perambatannya, dan ditampilkan oleh adanya regangan dan rapatan. Contoh gelombang ini adalah gelombang bunyi dan gelombang pegas. Satu gelombang longitudinal disusun oleh 1 regangan dan 1 rapatan. Bentuk gelombang bunyi dapat diilustrasikan seperti getaran pada slinki.



Gambar 1. Ilustrasi gelombang bunyi

Getaran selaput atau diafragma suatu pengeras suara bergerak radial keluar memampatkan atau merapatkan udara yang ada di depannya. Pemampatan ini menyebabkan tekanan udara di depannya menjadi lebih besar daripada tekanan normal. Daerah dengan tekanan udara yang lebih besar ini disebut rapatan. Setelah menghasilkan rapatan, diafragma membalik arah gerakan menjadi radial ke dalam dan menghasilkan suatu daerah yang dikenal sebagai regangan. Regangan menyebabkan

tekanan udara lebih kecil daripada tekanan normal. Rapatan dan regangan pada peristiwa pengeras suara ini mirip dengan daerah rapatan dan regangan pada kumparan-kumparan dalam gelombang longitudinal pada slinki (Galuh Kemala, 2012).

Persamaan gelombang longitudinal biasa dinyatakan dalam persamaan gelombang transversal karena bagian gelombang longitudinal ekuivalen dengan bentuk gelombang transversal. Secara umum persamaan gelombang adalah sebagai berikut:

$$Y = \pm A \sin(\omega t \pm kx) \quad (1)$$

Y= merupakan simpangan gelombang (m)

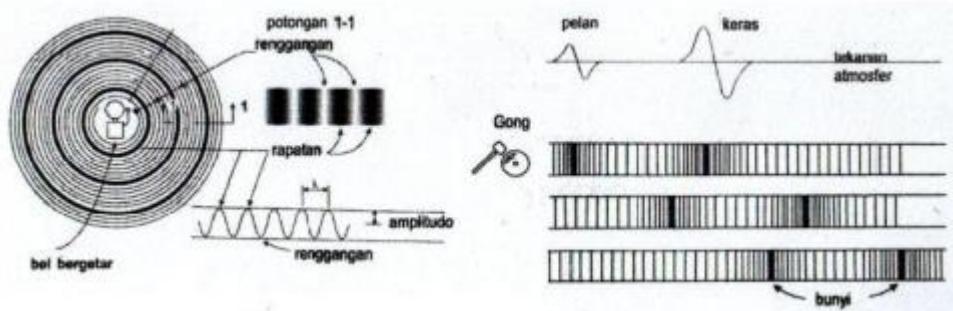
A= amplitudo gelombang (m)

x = jarak terhadap titik asal (m)

$\omega = 2\pi f$; $k = 2\pi/\lambda$

Bunyi (*sound*) adalah sebuah gelombang longitudinal dalam suatu medium. Gelombang bunyi dapat merambat melalui medium gas, cair dan padat. Gelombang bunyi ini merupakan getaran molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi perpindahan partikel (Halliday, 1992). Banyak yang menganggap bahwa bunyi dan suara adalah hal yang sama, tapi pada kenyataannya bunyi dan suara adalah hal yang berbeda jauh. Bunyi merupakan gelombang mekanis jenis longitudinal yang merambat, sedangkan suara adalah bunyi yang dihasilkan oleh makhluk hidup atau benda yang dianggap hidup. Contohnya, pada benda mati: bunyi ledakan bom dan bunyi guntur. Adapun contoh makhluk hidup (suara penyanyi) dan benda yang dianggap hidup (suara deru mobil, atau suara daun-daun yang berbisik).

Sumber bunyi merupakan benda yang bergetar. Bunyi bisa kita dengar sebab getaran benda sebagai sumber bunyi itu menggetarkan udara di sekitarnya dan melalui medium udara bunyi merambat sampai ke gendang telinga. Pada dasarnya sifat gelombang bunyi merupakan variasi tekanan udara secara periodik di sepanjang lintasan perambatannya. Gelombang bunyi yang paling sederhana adalah gelombang sinusoidal, yang mempunyai frekuensi, amplitudo, dan panjang gelombang tertentu.



Gambar 2. Peristiwa bunyi dan perambatannya (sumber: Stein, 1986)

1. Frekuensi

Frekuensi adalah jumlah osilasi partikel medium yang terjadi dalam setiap detik yang diukur dalam satuan cps (cycle per second) atau Hertz (Hz) (Heru Kuswanto, 2012). Frekuensi bunyi juga dapat diartikan sebagai banyaknya gelombang dalam satu satuan waktu. Pengelompokan bunyi dikelompokkan dalam 3 rentang frekuensi sebagai berikut:

a. *Infrasonic*

Bunyi/ suara yang memiliki nilai frekuensi antara 0 - 16 Hz, maka suara tersebut tergolong kedalam *Infrasonic* dan tidak dapat didengar oleh telinga manusia karena biasanya ditimbulkan oleh getaran tanah dan bangunan.

b. *Sonic*

Bila gelombang bunyi/ suara memiliki nilai frekuensi berada diantara 16 Hz-20.000 Hz, maka bunyi tersebut dapat ditangkap oleh telinga manusia dan masuk kedalam kategori *Sonic*.

c. *Ultrasonic*

Gelombang bunyi/ suara dengan nilai frekuensi lebih dari 20.000 Hz termasuk ke dalam *ultrasonic*. Frekuensi di atas 20.000 Hz sering juga digunakan dalam bidang kedokteran, seperti untuk penghancuran batu ginjal, pembedahan katarak karena dengan frekuensi yang tinggi bunyi mempunyai daya tembus jaringan cukup besar. (Cholidah, 2006).

2. Intesitas dan Taraf Intensitas

Gelombang bunyi berjalan, seperti semua gelombang berjalan lainnya, memindahkan energi dari satu daerah ke daerah ruang lainnya. Kita mendefinisikan intensitas sebuah gelombang (yang dinyatakan oleh I) sebagai laju rata-rata terhadap waktu pada saat energi diangkut oleh gelombang itu, persatuan luas, menyebrangi permukaan yang tegak lurus terhadap arah perambatan. Ini berarti intensitas I adalah daya rata-rata per satuan luas (Young & Freedman, 2003: 63).

Ditinjau gelombang bunyi yang melewati sebuah elemen luasan dA , dan berarah normal pada luasan itu, di elemen itu daya bunyi adalah dP , sehingga intensitas bunyi di elemen luasan itu (I , yang bersatuan watt/m²), dinyatakan:

$$I = \frac{dP}{dA} \quad (2)$$

Untuk memudahkan pernyataan tentang satuan kerasnya bunyi, didefinisikan “satuan baru” yang tidak berdimensi disebut taraf intensitas (TI). TI ini diperoleh

dengan membandingkan intensitas bunyi itu (I) terhadap intensitas ambang bawahnya (I_0) dalam bentuk:

$$TI = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad (3)$$

Satuan dari TI adalah dB (desibel) dan satuan ini digunakan khusus untuk TI . Berhubung satuan dB tidak berdimensi sehingga tidak dapat dialihragamkan ke sistem satuan lain, baik SI maupun sistem satuan British.

Bunyi merupakan sesuatu yang dapat kita dengar. Banyak sekali macam bunyi yang dapat didengar oleh telinga kita, mulai dari bunyi bising yang membuat kita tidak nyaman hingga bunyi yang membuat kita terhibur bahkan bisa membuat merasa tenang.

3. Resonansi bunyi

Resonansi bunyi adalah peristiwa bergetarnya suatu sistem fisis yang diakibatkan oleh sistem fisis lain yang bergetar dengan frekuensi tertentu (Tipler, 1998). Resonansi sangat bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, resonansi bunyi pada kolom udara dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan bunyi. Contoh dari peristiwa resonansi bunyi adalah sebuah garpu tala yang digetarkan pada tabung.

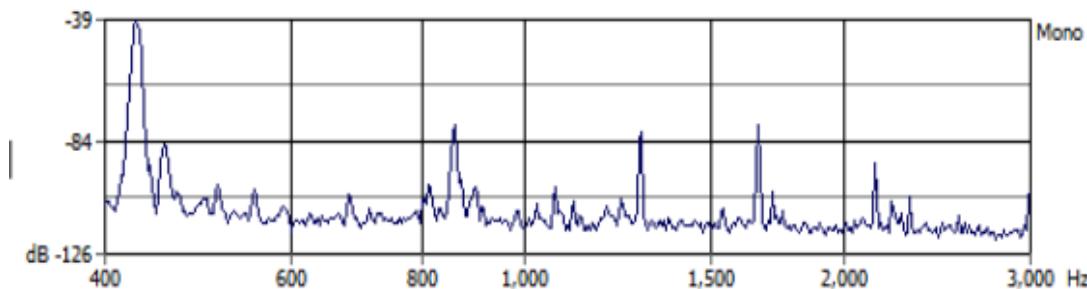


Gambar 3. Resonansi bunyi dua garputala

Jika garputala dipukul, garputala tersebut akan bergetar. Frekuensi bunyi yang dihasilkan bergantung pada bentuk, besar, dan bahan garputala tersebut.

4. Timbre

Timbre atau yang disebut sebagai warna bunyi merupakan karakter spektrum frekuensi dan magnitudo/ amplitudo suatu bunyi. Timbre menunjukkan kualitas suara dari suatu sumber suara atau instrumen musik (Nugraha, 2008: 132). Sumber-sumber bunyi dengan frekuensi dasar sama, belum tentu memiliki karakter spektrum warna bunyi yang sama. Hal ini disebabkan karena frekuensi-frekuensi tambahan yang dibawa tidak sama antara satu sama lain.



Gambar 4. Timbre Wilahan 1 Saron Ricik gamelan Naga Wilaga (sumber: Heru Kuswanto dkk, 2011)

Gambar di atas menunjukkan karakteristik suara Wilahan 1 Saron Ricik Gamelan Naga Wilaga dari Keraton Ngayogyakarta Hadiningrat. Kandungan *peak* frekuensi pada wilahan tersebut antara lain 428, 461, 513, 558, 682, 811, 903, 1069, 1289, 1660, 1721, 2149, dan 2319 Hz dengan frekuensi fundamental 428 Hz (Heru Kuswanto dkk, 2011). Setiap instrumen musik mempunyai warna suara yang berbeda-beda meskipun nadanya sama. Misalnya nada A pada gitar, piano, dan harpa mempunyai frekuensi fundamental 440 Hz, tetapi jika dibunyikan menghasilkan suara

yang berbeda (Agus Eko P. dkk, 2009). Suatu sumber bunyi memiliki ciri khas warna suara yang mengandung komponen-komponen penyusun sinyal suara atau bunyi. Komponen-komponen tersebut meliputi: frekuensi, amplitudo, jumlah harmonik, dan fase tiap-tiap frekuensi.

C. Analisis Sinyal Suara

Analisis sinyal suara digunakan untuk mengetahui karakteristik suatu sistem fisis yang terkandung pada suara tersebut. Parameter-parameter penyusun suatu sinyal suara dapat berupa frekuensi, amplitudo, intensitas, pergeseran fasa, dll. Untuk meng-ekstrak masing-masing parameter dibutuhkan algoritma yang sesuai untuk menganalisis sinyal suara tersebut. Pada era teknologi saat ini, program komputasi sangat membantu dalam penyelesaian analisis sinyal suara. Beberapa *software* pembuat program dapat digunakan untuk meng-ekstrak komponen-komponen sinyal suara seperti MATLAB®, octave, spectra, dll. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis sinyal suara adalah *Fast Fourier Transform (FFT)*. Algoritma ini sangat membantu dalam hal mengetahui ragam *peak* frekuensi yang terkandung dalam sinyal suara, sehingga dapat mempermudah untuk mendapatkan spektrum suara dalam domain frekuensi.

1. Transformasi Fourier

Suatu sinyal suara dianalisis dalam domain frekuensi akan lebih mudah, karena frekuensi merupakan besaran yang paling menentukan dalam suatu sinyal suara. Untuk mengubah sinyal suara dalam bentuk domain waktu ke domain frekuensi dapat menggunakan metode Transformasi Fourier. Transformasi Fourier didefinisikan sebagai:

$$x(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi ft} dt = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\cos(2\pi ft)dt - j \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\sin(2\pi ft)dt$$

(4)

Dimana:

$x(f)$: sinyal dalam domain frekuensi

$x(t)$: sinyal dalam domain waktu

Persamaan (1) merupakan persamaan yang digunakan untuk mentransformasikan sinyal dalam domain waktu ke dalam domain frekuensi dengan mencari koefisien Fourier dari persamaan berikut:

$$X_k = \frac{1}{T_0} \int_{T_0} x(t)e^{-jk\omega_0 t} dt \quad (5)$$

Dimana ω_0 merupakan frekuensi fundamental $\frac{2\pi}{T_0}$ dalam radian per sekon, dengan $f_0 = \frac{1}{T_0}$ adalah frekuensi fundamental dalam Hz dan k adalah indeks dengan nilai $-\infty < k < \infty$ (Li Tan, 2008: 89).

a. *Discrete Fourier Transform (DFT)*

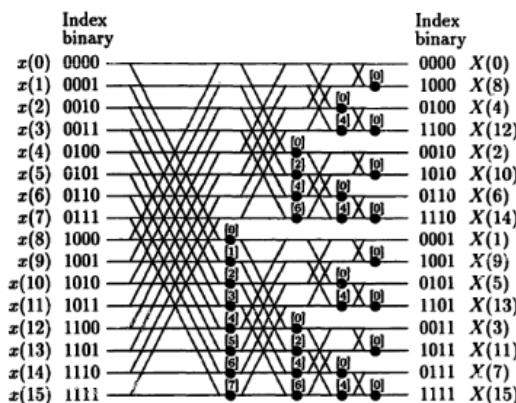
Discrete Fourier Transform (DFT) digunakan untuk menentukan komponen-komponen sinus dan cosinus dari suatu gelombang periodic. Suatu gelombang $x(t)$ dicuplik/ *disampling* dalam N kali pada interval-interval $t_0 = 0; t_1 = T; t_2 = 2T; \dots; t_k = kT; \dots; t_{N-1} = (N-1)T$. Dengan menggunakan notasi $x(k) = x(t_k)$, maka DFT dari x_k didefinisikan sebagai:

$$X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k)e^{-j2\pi nk/N} \quad (6)$$

Persamaan (3) menyatakan bahwa DFT merupakan metode yang berguna untuk menentukan amplitude dan komponen-komponen frekuensi harmonic ke-n suatu sinyal periodic atau merupakan koefisien-koefisien deret Fourier (Sugeng, 2009).

b. *Fast Fourier Transform (FFT)*

Alternatif lain untuk menghitung DFT adalah menggunakan algoritma “cepat” yang dikenal dengan *Fast Fourier Transform (FFT)*. Algoritma ini mempunyai waktu yang lebih cepat untuk menghitung DFT. 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.



Gambar 5. Diagram kupu-kupu radix-2 FFT (sumber: S. L. Johnsson and Robert L. K., 1992)

Begitupula dengan FFT Radix-4 yang merupakan hasil bagi dua Radix-2, Radix-8 merupakan hasil bagi dua Radix-4, dan seterusnya. Hal tersebut merupakan indikasi bahwa FFT akan menjadi sangat efisien jika panjang vektor merupakan bilangan 2 (dua) pangkat. Berikut tabel perbandingan jumlah operasi perkalian antara DFT dan FFT.

Tabel 1. Perbandingan jumlah operasi perkalian antara DFT dan FFT

2^n	Direct Arithmetic	FFT	Increase in speed
4	16	8	2.0
8	84	24	2.67
16	256	64	4.0
32	1024	160	6.4
64	4096	384	10.67
128	16384	896	18.3
256	65536	2048	32.0
512	262144	4608	56.9
1024	1048576	10240	102.4

Berawal dari DFT- N data,

$$X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k)e^{-j2\pi nk/N} \quad (7)$$

Berikutnya, x_k dipilah menjadi genap dan gasal, maka persamaan (4) menjadi

$$\begin{aligned} X(n) &= \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} x(2k)e^{-j2\pi n(2k)/N} + \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} x(2k+1)e^{-j2\pi n(2k+1)/N} \\ &= \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} x(2k)e^{-j2\pi n(2k)/N} + e^{-j2\pi n/N} \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} x(2k+1)e^{-j2\pi n(2k)/N} \end{aligned} \quad (8)$$

Dengan mendefinisikan $W_N = e^{-j2\pi/N}$ maka persamaan (5) menjadi

$$X(n) = \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} x(2k)W_N^{2kn} + W_N^n \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} x(2k+1)W_N^{2kn} \quad (9)$$

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

$$X(n) = \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} x(2k)W_{\frac{N}{2}}^{kn} + W_N^n \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} x(2k+1)W_{\frac{N}{2}}^{kn} \quad (10)$$

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

$$\begin{aligned} X(n+N/2) &= \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} x(2k)W_{\frac{N}{2}}^{k(n+\frac{N}{2})} + W_N^{(n+\frac{N}{2})} \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} x(2k+1)W_{\frac{N}{2}}^{k(n+\frac{N}{2})} \\ &= \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} x(2k)W_{\frac{N}{2}}^{kn} - W_N^n \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} x(2k+1)W_{\frac{N}{2}}^{kn} \end{aligned} \quad (11)$$

Persamaan (10) dan (11) merupakan *FFT radix-2 Decimation in Time* (DIT) yang mana *sequence* data dipilah menjadi dua bagian menjadi genap dan gasal 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

$$\begin{aligned} X(n) &= \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k)W_N^{4kn} + W_N^n \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k+1)W_N^{4kn} + W_N^{2n} \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k+2)W_N^{4kn} \\ &\quad + W_N^{3n} \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k+3)W_N^{4kn} \end{aligned} \quad (12)$$

Kemudian domain frekuensi juga dibagi empat, maka persamaan (12) menjadi

$$\begin{aligned}
X(n + N/4) = & \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k)W_N^{4kn} \\
& + W_N^{(n+\frac{N}{4})} \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k+1)W_N^{4kn} + W_N^{2(n+\frac{N}{4})} \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k+2)W_N^{4kn} \\
& + W_N^{3(n+\frac{N}{4})} \sum_{k=0}^{\left(\frac{N}{4}\right)-1} x(4k+3)W_N^{4kn}
\end{aligned} \tag{13}$$

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

$$X\left(n + \alpha \frac{N}{p}\right) = \sum_{k=0}^{p-1} W_N^{kn} W_p^{k\alpha} \left(\sum_{l=0}^{\frac{N}{p}-1} x(pl+k) W_{\frac{N}{p}}^{ln} \right) \tag{14}$$

Dimana

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

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

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).

Adapun perbandingan waktu masing-masing algoritma sebagai berikut:

Tabel 2. Perbandingan waktu masing-masing algoritma

N o.	Algoritma	waktu (detik)			
		Kel as	N=fs=64	N=fs=512	
			f1=10; f2=20(Hz)	f1=100; f2=200(Hz)	
1	DFT		0,907	43,875	530,406
2	FFT DIT Radix	2	0,125	3,063	24,032
		4	0,047	0,734	13,547
		8	0,093	1,078	15,969
		16	0,218	1,25	15,485
		32	0,86	1,782	16,093
		64	3,453	6,016	20,531
3	FFT fungsi program MATLAB		0,032	0,14	3,469

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian
 - a. Perekaman suara-suara binatang dilakukan pada bulan Mei 2017 hingga bulan Desember 2017.
 - b. Analisis ragam *peak* frekuensi dilakukan pada bulan Desember 2017 hingga Februari 2018.
2. Tempat Penelitian
 - a. Perekaman suara burung 90% direkam di Pasar Satwa dan Tanaman Yogyakarta (PASTY), Kabupaten Bantul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, untuk suara serangga dan lainnya diambil di daerah Purworejo.
 - b. Laboratorium Getaran dan Gelombang Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.

B. Subjek dan Objek Penelitian

1. Subjek Penelitian

Subjek yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Burung: Anis Merah, Ayam Jago, Cendet, Ciblek, Sirpu, Cucak Ijo, Cucak Rowo, Dara, Derkuku, Gagak, Jalak Suren, Gagak Pecalang, Kacer Sumatera, Kenari, Kutilang, Puter, *Lovebird*, Mozambic, Pentet, Murai Batu, Perkutut, dan Pleci.
- b. Serangga: Kinjengtangis, Jangkrik, Walang Kecek, dan Orong-orong.

- c. Katak dan Tokek.
2. Objek Penelitian

Objek Penelitian pada penelitian ini adalah Ragam *Peak* Frekuensi suara burung (Anis Merah, Ayam Jago, Cendet, Ciblek, Sirpu, Cucak Ijo, Cucak Rowo, Dara, Derkuku, Gagak, Jalak Suren, Gagak Pecalang, Kacer Sumatera, Kenari, Kutilang, Puter, *Lovebird*, Mozambic, Pentet, Murai Batu, Perkutut, Pleci), serangga (Kinjengtangis, Jangkrik, Walang Kecek, Orong-orong), katak, dan Tokek.

C. Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis binatang yang direkam suaranya.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrum sinyal suara dan ragam *peak* frekuensi asli binatang alamiah.

3. Variabel Kontrol

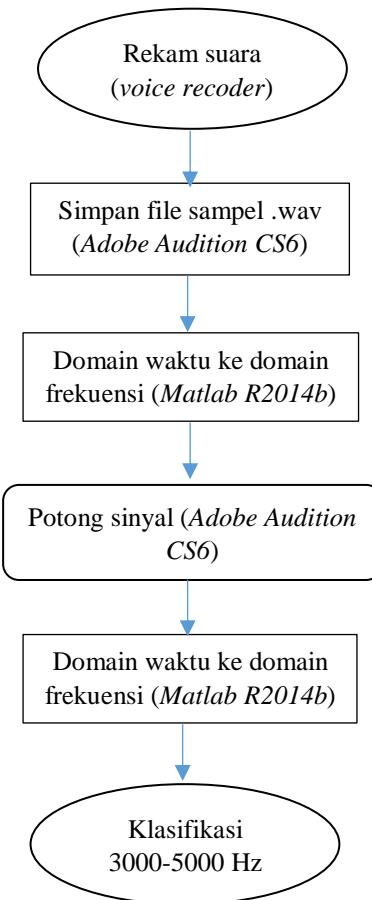
Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai *peak* frekuensi sumber suara berada pada *peak* frekuensi 3000Hz-5000Hz.

D. Langkah Kerja dan Intrumen yang Digunakan

Adapun langkah kerja dan instrumen-instrumen yang digunakan antara lain:

1. Merekam suara asli berbagai jenis binatang alamiah dengan beberapa kali perekaman menggunakan *voice recorder* digital.

2. Mengambil suara binatang dan menyimpan file suara dalam format .wav menggunakan software audio *Adobe Audition CS6*.
3. Menganalisis file suara dalam domain waktu untuk diubah kedalam domain frekuensi menggunakan program *Matlab 2014b (32-bit)* algoritma FFT.
4. Memotong suara asli binatang alamiah menjadi beberapa bagian suara/kicauan dan menyimpan file dalam format .wav menggunakan software audio *Adobe Audition CS6*.
5. Menganalisis nilai *peak* frekuensi sinyal suara hasil pemotongan menggunakan algoritma FFT pada program *Matlab R2014b (32-bit)*.



Gambar 6. Diagram alir proses klasifikasi suara binatang alamiah

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

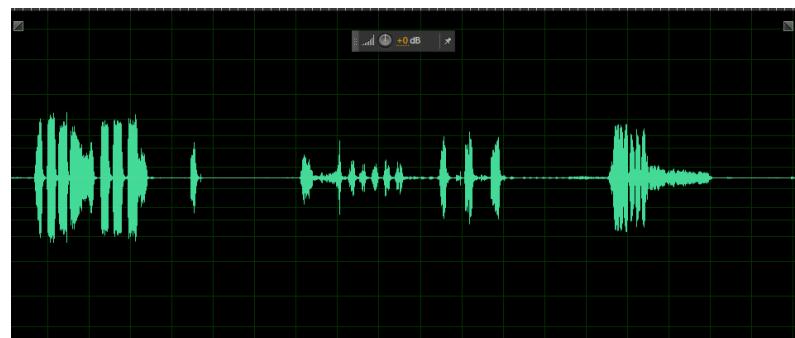
A. Hasil Perekaman dan Analisis Spektrum Suara Binatang Alamiah

Dalam proses perekaman, suara di rekam berulang kali dan *voice recorder digital* ditempatkan pada jarak dekat 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.



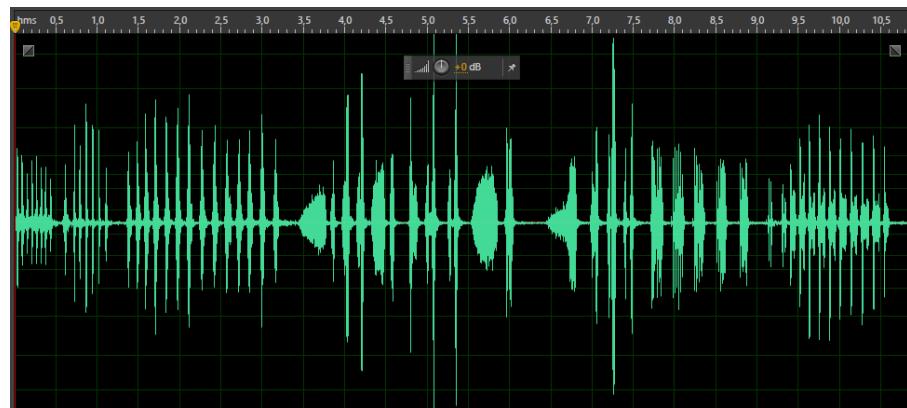
Gambar 7. Suara hasil rekaman penuh burung Anis Merah

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.



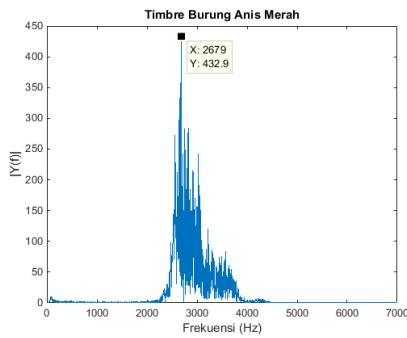
Gambar 8. Sampel sinyal suara burung Anis Merah

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. Sebagai contoh adalah burung Anis Merah yang memiliki karakter suara antara lain: “cuit” “cuit” “cuit” “cuit” “cek” “cek” “cek” “tuirr”. Suara burung Anis Merah tersebut tentunya berbeda karakternya dibandingkan dengan suara kicauan burung lainnya seperti burung Cendet yang memiliki suara “kur” di dalamnya.



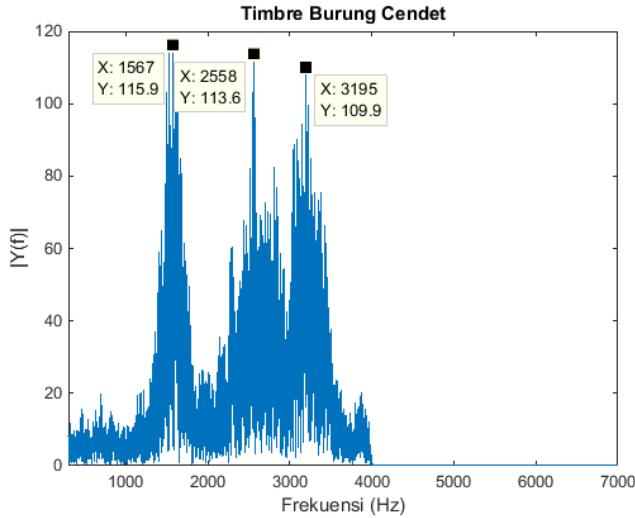
Gambar 9. Sinyal suara burung Cendet

Untuk bentuk sinyal suara binatang lainnya dapat dilihat pada lampiran. 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 Anis Merah.



Gambar 10. Timbre burung Anis Merah

Gambar 10 merupakan grafik hasil analisis *peak* frekuensi asli dari suara burung Anis Merah. Pada grafik, *peak* frekuensi dominan menunjukkan angka 2.679 Hz. Grafik timbre di atas menunjukkan suara burung Anis Merah memiliki *peak* frekuensi berada antara 2.100 Hz sampai dengan 4.000 Hz.



Gambar 11. Timbre sinyal suara burung Cendet

Ragam *peak* frekuensi suara burung Cendet berada diantara 1.000 Hz hingga 4.000 Hz. Jika dibandingkan, lebar pita frekuensi sinyal suara burung Cendet lebih lebar dari lebar pita frekuensi sinyal suara burung Anis Merah. Hal ini dikarenakan keragaman karakter kicauan Burung Cendet lebih banyak dibandingkan dengan

kicauan 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 bunyi yang dinyatakan oleh Halliday (1992) dalam bukunya.

Berikut tabel yang menunjukkan ragam *peak* frekuensi yang terkandung pada rentang *peak* frekuensi tertentu:

Tabel 3. 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 (<i>Love Bird</i>)	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 sebagaimana ditampilkan pada tabel 5. Untuk mengetahui *peak-peak* frekuensi yang terkandung, suara kemudian dipotong menjadi beberapa bagian sesuai dengan jumlah kicauan.

Tabel 4. Pengelompokan berdasarkan rentang frekuensi

Sumber Suara	Ragam Frekuensi (Hz)						Frekuensi <i>Sonic Bloom</i> (Hz)
	1- 1000	1001- 2000	2001- 3000	3001- 4000	4001- 5000	5001- 6000	
Burung Anis Merah 	-	-	√	√	-	-	√

Ayam Jago		✓	✓	-	-	-	-	-
Burung Cendet		-	✓	✓	✓	-	-	✓
Ciblek		-	-	✓	✓	-	-	✓
Burung Sirpu		✓	-	✓	-	-	-	-
Burung Cucak Ijo		-	-	✓	-	-	-	✓

Burung Cucak Rowo	-	√	√	-	-	-	-
Burung Dara	√	-	-	-	-	-	-
Burung Gagak	-	√	-	-	-	-	-
Burung Jalak Suren	-	-	√	√	-	√	√
Gagak Pecalang	-	-	√	-	-	-	√

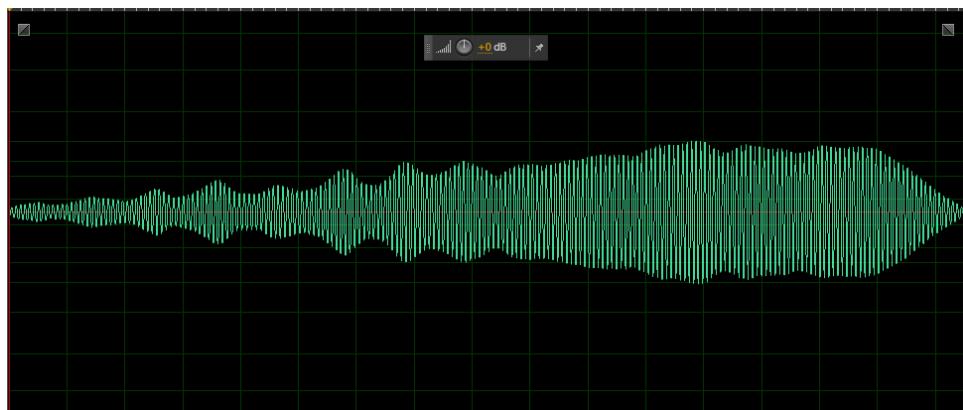
Jangkrik		-	-	-	-	✓	-	✓
Burung Kacer Sumatera		-	-	✓	✓	-	-	✓
Burung Kenari		-	-	-	✓	-	-	✓
Kinjeng Tangis		-	-	-	-	-	✓	✓
Katak		-	✓	-	-	-	-	-

Burung Kutilang		-	-	✓	✓	-	-	✓
Love Bird		-	-	-	✓	✓	✓	✓
Burung Mozambik		-	-	✓	✓	-	-	✓
Burung Murai Batu		-	✓	✓	✓	-	-	✓
Orong-orong		-	-	✓	-	-	-	✓

Burung Pentet	-	-	√	√	-	-	√
Burung Perkutut	√	√	-	-	-	-	-
Burung pleci	-	-	√	√	-	-	√
Burung Puter	√	-	-	-	-	-	-
Tokek	√	√	-	-	-	-	-
WalangKecek	-	-	-	-	-	√	-

B. 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. Pada contoh sinyal suara burung Anis Merah dipotong masing-masing suara kicauan yang mempunyai waktu 0,086 detik; 0,111 detik; 0,105 detik; 0,288 detik; 0,119 detik; 0,111 detik; 0,228 detik; 0,031 detik; 0,035 detik; 0,120 detik; 0,016 detik; 0,016 detik; 0,042 detik; 0,041 detik; 0,045 detik; 0,104 detik; 0,206 detik; 0,198 detik; 0,775 detik.



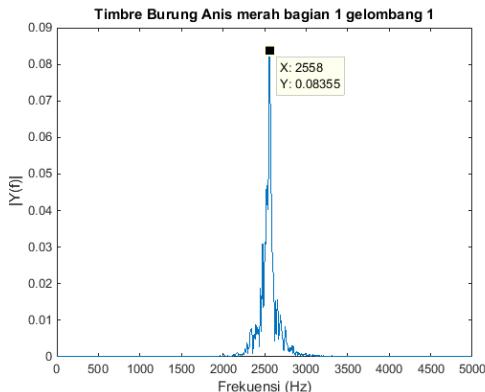
Gambar 12. Sinyal suara kicauan burung Anis Merah 0,086 detik

Gambar di atas merupakan contoh bentuk sinyal suara yang telah dipotong, yakni suara bagian dari kicauan burung Anis Merah yang memiliki panjang waktu 0,086 detik. Setelah dipotong, kemudian file disimpan dalam folder dengan format .wav untuk kemudian dianalisis *peak* frekuensinya. Beberapa suara rekaman menghasilkan beberapa potongan seperti tertampil pada tabel 3.

Tabel 5. 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 dengan koordinat x sebagai frekuensi dan koordinat y sebagai magnitudo.



Gambar 13. Timbre suara kicauan burung Anis Merah 0,346-0,432 detik

Gambar 13 merupakan bentuk timbre suara kicauan burung Anis Merah yang dipotong pada panjang sinyal domain waktu 0,086 detik. *Peak* frekuensi menunjukkan nilai 2.558 Hz dengan lebar pita frekuensi 2.300-2.800 Hz. Hal ini menunjukkan bahwa suara kicauan yang terjadi memiliki *peak* frekuensi dominan 2.558 Hz yang bergetar menyinggung *peak* frekuensi disekitarnya selebar 200-300 Hz.

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).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa:

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).

B. Saran

Dalam penelitian ini terdapat kekurangan, sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini. Oleh karena itu penulis memberikan saran 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 Diferensial Dijital 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 Kemala Sari Gunawan. 2012. *Ketepatan Taraf Intensitas Bunyi "Garengpung" (Dundubia manifera) Termanipulasi pada Peak Frekuency (3,01±0,03)10³ 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 (Lycopersicum 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 Amiq 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.

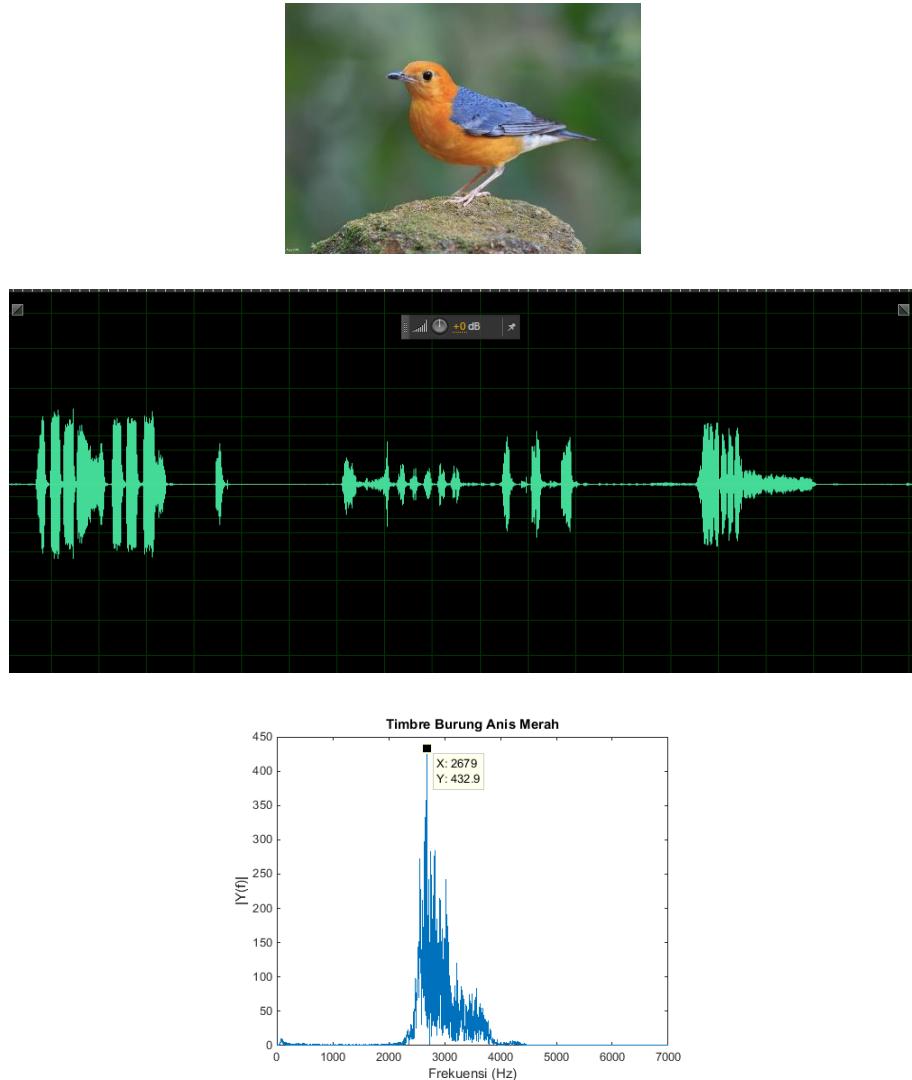
Riyanto, S., Agus Purwanto, Supardi. 2009. *Algoritma Fast Fourier Transform (FFT) Decimation In Time (DIT) Dengan Resolusi 1/10 Hertz*. Prosiding dalam Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA. Yogyakarta: FMIPA UNY.

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.

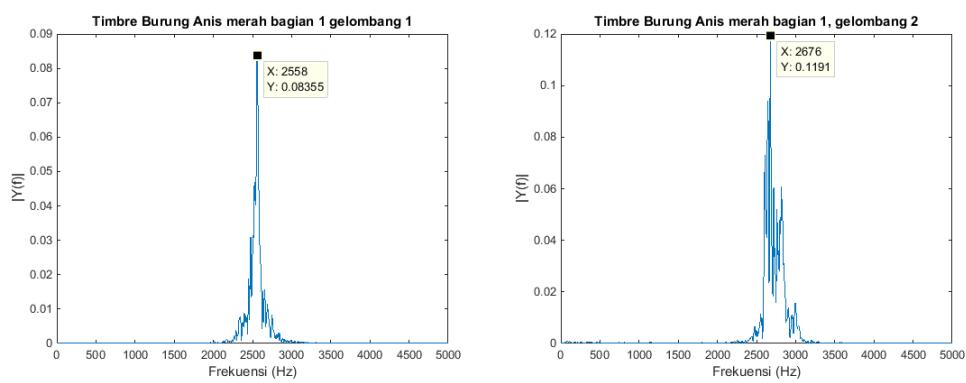
©1994-2017 The MathWorks, Inc. Fast Fourier Transform.
<https://www.mathworks.com>.

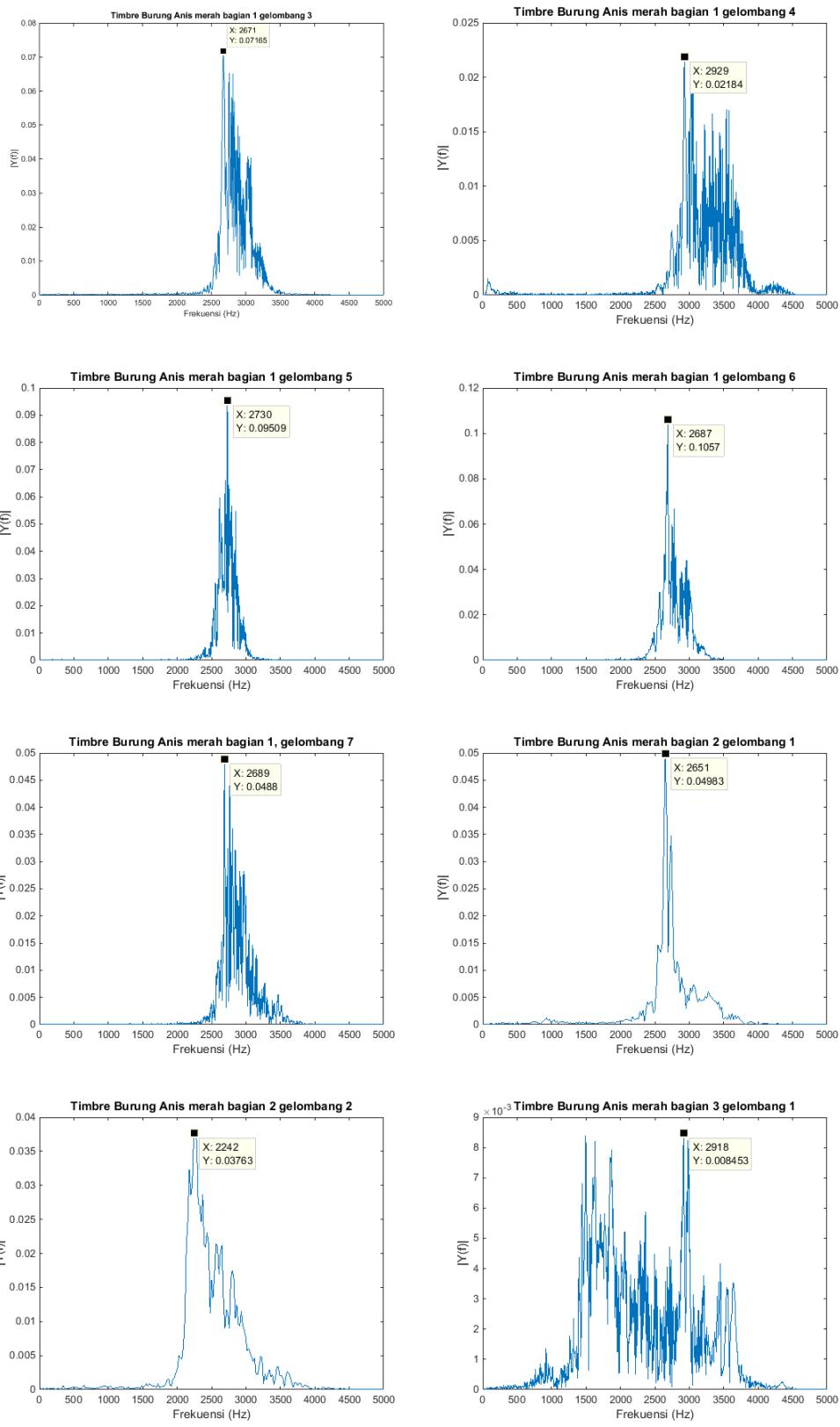
LAMPIRAN

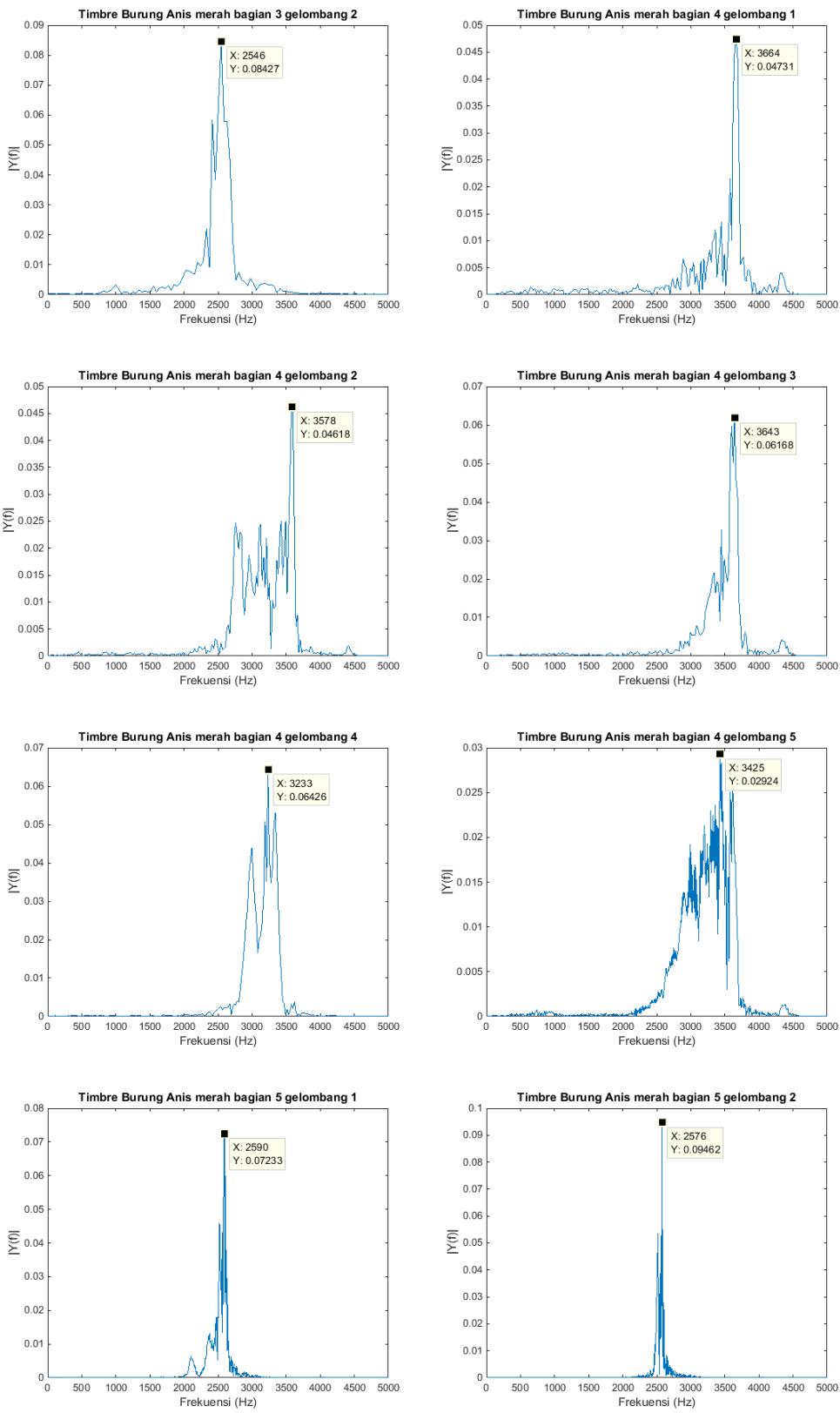
Lampiran 1. Burung Anis Merah

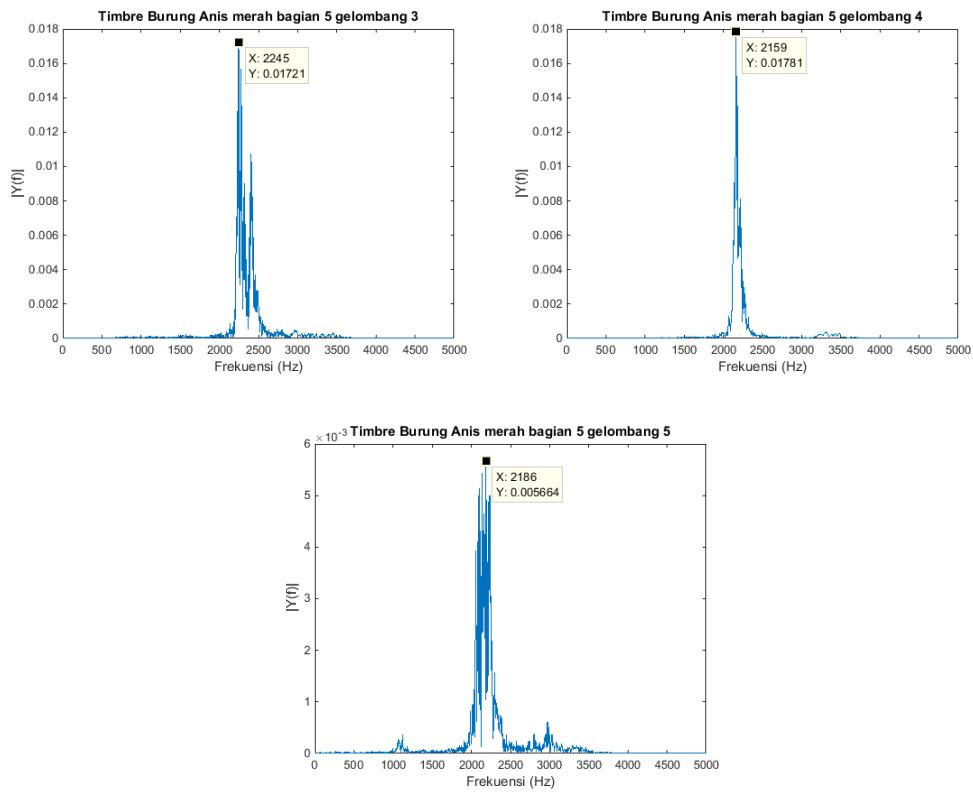


Timbre Hasil Pemotongan Suara

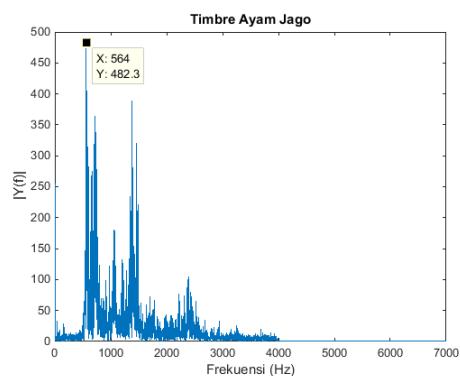
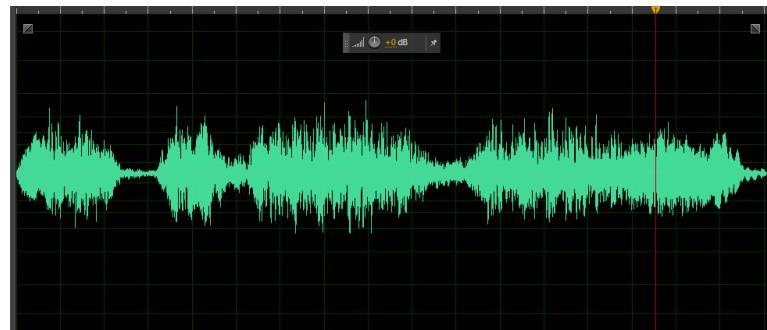




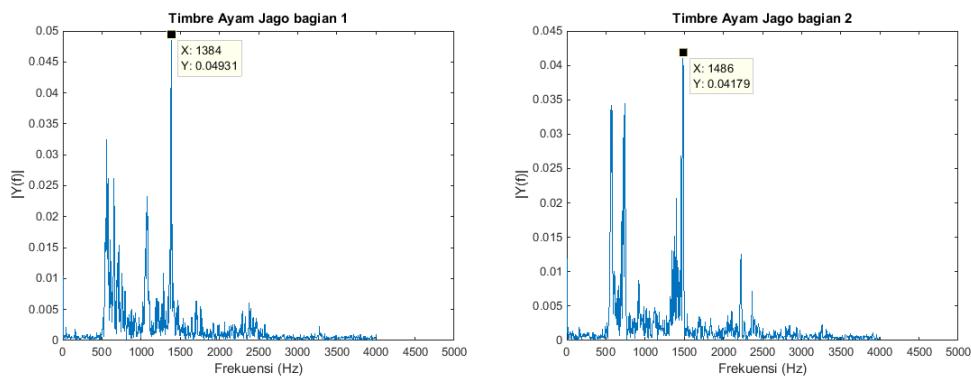


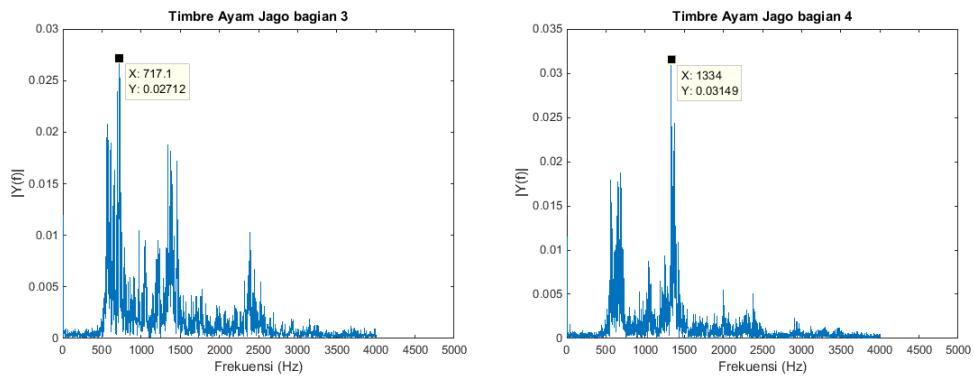


Lampiran 2. Ayam Jago

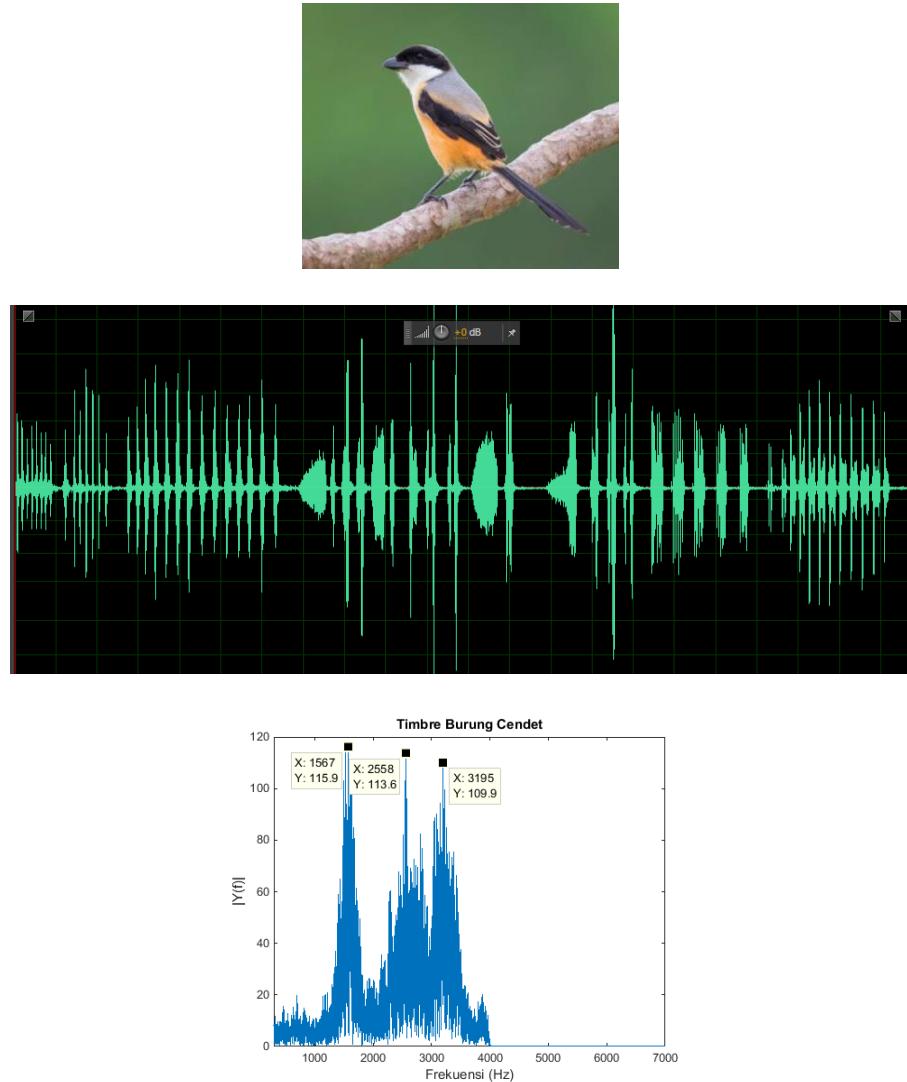


Timbre Hasil Pemotongan Suara

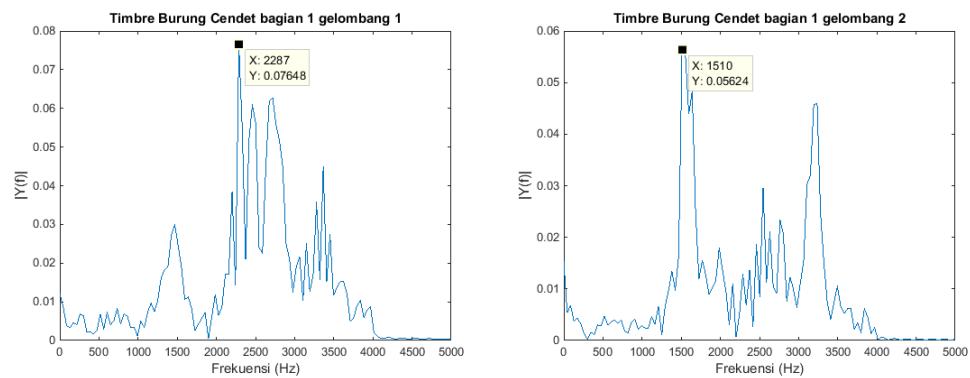


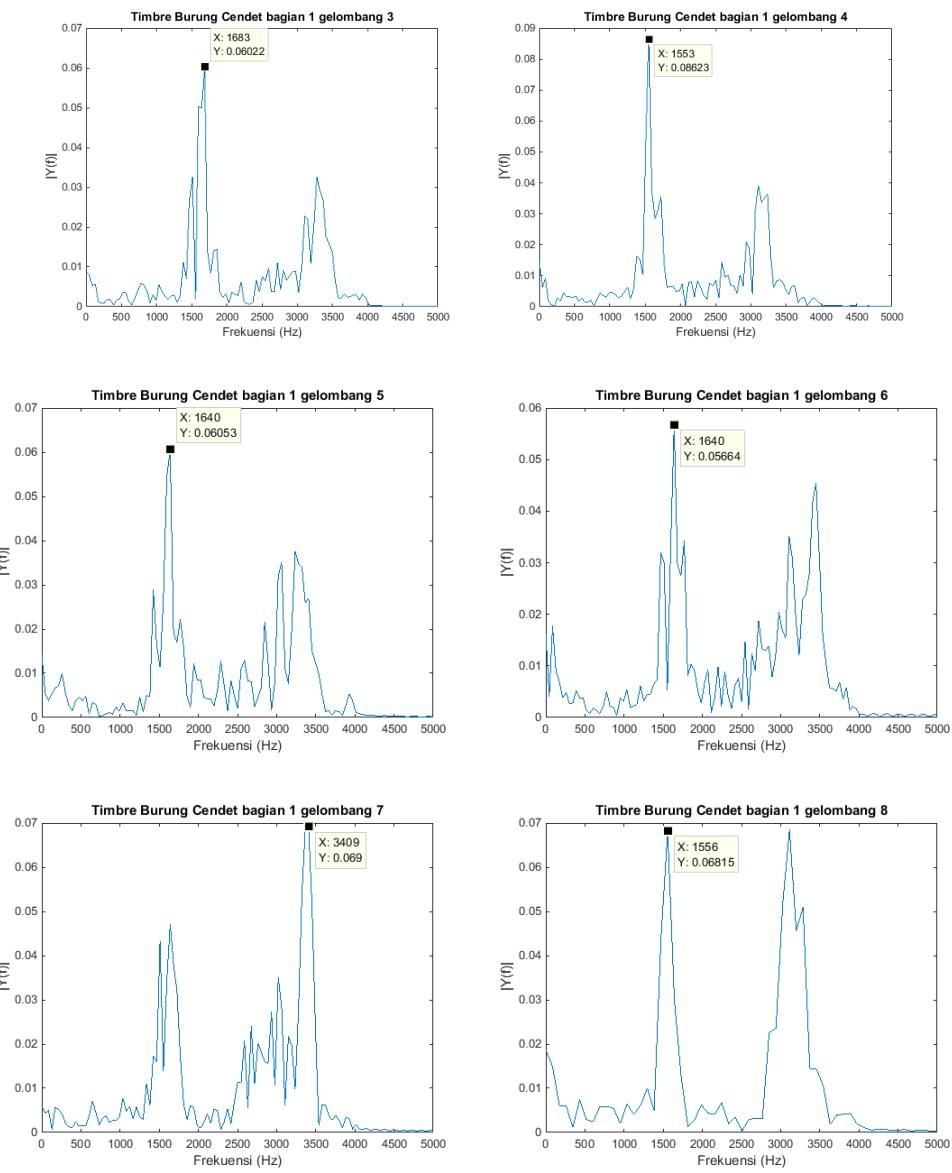


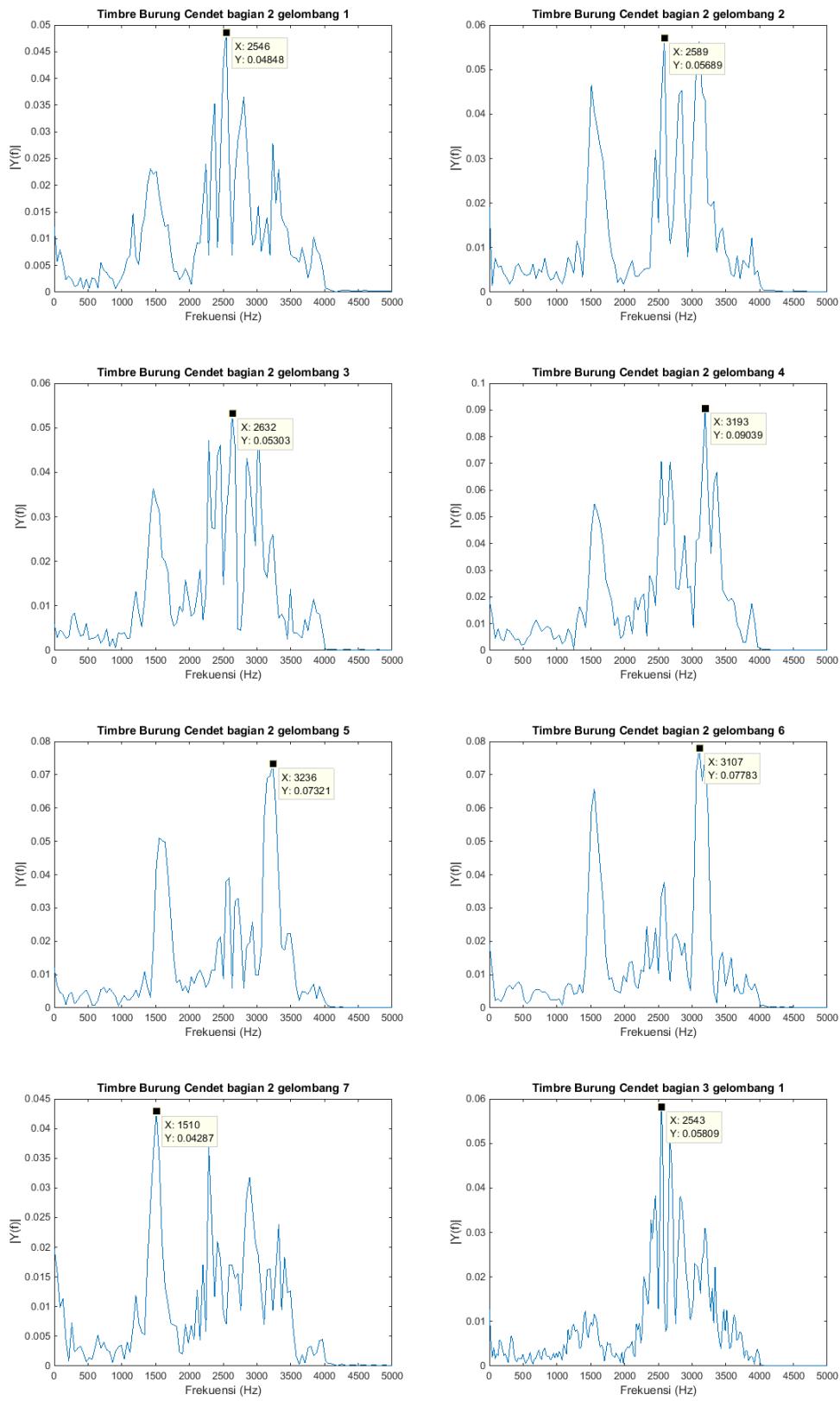
Lampiran 3. Burung Cendet

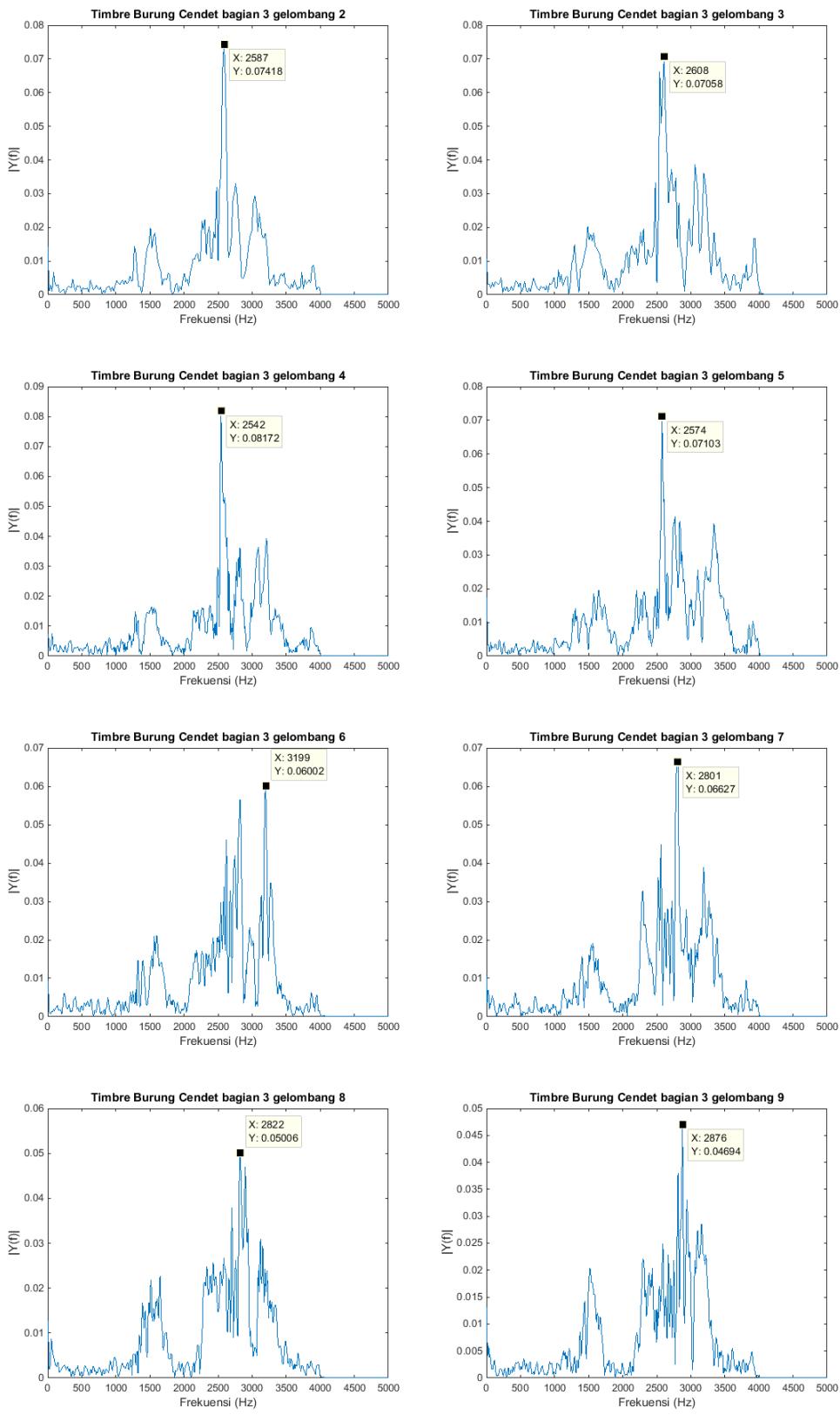


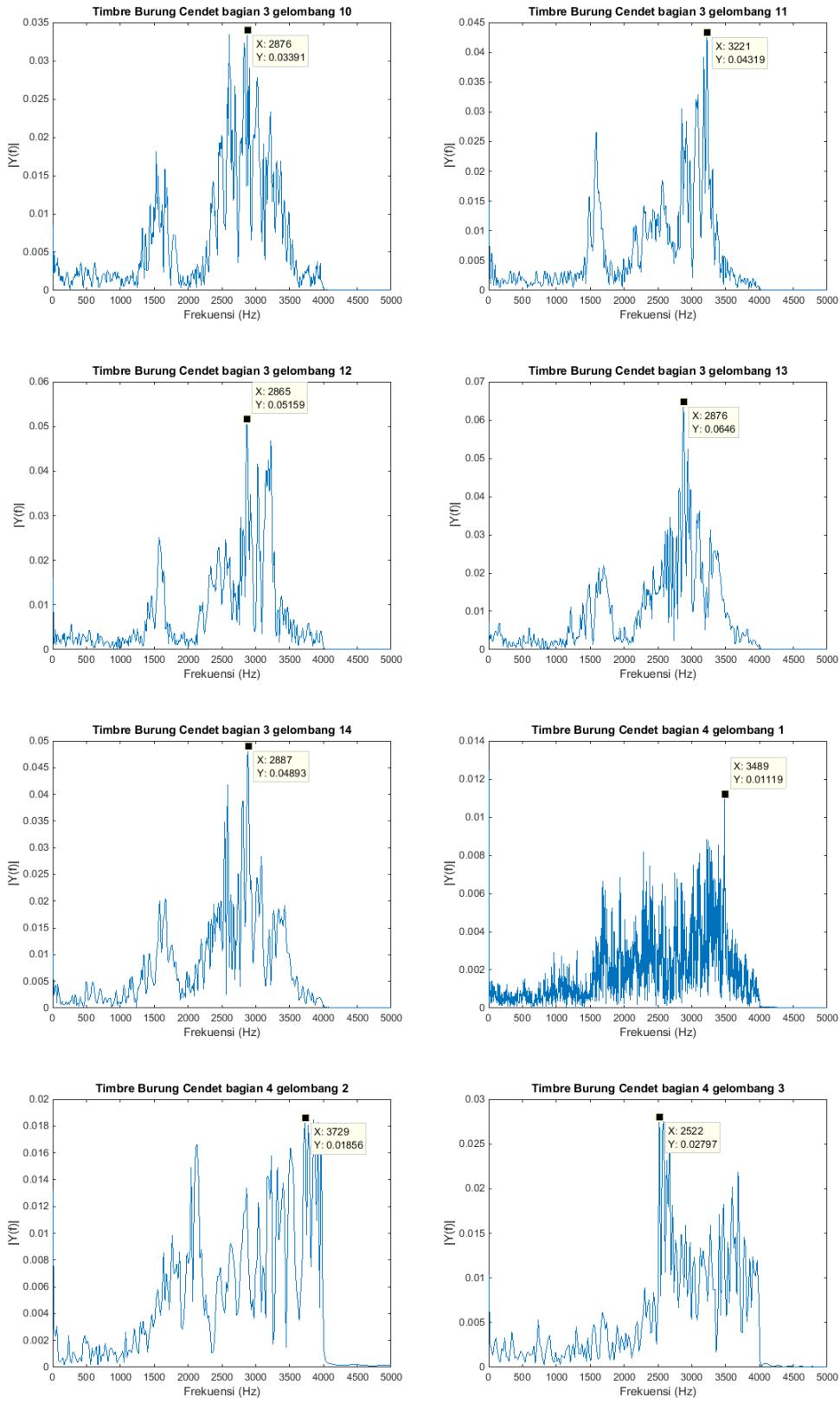
Timbre Hasil Pemotongan Suara

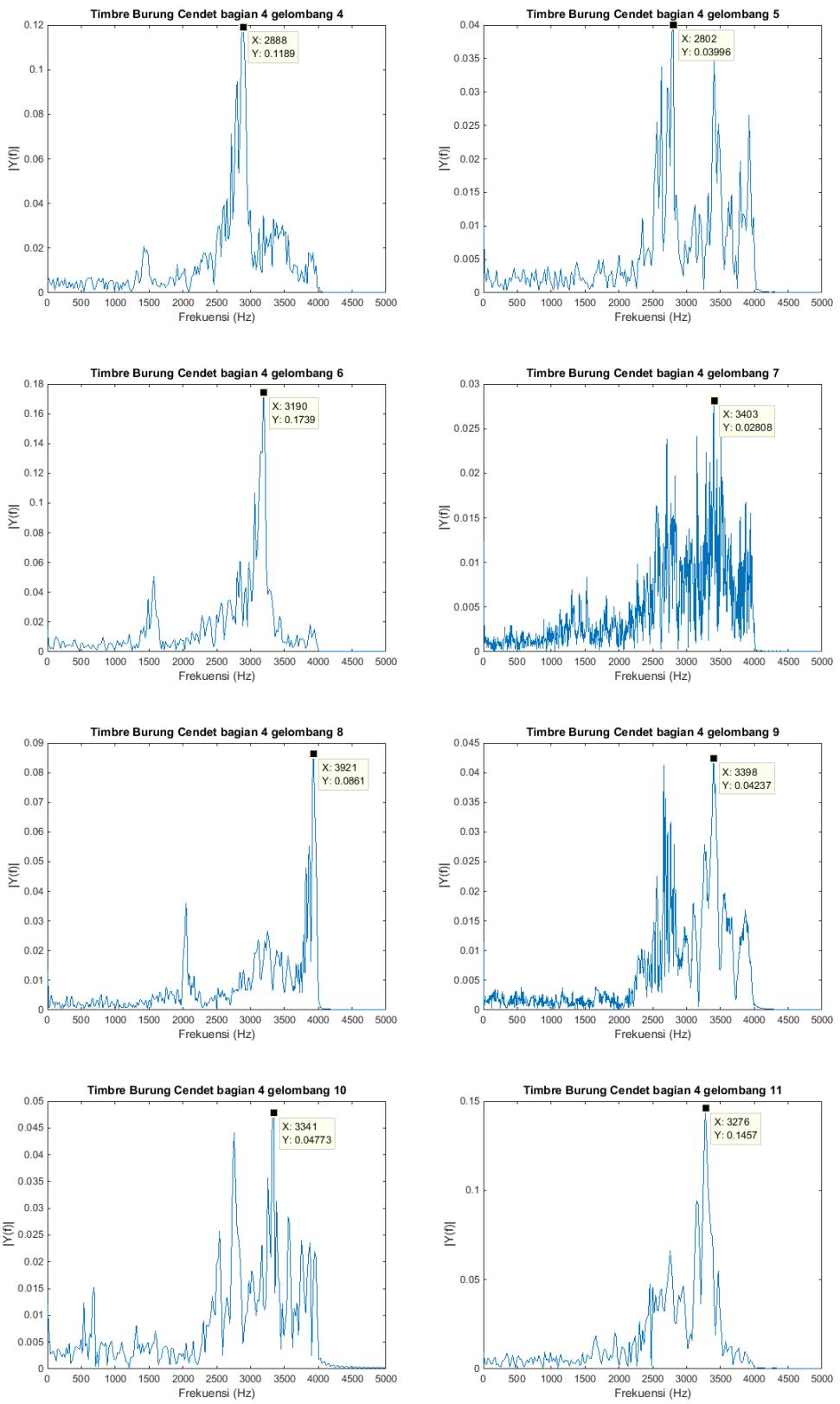


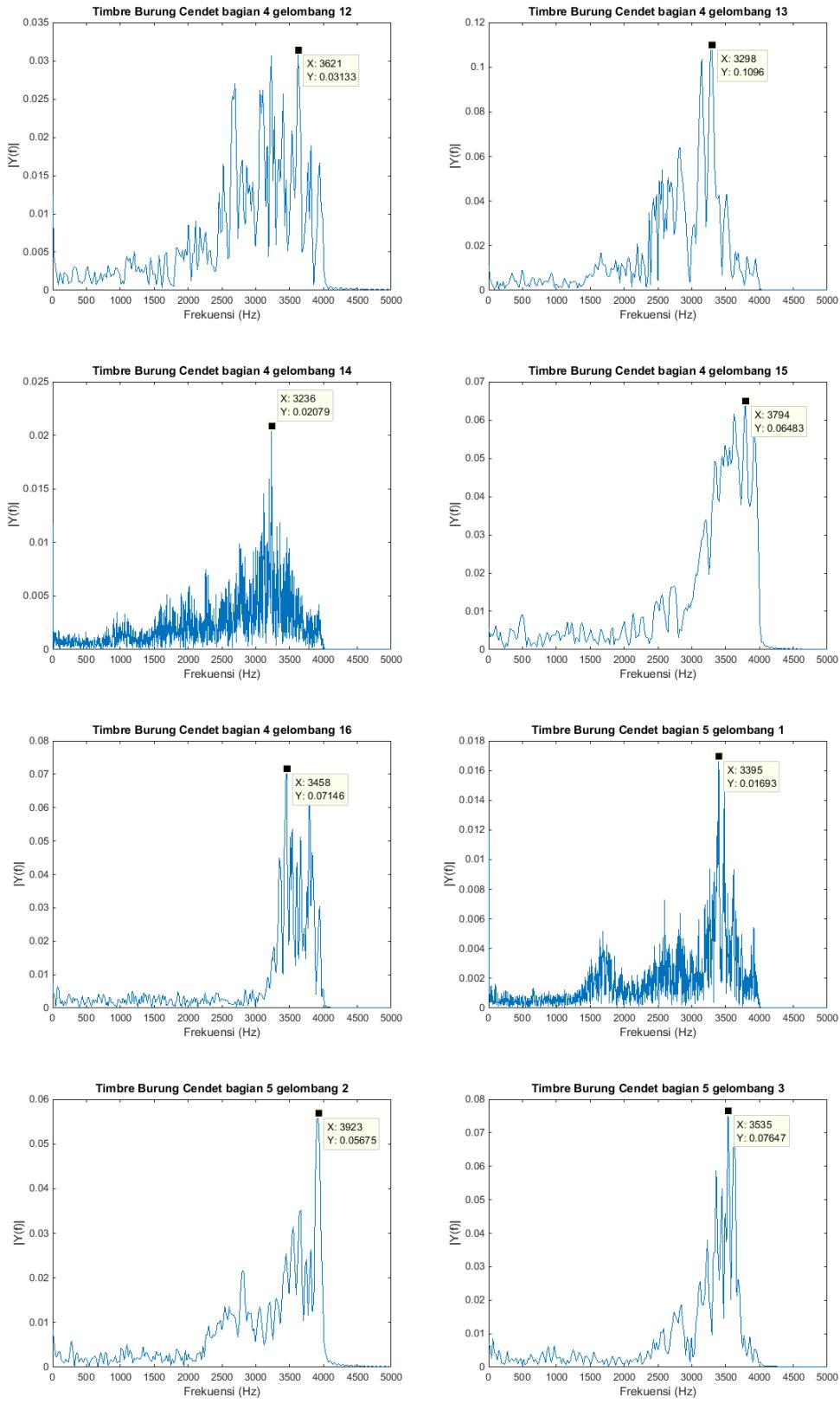


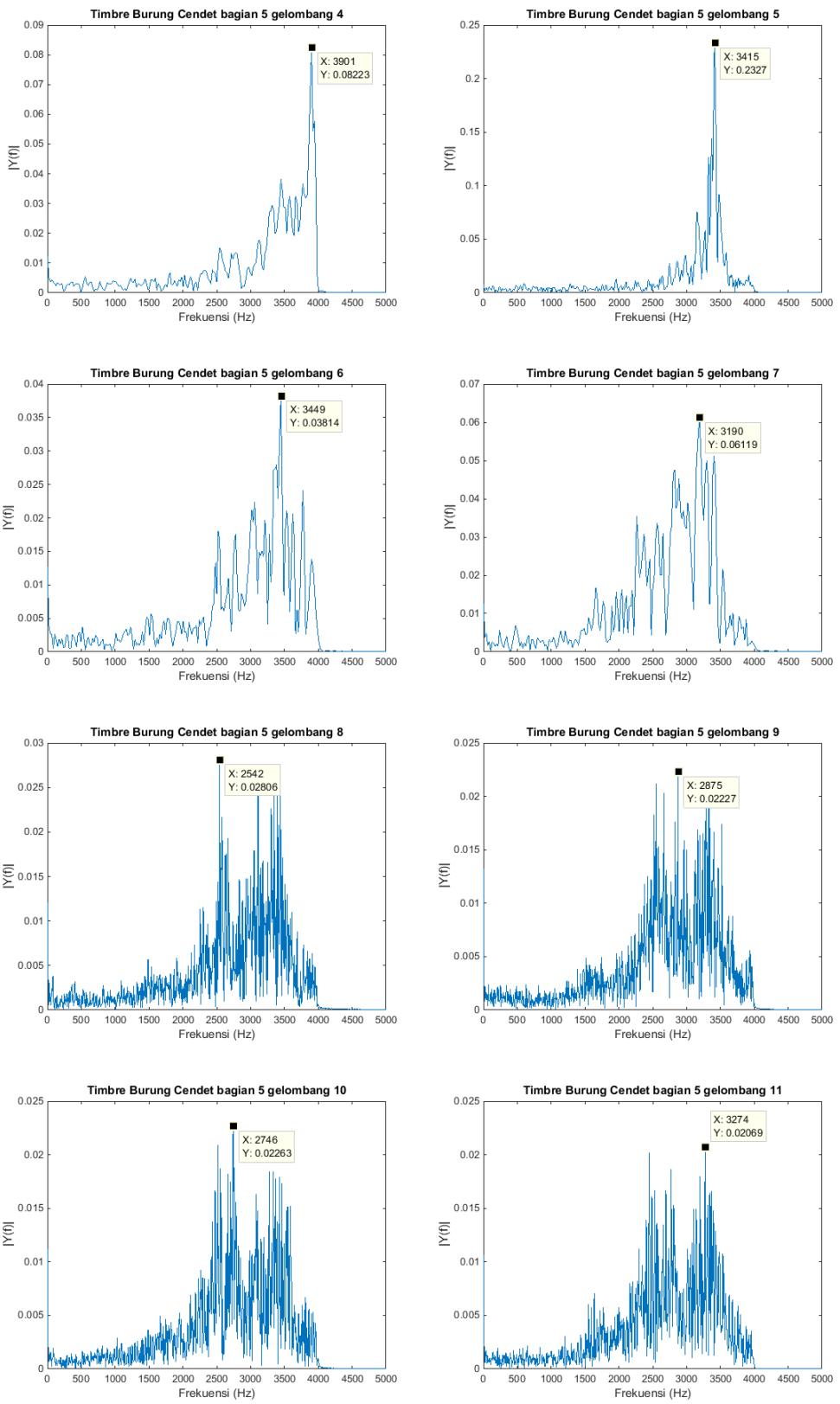


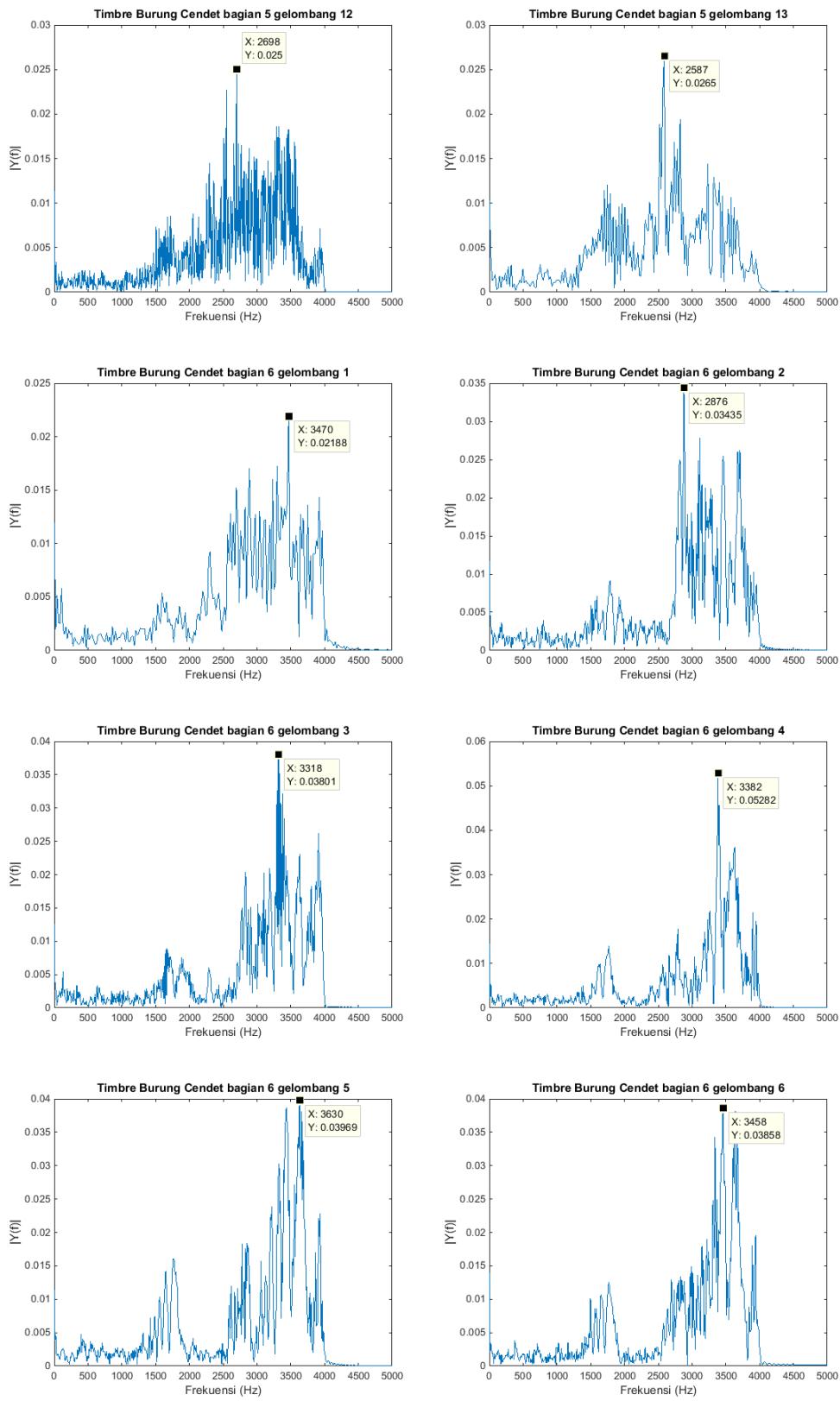


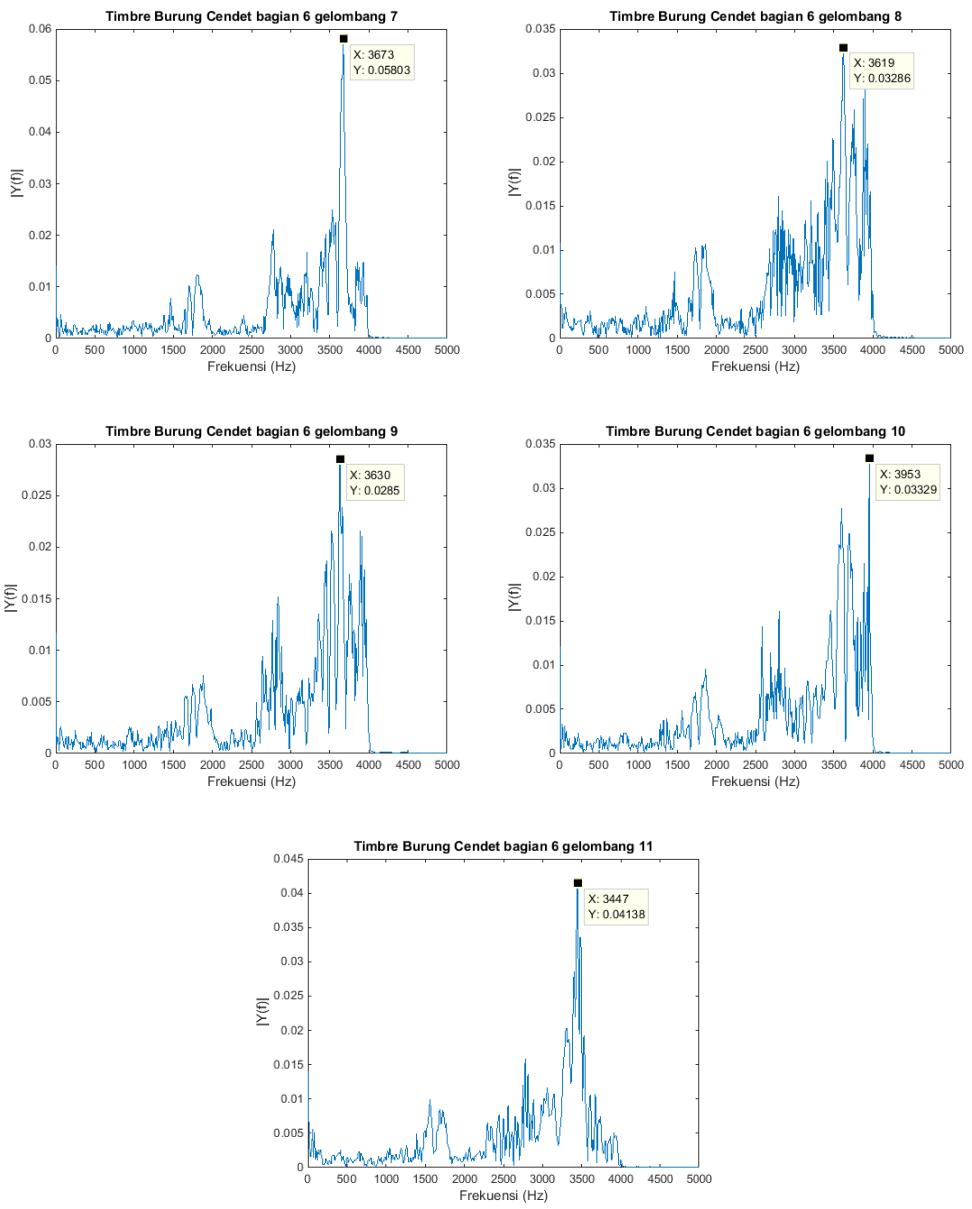




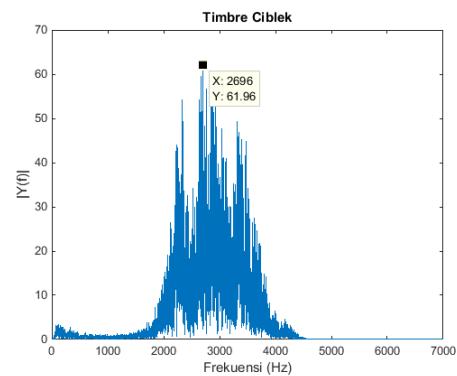
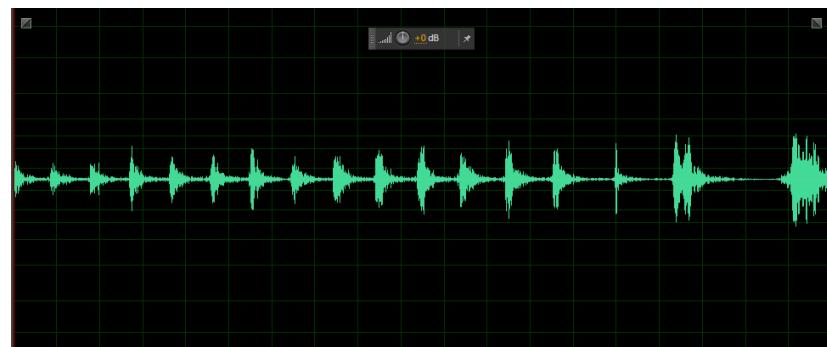




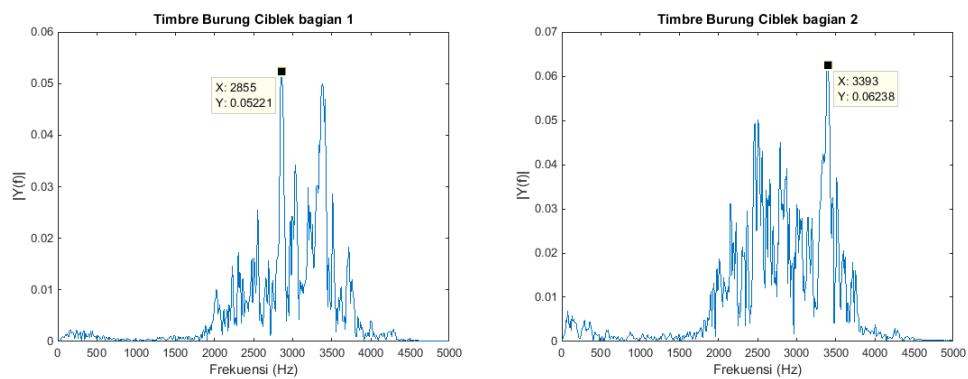


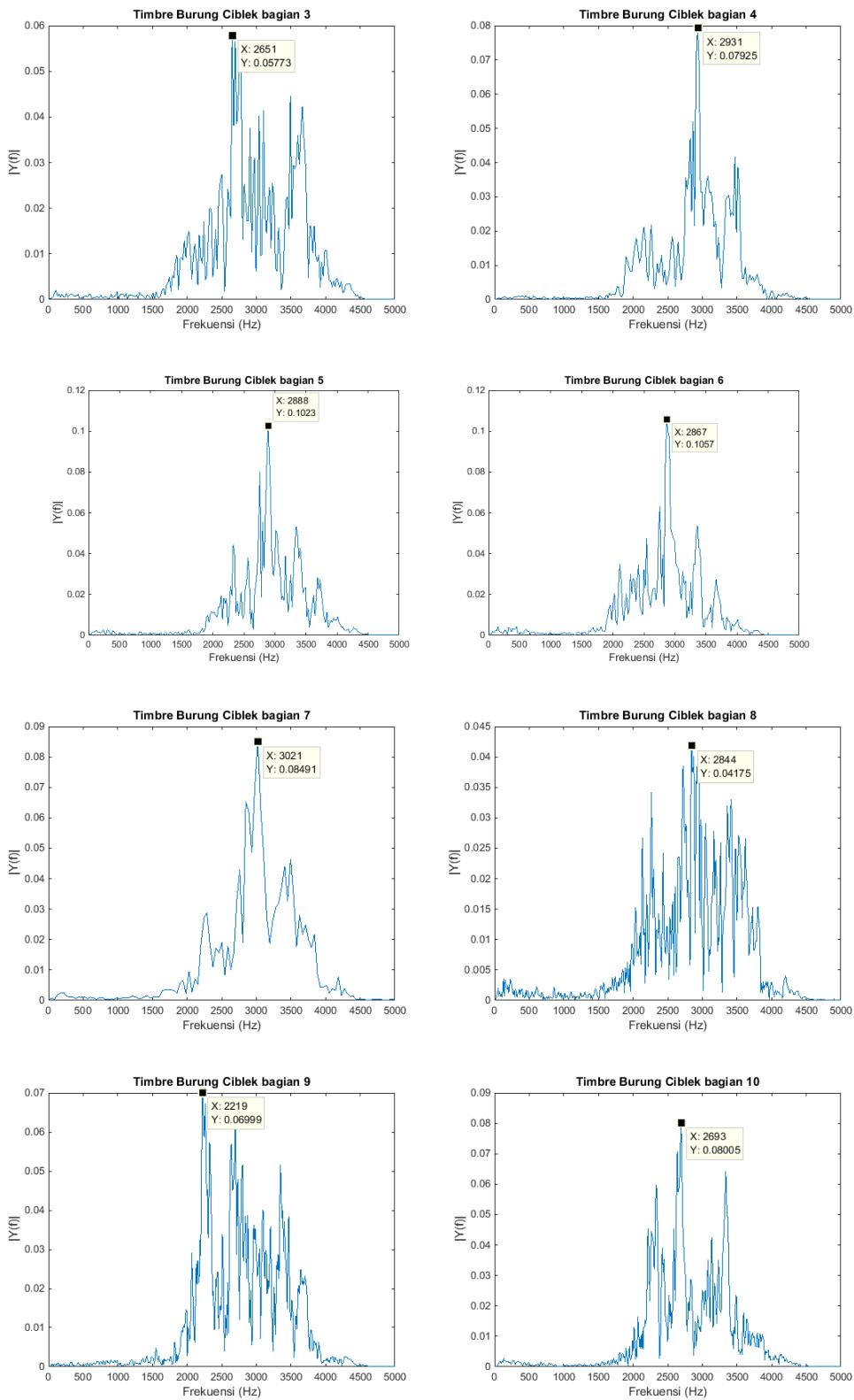


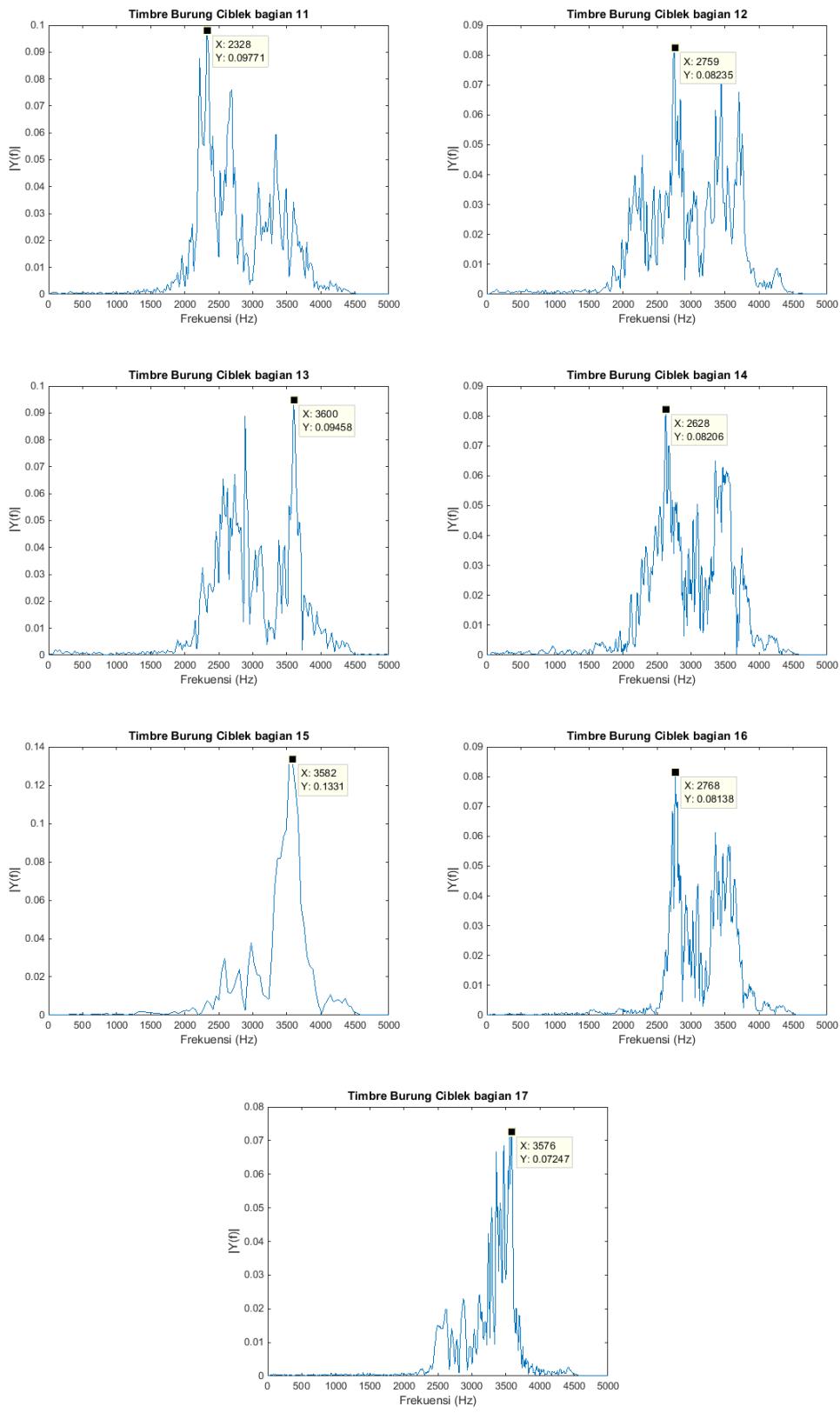
Lampiran 4. Burung Ciblek



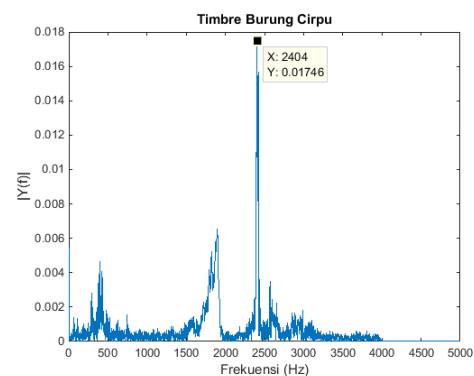
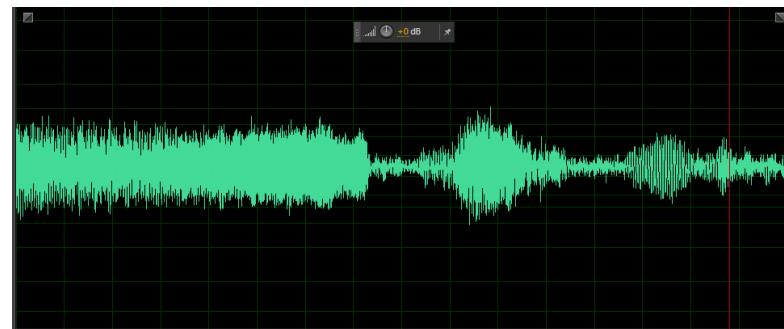
Timbre Hasil Pemotongan Suara



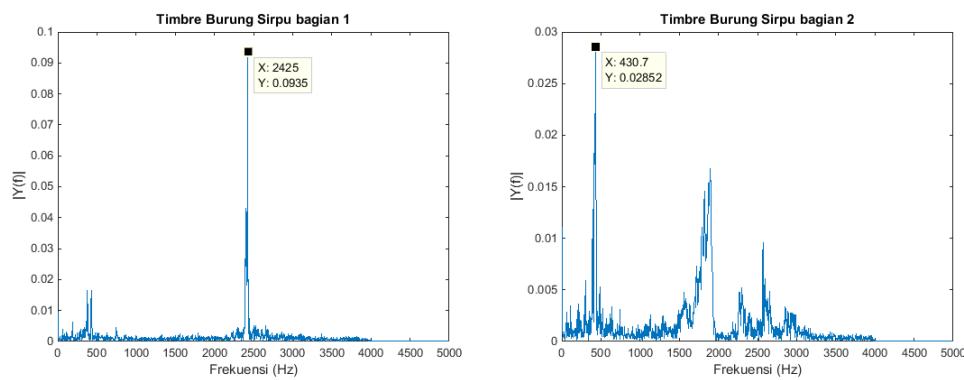




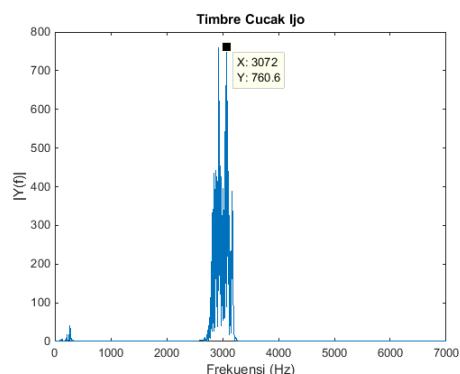
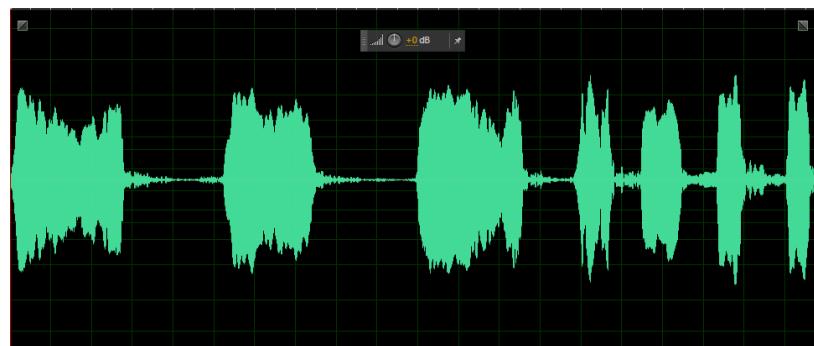
Lampiran 5. Burung Sirpu



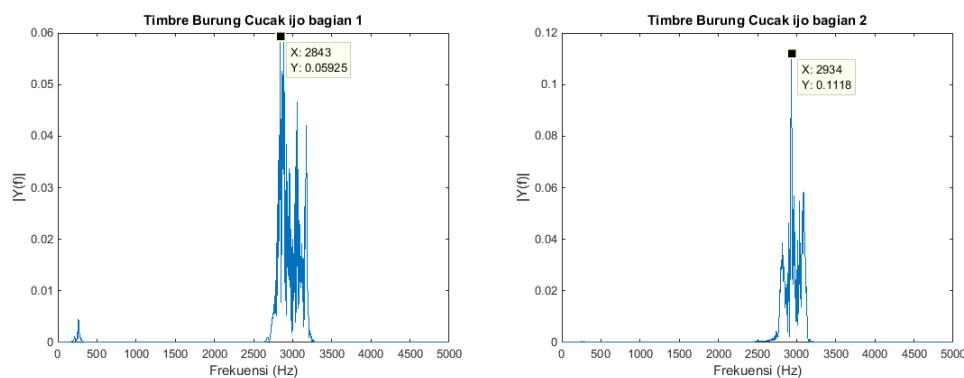
Timbre Hasil Pemotongan Suara

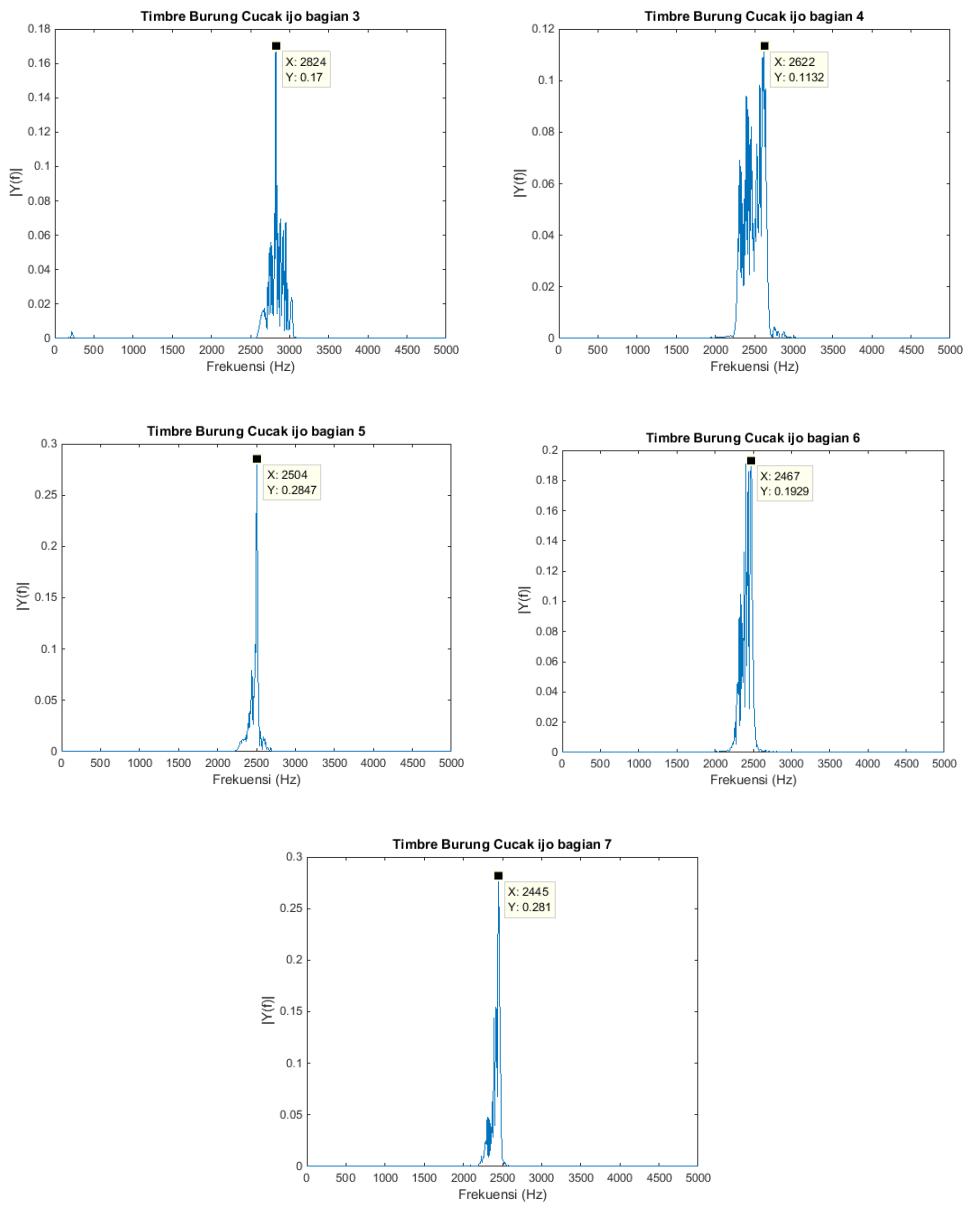


Lampiran 6. Burung Cucak Ijo

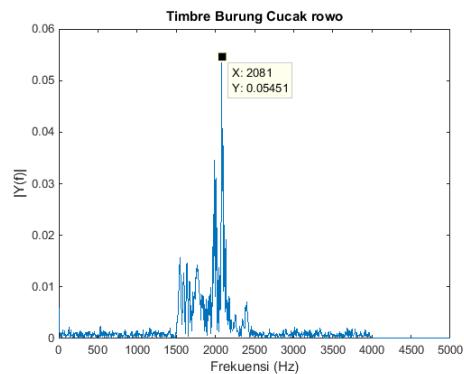
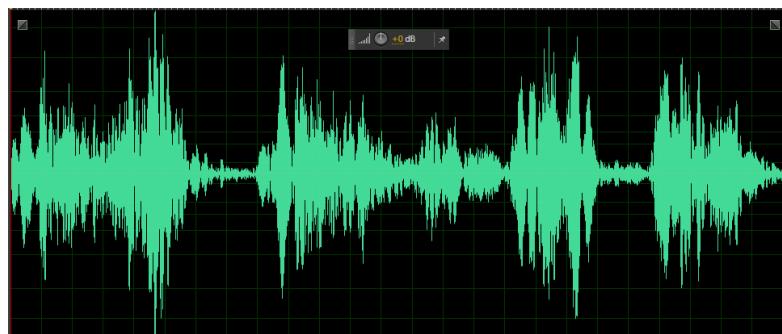


Timbre Hasil Pemotongan Suara

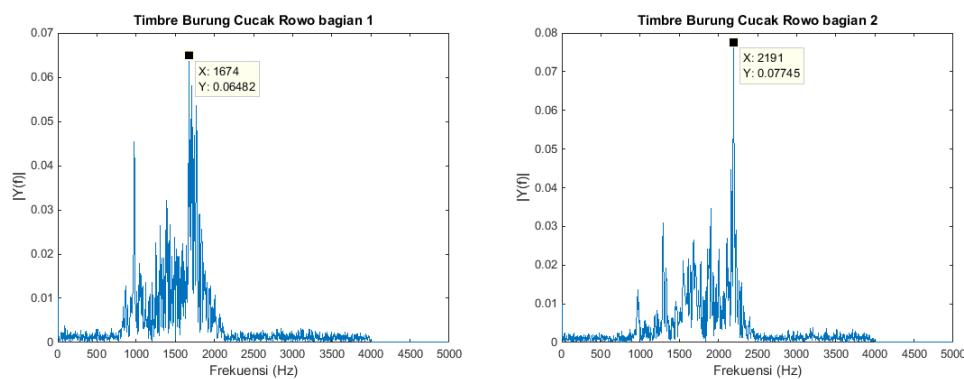


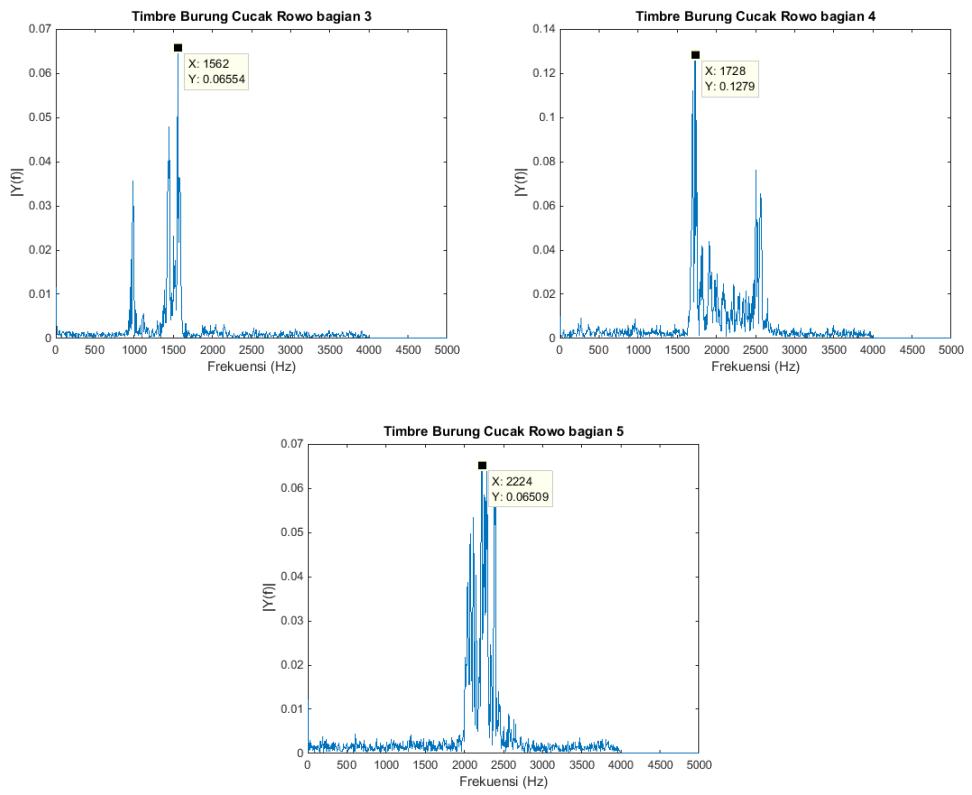


Lampiran 7. Burung Cucak Rowo

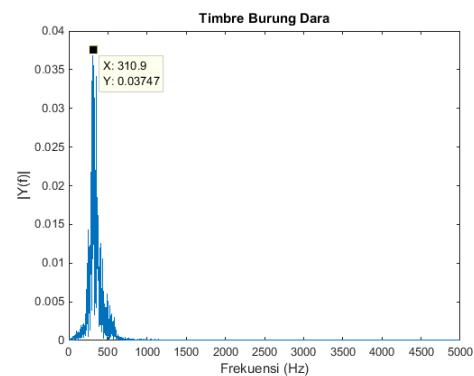
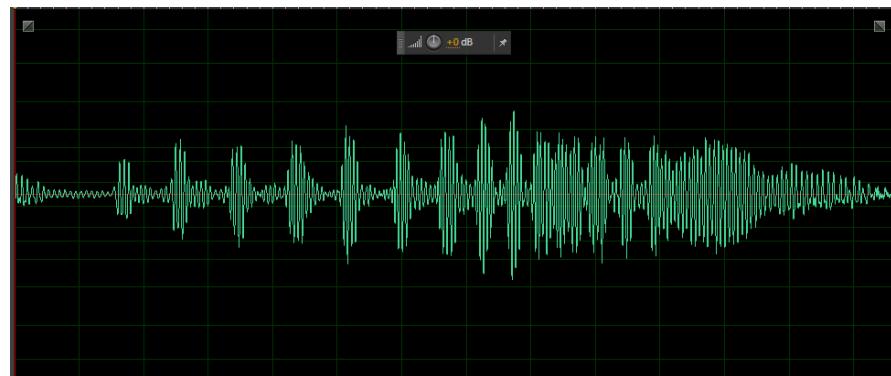


Timbre Hasil Pemotongan Suara

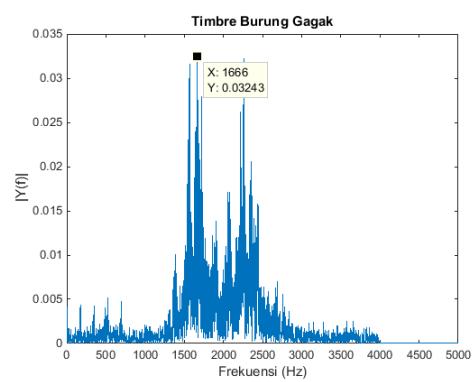
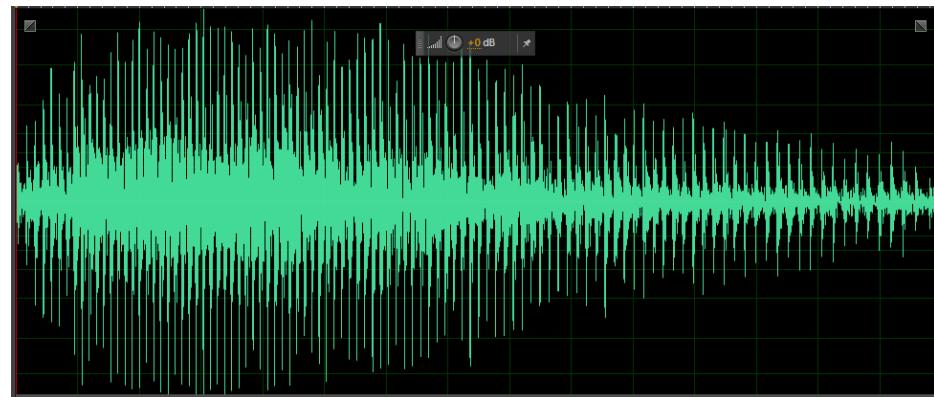




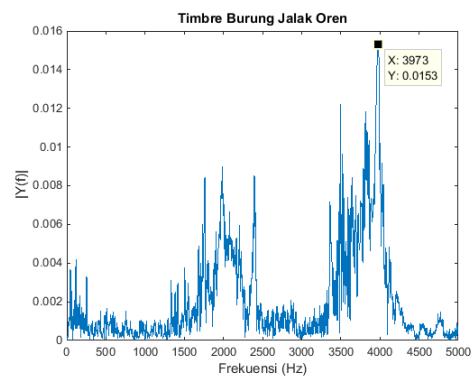
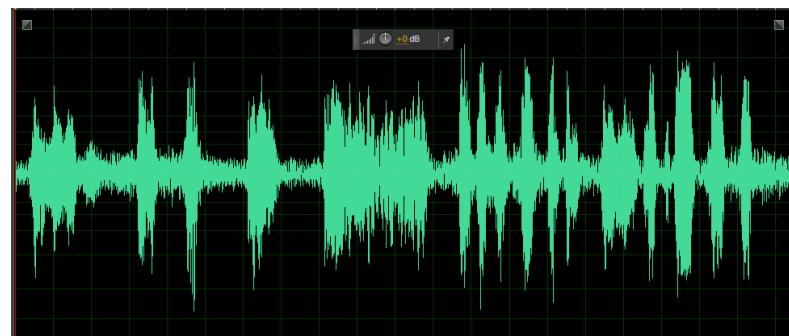
Lampiran 8. Burung Dara



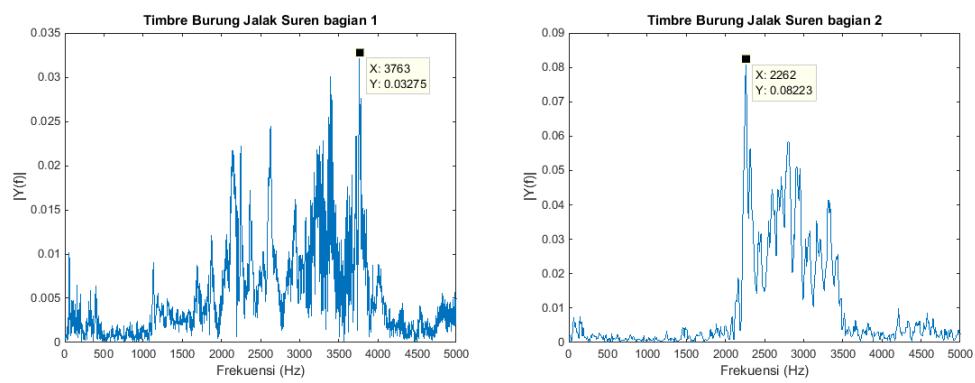
Lampiran 9. Burung Gagak

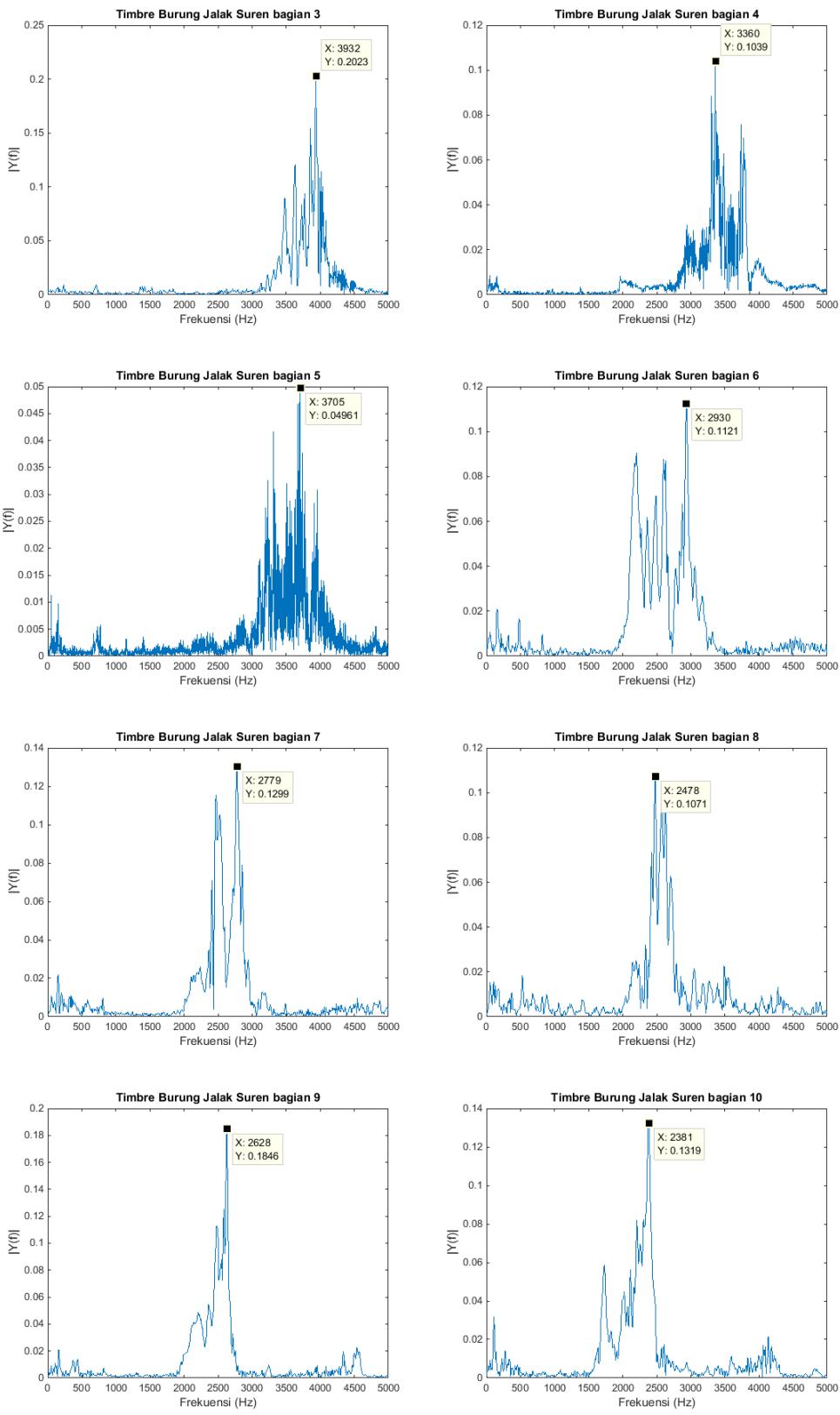


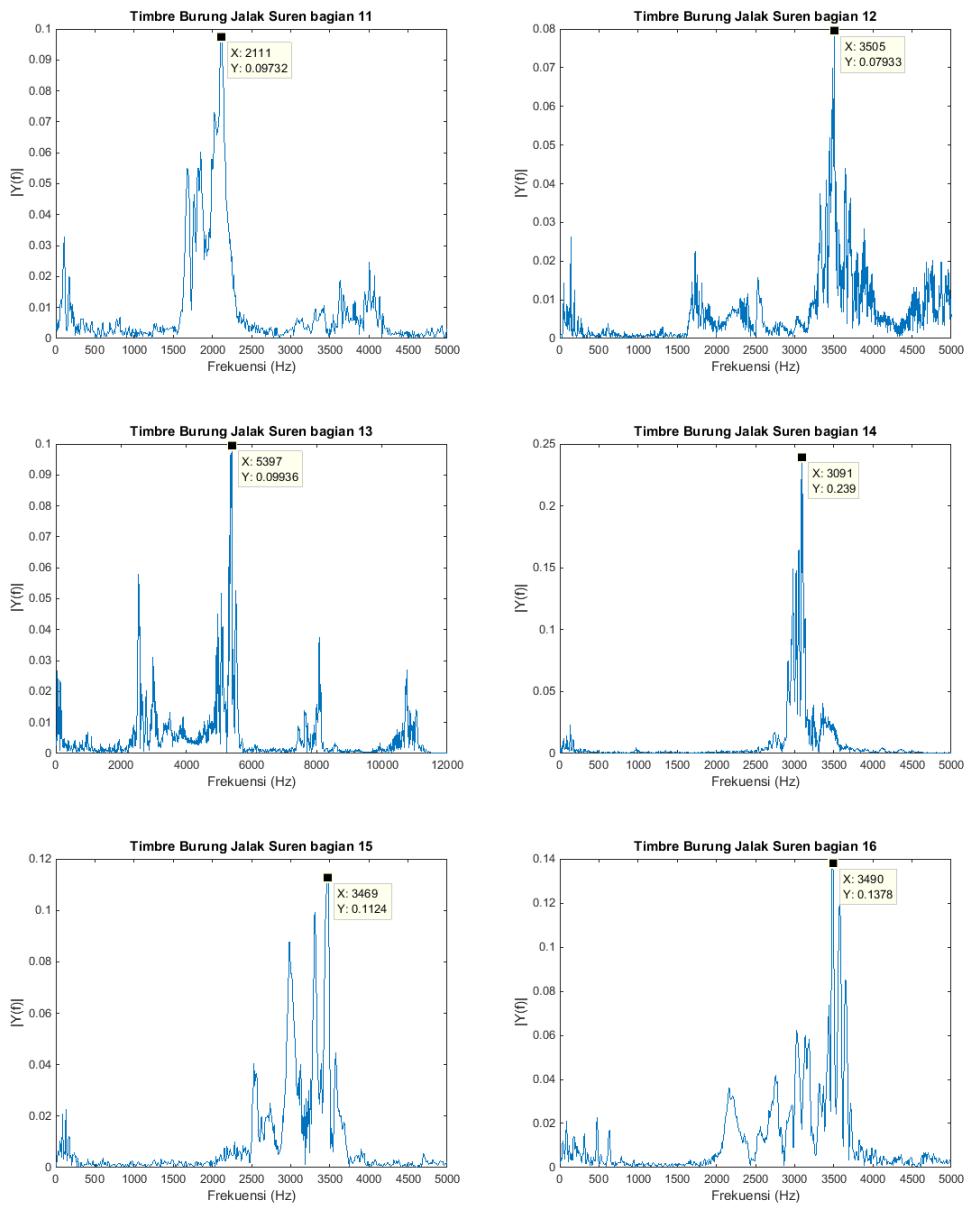
Lampiran 10. Burung Jalak Suren



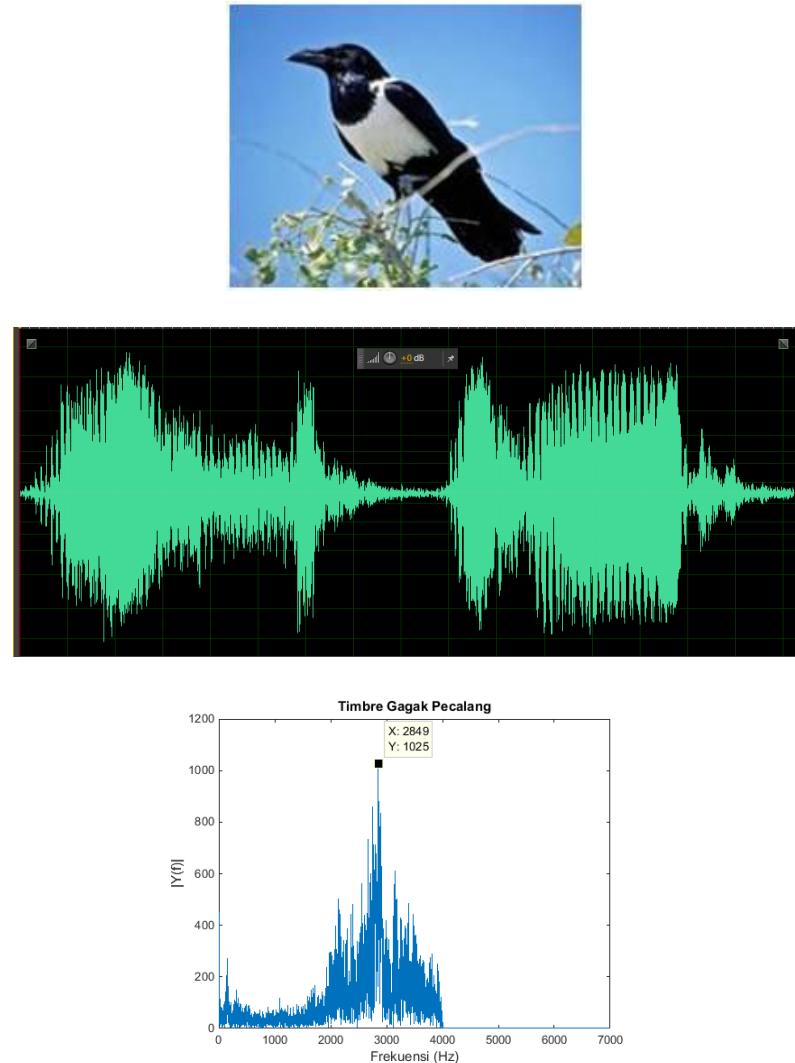
Timbre Hasil Pemotongan Suara



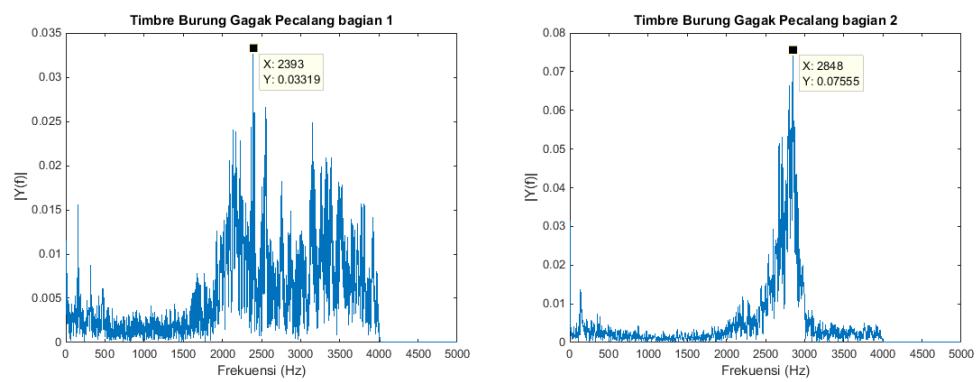




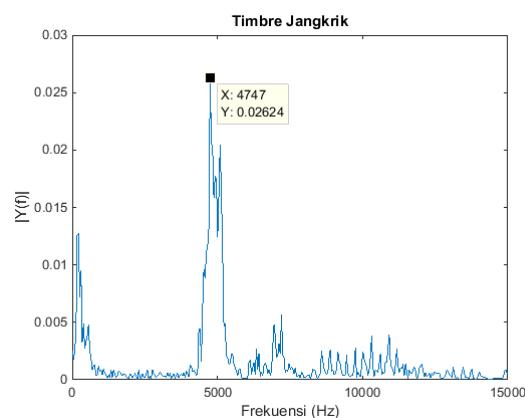
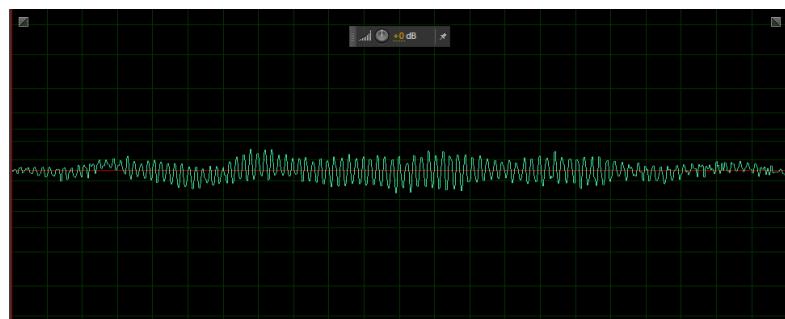
Lampiran 11. Burung Gagak Pecalang



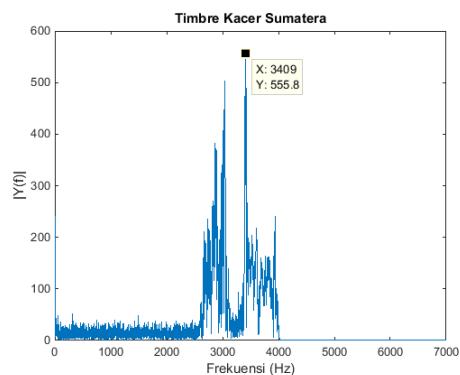
Timbre Hasil Pemotongan Suara



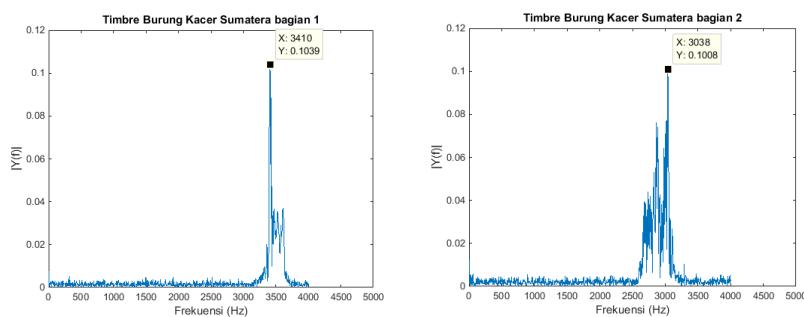
Lampiran 12. Jangkrik

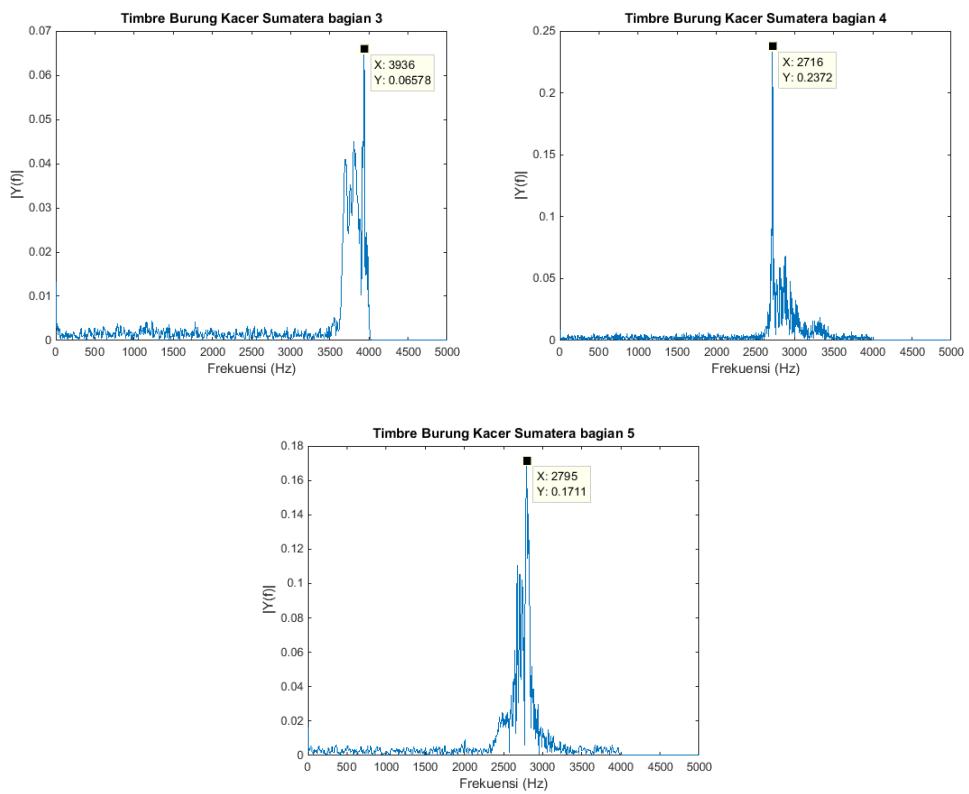


Lampiran 13. Burung Kacer Sumatera

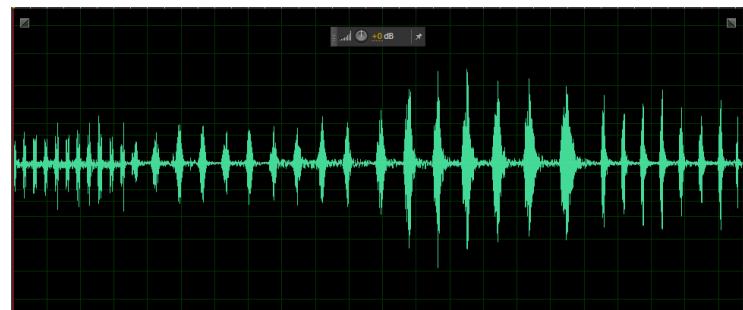


Timbre Hasil Pemotongan Suara

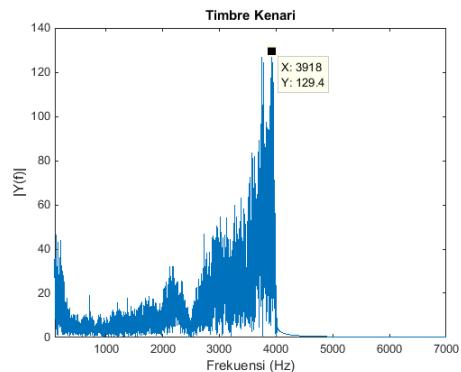




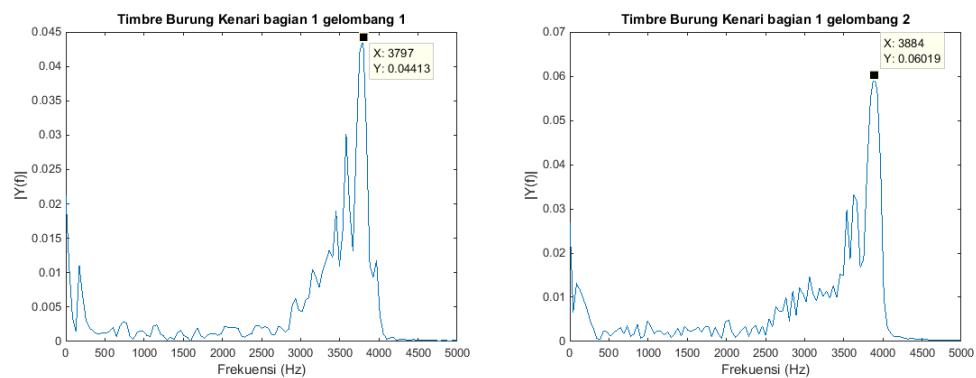
Lampiran 14. Burung Kenari

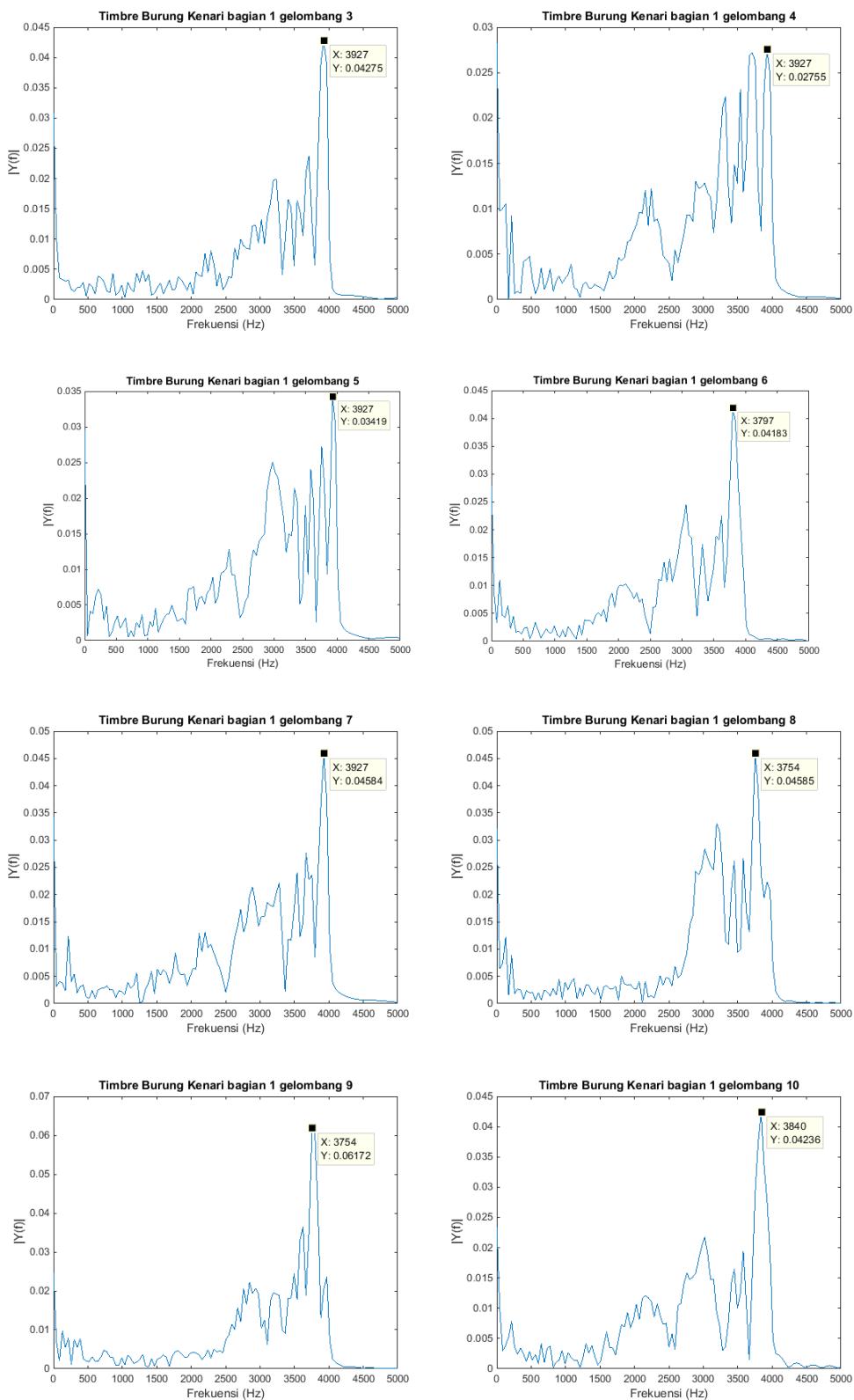


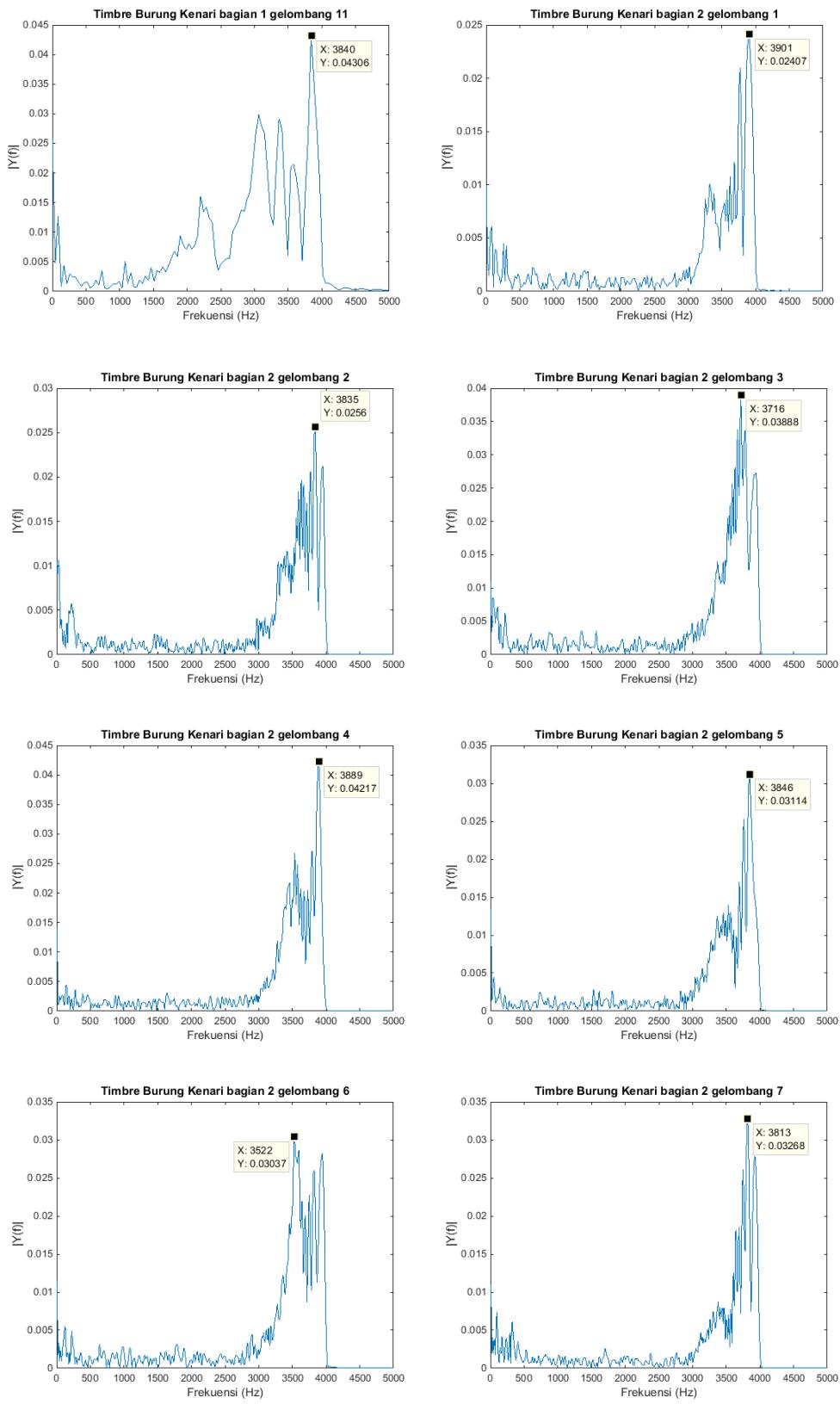
Timbre Hasil Pemotongan Suara

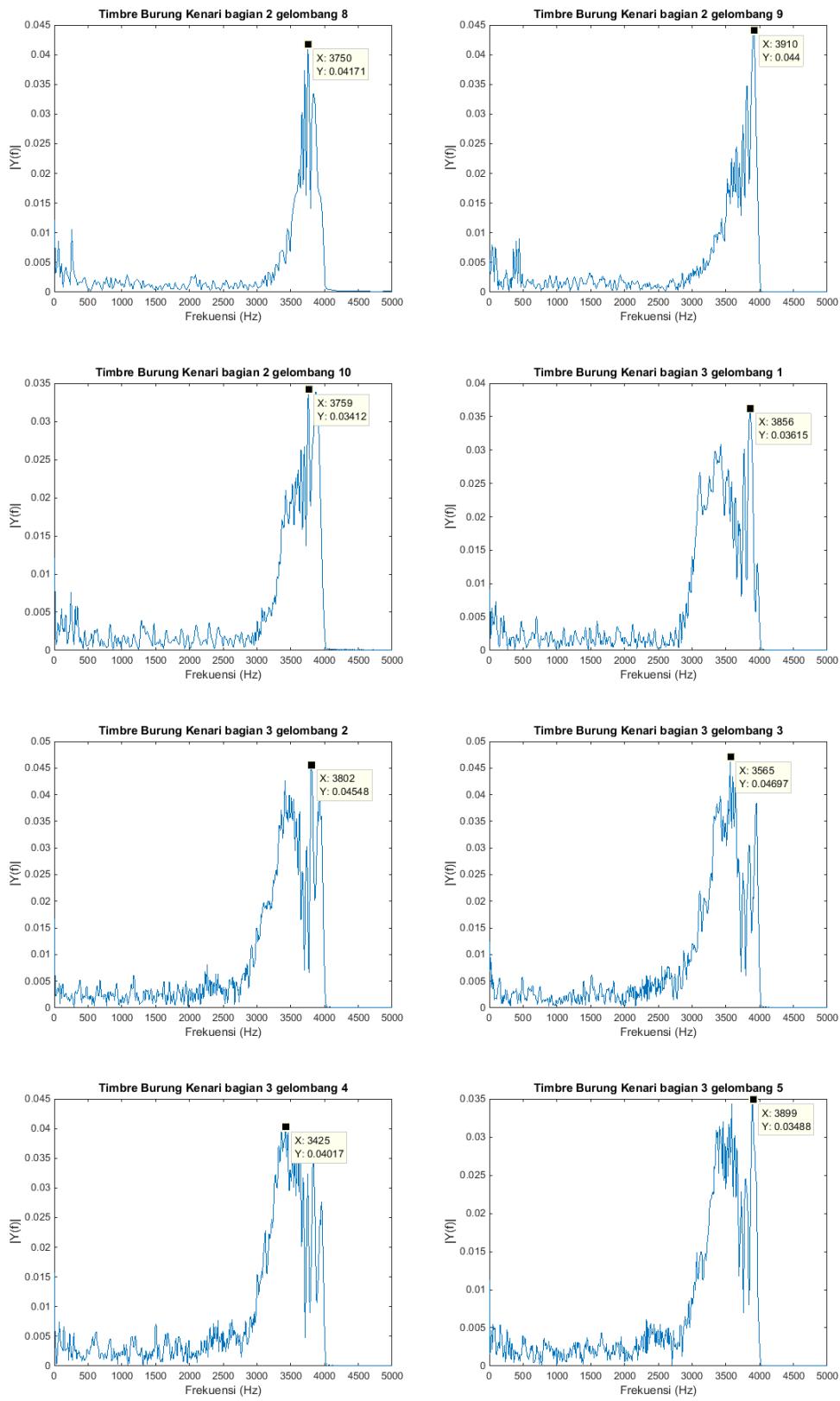


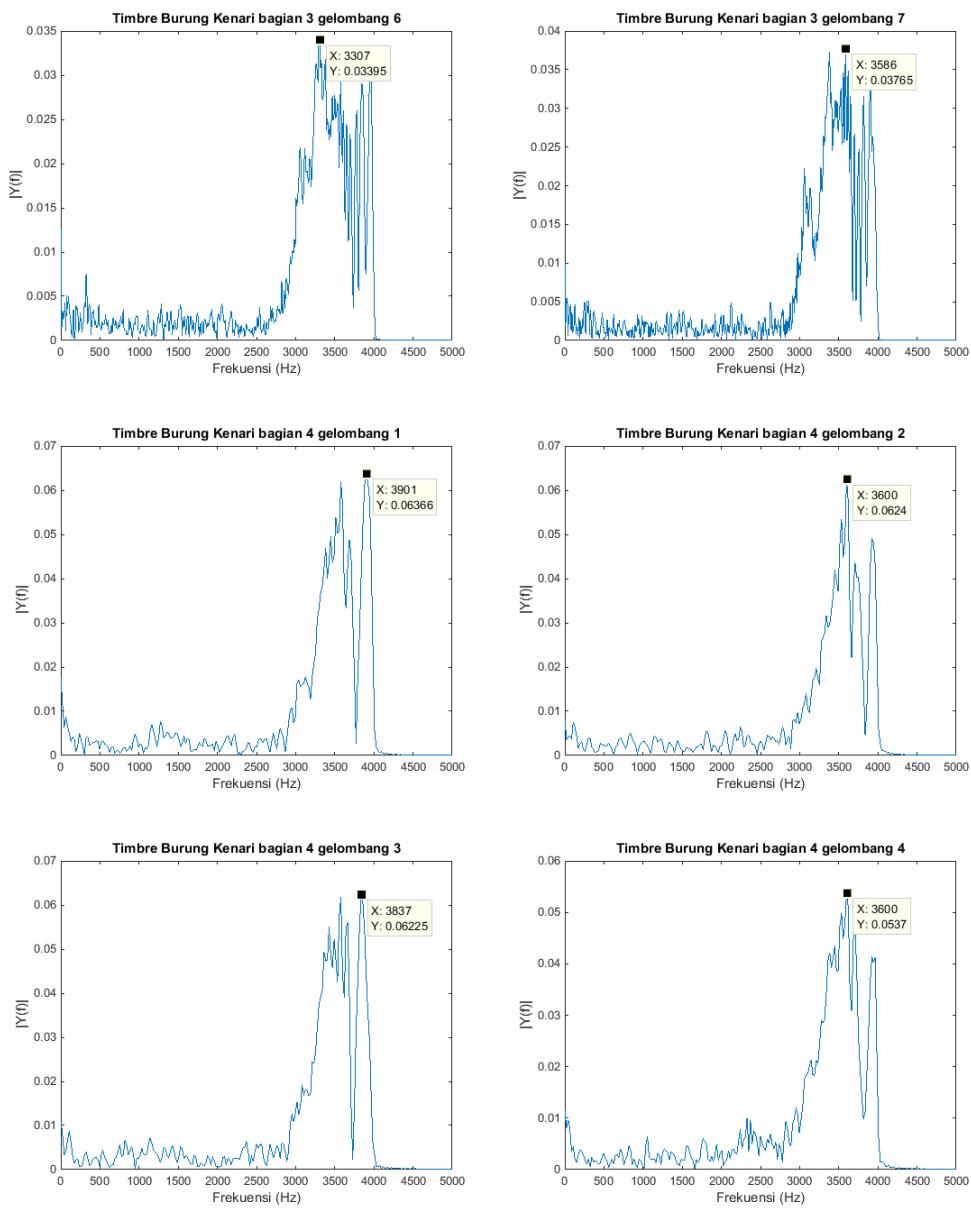
Timbre Hasil Pemotongan Suara

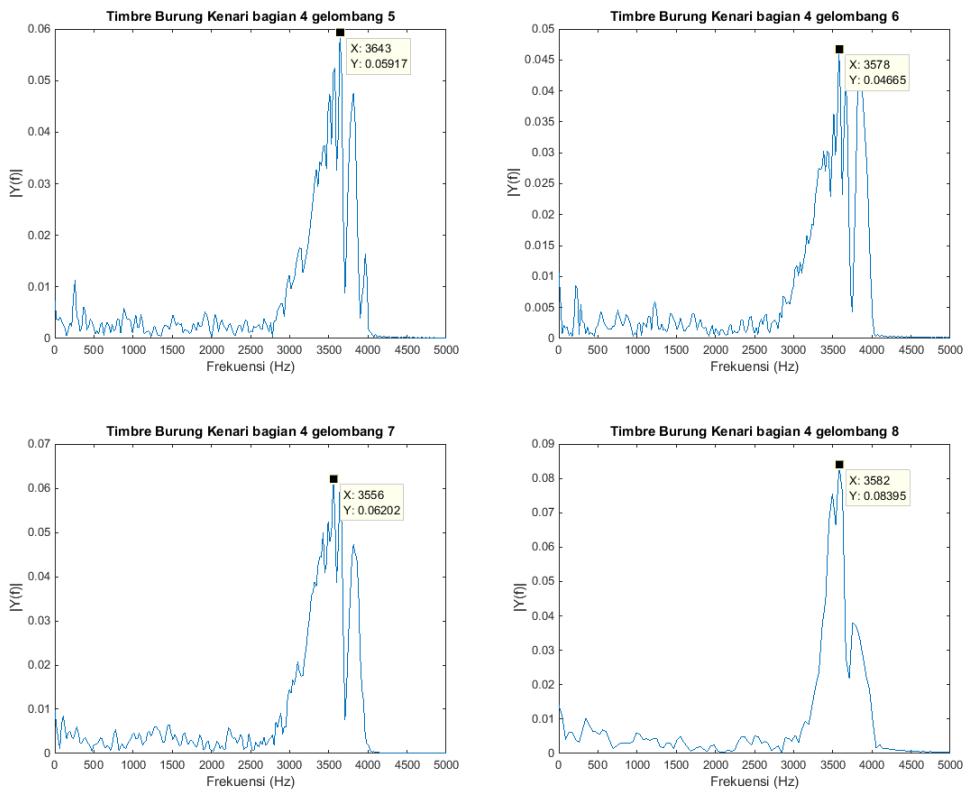




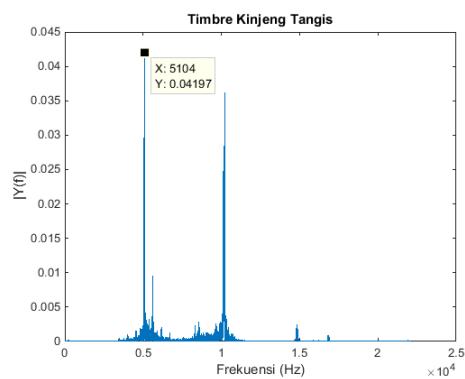
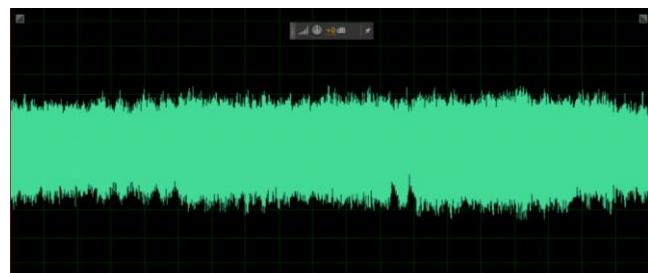




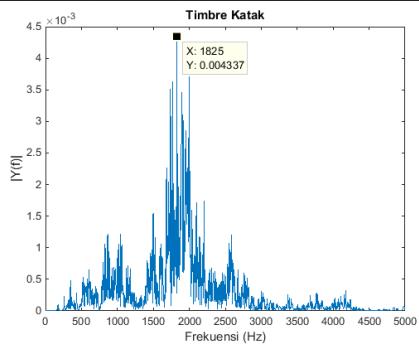




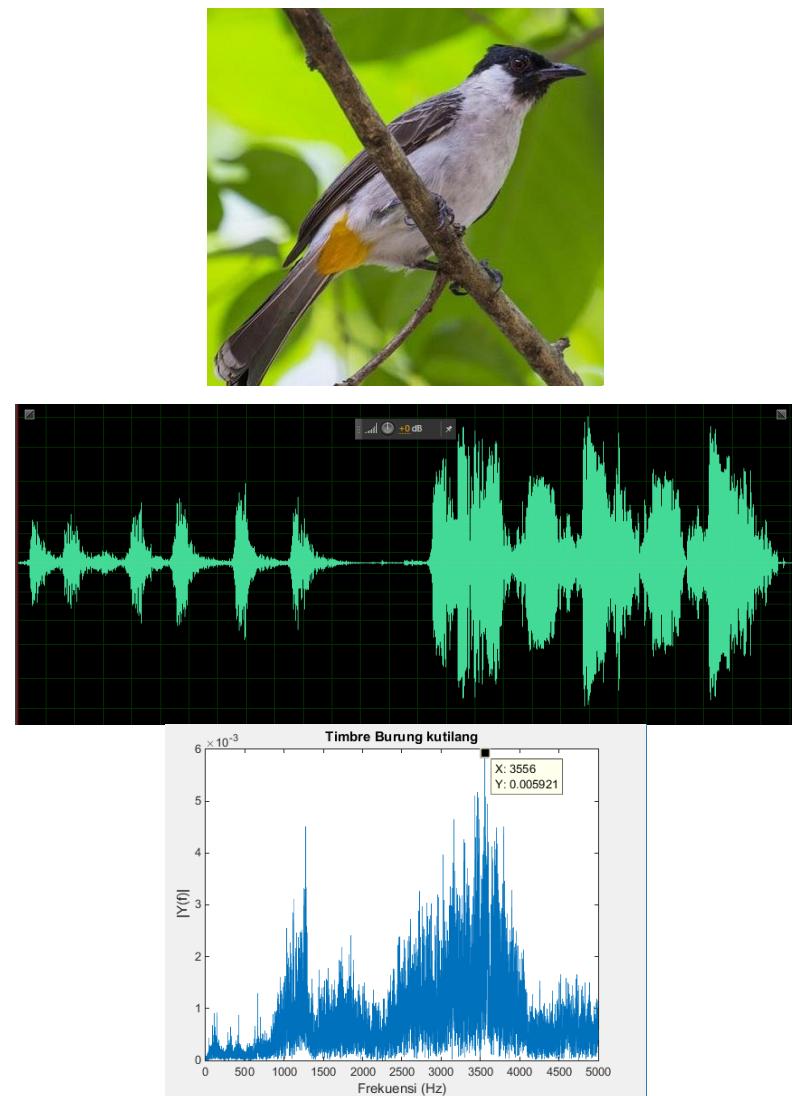
Lampiran 15. Kinjeng Tangis



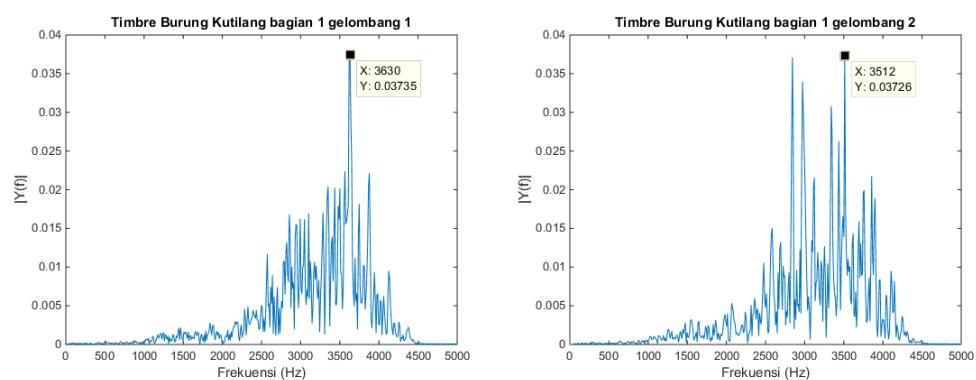
Lampiran 16. Katak

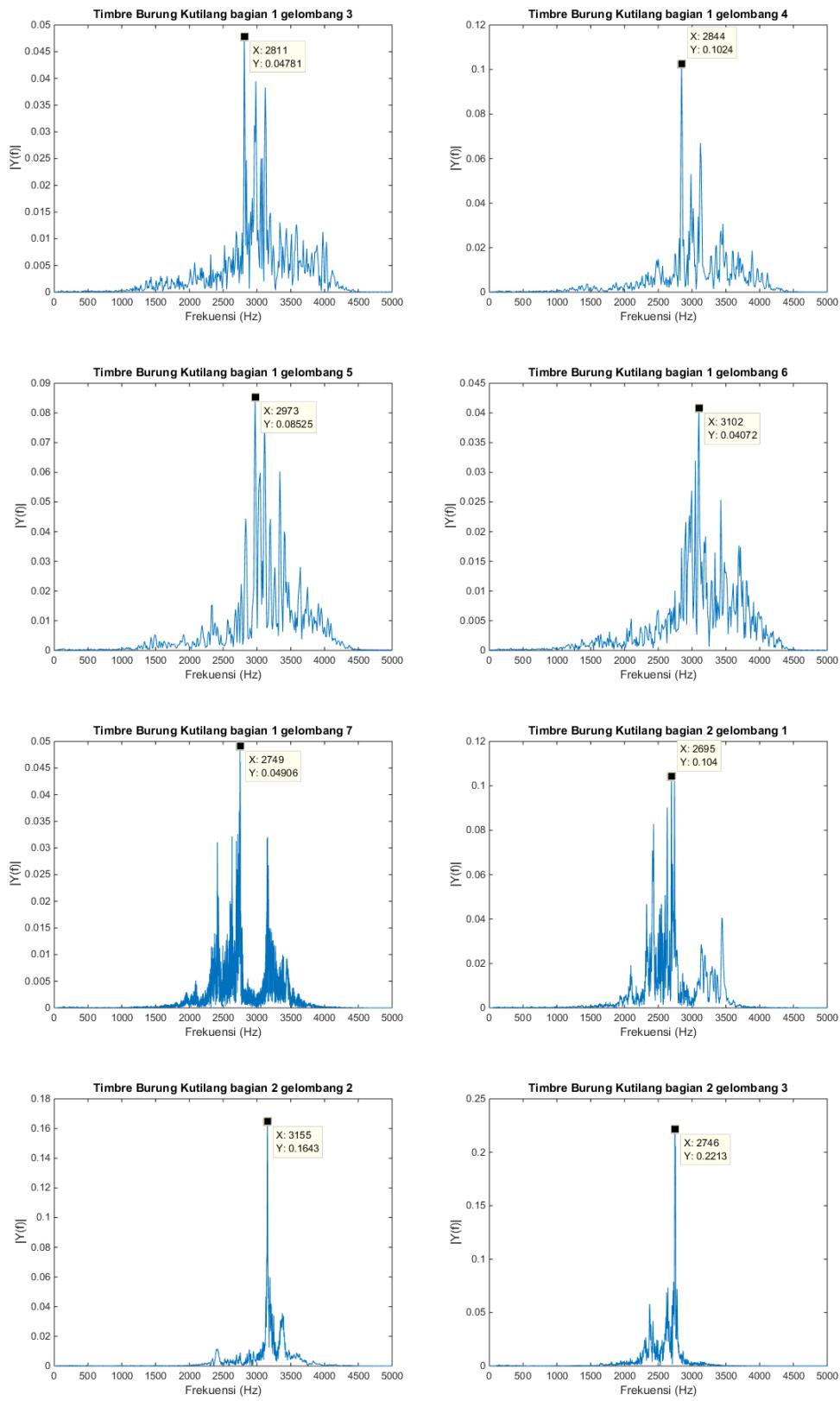


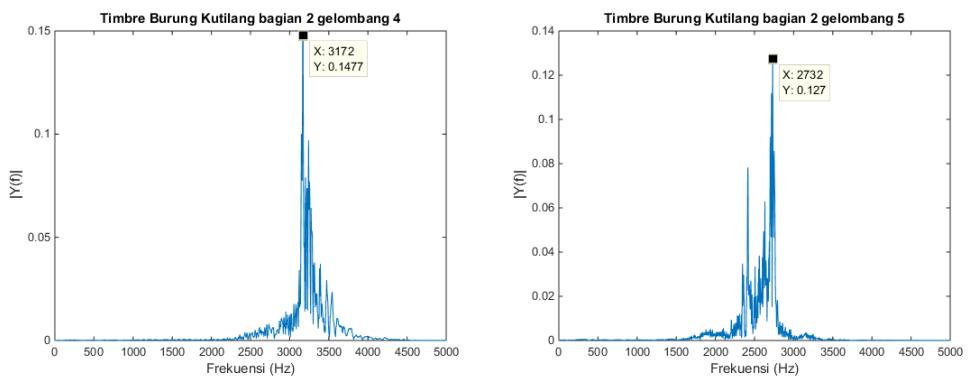
Lampiran 17. Burung Kutilang



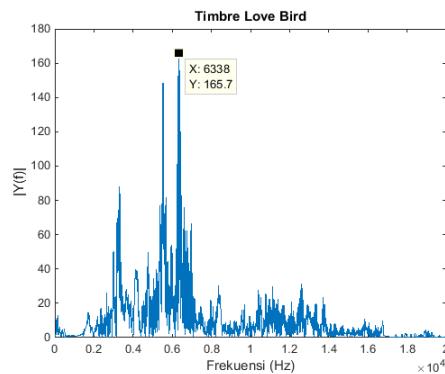
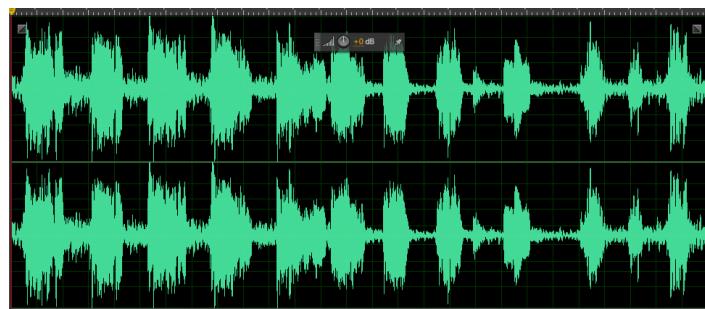
Timbre Hasil Pemotongan Suara



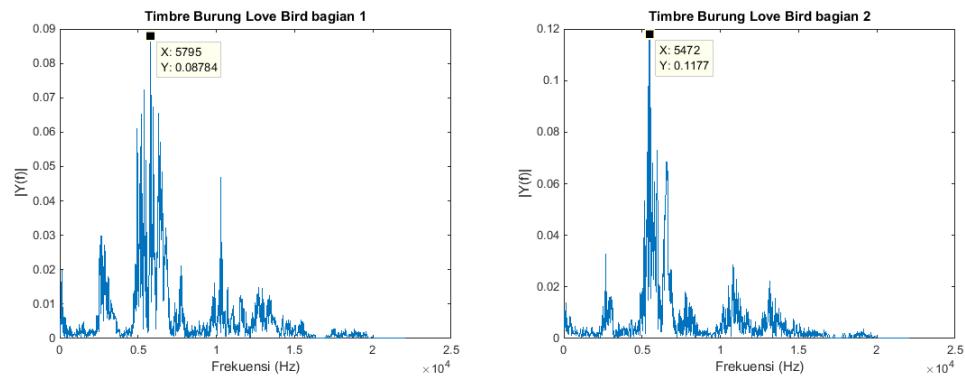


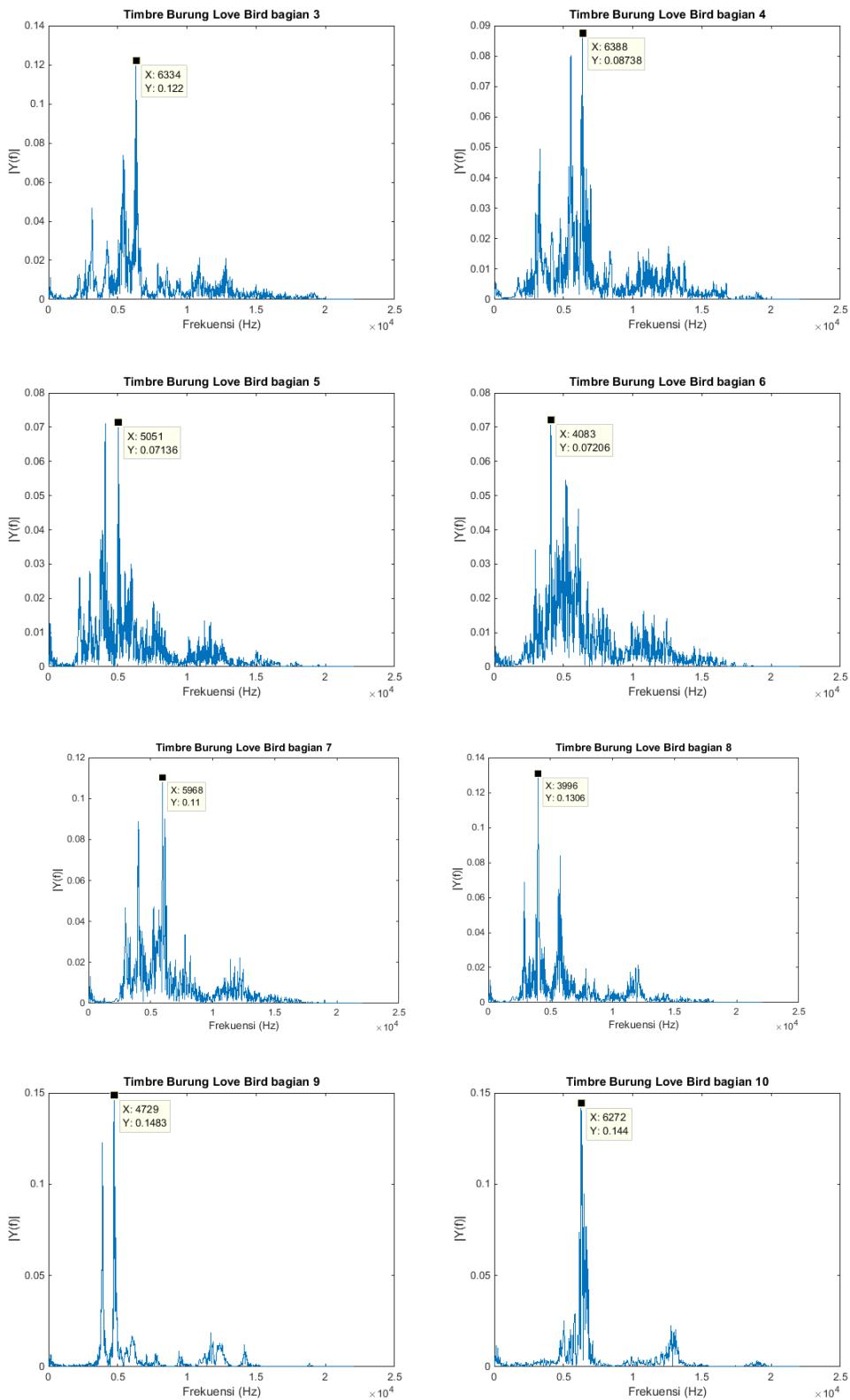


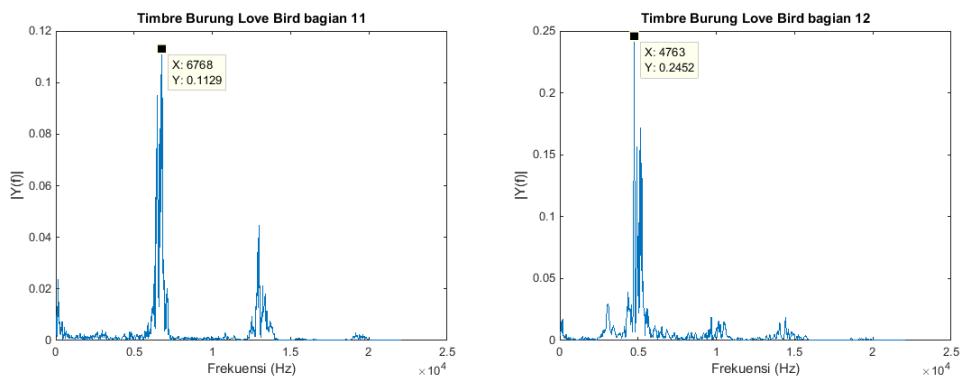
Lampiran 18. Burung Cinta (*Love Bird*)



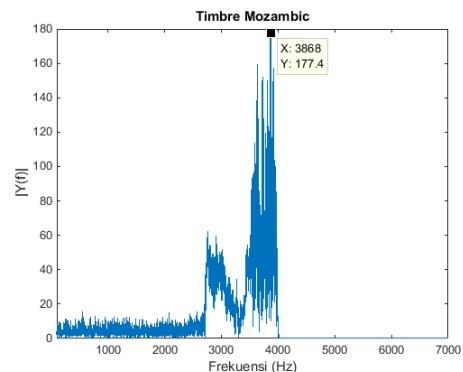
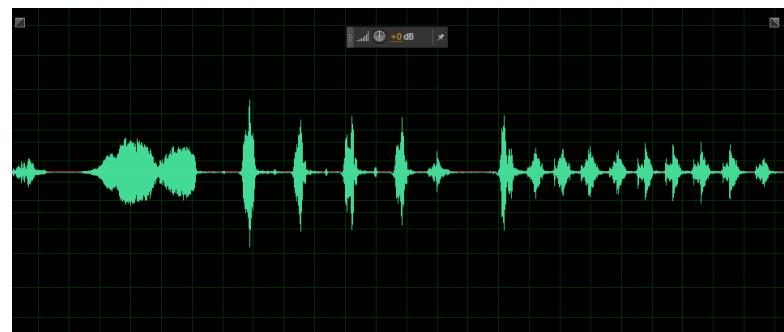
Timbre Hasil Pemotongan Suara



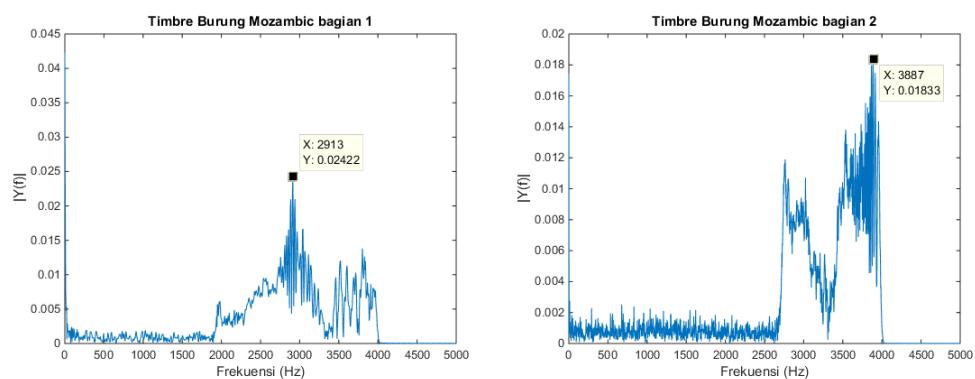


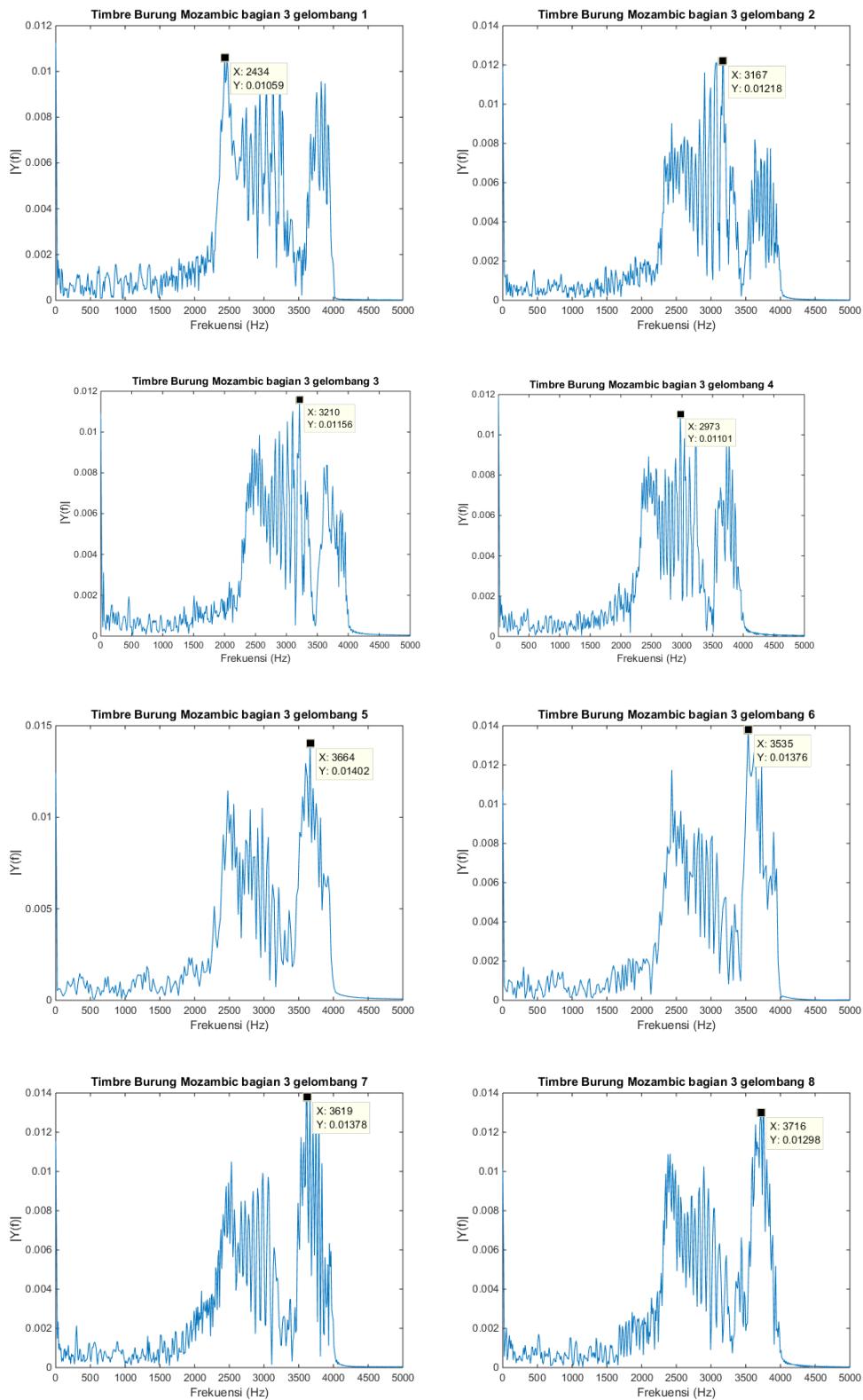


Lampiran 19. Burung Mozambik

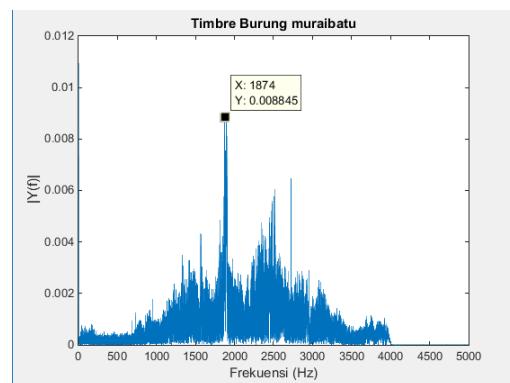


Timbre Hasil Pemotongan Suara

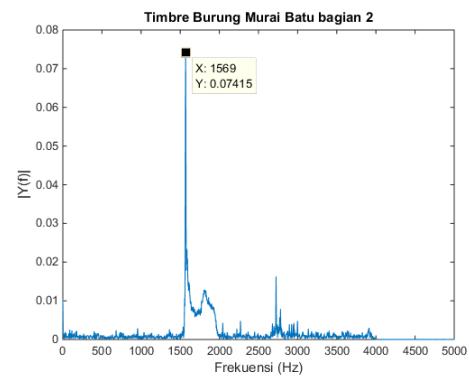
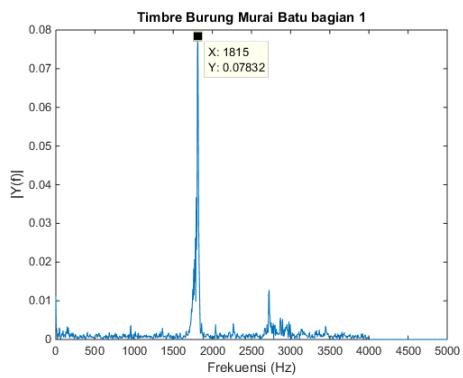


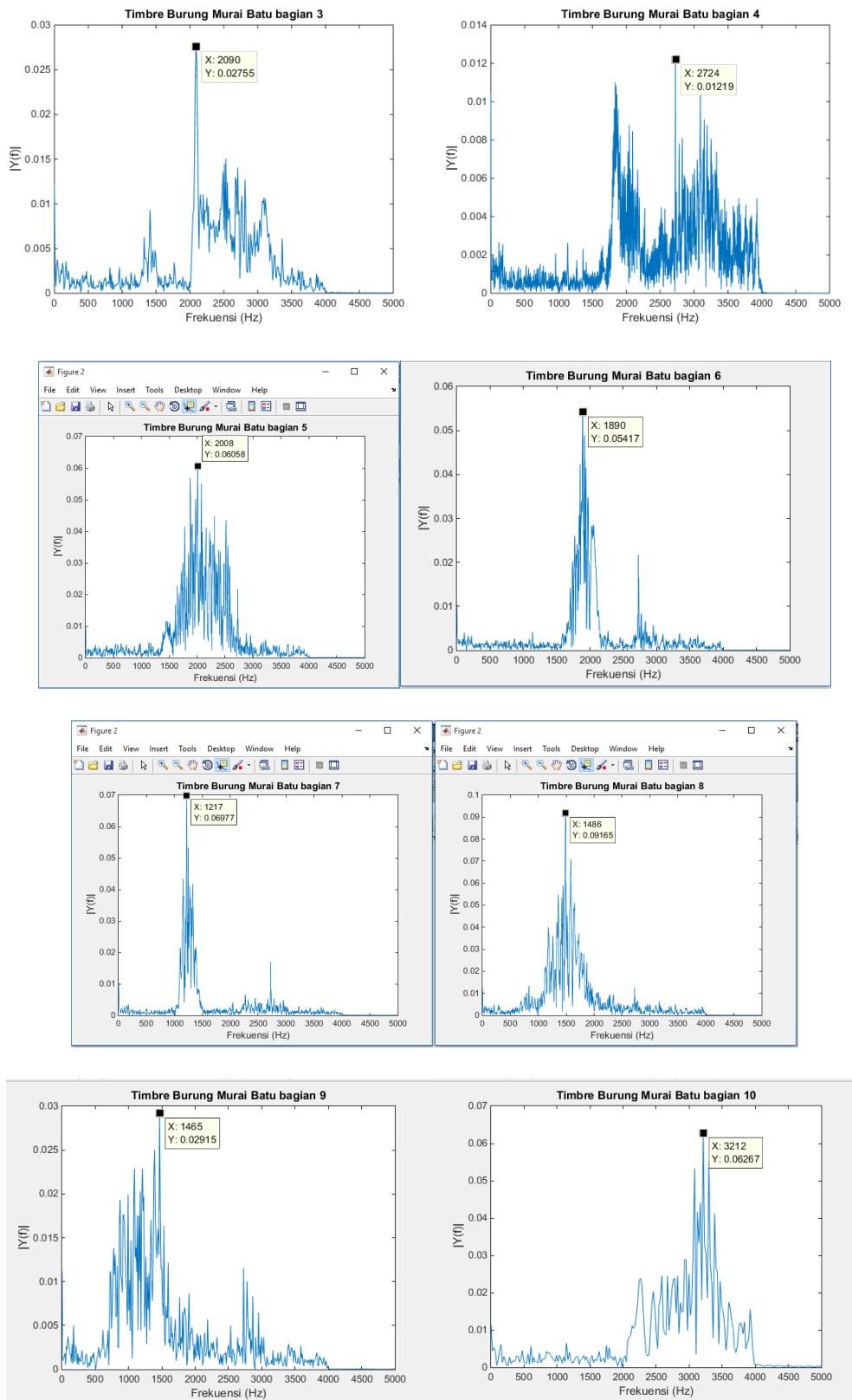


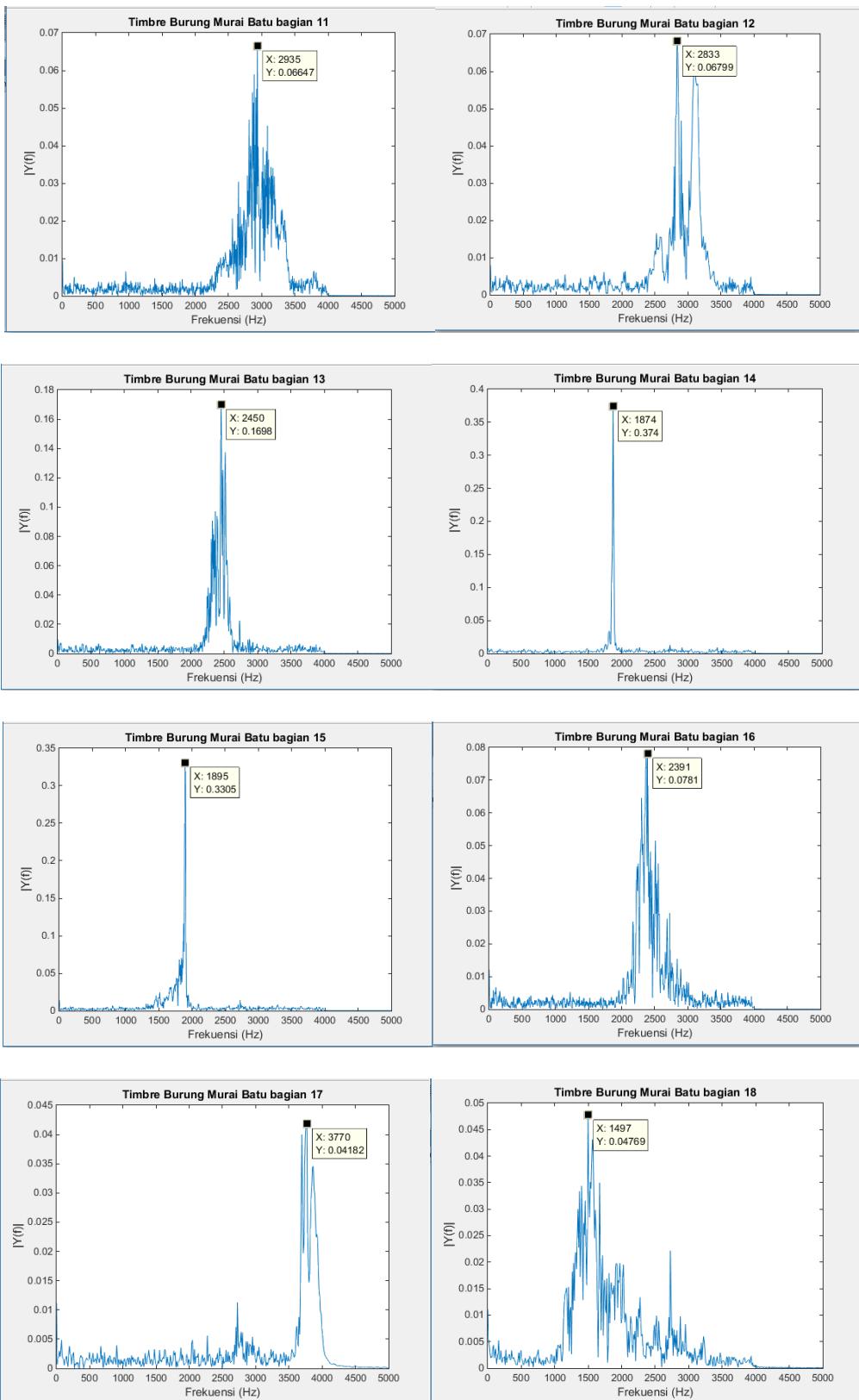
Lampiran 20. Burung Murai Batu

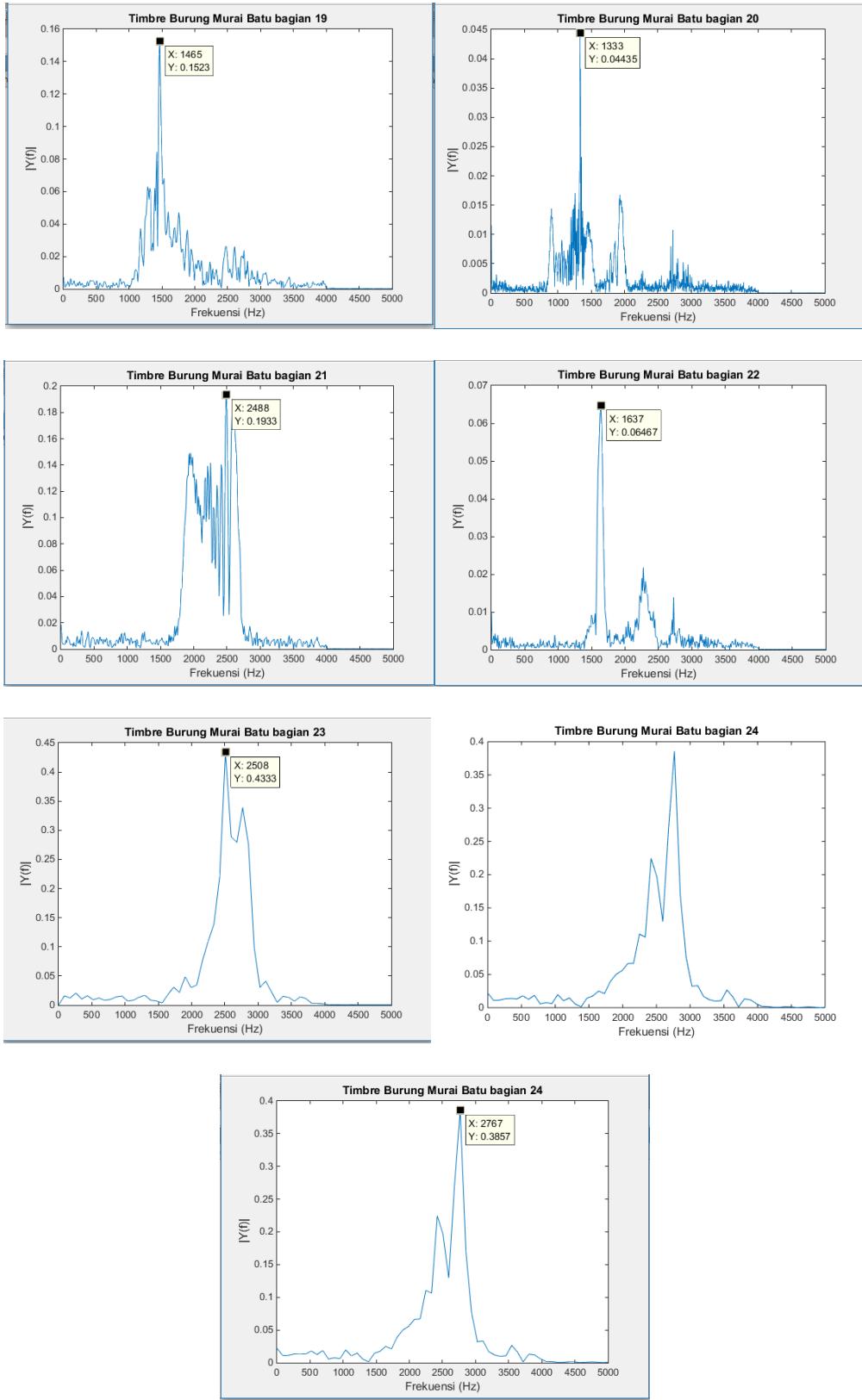


Timbre Hasil Pemotongan Suara

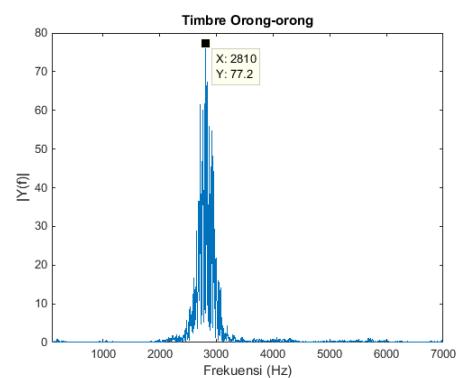
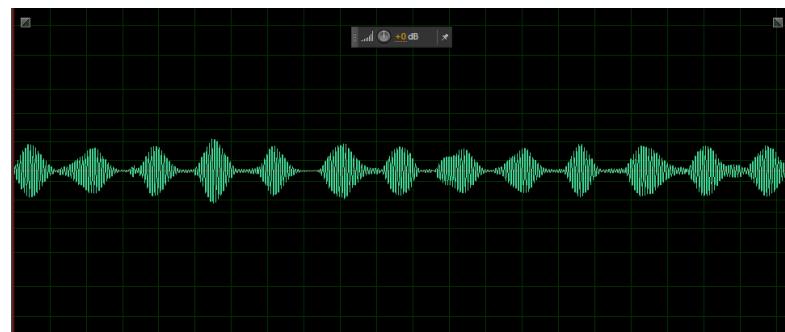




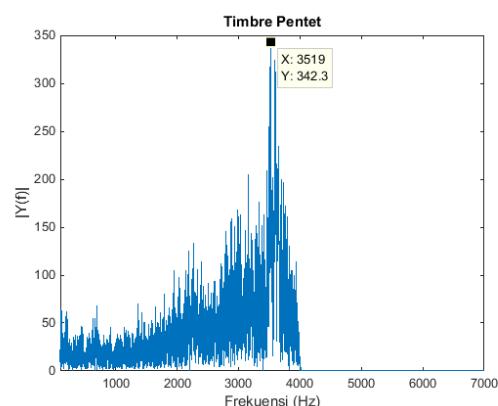




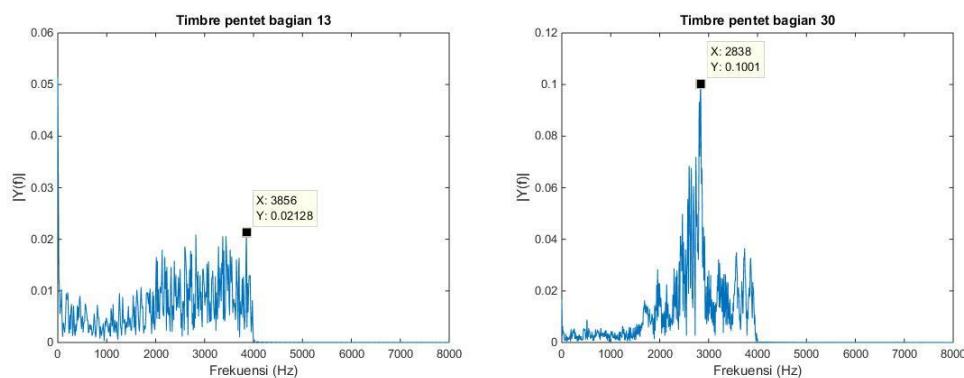
Lampiran 21. Orong-orong

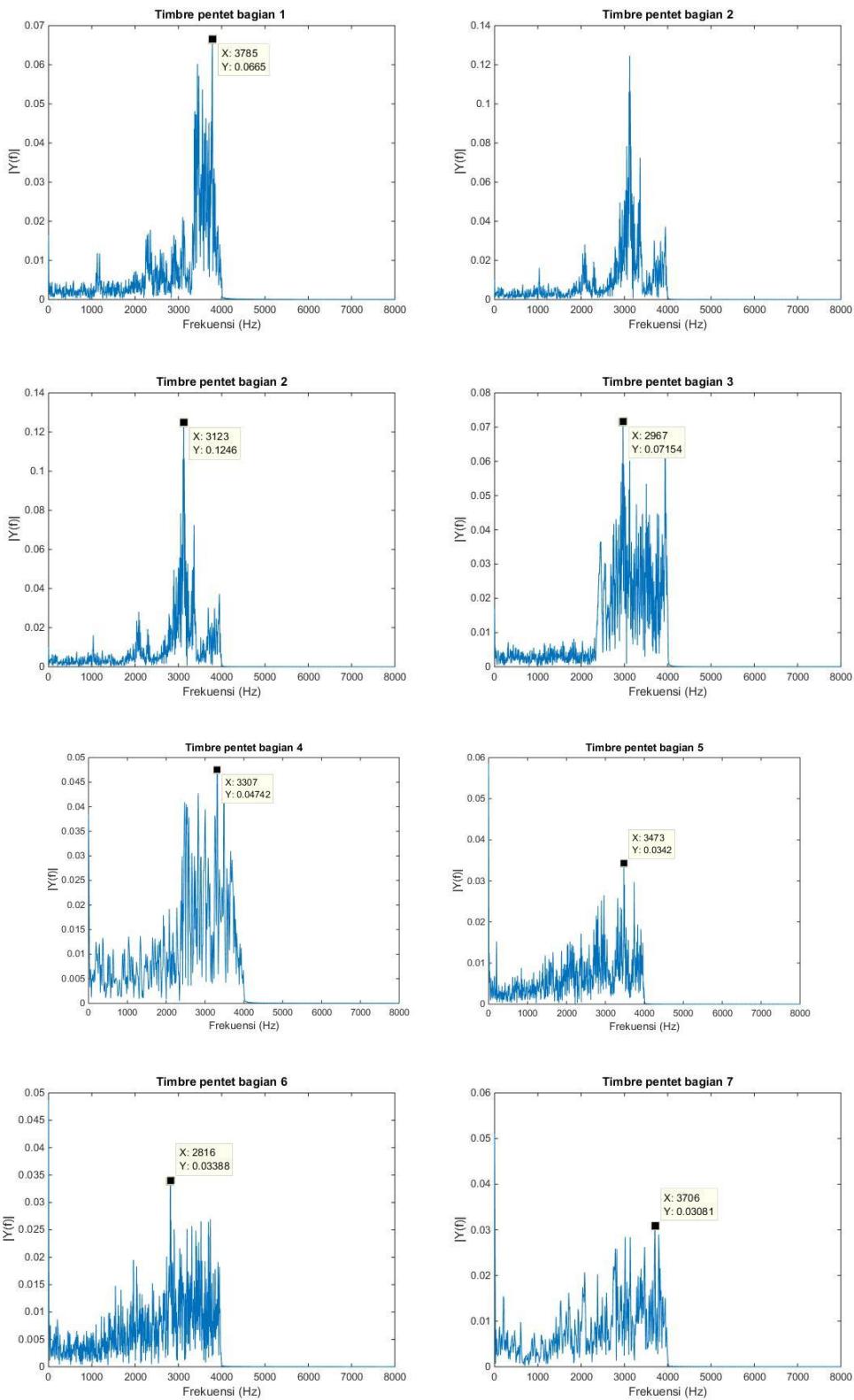


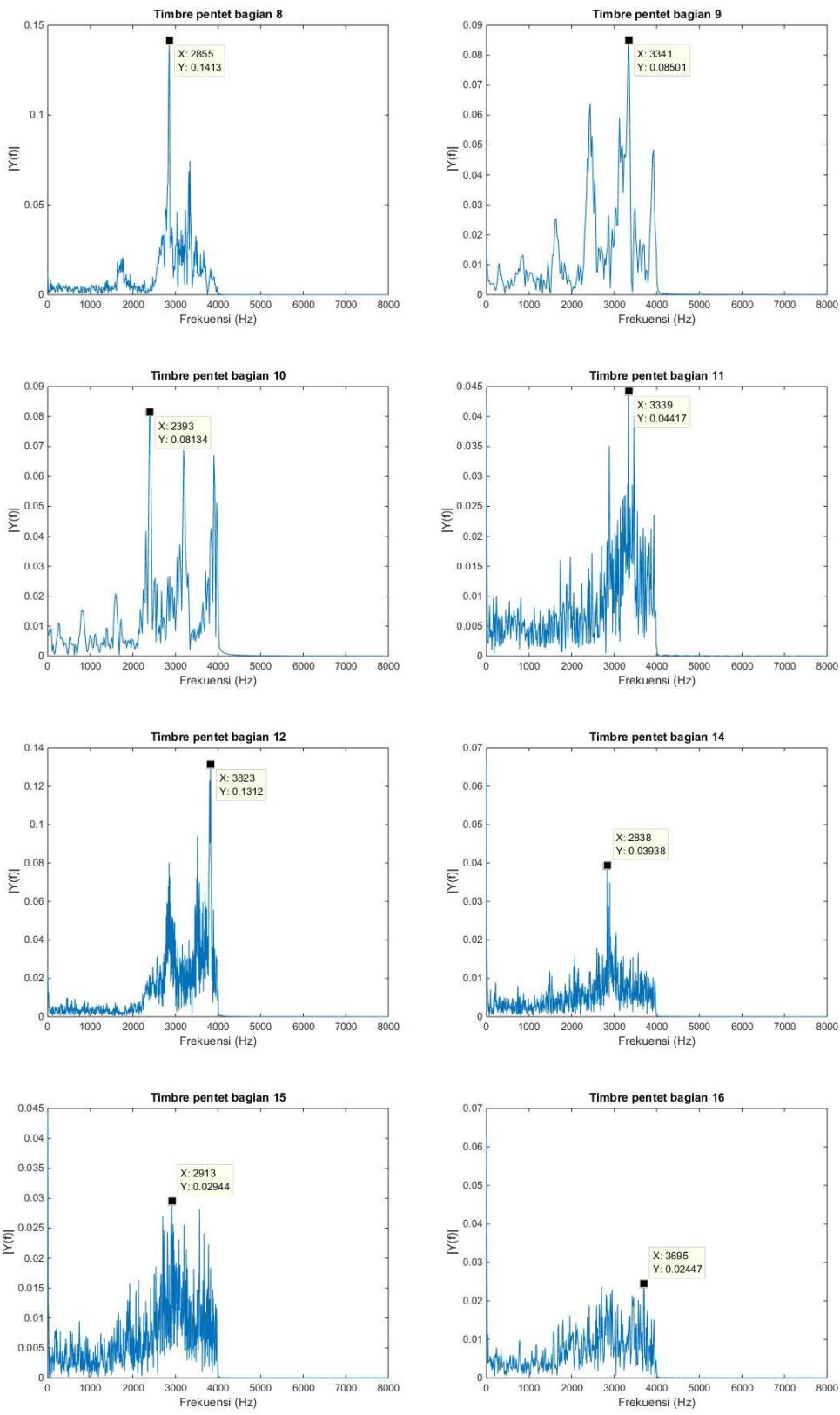
Lampiran 22. Burung Pentet

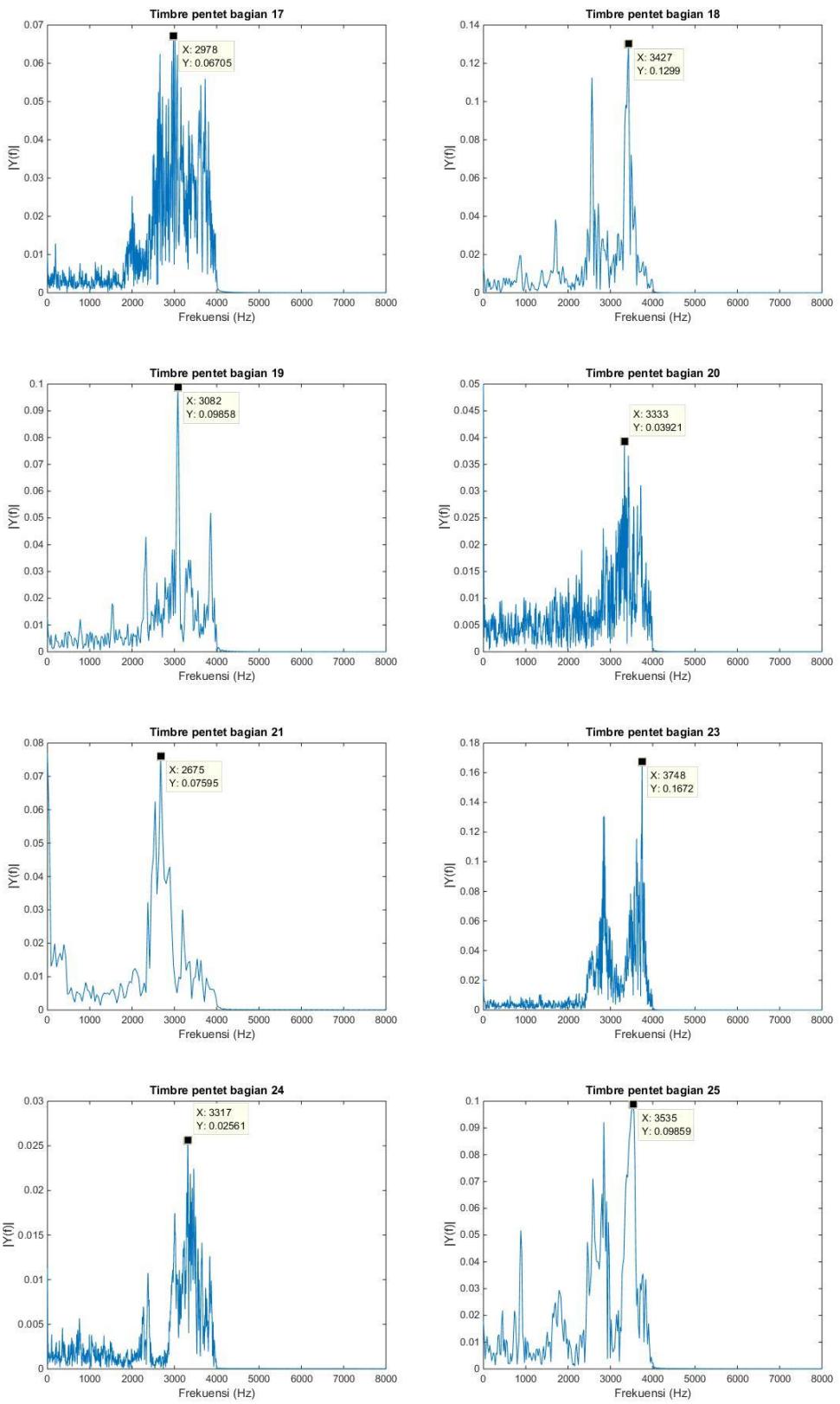


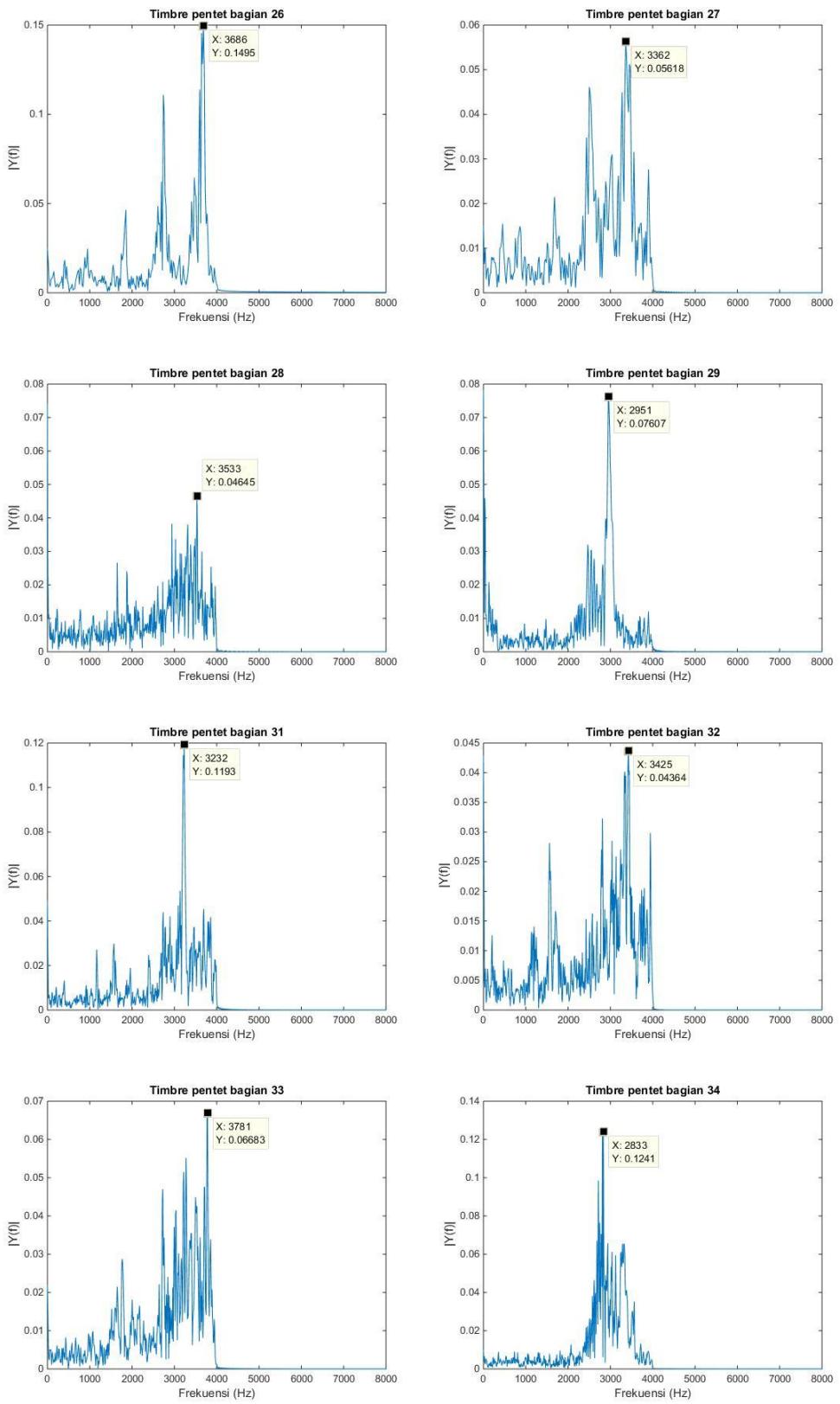
Timbre Hasil Pemotongan Suara

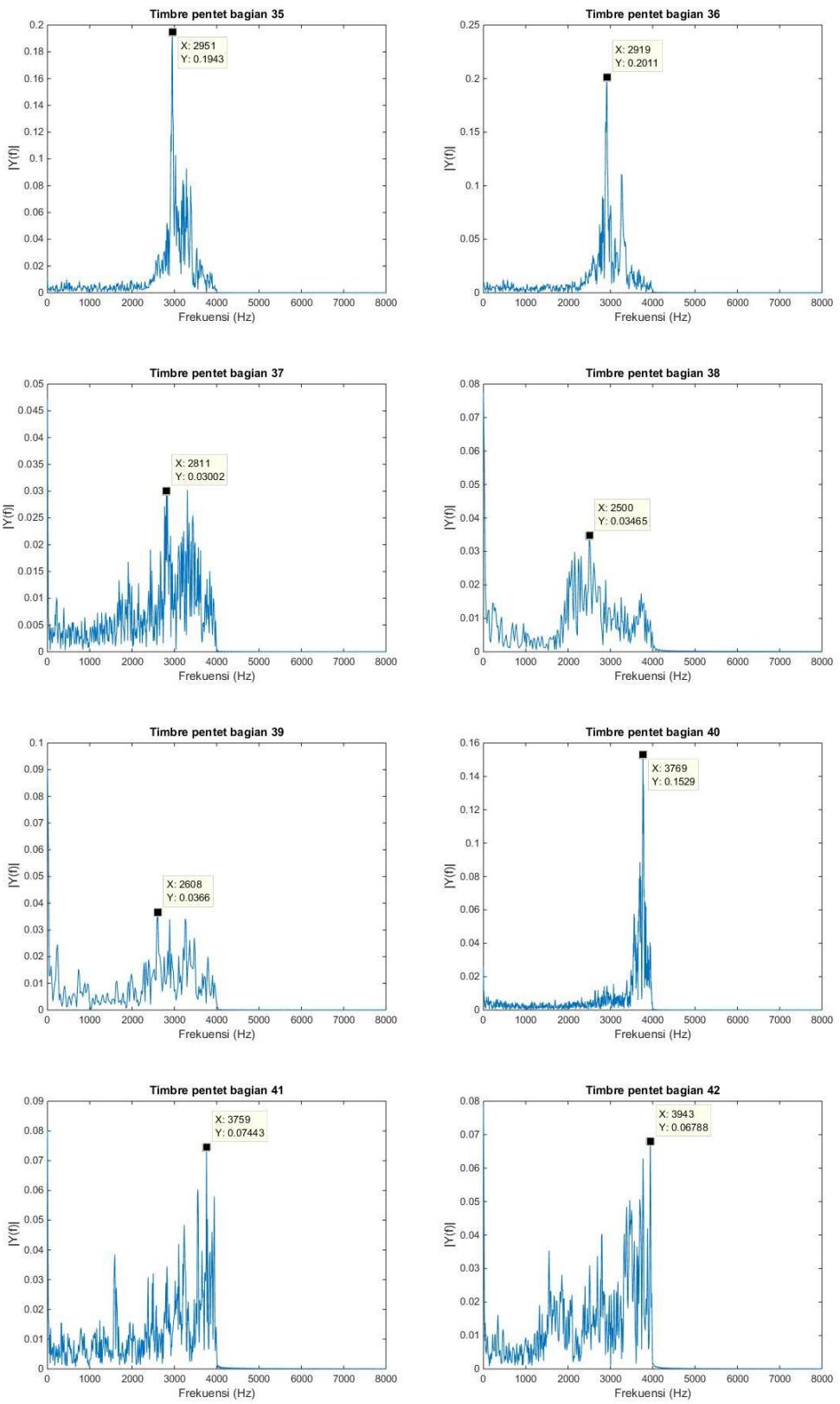


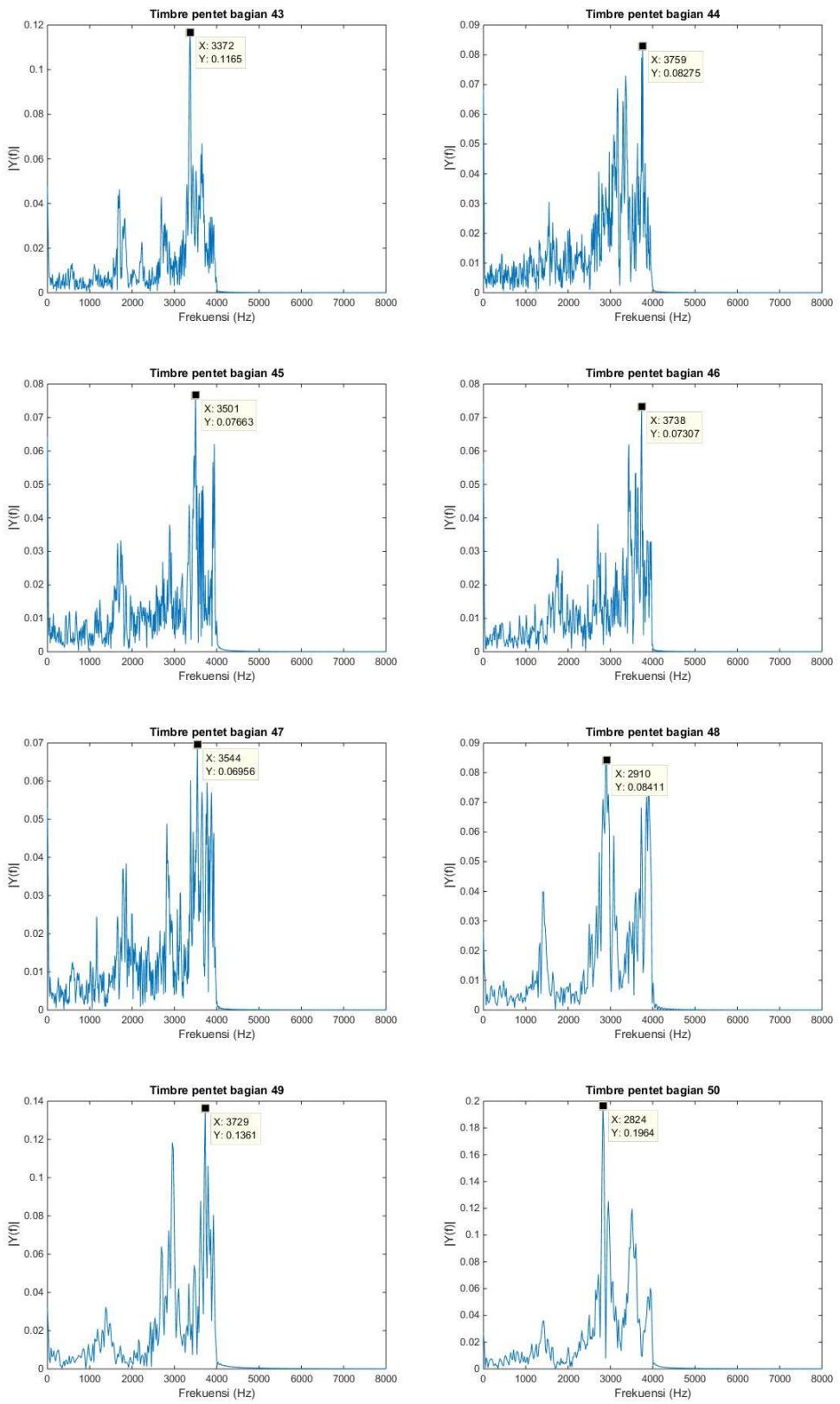


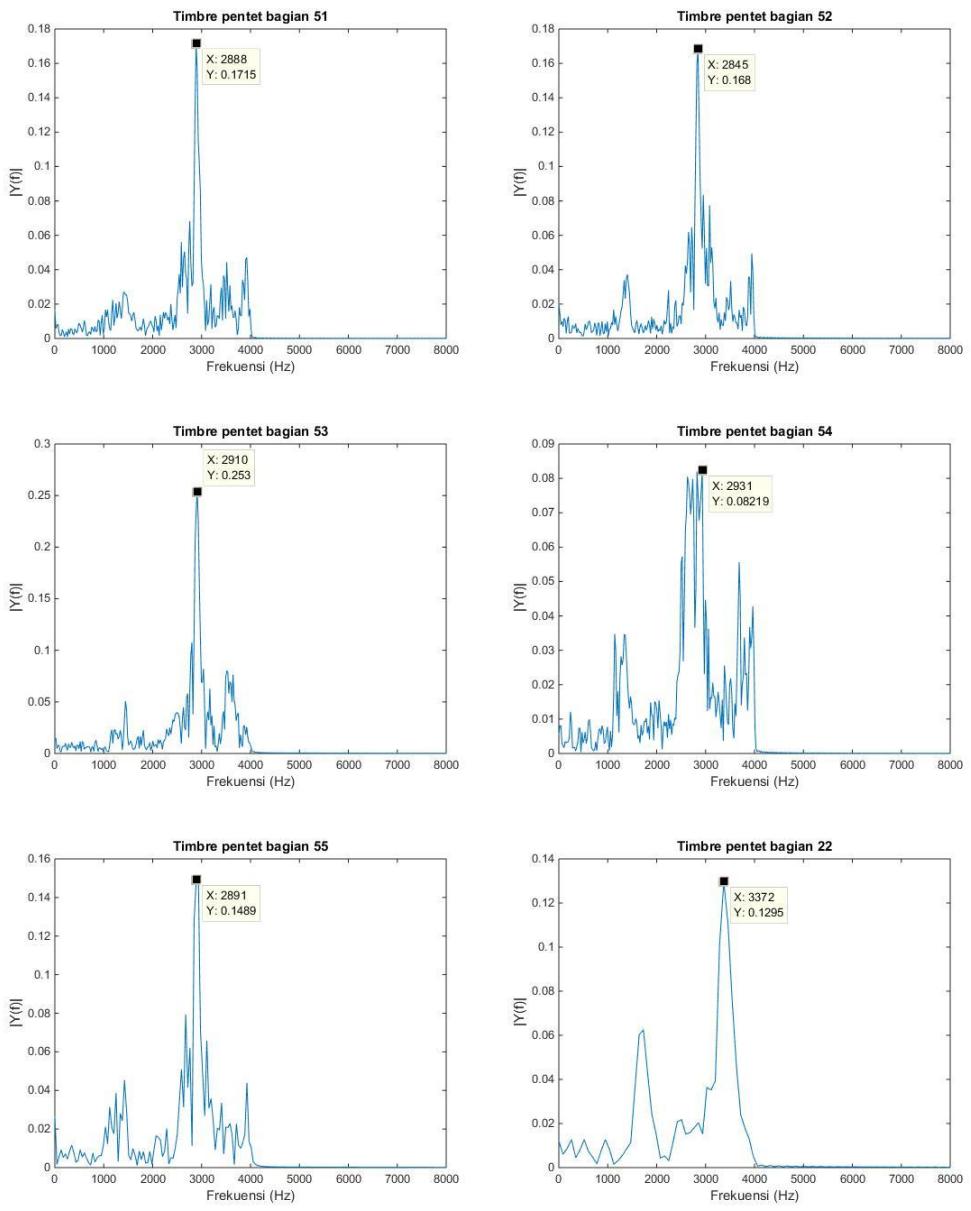




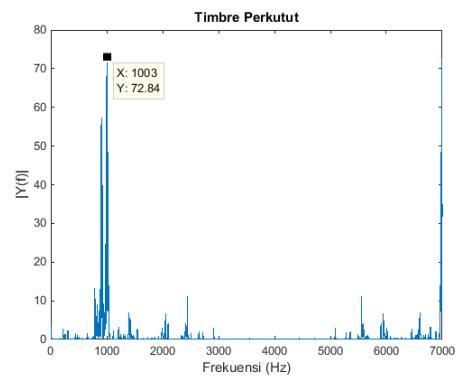
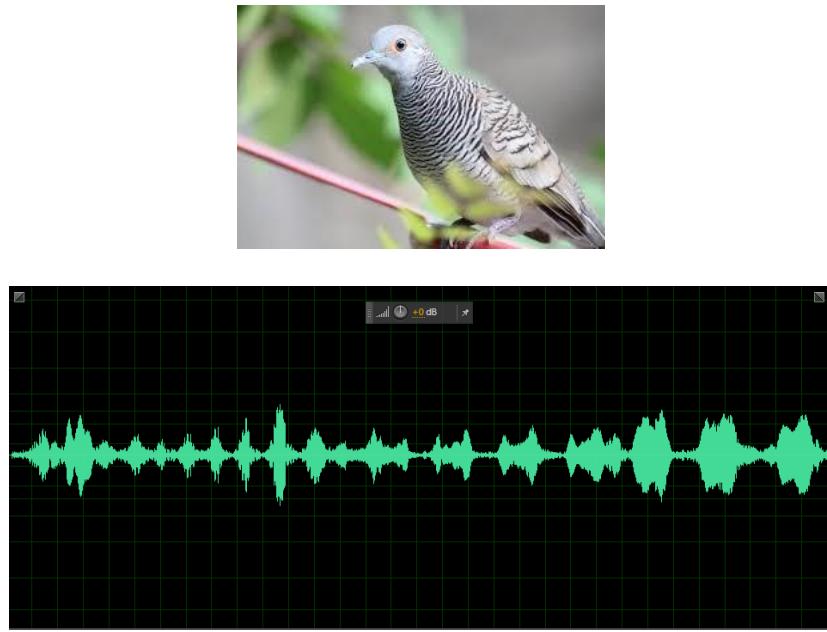




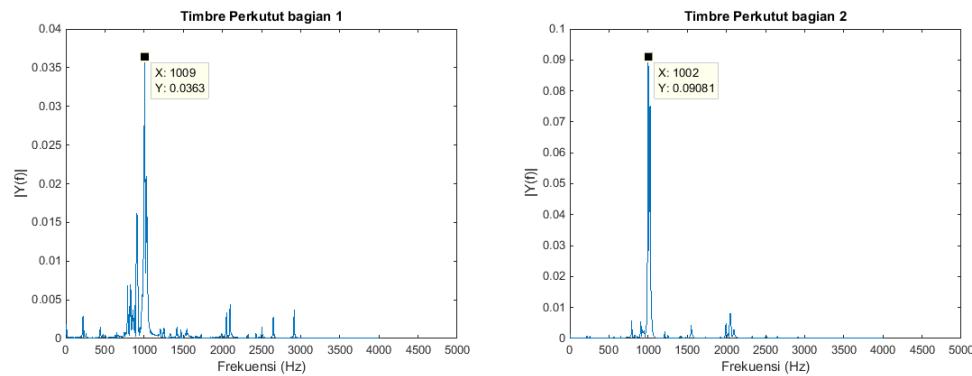


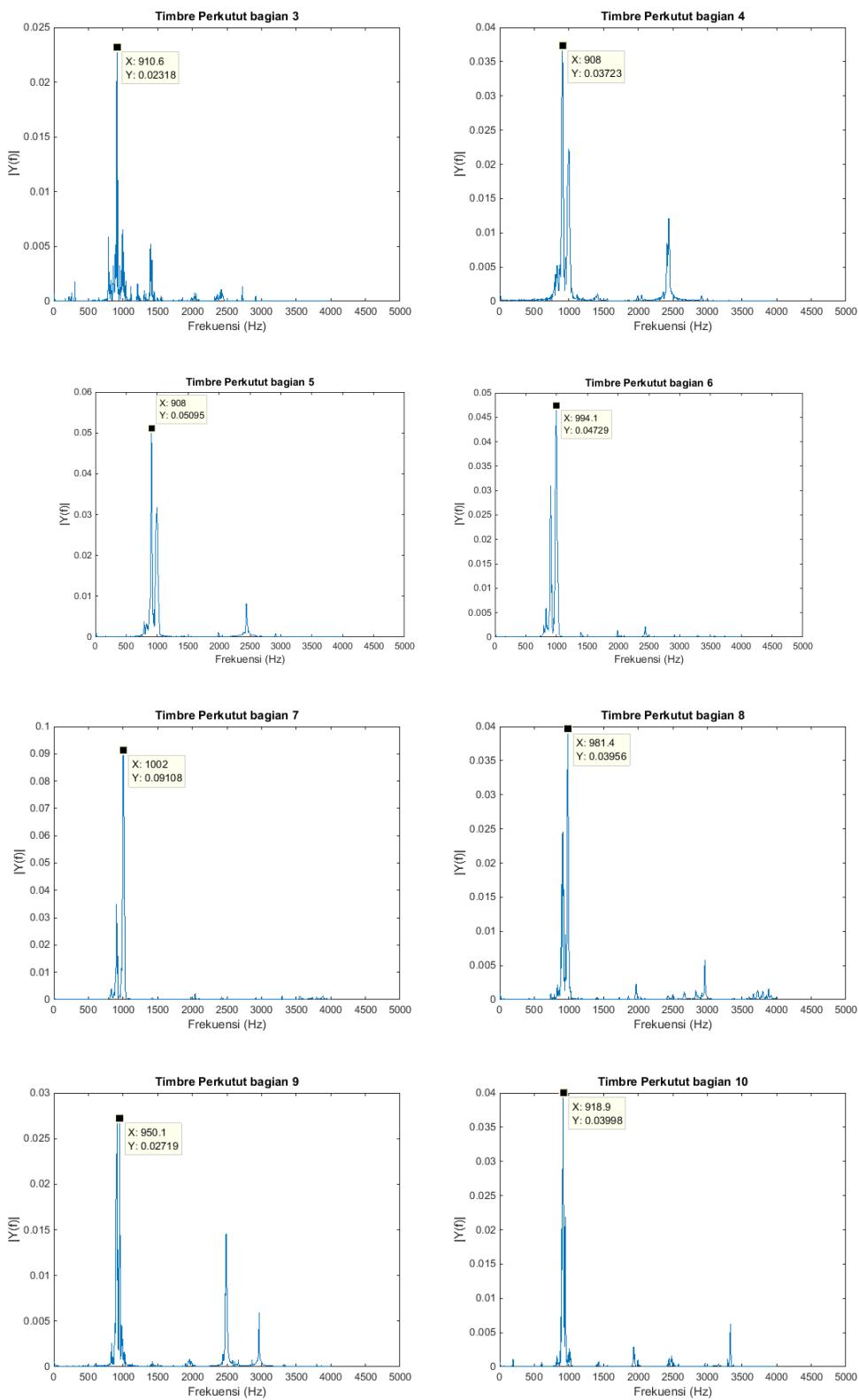


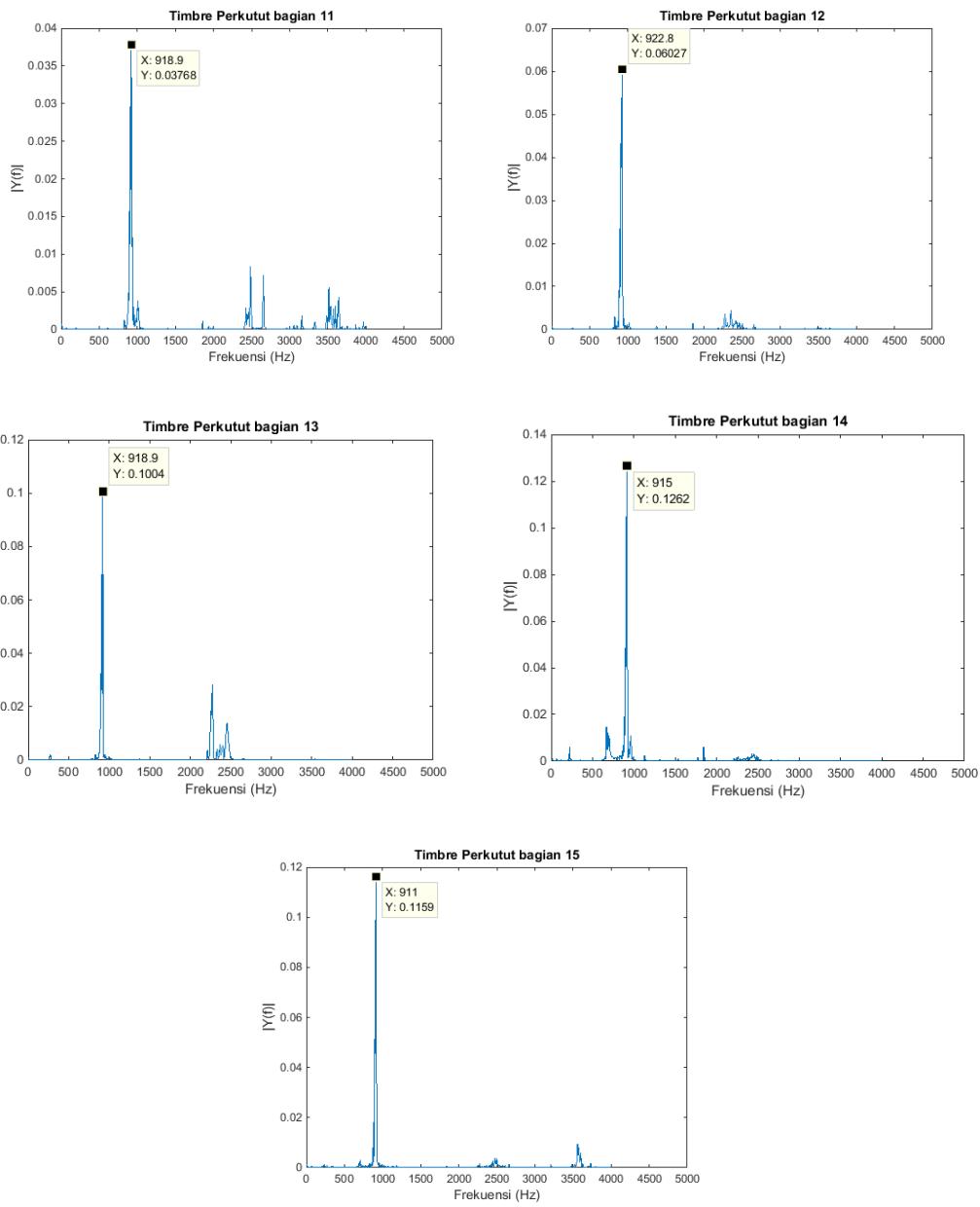
Lampiran 23. Burung Perkutut



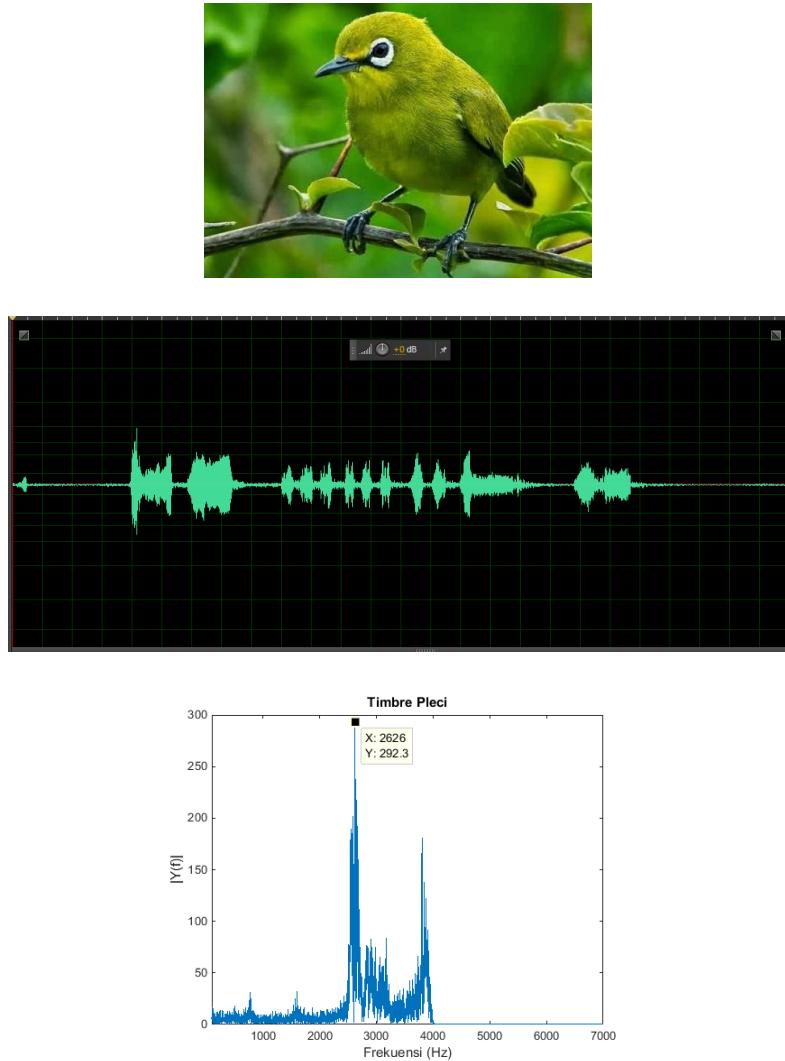
Timbre Hasil Pemotongan Suara



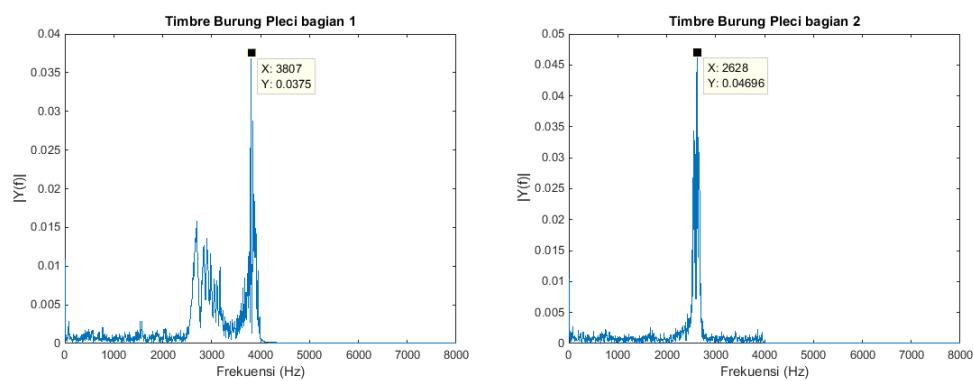


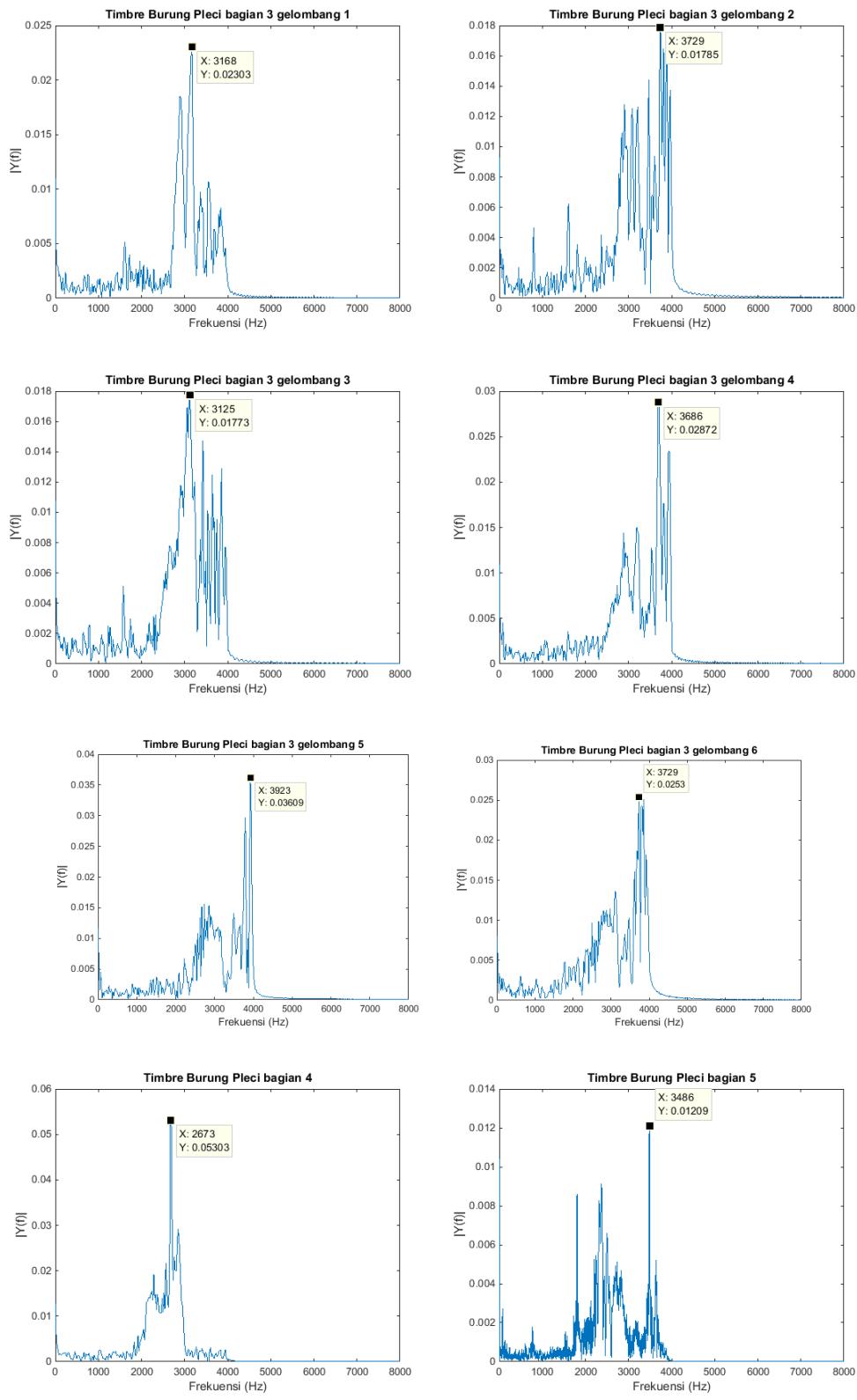


Lampiran 24. Burung Pleci

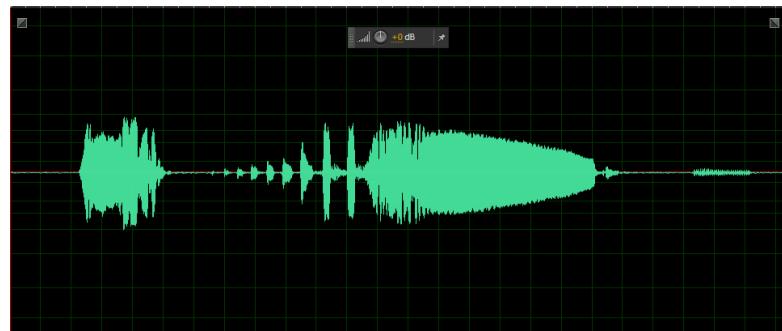


Timbre Hasil Pemotongan Suara

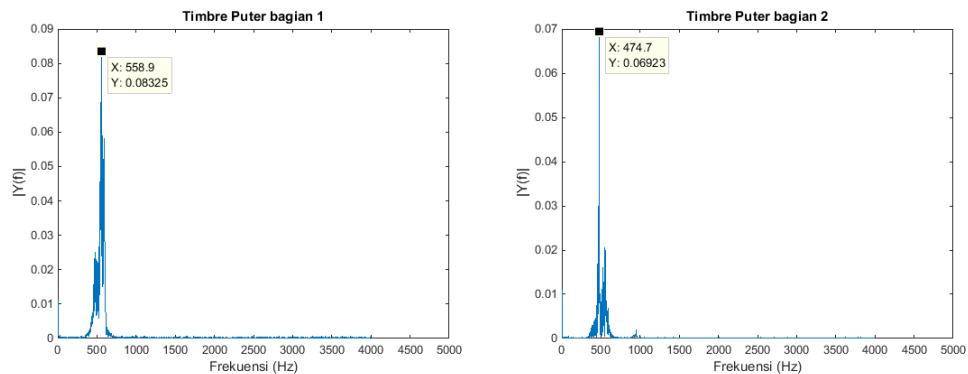




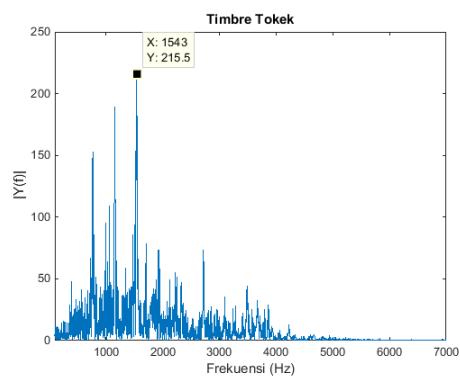
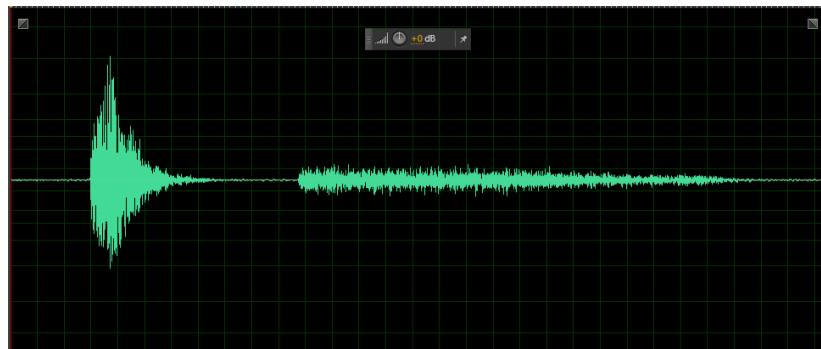
Lampiran 25. Burung Puter



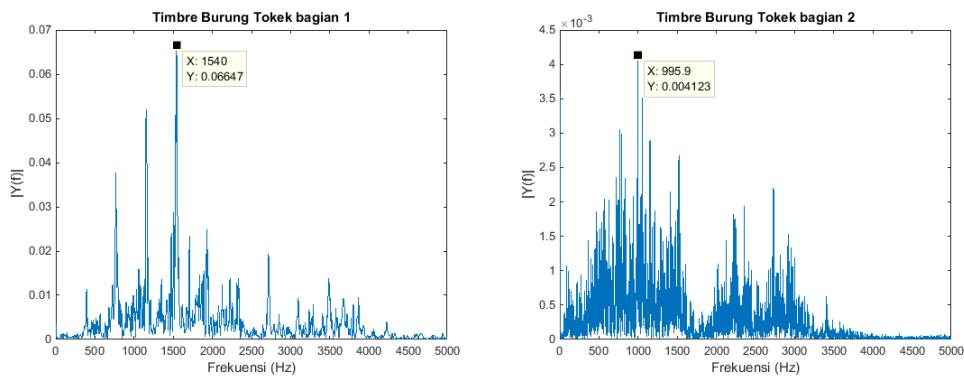
Timbre Hasil Pemotongan Suara



Lampiran 26. Tokek



Timbre Hasil Pemotongan Suara



Lampiran 27. Walang Kecek

