

**KLASIFIKASI PENGENAL SUARA KICAU BURUNG
MENGUNAKAN METODE *LINEAR PREDICTIVE
CODING (LPC) DAN NEAREST NEIGHBOR***

SKRIPSI

**Oleh:
ITSNA SYAHADATUD DINURIYATI
NIM. 14650076**



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**KLASIFIKASI PENGENAL SUARA KICAU BURUNG MENGGUNAKAN
METODE *LINEAR PREDICTIVE CODING* (LPC)
DAN *NEAREST NEIGHBOR***

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN)
Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

Oleh:

**ITSNA SYAHADATUD DINURIYATI
NIM. 14650076**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

LEMBAR PERSETUJUAN

**KLASIFIKASI PENGENAL SUARA KICAU BURUNG MENGGUNAKAN
METODE *LINEAR PREDICTIVE CODING* (LPC)
DAN *NEAREST NEIGHBOR***

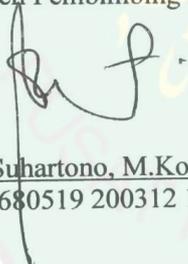
SKRIPSI

Oleh :
ITSNA SYAHADATUD DINURIYATI
NIM. 14650076

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji

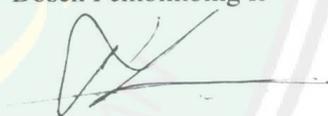
Tanggal : Juni 2019

Dosen Pembimbing I



Dr. Suhartono, M.Kom
NIP. 19680519 200312 1 001

Dosen Pembimbing II



Supriyono, M.Kom
NIP. 19841010 201903 1 012

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. Chayyo Crysdian
NIP. 19740424 200901 1 008

LEMBAR PENGESAHAN**KLASIFIKASI PENGENAL SUARA KICAU BURUNG MENGGUNAKAN
METODE *LINEAR PREDICTIVE CODING* (LPC)
DAN *NEAREST NEIGHBOR*****SKRIPSI**

Oleh :
ITSNA SYAHADATUD DINURIYATI
NIM 14650076

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal : Juni 2019

Susunan Dewan Penguji**Tanda Tangan**

Penguji Utama : M. Ainul Yaqin, M.Kom
NIP. 19761013 200604 1 004

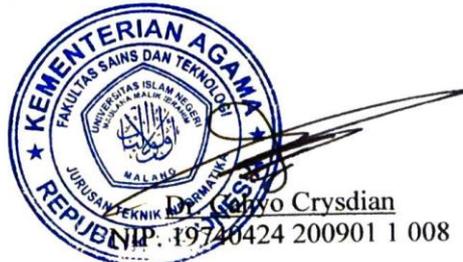
Ketua Penguji : Syahiduz Zaman, M.Kom
NIP. 19700502 200501 1 005

Sekretaris Penguji : Dr. Suhartono, M.Kom
NIP. 19680519 200312 1 001

Anggota Penguji : Supriyono, M.Kom
NIP. 19841010 201903 1 012



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Itsna Syahadatud Dinuriyati
NIM : 14650076
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Teknik Informatika
Judul Skripsi : **Klasifikasi Pengenal Suara Kicau Burung Menggunakan Metode *Linear Predictive Coding* (LPC) dan *Nearest Neighbor***

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-nenar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, Juni 2019

Yang membuat pernyataan



Itsna Syahadatud Dinuriyati
NIM. 14650076

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT dan sholawat serta salam untuk yang paling dirindukan ummat islam Nabi Muhammad SAW, saya persembahkan karya ini kepada:

Ibu dan ayahku yang sangat saya cintai, yang kesabarannya seakan tidak ada batasnya. Do'a dan dukunganmu yang membuat saya sampai pada titik ini. Terimakasihku yang tak henti-hentinya saya ucapkan sepanjang waktu. Semoga Allah SWT memberikan umur yang panjang, kesehatan, dan memudahkan segala urusan dan dilancarkan segala usaha kalian.

Amiin Ya Rabbal 'Alamin

Teruntuk adik-adikku tersayang, semoga kalian sehat dan selalu dilindungi Allah SWT. Semoga kita semua dapat menjadi anak kebanggaan ibu dan ayah.

Amiin Ya Rabbal 'Alamin

Alm. Rama kyai H.Iskandar pendiri Pondok Pesantren Manba'ul Ulum serta seluruh dzuriah dan para guru yang saya hormati. Semoga saya mendapat barokah ilmu didunia sampai akhirat.

Kepada orang-orang yang banyak membantu juga teman-teman dekat saya, saya ucapkan terimakasih karena telah banyak meluangkan waktu dan bersedia berbagi ilmunya.

Untuk semua teman-teman Biner seperjuangan, terimakasih telah menjadi warna dan segala kenangan yang kita ukir bersama. Semoga dimasa yang akan datang kita dipertemukan dengan segala kesuksesan yang kita raih.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji syukur penulis atas kehadirat Allah SWT, berkat limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Klasifikasi Pengenal Suara Kicau Burung Menggunakan Metode *Linier Predictive Coding (LPC)* dan *Nearest Neighbor*” sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Strata-1 program studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Shalawat serta salam senantiasa tercurah abadikan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta para sahabat, keluarga dan ummatnya hingga nanti akhir zaman.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini bukanlah tujuan akhir dari belajar, karena belajar adalah sesuatu yang tidak terbatas. Penulis juga menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan baik isi, bahasa serta penulisannya. Penulis menyadari keterbatasan pengetahuan yang penulis miliki, karena itu, dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karenanya, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.

2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Cahyo Crysdiyan selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Suhartono, M.Kom selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingan, kritik, saran, dan motivasi yang diberikan.
5. Supriyono, M. Kom selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan, kritik, saran, dan motivasi yang diberikan.
6. Bapak dan Ibu dosen Teknik Informatika beserta para asisten dosen, segenap staf karyawan, karyawan dan teman-teman angkatan 2014 Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan yang terdapat dalam skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikan skripsi ini sehingga dapat memberikan manfaat dan kebaikan bagi banyak pihak, khususnya bagi penulis. Dan semoga bernilai ibadah di hadapan Allah SWT. *Amiin Ya Rabbal Alamiin.*

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Malang, Juni 2019

Penulis

MOTTO

*“Semua do’a akan dikabulkan
Hanya waktunya saja yang dirahasiakan
Maka jangan pernah putus harapan
”*



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
KATA PENGANTAR	vii
MOTTO	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
المخلص	xvi
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Penelitian	6
1.5 Manfaat.....	7
BAB II.....	8
2.1 Sinyal Suara.....	8
2.2 Pengenalan Suara Digital	9
2.3 <i>Linear Predictive Coding</i> (LPC)	11
2.4 <i>Euclidean Distance</i>	14
2.3 <i>K-fold Cross Validation</i>	17
2.4 Penelitian Terkait	18
BAB III	21
3.1 Desain Penelitian	21
3.1.1 Objek Penelitian.....	21
3.1.2 Prosedur Penelitian	21
3.1.3. Jenis Penelitian	23
3.1.4. Sumber Data	23
3.2 Prosedur Kegiatan Penelitian	23
3.3 Desain Sistem	28

3.4 Desain <i>Interface</i>	35
BAB IV	37
4.1 Peralatan yang digunakan.....	37
4.1.1 <i>Hardware</i>	37
4.1.2 <i>Software</i>	37
4.2 Analisis Sistem	38
4.3 User Interface Data Latih	39
4.4 <i>User Interface</i> Klasifikasi	49
4.5 Data Uji Coba.....	55
4.6 Hasil Pengujian.....	56
4.6.1 Klasifikasi dengan <i>Nearest Neighbor</i>	56
4.6.2 Uji Coba Klasifikasi <i>K-Fold Cross Validation</i>	57
4.7 Pembahasan	58
4.8 Integrasi Penelitian terhadap Qur'an dan Hadits.....	61
BAB V PENUTUP.....	68
5.1 Kesimpulan.....	68
5.2 Saran	69
Daftar Pustaka	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bentuk Euclidean Distance dengan 2 koordinat	15
Gambar 2. 2 Ilustrasi Teknik Cross-Validation	17
Gambar 3.1 Diagram alur prosedur penelitian	23
Gambar 3. 2 Desain sistem klasifikasi jenis kicau burung.....	28
Gambar 3. 5 Hasil dari proses Preempasis.....	29
Gambar 3. 6 Frame Blocking sinyal	30
Gambar 3. 7 Frame N Sampel dari domain waktu ke domain frekuensi	31
Gambar 3. 8 Hasil analisis LPC untuk mendapatkan nilai formant.....	31
Gambar 3. 9 Tabel nilai formant koefisien cepstrum.....	33
Gambar 3. 12 Desain klasifikasi pengenalan suara kicau burung	34
Gambar 4. 1 Diagram Blok Alur Kerja Sistem	38
Gambar 4. 4 Hasil Running Interface Training Pengenal Suara Kicau Burung	40
Gambar 4. 5 Tampilan untuk Mengambil Data Latih	41
Gambar 4. 6 Tampilan Nama File dari Data Latih.....	41
Gambar 4. 7 Tampilan Gelombang Amplitudo Data Training Pada axes 1	41
Gambar 4. 8 Tampilan Pop-up Menu yang Berisi Pilihan Jenis Burung	43
Gambar 4. 9 Tampilan Setelah Nilai Formant didapatkan.....	44
Gambar 4. 10 Tampilan Gelombang Sinyal Amplitudo Setelah Proses Ekstraksi	45
Gambar 4. 11 Tampilan Success Menyimpan dalam Database	46
Gambar 4. 12 Tampilan Sebagian Nilai formants dalam Database	47
Gambar 4. 13 Hasil Running User Interface Klasifikasi.....	48
Gambar 4. 14 Tampilan untuk Mengambil Data Testing	49
Gambar 4. 15 Tampilan Nama File dari Data Testing	50
Gambar 4. 16 Tampilan Gelombang Amplitudo Sebelum Proses LPC.....	51
Gambar 4. 17 Tampilan Gelombang Amplitudo Setelah Proses Ekstraksi	52
Gambar 4. 18 Tampilan Nilai dari Persamaan Perhitungan Euclidean Distance...53	
Gambar 4. 19 Tampilan Hasil Klasifikasi Pengenal Suara Kicau Burung	54
Gambar 4. 20 Flowchart Klasifikasi dengan <i>Euclidean Distance</i>	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Nilai formant data training untuk sampel data testing	34
Tabel 3. 2 Nilai x,y dari hasil perhitungan persamaan koefisien cepstral.....	34
Tabel 3. 3 Nilai minimal dari setiap jenis burung.....	35
Tabel 4. 1 Seluruh nilai formants data latih.....	51
Tabel 4.2 <i>Dataset</i> nilai <i>formants</i> burung Cucak hijau.....	55
Tabel 4.3 <i>Dataset</i> nilai <i>formants</i> burung Kacer.....	55
Tabel 4.4 <i>Dataset</i> nilai <i>formants</i> burung Lovebird.....	55
Tabel 4.5 <i>Dataset</i> nilai <i>formants</i> burung Murai batu.....	55
Tabel 4.6 <i>Dataset</i> nilai <i>formants</i> burung Perkutut.....	56
Tabel 4.7 Skenario pengujian.....	58
Tabel 4.8 Tabel <i>Confusion Matrix</i>	59
Tabel 4.9 <i>Confusion matrix</i> Hasil Klasifikasi.....	60
Tabel 4.10 Nilai Presisi, <i>Recall</i> dan Akurasi dari Setiap Jenis Burung.....	60
Tabel 4.11 Nilai Presisi, <i>Recall</i> dan Akurasi Akhir.....	61

ABSTRAK

Dinuriati, Itsna Syahadatud. 2019. Klasifikasi Pengenal Suara Kicau Burung Menggunakan Metode *Linear Predictive Coding* (LPC) dan *Nearest Neighbor*. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islan Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pembimbing (I) Dr.Suhartono, M.Kom. (II) Supriyono, M.Kom

Kata kunci: Klasifikasi, *Linear Predictive Coding* (LPC), *Nearest Neighbor*.

Spesies burung merupakan salah satu hewan yang banyak digemari, mulai dari ukuran, warna bulu, dan juga kicauannya. Burung berkicau mempunyai daya tarik tersendiri bagi para penggemar sampai para ilmuwan. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan dan selama ini usaha untuk mengidentifikasi spesies burung dilakukan berdasarkan bentuk morfologinya. Sedangkan Sebuah sistem yang mampu mengklasifikasikan berdasarkan identitas atau ciri suara belum banyak dilakukan secara intensif. Penelitian ini menghasilkan sebuah model klasifikasi suara kicau jenis burung sebagai salah satu alternatif penyelesaian masalah dalam pengenalan jenis burung berdasarkan suara kicaunya dengan data hasil rekaman suara jenis burung yang digunakan adalah perkutut, lovebird, kacer, murai batu, dan cucak hijau. Karena jenis burung-burung tersebut yang umum dipelihara oleh individu. Metodologi penelitian yang diterapkan dalam sistem adalah *Linear Predictive Coding* (LPC) sebagai *feature extraction* dan *Nearest Neighbor* digunakan sebagai klasifikasi untuk mendapatkan pola yang identik cocok berdasarkan jarak data, kebeberapa data terdekat. Hasil penelitian ini berupa: (1). Pembuatan sistem klasifikasi pengenalan suara kicau burung memanfaatkan aplikasi *Matrix Laboratory* atau Matlab (2). pengujian akurasi *K-Fold Cross Validation* didapatkan akurasi sebesar 60%, presisi 60%, *recall* 80%. (3). Berdasarkan total kinerja sistem yang telah didapatkan, maka dapat diambil kesimpulan dengan implementasi metode *Linear Predictive Coding* (LPC) sebagai ekstraksi ciri dan *Nearest Neighbor* dapat digunakan untuk mengklasifikasikan pengenalan jenis burung perkutut, lovebird, kacer, murai batu, dan cucak hijau berdasarkan suara kicaunya.

ABSTRACT

Dinuriyati, Itsna Syahadatud. 2019. **Identifying Classification of Bird Chirping Sounds Using the *Linear Predictive Coding (LPC)* and *Nearest Neighbor***. Thesis. Informatics Engineering Department of the Faculty of Science and Technology of the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang.

Counselor (I) Dr.Suhartono, M.Kom. (II) Supriyono, M.Kom.

Keywords : Classification, *Linear Predictive Coding (LPC)*, *Nearest Neighbor*.

Bird species are one of the most popular animals, ranging in size, color of feathers, and also their tweets. Birds singing has a special attraction for fans to scientists. Based on several studies that have been carried out and so far efforts to identify bird species have been carried out based on their morphological forms. While a system that is able to classify based on identity or sound characteristics has not been done intensively. This study produced a sound classification model for birds chirping as an alternative problem solving in bird species recognition based on the sound of chirping with the data recorded by the sound types of birds used were Perkutut, Lovebird, Kacer, Murai batu, and Cucak hijau. Because the types of birds are commonly maintained by individuals. The research methodology applied in the system is the *Linear Predictive Coding (LPC)* as a feature extraction and *Nearest Neighbor* is used as a classification to get identical matching patterns based on the distance of the data, to some of the closest data. The results of this study are: (1). Making a classification system for bird chirping voice recognition utilizes Matrix Laboratory or Matlab applications (2). Testing the accuracy of *K-Fold Cross Validation* obtained an accuracy of 60%, 60% precision, 80% recall. (3). Based on the total system performance that has been obtained, it can be concluded that the implementation of the *Linear Predictive Coding (LPC)* method as feature extraction and *Nearest Neighbor* can be used to classify Lovebird, Kacer, Murai batu, and Cucak hijau species based on their chirping sounds.

الملخص

الدين رية، اثنى شهدة، 2019، تصنيف معرفات الصوت النقيق الطيور باستخدام الترميز التنبؤي الخطي (LPC) وطرق الجوار الأقرب. قسم التقنية المعلوماتية كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج
المشرف: (1) سهرتونو الماجستير (2) سوفريونو الماجستير.

الكلمات المفتاحية: التصنيف، الترميز التنبؤي الخطي (LPC)، أقرب جار.

أنواع الطيور هي واحدة من أكثر الحيوانات شعبية، تتراوح في الحجم ولون الريش، وكذلك تويتها. غناء الطيور له جاذبية خاصة للجماهير للعلماء. بناءً على العديد من الدراسات التي تم إجراؤها وحتى الآن، تم بذل جهود لتحديد أنواع الطيور استنادًا إلى أشكالها المورفولوجية. في حين أن نظام قادر على التصنيف على أساس الهوية أو خصائص الصوت لم يتم بشكل مكثف. أسفرت هذه الدراسة عن نموذج تصنيف صوتي لطيور النقيق باعتباره حلًا بديلاً لحل مشكلة تحديد أنواع الطيور استنادًا إلى صوت النقيق مع البيانات المسجلة بواسطة أنواع الصوت من الطيور المستخدمة وهي السلاحف والطيور الطائر والقري والمراعي باتو والكوكاك الأخضر. لأن أنواع الطيور عادة ما يحتفظ بها الأفراد. منهجية البحث المطبقة في النظام هي الترميز التنبؤي الخطي (LPC) باعتباره استخراج المعالم ويستخدم أقرب جار كتصنيف للحصول على أنماط مطابقة متطابقة تعتمد على مسافة البيانات، إلى بعض من أقرب البيانات. نتائج هذه الدراسة هي: (1). عمل نظام تصنيف للتعرف على صوت النقيق باستخدام طائر Matrix Laboratory أو (2) Matlab. اختبار دقة K-Fold Cross Validation حصل على دقة 60٪، 60٪ من الدقة، واستعادة 80٪. (3). استنادًا إلى إجمالي أداء النظام الذي تم الحصول عليه، يمكن استنتاج أن استخدام طريقة الترميز التنبؤي الخطي (LPC) كاستخراج المعالم وأقرب جار يمكن استخدامه لتصنيف أنواع طيور الحب، الكاسر، موراي، وكوكاك الخضراء استنادًا إلى أصوات النقيق.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebiasaan masyarakat Indonesia memelihara burung dalam sangkar telah dikenal sejak lama jika ditilik dari sejarah ekologi. Awal 1970-an kontes burung di Indonesia mulai populer. Kemudian pada pertengahan 1976-an di Indonesia mulai dikonteskan aneka ragam jenis burung kicau. Maraknya kontes burung kicau di masyarakat yang berkaitan dengan hobi pemeliharaan juga menyebabkan kegiatan ekonomi dan industri berkembang. Contohnya adalah industri pembuatan sangkar, pembuatan pakan, vitamin, dan obat-obatan burung peliharaan. Oleh karena itu, kebiasaan memelihara burung sangat populer di masyarakat (Iskandar & Iskandar, 2015).

Semua kegiatan tersebut adalah bukti bahwa erat hubungannya manusia dan hewan. Dimana manusia berperan penting di bumi untuk melestarikan dan menjaga hewan-hewan unggas seperti burung. Manusia yang mempunyai peran aktif dalam menjaga dan melindungi kelestariannya. Dalam agama islam pun sudah banyak diterangkan didalam kitab suci Al-Qur'an tentang kesetaraan manusia dan makhluk lainnya. Salah satu dari ayat Al-Qur'an yang menerangkan tentang kesetaraan manusia dan hewan seperti berikut:

وَمَا مِنْ دَابَّةٍ □ فِي الْأَرْضِ وَلَا طَيْرٍ □ يَطِيرُ بِجَنَاحَيْهِ إِلَّا أُمَّ
 أمثالكم مَّا فَرَّطْنَا فِي الْكِتَابِ مِنْ شَيْءٍ □ ثُمَّ إِلَىٰ رَبِّهِمْ يُحْشَرُونَ
 (٣٨)

“Dan tiadalah binatang-binatang yang ada di bumi dan burung-burung yang terbang dengan kedua sayapnya, melainkan umat (juga) seperti kamu. Tiadalah Kami alpakan sesuatupun dalam Al-Kitab, kemudian kepada Tuhanlah mereka dihimpunkan”(QS Al-An’am ayat 38).

Dalam tafsir Ibnu Katsir menurut Mujahid, makna *أُمَّم* ialah berbagai macam jenis yang nama-namanya telah dikenal. Menurut Qatadah, burung-burung adalah umat, manusia adalah umat, begitu pula jin. As-Saddi mengatakan sehubungan dengan makna firman-Nya: *Melainkan umat-umat (juga) seperti kalian.* (Al-An’am: 38) Yakni makhluk juga sama seperti kalian.

Allah berfirman *مَا فَرَّطْنَا فِي الْكِتَابِ مِنْ شَيْءٍ* *Tiadalah kami lupakan sesuatu pun di dalam Al-Kitab.* (Al-An’am:38) Maksudnya, semuanya ada berdasarkan pengetahuan dari Allah, tiada sesuatu apapun dari semuanya yang dilupakan oleh Allah rezeki dan pengaturannya, baik ia sebagai hewan darat ataupun hewan laut. Perihalnya sama dengan apa yang disebutkan oleh Allah *Dan tidak ada suatu binatang melata pun di bumi melainkan Allah-lah yang memberi rezekinya, dan Dia mengetahui tempat berdiam binatang itu dan tempat penyimpanannya. Semuanya tertulis dalam kitab yang nyata* (Lauh Mahfudz) (QS. 11:6). Yakni tertulis nama-namanya, bilangannya, serta tempat-tempatnya, dan semua gerakan serta diamnya terliputi semuanya dalam tulisan itu. Allah telah berfirman pula *Dan berapa banyak binatang yang tidak (dapat) membawa (mengurus) rezekinya sendiri. Allah-lah yang memberi rezeki kepadanya dan kepada kalian, dan Dia Maha mendengar lagi Maha Mengetahui.* (QS. 20:60).

Allah berfirman *إِلَىٰ رَبِّهِمْ يُحْشَرُونَ* Kemudian kepada Tuhanlah mereka dihimpunkan. (Al-An'am: 38) Ibnu Abu Hatim mengatakan, telah menceritakan kepada kami Abu Sa'id Al-Asyaji, telah menceritakan kepada kami Abu Na'im, telah menceritakan kepada kami Sufyan, dari ayahnya, dari Ikrimah, dari Ibnu Abbas sehubungan dengan firman-Nya: *Kemudian kepada Tuhanlah mereka dihimpunkan.* (Al-An'am: 38) Bahwa penghimpunannya ialah bila ia telah mati.

Hal yang sama diriwayatkan oleh Ibnu Jarir melalui jalur Israil, dari Sa'id, dari Masruq, dari Ikrimah, dari Ibnu Abbas; disebutkan bahwa matinya hewan-hewan merupakan saat penghimpunannya. Hal yang sama telah diriwayatkan pula oleh Al-Aufi, dari Ibnu Abbas. Ibnu Hatim mengatakan bahwa telah diriwayatkan dari Mujahid dan Ad-Dahhak hal yang semisal.

Kontes burung berkicau merupakan bukti spesies burung merupakan salah satu hewan yang tidak hanya indah dari segi fisik juga digemari dari suaranya (Soemartojo, 2000). Pembelajaran vokal pada burung bernyanyi faktor terpentingnya bukan dari jumlah vokalisasi tetapi dari kualitas artikulasi suara yang dihasilkan dan akhirnya mampu dipertahankan agar mempengaruhi perilaku vokal yang efektif difungsikan untuk berbagai kepentingan seperti komunikasi antar spesies, menarik pasangan kawin dan menantang individu jantan kompetitor.

Umumnya suara burung bernyanyi lebih kompleks dan memiliki ukuran 'repertoire' yang lebih besar dari pada burung yang bukan burung bernyanyi ('non-songbird'), karena burung bernyanyi memiliki kemampuan pengontrolan organ 'syrinx' yang lebih baik. Sampai saat ini penggemar burung bernyanyi di

Indonesia masih menunjukkan jumlah yang tinggi seiring dengan meningkatnya kegiatan kontes suara burung bernyanyi yang diperlombakan (Julita dkk, 2015).

Penelitian tentang spesies hewan yang ada didunia ini terus dilakukan oleh ilmuwan biologi terutama dibidang biodiversitas. Hewan yang spesiesnya memiliki banyak variasi salah satunya adalah burung. Setiap jenis burung memiliki perbedaan-perbedaan, mulai dari bentuk tubuh, warna bulu, perilaku, makanan hingga suaranya. Seperti penelitian sebelumnya berjudul “Mendeteksi Jenis Burung Berdasarkan Pola Suaranya” dengan 4 jenis burung (Blackthroat, Celilin, Cendet, dan Kutilang) menggunakan algoritma *Extreme Learning Machine* (ELM). Tujuan deteksi tersebut untuk melakukan pengamatan di alam dan mendapatkan nilai rata-rata akurasi dari keseluruhan pengujian yakni 85.96% (Darma dkk. 2016).

Pada tahun 2012 terdapat penelitian dengan judul “Klasifikasi Jenis Burung Berdasarkan Suara Kicau Burung Menggunakan *Wavelet Packet Decomposition Dan Jaringan Syaraf Tiruan Self Organizing Map*” (Annisa, dkk 2012). Penelitian tersebut bertujuan untuk membuat sebuah sistem yang mampu mengklasifikasikan jenis burung berdasarkan suara kicaunya dalam sebuah perlombaan kicau burung. Jenis burung yang digunakan yakni Perkutut, Cucakrawa, Kenari dan Cucak ijo. Nilai akurasi yang dihasilkan pada penelitian tersebut adalah 83.13% dengan menggunakan parameter JST SOM, dan 93.75% dengan parameter *Euclidean Distance*.

Beberapa penelitian lain yang telah dilakukan untuk klasifikasi pengenalan suara seperti yang dilakukan (Thiang, Saputra, 2005) pengembangan sistem

pengenalan kata dengan menggunakan *Linear Predictive Coding* (LPC) dan *Nearest Neighbor Classifier* menunjukkan bahwa sistem dapat mengenali kata lebih dari 92%. Sementara (Kurniawan dkk, 2016) mengidentifikasi judul lagu melalui senandung manusia menggunakan ekstraksi ciri *Linear Predictive Coding* (LPC) memiliki akurasi tertinggi sebesar 78.33%.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai suara kicau burung untuk setiap jenis burung terdapat perbedaan yang cukup signifikan, maka penulis membuat suatu sistem yang dapat mengklasifikasikan jenis burung berdasarkan suara kicauanya. Sehingga hal ini dapat memberikan kemudahan untuk menyalurkan hobi para pecinta burung kicau. Sistem tersebut dapat memenuhi kebutuhan para pecinta burung kicau untuk mengetahui jenis burung berdasarkan kicauanya. Jenis burung/objek penelitian yang digunakan adalah Lovebird (*Agapornis*), Kacer (*Copsychus saularis*), Murai batu (*Copsychus malabaricus*) dan Cucak hijau (*Chloropsis sonnerati*). Dari keempat burung tersebut Lovebird (*Agarponis*) tidak termasuk dalam ordo *Passeriformes*. Tetapi burung Lovebird (*Agapornis*) mempunyai tingkah yang unik begitupun dengan suaranya, sehingga saat ini burung tersebut sangat populer dikalangan penggemar burung (Tommy, 2013). Tugas akhir ini menerapkan metode *Linear Predictive Coding* (LPC) dan *Nearest Neighbor*. Metode Ekstraksi suara kicau burung menggunakan *Linear Predictive Coding* (LPC) yang mana pada penelitian sebelumnya hanya untuk meng-ekstraksi suara manusia dan *Nearest Neighbor* untuk pengelompokan suatu data baru berdasarkan jarak data tersebut kebeberapa data atau tetangga. Pemilihan metode *Nearest Neighbor* dilakukan untuk menyederhanakan algoritma perhitungan sehingga akan berpengaruh pada efisiensi waktu yang digunakan.

Dalam penelitian ini akan fokus pada pengenalan ucapan yang didapat dari nilai koefisien hasil ekstraksi ciri (*Magnitude*) dengan menggunakan metode *Linear Predictive Coding* (LPC) dan kemudian akan diklasifikasikan menggunakan metode *Nearest Neighbor*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, hal tersebut dapat dirumuskan menjadi beberapa rumusan masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana menerapkan metode *Linear Predictive Coding* (LPC) dan *Nearest Neighbor* dalam mengklasifikasikan suara kicau burung?
2. Berapakah tingkat akurasi penggunaan metode *Linear Predictive Coding* (LPC) dan *Nearest Neighbor* dalam mengklasifikasikan suara kicau burung?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk menjawab rumusan-rumusan masalah yang ada, tujuan dari penelitian ini, diantaranya yaitu:

1. Mengimplementasikan metode *Linear Predictive Coding* (LPC) dan *Nearest Neighbor* untuk menentukan klasifikasi suara kicau burung.
2. Mengetahui tingkat akurasi penggunaan metode *Linear Predictive Coding* (LPC) dan *Nearest Neighbor* dalam mengklasifikasikan suara kicau burung.

1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan-batasan masalah pada penelitian tersebut, yaitu:

1. Suara kicau burung yang dianalisis adalah burung Perkutut, Lovebird, Kacer, Murai batu dan Cucak hijau.
2. Jumlah sampel yang dianalisis 30 sampel per jenis burung.

3. Perekaman menggunakan Handphone Meizu M2 Note dengan kualitas rekaman 192 kbit/d – 90Mb/j.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Tersedianya sebuah sistem yang mampu mengklasifikasikan jenis burung dengan suara kicaunya.
2. Memudahkan para pemula pecinta burung menentukan jenis burung secara mandiri dan terkomputerisasi.



BAB II

STUDI LITERATUR

2.1 Sinyal Suara

Suara atau audio adalah getaran udara pada frekuensi yang dapat didengar oleh telinga manusia sehingga disebut dengan frekuensi suara atau frekuensi audio. Gendang telinga ini bergetar dan getaran ini dikirim dan diterjemahkan menjadi informasi suara yang dikirim ke otak, sehingga kita dapat mendengarkan suara. Frekuensi audio berada diantara 20Hz sampai dengan 20KHz. Karakteristik suara ditentukan antara lain oleh frekuensi, amplitude dan durasi (Ferdinando, 2010, hal. 6-8).

Sinyal adalah sebuah fenomena yang muncul dari suatu lingkungan tertentu dan dapat dinyatakan secara kuantitatif. Fenomena berarti sinyal itu membawa frekuensi, sedangkan kuantitatif berarti kita bisa mendapatkan persamaan matematika dari sinyal itu walaupun hanya berupa pendekatan. Sinyal tidak dibatasi hanya pada dunia kelistrikan seperti tegangan dan arus. Contoh sinyal secara umum adalah bit-bit yang dikirimkan komputer. Sinyal masukan dan keluaran dihubungkan melalui sistem.

Sinyal selalu dihubungkan dengan informasi, sinyal yang tidak mengandung informasi disebut *noise*. Masalah yang biasanya muncul dalam pengolahan sinyal adalah bagaimana menghilangkan *noise* dari sinyal. Beberapa buku menyebut *noise* sebagai derau. Sebagai contoh, pemancar radio AM (*Amplitude Modulation*) memancarkan sinyal yang membawa informasi pada

fluktuasi amplitudonya. Untuk pemancar FM (*Frequency Modulation*), informasi diletakkan pada frekuensi gelombang yang dipancarkan.

Sinyal dapat diklasifikasikan berdasarkan sumbu waktunya, yaitu sumbu yang diskrit atau kontinu. Sehingga berdasarkan klasifikasi ini kita mendapatkan sinyal diskrit dan kontinu. Sinyal diskrit adalah sinyal yang hanya ada pada waktu tertentu. Sinyal kontinu menggunakan bilangan riil sebagaimana sinyal diskrit menggunakan bilangan bulat. Karena menggunakan bilangan riil, maka kita bisa mendapatkan nilai sinyal kapanpun. Sinyal diskrit sebenarnya dapat diturunkan dari sinyal kontinu, artinya kita memotong sinyal kontinu dengan interval waktu yang sama untuk mendapatkan bentuk sinyal diskritnya. Metode ini dinamakan *sampling* (Ferdinando, 2010, hal. 28).

2.2 Pengenalan Suara Digital

Pengenalan suara merupakan salah satu upaya agar suara dapat dikenali atau diidentifikasi sehingga dapat dimanfaatkan. Pengenalan suara dapat dibedakan ke dalam tiga bentuk pendekatan, yaitu pendekatan akustik-fonetik (*the acoustic-phonetic approach*), pendekatan kecerdasan buatan (*the artificial intelligence approach*), dan pendekatan pengenalan-pola (*the pattern recognition approach*) (Arafyanto, 2006).

Pendekatan pengenalan pola terdiri dari dua langkah yaitu pembelajaran pola suara dan pengenalan pola melalui perbandingan pola. Tahap perbandingan pola adalah tahap bagi ucapan yang akan dikenali, dibandingkan polanya dengan setiap kemungkinan pola yang telah dipelajari dalam fase pembelajaran, untuk

kemudian diklasifikasi dengan pola terbaik yang cocok. Adapun tahapan dalam pembelajaran pola pada pengenalan suara, yaitu (Yufliha dkk, 2012):

1. Pengekstraksi Ciri

Merupakan proses mendapatkan sederetan besaran pada bagian sinyal masukan untuk menetapkan pola pembelajaran atau pola uji. Pada sinyal suara, ciri-ciri besaran biasanya merupakan keluaran dari beberapa bentuk teknik analisis spektrum seperti *filter bank analyzer* dan LPC atau DFT (*Discrete Fourier Transform*).

2. Pembelajaran Pola

Satu atau lebih pola pembelajaran yang berhubungan dengan bunyi suara dari kelas yang sama digunakan untuk membuat pola representative dari ciri-ciri kelas tersebut. Hasilnya yang biasa disebut dengan pola referensi, dapat menjadi sebuah model yang mempunyai karakteristik bentuk statistik dari ciri-ciri pola referensi.

3. Perbandingan dengan Pola Model

Pola uji yang akan dikenali, dibandingkan dengan setiap kelas pola referensi. Kesamaan besaran antara pola uji dengan setiap pola referensi dihitung.

4. *Logic Decision*

Menentukan kelas pola referensi mana yang paling cocok untuk pola uji berdasarkan klasifikasi pola. Pengenalan suara secara umum dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu: ekstraksi ciri, pemodelan, dan pengenalan. Ekstraksi ciri adalah upaya untuk memperoleh ciri dari sinyal suara. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk proses ekstraksi ciri adalah *Linear Predictive Coding* (LPC).

Setelah dilakukan ekstraksi ciri dan memperoleh ciri dari sinyal suara, kemudian dilakukan pemodelan. Sinyal suara dapat dikarakteristikan sebagai variabel, sehingga untuk pemodelan ini dapat dilakukan dengan pemodelan statistik *Nearest Neighbor Classifier*.

2.3 *Linear Predictive Coding (LPC)*

Analisis sinyal adalah kegiatan melakukan ekstraksi terhadap informasi yang terdapat disuatu sinyal. *Linear Predictive Coding (LPC)* merupakan salah satu teknik analisis sinyal percakapan yang paling *powerful* dan menyediakan ekstraksi fitur yang berkualitas baik dan efisien untuk digunakan dalam perhitungan. LPC pertama kali digunakan pada tahun 1978 untuk membuat alat sintesis sinyal percakapan. LPC melakukan analisis dengan cara memperkirakan *formant*, memisahkan *formant* dari sinyal, yang dinamakan proses *inverse filtering*, lalu mengestimasi intensitas dan frekuensi dari sinyal percakapan yang tersisa, yang disebut *residue*. Karena sinyal percakapan bervariasi seiring waktu, estimasi tersebut dilakukan untuk setiap potongan kecil dari sinyal, yang dinamakan *frame* (Faradiba, 2017).

Linear Predictive Coding (LPC) adalah salah satu metode parametrik yang digunakan untuk mempresentasikan sinyal. Lebih tepatnya *Linear Predictive Coding (LPC)* disini sebagai pemfilteran suara yang dijadikan ciri khas untuk membedakan suara yang sudah ada didalam database suara yang di-*input*-kan.

LPC pada umumnya digunakan untuk pengenalan suara karena terdapat beberapa keuntungan dari LPC, yaitu (Khoirul, 2013):

1. LPC menyediakan pemodelan yang baik untuk sinyal suara (*speech signal*), hal ini terutama untuk bagian *voice* dimana pemodelan *all pole* model LPC menghasilkan pendekatan selubung spektakuler jalur *vocal* yang baik, sedangkan untuk bagian *invoice*, pemodelan LPC ini tidak seefektif sebelumnya tapi masih dapat digunakan keperluan pengenalan suara.
2. LPC dapat dengan mudah dan langsung diterapkan baik secara perangkat lunak maupun perangkat keras karena perhitungan matematis yang dilibatkan relative lebih singkat dari metode-metode yang dikenal sebelumnya seperti *filter bank*.
3. Hasil pengenalan suara yang didapat dengan menerapkan LPC cukup baik bahkan lebih baik dari metode-metode yang dikenal sebelumnya.

Langkah-langkah analisis LPC untuk mendapatkan koefisien LPC pada proses ekstraksi ciri suara adalah sebagai berikut (Thiang & Saputra, 2005):

1. *Preemphasis*

Pada tahap ini digunakan untuk mendatarkan spectral sinyal dan meningkatkan keaslian sinyal pada pemrosesan sinyal yang selanjutnya. Keluaran dari rangkaian *preemphasis* $s(n)$ adalah:

$$\tilde{s}(n) = s(n) - 0,9375 \times s(n - 1) \quad (2.1)$$

Dimana:

$\tilde{s}(n)$: Fungsi dari *pre-emphasis*

$s(n)$: Data sinyal suara ke n

$s(n - 1)$: Data sinyal suara ke $n-1$

2. *Frame Blocking*

Sinyal suara hasil dari proses *preemphasis* $s(n)$ diblok atau dibagi kedalam beberapa *frame* yang terdiri dari N -sampel suara, dengan jarak antara *frame* yang

berdekatan dipisahkan oleh M -sampel. Jika $M \leq N$, beberapa *frame* yang berdekatan akan saling *overlap* dan hasil estimasi spectral LPC akan berkorelasi dari *frame* ke *frame*. Sebaliknya, jika $M > N$, tidak akan ada *overlap* antara *frame* yang berdekatan sehingga beberapa isyarat sinyal suara akan hilang total.

3. Windowing

Windowing digunakan untuk mengurangi *discontinuitas* sinyal pada awal dan akhir *frame*. Jika *window* didefinisikan sebagai $w(n)$, maka hasil dari penjedeleaan sinyal adalah:

$$\hat{x}(n) = x(n) \cdot w(n) \quad 0 \leq n \leq N-1 \dots \quad (2.2)$$

Jenis *window* yang biasa digunakan adalah *Hamming window* yang mempunyai bentuk umum:

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos \frac{2\pi n}{N-1}, \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2.3)$$

4. Analisis autokorelasi

Setiap *frame* dari sinyal setelah melalui proses *windowing*, kemudian dilakukan analisis autokorelasi sebagai berikut:

$$r(m) = \sum_{n=0}^{N-1-m} x'(n) \cdot x'(n+m) \quad m = 0, 1, \dots, p \dots \quad (2.4)$$

Dengan nilai autokorelasi tertinggi p adalah orde dari analisis LPC. Nilai p biasanya antara 8 sampai 16. Autokorelasi ke-0 melambangkan energi dari *frame* yang bersangkutan dan hal tersebut merupakan salah satu keuntungan dari metode autokorelasi (Ronando & Irawan. 2012).

5. Analisis LPC

Proses selanjutnya adalah analisis LPC, yang mengubah setiap *frame* autokorelasi $p+1$ menjadi bentuk parameter-parameter LPC. Koefisien LPC diperoleh sebagai berikut:

α_m = koefisien LPC

$$\alpha_m = \alpha_m^{(p)}, 1 \leq m \leq p \quad (2.5)$$

6. Konversi parameter LPC menjadi koefisien *cepstral*

Rangkaian parameter yang sangat penting yang diperoleh dari penurunan rangkaian koefisien LPC adalah koefisien *cepstral*. Koefisien *cepstral* yang digunakan direpresentasikan dengan Q , dimana koefisien yang digunakan biasanya adalah $Q > p$.

2.4 *Euclidean Distance*

Euclidean Distance merupakan tipe pengukuran jarak dalam analisis *Cluster* yang paling umum digunakan untuk mengukur jarak dari obyek data ke pusat *cluster*. *Euclidean Distance* merupakan jarak geometris antara dua obyek data. Semakin dekat jarak maka semakin mirip suatu obyek data tersebut.

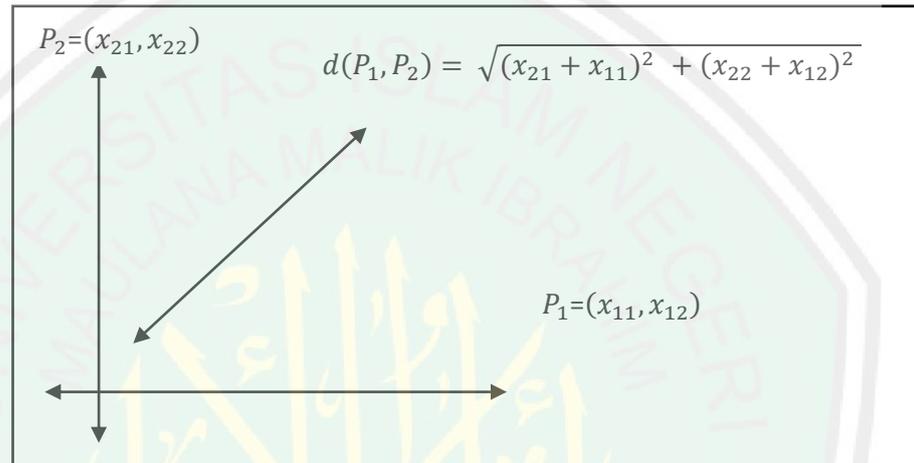
Ruang *Euclidean Distance* merupakan ruang yang mempunyai dimensi terbatas bernilai riil. Jarak *Euclidean Distance* antara dua titik adalah panjang sisi miring dari sebuah segitiga siku-siku. Dimana x adalah citra training, dan y adalah citra input test. Dalam bentuk umum *Euclidean Distance* (d) dapat diperoleh dengan (Gunar, 2010):

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$$

$$d(x, y) = \sqrt{(y_1 + x_1)^2 + (y_2 + x_2)^2 + \dots + (y_n + x_n)^2} \quad (2.6)$$

Pada dua dimensi, misalkan ada 2 titik koordinat (x_{11}, x_{21}) dan (x_{12}, x_{22}) seperti dalam gambar 2.1



Gambar 2. 1 Bentuk Euclidean Distance dengan 2 koordinat

Maka *Euclidean Distance* (d) diantara dua titik tersebut adalah

$$d(P_1, P_2) = \sqrt{(x_{21} + x_{11})^2 + (x_{22} + x_{12})^2} \quad (2.7)$$

Atau bisa dibentuk juga persamaan bahwa

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (\text{Perasamaan 2.7})$$

Dimana:

d_{ij} = *Euclidean Distance* obyek data ke- i dan obyek data ke- j

m = banyaknya peubah/ parameter yang digunakan

x_{ik} = obyek data ke- i pada peubah ke- k

x_{jk} = obyek data ke- j pada peubah ke- k

Euclidean Distance merupakan ukuran kedekatan jarak dalam analisis statistik yang mempunyai skala data kontinu yang umum digunakan (Pardede & Prasetyo. 2012).

Dengan syarat:

1. Tidak saling berkorelasi yaitu bila antar variabel saling bebas atau saling ortogonal.
2. Mempunyai skala pengukuran yang sama.
3. Pengukuran pembakuan mempunyai rata-rata nol dan standar deviasi satu.

Adapun kelebihan *Euclidean Distance* adalah:

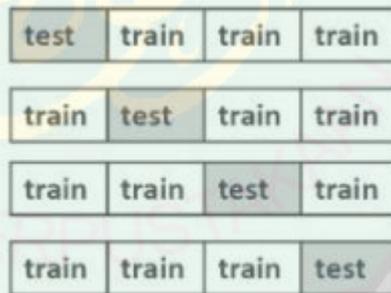
- Digunakan untuk mencerminkan ketidaksamaan dua pola.
- Memiliki daya tarik yang intuitif seperti yang umum digunakan untuk mengevaluasi kedekatan obyek dalam dua atau tiga dimensi.

Sedangkan kelemahan *Euclidean Distance* adalah:

- Menurut Jannah (2010), *Euclidean Distance* sangat sensitif terhadap besarnya sampel dan besarnya sebaran varian. Jika kasus yang sedang dibandingkan memiliki varian yang sangat berbeda, maka *Euclidean Distance* menjadi tidak akurat, oleh karena itu dapat dilakukan analisis komponen utama untuk menghilangkan korelasi antar peubah.
- Kecenderungan dari skala terbesar data yang digunakan akan mendominasi keakuratan.

2.3 *K-fold Cross Validation*

Data diuji dengan menggunakan metode pengujian *k-fold cross validation*. *K-fold cross validation* adalah salah satu metode untuk mengevaluasi kinerja *classifier*, *k-fold cross validation* membagi data menjadi data *training* dan data *testing* dalam K bagian. Metode *k-fold cross validation* bekerja dengan cara mempartisi himpunan data D secara acak menjadi k *fold* (subhimpunan) yang saling bebas : $f_1, f_2, f_3, \dots, f_k$, sehingga masing-masing *fold* bersisi $1/k$ bagian data (Suyanto, 2017, 243-244). Penjelasan yang lain oleh Arrar & Ayan (2017), teknik *cross-validation* ini akan melakukan pembagian dari keseluruhan data dibagi menjadi subset N; satu subset digunakan sebagai data *testing*, subset tersisa (N-1) digunakan sebagai data pelatihan. Proses ini diulang sebanyak N kali, untuk memungkinkan setiap subset digunakan sebagai data *testing*. Gambar 2.3 berikut menunjukkan teknik dari *cross-validation*.



Gambar 2. 2 Ilustrasi Teknik Cross-Validation

Ilustrasi dari proses *k-fold cross validation* adalah sebagai berikut; misal data D akan dilakukan 4 *fold cross validation* maka data D akan menjadi data $D_1, D_2, D_3,$ dan D_4 . Data D_1 berisi tiga *fold*: f_2, f_3, f_4 untuk data latih serta satu *fold* f_1 untuk data *testing*. Himpunan data D_2 berisi f_1, f_3, f_4 untuk data latih *fold* f_2 menjadi data *testing*. Demikian seterusnya untuk himpunan data $D_3,$ dan $D_4,$ sehingga setiap *fold* pernah menjadi data *testing* sebanyak satu kali.

2.4 Penelitian Terkait

Berikut penelitian terkait untuk mendukung penelitian tentang klasifikasi jenis suara kicau burung dengan menggunakan metode *Linear Predictive Coding* dan *Euclidean Distance*. Pertama penelitian terkait pengenalan suara burung tertuju pada penelitian Lorencius Echo Sujianto Putera tentang klasifikasi burung berdasarkan suara kicau burung dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan propagasi balik. Penelitian ini menghasilkan sebuah model klasifikasi untuk jenis burung. Penelitian ini menghasilkan sebuah model klasifikasi untuk jenis burung. Data yang digunakan merupakan data rekaman suara burung Cucak Hijau, Cucak Rawa, dan Kenari. Sistem menerapkan metode MFCC (*Mel Frequency Cepstral Coefficients*) untuk meng-ekstraksi ciri suara kicau agar dapat diketahui perbedaan dari setiap suara kicau burung dan Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik untuk melihat hasil klasifikasi jenis burung. Penggunaan MFCC dengan *feature mean* menghasilkan nilai akurasi sebesar 85,25%, akan tetapi pada penggunaan MFCC 26 *coefficient*, MCCC 39 *coefficient* nilai akurasi mengalami penurunan, hal ini disebabkan oleh bertambahnya nilai/atribut yang digunakan kedalam jaringan syaraf tiruan, yang semula 13 atribut menjadi 26 dan 39 atribut. Bertambahnya atribut yang diinputkan kedalam jaringan maka akan bertambah pula tingkat kompleksitas perhitungan dalam jaringan. Penggunaan *feature mean*, *variance*, *min* dan *max* juga memberikan pengaruh terhadap perubahan nilai akurasi, karena pada dasarnya nilai *mean* merupakan rata-rata dari populasi data MFCC (Putera, 2016).

Penelitian terkait selanjutnya menggunakan metode *Linear Predictive Coding* (LPC) pada klasifikasi *Hidden Markov Model* (HMM) untuk kata *Arabic*

pada penutur Indonesia. Dalam penelitian ini, fitur teknik ekstraksi *Linear Predictive Coding* dieksplorasi untuk mendapatkan nilai kesesuaian pada penutur Indonesia terhadap penutur aslinya. Pada penelitian ini, dilakukan untuk mendapatkan tingkat kesesuaian metode yang diterapkan pada masukan sinyal suara pengucapan kata *Arabic* pada penutur Indonesia. Selanjutnya, fitur yang telah diekstraksi, diklasifikasi menggunakan *Hidden Markov Model*.

Dalam klasifikasi menggunakan *Hidden Markov Model*, sinyal suara dianalisis dan dicari nilai maksimum yang dapat dikenali. Parameter hasil pemodelan yang diperoleh digunakan untuk membandingkan dengan suara pengucapan *arabic*. Maka hasil pengujian dari klasifikasi *Hidden Markov Model* dengan *Linear Predictive Coding* diperoleh bahwa sistem menghasilkan nilai akurasi rata-rata sebesar 78,6% untuk frekuensi sampling data uji sebesar 8000 Hz, 80,2% untuk frekuensi sampling data uji sebesar 22050 Hz, 79% untuk frekuensi sampling data uji sebesar 44100 Hz. Kefasihan dalam membaca tulisan kata arab dapat mempengaruhi keakurasian sistem dalam mengenali ucapan. Frekuensi sampling yang semakin besar juga mengakibatkan penurunan tingkat akurasi (Kusumawati, 2016).

Penelitian terkait yang ketiga dirancang sistem mengidentifikasi suara tangisan bayi dengan metode LPC (*Linear Predictive Coding*) dan pencocokan pola menggunakan algoritma *Euclidean distance*. Penelitian ini fokus kepada perancang aplikasi mendeteksi kebutuhan bayi melalui suara pada usia 0-3 bulan dengan menggunakan database suara DBL (*Dunstan Baby Language*) yang dibangun menggunakan metode LPC (*Linear Predictive Coding*). Pada penelitian ini menggunakan sample rate suara 16000Hz dan durasi minimum 2 detik dalam

proses pengidentifikasiaannya. Pada proses pengujian dilakukan observasi dan perekaman suara tangisan bayi sebanyak 25 sampel suara, yaitu 5 sampel suara untuk “neh”, 5 sampel suara untuk “eh”, 5 sampel suara “heh” 5 sampel suara “eairh”, 5 sampel suara “owh”. Aplikasi ini dapat mengidentifikasi suara tangisan bayi dengan tingkat akurasi rata-rata mencapai 76%. Keberhasilan dalam proses identifikasi suara tangisan bayi paling besar mengidentifikasi suara uji “neh” (lapar) dan suara uji “eairh” (nyeri) dengan hasil presentasi keberhasilan mencapai 100% sementara terendah adalah suara tangisan bayi “owh” (lelah) mencapai 40%. Hal tersebut dikarenakan nilai suara “owh” mendekati nilai bobot pada jenis suara lain khususnya “neh” dan “eairh”(Dewi dkk, 2018).

BAB III

METODE PENELITIAN

Penulis membagi pengerjaan penelitian menjadi beberapa tahap, antara lain:

3.1 Desain Penelitian

3.1.1 Objek Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis mengambil objek penelitian yaitu:

Rekaman suara kicau burung Perkutut, Lovebird, Kacer, Murai batu dan Cucak hijau. Dengan rekaman suara sebanyak 80 data suara kicau burung Lovebird, Kacer, Murai batu dan Cucak hijau sebagai data *training* tervalidasi. Dan rekaman suara sebanyak 50 kicau burung Perkutut, Lovebird, Kacer, Murai batu dan Cucak hijau sebagai data uji atau data *testing*.

3.1.2 Prosedur Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini adalah langkah-langkah yang digunakan sebagai alur kerja untuk menunjukkan tahapan proses dalam penelitian:

1. Studi Literatur

Mencari sumber-sumber sebagai referensi mengenai pengenalan suara, ekstraksi suara, klasifikasi suara dengan matlab, metode *Linear Predictive Coding* serta algoritma *Euclidean Distance*.

2. Pendalaman Materi

Mempelajari konsep tentang pengenalan suara, ekstraksi suara, klasifikasi suara dengan matlab, metode *Linear Predictive Coding* serta algoritma *Euclidean Distance*.

3. Analisis dan Desain

Menganalisis, mencari dan mengumpulkan data yang dibutuhkan untuk penelitian. Membuat perancangan untuk tahap implementasi metode *Linear Predictive Coding* serta algoritma *Euclidean Distance*.

4. Implementasi

Menerapkan metode *Linear Predictive Coding* serta algoritma *Euclidean Distance* pada sistem klasifikasi suara kicau burung kedalam sebuah software.

5. Pengujian dan Analisis Hasil

Pengujian dilakukan untuk menguji antara data yang digunakan terhadap metode yang diterapkan. Dengan hasil pengujian maka akan terlihat bagaimana keakuratan sistem klasifikasi jenis kicau burung dapat digunakan dengan baik.

6. Dokumentasi dan laporan

Dokumentasi penelitian berupa tekstual, data audio rekaman maupun data visual. Dokumentasi dari keseluruhan pelaksanaan penelitian adalah penyusunan laporan tugas akhir.

3.1.3. Jenis Penelitian

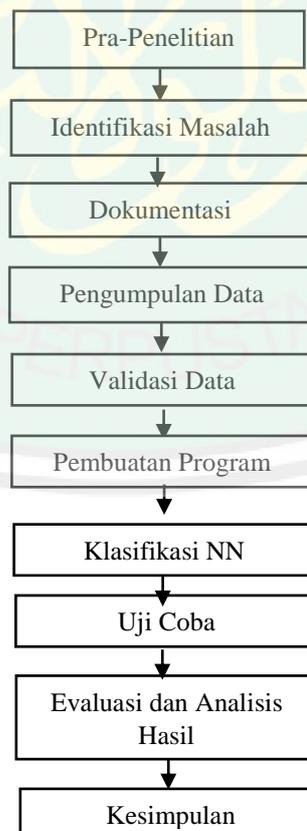
Jenis penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah penelitian kuantitatif.

3.1.4. Sumber Data

Data yang didapatkan berasal dari banyak sumber, yaitu diantaranya penelitian kepustakaan, buku-buku referensi terkait, internet, serta audio kicau burung Perkutut, Lovebird, Kacer, Murai batu dan Cucak hijau sebanyak yang dibutuhkan.

3.2 Prosedur Kegiatan Penelitian

Sejumlah kegiatan mengenai cara kerja atau prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini direpresentasikan diagram alur dibawah ini:



Gambar 3.1 Diagram alur prosedur penelitian

Berdasarkan diagram alur pada gambar 3.1, berikut penejelasan setiap bagian dari tahapan prosedur yang harus diselesaikan dalam penelitian ini:

1. Pra Penelitian

Dibutuhkannya suatu kemudahan bagi para penghobi pemelihara burung bernyanyi dalam mengidentifikasi jenis suara burung berkicau terutama pada jenis burung kicau yang memiliki berbagai macam karakteristik suara kicaunya.

2. Identifikasi Masalah

Untuk dapat menentukan solusi yang akan diterapkan dalam penyelesaian masalah ini, maka perlu adanya identifikasi masalah yaitu belum tersedianya klasifikasi suara kicau jenis burung menggunakan ekstraksi *Linear Predictive Coding* (LPC) dengan klasifikasi menggunakan algoritma *Nearest Neighbor*.

3. Dokumentasi

Proses dokumentasi ini dapat dikerjakan setelah penulis mengetahui identifikasi masalah yang terdapat pada penelitiannya. Dokumentasi ini berupa textual, data visual dan data audio.

4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data suara kicau Perkutut, Lovebird, Kacer, Murai batu dan Cucak hijau ini menggunakan media handphone dalam perekamannya. Proses perekaman pada burung dilakukan selama 50 detik pada pukul 05.00 – 08.00. Karena pada waktu tersebut performa kicauan burung sedang dalam kondisi stabil. Sebuah rekaman yang baik harus dilakukan secara strategis diruangan yang tenang dan

jauh dari kebisingan. Jarak mikrofon atau media perekam konstan pada jarak $\pm 10\text{cm}$ (Nuzulia, 2017).

Untuk satu data proses perekaman dilakukan sebanyak 3-5 kali. Tujuannya agar data yang diperoleh dapat divalidasi data kicau mana yang baik untuk diteliti. Jumlah data yang dipakai seluruhnya sebanyak 130 dari 26 burung dengan pembagian 6 burung berbeda setiap jenis kecuali perkutut.

Tabel 3.1 Data *Training* Suara Burung

Jumlah Burung	Jenis Burung	Jumlah Suara
4	Cucak hijau	20
4	Kacer	20
4	Lovebird	20
4	Murai batu	20

Tabel 3.2 Data *Testing* Suara Burung

Jumlah Burung	Jenis Burung	Jumlah Suara
2	Cucak hijau	10
2	Kacer	10
2	Lovebird	10
2	Murai batu	10
2	Perkutut	10

Data suara yang terangkum pada tabel diatas berupa sekumpulan data set untuk diolah secara terpisah. 16 suara kicau burung dengan 4 sampel setiap jenis burung untuk ddipotong menjadi 80 data yang digunakan sebagai data *training*. Selanjutnya 10 suara kicau burung dengan 2 sampel setiap jenis burung sebagai data *testing* dipotong menjadi 50 data audio.

5. Validasi Data

Proses ini adalah untuk menyeleksi data yang digunakan, dengan cara memindahkan data rekaman yang terdapat di handphone ke komputer untuk melalui proses *editing*. Proses *editing* ini dilakukan untuk memotong data suara yang tidak memiliki gelombang suara yang diteliti. Karena antara satu suara dengan suara yang lainnya bisa muncul pada selang waktu yang berbeda sehingga mengakibatkan gelombang memiliki fase yang tidak sama (Irwandi, 2005).

Untuk melakukan proses *editing* data suara penulis menggunakan aplikasi “Audacity”, kemudian dilanjutkan dengan proses pengolahan data suara berikutnya.

6. Pembuatan Program

Kegiatan selanjutnya setelah proses editing selesai yaitu pemotongan durasi menjadi 10 detik serta gelombang suara yang tidak digunakan, maka selanjutnya adalah pembuatan aplikasi dengan menggunakan *editor* Matlab versi R2010b. Tahapan pertama yaitu membuat folder yang berisi file *.wav* pada tiap-tiap jenis burung kemudian diproses kedalam Matlab untuk digunakan lebih lanjut dalam penerapan metode *Linear Predictive Coding* (LPC) sebagai *feature extraction* dan mengklasifikasikan dengan perhitungan *Euclidean Distance* dari algoritma *Nearest Neighbor*.

7. Klasifikasi *Nearest Neighbor*

Penelitian ini fokus pada proses pengklasifikasian, algoritma ini tidak menggunakan model apapun untuk dicocokkan dan hanya berdasarkan memori. Algoritma *Nearest neighbor* adalah algoritma yang menentukan nilai jarak pada

pengujian data *testing* dan data *training* berdasarkan nilai terkecil dari nilai ketetanggaan terdekat. Jarak yang paling umum digunakan adalah *Euclidean distance* yang telah dijelaskan pada bab 2.

8. Uji Coba

Proses pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah metode yang telah diterapkan dapat melakukan prediksi berdasarkan data yang ada. Proses klasifikasi dengan *euclidean distances* pada penelitian ini dilakukan dengan 10 *cross validation*, sehingga dari data yang dibagi menjadi 10 bagian dan dari 10 set akan diambil 1 set sebagai *testing* dan 9 set digunakan sebagai *training*. Proses tersebut diulang sebanyak 10 kali klasifikasi dengan masing-masing data set *training* dan *testing* yang berubah-ubah setiap klasifikasi sehingga keseluruhan data memungkinkan untuk dijadikan sebagai *testing* dan juga *training*.

9. Evaluasi dan Analisis Data

Proses ini untuk melihat bagaimana sistem deteksi pengenalan suara kicau burung Perkutut, Lovebird, Kacer, Murai batu dan Cucak hijau sudah dapat difungsikan dengan baik. Lalu dilakukan proses analisis pada metode yang digunakan untuk mengetahui penggunaan dan keakuratan komputasinya. Perbaikan pada tingkat akurasi metode yang digunakan terhadap 120 sampel yang di uji. Pada tahap ini melakukan perhitungan sesuai dengan *confusion matrix* untuk mendapatkan nilai akurasi dari proses klasifikasi pada *dataset*.

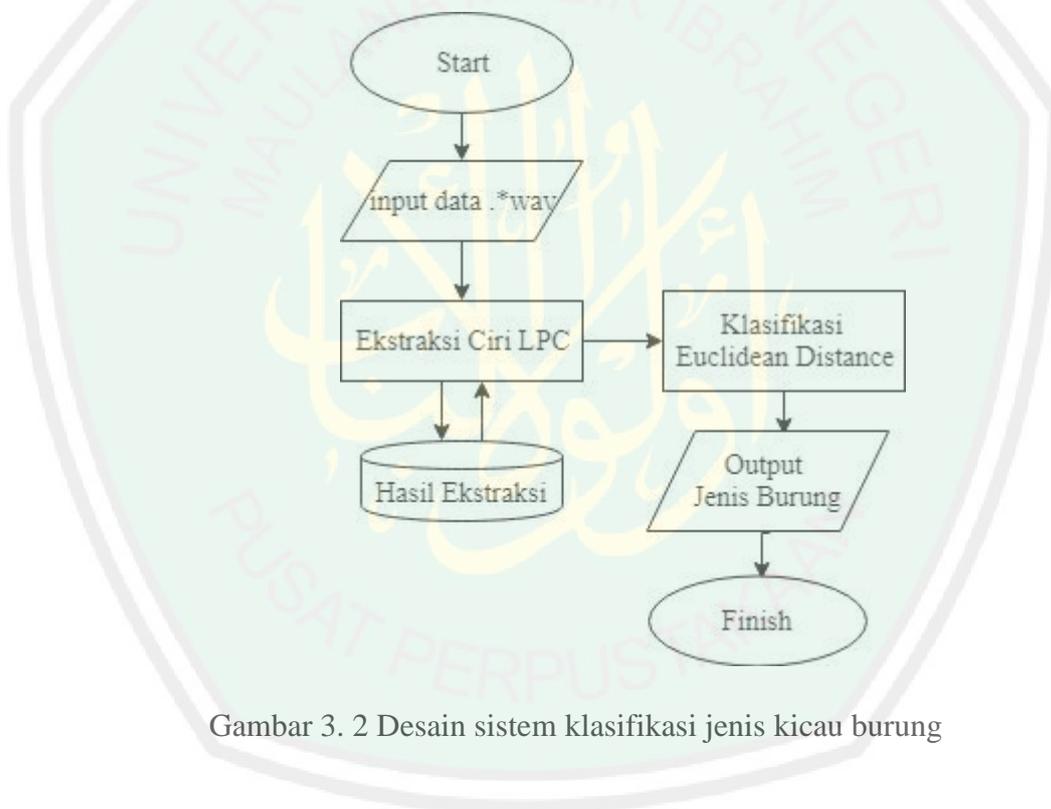
10. Kesimpulan

Seluruh hasil bentuk kinerja sistem klasifikasi dan hasil yang terkomputasi direkapitulasi dan menjadi hasil akhir tentang penerapan metode *Linear*

Predictive Coding (LPC) dengan klasifikasi *Nearest Neighbor* pada penelitian ini. Kesimpulan ini terdapat pada bagian akhir dalam laporan tugas akhir.

3.3 Desain Sistem

Untuk menyusun aplikasi pengenalan kicau Perkutut, Lovebird, Kacer, Murai batu dan Cucak hijau, maka diperlukan desain sistem untuk penerapan aplikasi secara rinci dan teratur sesuai yang diinginkan. Berikut desain sistem yang diterapkan pada aplikasi ini.



Gambar 3. 2 Desain sistem klasifikasi jenis kicau burung

1. Input Data *.wav

Dalam mengklasifikasi suara burung Perkutut, Lovebird, Kacer, Murai batu dan Cucak hijau diperlukan data input berupa suara kicau burung yang sudah terlatih dengan cara perekaman. Suara dideteksi melalui microphone, lalu sistem akan melakukan perekaman terhadap suara. Hasil dari rekaman ini adalah file

suara dengan ekstensi WAV (*Waveform Audio Format*). Perekaman suara ini nantinya dijadikan data referensi dengan data *testing* melalui metode *Euclidean Distance*.

2. Ekstraksi Ciri LPC

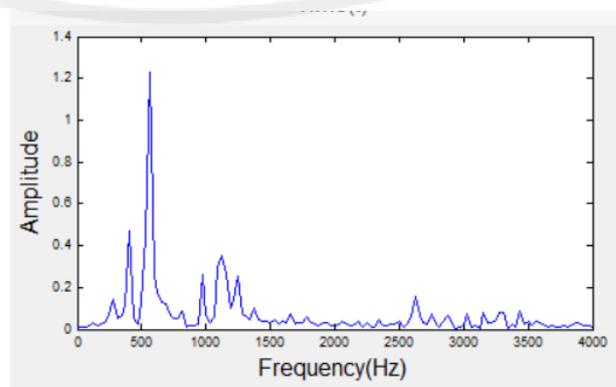
Suara yang telah didapatkan akan diekstraksi sehingga hanya didapatkan kumpulan angka yang merepresentasikan suara tersebut dalam bentuk *koefisien cepstral*. Langkah-langkah dari pengolahan sinyal dengan *Linear Predictive coding* (LPC) untuk memperoleh koefisien cepstral, yaitu (Ronando & Irawan. 2012):

a. Preemphasis

Sinyal suara yang telah diubah menjadi sinyal digital, $s(n)$, dilewatkan pada sebuah filter yang berorde rendah dengan hasil seperti pada gambar 3.2. Tujuan dari pemfilteran ini adalah untuk mendapatkan bentuk spektral frekuensi sinyal yang lebih halus (Faradiba. 2017).

Dengan demikian output dari rangkaian filter tersebut $\tilde{s}(n)$, dalam fungsi input, $s(n)$, adalah sebagai berikut:

$$\tilde{s}(n) = s(n) - \alpha s(n - 1) \quad (3.2)$$



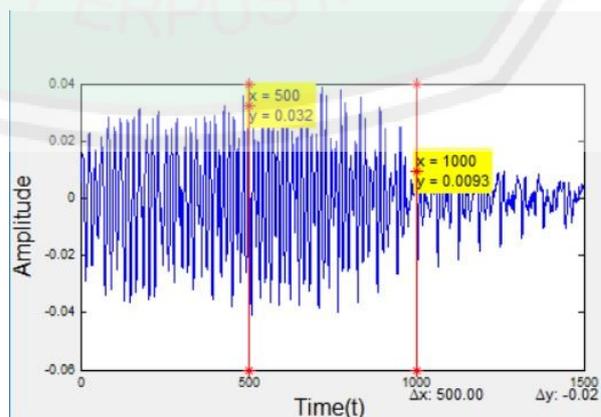
Gambar 3. 3 Hasil dari proses *Preemphasis*

b. Frame Blocking

Pada tahap ini sinyal yang telah di-preemphasis, diblok menjadi beberapa bagian dengan jumlah sampel N , dan tiap bagian dipisahkan dengan M sampel. Bagian pertama terdiri dari sejumlah N sampel, kemudian bagian kedua dimulai dari sampel M juga sejumlah N sampel begitu seterusnya. Dengan demikian akan ada sinyal yang *overlap* dari setiap bagian sinyalnya. Hal ini memberikan hasil spektrum LPC yang akan berkorelasi tiap bagiannya.

c. Windowing

Langkah berikutnya adalah melakukan proses *window* pada setiap bagian sinyal yang telah dibuat sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan diskontinuitas pada bagian awal dan akhir sinyal seperti pada gambar 3.6. Model *window* yang paling sering digunakan untuk model LPC dengan metode autokorelasi adalah *Hamming Window*. Jika didefinisikan sebuah *window* $w(n)$ dan sinyal tiap bagian adalah $x(n)$ maka sinyal hasil proses *windowing* ini adalah sebagai berikut:

Gambar 3. 4 *Frame Blocking* sinyal

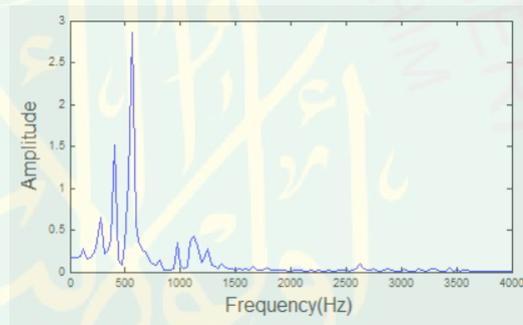
d. Analisis Autokorelasi

Tiap bagian yang telah diberi *window* kemudian akan dibentuk autokorelasinya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$r(m) = \sum_{n=0}^{N-1-m} x'(n) \cdot x'(n + m) \quad (3.3)$$

$$m = 0, 1, 2, \dots, p$$

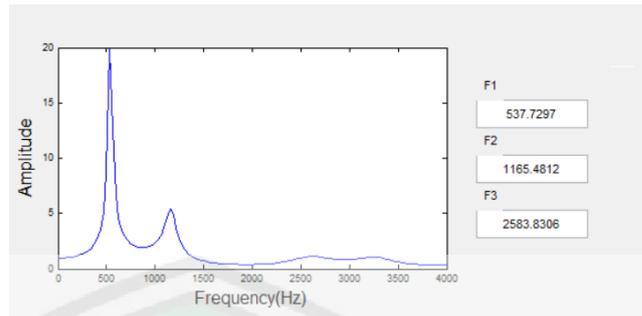
Dimana nilai tertinggi dari autokorelasi tersebut, p , adalah orde dari Analisis LPC yang akan dilakukan. Nilai yang umum untuk orde analisis LPC adalah antara 8 sampai 16. Keuntungan dari penggunaan metode autokorelasi adalah bahwa nilai ke-nol, $r(0)$, gambar 3.7 adalah energi dari sinyal yang dibuat autokorelasinya.



Gambar 3. 5 Frame N Sampel dari domain waktu ke domain frekuensi

e. Analisis LPC

Langkah berikutnya adalah analisis LPC dimana semua nilai autokorelasinya yang telah dihitung pada tahap sebelumnya akan diubah menjadi sebuah parameter LPC seperti pada gambar 3.8. Pada tahap ini setiap bingkai dengan autokorelasi ke $(p+1)$ akan dikonversi ke bentuk parameter yang bermacam-macam, ada disebut dengan nama koefisien LPC, *koefisien cepstral*, atau transformasi lain sesuai kebutuhan.



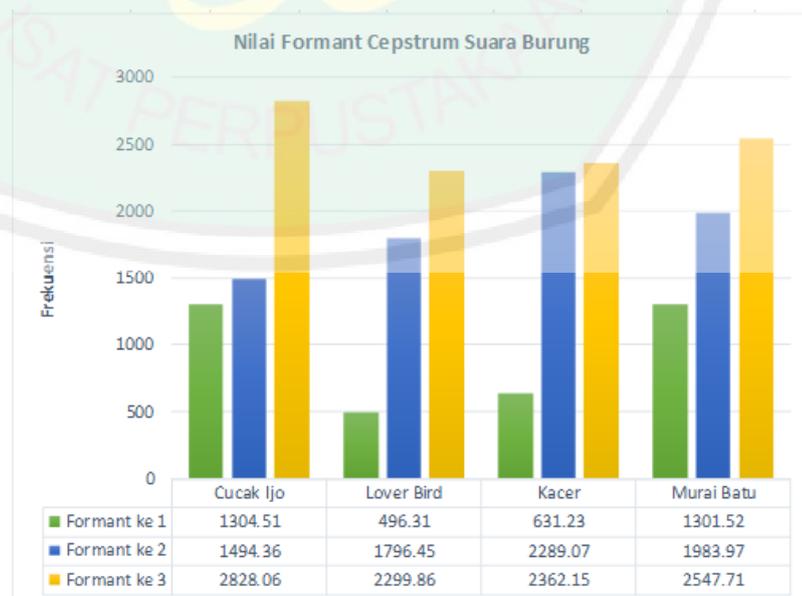
Gambar 3. 6 Hasil analisis LPC untuk mendapatkan nilai *formant*

f. Pengubahan parameter LPC menjadi koefisien *cepstral*

Parameter LPC yang sangat penting yang bisa diturunkan secara langsung dari rangkaian koefisien LPC adalah koefisien *cepstral*, LPC menghasilkan koefisien *cepstral* sesuai ukuran orde LPC, Orde yang dipilih dari 8 sampai 16. Koefisien *cepstral* ini adalah koefisien dari representasi transformasi *Fourier* pada spektrum logaritmis seperti yang dihasilkan pada gambar 3.9.

Berikut persamaan yang berfungsi mencari nilai formant dari hasil perhitungan

$$\text{Formant } a = \sqrt{\frac{a}{(2 \cdot \pi) \cdot 8000}} \quad (3.4)$$



Gambar 3. 7 Tabel nilai formant koefisien *cepstrum*

3. Nearest Neighbor Classifier

Prinsip dasar dari metode *nearest neighbor* adalah mengukur jarak antara pola sinyal yang tidak diketahui dengan pola sinyal referensi yang ada dalam database. Untuk menghitung jarak tersebut digunakan persamaan jarak *Euclidean* yang merupakan salah satu implementasi dalam algoritma *nearest neighbor*. *Euclidean distance* adalah metrika yang paling sering digunakan untuk menghitung kesamaan dua vektor. Persamaan jarak *Euclidean* direpresentasikan dengan menggunakan persamaan berikut (Wurdianto. 2014):

$$d_{x,y} = \sqrt{\sum_i^m (x_i - y_i)^2} \quad (3.5)$$

Dimana x_i adalah pola sinyal yang tidak diketahui, y_i adalah pola sinyal referensi dalam database yang telah dibuat polanya terlebih dahulu, dan d_i adalah jarak antara sinyal yang tidak diketahui dengan pola sinyal referensi yang telah disimpan sebelumnya. Kemudian setelah didapat jarak antara pola sinyal yang tidak diketahui dengan pola sinyal referensi maka pengambilan keputusan ditentukan dengan menggunakan persamaan (Thiang & Saputra. 2005):

$$i = \min d_i \quad (3.6)$$

Nilai i adalah indeks dari pola sinyal referensi yang mempunyai jarak terdekat dengan pola sinyal yang tidak diketahui (sinyal *input*). Dengan demikian sinyal input akan dikenali sebagai pola sinyal referensi dengan indeks i .

Tahap perhitungan ini untuk klasifikasi menggunakan rumus persamaan *Euclidean distance*. Berikut tabel bentuk nilai *formant* data latih dari setiap sample jenis burung yang telah diambil. Data sampel yang dipakai sebanyak 3 per-jenis burung dengan total semuanya adalah 12 sampel data latih.

Tabel 3. 1 Nilai *formant* data *training* untuk sampel data *testing*

Nilai Sampel Data <i>Training</i>			
Jenis burung	F1	F2	F3
Cucak hijau 1	501,513930	1309,71218	3145,08768
Cucak hijau 2	591,07994	1274,02665	3172,20931
Cucak hijau 3	884,57874	997,34905	2276,08274
Kacer 1	326,95284	1264,01030	1394,70341
Kacer 2	254,03981	1110,36157	1422,70902
Kacer 3	326,48130	899,17398	1378,36523
Lovebird 1	828,39684	1438,78990	2124,14022
Lovebird 2	625,83638	1249,62720	1893,34373
Lovebird 3	647,06390	1295,05521	1914,99030
Murai batu 1	205,21928	1280,53842	2823,03110
Murai batu 2	495,72423	1402,16083	2842,79292
Murai batu 3	369,12095	1185,49098	2407,95380

Untuk jenis suara kicau burung yang digunakan sebagai data *testing* adalah burung Cucak Hijau dengan nilai F1 648,1028, F2 1267,6523, F3 3088,4059. Setelah didapatkan nilai formantnya, maka dihitung antara data *testing* dan data *training* untuk dicari jarak terdekat. Nilai $d(x,y)$ yang paling terkecil adalah suara burung yang paling menyerupai dengan data yang dijadikan sebagai data referensi.

Tabel 3. 2 Nilai dari hasil perhitungan persamaan *Euclidean Distance*

Jenis burung	x,y			Nilai Min
Cucak Hijau	162,696	101,5640	888,174	101,564
Kacer	1723,884	1718,886	1778,611	1718,887
Lovebird	995,792	1195,406	1173,736	995,792
Murai batu	516,4646	318,806	739,9976	318,806

Maka setelah didapatkan nilai min dari persamaan rumus awal *Euclidean Distance*, kemudian jarak antara pola sinyal yang baru dengan pola sinyal referensi dicari jarak terdekatnya.

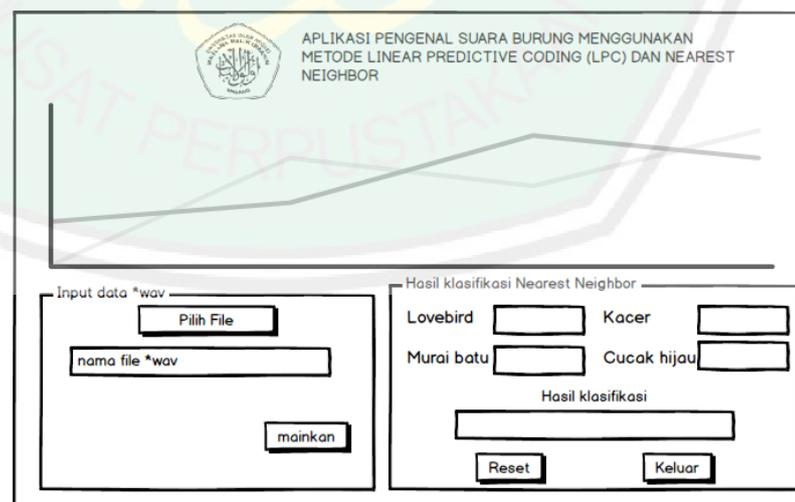
Tabel 3. 3 Nilai minimal dari setiap jenis burung

Jenis burung	Nilai Min
Cucak Hijau	101,5640213
Kacer	1718,886881
Lovebird	995,792308
Murai batu	318,806382

Hasil perhitungan klasifikasi *Euclidean distance* yang didapatkan dari 1 data testing jenis burung cucak hijau dengan data training 3 data per-jenis burung adalah **101,5640213** yaitu Cucak hijau. Seperti yang tertera pada *Tabel 3.3* maka dapat disimpulkan bahwa hasil klasifikasi dengan perhitungan manual ini adalah sesuai.

3.4 Desain *Interface*

Membangun sistem yang baik, dan bagus serta dapat memberikan kenyamanan baik secara interaksi terhadap *user*, perlu dibuat desain *interface* terlebih dahulu. Maka, berikut adalah desain *interface* klasifikasi pengenalan suara kicau burung.



Gambar 3. 8 Desain *Interface* klasifikasi pengenalan suara kicau burung

Sesuai pada rancangan antarmuka pada gambar diatas, maka masing-masing komponen memiliki fungsi sebagai berikut:

1. *Panel* “Input data *.wav”. Berisi satu komponen *button* dan satu *text field*. *Button* pilih *file* berfungsi untuk mengambil dan memasukkan data *testing* berupa *file* suara berformat *.wav. Sedangkan komponen *text field* berfungsi menampung nama *file* dari data yang akan diuji cobakan.
2. *Line Chart* atau grafik. Komponen ini berfungsi untuk menampilkan gelombang sinyal data *testing* yang diuji cobakan.
3. *Panel* “Hasil Klasifikasi Nearest Neighbor”. *Panel* ini berisi empat *text field* untuk menampung nilai minimal dari perhitungan *koefisien cepstral* untuk peluang jarak terdekat data *testing* terhadap data *training* dan *text field* dibawahnya berfungsi untuk menampung hasil jenis burung yang didapatkan dari perhitungan nilai jarak terdekat antara data *testing* dan data *training* dengan menggunakan klasifikasi *Nearest neighbor*.
4. *Button* “Reset”. Berfungsi untuk mengosongkan dan memuat ulang data dalam program untuk digunakan klasifikasi selanjutnya.
5. *Button* “Keluar”. Berfungsi untuk keluar dan menutup program klasifikasi pengenalaan suara kicau burung.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Tujuan analisis pada bagian ini adalah untuk membahas pengujian metode yang digunakan dalam membangun klasifikasi yang telah dibuat serta implementasi metode *Linear Predictive Coding* (LPC) dan *Nearest Neighbor*. Sedangkan tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah metode yang dipilih cocok dan bisa digunakan dalam pembuatan klasifikasi pengenalan suara burung.

4.1 Peralatan yang digunakan

Berikut keterangan spesifikasi *hardware* dan *software* yang digunakan sebelum diimplementasikan, yaitu:

4.1.1 Hardware

Perangkat keras atau *hardware* yang digunakan untuk pembuatan klasifikasi dan pengujian metode tersebut adalah sebagai berikut:

- a) Processor : Intel(R) Core(TM) i3-3110M
- b) Memory : RAM 4,00 GB
- c) System type : 64-bit Operation System
- d) Perekam : Microfon Handphone Meizu M2 Note

4.1.2 Software

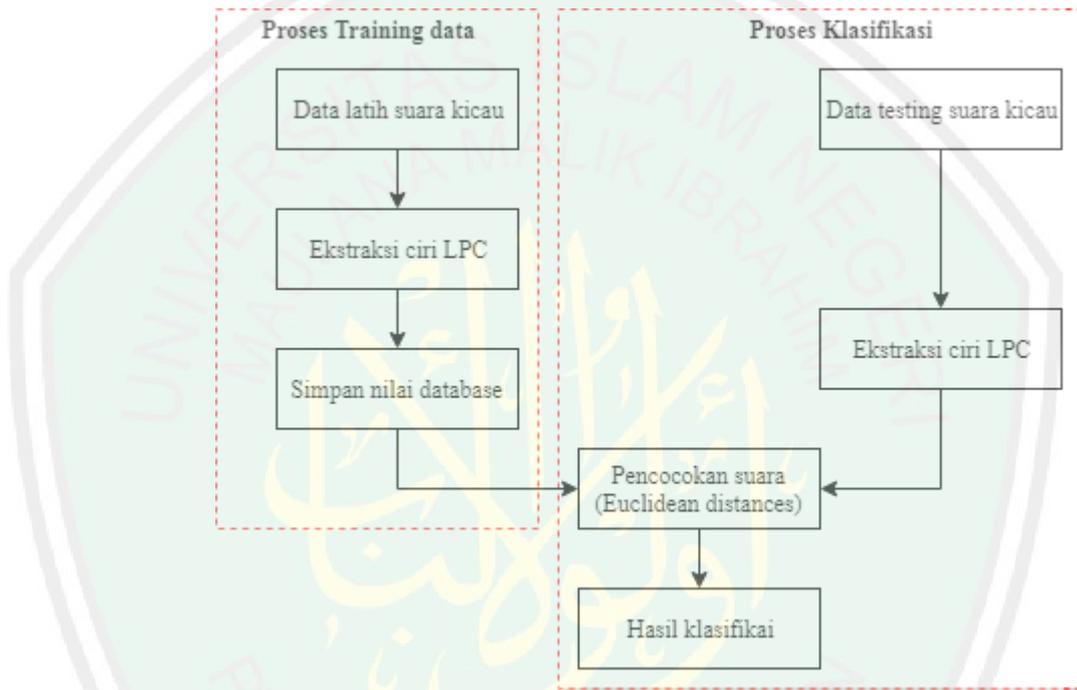
Adapun *software* atau perangkat lunak yang digunakan dalam pembuatan klasifikasi dan pengujian metode yaitu:

- a) Sistem Operasi : Windows 7

- b) Pengembang Algoritma : Microsoft Office 2013
 c) Pengembang Aplikasi : MATLAB R2010b

4.2 Analisis Sistem

Alur kerja sistem pengenalan suara kicau burung akan dibahas sesuai diagram proses sistem dibawah ini:



Gambar 4. 1 Diagram Blok Alur Kerja Sistem

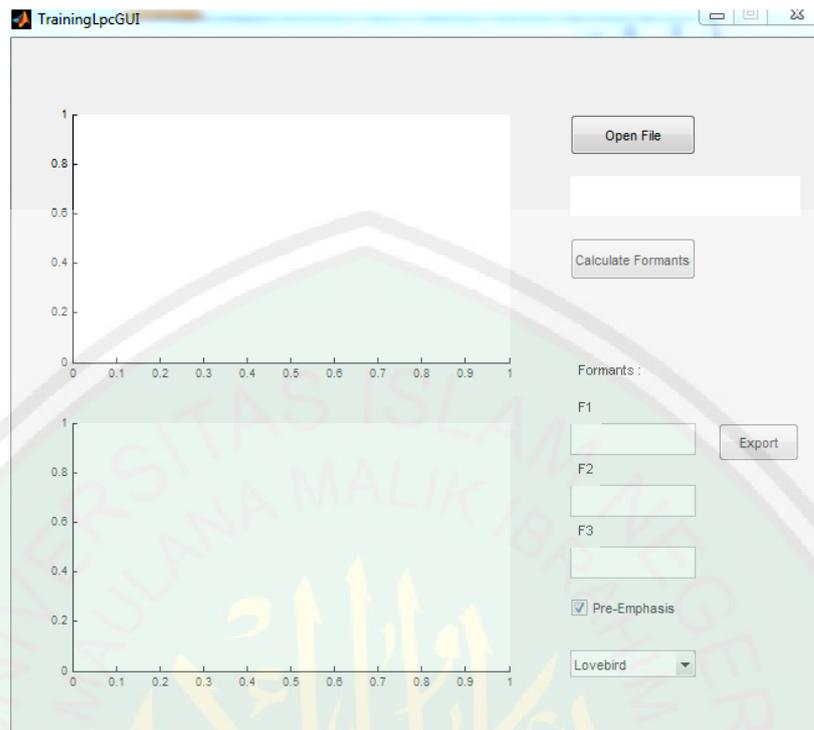
Gambar diagram diatas merupakan rangkaian dari diagram blok alur kerja sistem secara umum. Adapun penjelasan dari diagram blok tersebut adalah sebagai berikut:

- Data latih suara kicau adalah masukan suara kicau burung berupa file *.*wav*. Data tersebut direkam menggunakan *microphone handphone meizu m2 note*.
- Ekstraksi ciri LPC merupakan proses sinyal suara kicau burung yang masuk berupa sinyal analog yang kemudian diubah menjadi sinyal diskrit untuk diproses menjadi nilai-nilai *formant*.

- Simpan nilai ke database merupakan hasil nilai dari proses LPC yang digunakan sebagai nilai referensi atau nilai acuan untuk mencocokkan nilai dari data *testing*.
- Data testing suara kicau juga sama dengan data latih. Data tersebut diperoleh dari merekam suara kicau burung dan dijadikan format *.*wav*.
- Pencocokan suara adalah proses perhitungan menggunakan *Euclidean distance*. Hasil nilai dibandingkan dengan data input yang berdekatan dengan berdasarkan jarak terkecil.

4.3 User Interface Data Latih

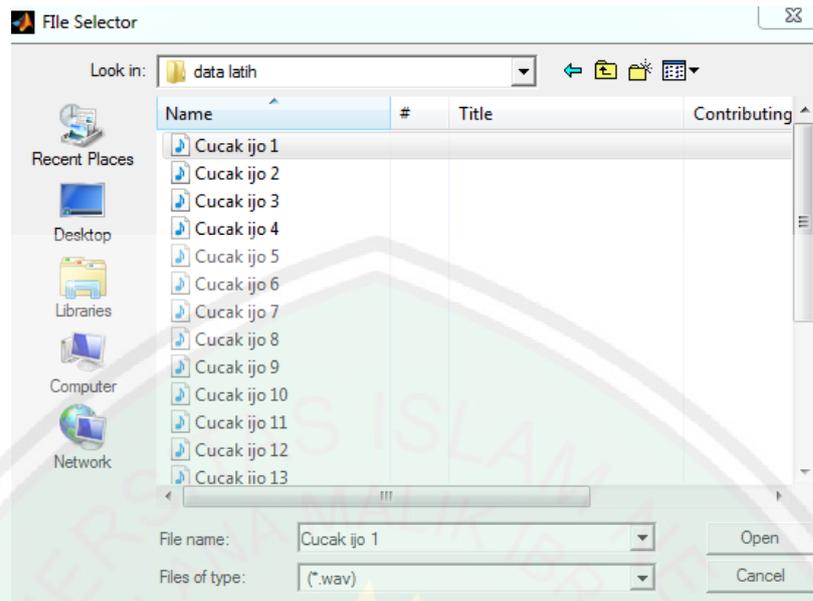
Klasifikasi pengenalan kicau burung ini mempunyai 2 *interface* yaitu *interface* data latih dengan ekstraksi suara kicau burung dan *interface* klasifikasinya. Kedua *Interface* juga sangat sederhana, *Interface* data latih terdapat 3 *button* tombol eksekusi yaitu *button Open file*, *Calculate formant*, *Export* dan mempunyai 1 pop-up menu. Tampilan *interface* data latih pengenalan suara kicau burung adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 2 Hasil *Running Interface Training* Pengenal Suara Kicau Burung

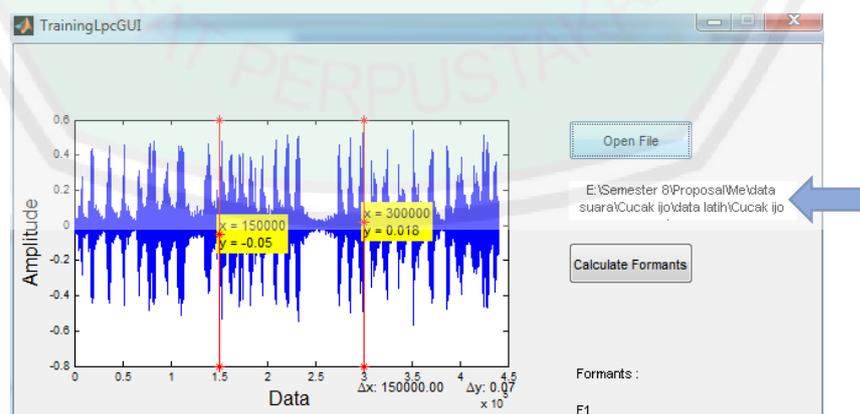
Interface *training* data suara kicau burung ini memiliki beberapa fungsi, yaitu *button Open file* berfungsi dalam pengambilan data untuk di ekstraksi ciri. Data yang di ambil berupa rekaman suara kicau burung berekstensi *.wav* dengan source code berikut:

```
[filename pathname] = uigetfile({'*.wav'}, 'File Selector');
fullpathname = strcat(pathname, filename);
set(handles.t_file, 'String', fullpathname);
suara = fullpathname;
```



Gambar 4. 3 Tampilan untuk Mengambil Data *Training*

Audio rekaman data latih sudah dikelompokkan per-jenis burung dalam 1 folder. Data latih yang di ambil tersebut dari salah satu jenis burung yaitu Cucak hijau. Hasil pengambilan data latih tersebut namanya akan tertulis dalam objek *edittext*.

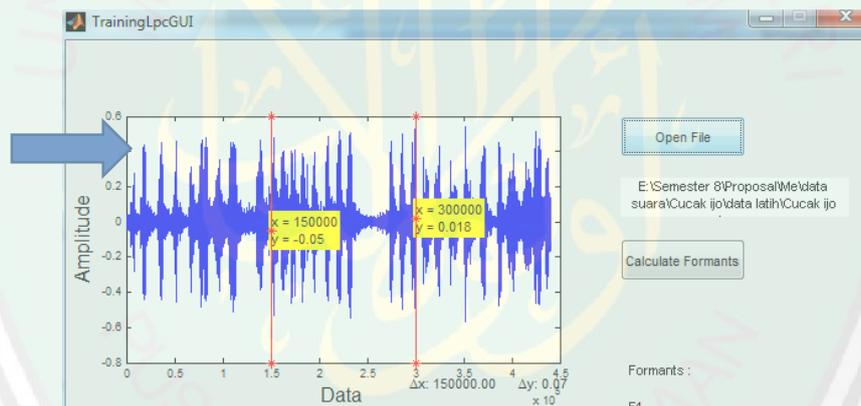


Gambar 4. 4 Tampilan Nama *File* dari Data Latih

Pemanggilan data tersebut menghasilkan gambar dalam bentuk suara digital pada axes1

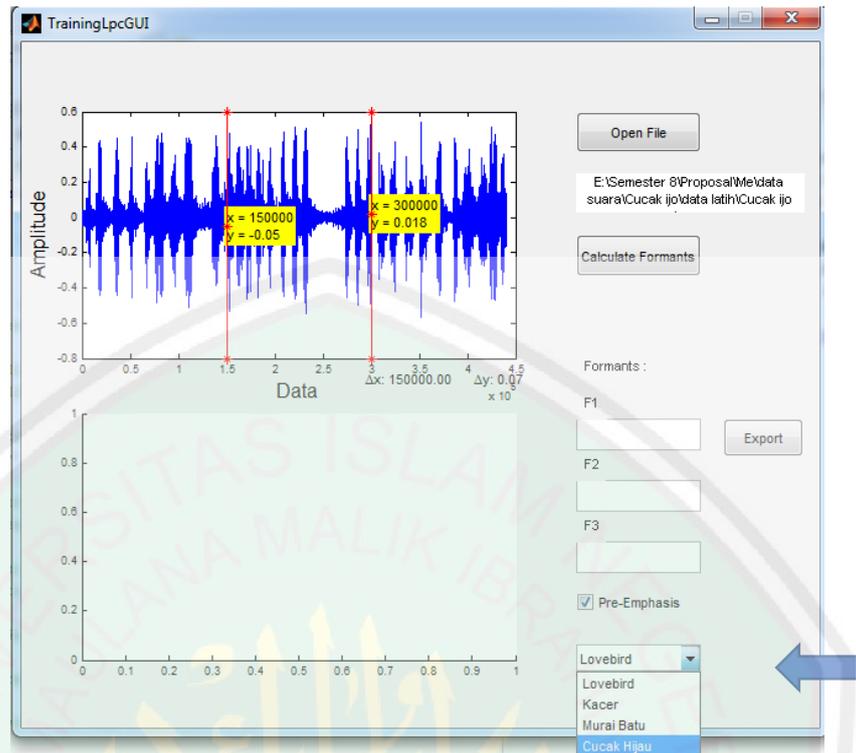
```
[y,fs] = wavread(suara);

y = y(:,1);
dt = 1/fs;
t = 0:dt:(length(y)*dt)-dt;
S.Fs = 44.1e3;
S.data = y;
clear y;
axes(handles.axes1);
plot(S.data);
xlabel('Data','fontsize',12);
ylabel('Amplitude','fontsize',12);
```



Gambar 4. 5 Tampilan Gelombang Amplitudo Data Training Pada axes 1

Sebelum memfungsikan button *Calculate formant*, user harus memilih pada pop-up menu jenis burung apa yang sudah diinputkan dan akan ditraining tersebut. Pop-up menu jenis burung tersebut berfungsi mengelompokkan jenis burung sesuai dengan database yang telah dibuat saat di ekspor.



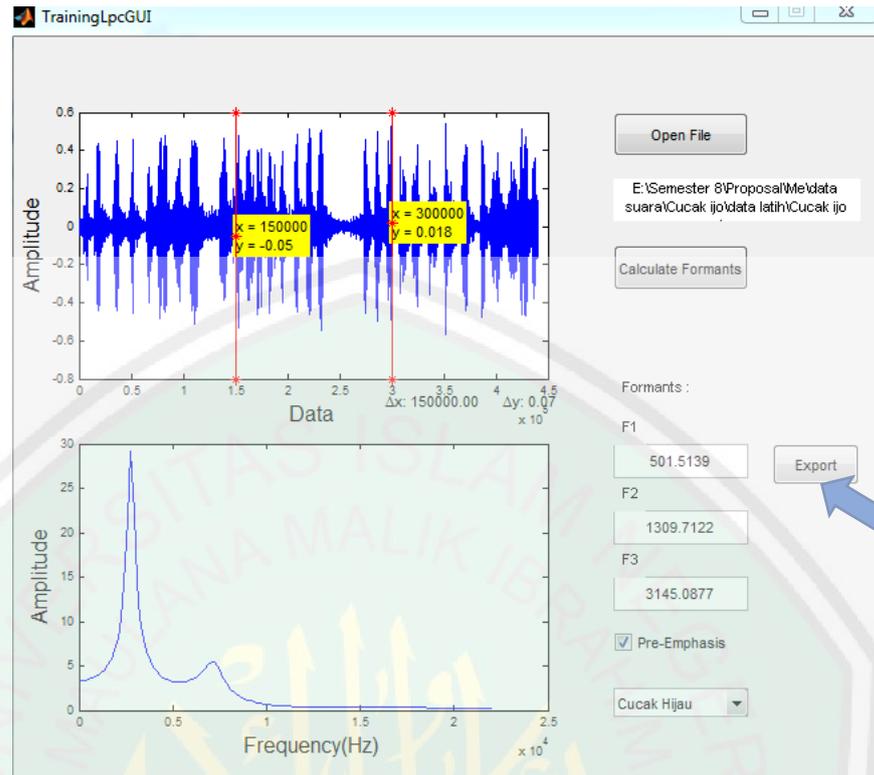
Gambar 4. 6 Tampilan *Pop-up* Menu yang Berisi Pilihan Jenis Burung

Selanjutnya Setelah gelombang amplitudo ditampilkan dan memilih jenis burung pada *pop-up* menu, yaitu memfungsikan button *Calculate formant* untuk mendapatkan nilai parameter formant dari sinyal suara yang diinputkan tersebut.

```
% Calculating Formants
roots_a=roots(a);
formants_a=angle(roots_a)/(2*pi)*8000;
a_sorted = sort(abs(formants_a));
```

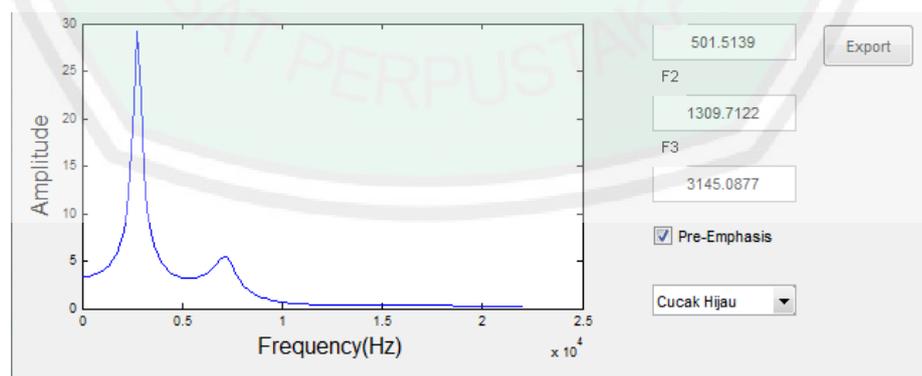
Hasil dari *Calculate formant* ini memberi tampilan gambar sinyal frekuensi pada axes2 dan juga nilai pada edit1 (F1), edit2 (F2) dan edit3 (F3).

```
% Displaying Data
set(handles.edit1,'string',num2str(a_sorted(2)));
set(handles.edit2,'string',num2str(a_sorted(4)));
set(handles.edit3,'string',num2str(a_sorted(6)));
fm = [a_sorted(2) a_sorted(4) a_sorted(6)];
handles.fm=fm;
guidata(hObject,handles);
```



Gambar 4. 7 Tampilan Setelah Nilai *Formant* didapatkan

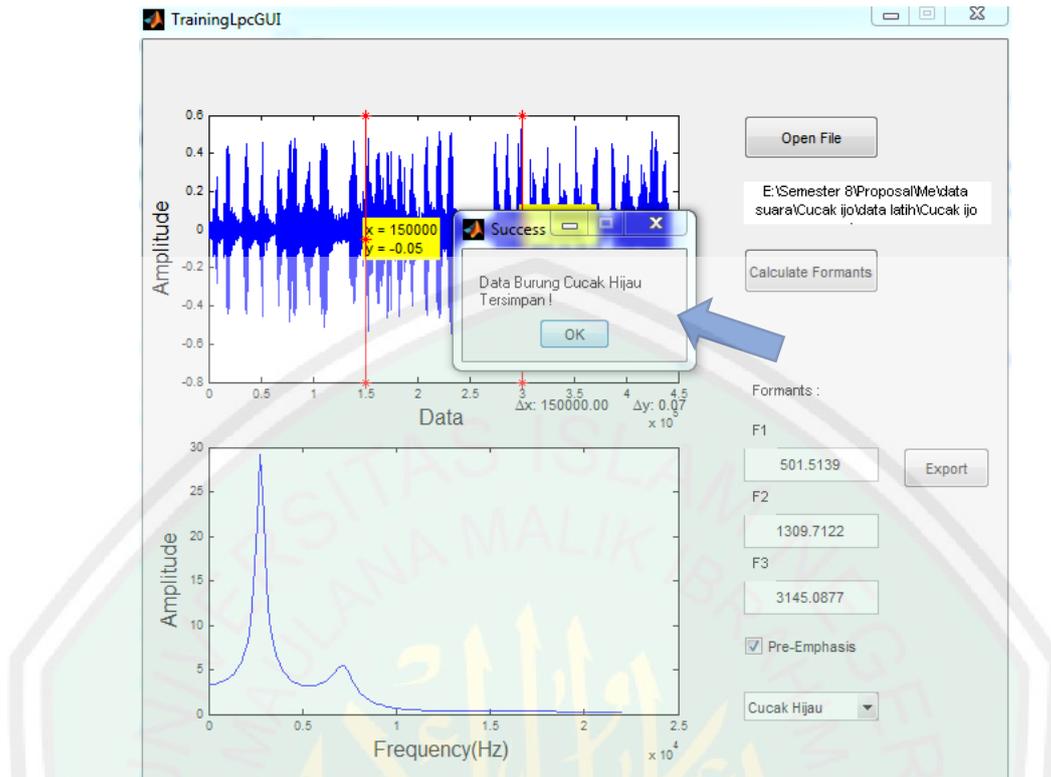
Proses pre-emphasis harus terus berjalan untuk menghasilkan sinyal frekuensi pada axes2 maka *Checkbox Pre-Emphasis* sudah diatur selalu aktif / centang (✓).



Gambar 4. 8 Tampilan Gelombang Sinyal Frekuensi Setelah Proses Ekstraksi

Terakhir adalah *button Export* yang berfungsi untuk menyimpan nilai-nilai parameter formant dalam database yang telah dibuat. Fungsi *button Export* menyimpan dalam database yang sesuai dengan apa yang dipilih dari jenis burung pada *pop-up* menu.

```
jenis = get(handles.pop_jenis, 'value');  
  
if jenis == 1  
data_lovebird = [data_lovebird cdata];  
save training_lovebird.mat data_lovebird;  
msgbox({' Data Burung Lovebird'; 'Tersimpan !'}, 'Success');  
  
elseif jenis == 2  
data_kacer = [data_kacer cdata];  
save training_kacer.mat data_kacer;  
msgbox({' Data Burung Kacer'; 'Tersimpan !'}, 'Success');  
  
elseif jenis == 3  
data_murai_batu=[data_murai_batu cdata];  
save training_murai_batu.mat data_murai_batu;  
msgbox({' Data Burung Murai Batu'; 'Tersimpan !'}, 'Success');  
  
elseif jenis == 4  
data_cucak_hijau=[data_cucak_hijau cdata];  
save training_cucak_hijau.mat data_cucak_hijau;  
msgbox({' Data Burung Cucak Hijau'; 'Tersimpan !'}, 'Success');  
  
end
```



Gambar 4. 9 Tampilan Success Menyimpan dalam Database

Data training dari suara kicau burung disimpan dalam database setelah sukses di ekstraksi. Fitur database juga merupakan acuan untuk memudahkan proses pencocokan suara kicau burung dari data *testing*.

data_cucak_hijau <3x20 double>										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	501.5139	591.0799	884.5787	415.8404	398.2643	334.7801	738.3730	522.5457	517.4681	902.3431
2	1.3097e+03	1.2740e+03	997.3490	1.5173e+03	1.2366e+03	1.6774e+03	1.6056e+03	1.2485e+03	1.1622e+03	1.7275e+03
3	3.1451e+03	3.1722e+03	2.2761e+03	2.7750e+03	2.3672e+03	2.7338e+03	2.7940e+03	2.3403e+03	2.6854e+03	2.5761e+03

Gambar 4. 10 Tampilan Sebagian Nilai *formants*

Jadi untuk melakukan klasifikasi selanjutnya, seluruh data referensi harus sudah di ekstraksi dan didapatkan nilai *formants*-nya. Berikut seluruh nilai data *formants* dari data referensi yang telah *training*.

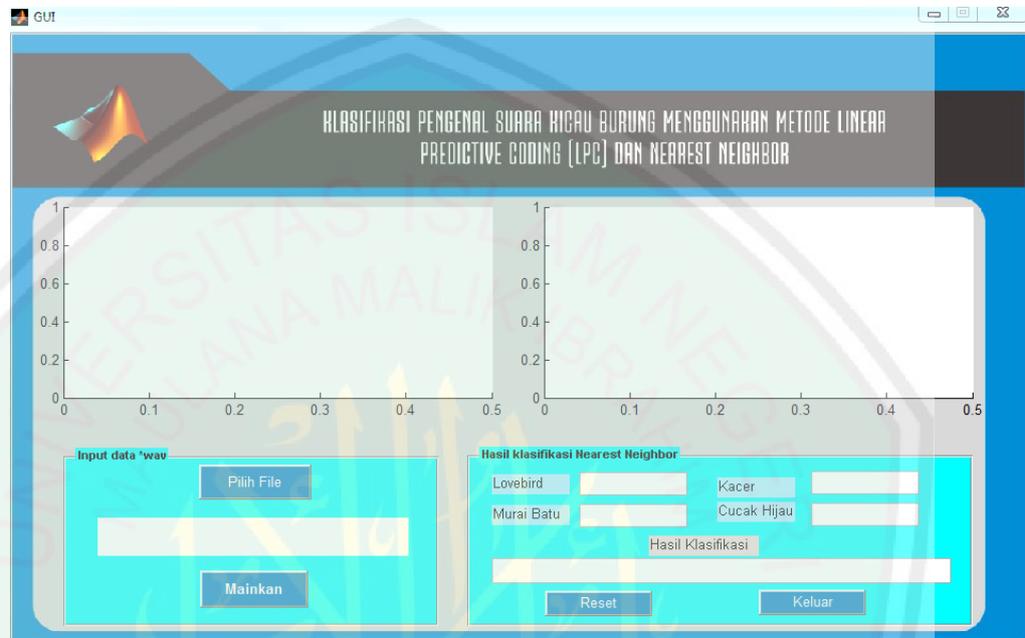
Tabel 4. 1 Seluruh nilai *formants* data *training*

Nilai <i>Formants</i> Data <i>Training</i>			
Nama file *.wav	F1	F2	F3
Cucak ijo 1	501,51393	1309,71218	3145,08768
Cucak ijo 2	591,07994	1274,02665	3172,20931
Cucak ijo 3	884,57874	997,34905	2276,08274
Cucak ijo 4	415,84035	1517,32462	2774,98675
Cucak ijo 5	398,26435	1236,62722	2367,19101
Cucak ijo 6	334,78008	1677,42210	2733,76709
Cucak ijo 7	738,37297	1605,56482	2794,03415
Cucak ijo 8	522,54572	1248,53751	2340,27104
Cucak ijo 9	517,46815	1162,17182	2685,40391
Cucak ijo 10	902,34307	1727,52905	2576,12167
Cucak ijo 11	493,19711	1163,54562	2261,76643
Cucak ijo 12	503,61066	1167,03172	2503,96623
Cucak ijo 13	778,41022	1293,47656	1875,57602
Cucak ijo 14	548,48847	1118,31369	2273,12160
Cucak ijo 15	444,94663	1268,28108	2339,12499
Cucak ijo 16	623,40229	1628,79253	2456,66617
Cucak ijo 17	779,34511	1434,42757	2104,43362
Cucak ijo 18	552,03837	1248,22219	2575,69514
Cucak ijo 19	765,57469	1319,80500	2366,05755
Cucak ijo 20	804,24548	1362,25268	2456,45729
Kacer 1	326,95284	1264,01030	1394,70341
Kacer 2	254,03981	1110,36157	1422,70902
Kacer 3	326,48130	899,17398	1378,36523
Kacer 4	255,60243	994,15508	1522,22275
Kacer 5	409,60335	1390,73162	3061,61362
Kacer 6	313,94860	1182,52107	2189,64899
Kacer 7	416,45644	1267,59613	2434,95587
Kacer 8	634,22331	1439,64211	3026,86731
Kacer 9	313,99401	1139,11342	1348,59591
Kacer 10	477,63298	1422,33700	3007,27411
Kacer 11	490,47226	1504,85054	2009,29656
Kacer 12	808,03140	1415,93909	2189,49316
Kacer 13	447,10431	1239,96811	1594,29092
Kacer 14	509,45440	1889,47716	2439,00500
Kacer 15	849,15769	1621,20801	2571,30553
Kacer 16	936,07398	1129,93352	1914,77931
Kacer 17	491,57772	999,72533	2373,03445
Kacer 18	549,22952	1128,19978	2268,58575
Kacer 19	692,33965	991,26248	1864,45459
Kacer 20	622,83440	1204,75502	2248,82551
Lovebird 1	828,39684	1438,78990	2124,14022

Nilai <i>Formant</i> Data Training			
Lovebird 2	625,83638	1249,62720	1893,34373
Lovebird 3	647,06390	1295,05521	1914,99030
Lovebird 4	982,06598	1291,11150	2874,14688
Lovebird 5	959,94008	1261,64207	2088,18054
Lovebird 6	652,62423	1236,91037	1902,24873
Lovebird 7	587,44940	1214,63193	1879,48019
Lovebird 8	922,50084	1217,13525	2114,51042
Lovebird 9	781,40091	1014,33942	1954,35451
Lovebird 10	662,65282	1203,26724	2134,36881
Lovebird 11	692,34063	822,43244	2272,56127
Lovebird 12	681,61504	1380,42233	2082,75950
Lovebird 13	846,64086	1536,36835	2240,17017
Lovebird 14	895,70028	1636,96026	2415,86647
Lovebird 15	787,78775	1353,30737	1890,60436
Lovebird 16	843,35339	1572,86701	2202,86044
Lovebird 17	781,84619	1307,96681	1750,32344
Lovebird 18	797,81999	1151,48674	1188,72816
Lovebird 19	902,30176	1319,87633	2759,03065
Lovebird 20	698,58039	1337,68104	1964,55590
Murai batu 1	205,21928	1280,53842	2823,03110
Murai batu 2	495,72423	1402,16083	2842,79292
Murai batu 3	369,12095	1185,49098	2407,95380
Murai batu 4	504,12790	720,62379	2214,17674
Murai batu 5	721,33261	961,44995	2255,90167
Murai batu 6	437,86491	1276,85666	2660,81577
Murai batu 7	263,99629	1018,32255	2305,84885
Murai batu 8	784,44594	1201,59550	2699,79358
Murai batu 9	671,36154	1027,38112	2309,85434
Murai batu 10	738,74993	1132,95445	2922,18247
Murai batu 11	395,19033	1189,97525	2669,89064
Murai batu 12	183,96956	922,50126	2444,14192
Murai batu 13	286,85184	1088,08668	2298,95530
Murai batu 14	352,37612	1645,32343	2433,86726
Murai batu 15	736,60126	1440,79146	2052,42868
Murai batu 16	381,23440	1735,41063	1924,16755
Murai batu 17	782,85500	1387,03826	2100,51081
Murai batu 18	706,76939	1677,24478	2128,90266
Murai batu 19	301,77308	1541,12785	2388,08804
Murai batu 20	989,37430	1941,12525	2325,06702

4.4 User Interface Klasifikasi

User interface berikutnya adalah untuk Klasifikasi pengenalan suara kicau burung. Terdapat 4 *button* yaitu Pilih file, Mainkan, Reset dan Hapus.



Gambar 4. 11 Hasil *Running User Interface* Klasifikasi Pengenalan Suara Kicau

Pengambilan data *testing* untuk klasifikasi ini menggunakan *button* “Pilih File”.

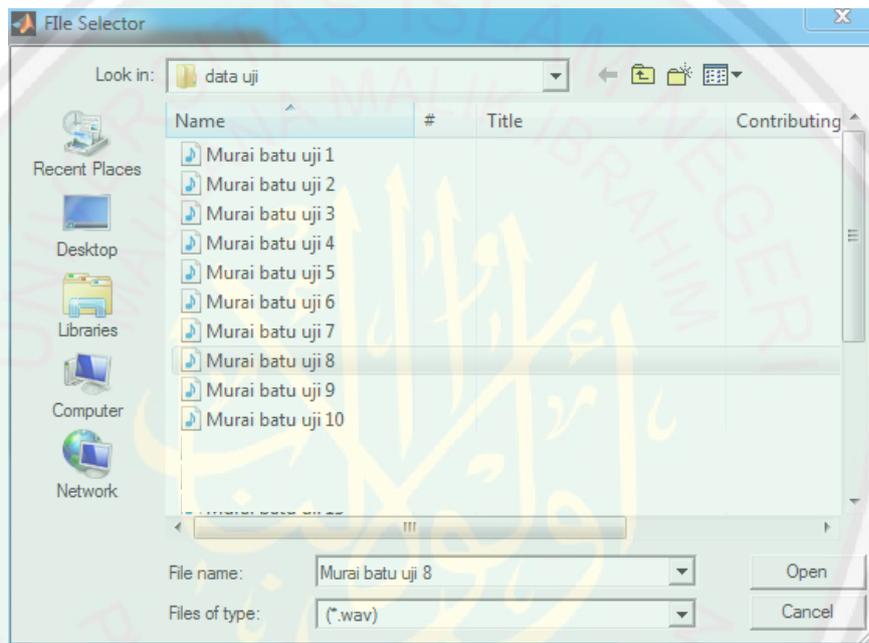
Data yang diambil berupa file rekaman berekstensi *.wav* dari folder data *testing* yang telah disiapkan.

```
function b_pilih_Callback(hObject, eventdata, handles)
clear global suara;

[filename pathname] = uigetfile({'*.wav'}, 'File Selector');
fullpathname = strcat(pathname, filename);
set(handles.t_file, 'String', fullpathname);
suara = fullpathname;

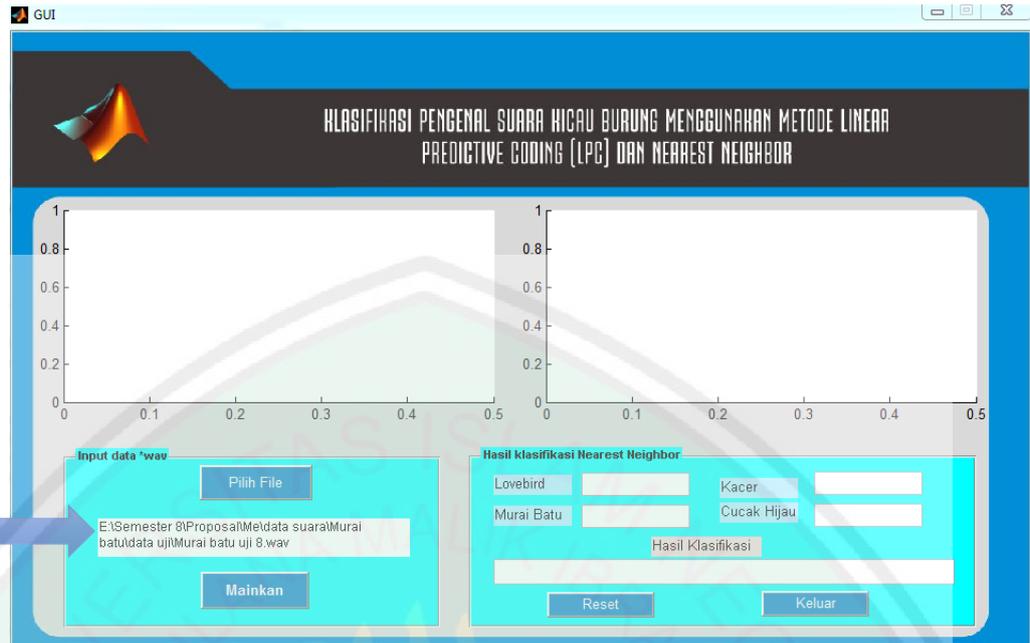
global suara;
```

Data yang diambil berupa data rekaman berekstensi *.wav* yang telah disiapkan dalam satu folder 1 jenis burung. Jadi semua jenis burung memiliki folder masing-masing, baik rekaman untuk data *training* ataupun data *testing*. Berikut yang dipakai adalah data testing burung Murai batu dengan nama file “Murai batu uji 8.wav”.



Gambar 4. 12 Tampilan untuk Mengambil Data *Testing*

Setelah data rekaman *.wav* tersebut diambil dari folder, maka nama file dan lokasi file tersebut akan tertulis pada objek *edittext*.

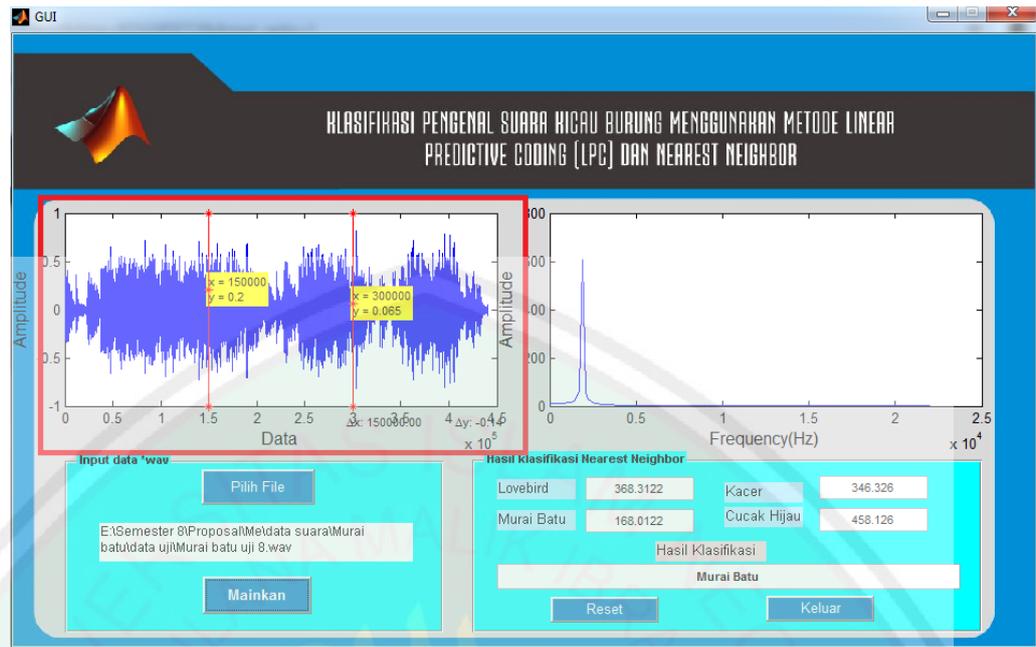


Gambar 4. 13 Tampilan Nama File dari Data *Testing*

Selanjutnya fungsi dari button “Mainkan” pada user interface klasifikasi. Button ini memiliki banyak fungsi, yang pertama adalah *play* audio **.wav* data yang telah diinputkan untuk di *testing*.

```
[ y, fs ] = wavread(suara);
y = y(:,1);
dt = 1/fs;
t = 0:dt:(length(y)*dt)-dt;
S.Fs = 44.1e3;
S.data = y;
wavplay(y,44.1e3);
clear y;
```

Fungsi selanjutnya dari *button* “Mainkan” adalah melakukan serangkaian proses *Linear Predictive Coding* (LPC) dan menampilkan gambar gelombang audio pada “*axes_signal*” dan “*axes_lpc*”.



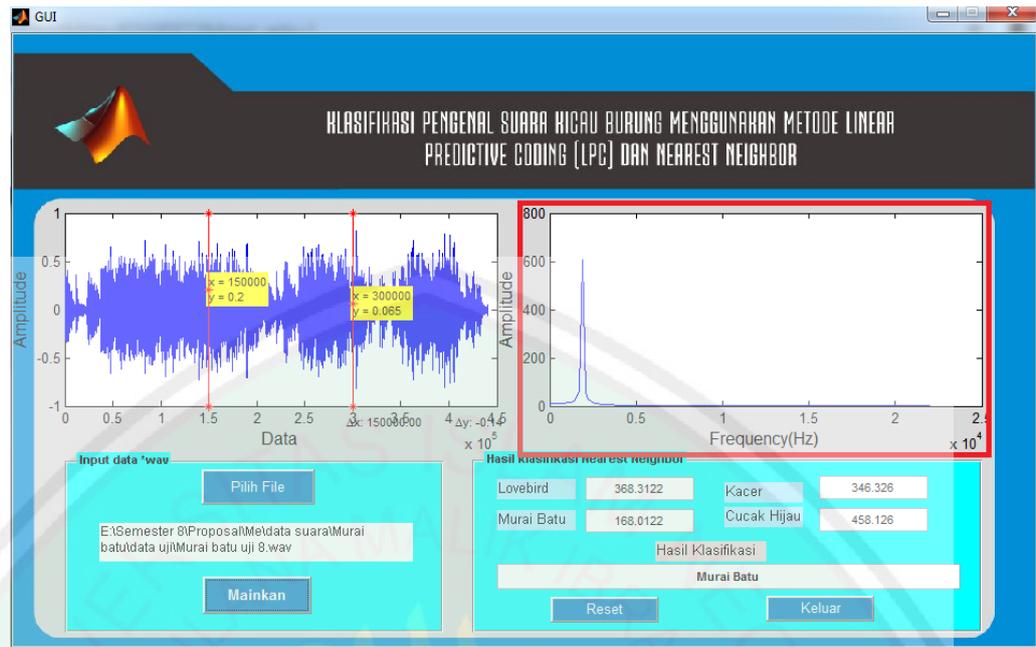
Gambar 4. 14 Tampilan Gelombang Amplitudo data *testing*

Source code berikut untuk menampilkan gelombang amplitudo pada “axes_signal” seperti pada gambar 4.14 setelah suara audio **.wav* data *testing* berhenti.

```
axes(handles.axes_signal);
plot(S.data);
xlabel('Data','fontsize',12);
ylabel('Amplitude','fontsize',12);
```

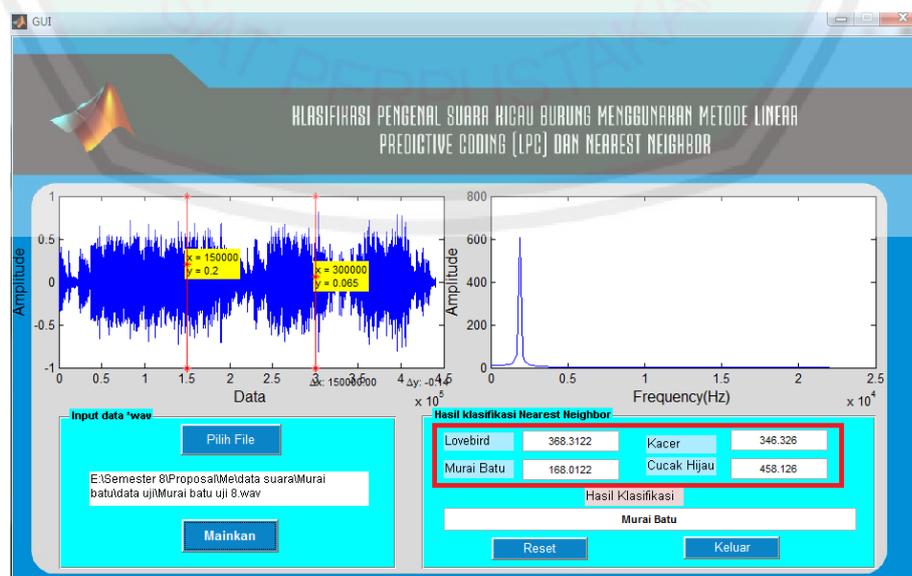
Berikutnya source code untuk menampilkan gambar sinyal frekuensi setelah dilakukan proses *Linear Predeivtive Coding* (LPC) pada plot “axes_lpc”.

```
axes(handles.axes_signal);
val=dualcursor;
axes(handles.axes_lpc);
pointer_switch=handles.pointer_switch;
```



Gambar 4. 15 Tampilan Sinyal Frekuensi Setelah Proses Ekstraksi

Proses yang selanjutnya dilakukan oleh button “Mainkan” adalah menampilkan nilai dari persamaan perhitungan *Euclidean Distances* antara data input dan data referensi dalam database pada *edittext* “ed_lovebird”, “ed_kacer”, “ed_murai”, dan “ed_cucak”.

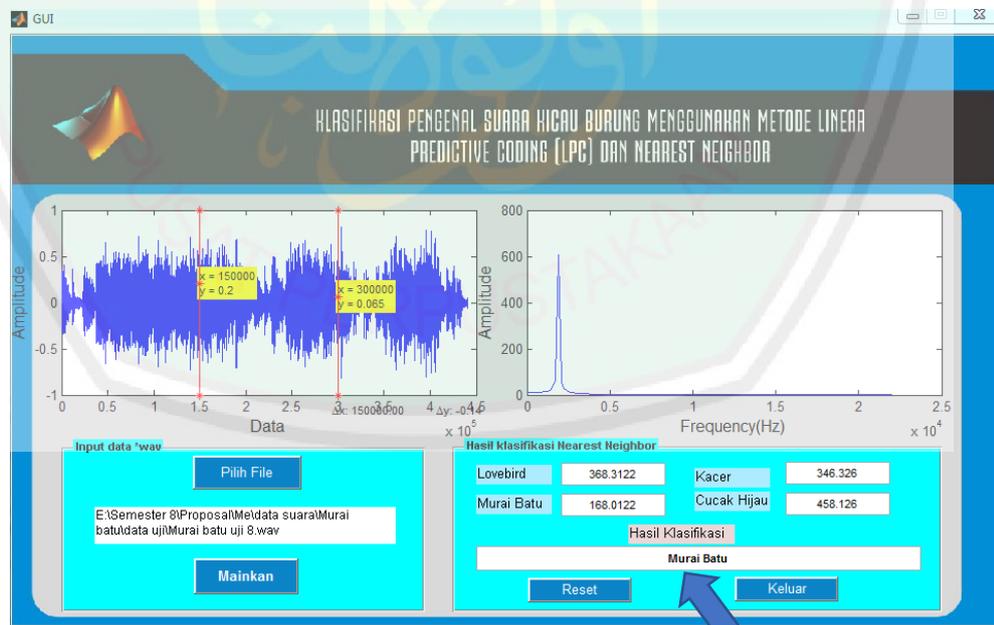


Gambar 4. 16 Tampilan Nilai dari Persamaan Perhitungan *Euclidean Distance*

Proses terakhir yang dilakukan *button* “Mainkan” adalah klasifikasi *Euclidean distance* untuk mencari nilai pada *edittext* “ed_out” yang merupakan hasil terakhir pada proses klasifikasi dan berikut *source codenya*.

```
%Clasification kind of bird
all_d = [d_lovebird;d_kacer;d_murai;d_cucak];
[M,I] = min(all_d(:))
min_id = I;

if(min_id==1)
    hasil = 'Love Bird';
elseif(min_id==2)
    hasil = 'Kacer';
elseif(min_id==3)
    hasil = 'Murai Batu';
elseif(min_id==4)
    hasil = 'Cucak Hijau';
end
set(handles.ed_out,'string',hasil);
```



Gambar 4. 17 Tampilan Hasil Klasifikasi Pengenal Suara Kicau Burung

4.5 Data Uji Coba

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa dataset dari 4 jenis suara kicau burung yang digunakan pada penelitian ini:

Tabel 4.2 *Dataset nilai formants* burung Cucak hijau

Jenis Burung	F1	F2	F3	Klasifikasi
Cucak Hijau 1	508	1161	2567	True
Cucak Hijau 2	603	1145	2706	True
Cucak Hijau 3	437	1288	2373	True
.....
Cucak Hijau 10	523	1219	2372	True

Tabel 4.3 *Dataset nilai formants* burung Kacer

Jenis Burung	F1	F2	F3	Klasifikasi
Kacer 1	416	1300	2392	True
Kacer 2	486	1426	3030	True
Kacer 3	438	1311	2484	True
...
Kacer 10	421	1443	2018	True

4.4 *Dataset nilai formants* burung Lovebird

Jenis Burung	F1	F2	F3	Klasifikasi
Lovebird 1	921	1197	2099	True
Lovebird 2	959	1596	1741	True
Lovebird 3	757	1249	2037	True
...
Lovebird 10	846	1341	1723	True

4.5 *Dataset nilai formant* burung Murai batu

Jenis Burung	F1	F2	F3	Klasifikasi
Murai Batu 1	344	635	2225	True
Murai Batu 2	575	637	2223	True
Murai Batu 3	287	646	2235	True
...
Murai Batu 10	684	1268	3088	True

4.6 Dataset nilai *formant* burung Perkutut

Jenis Burung	F1	F2	F3	Klasifikasi
Perkutut 1	878	1817	2541	False
Perkutut 2	142	1154	1973	False
Perkutut 3	152	1323	2729	False
...
Perkutut 10	437	1778	2489	False

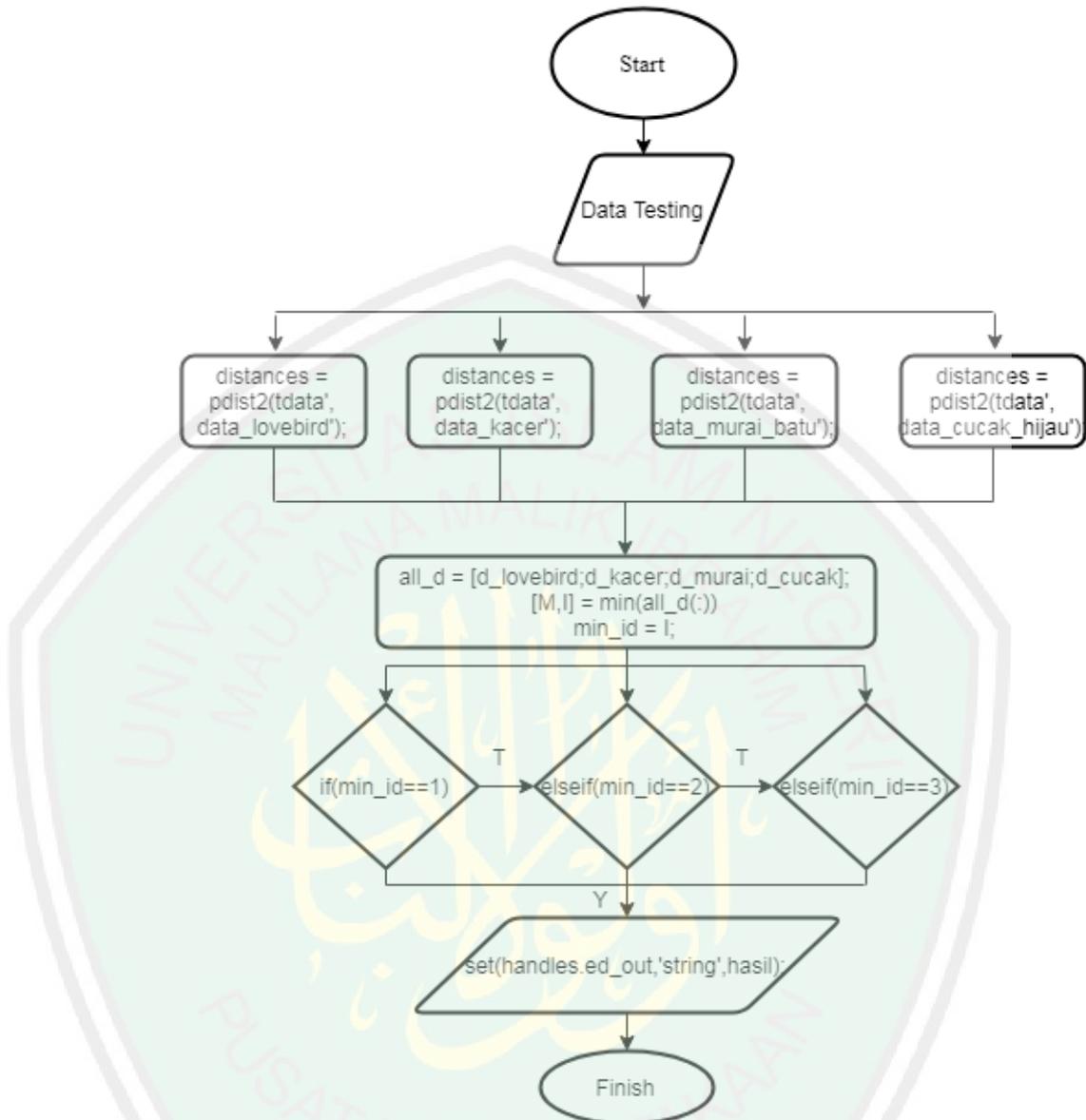
Berdasarkan data setiap *dataset* menunjukkan informasi 5 dataset setiap jenis burung yang digunakan pada penelitian ini. Informasi yang ditunjukkan yaitu nilai *formants* 1 (F1), *formants* 2 (F2), dan nilai *formant* 3 (F3). Frekuensi *formant* bersifat tidak terbatas namun, untuk mengidentifikasi paling tidak ada 3 *formant* yang dianalisis.

4.6 Hasil Pengujian

Tahap pertama dalam pengujian ini adalah proses klasifikasi dimana data testing digunakan untuk memperkirakan akurasi dari aturan klasifikasi metode *Nearest Neighbor* dan tahap kedua adalah melakukan pengujian akurasi klasifikasi *Nearest Neighbor* dengan teknik klasifikasi *k-fold cross validation*.

4.6.1 Klasifikasi dengan *Nearest Neighbor*

Klasifikasi suara kicau burung dalam sistem dengan menerapkan metode *Nearest Neighbor* dengan menggunakan persamaan *Euclidean distance*. Dalam pengujian sistem ini dilakukan dengan mengambil data *testing* yang terdapat pada folder “data uji”. Selanjutnya data tersebut dijadikan input dan diproses dengan mencari nilai terdekat dengan data latih sehingga akan memunculkan hasil keputusan pada *user interface* klasifikasi. Proses klasifikasi dataset pada sistem dijelaskan pada gambar 4.20.



Gambar 4.20 Flowchart Klasifikasi dengan *Euclidean distance*

4.6.2 Uji Coba Klasifikasi *K-Fold Cross Validation*

Pada pengujian akurasi akan dihitung nilai ketepatan atau kecocokan dari hasil klasifikasi pengenalan suara kicau burung. *K-fold cross validation* adalah salah satu cara untuk mengestimasi tingkat kesalahan. Cara kerjanya adalah melakukan pengelompokan data menjadi data latih dan data testing. Berikut adalah langkah-langkah pengujian data dengan *10-fold cross validation*.

- a. Dataset yang digunakan dari seluruh jenis burung dibagi menjadi 10 bagian, yaitu $D_1, D_2, D_3,$ dan $D_t, t = (1,2,3...4)$ digunakan sebagai data testing dan dataset lainnya sebagai data *training*.
- b. Tingkat akurasi dihitung pada setiap iterasi kemudian dihitung rata-rata tingkat akurasi dari seluruh iterasi untuk mendapatkan akurasi dari keseluruhan.
- c. Jumlah data yang digunakan sebanyak 50 data. Tiap dataset terdiri dari 10 data dari 5 suara jenis burung. Skenario pengujian yang akan dilakukan terdapat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Skenario pengujian

Fold	Data uji	Data Latih
1	D1	D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8,D9,D10
2	D2	D1,D3,D4,D5,D6,D7,D8,D9,D10
3	D3	D2,D2,D4,D5,D6,D7,D8,D9,D10
4	D4	D1,D2,D3,D5,D6,D7,D8,D9,D10
5	D5	D1,D2,D3,D4,D6,D7,D8,D9,D10
6	D6	D1,D2,D3,D4,D5,D7,D8,D9,D10
7	D7	D1,D2,D3,D4,D5,D6,D8,D9,D10
8	D8	D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D9,D10
9	D9	D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8,D10
10	D10	D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8,D9

Proses selanjutnya yaitu melakukan pengujian satu persatu *fold*, sehingga hasil yang didapatkan rata-rata akurasi pengenalan suara kicau burung. Dari tabel skenario pengujian diatas, pengujian *cross validation* dievaluasi hasil klasifikasinya dengan tabel *confusion matrix* untuk mendapatkan nilai rata-rata akurasi.

4.7 Pembahasan

Pada bagian ini akan dibahas mengenai hasil dari pengujian yang telah dilakukan, pembahasan dilakukan terhadap hasil semua pengujian pada dataset. Evaluasi

hasil klasifikasi dilakukan dengan metode *confusion matrix*. *Confusion matrix* adalah tool yang digunakan sebagai evaluasi model klasifikasi untuk memperkirakan objek benar atau salah. Sebuah *matrix* dari prediksi yang akan dibandingkan dengan kelas sebenarnya atau dengan kata lain berisi informasi nilai sebenarnya dan prediksi pada klasifikasi.

Pada tabel *confusion matrix*, true positive (TP) adalah jumlah record positif yang diklasifikasikan dengan benar, false positive (FP) adalah jumlah record negatif yang diklasifikasikan sebagai positif, false negative (FN) adalah jumlah record positif yang diklasifikasikan sebagai negatif, dan true negative (TN) adalah jumlah record data benar yang tidak diklasifikasikan. Setelah data *testing* diklasifikasikan selanjutnya menghitung jumlah akurasi, presisi, dan *recall*. Akurasi menggambarkan seberapa akurat sistem dapat mengklasifikasikan data secara benar. Presisi merupakan tingkat ketepatan antara informasi yang diminta oleh pengguna dengan jawaban yang diberikan oleh sistem dan *recall* adalah tingkat keberhasilan sistem dalam menemukan kembali sebuah informasi.

Tabel 4.8 Tabel *Confusion Matrix*

		Kenyataan	
		+	-
Hasil Prediksi	+	TP	FP
	-	FN	TN

Tabel 4.9 *Confusion matrix* Hasil Klasifikasi

Hasil Prediksi	Kenyataan				
	Cucak Hijau	Kacer	Lovebird	Murai Batu	Perkutut
Cucak Hijau	9	4	0	1	2
Kacer	1	5	0	1	4
Lovebird	0	1	10	2	0
Murai Batu	0	0	0	6	4
Perkutut	0	0	0	0	0

Rumus untuk menghitung akurasi, presisi, dan *recall* pada *confusion matrix* adalah sebagai berikut (Gorunescu, 2011:322):

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$$

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{FP+TP}$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{FN+TP}$$

Berdasarkan dari perhitungan dengan menggunakan *confusion matrix* dapat dihasilkan perhitungan akurasi, presisi, dan *recall* seperti dibawah ini:

Tabel 4.10 Nilai Presisi, *Recall* dan Akurasi dari Setiap Jenis Burung

No	Jenis Burung	Presisi	<i>Recall</i>	Akurasi
1	Cucak Hijau	0.9	1	0.9
2	Kacer	0.5	1	0.5
3	Lovebird	1	1	1
4	Murai Batu	0.6	1	0.6
5	Perkutut	0	0	0

Hasil akurasi diatas menunjukkan setiap jenis burung memiliki nilai akurasi yang berbeda-beda. Selanjutnya nilai rata-rata dari semua jenis burung ditampilkan pada tabel 4.10.

Tabel 4.11 Nilai Presisi, *Recall* dan Akurasi Akhir

No	Variabel	Nilai Rata-Rata	Nilai Presentase
1	Presisi	0.6	60%
2	<i>Recall</i>	0.8	80%
3	Akurasi	0.6	60%

4.8 Integrasi Penelitian terhadap Qur'an dan Hadits

Penelitian tentang klasifikasi pengenalan suara burung terdapat beberapa integrasi dalam konteks islami. Sumber korelasi yang disebutkan disini adalah dari Al-Qur'an dan Al-Hadits. Sebagai contoh:

وَإِذْ قَالَ إِبْرَاهِيمُ رَبِّ أَرِنِي كَيْفَ تُحْيِي الْمَوْتَىٰ ۗ قَالَ أَوْ لِمَ تُؤْمِنُ ۗ قَالِ بَلَىٰ ۗ وَلَكِنْ لِّيَطْمَئِنَّ
لِقَابِ ۗ قَالِ فَخُذْ أَرْبَعَةً ۗ مِنَ الطَّيْرِ فَصُرْهُنَّ إِلَيْكَ ۗ ثُمَّ أَجْعَلْ عَلَىٰ كُلِّ جَبَلٍ مِّنْهُنَّ
جُزْءًا ۗ ثُمَّ ادْعُهُنَّ يَأْتِينَكَ سَعْيًا ۗ وَاعْلَمْ أَنَّ اللَّهَ عَزِيزٌ حَكِيمٌ ۗ ٢٦٠

“Dan (ingatlah) ketika Ibrahim berkata: "Ya Tuhanku, perlihatkanlah kepadaku bagaimana Engkau menghidupkan orang-orang mati". Allah berfirman: "Belum yakinkah kamu?" Ibrahim menjawab: "Aku telah meyakinkannya, akan tetapi agar hatiku tetap mantap (dengan imanku) Allah berfirman: "(Kalau demikian) ambillah empat ekor burung, lalu cincanglah semuanya olehmu. (Allah berfirman): "Lalu letakkan diatas tiap-tiap satu bukit satu bagian dari bagian-bagian itu, kemudian panggillah mereka, niscaya mereka

datang kepadamu dengan segera". Dan ketahuilah bahwa Allah Maha Perkasa lagi Maha Bijaksana" (QS Al-Baqarah ayat 260).

Ibrahim bermaksud hendak meningkatkan pengetahuannya dari 'ilmul yaqin kepada 'ainul yaqin'. Dan dia ingin melihat proses penghidupan itu dengan mata kepalanya sendiri, maka ia mengatakan :

رَبِّ أَرِنِي كَيْفَ تُحْيِي الْمَوْتَىٰ ۗ قُلْ أَوْ لَمْ تُؤْمِنْ ۖ قُلْ بَلَىٰ وَلَٰكِن لِّيَطْمَئِنَّ قُلُوبِي

"Ya Tuhanku, perlihatkanlah kepadaku bagaimana Engkau menghidupkan orang-orang mati". Allah berfirman: "Belum yakinkah kamu?" Ibrahim menjawab: "Aku telah meyakinkannya, akan tetapi agar hatiku tetap mantap (dengan imanku)."

Sedangkan hadits yang diriwayatkan Imam Bukhari berkenan dengan ayat ini, bersumber dari Abu Salamah dan Sa'id, dari Abu Hurairah, ia menceritakan, Rasulullah bersabda: *"Kita lebih berhak ragu-ragu dari pada Ibrahim ketika ia berkata: ' Ya Tuhanku, perlihatkanlah kepadaku bagaimana Engkau menghidupkan orang-orang mati". Allah berfirman: "Belum yakinkah kamu?" Ibrahim menjawab: "Aku telah meyakinkannya, akan tetapi agar hatiku tetap mantap (dengan imanku)'.*

Firman Allah berikutnya: *(قَالَ فَخُذْ أَرْبَعَةً ۖ مِّنَ الطَّيْرِ فَصُرْهُنَّ إِلَيْكَ)* *"(Kalau demikian) ambillah empat ekor burung, lalu cincanglah semuanya olehmu."* Al-Aufi menceritakan dari Ibnu Abbas, mengenai firman-Nya, *(فَصُرْهُنَّ إِلَيْكَ)*, ia mengatakan, artinya, ikatlah. Setelah mengikatnya, lalu ia menyembelih dan memotong-motongnya, mencabuti bulu-bulunya, mencabik-cabiknya, serta mencampur adukkan antara satu bagian dengan bagian yang lain. Setelah itu Ibrahim membagi-bagi bagian tubuh burung-burung tersebut dan meletakkan

bagian-bagian itu pada setiap gunung. Ada yang mengatakan jumlah burung itu berjumlah empat. Tetapi ada juga yang mengatakan berjumlah tujuh gunung.

Ibnu Abbas mengatakan: “Ibrahim mengambil kepala burung-burung itu dengan tangannya, kemudian Allah menyuruhnya untuk memanggilnya. Seperti yang telah diperintahkan oleh Allah Ta’ala. Selanjutnya ia melihat bulu-bulu berterbangan menuju bulu-bulu yang lainnya, darah menuju ke darah yang lain, daging ke daging yang lainnya, serta bagian tubuh masing-masing burung itu berhubungan satu dengan yang lainnya sehingga masing-masing burung menjadi satu kesatuan yang utuh. Lalu burung-burung itu mendatangi Ibrahim dengan segera. Hal itu supaya penglihatan Ibrahim benar-benar jelas tentang apa yang telah ia tanyakan. Dan masing-masing burung datang dan bersatu dengan kepalanya yang berada ditangan Ibrahim. Jika yang diberikan kepada burung itu bukan kepalanya sendiri, maka ia menolaknya. Tapi jika diberikan kepadanya kepalanya sendiri, maka ia langsung tersusun dengan tubuhnya dengan daya dan kekuatan Allah Ta’ala. Oleh karena itu, Dia berfirman,

(وَأَعْلَمُ أَنَّ اللَّهَ عَزِيزٌ حَكِيمٌ □) “Dan ketahuilah bahwa Allah Maha Perkasa lagi Maha Bijaksana.” Maksudnya, Dia Maha perkasa, tidak ada satupun yang dapat mengalahkan-Nya dan tidak ada pula yang dapat menghalangi-Nya dari sesuatu. Apa yang Dia kehendaki, pasti akan terjadi tanpa adanya sesuatu yang menghalangi-Nya, karena Dia Maha perkasa atas segala sesuatu, Maha bijaksana dalam ucapan, perbuatan, syariat, dan ketetapan-Nya.

Sebagian ahli tafsir seperti Hasan al-Basri, Aththa al-Hurasani, adh-Dhahak dan Ibnu Juraij, menyebutkan sebab dari permintaan Ibrahim a.s kepada

Allah adalah bahwa Ibrahim melewati bangkai binatang, berkata Ibnu Juraij: “Bangkai keledai ditepi pantai”, berkata Aththa: “Danau Thabariah”. Mereka mengatakan: “Bahwa bangkai tersebut sudah disobek-sobek oleh binatang darat dan laut, jika air laut pasang, maka datanglah ikan dan hewan laut lainnya, mereka memakan sebagian darinya, dan sebagian dari sobekan daging dari bangkai yang terjatuh dari mulut ikan dibawa oleh air (ketempat yang jauh) setelah air laut surut, maka datanglah binatang buas, mereka pun memakan sebagian darinya, dan sebagian sobekan daging dari bangkai yang terjatuh dari mulut binatang buas telah menjadi debu, jika binatang buas pergi, maka datanglah burung, mereka memakan sebagian darinya, dan sebagian dari sobekan daging dari bangkai yang terjatuh (dari paruh burung) telah ditiup angin (ketempat yang jauh), ketika Ibrahim melihat kejadian tersebut, maka ia heran karenanya, dan berkata: “Ya Tuhanku sungguh aku telah mengetahui bahwa engkau akan mengumpulkannya (jasad dari bangkai tersebut), maka perlihatkanlah kepadaku bagaimana caramu menghidupkannya, agar aku mengetahuinya”.

Maka Allah menjawab permohonannya sebagai kemuliaan baginya dan rahmat bagi hamba-hambanya, dalam ayat tersebut tidak dijelaskan jenis burung apakah itu. Ayat ini bisa terjadi dengan jenis burung apapun dan itulah yang dikehendaki, (فَصْرُحُنَّ إِلَيْكَ) “Lalu cincanglah semuanya olehmu”, artinya, kumpulkanlah dan sembelihlah mereka dan cincanglah mereka. “Lalu letakkan diatas tiap-tiap satu bukit satu bagian dari bagian-bagian itu, kemudian panggilah mereka, niscaya mereka datang kepadamu dengan segera.” Dan ketahuilah bahwa Allah Maha perkasa lagi Maha bijaksana”.

Demikian dalam hal ini Allah menghilangkan semua dugaan yang bathil yang terbesit dalam hati orang yang membantah. Maka menjadikan jumlah mereka empat ekor, mencincang-cincang mereka, dan meletakkan setiap bagian itu di atas gunung-gunung, agar hal itu tampak nyata dan jelas hingga dapat disaksikan dari dekat maupun jauh, dan menjauhkan potongan-potongan dengan jarak yang banyak agar tidak adanya dugaan bahwa hal itu adalah sebuah tindakan tipu daya. Dan Allah juga memereintahkan kepadanya agar memanggil mereka sampai mereka datang dengan segera. Maka ayat ini menjadi bukti-bukti nyata yang paling besar terhadap kesempurnaan kemuliaan Allah dan hikmahnya.

Firman Allah selanjutnya tentang bagaimana Allah menunjukkan kekuasaannya dengan perantara seekor burung adalah:

فَبَعَثَ اللَّهُ غُرَابًا يَبْحَثُ فِي الْأَرْضِ لِيُرِيَهُ كَيْفَ يُورِي سَوْءَةَ أَخِيهِ قَالَ يُوحَىٰ
أَعَجَزْتُ أَنْ أَكُونَ مِثْلَ هَذَا الْغُرَابِ فَأُورِيَ سَوْءَةَ أَخِي فَأَصْبَحَ مِنَ النَّادِمِينَ ٣١

“Kemudian Allah menyuruh seekor burung gagak menggali-gali di bumi untuk memperlihatkan kepadanya (Qabil) bagaimana seharusnya menguburkan mayat saudaranya. Berkata Qabil: "Aduhai celaka aku, mengapa aku tidak mampu berbuat seperti burung gagak ini, lalu aku dapat menguburkan mayat saudaraku ini?" Karena itu jadilah dia seorang diantara orang-orang yang menyesal” (QS Al-Ma’idah ayat 31).

Ali bin Abi Thalhah mengatakan dari Ibnu ‘Abbas, ia berkata: “Datang seekor burung gagak kepada burung gagak yang sudah mati, lalu burung itu

berusaha menggali tanah sehingga ia benar-benar menutupinya. Kemudian si pembunuh saudaranya itu berkata,

(وَيْلَيْتُ أَعْجَزْتُ أَنْ أَكُونَ مِثْلَ هَذَا الْغُرَابِ فَأُورِي سَوْءَةَ أَخِي

aku, mengapa aku tidak mampu berbuat seperti burung gagak ini, lalu aku dapat menguburkan mayat saudaraku ini?). Allah membuat burung gagak sebagai contoh kepadanya (Qabil) untuk diambil pelajaran dari apa yang dilakukan oleh burung gagak tersebut.

Begitupun dengan hasil pembahasan klasifikasi pengenalan suara burung yang telah dibahas. Pada penelitian ini, penulis menerapkan metode *Linear Predictive Coding (LPC)* dan *Nearest Neighbor* untuk mendapatkan hasil yang bisa dimanfaatkan oleh peneliti-peneliti selanjutnya. Penulis juga membuat klasifikasi pengenalan suara burung dengan mengikuti tahapan-tahapan penelitian. Objek klasifikasi ini memanfaatkan suara burung Perkutut, Lovebird, Kacer, Murai batu dan Cucak hijau. Penggunaan suara burung-burung tersebut karena penulis juga mengambil pelajaran dari ayat Al-Qur'an, yaitu:

فَمَكَثَ غَيْرَ بَعِيدٍ □ فَقَالَ أَحَطْتُ بِمَا لَمْ تُحِطْ بِهِ □ وَجِئْتُكَ مِنْ سَبَأٍ بِنَبَأٍ □ يَقِينٍ ۲۲

“Maka tidak lama kemudian (datanglah hud-hud), lalu ia berkata: “Aku telah mengetahui sesuatu yang kamu belum mengetahuinya, dan kubawa kepadamu dari negeri Saba suatu berita penting yang diyakini” (QS. An Naml ayat 22).

Allah Ta'ala berfirman, (فَمَكَثَ) “Maka datanglah” hud-hud. (عَيْرَ)

□ (بَعِيدٍ) “Tidak lama kemudian,” yaitu dia menghilang dalam waktu singkat, kemudian datang dan berkata kepada Sulaiman: (أَحَطْتُ بِمَا لَمْ تُحِطْ بِهِ) “Aku telah mengetahui sesuatu yang kamu belum mengetahuinya,” yaitu aku telah mengetahui sesuatu yang belum diketahui olehmu dan bala tentaramu. (وَجِئْتُكَ مِنْ) □ (سَبَأٍ نَبَأًا □ يَقِينٍ) “Dan kubawa kepadamu dari negeri Saba suatu berita penting yang diyakini,” yaitu sebuah berita jujur, benar dan yakin. Saba’ adalah Himyar, yaitu kerajaan Yaman.

Bagaimana burung adalah salah satu hewan pilihan Allah untuk memberikan kabar kepada Nabi Sulaiman. Hingga sampai sekarang burung banyak di minati, mulai dari bentuk, warna bulu dan juga kicauannya, meskipun hanya untuk dipelihara atau diperjual belikan.

Penulis juga berharap, semoga penelitian ini kedepannya dapat dikembangkan dan dilanjutkan kembali agar penelitian-penelitian tentang suara kicau jenis burung semakin beragam dengan berbagai macam metode yang diterapkan dan klasifikasi yang semakin sempurna. Karena masih banyak lagi teori keilmuan yang dapat diterapkan dan tidak berhenti pada kesimpulan yang sudah dimiliki oleh penelitian klasifikasi suara kicau jenis burung ini.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa metode *Linear Predictive Coding* (LPC) dan *Nearest Neighbor* yang diimplementasikan dalam sistem klasifikasi pengenalan suara kicau burung memperoleh hasil sebagai berikut:

- a. Proses ekstraksi ciri suara kicau burung menggunakan *Linear Predictive Coding* (LPC) untuk mendapatkan nilai *formant* sebagai parameter yang dipakai untuk klasifikasi algoritma *Nearest Neighbor* dengan rumus perhitungan *Euclidean distance*.
- b. Ketidaktepatan pemotongan audio menjadi 10 detik dari sampel suara kicau burung yang diambil pada awal editing mempengaruhi variasi nilai yang didapat dari proses *feature extraction*.
- c. Fitur yang perlu diperhatikan untuk ditambahkan dalam pengolahan suara burung adalah *rhythm*, *pitch*, dan *syllable* meskipun suara burung memiliki variasi yang lebih sederhana dibandingkan dengan suara manusia.
- d. Menggunakan pengujian akurasi *K-Fold Cross Validation* didapatkan akurasi sebesar 60%, presisi 60%, *recall* 80%, maka dapat disimpulkan bahwa metode *Linear Predictive Coding* (LPC) dan *Nearest Neighbor* cukup baik digunakan untuk klasifikasi pengenalan suara kicau jenis burung.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian klasifikasi suara kicau jenis burung ini, ada beberapa saran yang diberikan penulis untuk penelitian selanjutnya dengan tema yang sama yaitu:

1. Menggunakan metode ekstraksi ciri dan klasifikasi yang lain seperti *Mel-Frequency Cepstrum (MFCC)*, *Pitch-Sincronous zero-crossing peak-amplitude (PS-ZCPA)* agar dapat meningkatkan nilai akurasi yang lebih baik.
2. Menambahkan data jenis burung yang lain dengan data *training* yang lebih banyak agar memberi peluang yang besar.
3. Pengembangan sistem dengan menerapkan pada aplikasi yang lebih inovatif berbasis android dan web.

Daftar Pustaka

- Al-Sheih, A. b. (1994). *Tafsir Ibnu Katsir Juz 1-30*. Bogor. Pustaka Imam Asy-Syafi'i
- Anam, Khoirul. (2013). *Pengenalan Suara Manusia Menggunakan Metode Linier Predictive Coding (LPC)*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
- Arafyanto P.A. (2016). *Aplikasi Pengenalan Suara Dalam Pengaksesan Informasi Waktu Terucap Berbasis Komputer*. Skripsi. Universitas Diponegoro
- Arar, O.F., Ayan, K. (2017). *A Feature Dependent Naive Bayes Approach and Its Application to the Software Defect Prediction Problem*. Applied Soft Computing Journal.
- Ayunisa Yufliha Dian, Affandi Ir. Achmad, Wirawan. Ir. *Perancangan Sistem Pengenalan Suara Untuk Pengamanan Dan Pemantauan Fasilitas PLTA*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- Dewi Irma Amelia, Zulkarnain Adriana, Lestari A Aprilia. (2018). *Identifikasi Suara Tangisan Bayi Menggunakan Metode LPC dan Euclidean Distance*: Institut Teknologi Bandung, vol.6, no.1 hh. 153-164
- Faradiba. (2017). *Pengenalan Pola Sinyal Suara Manusia Menggunakan Metode Back Propagation Neural Network*: Universitas Kristen Indonesia, vol.2, no.1, hh.1-16
- Ferdinando, Hani. (2010). *Dasar-dasar Sinyal dan Sistem*: Yogyakarta: ANDI
- Hendarko Gunar. (2010). *Identifikasi Citra Sidik Jari Menggunakan Alihragam Wavelet Dan Jarak Euclidean*. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro
- Hidayatno, et.al. (2008). *Aplikasi Pengenalan Ucapan Sebagai Pengatur Mobil dengan Pengendali Jarak Jauh*. Semarang: Universitas Diponegoro, jld.10, no.1, hh.21-26.
- Imammudin Ferdyantio Tommy. (2013). *Analisis Pengaruh Budidaya Burung Lovebird terhadap Tingkat Pendapatan Pembudidaya di Kota Solo*. Skripsi: Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Irwandi, Marwan, Mahmud Hadi A, dan Abdullah. (2005). *Upaya Rekaman Suara Burung dan Analisis Spektogram untuk Menyusun Metode Klasifikasi Berdasarkan Suara (Sonotaksonomi)*: Fakultas MIPA Unsyiah: 18-24
- Iskandar, J., & Iskandar, S. (2015). *Pemanfaatan Aneka Ragam Burung dalam Kontes Burung Kicau dan Dampaknya terhadap Konservasi Burung di Alam: Studi Kasus di Kota Bandung, Jawa Barat*. Vol.1, no.4:747-752
- Jannah Uzlifatul. (2010). *Perbandingan Jarak Euclid Dengan Jarak Mahalanobis Pada Analisis Cluster Hirarki*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
- Julita Ucu, Lusianti Lulu, dan Fuadah Tsamrotul Yayu. (2015). *Kemampuan Belajar Bernyanyi pada Burung Kenari Jantan Muda (*Serinus canaria* Linn.) yang di*

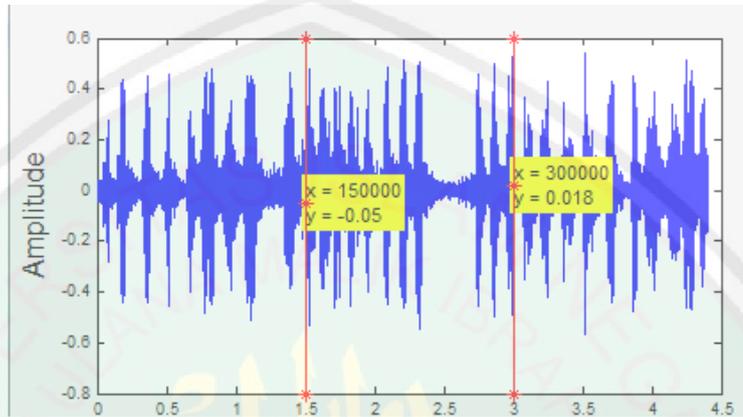
Dedahkan Secara Live-Tutoring dan Tape-Tutoring: Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, vol. IX, no.1: 254-273

- Kusumawati, R. (2016). *Metode Linear Predictive Coding (LPC) pada Hidden Markov Model (HMM) untuk Kata Arabic pada Penutur Indonesia*: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, vol.8, no.1: 32-35
- Nasir As-Sa'di, S.a. (2002). *Taisir Al-Karim Ar-Rahman (Taisir Karimir Rahman Fi Tafsir Kalamil Manhan)*. Darussalam.
- Nuzulia, Firdausi, R. (2017). *Aplikasi Pengukur Kualitas Kicau Burung Kenari Pra-Kontes Menggunakan Metode Naïve Bayes*. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Mulana Malik Ibrahim, Malang
- Pardede Timbul, Prasetyo Budi. (2012). *Kajian Metode Berbasis Model Pada Analisis Cluster dengan Perangkat Lunak Mclust*. Universitas Terbuka MIPA
- Pradana, Ifan, H. (2015). *Klasifikasi Citra Sidik Jari Berdasarkan Enam Tipe Pattern Menggunakan Metode Euclidean Distannce*: Universitas Dian Nuswantoro
- Putera, Lorencius Echo Sujianto. (2016). *Klasifikasi Burung Berdasarkan Suara Kicau Burung Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik*. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma
- Rabiner L, Biing-Hwang Juang. (1993). *Fundamentals Of Speech Recognition*. Prentice Hall: New Jersey
- Ronando Elsen, Irawan M. Isa. (2012). *Pengenalan Ucapan Kata Sebagai Pengendali Gerakan Robot Lengan Secara Real-Time dengan Metode Linier Predictive Coding – Neuro Fuzzy*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- Setiawan Budi D, Cholissodin Imam, dan MP Rekyan Regasari. (2016). *Mendeteksi Jenis Burung Berdasarkan Pola Suaranya*: Universitas Brawijaya Malang, vol. 3, no. 2: 126-132
- Soemartojo, R. Dan Raharjo, RIB. 2000. *Pedoman Lomba Perkutut, Derkuku dan Burung Berkicau*. Depok: Penebar Swadaya.
- Thiang. Saputra, H. (2005). *Sistem Pengenalan Kata dengan Menggunakan Linear Predictive Coding dan Nearest Neighbor Classifier*: Universitas Kristen Petra, vol.5, no.1: 19-24
- Wiharto, et.al. (2013). *Pengenalan Nada pada Senar Biola dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan Learning Vector Quantization*: Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Wurdanto Sendhy Rachmat, Novianto Sendi, Rosyidah Umi. (2014). *Perbandingan Euclidean Distance Dengan Canberra Distance Pada Face Recognition*. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro Semarang, vol.13, no.1: 31-3

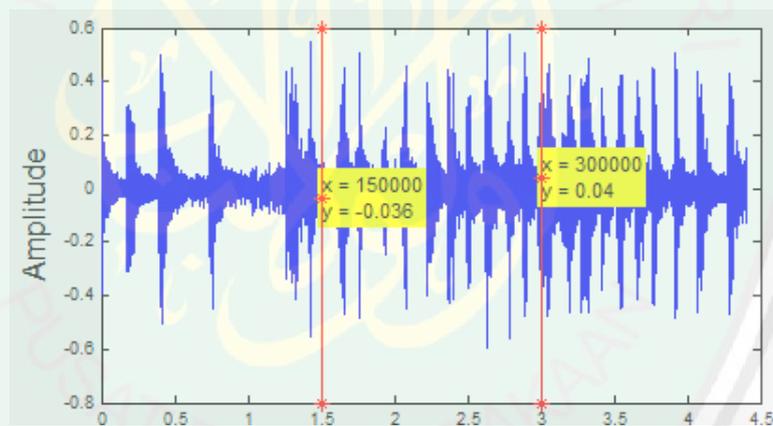
LAMPIRAN

A. Amplitudo Data Training

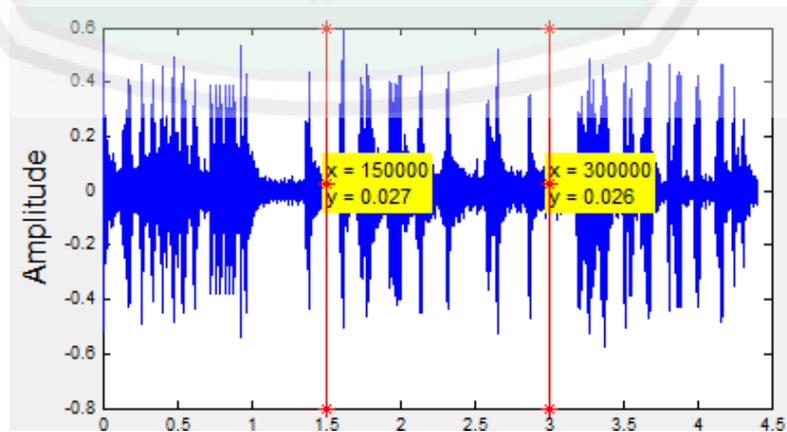
1. Data Training Cucak Hijau



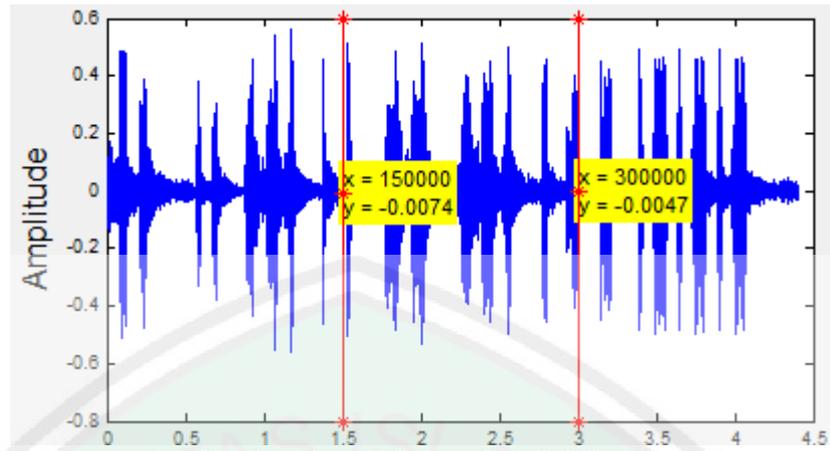
Gambar 1 Amplitudo Cucak hijau 1



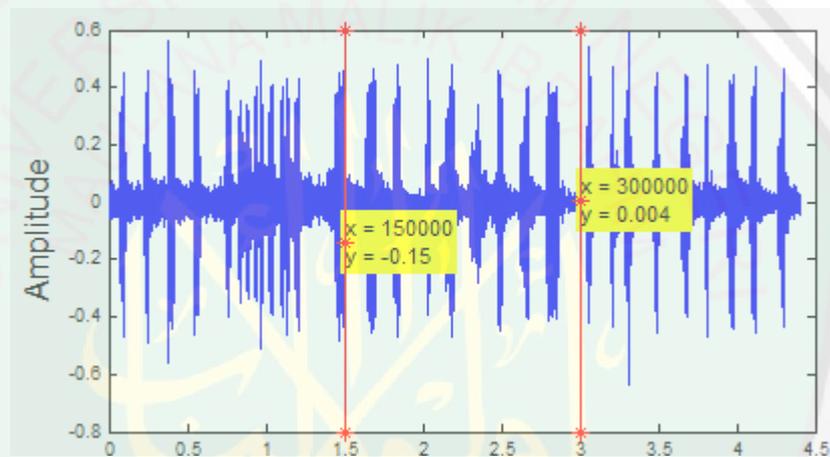
Gambar 2 Amplitudo Cucak hijau 2



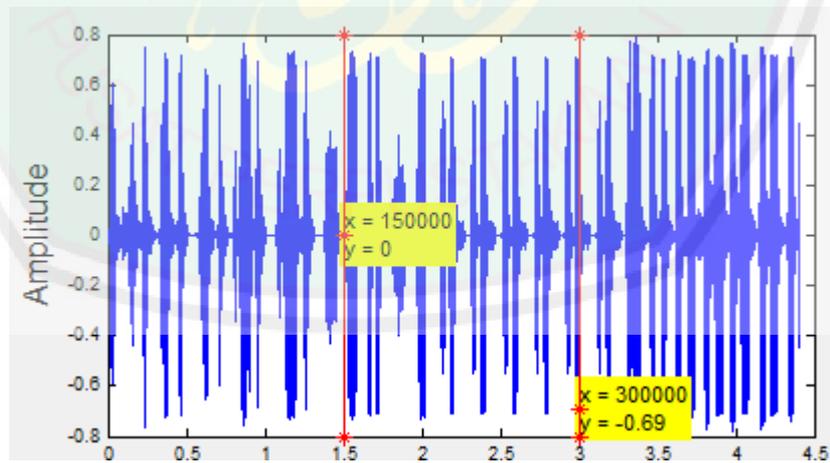
Gambar 3 Amplitudo Cucak hijau 3



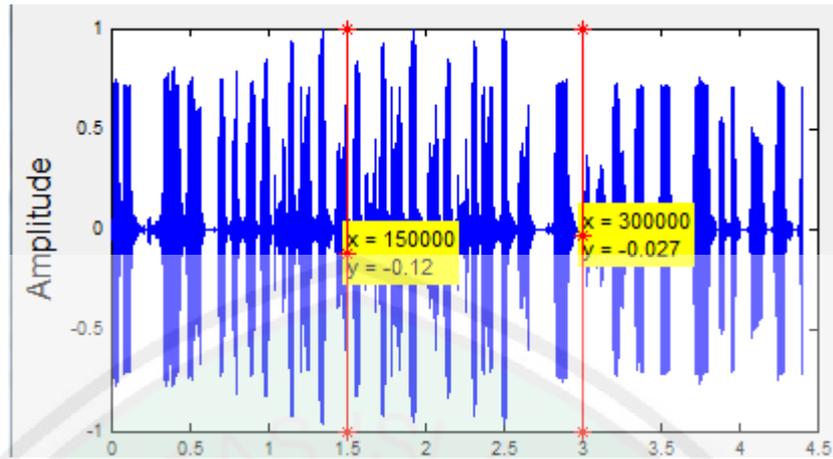
Gambar 4 Amplitudo Cucak hijau 4



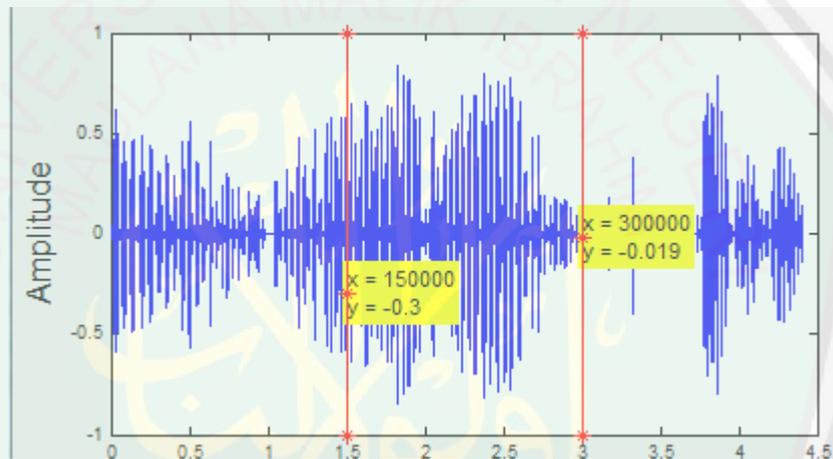
Gambar 5 Amplitudo Cucak hijau 5



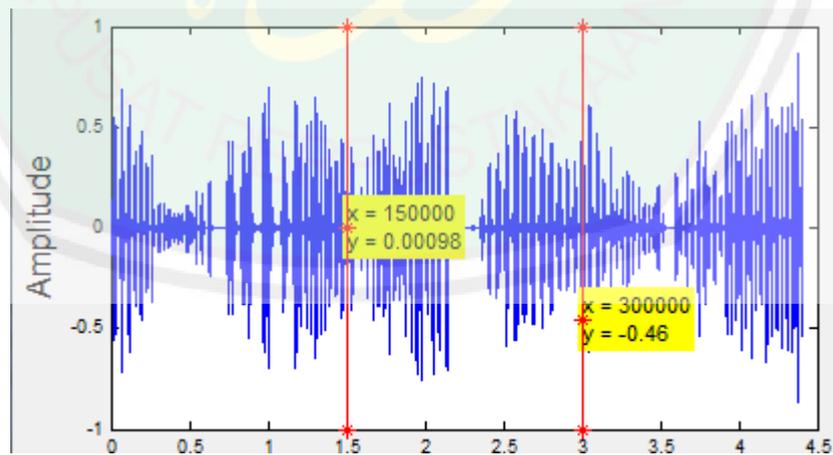
Gambar 6 Amplitudo Cucak hijau 6



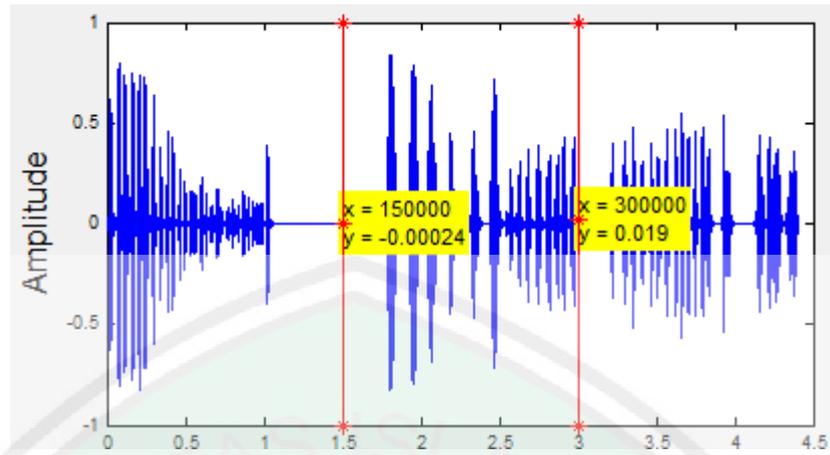
Gambar 7 Amplitudo Cucak hijau 7



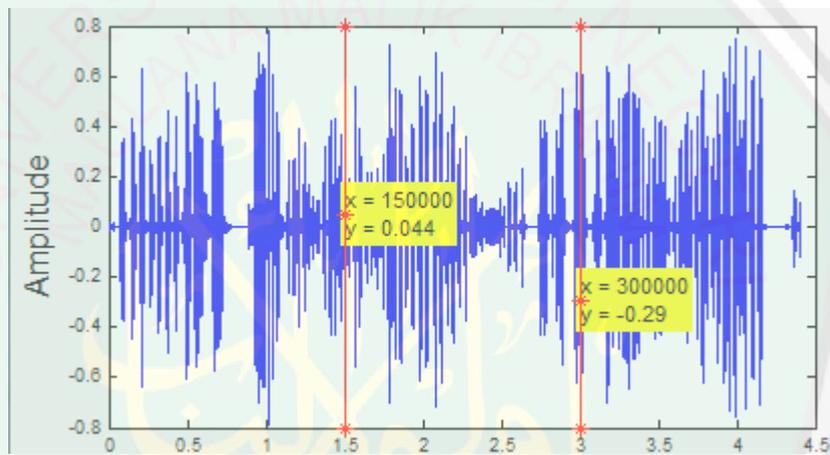
Gambar 8 Amplitudo Cucak hijau 8



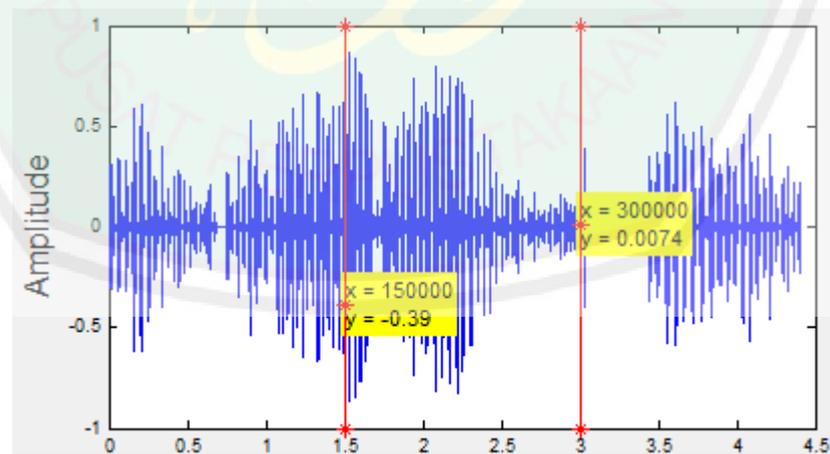
Gambar 9 Amplitudo Cucak hijau 9



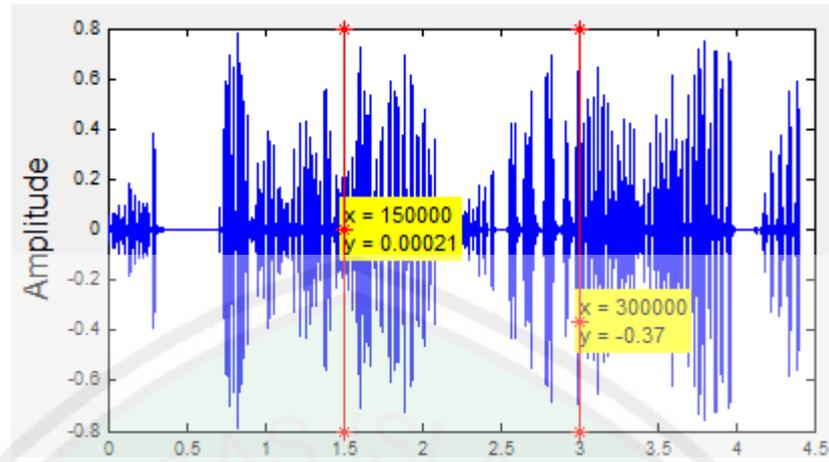
Gambar 10 Amplitudo Cucak hijau 10



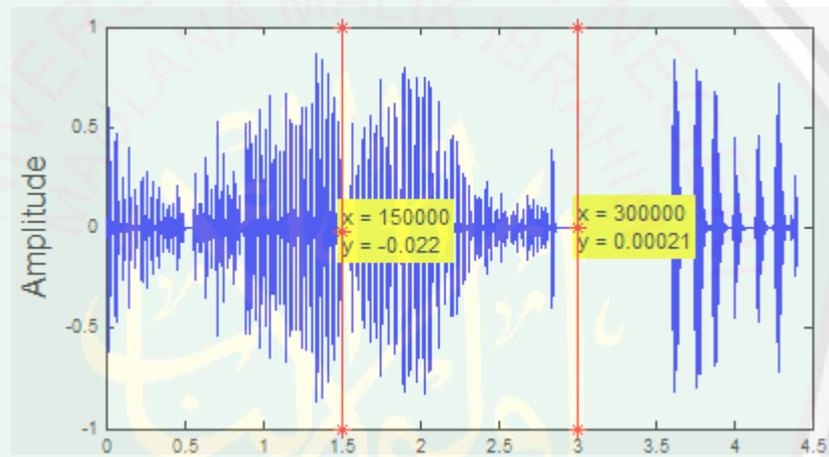
Gambar 11 Amplitudo Cucak hijau 11



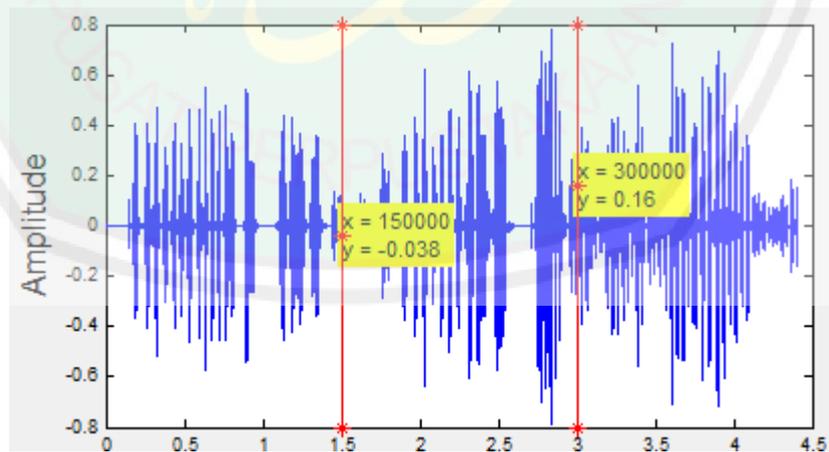
Gambar 12 Amplitudo Cucak hijau 12



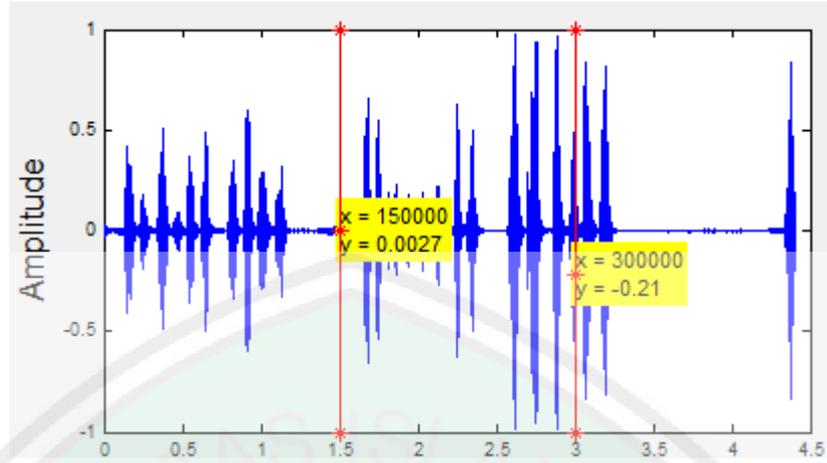
Gambar 13 Amplitudo Cucak hijau 13



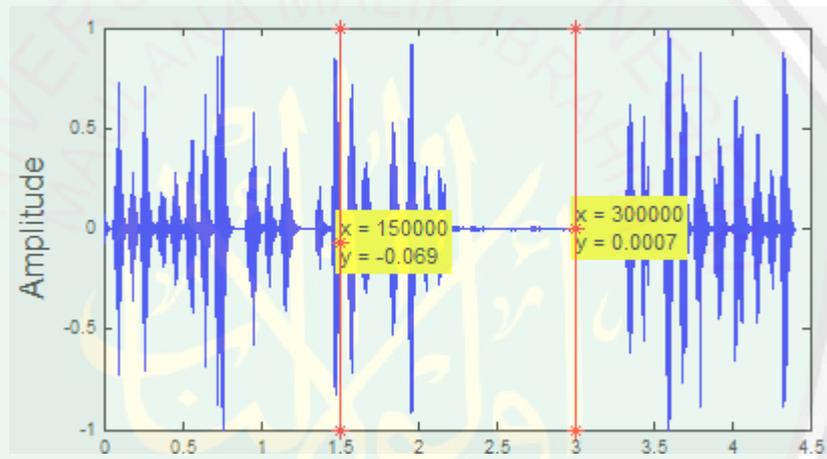
Gambar 14 Amplitudo Cucak hijau 14



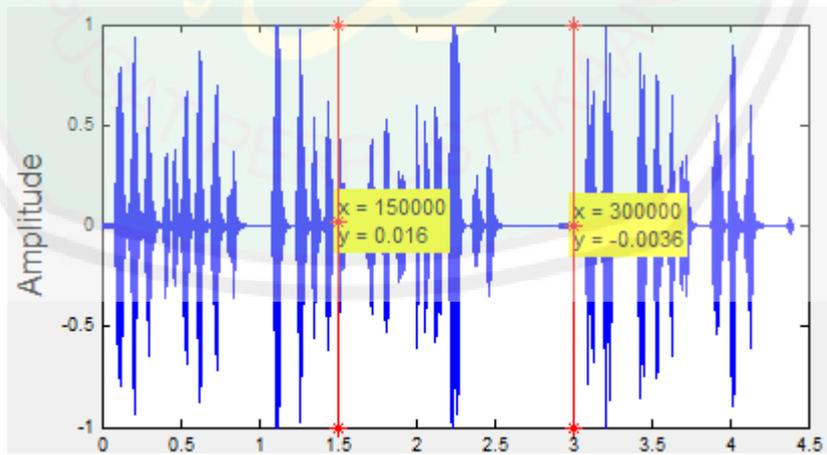
Gambar 15 Amplitudo Cucak hijau 15



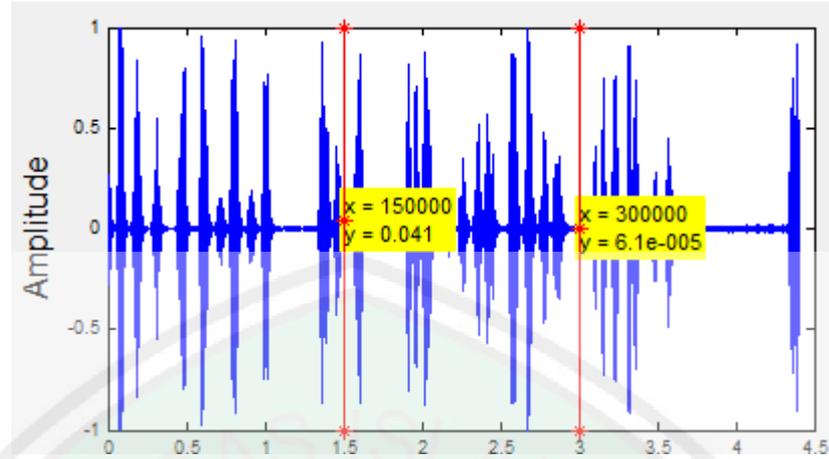
Gambar 16 Amplitudo Cucak hijau 16



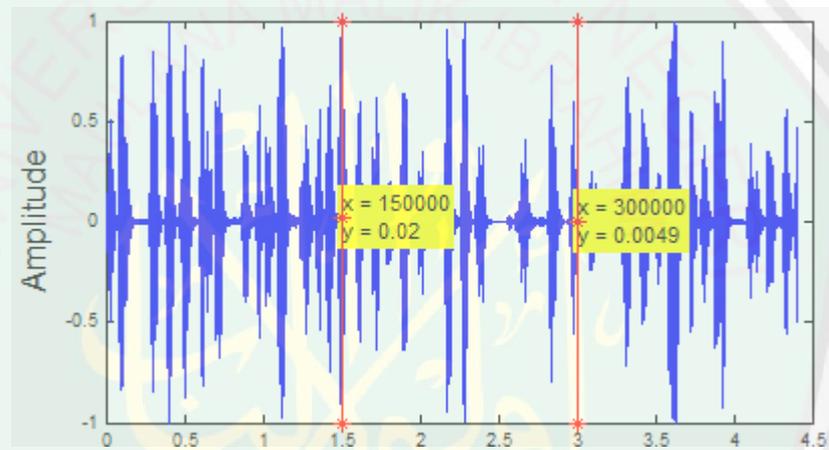
Gambar 17 Amplitudo Cucak hijau 17



Gambar 18 Amplitudo Cucak hijau 18

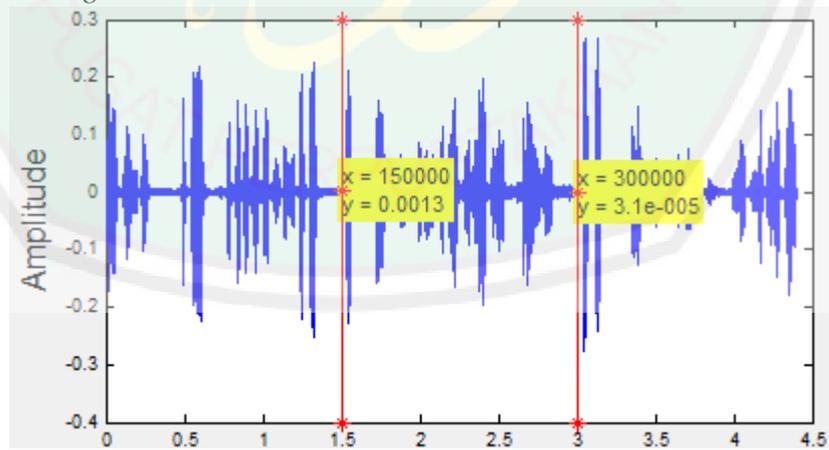


Gambar 19 Amplitudo Cucak hijau 19

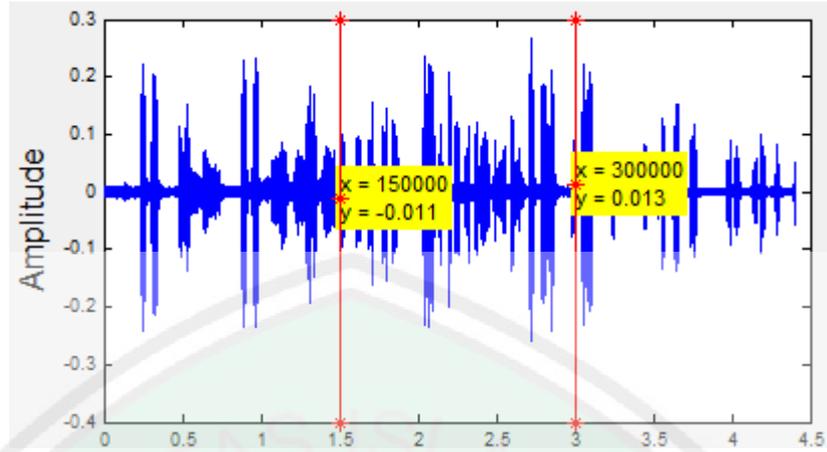


Gambar 20 Amplitudo Cucak hijau 20

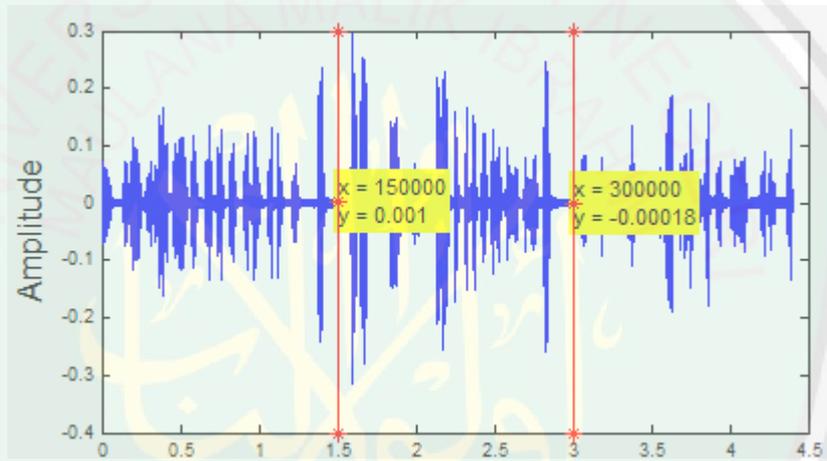
2. Data Training Kacer



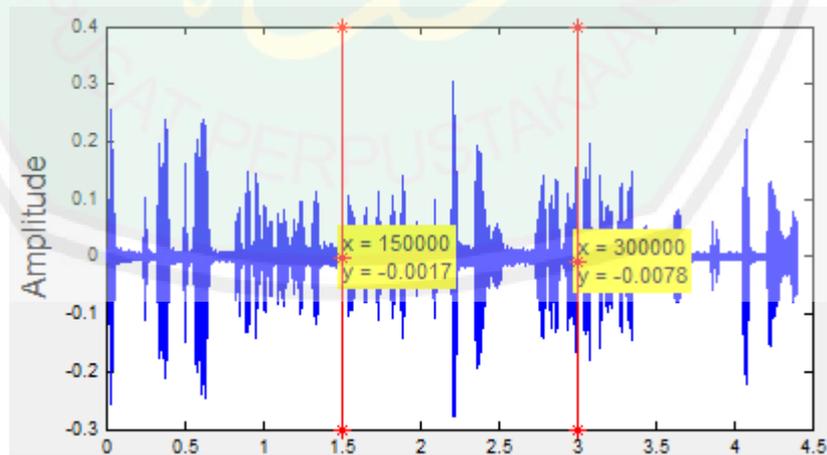
Gambar 1 Amplitudo Kacer 1



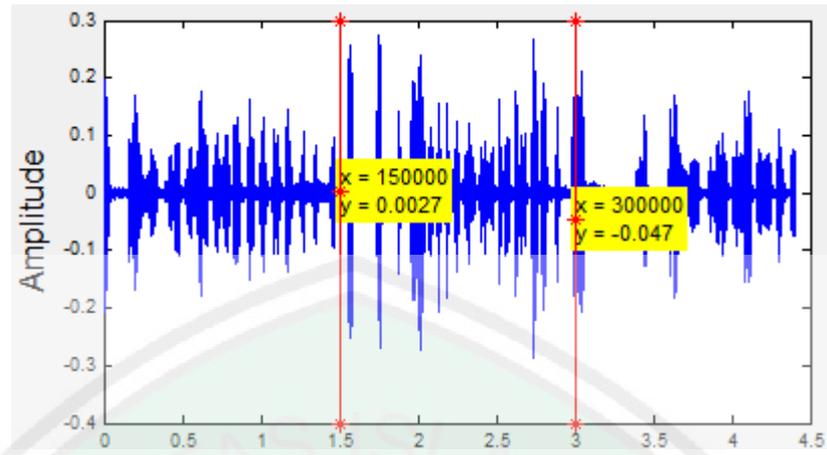
Gambar 2 Amplitudo Kacer 2



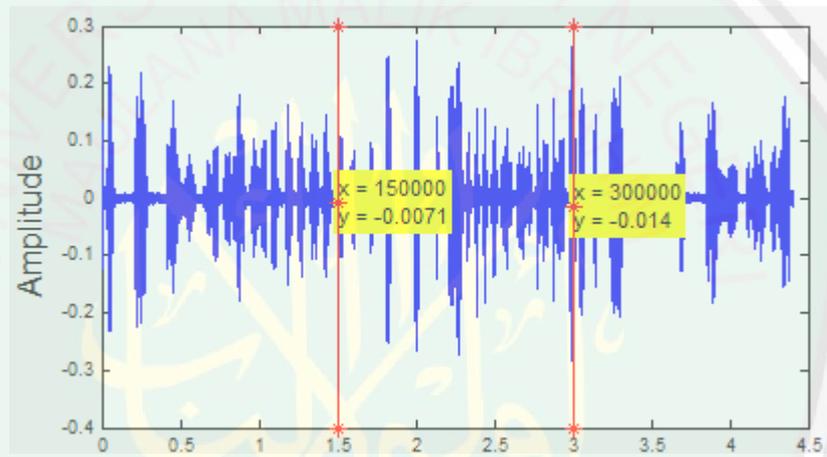
Gambar 3 Amplitudo Kacer 3



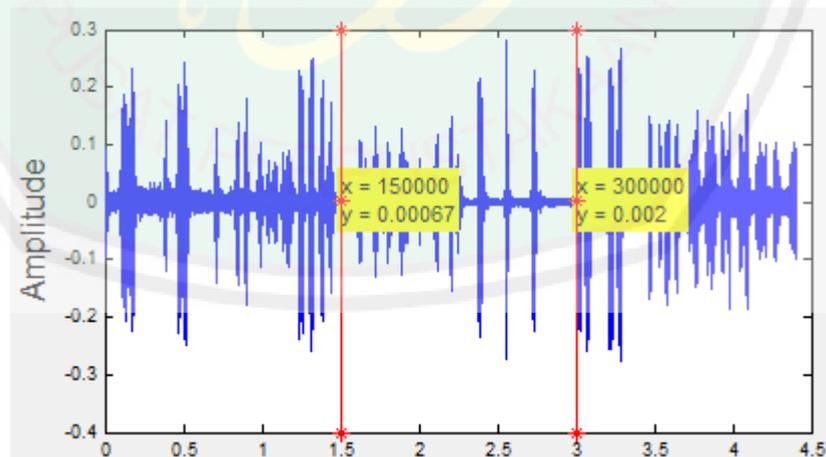
Gambar 4 Amplitudo Kacer 4



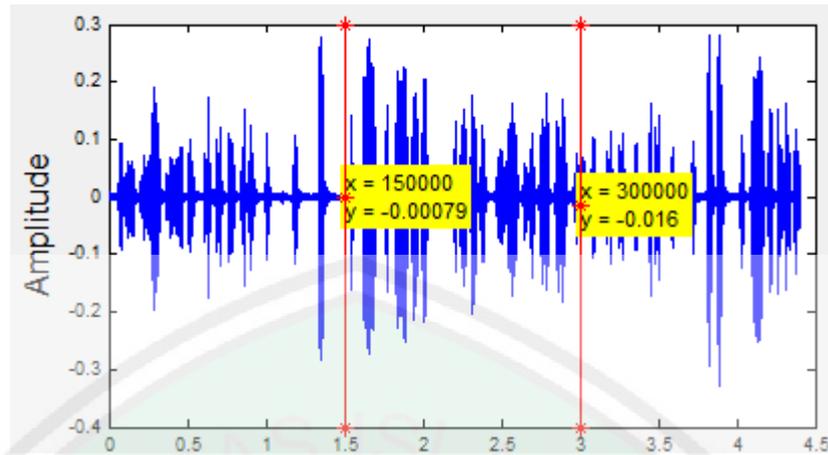
Gambar 5 Amplitudo Kacer 5



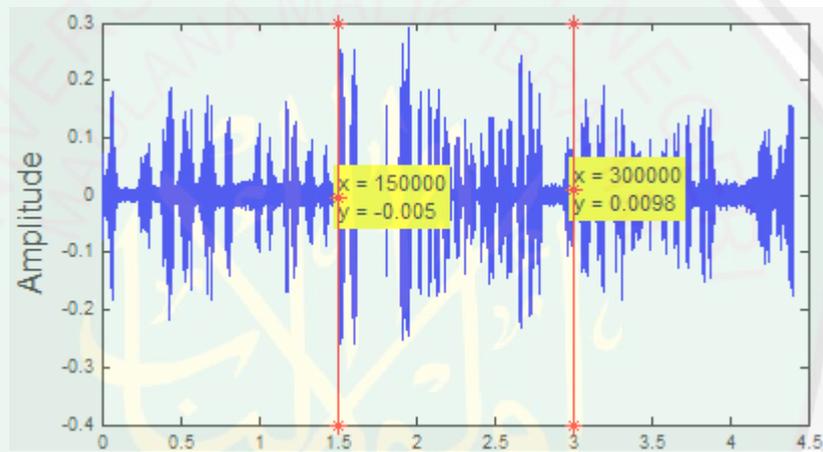
Gambar 6 Amplitudo Kacer 6



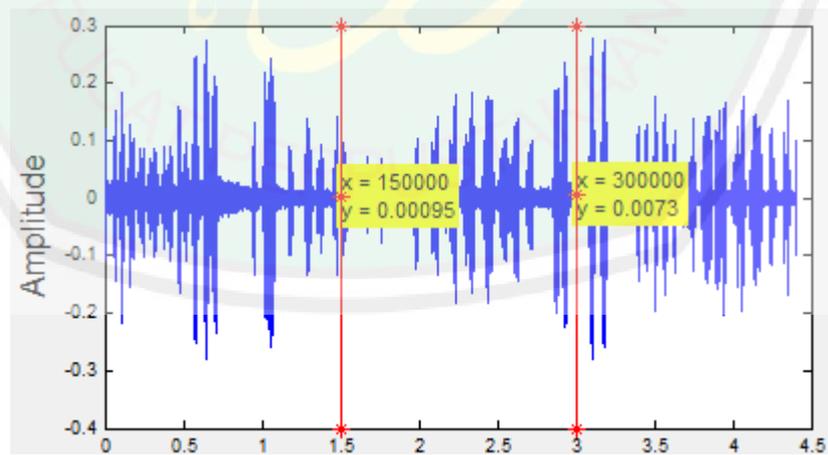
Gambar 7 Amplitudo Kacer 7



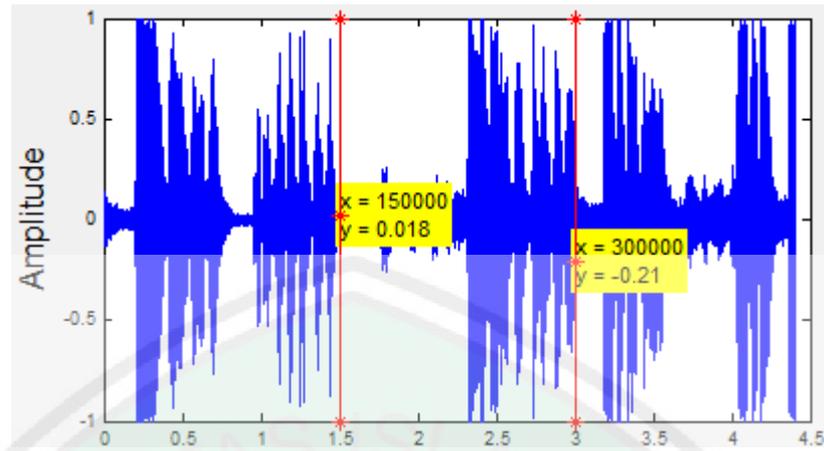
Gambar 8 Amplitudo Kacer 8



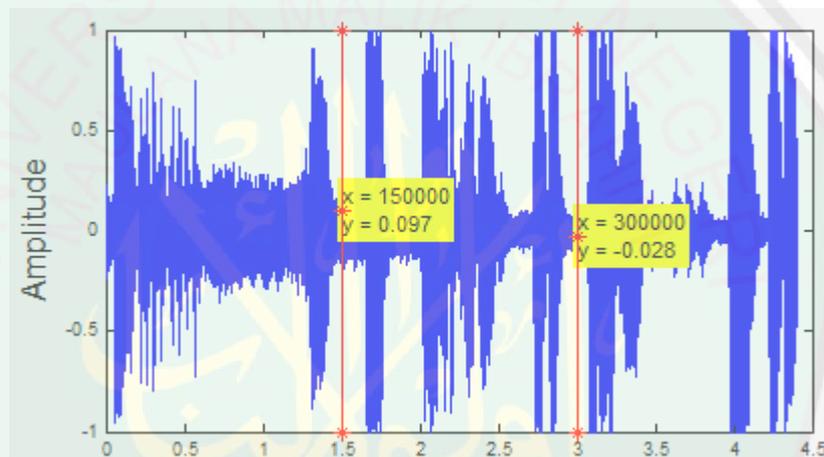
Gambar 9 Amplitudo Kacer 9



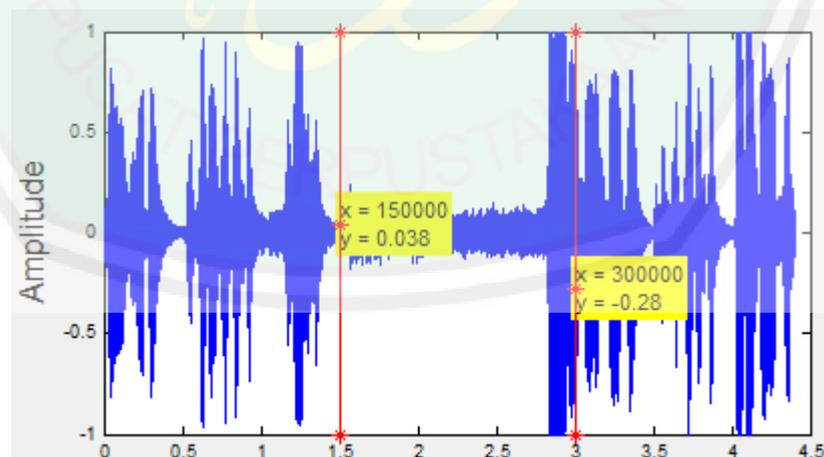
Gambar 10 Amplitudo Kacer 10



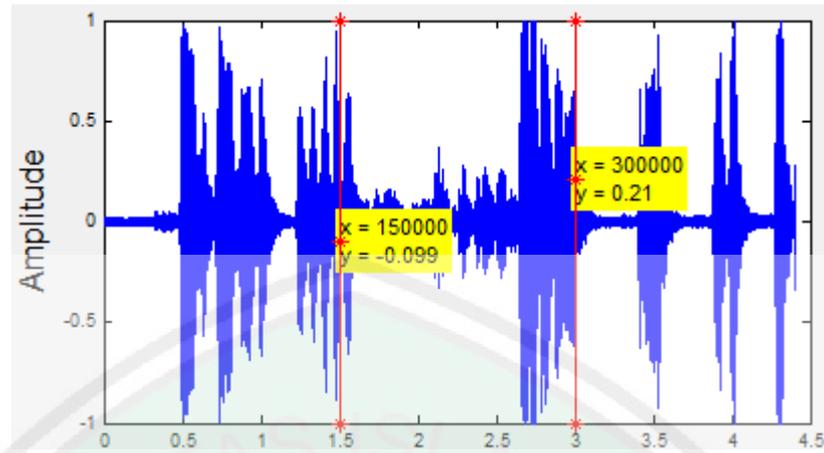
Gambar 11 Amplitudo Kacer 11



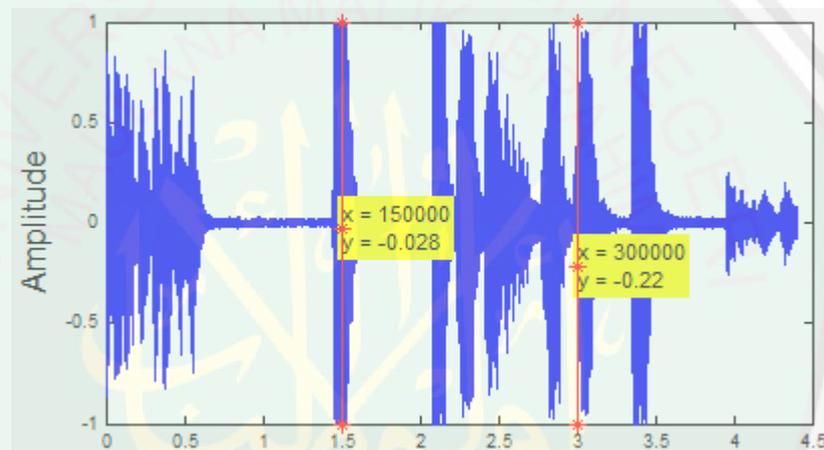
Gambar 12 Amplitudo Kacer 12



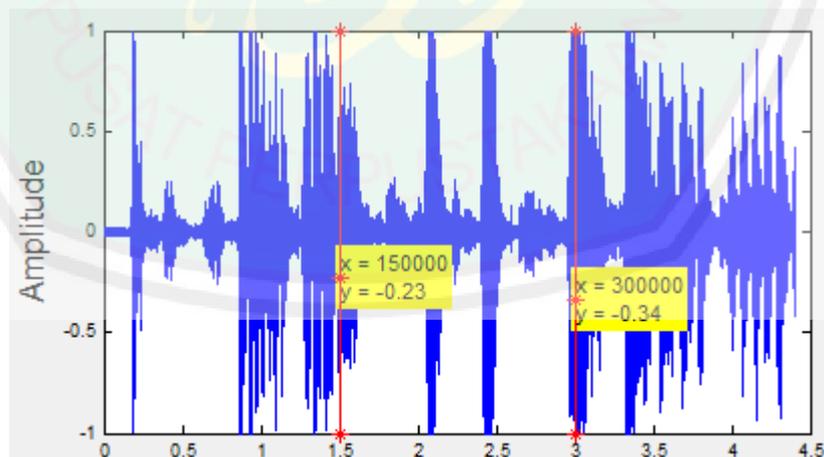
Gambar 13 Amplitudo Kacer 13



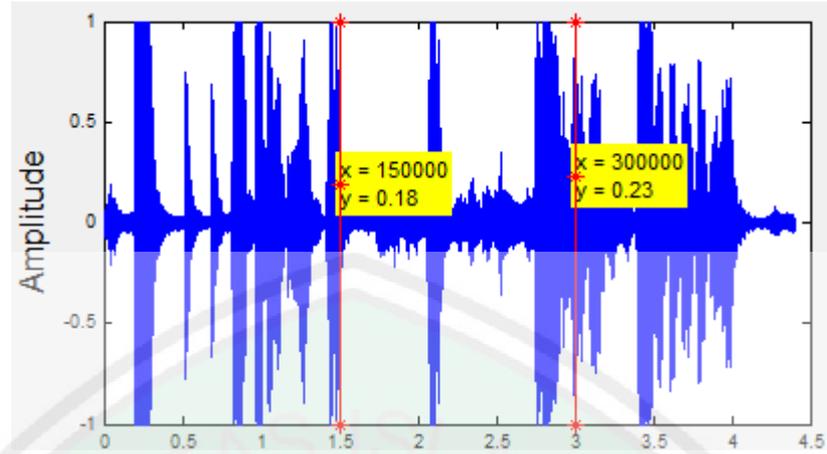
Gambar 14 Amplitudo Kacer 14



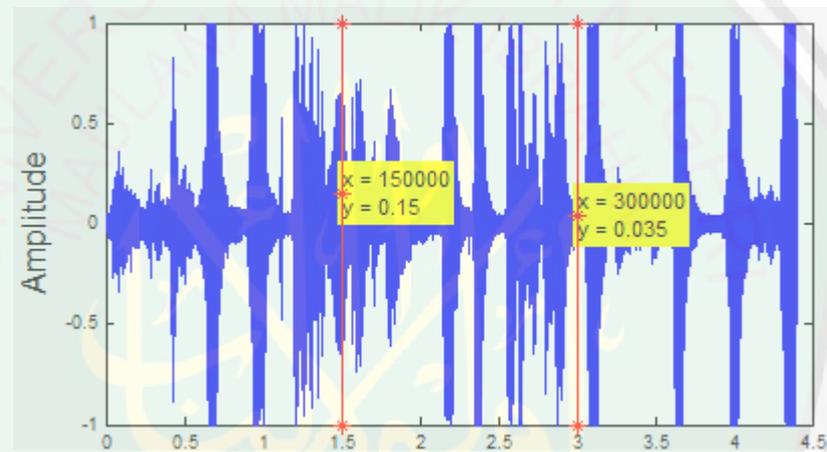
Gambar 15 Amplitudo Kacer 15



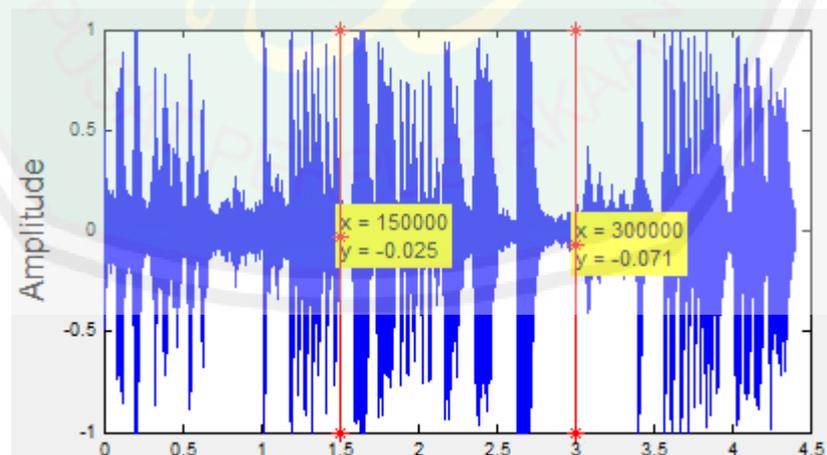
Gambar 16 Amplitudo Kacer 16



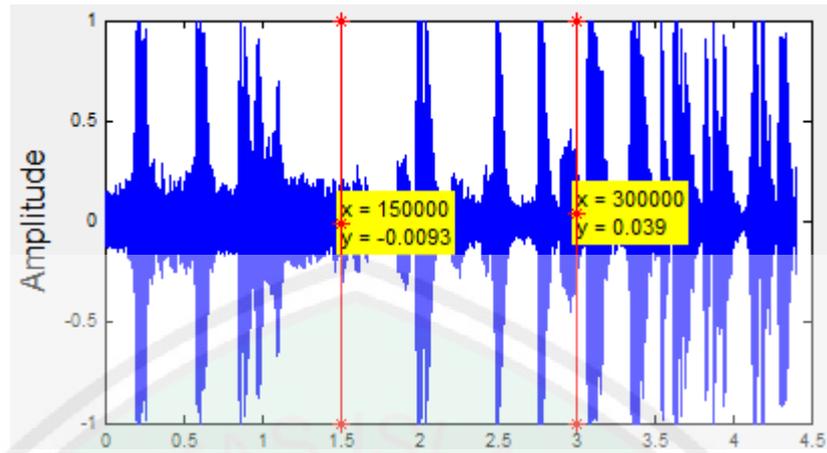
Gambar 17 Amplitudo Kacer 17



Gambar 18 Amplitudo Kacer 18

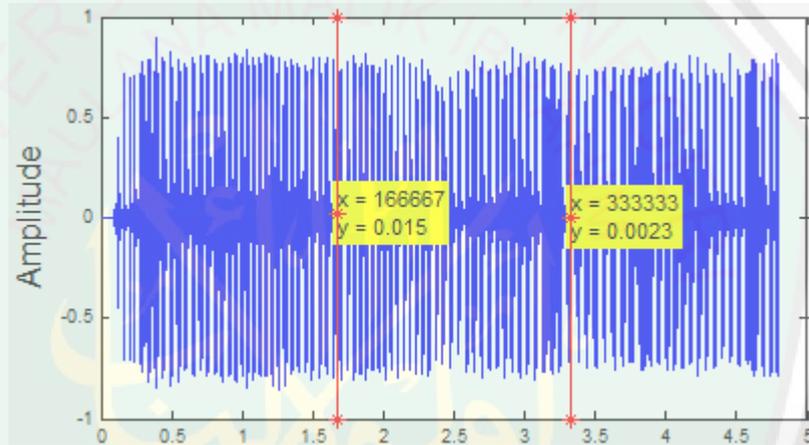


Gambar 19 Amplitudo Kacer 19

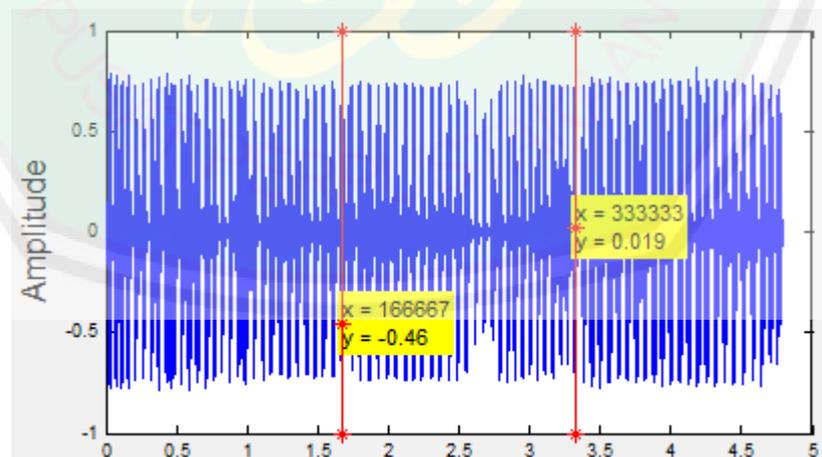


Gambar 20 Amplitudo Kacer 20

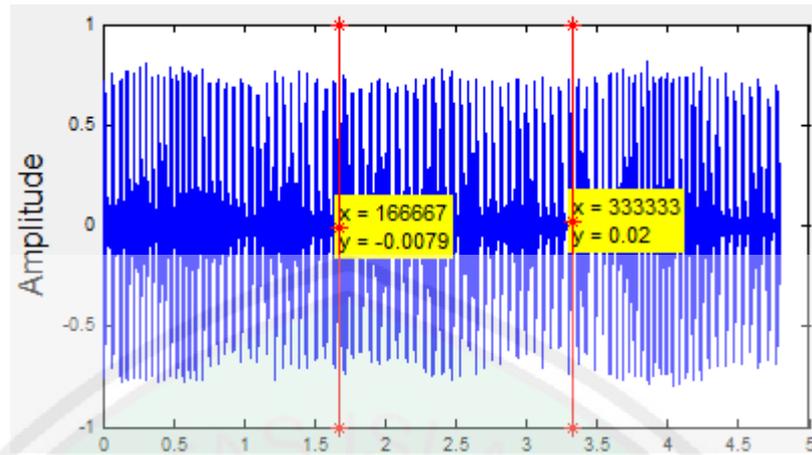
3. Data Training Lovebird



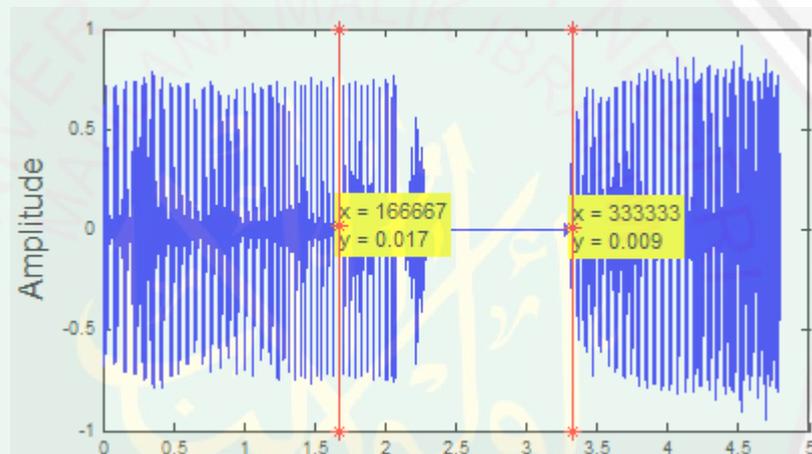
Gambar Amplitudo Lovebird 1



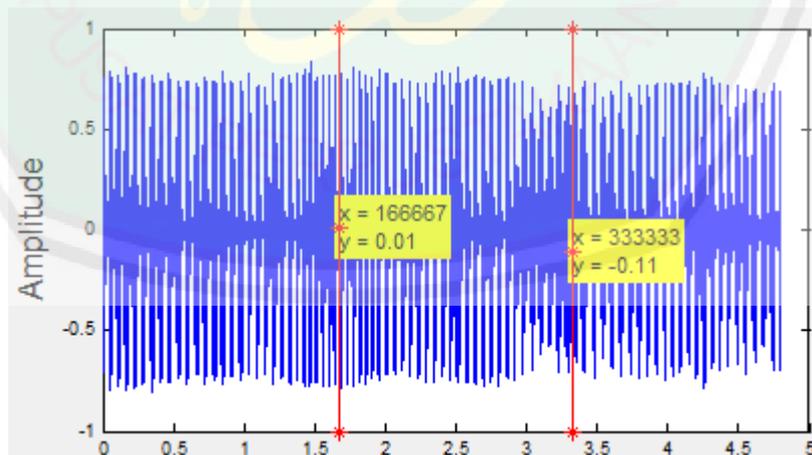
Gambar Amplitudo Lovebird 2



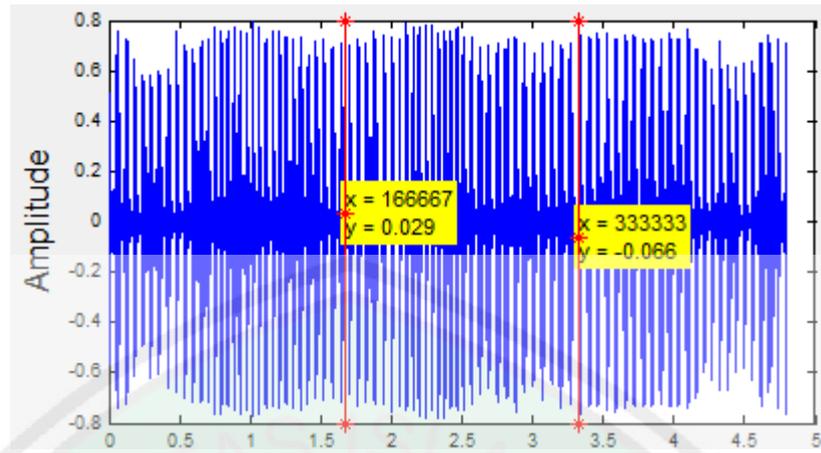
Gambar Amplitudo Lovebird 3



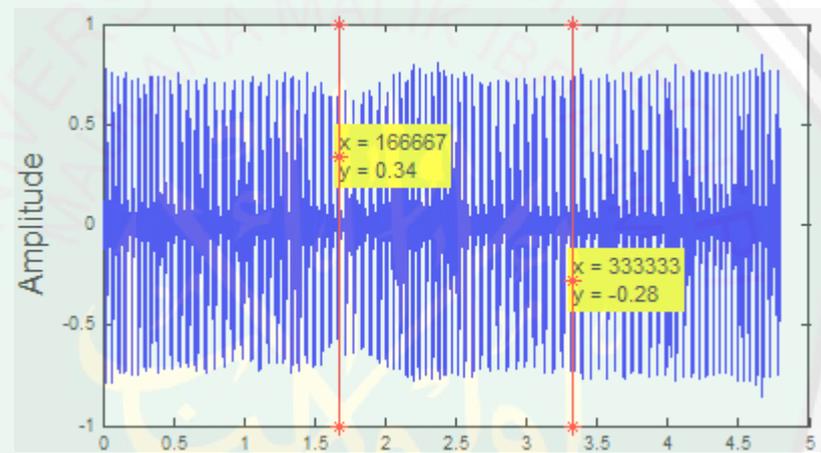
Gambar Amplitudo Lovebird 4



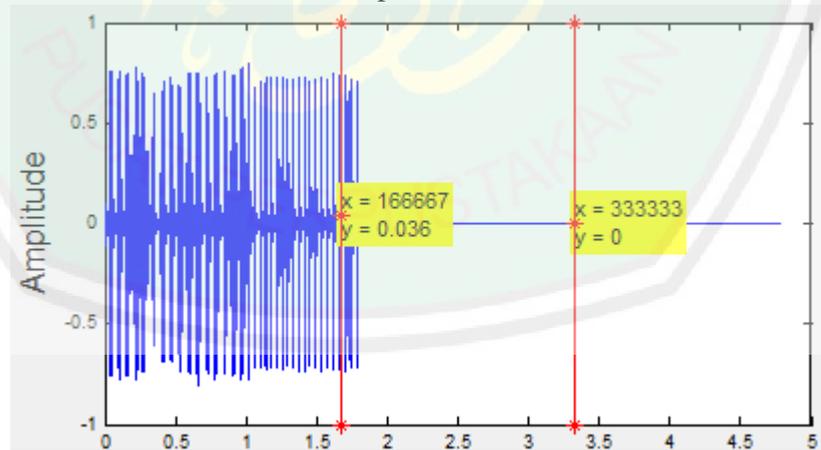
Gambar Amplitudo Lovebird 5



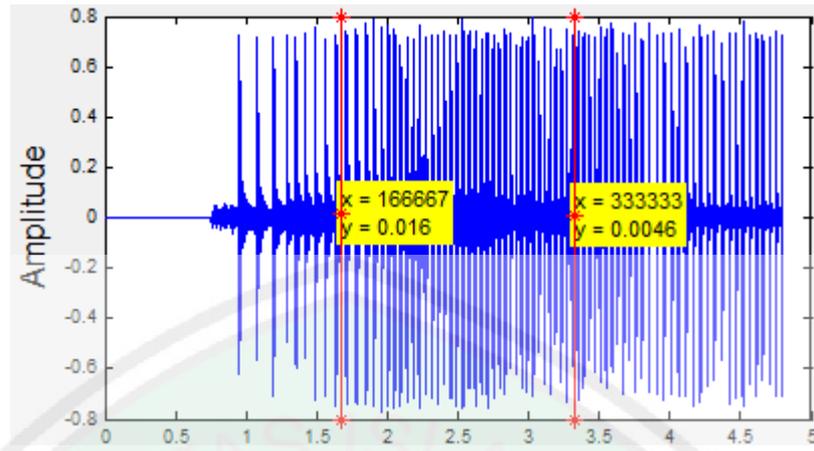
Gambar Amplitudo Lovebird 6



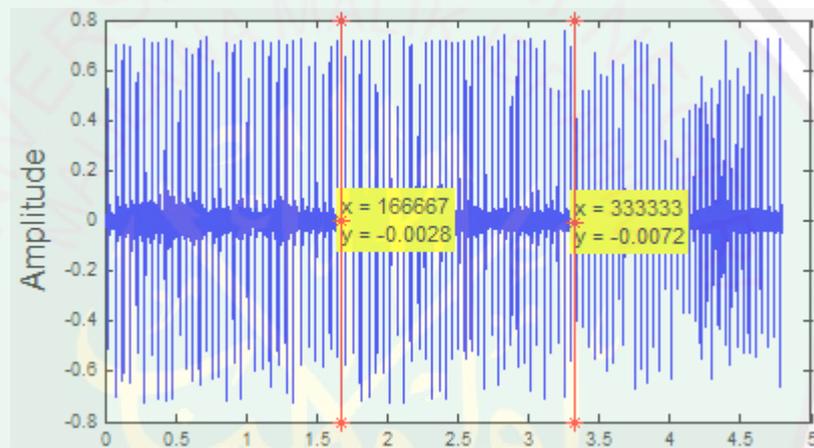
Gambar Amplitudo Lovebird 7



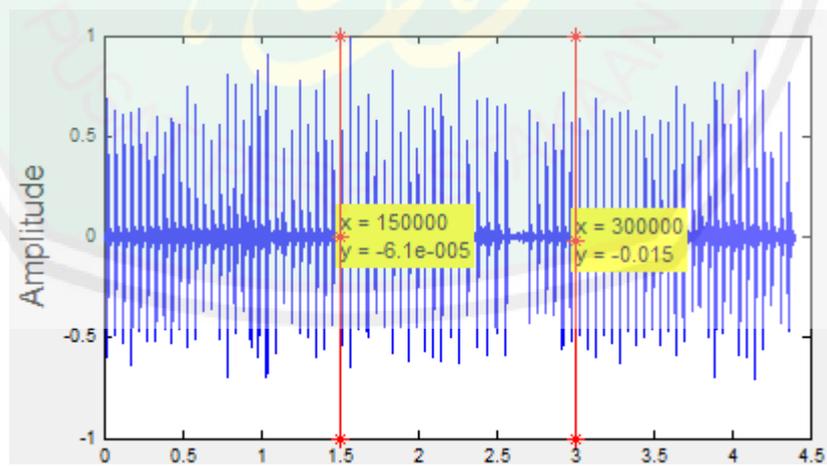
Gambar Amplitudo Lovebird 8



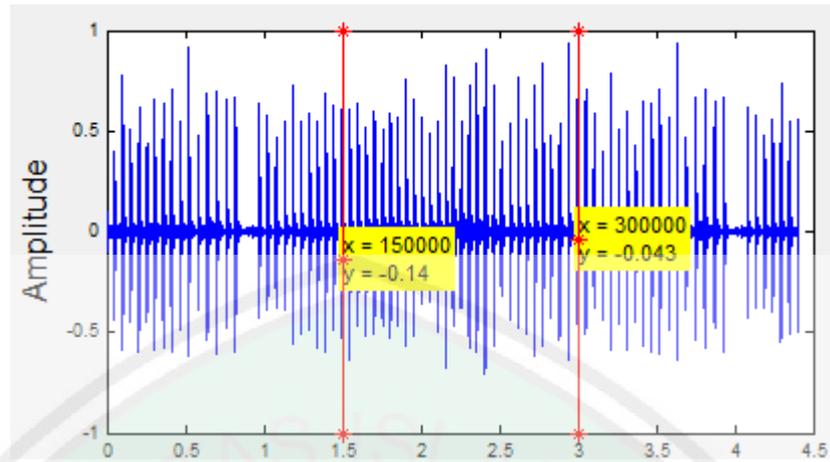
Gambar Amplitudo Lovebird 10



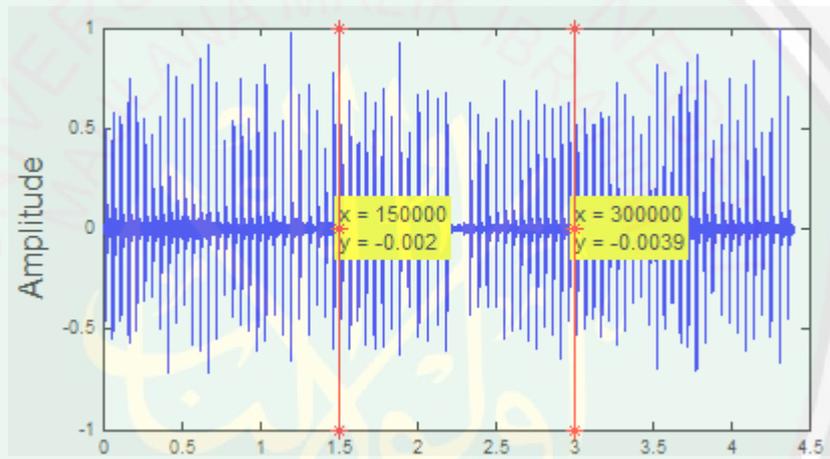
Gambar Amplitudo Lovebird 11



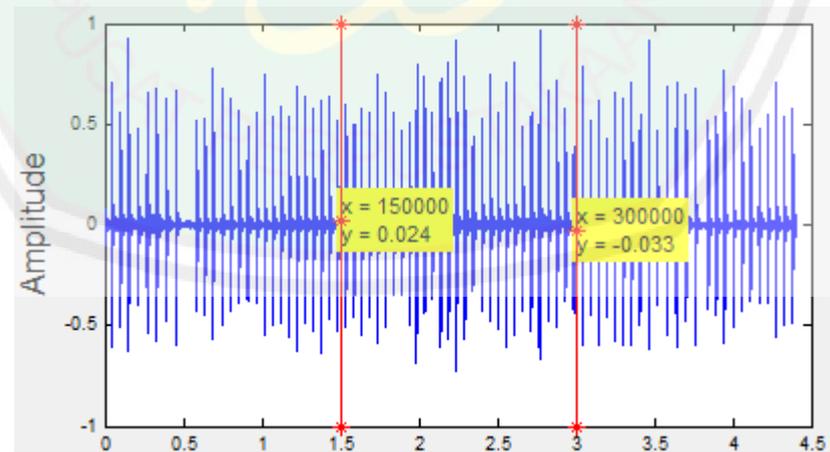
Gambar Amplitudo Lovebird 12



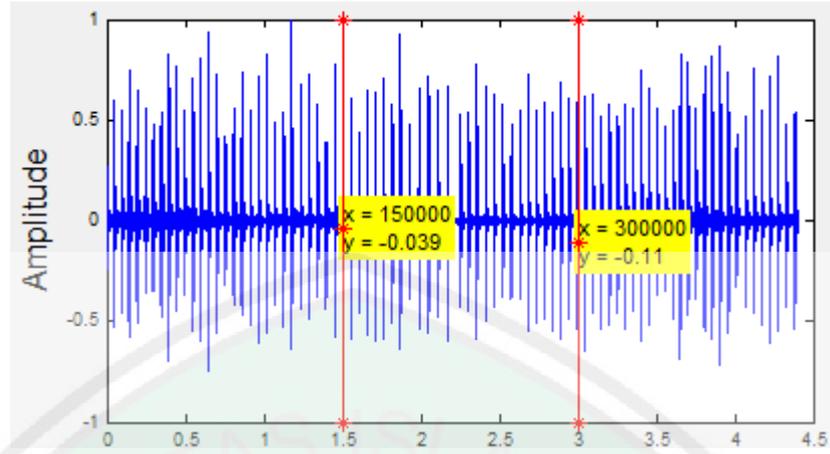
Gambar Amplitudo Lovebird 13



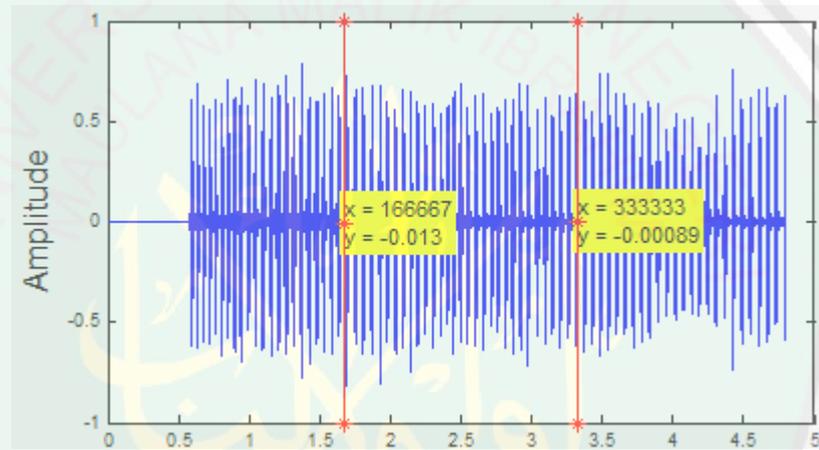
Gambar Amplitudo Lovebird 14



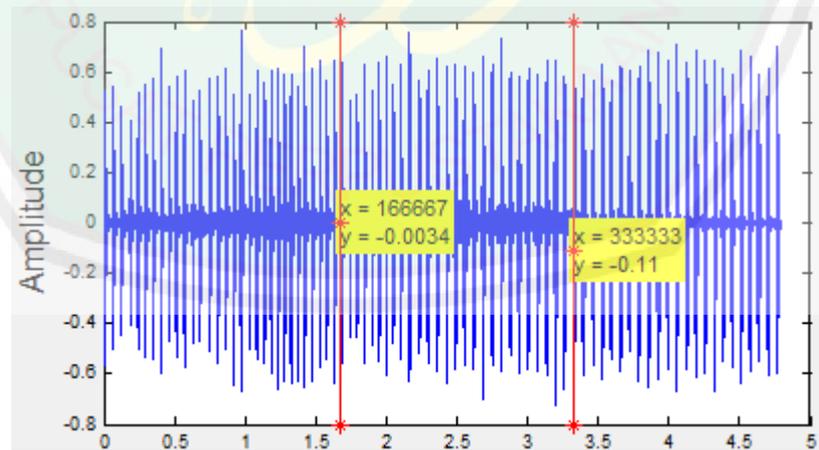
Gambar Amplitudo Lovebird 15



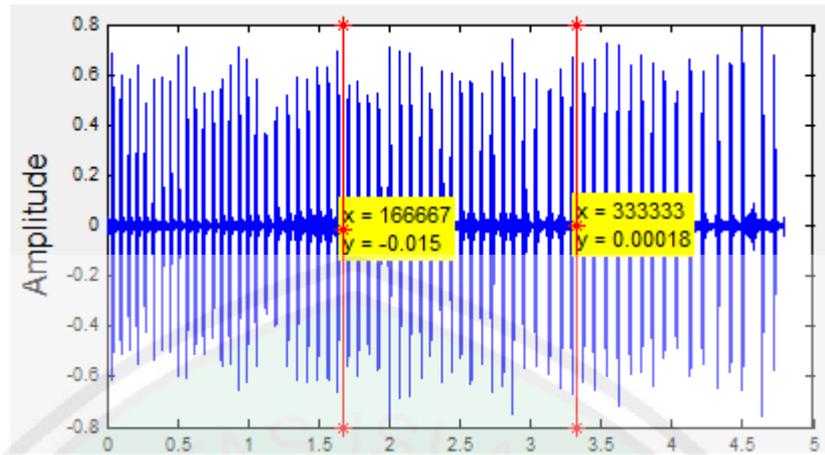
Gambar Amplitudo Lovebird 16



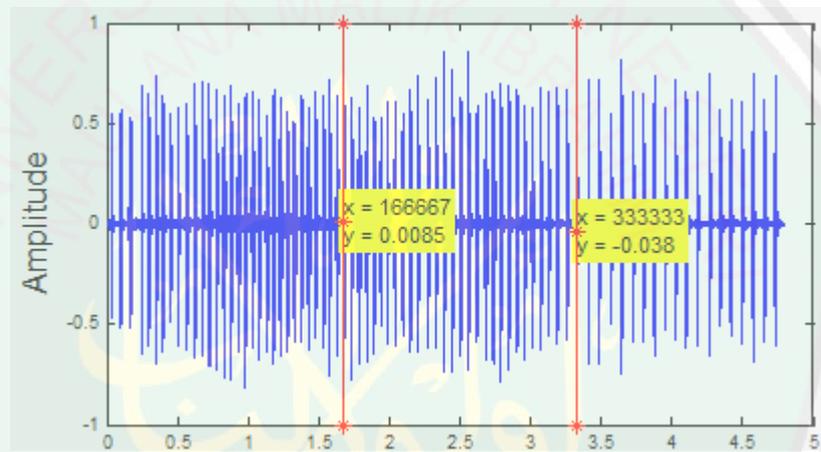
Gambar Amplitudo Lovebird 17



Gambar Amplitudo Lovebird 18

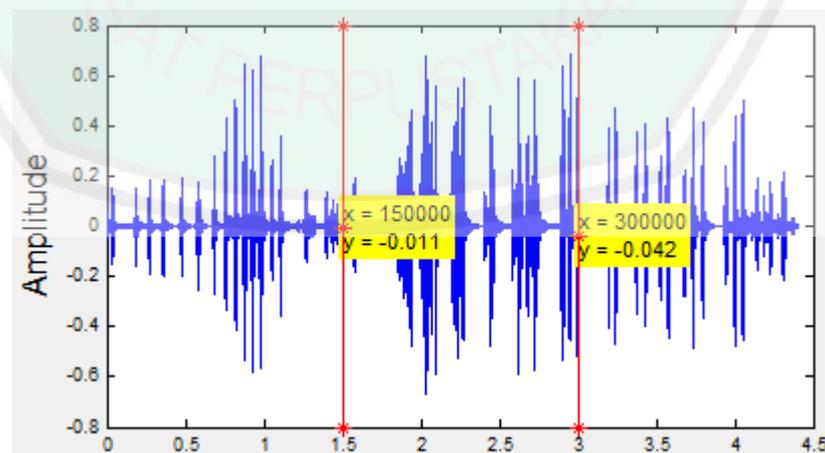


Gambar Amplitudo Lovebird 19

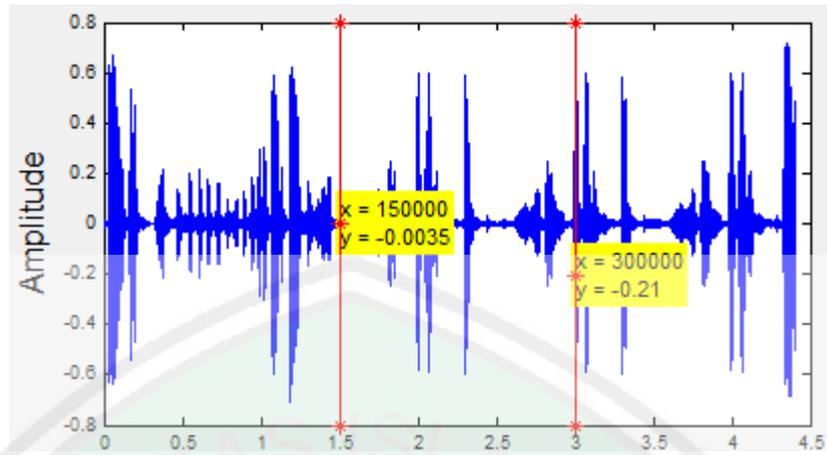


Gambar Amplitudo Lovebird 20

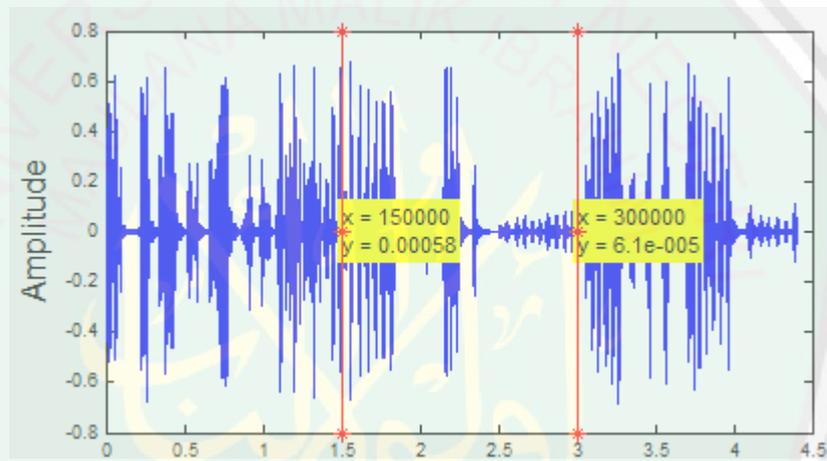
4. Data Training Murai batu



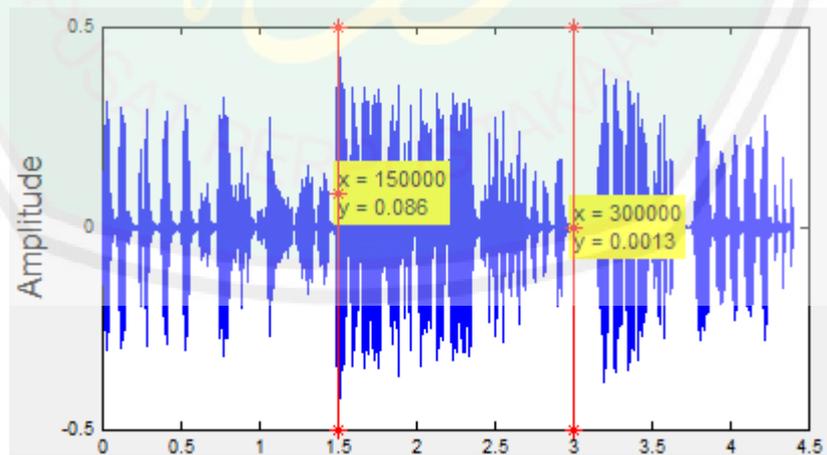
Gambar Amplitudo Murai batu 1



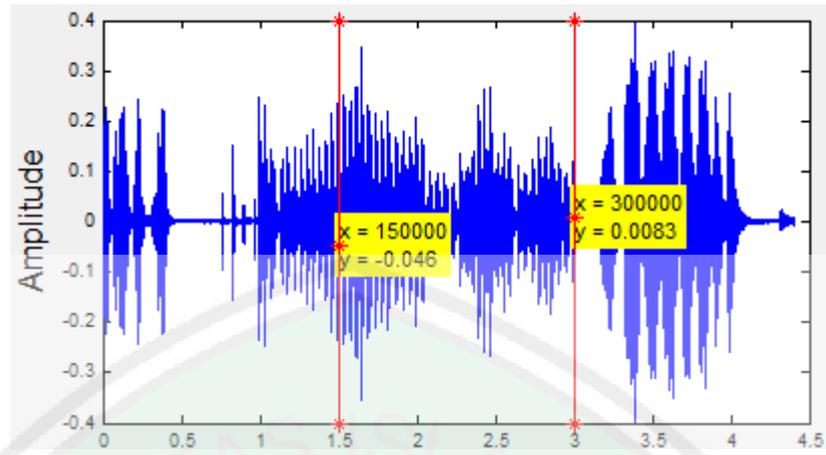
Gambar Amplitudo Murai batu 2



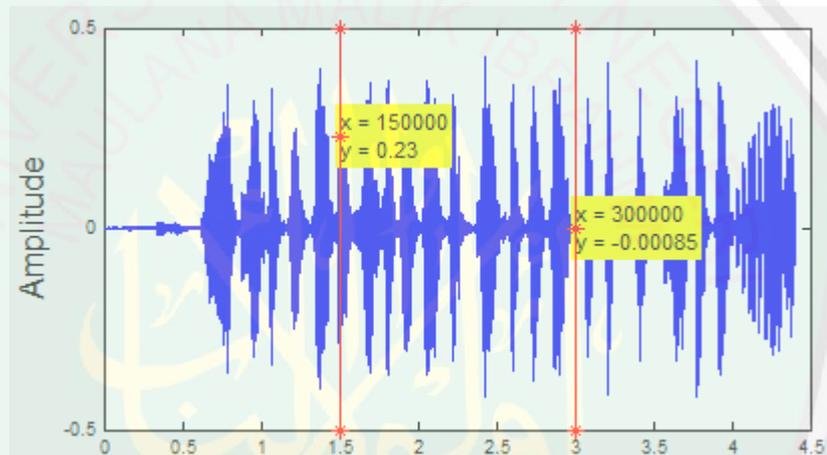
Gambar Amplitudo Murai batu 3



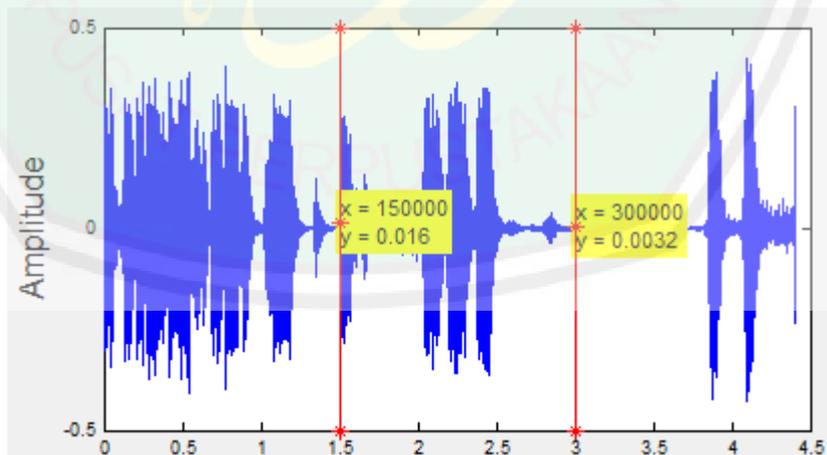
Gambar Amplitudo Murai batu 4



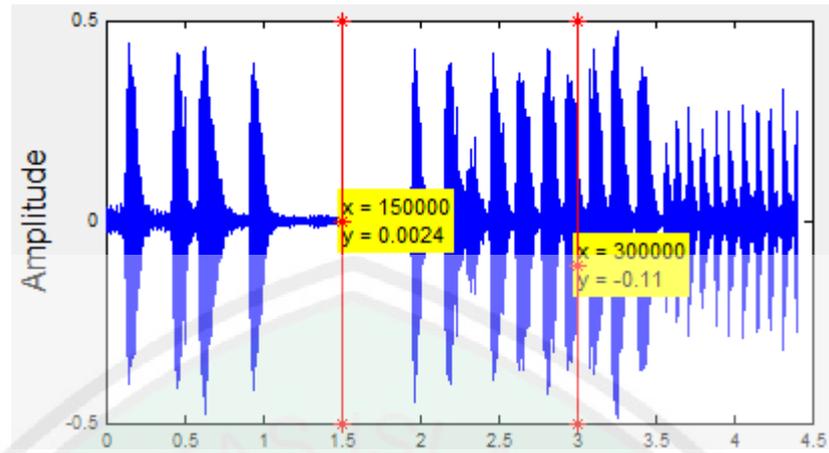
Gambar Amplitudo Murai batu 5



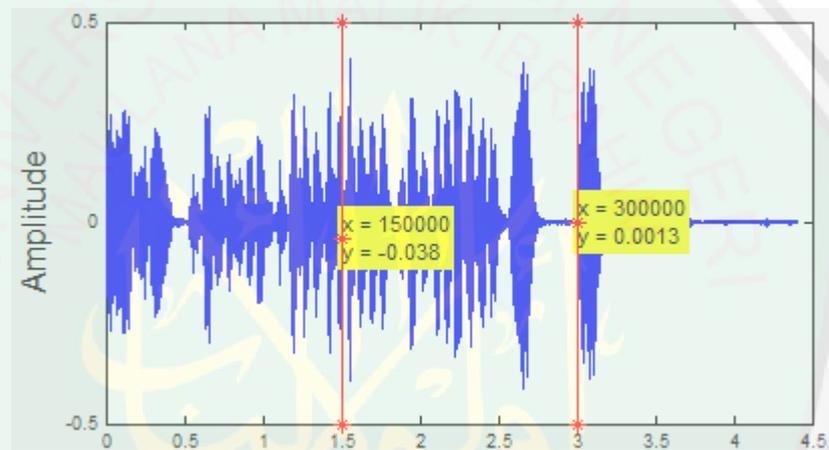
Gambar Amplitudo Murai batu 6



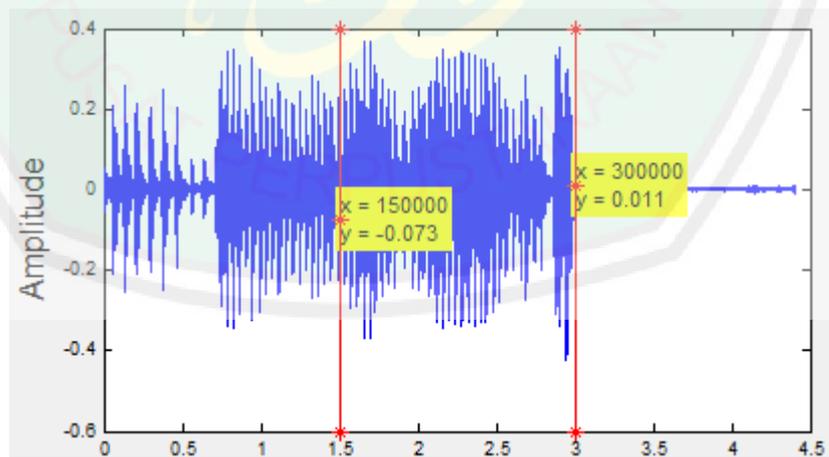
Gambar Amplitudo Murai batu 7



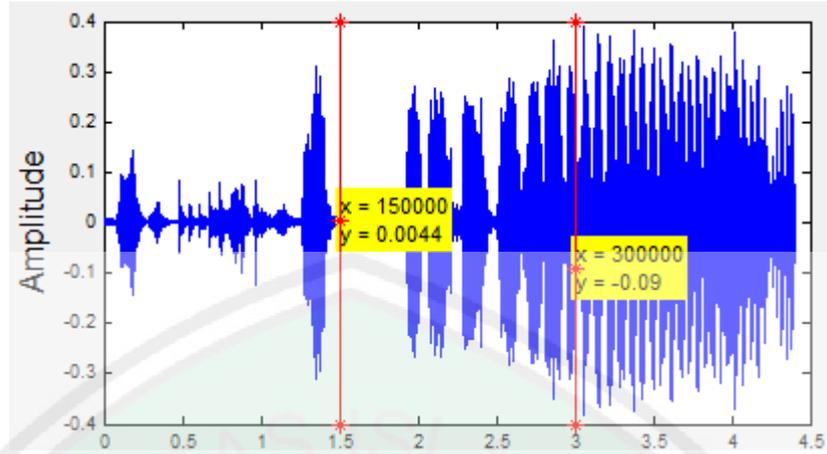
Gambar Amplitudo Murai batu 8



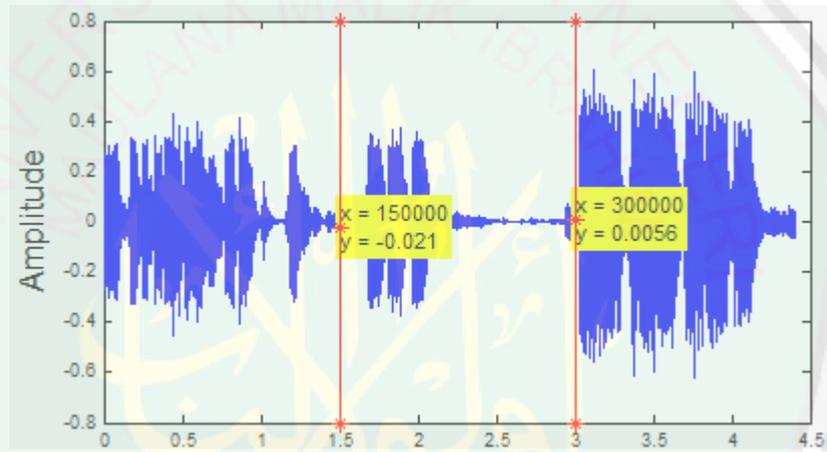
Gambar Amplitudo Murai batu 9



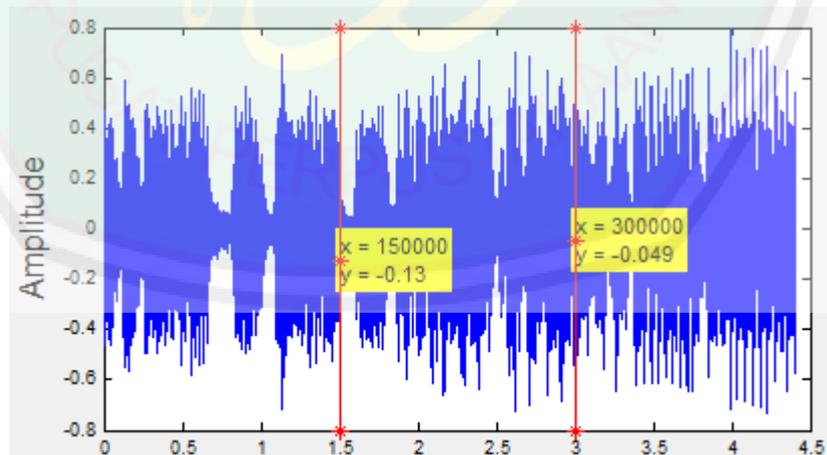
Gambar Amplitudo Murai batu 10



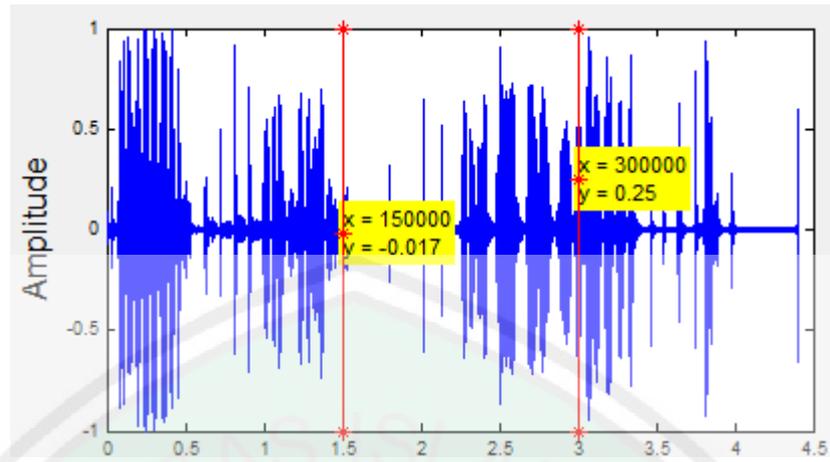
Gambar Amplitudo Murai batu 11



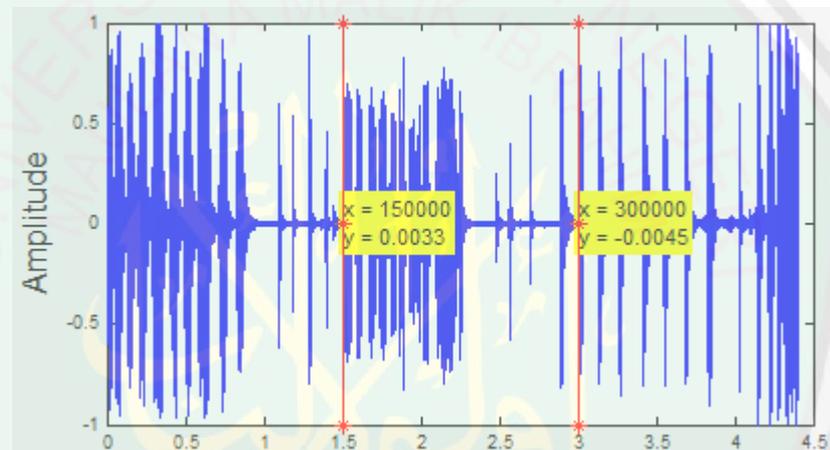
Gambar Amplitudo Murai batu 12



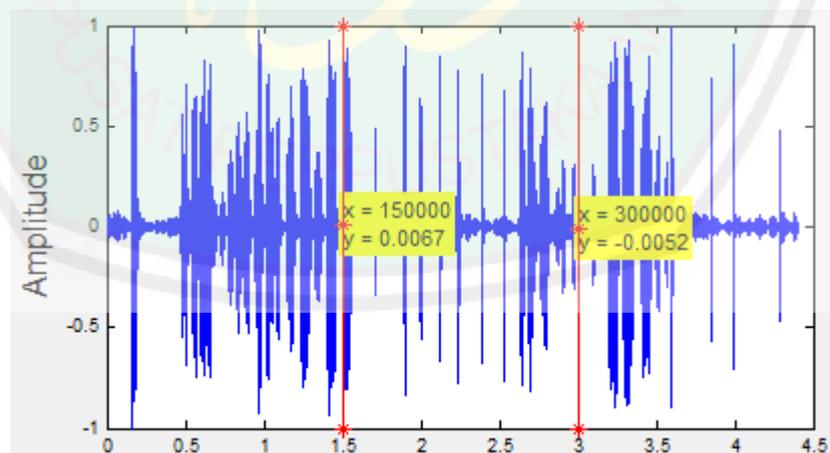
Gambar Amplitudo Murai batu 13



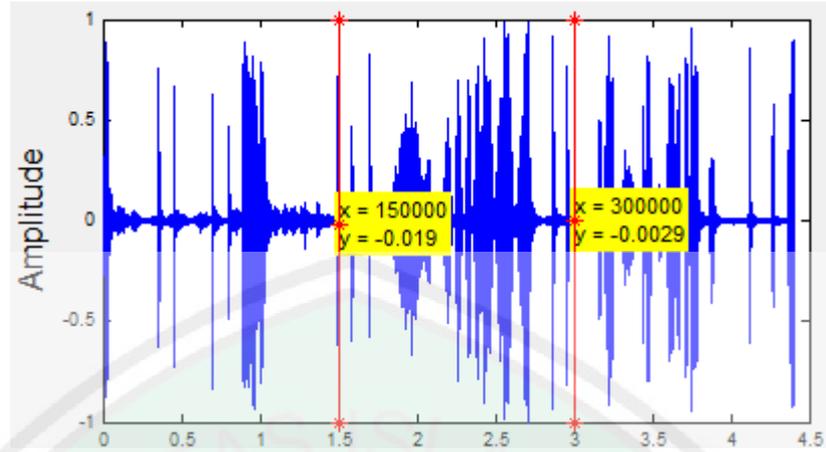
Gambar Amplitudo Murai batu 14



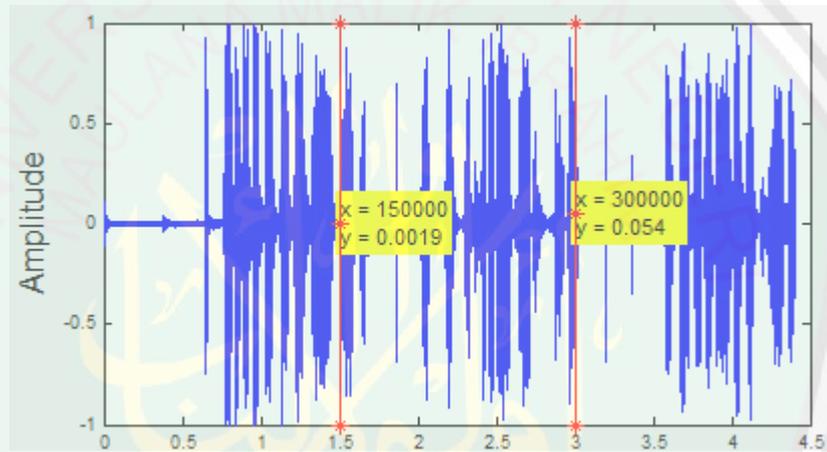
Gambar Amplitudo Murai batu 15



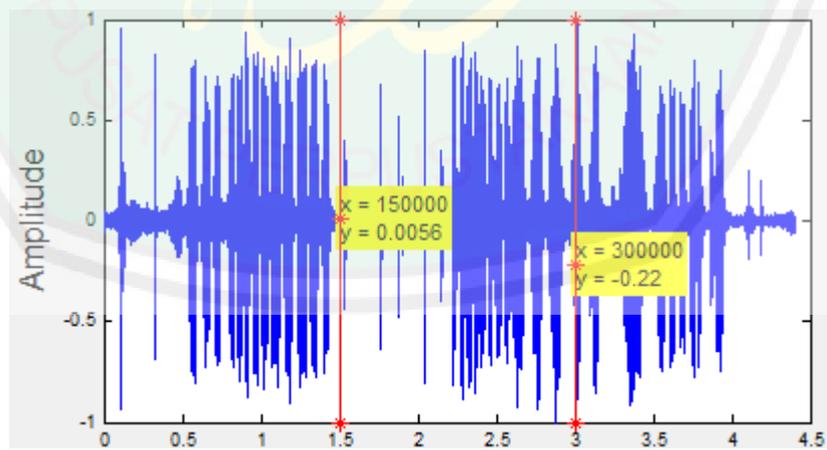
Gambar Amplitudo Murai batu 16



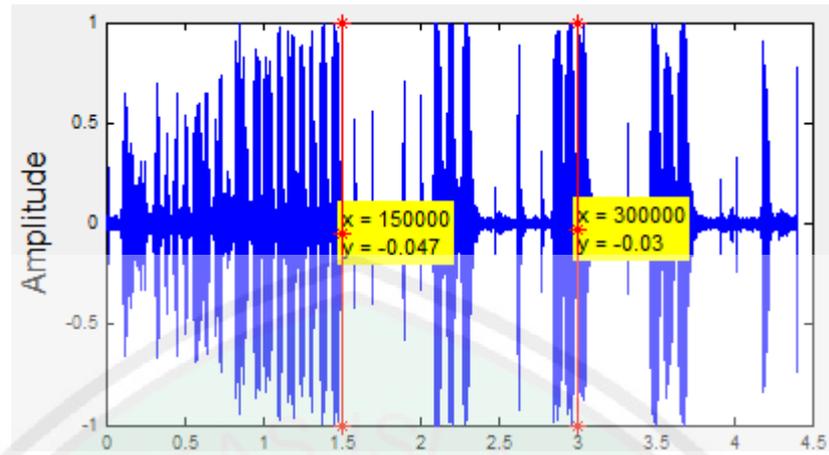
Gambar Amplitudo Murai batu 17



Gambar Amplitudo Murai batu 18



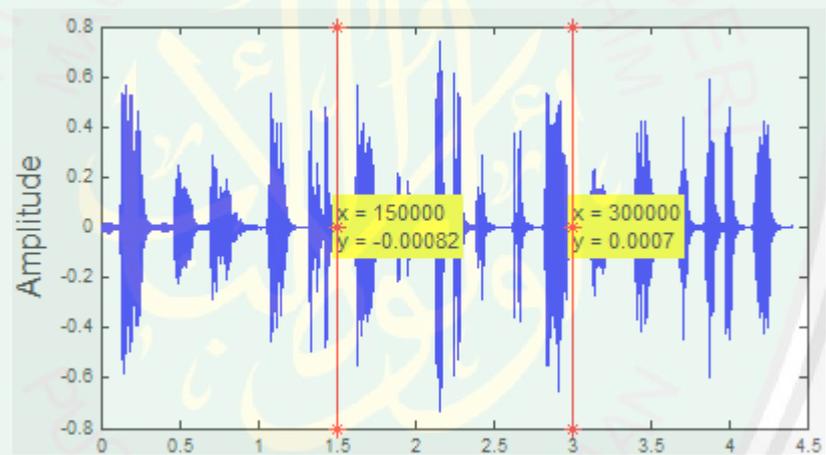
Gambar Amplitudo Murai batu 19



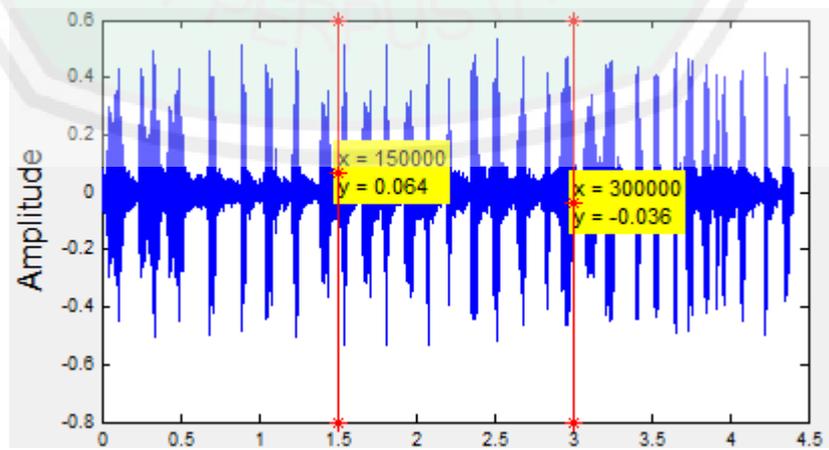
Gambar Amplitudo Murai batu 20

B. Amplitudo Data Testing

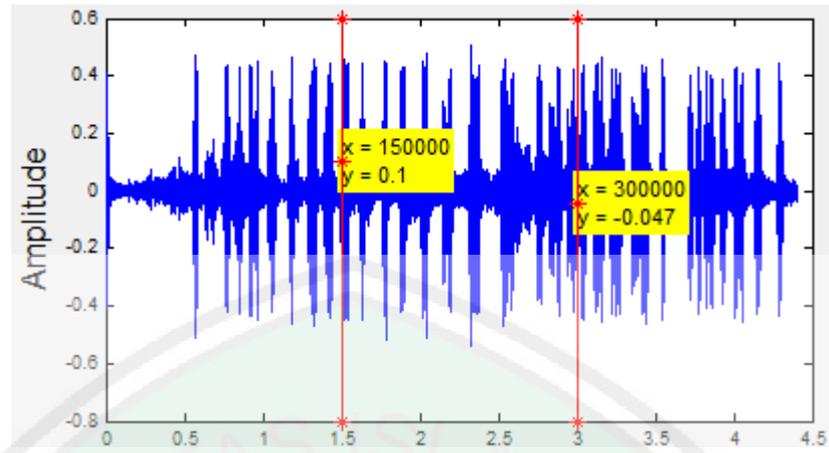
1. Data Testing Cucak Hijau



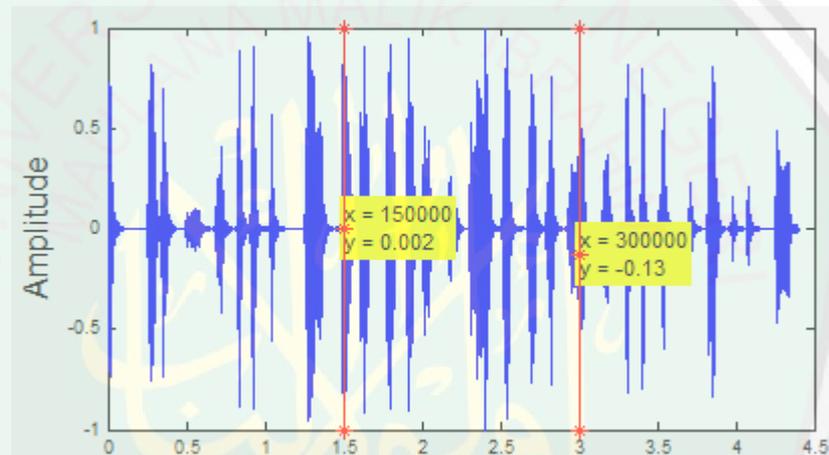
Gambar Amplitudo Cucak hijau 1



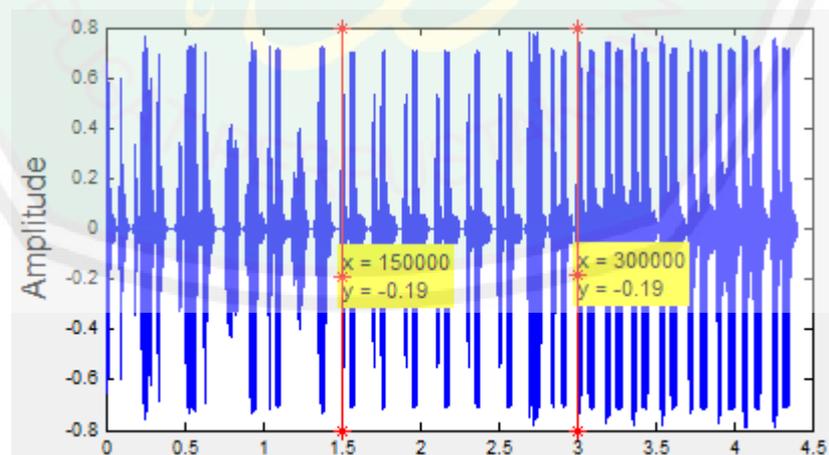
Gambar Amplitudo Cucak hijau 2



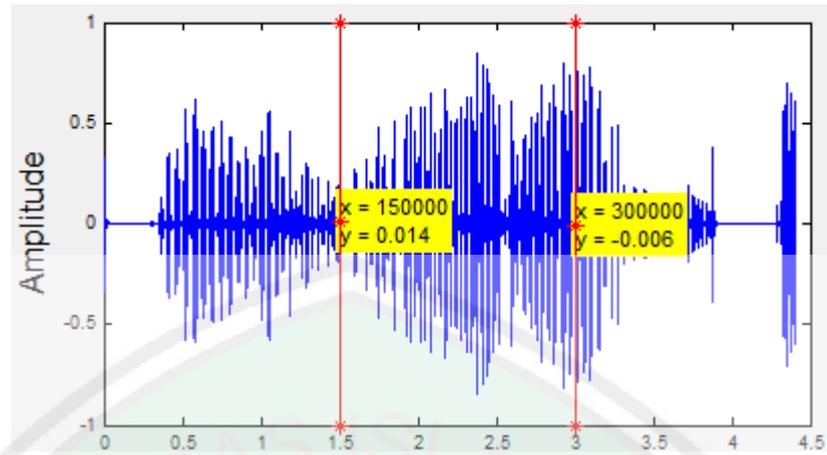
Gambar Amplitudo Cucak hijau 3



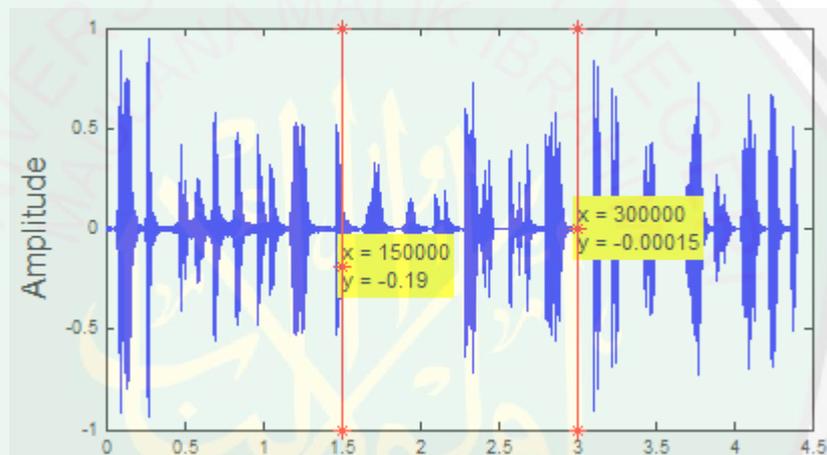
Gambar Amplitudo Cucak hijau 4



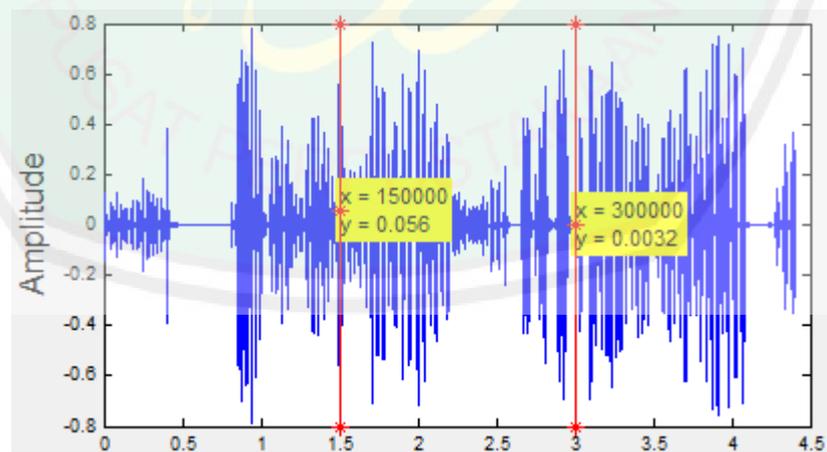
Gambar Amplitudo Cucak hijau 5



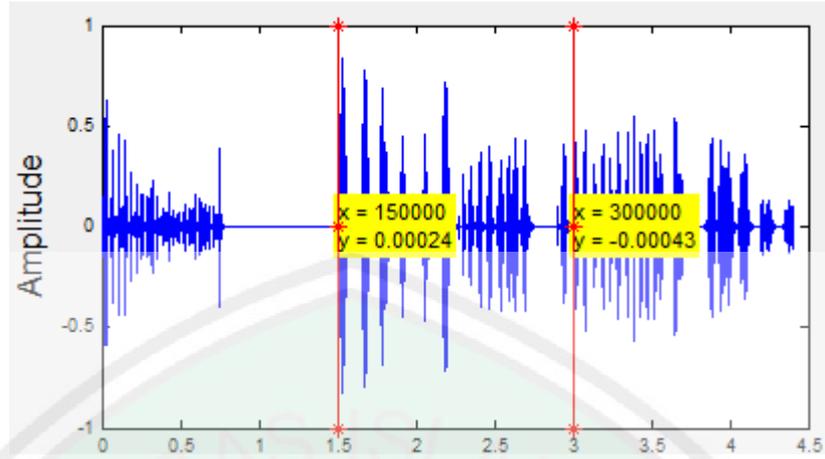
Gambar Amplitudo Cucak hijau 6



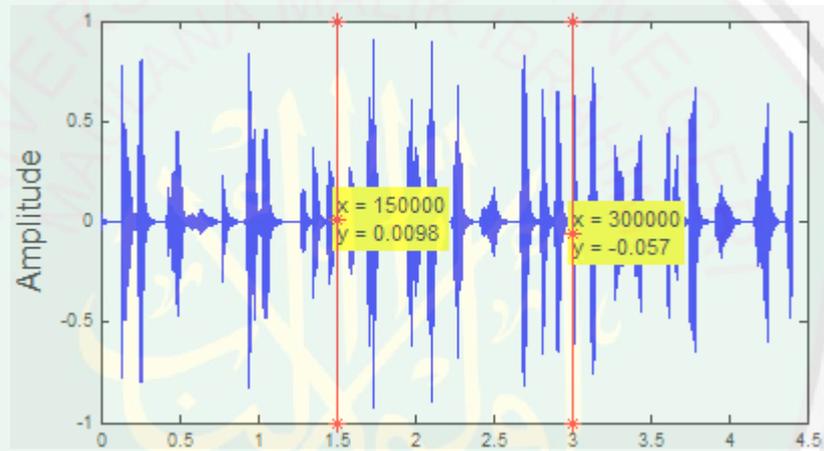
Gambar Amplitudo Cucak hijau 7



Gambar Amplitudo Cucak hijau 8

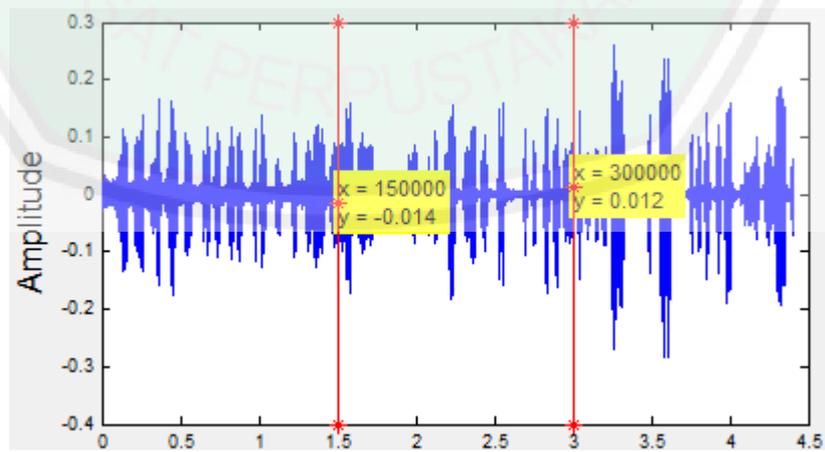


Gambar Amplitudo Cucak hijau 9

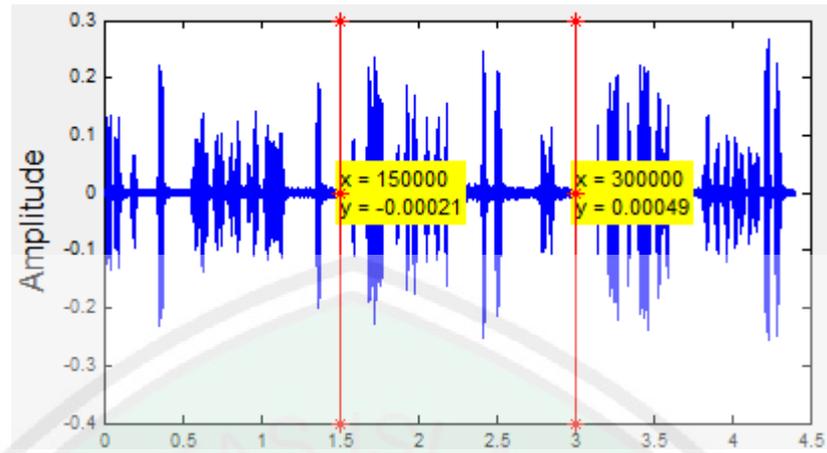


Gambar Amplitudo Cucak hijau 10

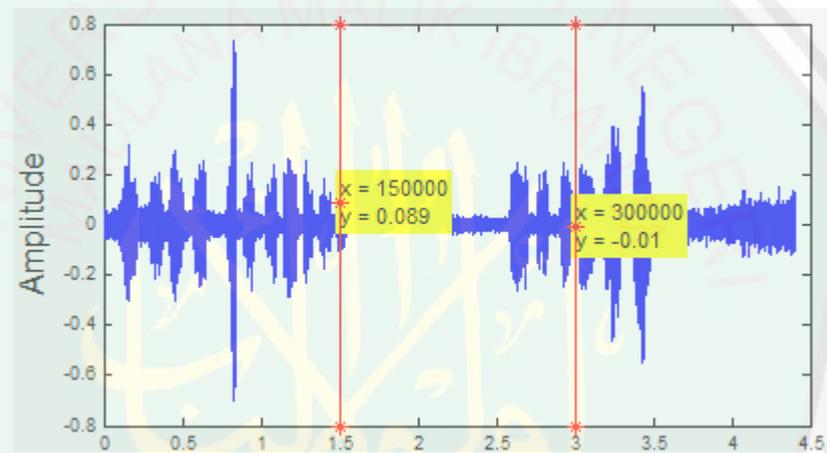
2. Data Testing Kacer



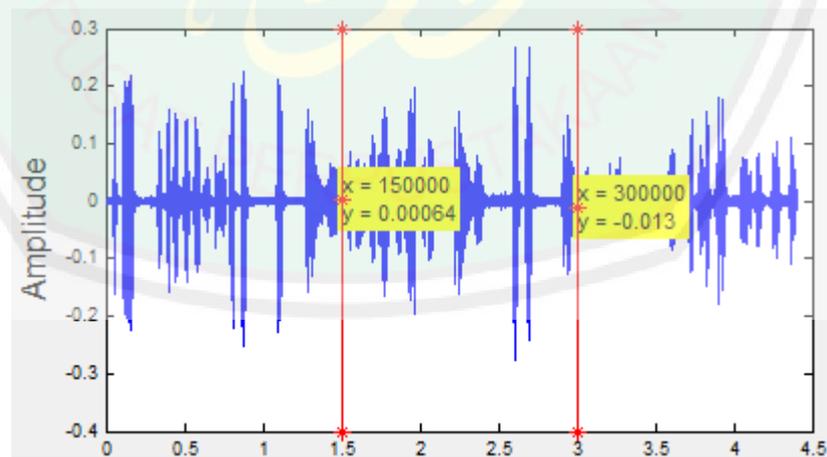
Gambar Amplitudo Kacer 1



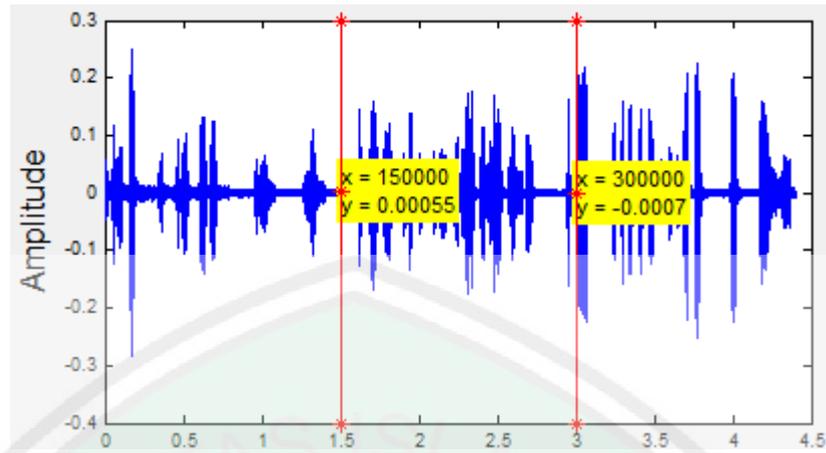
Gambar Amplitudo Kacer 2



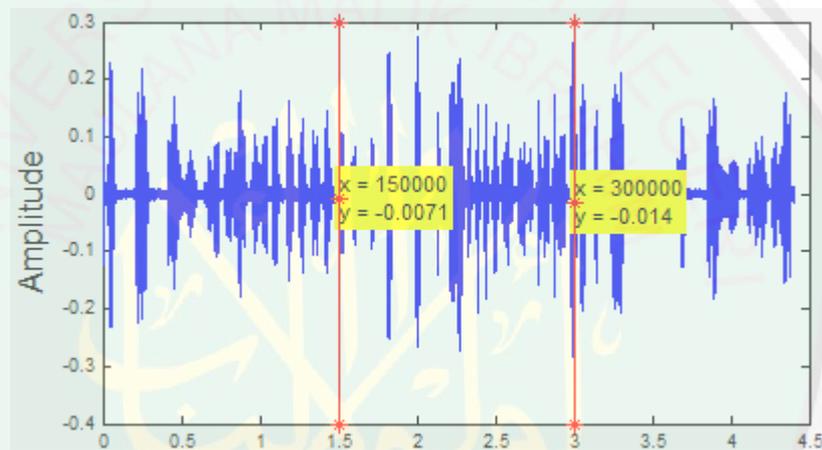
Gambar Amplitudo Kacer 3



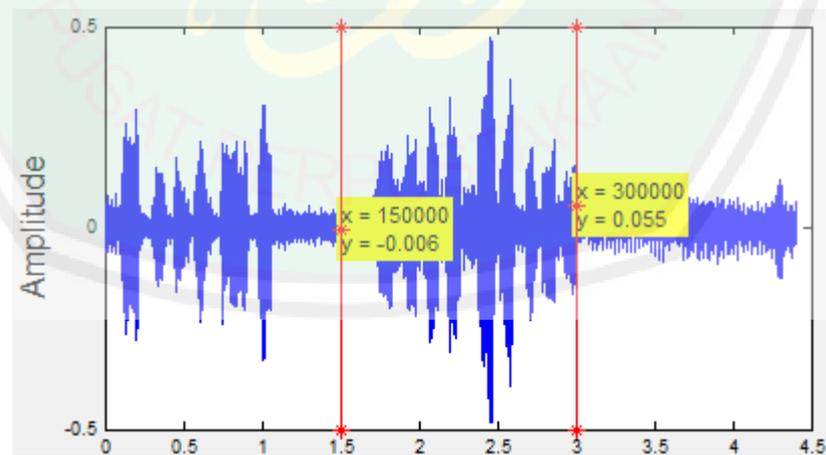
Gambar Amplitudo Kacer 4



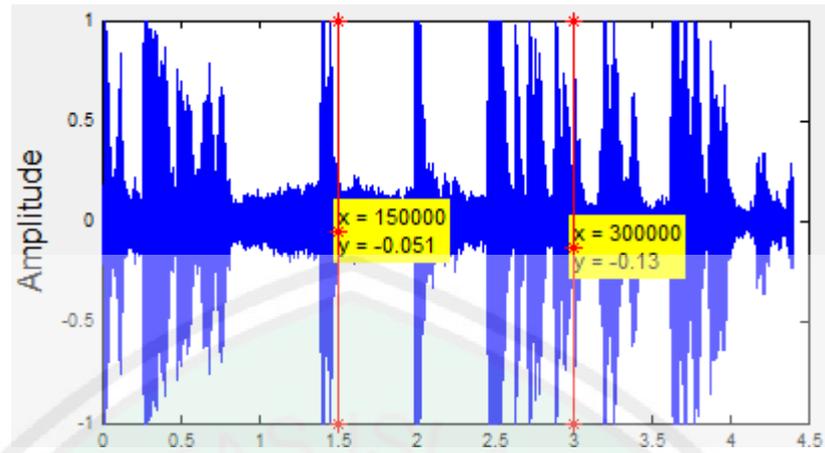
Gambar Amplitudo Kacer 5



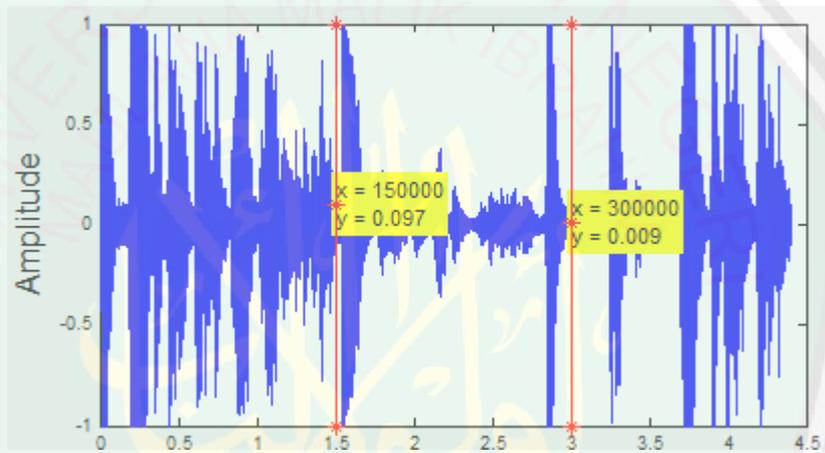
Gambar Amplitudo Kacer 6



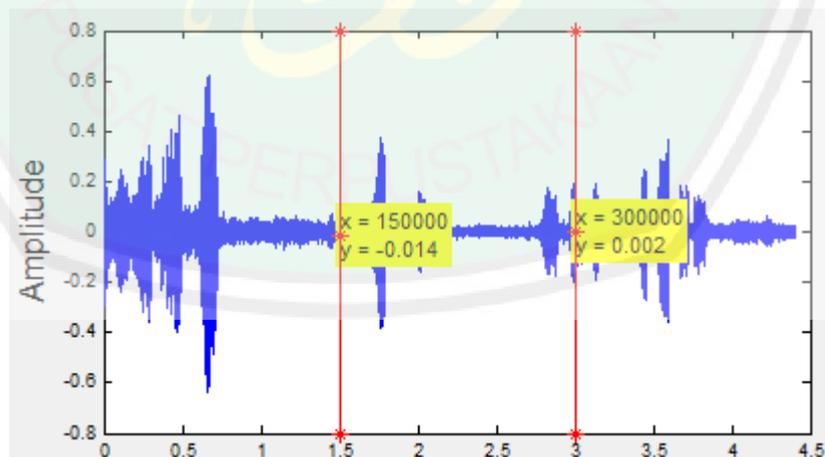
Gambar Amplitudo Kacer 7



Gambar Amplitudo Kacer 8

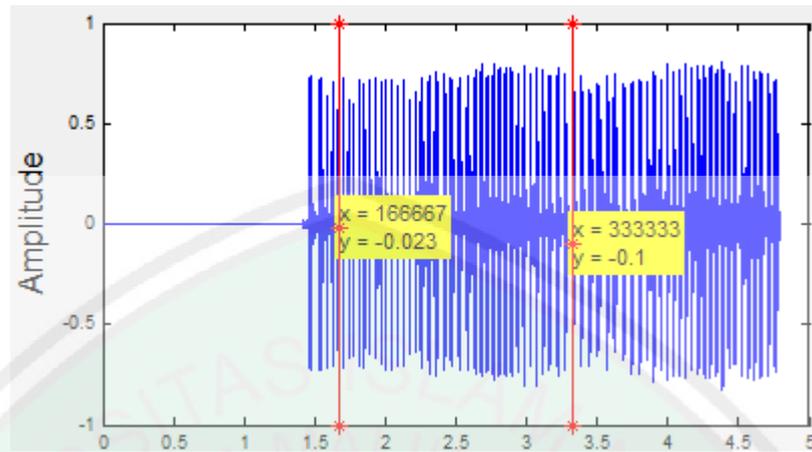


Gambar Amplitudo Kacer 9

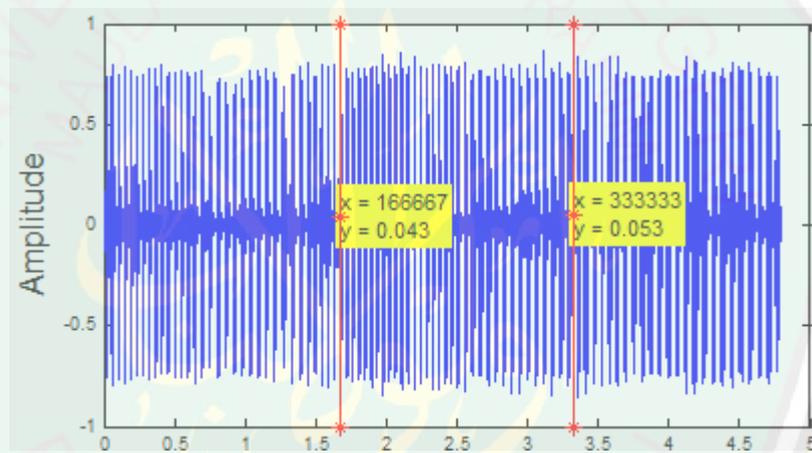


Gambar Amplitudo Kacer 10

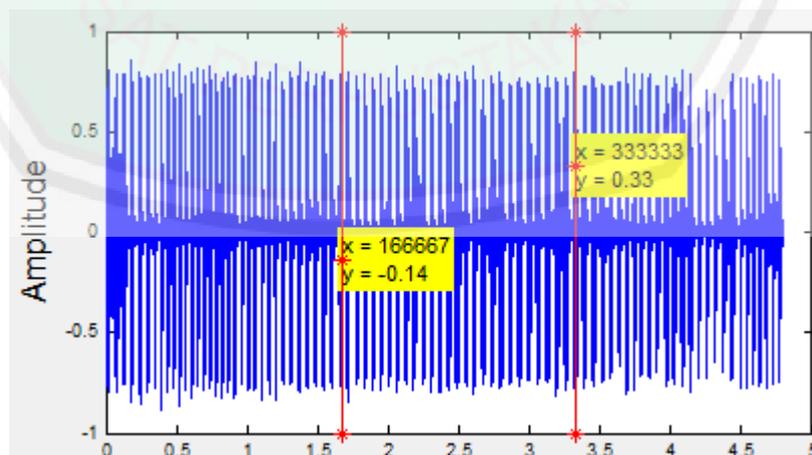
3. Data Testing Lovebird



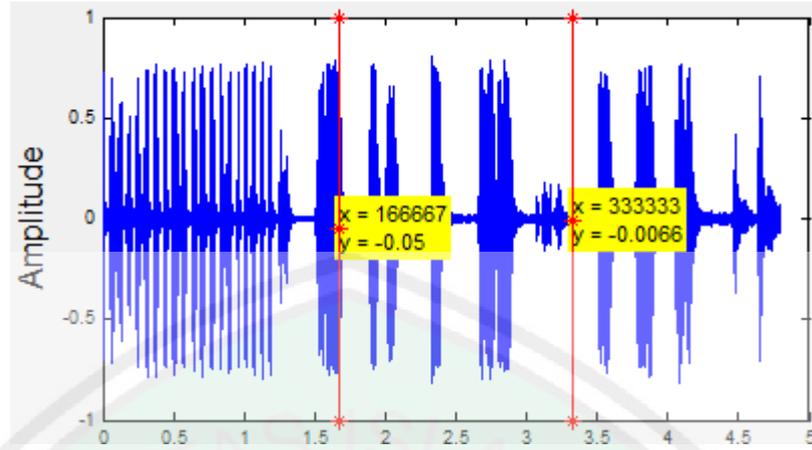
Gambar Amplitudo Lovebird 1



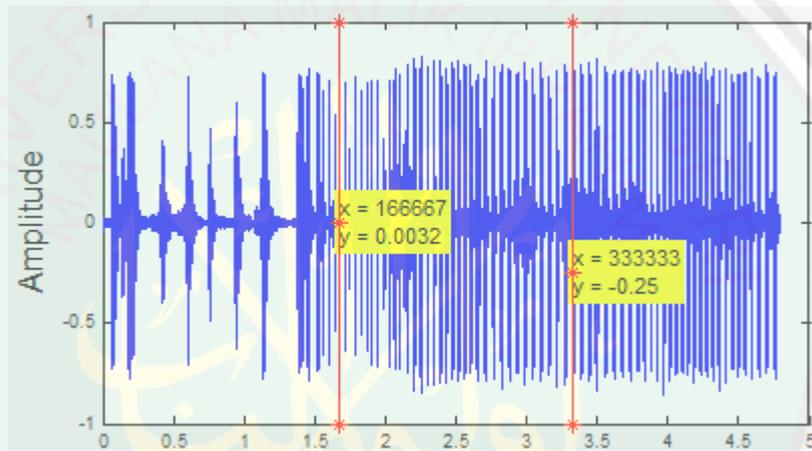
Gambar Amplitudo Lovebird 2



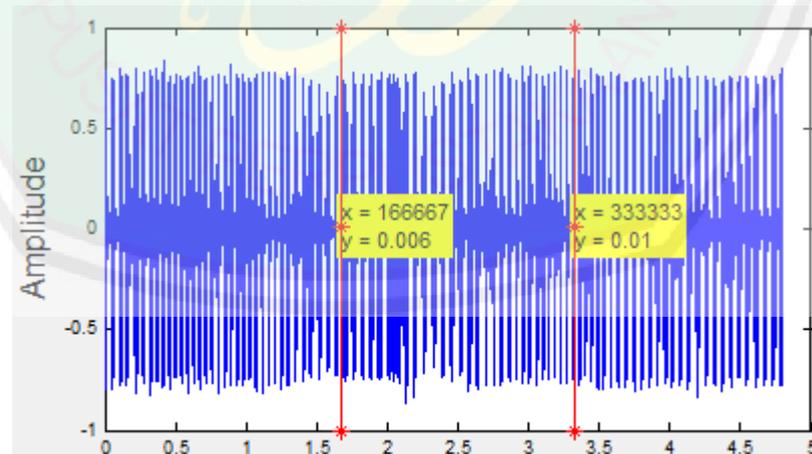
Gambar Amplitudo Lovebird 3



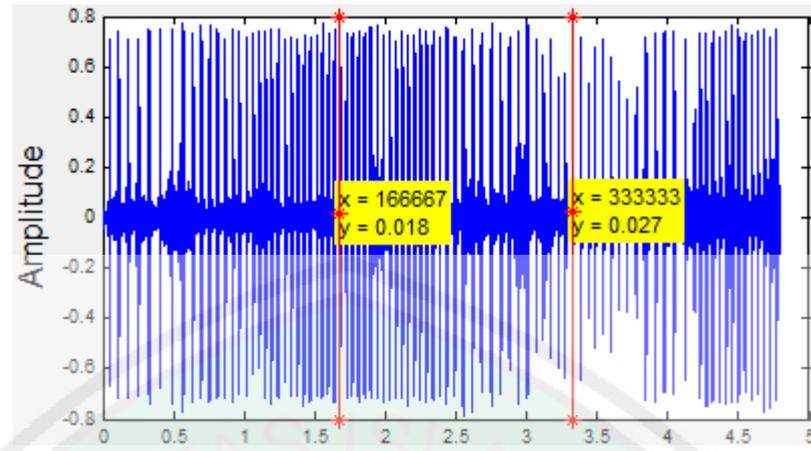
Gambar Amplitudo Lovebird 4



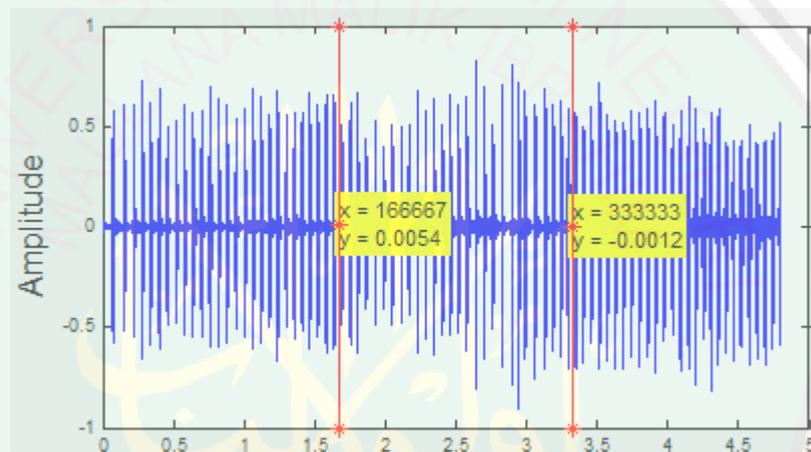
Gambar Amplitudo Lovebird 5



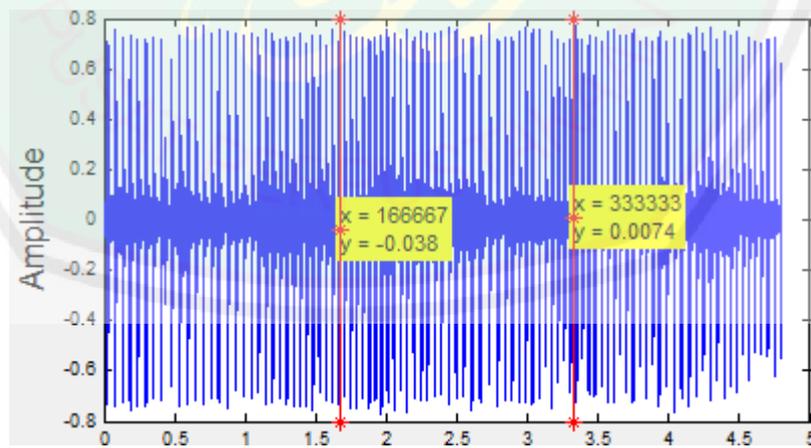
Gambar Amplitudo Lovebird 6



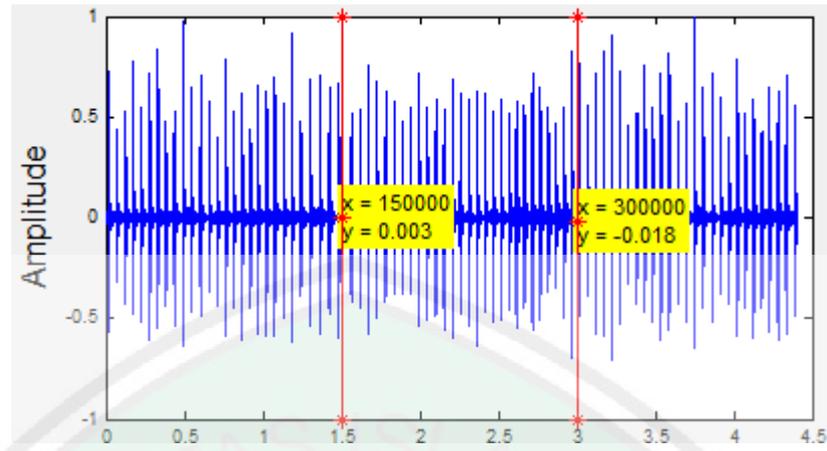
Gambar Amplitudo Lovebird 7



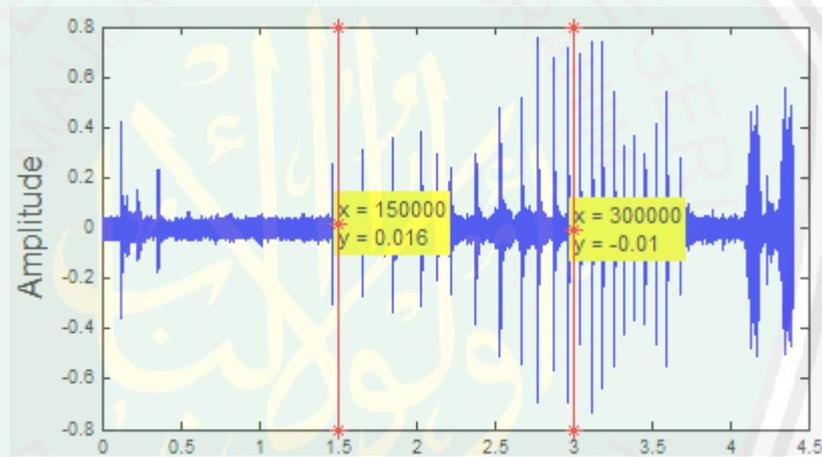
Gambar Amplitudo Lovebird 8



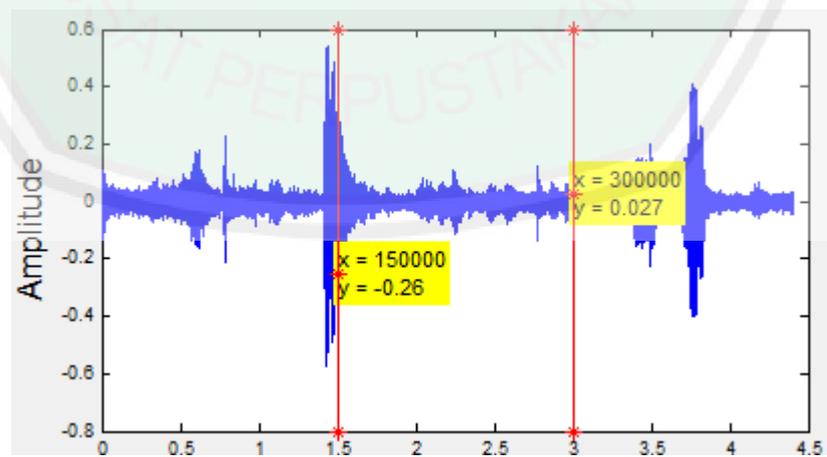
Gambar Amplitudo Lovebird 9



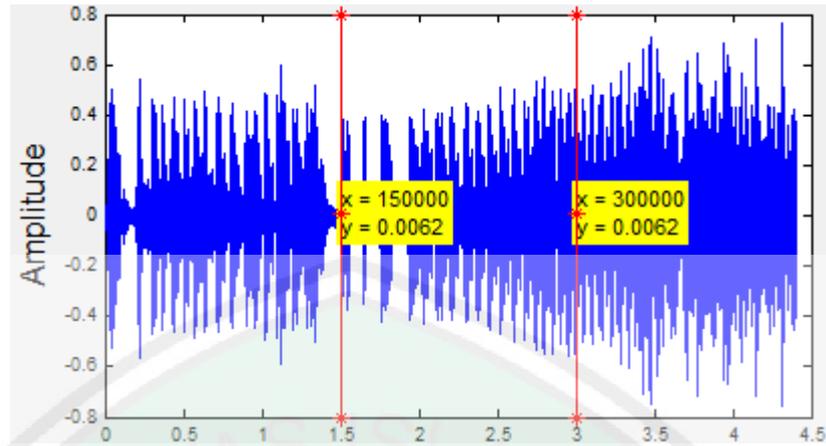
Gambar Amplitudo Lovebird 10

4. Data *Testing* Murai batu

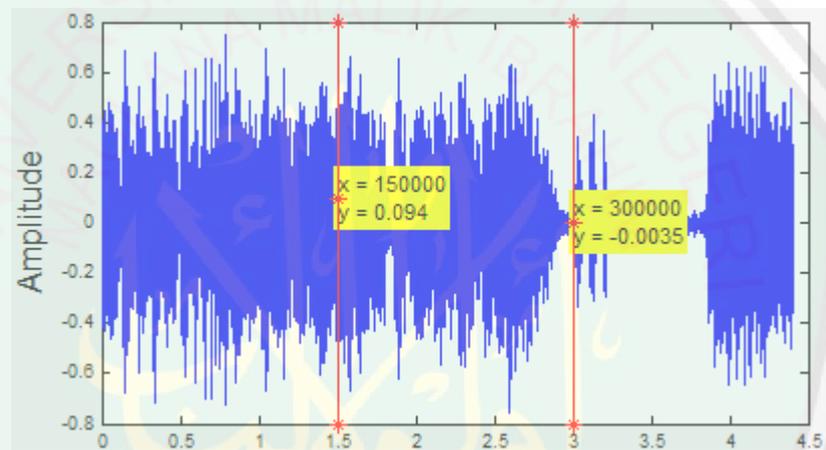
Gambar Amplitudo Murai batu 1



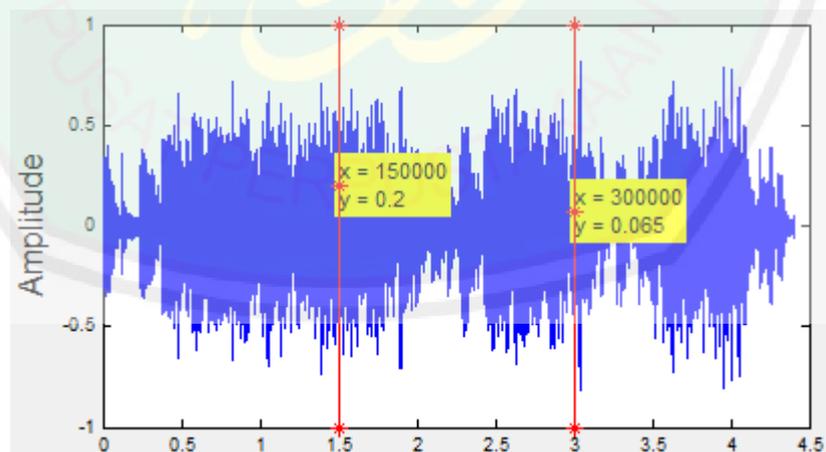
Gambar Amplitudo Murai batu 2



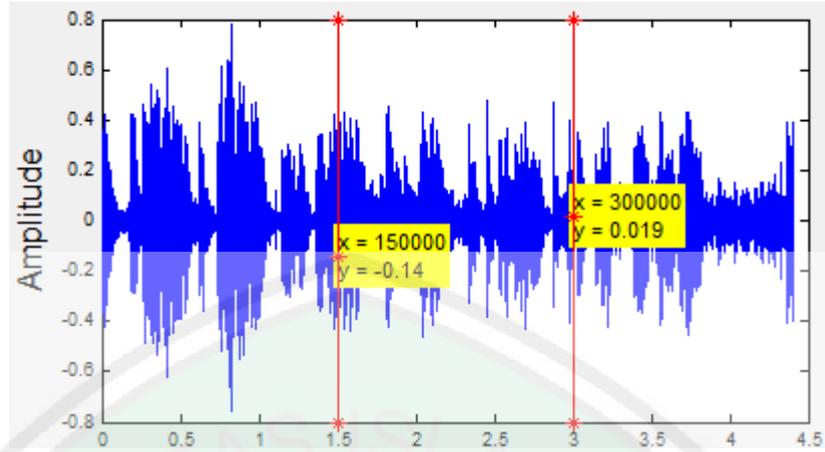
Gambar Amplitudo Murai batu 3



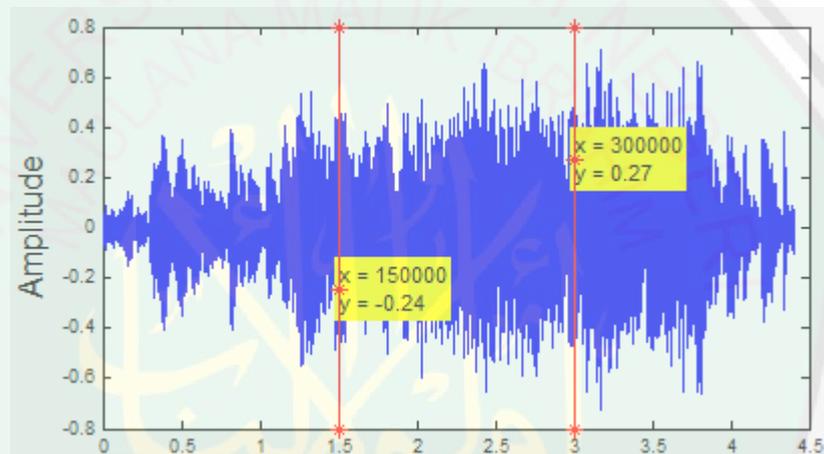
Gambar Amplitudo Murai batu 4



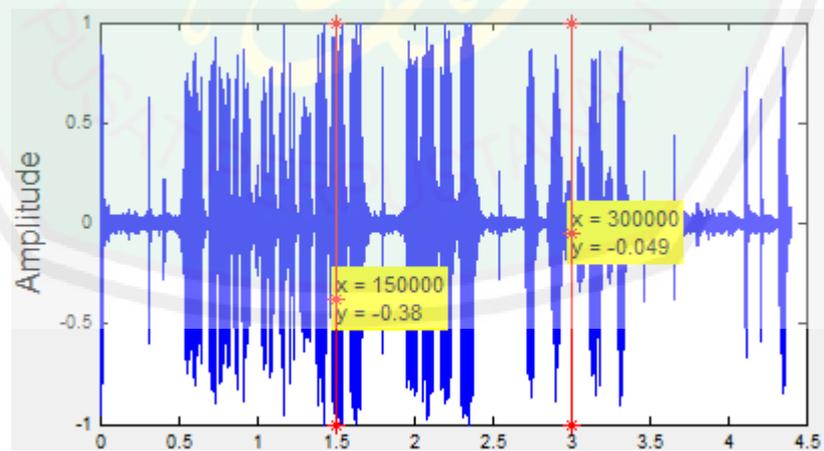
Gambar Amplitudo Murai batu 5



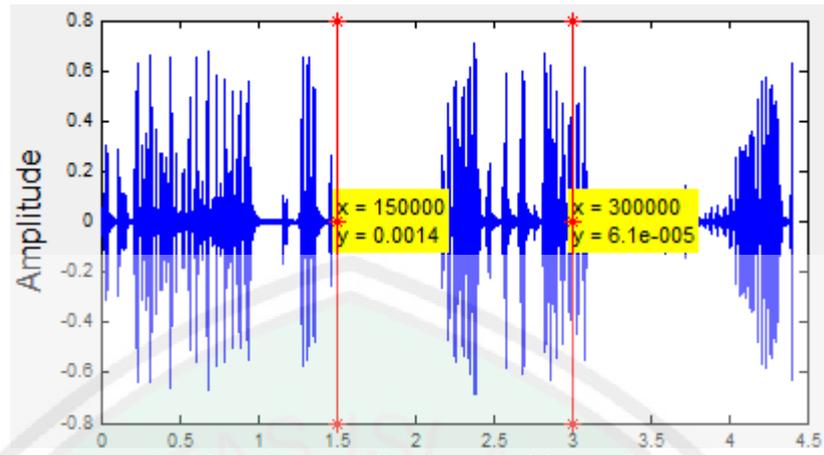
Gambar Amplitudo Murai batu 6



Gambar Amplitudo Murai batu 8



Gambar Amplitudo Murai batu 9



Gambar Amplitudo Murai batu 10

