

**Implementasi Metode *Hilbert Transform* Sebagai Fitur Ekstraksi  
Batuk *Staccato* Pada Anak-anak Kelompok Umur Batita dan Bayi**

**SKRIPSI**

untuk memenuhi salah satu persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S1



**Disusun oleh:**

**Farrosha Hibban Nurrachmanto**

**16524124**

**Jurusan Teknik Elektro**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Universitas Islam Indonesia**

**Yogyakarta**

**2020**

---

**LEMBAR PENGESAHAN**

**JUDUL SKRIPSI UNTUK S1 TEKNIK ELEKTRO UII**

**TUGAS AKHIR**  
**ISLAM**  
Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh:

Farrosha Hibban Nurrachmanto  
16524124

Yogyakarta, 28 November 2020

Menyetujui,

Pembimbing 1



Yusuf Aziz Amrullah, Ph.D  
NIK. 045240101

# LEMBAR PENGESAHAN

## SKRIPSI

Implementasi Metode *Hilbert Transform* Sebagai Fitur Ekstraksi Batuk *Staccato* Pada Anak-anak Kelompok Umur Batita dan Bayi

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Farrosha Hibban Nurrachmanto

16524124

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 16 Desember 2020

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Eng., Ph.D.

Anggota Penguji 1: Alvin Sahroni, S.T., M.Eng., Ph.D.

Anggota Penguji 2: Firdaus, S.T., M.T., Ph.D.

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 11 Januari 2021

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Eng., Ph.D

NIK. 04520101

## PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, tanggal bulan tahun



Farrosha Hibban Nurrachmanto

## KATA PENGANTAR

Assalamu'allaikum Warahmatullah Wabarakatuh,

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan kenikmatan berupa nikmat islam, iman, sehat, dan nikmat lainnya yang tidak terhingga, serta hidayah kepada hambanya. Shalawat serta salam tak lupa ditujukan kepada Nabi Muhammad Shallallahu'Alaihi Wassalam serta kepada keluarganya sahabat dan para umatnya hingga akhir zaman. Tugas Akhir yang berjudul "Implementasi Metode Hilbert Transform Sebagai Fitur Ekstraksi Batuk *Staccato* Pada Anak-anak Kelompok Umur Batita dan Bayi" ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa isi dari tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan ilmu penulis sebagai mahasiswa, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis menerima saran dan kritikan yang sifatnya membangun dari semua pihak.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan, kerja sama, bimbingan, fasilitas, dukungan dan kemudahan lainnya. Untuk itu, dengan ketulusan hati saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang telah mendo'akan serta memberi semangat, sehingga tugas akhir ini dapat di selesaikan dengan baik.
2. Bapak Yusuf Aziz Amrulloh, Ph.D, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro serta sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing, memberi ilmu, dan memberikan pengarahan sehingga tugas akhir ini dapat selesai dengan baik.
3. Seluruh dosen dan jajarannya di Program Studi Teknik Elektro yang senantiasa membantu dan memberikan ilmu hingga terselesainya tugas akhir.
4. Teman-teman dalam satu bimbingan serta Mas Maula Ahmad dan Mas Zharfan yang telah membantu dan memberi ilmu sehingga terselesainya tugas akhir.
5. Teman-teman di luar perkuliahan yang telah memberikan dukungan dan motivasi.

Akhir kata penulis sampaikan harapan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat yang cukup berarti khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya. Semoga Allah Subhanahu Wa Ta'ala senantiasa selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Amiin.

Wassalamua'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Yogyakarta, 27 November 2020

Farrosha Hibban Nurrachmanto



## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

- $^{\circ}\text{C}$  : Satuan derajat Celcius  
 $\geq$  : Lebih besar sama dengan  
 $\leq$  : Kurang dari sama dengan  
 $t$  : Waktu  
 $x(t)$  : Sinyal suara batuk  
 $|x(t)|$  : Sinyal absolut suara batuk  
 $\bar{x}$  : Nilai rata-rata  
 $s$  : Standar deviasi  
 $\text{Kg}$  : Satuan berat  
 $P1$  : Puncak pertama  
 $P2$  : Puncak kedua  
 $P3$  : Puncak ketiga  
 $P4$  : Puncak keempat  
 $P5$  : Puncak kelima  
 $P6$  : Puncak ketujuh  
 $P8$  : Puncak kedelapan



## ABSTRAK

Batuk merupakan respon tubuh yang dialami setiap orang untuk melakukan tindakan perlindungan saluran pernafasan. Batuk dapat dibedakan menjadi beberapa tipe sebagai contoh *Croup*, *Staccato*, Basah, Kering, dan *Whooping*. Pada anak-anak, sinyal suara batuk dapat memberikan suatu informasi mengenai penyakit pernafasan yang diderita. Batuk *Staccato* merupakan jenis batuk yang sering dijumpai pada penderita *Pneumonia* anak. Dengan mengenali batuk tersebut dapat digunakan untuk mendukung penegakan diagnosis *Pneumonia*. Pada penelitian ini peneliti melakukan analisis di kawasan waktu pada sinyal suara batuk *Staccato*. Pertama, sinyal suara batuk diolah melalui serangkaian langkah *preprocessing* untuk mengurangi *background noise*. Selanjutnya digunakan Transformasi *Hilbert* untuk mendapatkan sampul (*envelope*) dari sinyal batuk. Dengan menggunakan proses *thresholding*, sinyal sampul dideteksi puncaknya yang kemudian jarak antar puncak dihitung waktunya. Fitur waktu inilah yang digunakan untuk menganalisis ciri dari suara batuk *Staccato*. Penelitian ini menggunakan 10 subjek anak-anak yang dibagi menjadi dua kategori umur yaitu Batita (1-3 tahun) dan Bayi ( $\leq 1$  tahun). Setiap subjek diambil dua episode, sehingga jumlah episode yang digunakan sebanyak 20. Pada penelitian ini memberikan informasi mengenai sinyal batuk *Staccato* terhadap domain waktu yaitu, rentang waktu antar puncak  $\leq 1$  detik dalam satu episode, memiliki banyak puncak  $\geq 4$  dalam satu episode, dan pada kelompok usia Batita memiliki rata-rata selisih waktu antar puncak lebih panjang (0,8147 detik) dibandingkan dengan kelompok usia bayi (0,5204 detik). Hasil yang didapat bahwa batuk *Staccato* sesuai dengan teori yang ada, bahwa batuk terjadi secara berulang-ulang. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya event dan jumlah puncak  $\geq 4$ . Sehingga informasi mengenai selisih waktu antar puncak dapat diketahui. Dengan menggunakan metode Transformasi *Hilbert* didapatkan bahwa pada kelompok umur Batita memiliki rata-rata selisih waktu antar puncak yang lebih panjang dibandingkan dengan kelompok umur Bayi. Dari penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu dasar pengetahuan mengenai batuk *Staccato* atau dikembangkan untuk penelitian selanjutnya karena penelitian ini masih dalam bentuk kawasan waktu. Sehingga diharapkan dapat berkontribusi dalam penanggulangan *Pneumonia* pada anak.

*Kata Kunci*— Batuk, *Staccato*, *Pneumonia*, Batita, Bayi, Transformasi *Hilbert*



# DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR.....	v
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Studi Literatur.....	3
2.2 Tinjauan Teori.....	4
2.2.1 Suara Batuk.....	4
2.2.2 Batuk <i>Staccato</i> .....	5
2.2.3 Metode Transformasi <i>Hilbert</i> .....	6
BAB 3 METODOLOGI.....	8
3.1 Akuisisi Data.....	9
3.2 <i>Preprocessing</i> .....	9
3.2.1 Input Sinyal Suara.....	10
3.2.2 <i>Filter Spectral Subtraction</i> .....	10
3.2.3 Nilai Absolut.....	10

3.2.4 Normalisasi.....	11
3.3 Ekstraksi Sampul Sinyal .....	11
3.4 Deteksi Nilai Puncak .....	12
3.5 Perhitungan Jarak Antar Puncak .....	13
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>14</b>
4.1 Perancangan Dataset.....	14
4.2 <i>Preprocessing</i> .....	16
4.2.1 Input Sinyal Suara .....	16
4.2.2 Filter Background Noise .....	16
4.2.3 Nilai Absolut .....	17
4.2.4 Normalisasi.....	17
4.3 Pengujian.....	17
4.3.1 Ekstraksi Sampul Sinyal .....	17
4.3.2 Deteksi Puncak Sinyal .....	18
4.3.3 Pengukuran Selisih Waktu Antar Puncak .....	20
4.3.4 Pembahasan.....	23
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>24</b>
5.1 Kesimpulan .....	24
5.2 Saran .....	24
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>25</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>1</b>
Lampiran 2 .....	4

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Batuk <i>Staccato</i> .....	5
Gambar 2.2 Batuk Kering [13].....	6
Gambar 2.3 Batuk Basah [13].....	6
Gambar 3.1 Alur penelitian.....	8
Gambar 3.2 Bentuk sederhana sinyal absolut [21].....	11
Gambar 3.3 Prinsip Pembuatan Sampul Sinyal dengan Transformasi <i>Hilbert</i> .....	12
Gambar 3.4 Menentukan titik puncak [6].....	13
Gambar 4.1 Bentuk Sinyal batuk <i>Staccato</i> .....	15
Gambar 4.2 Hasil potong dengan <i>Adobe Audition CC 2015</i> .....	15
Gambar 4.3 Hasil input sinyal suara batuk <i>Staccato</i> .....	16
Gambar 4.4 Sesudah di filter.....	16
Gambar 4.5 Sinyal dalam bentuk absolut .....	17
Gambar 4.6 Normalisasi .....	17
Gambar 4.7 Setelah sinyal di sampul .....	18
Gambar 4.8 Sebelum <i>threshold</i> .....	18
Gambar 4.9 Sesudah <i>threshold</i> .....	18
Gambar 4.10 Menentukan jarak antar puncak .....	20

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Subjek .....	14
Tabel 4.2 Jumlah Puncak Pada Setiap Subjek .....	19
Tabel 4.3 Selisih Waktu Antar Puncak.....	20
Tabel 4.4 Rata-rata dan Standar Deviasi Sinyal Batuk <i>Staccato</i> .....	21
Tabel 4.5 Range Selisih Waktu Antar Puncak.....	22



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Batuk merupakan gejala yang dialami hampir setiap orang ketika organ pernapasannya terganggu. Batuk memberikan perlindungan saluran pernafasan dengan cara mengangkat lendir dan zat berbahaya untuk melindungi saluran pernafasan dari resiko iritasi dan infeksi [1].

Beberapa tipe batuk seperti *Staccato*, *Croup*, *Wheezing*, Kering dan basah, saat ini masih berdasarkan keputusan subjektif seorang dokter. Apabila sifat batuk diteliti, akan didapatkan informasi yang sesuai sehingga dapat mengindikasikan suatu penyakit seperti *Pneumonia*, Asma, *Bronkiektasis*, dan *Bronchitis* akut. Pada kondisi kronis, penyakit-penyakit tersebut akan muncul. Karena terjadi infeksi pada saluran pernafasan bagian atas sehingga menyebabkan suara batuk yang berbeda-beda. Maka dapat diketahui bahwa suara batuk memiliki informasi mengenai penyakit yang diderita. Untuk menentukan jenis batuk tersebut secara akurat diperlukan dokter yang berpengalaman. Apabila dilakukan oleh dokter yang belum berpengalaman maka bisa jadi hasil diagnosis kurang akurat.

Untuk mendapatkan hasil diagnosis yang akurat terutama pada penderita saluran pernafasan seperti *Pneumonia*. Dikarenakan *Pneumonia* sendiri merupakan penyakit yang serius bagi anak-anak dibawah usia lima tahun. Penyakit ini memiliki tingkat kematian yang cukup tinggi 1,8 juta atau 20% dan melebihi tingkat kematian pada penderita AIDS, Tuberkulosis, dan Malaria [2]. Di Indonesia *Pneumonia* menjadi salah satu penyebab kematian pada Balita setelah diare. Pada tahun 2019 *Pneumonia* menjadi urutan pertama kematian pada kelompok anak usia 29 hari- 11 bulan sebanyak 979 kematian. Pada kelompok usia balita (12-59 bulan) *Pneumonia* berada di urutan kedua sebanyak 314 kasus [3].

Penderita *Pneumonia* pada kelompok usia anak-anak terdapat beberapa gejala seperti batuk *Staccato* [4]. Batuk *Staccato* merupakan bentuk batuk yang berulang-ulang pada fase ekspirasi. Batuk ini merupakan gejala yang dialami oleh penderita *Pneumonia* terutama pada penderita penyakit pernafasan *Chlamydial Pneumonia*. Gejala ini banyak dialami pada bayi dengan ditemukannya *eosinophilia* pada radiografi dada yang termasuk *hiperinflasi* dan *diffuse bilateral infiltrates* [5].

Sudah banyak penelitian yang dilakukan untuk membantu diagnosis penderita *Pneumonia*. Penelitian yang sudah dilakukan yaitu membedakan suara batuk pada penderita *Pneumonia* dan Asma. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut menggunakan *Mel-Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC) [6]. Kemudian penelitian mengenai diagnosis cepat *Pneumonia* pada anak

dengan menggunakan suara batuk. Pada penelitian tersebut menggunakan mengekstrak fitur dengan *Non-Gaussianity* dan *Mel Cepstral* dari suara batuk dan menggunakannya untuk dilakukan klasifikasi [7]. Namun pada penelitian tersebut belum meneliti batuk *Staccato* sebagai salah satu gejala pada penderita *Pneumonia* pada anak-anak.

Pada penelitian ini saya ingin melakukan analisis kuantitatif batuk *Staccato* dalam kawasan waktu. Pemilihan batuk *Staccato* karena jenis batuk ini sangat khas pada kasus *Pneumonia* anak. Penyakit ini banyak terjadi di Indonesia dan perlu mendapatkan perhatian khusus untuk mengurangi korban jiwa. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam penanggulangan *Pneumonia* anak di Indonesia.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana menurunkan fitur atau ciri khas suara batuk *Staccato* dalam kawasan waktu dengan menggunakan Transformasi *Hilbert*.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Data yang dianalisis memiliki karakteristik bentuk suara batuk *Staccato*, pada kelompok usia bayi dan balita.
2. Ciri atau fitur yang dianalisis hanya dalam kawasan waktu.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menggunakan Transformasi *Hilbert* untuk mendapatkan fitur suara batuk *Staccato* dalam kawasan waktu.
2. Mendapatkan informasi kuantitatif yang menjelaskan karakteristik batuk *Staccato* terutama pada subjek anak-anak.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Membantu ahli kesehatan untuk mendiagnosa gejala batuk yang ada pada pasien.
2. Menambah pengetahuan mengenai sifat batuk *Staccato*.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Studi Literatur

Pemrosesan suara batuk menjadi topik bahasan yang hangat akhir-akhir ini. Kombinasi antara pemrosesan sinyal digital dan *artificial intelligent* memungkinkan suara batuk digunakan untuk mendukung penegakan diagnosis. Beberapa penelitian sangat fokus pada subjek anak-anak. Penelitian Y. Amrulloh dkk (2015) meneliti mengenai suara batuk pada penyakit pneumonia dan asma. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menganalisa suara batuk sehingga mendapatkan data yang dapat membedakan suara batuk dari penyakit pneumonia dan asma [6]. Metode yang digunakan untuk melakukan klasifikasi menggunakan *Neural Network* sehingga suara batuk dapat dibedakan. Dalam melakukan penelitian digunakan 18 subjek terdiri dari 7 anak laki-laki dan 11 anak perempuan dengan rentang umur 1-86 bulan atau rata-rata berumur 25 bulan. Saat pengumpulan data sheet didapatkan temuan pemeriksaan fisik, 8 dari subjek pneumonia dan 5 subjek asma mengalami pernafasan pada tingkat diambang batas. Demam (suhu tubuh  $>37,5^{\circ}\text{C}$ ) ada pada 6 subjek pneumonia dan 4 asma. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa batuk *Pneumonia*, merupakan batuk yang relatif lebih pendek dari asma [6]. Penelitian dengan metode neural network mendapatkan hasil dengan sensitivitas, spesififikasi, dan kappa masing-masing 89%, 100%, 0,89%.

Penelitian dengan suara batuk juga telah dilakukan pada tahun 2011 oleh Hanieh Chatzarrin dkk dengan judul "*Feature Extraction for the Differentiation of Dry and Wet Cough Sounds*". Penelitian ini algoritma yang dipakai yaitu mengekstraksi fitur domain waktu, dengan jumlah puncak pada event batuk yang telah di sampul. Dengan metode yang telah dilakukan diketahui bahwa karakteristik sinyal pada batuk kering mengikuti bentuk tertentu, pada fase pertama dimulai dengan puncak kemudian diikuti wilayah datar dan fase kedua dengan puncak kecil. Karakteristik batuk basah bentuknya lebih acak dan tidak spesifik. Jika dibandingkan dalam jumlah puncak nya sinyal batuk kering memiliki jumlah puncak antara 1 sampai 3, jumlah puncak untuk sinyal batuk basah terdapat lebih dari 3. Pita frekuensi 200-250 Hz dipilih sebagai yang paling deskriptif, karena pada frekuensi tersebut sinyal batuk basah dan kering dapat dengan mudah diamati. Penelitian ini juga mempelajari mengenai 3 fase batuk kering dan basah yaitu fase 1 = *initial opening burst*, fase 2 = *noisy airflow*, fase 3 = *glottal closure* dan diketahui bahwa energy pada batuk kering lebih besar dibandingkan dengan batuk basah. Pada fase kedua ini batuk basah memiliki frekuensi 0-750 Hz dan batuk kering memiliki frekuensi 1500-2250 Hz, frekuensi yang

didapat saat dalam keadaan batuk kering atau basah. Subjek yang digunakan sebanyak 14 (basah dan kering) dilakukan metode thresholding sederhana didapatkan akurasi 100% [8].

Pada penelitian ini, peneliti ingin melakukan penelitian batuk *Staccato* karena batuk tersebut belum banyak memiliki informasi yang berdasar dari hasil kuantitatif. Metode yang akan digunakan yaitu Transformasi *Hilbert* karena informasi yang didapatkan berdasar dari domain waktu sinyal batuk *Staccato*. Penelitian ini bermanfaat untuk mendukung usaha penegakan diagnosis Pneumonia anak, terutama di daerah terpencil.

## 2.2 Tinjauan Teori

### 2.2.1 Suara Batuk

Batuk merupakan mekanisme pertahanan yang penting dan dialami oleh setiap manusia dengan mengeluarkan zat berbahaya, lendir, infeksi laring, trakea, dan bronkus [9]. Fungsi dari batuk juga untuk melindungi sistem pernafasan, dan organ pernafasan bagian bawah dari benda asing yang melewati saluran pernafasan. Batuk dapat menjadi gejala pada beberapa penyakit pernapasan [10].

Mekanisme yang terjadi pada batuk dibagi menjadi 3 fase, inspirasi menjadi fase pertama, kemudian fase kedua kompresi dan fase ketiga ekspirasi. Fase pertama inhalasi merupakan volume yang dihasilkan untuk batuk efektif. Fase kedua kompresi merupakan kombinasi antara kontraksi otot-otot pada dinding dada, diafragma, sehingga mengakibatkan dinding perut meningkat pesat akibat tekanan toraks, hal ini juga diakibatkan karena adanya penutupan laring. Fase terakhir yaitu ekspirasi, akan terbuka nya glotis, mengakibatkan suara batuk karena aliran udara ekspirasi yang tinggi [11].

Secara kualitatif batuk dapat dibedakan menjadi beberapa tipe yaitu *Staccato*, *Croup*, Basah, Kering, dan *Whooping*. Tipe batuk tersebut dibedakan berdasarkan hasil diagnosa dokter dengan mendengarkan suara batuk pada pasien, gejala yang dialami penderita, dan teori mengenai penyakit batuk. Suara batuk yang didiagnosa secara kualitatif dapat memberikan perbedaan pendapat mengenai penyakit yang diderita pasien, sehingga menyebabkan kesalahan dalam memberikan pengobatan.

Jika secara etiologis, batuk pada anak-anak dibedakan menjadi dua jenis yaitu, batuk pada subjek sakit dan batuk pada subjek sehat. Pada batuk subjek sakit, subjek mengalami gangguan atau penyakit pada saluran pernafasan. Batuk yang terjadi bisa mengindikasikan gejala pada subjek yang mengalami gangguan pernafasan. Pada setiap gangguan pernafasan memiliki bentuk gejala yang berbeda. Untuk batuk pada subjek yang sehat memiliki karakteristik yaitu, usia anak sekolah dengan



rata-rata 10 tahun yang tidak memiliki episode rata-rata batuk sebanyak 11,3 episode per hari [11] [12].

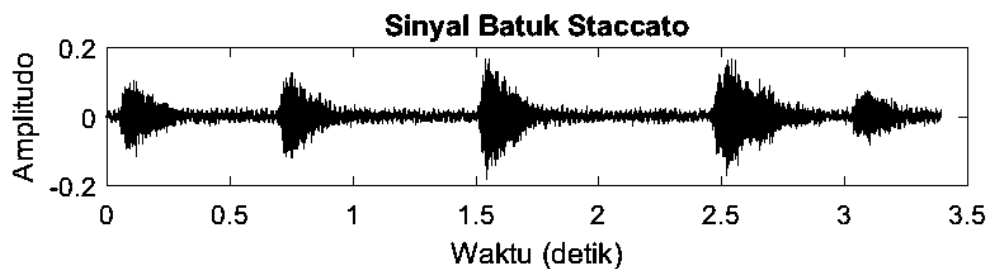
### 2.2.2 Batuk *Staccato*

Batuk *Staccato* merupakan batuk yang terjadi berulang-ulang tanpa disertai *wheezing* dan peningkatan suhu badan. Biasanya batuk tersebut terjadi pada pasien yang menderita gejala *Chlamydial Pneumonia*. Gejala penyakit tersebut ditemukan *eosinophilia* pada radiografi dada yang termasuk *hiperinflasi* dan *diffuse bilateral infiltrates* [13].

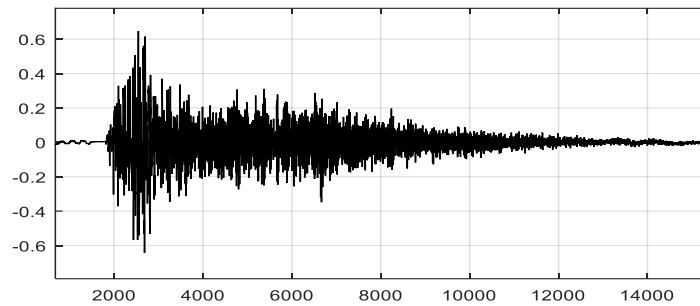
Penderita *Pneumonia* pada anak juga terdapat dua kategori batuk yaitu batuk basah dan kering [4]. Batuk basah merupakan batuk yang mengindikasikan adanya lendir pada saluran pernapasan. Namun banyak lendir tidak diketahui untuk mengindikasikan batuk tersebut tergolong batuk basah atau lembab. Terdapatnya lendir pada saluran pernapasan diperlukan untuk mendeteksi perbedaan kualitas batuk [14].

Batuk kering juga merupakan salah satu gejala yang terdapat di penderita *Pneumonia* pada anak. Batuk kering dapat menjadi fase awal dari proses batuk basah terjadi, dikarenakan sekresi bronkoscopi (*minimal bronchoscopic secretions*) yang ada pada anak-anak dengan batuk kering [14].

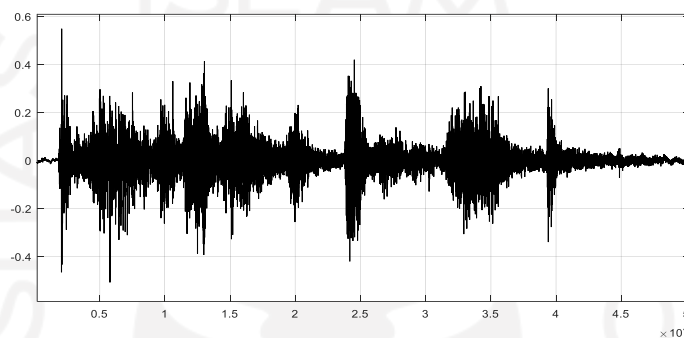
Dari ketiga tipe batuk yang ada batuk *Staccato* menjadi batuk yang berbeda dikarenakan pada tahap ekspirasi atau saat mengeluarkan suara batuk, suara batuk terjadi berulang-ulang (Gamabar 2.1). Jika pada batuk Basah (Gambar 2.2) atau Kering hanya terjadi sekali (Gambar 2.3).



Gambar 2.1 Batuk *Staccato*



Gambar 2.2 Batuk Kering [15]



Gambar 2.3 Batuk Basah [15]

Diagnosa pneumonia pada bayi dapat dilakukan dengan mengumpulkan aspirasi trakea atau biopsi paru [5]. Pengobatan penyakit ini menggunakan *erythromycin base* atau *ethylsuccinate* dengan dosis per hari 50 mg secara oral, dan selama 14 hari dibagi menjadi empat dosis, jika memungkinkan dilakukan terapi [5].

### 2.2.3 Metode Transformasi *Hilbert*

Transformasi *Hilbert*, sebuah metode baru terutama digunakan untuk menganalisis sinyal non-stasioner, diperkenalkan pertama kali oleh Ilmuwan Amerika Norden E Huang dan lain-lain pada tahun 1998 dan sekarang metode ini diterapkan pada banyak aplikasi. Metode ini memiliki inovasi yaitu mengusulkan konsep *Intrinsic Mode Function* (IMF) serta memperkenalkan metode *Empirical Mode Decomposition* (EMD) [16].

Penganalisis sinyal Brüel & Kjøe menerapkan metode Transformasi *Hilbert* untuk menemukan kemungkinan adanya analisa baru pada domain waktu. Dengan menggunakan Transformasi *Hilbert*, sinyal yang di sampul dapat dihitung, dan ditampilkan dengan menggunakan skala amplitud yang memungkinkan menampilkan rentang yang besar [17]. Beberapa contoh penggunaan Transformasi *Hilbert* pada penelitian tersebut:

1. Menentukan redaman atau tingkat peluruhan pada resonansi, dari fungsi respon impuls.
2. Memperkirakan waktu propagasi, dan fungsi korelasi silang.

Metode Transformasi *Hilbert* merupakan transformasi dalam bidang pemrosesan yang menampilkan bentuk atau bingkai dari sebuah sinyal. Dalam melakukan perhitungan *Hilbert* terdapat beberapa langkah, pertama dengan menghitung transformasi *Fourier* dari sinyal yang nantinya akan dianalisa. Kedua frekuensi dari sinyal di *reject*. Terakhir sebelum sinyal transformasi *hilbert* terbentuk dari nilai imajiner dan real, dilakukan *invers* dari transformasi *Fourier* [16].

Kemampuan dari Transformasi *Hilbert* untuk melakukan analisis yaitu dapat dilakukan dengan pergeseran fasa dalam kawasan frekuensi  $\left(\frac{\pi}{2}\right)$  kemudian kembali dalam kawasan waktu. Dengan mengalikan sinyal pembawa (*carrier*), yang memang spectrum dalam keadaan tunak berasal dari isyarat masukan maka Transformasi *Hilbert* dapat dicapai [18].

Pada dasarnya metode ini merupakan hasil sistem linear invariant waktu dari  $\frac{1}{t}$  respon impuls, yang dimana fase isyarat dapat diubah, tetapi daya dan energi yang melalui transformasi *hilbert* tidak dapat diubah. Dalam bentuk matematis metode ini dirumuskan dengan Persamaan (2.1).

Transformasi *Hilbert*:

$$S_H(t) = \frac{1}{\pi t} * x(t) \tag{2.1}$$

$S_H$  = Sinyal hasil dari Transformasi Hilbert.

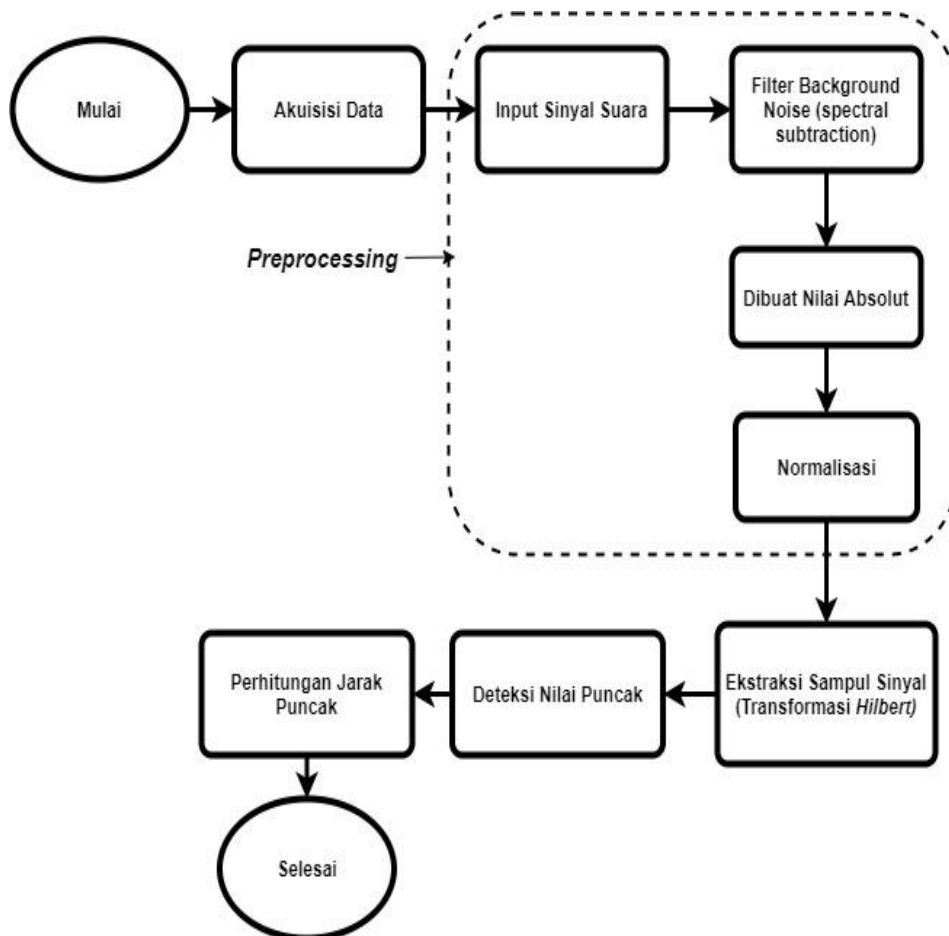
x = Sinyal asli

t = waktu

### BAB 3

## METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan memiliki 5 tahapan atau alur dalam menyelesaikan masalah yang bertujuan untuk membuat penelitian lebih terstruktur. Alur atau tahapan penelitian dapat dilihat pada (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Alur penelitian

### 3.1 Akuisisi Data

Pengambilan data didapatkan dari perekaman pasien di Rumah Sakit Dr. Sardjito, Yogyakarta Indonesia. Subjek pada penelitian ini adalah pasien anak-anak dengan kategori umur Bayi ( $\leq 1$  tahun) dan Batita (1-3 tahun).

Perekaman dilakukan dengan beberapa proses yaitu dengan meletakkan alat perekam dengan jarak  $\pm 50$  cm dengan mulut pasien [6]. Alat perekam yang digunakan berupa mikrofon dengan *noise* rendah (Model NT3, RODE, Sydney, Australia), *Analog-to-Digital Converter* (Model Mobile-Pre USB, M-Audio, California, USA). Data yang didapat menggunakan *sampling rate* = 44100 Hz dengan resolusi 16-bit. Digunakannya *sampling rate* tersebut karena batas pendengaran manusia antara 20Hz-20kHz, sehingga *sampling rate* yang digunakan dua kali dari frekuensi suara. Maka *sampling rate* yang efisien untuk kualitas audio yang baik sesuai dengan teorema pengambilan data Nyquist-Shannon sebesar 44100 Hz [19].

Pada perekaman ini durasi yang digunakan ke setiap subjek sekitar 4-6 jam dan memiliki *noise* atau suara gangguan yang tidak digunakan dalam proses pengolahan data seperti suara pintu, suara orang selain pasien yang direkam, suara elektronik, suara hujan, dan suara barang elektronik.

Kemudian dilakukan perancangan dataset yaitu pemisahan antara suara batuk dengan suara selain batuk sehingga didapatkan data yang sesuai dengan kriteria suara batuk *Staccato*. Perangkat lunak yang digunakan dalam proses ini dengan menggunakan *Adobe Audition 2015*. Dalam proses pemilihan dataset ini dilakukan secara manual, serta memperhatikan suara, dan bentuk gelombang *spectrogram* untuk mendapatkan hasil yang bagus.

Pada penelitian ini dataset yang digunakan sebanyak 10 subjek setiap subjek terdiri dari 2 episode. Episode merupakan data rekaman suara batuk yang akan digunakan dalam penelitian [6]. Episode pada penelitian ini mengenai suara batuk *Staccato* terdiri dari kumpulan fase ekspirasi batuk dalam satu waktu. Panjang durasi satu episode ditentukan dari durasi batuk *Staccato* dalam satu waktu. Episode pada batuk *Staccato* terdiri dari beberapa *event*, yang dimaksud dengan *event* batuk adalah fase ekspirasi untuk sekali batuk. Data yang didapat sebanyak 20 episode batuk, dan dibagi sesuai dengan kelompok umur yaitu Bayi ( $\leq 1$  tahun) dan Batita (1-3 tahun). Setiap kelompok umur terdiri dari 5 subjek (10 episode).

### 3.2 Preprocessing

*Preprocessing* merupakan tahapan sebelum sinyal dilakukan proses ekstraksi sampel menggunakan metode Transformasi *Hilbert*. Pada tahap *preprocessing* terdapat beberapa tahap.

### 3.2.1 Input Sinyal Suara

Tahap pertama dalam *preprocessing* yaitu melakukan input sinyal suara batuk *Staccato*. Sinyal suara batuk yang digunakan untuk melakukan input ke dalam program *Matlab* berupa sinyal suara digital. Sinyal suara digital yang digunakan dengan menggunakan format *WAVEform Audio Format* (\*.wav). Pemilihan Format *WAVEform Audio Format* (\*.wav) merupakan bentuk format yang tidak terkompres sehingga detail audio tidak hilang ketika didigitalkan dan disimpan [20]. Format (\*.wav) juga memiliki sampling rate 44100 Hz dengan resolusi 16 bit [21].

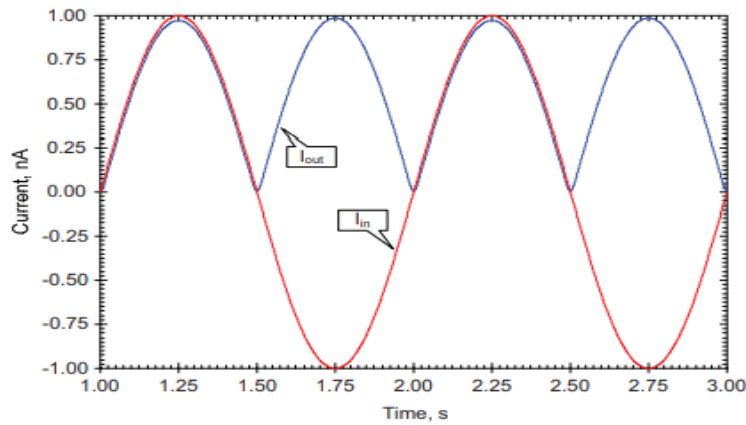
### 3.2.2 Filter Spectral Subtraction

Penelitian mengenai penggunaan *Spectral Subtraction* pernah dilakukan oleh Rainer Martin pada tahun 2001 dengan judul “*Noise Power Spectral Density Estimation Based on Optimal Smoothing and Minimum Statistics*” [22]. Pada penelitian tersebut menjelaskan mengenai metode untuk memperkirakan spectrum daya suara stasioner ketika diberi sinyal berisik (*Noise*). Penelitian tersebut dilakukan dengan melacak minima spectral di setiap frekuensi tanpa membedakan aktivitas bicara dan jeda suara. Metode yang dilakukan mendapatkan penghalusan yang optimal dari sinyal berisik (*Noise*). Metode ini sangat baik untuk diimplementasikan pada kawasan waktu. [22].

Filter *Spectral Subtraction* merupakan filter yang memberikan pengurangan yang besar terhadap *background noise* tanpa merubah informasi dari sinyal yang akan diproses [23]. Sehingga filter ini diharapkan dapat meredam *noise* yang besar pada sinyal batuk *Staccato* seperti suara orang selain pasien, barang elektronik, suara mesin dan hujan.

### 3.2.3 Nilai Absolut

Nilai absolut merupakan tahapan untuk mempositifkan sinyal seperti dengan rektifikasi [24]. Nilai absolut digunakan untuk mempermudah dalam melakukan analisa tanpa merubah jarak antar puncak dari sinyal batuk *Staccato*.



Gambar 3.2 Bentuk sederhana sinyal absolut [24]

Apabila sinyal suara batuk *Staccato*  $x(t)$  maka nilai absolut nya menjadi  $|X(t)|$ . Pada Gambar 3.2 menggambarkan bagaimana bentuk sinyal yang akan diubah dalam bentuk absolut. Jika pada gambar tersebut sinyal  $I_{out} = |I_{in}|$ .

### 3.2.4 Normalisasi

Normalisasi dilakukan agar data tidak memiliki jangkauan data yang terlalu jauh antara data tertinggi dan terendah. Normalisasi yang digunakan antara 1 sampai -1 sebagai nilai data tertinggi. Normalisasi pada penelitian ini terdapat pada Persamaan (2.2) [25]

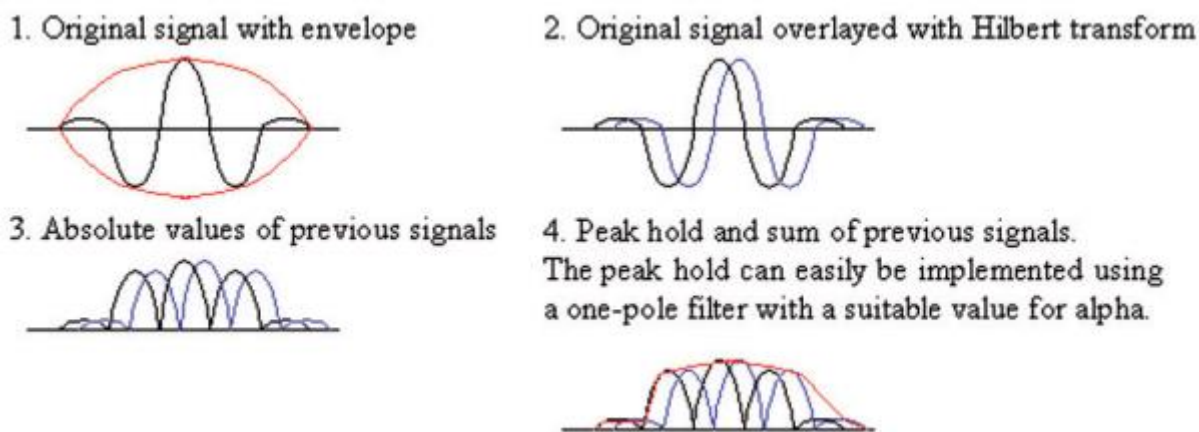
$$s' = \frac{((2 \times x) - (x \max + x \min))}{(x \max - x \min)} \quad (2.2)$$

$s'$  = dataset hasil normalisasi                       $x \max$  = nilai tertinggi dari seluruh data  
 $x$  = semua data matriks                                 $x \min$  = nilai terendah dari seluruh data

### 3.3 Ekstraksi Sampul Sinyal

Metode ekstraksi sampel sinyal merupakan proses mengekstrak amplitudo sinyal yang sebelumnya sudah difilter dengan menggunakan filter *Spectral Subtraction* Kemudian metode Transformasi *Hilbert* digunakan sebagai pengubah bagian negative sinyal menjadi positif serta menguatkan sinyal [18].

Tujuan dari metode ini pada prinsipnya sama dengan demodulasi dari sinyal yang termodulasi *Amplitude Modulation* (AM) pada gelombang radio. Pada sisi pemancar, frekuensi rendah dari isyarat asli dimodulasikan dari gelombang pembawa yang memiliki frekuensi sinyal lebih tinggi. Transformasi *Hilbert* sebagai pengubah sinyal negatif menjadi positif, pada dasarnya yaitu transformasi pergeseran fasa sebesar  $90^\circ$ . Sehingga seluruh frekuensi negatif dari sinyal akan digeser atau ditransformasikan  $+90^\circ$  [18].



Gambar 3.3 Prinsip Pembuatan Sampul Sinyal dengan Transformasi *Hilbert* [26]

Transformasi *Hilbert* dilakukan terlebih dahulu sebelum dilakukan penentuan puncak sinyal. Nilai sampel sinyal dapat diperoleh dengan menggunakan Transformasi *Hilbert*. Prinsip dari Transformasi *Hilbert* untuk mendapatkan nilai sampel dapat dilihat pada Gambar 3.2. Penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan nilai sampel sinyal pernah dilakukan oleh Atbi dkk pada tahun 2013 dengan judul penelitian “*Separation of heart sounds and heart murmurs by Hilbert transform envelopogram*”. Penelitian tersebut membandingkan penggunaan Transformasi *Hilbert* dan *Shanon* untuk mendapatkan nilai sampel sinyal. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut bahwa Transformasi *Hilbert* memberikan hasil yang baik, sehingga dapat membedakan suara S1 dan S2, kemudian dapat membedakan bunyi gumaman jantung [26]. Sehingga pada penelitian mengenai batuk *Staccato* ini menggunakan Transformasi *Hilbert* karena dalam satu episode sinyal batuk *Staccato* terdiri dari beberapa event yang memiliki nilai puncak. Dengan begitu metode Transformasi *Hilbert* dapat digunakan untuk mendapatkan nilai sampel dari suara batuk *Staccato*. Dengan penggunaan Transformasi *Hilbert* pada sampel sinyal maka penentuan puncak dapat sesuai dilakukan dengan tepat. Pemakaian sampel sinyal (*envelope*) sinyal berguna untuk mengembalikan bentuk sinyal yang ditentukan oleh besar sinyal analitiknya setelah menggunakan Transformasi *Hilbert*.

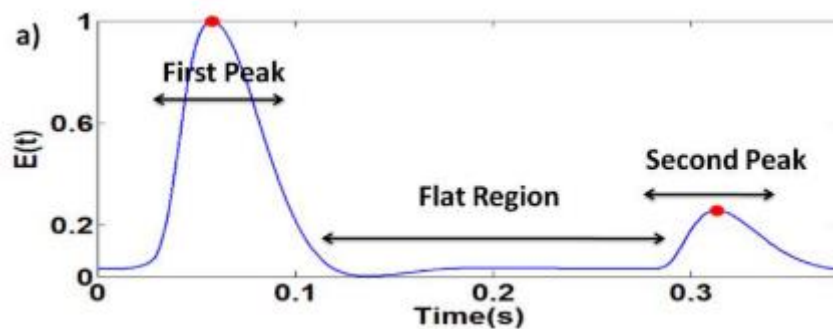
### 3.4 Deteksi Nilai Puncak

Deteksi nilai puncak digunakan untuk menentukan puncak tertinggi pada *event* batuk dalam satu episode dengan menyampul sinyal suara batuk menggunakan metode Transformasi *Hilbert*. Deteksi nilai puncak dilakukan dengan menggunakan fungsi “*findpeaks*” pada *Matlab*. Puncak yang terdeteksi didasarkan pada nilai *threshold*.

*Threshold* merupakan proses yang digunakan untuk menentukan titik puncak mana yang tidak seharusnya terdeteksi, sehingga didapatkan puncak *event* batuk yang sesuai dengan kriteria.



Proses ini diatur secara manual, sehingga mendapatkan titik puncak yang sesuai dengan kriteria. Dengan didapatkan nilai puncak sesuai dengan kriteria yang diinginkan dapat mempermudah dalam proses menganalisa seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.4 Menentukan titik puncak [8]

Setelah puncak tiap *event* batuk terdeteksi, maka akan didapatkan nilai selisih antar puncak. Nilai selisih antar puncak ini yang akan digunakan untuk menganalisa apa saja informasi yang terdapat pada batuk *Staccato* terhadap domain waktu.

### 3.5 Perhitungan Jarak Antar Puncak

Perhitungan jarak antar puncak dilakukan untuk mengetahui informasi mengenai jarak antar puncak atau selisih waktu antar puncak tiap *event* batuk. Pengukuran ini berdasarkan titik puncak yang sudah terdeteksi. Perhitungan jarak antar puncak ini dilakukan secara otomatis dengan menggunakan program *Matlab*.

Setelah didapatkan nilai jarak antar puncak kemudian dilakukan perhitungan nilai rata-rata dan standar deviasi pada setiap subjek. Perhitungan ini berguna untuk mendapatkan informasi mengenai rentang jarak antar puncak batuk *Staccato* pada kelompok umur Batita dan Bayi. Nilai rata-rata dan standar deviasi dilakukan dengan dengan Persamaan (2.3) dan (2.4).

Nilai rata-rata:

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n} \tag{2.3}$$

$\bar{x}$  = Nilai rata-rata

$\sum xi$  = Jumlah nilai jarak antar puncak       $n$  = jumlah puncak

Standar deviasi:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2} \tag{2.4}$$

$s$  = Standar deviasi       $i$  = Urutan data       $\bar{x}$  = Nilai rata-rata

$n$  = Jumlah data       $xi$  = Data ke- $i$

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

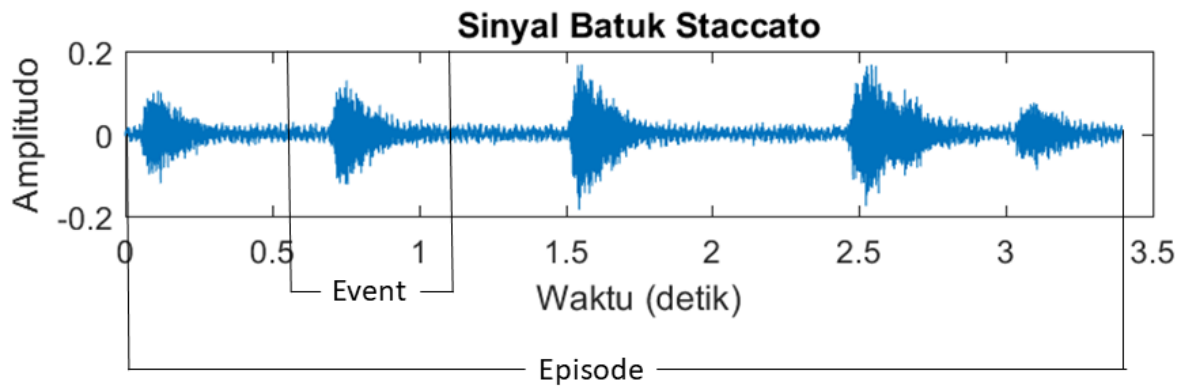
#### 4.1 Perancangan Dataset

Pada penelitian ini menggunakan data rekaman suara batuk dari 10 pasien anak-anak sebagai subjek. Dari 10 pasien dibagi menjadi dua kategori kelompok umur yaitu Bayi ( $\leq 1$  tahun) dan Batita (1-3 tahun), rentang umur yang terdapat pada dataset, kategori Bayi 1 bulan sampai 1 tahun, dan kategori kelompok Batita 1 tahun 10 bulan sampai 3 tahun 1 bulan, tiap kelompok umur terdiri dari 4 anak laki-laki dan 1 anak perempuan. Setiap subjek diambil 2 episode suara batuk *Staccato*.

Jumlah episode pada dataset ini sebanyak 20 episode, dalam satu episode terdiri dari beberapa *event* (Gambar 4.1), karena kriteria batuk *Staccato* yaitu batuk yang berulang-ulang dalam satu waktu. Pembagian jumlah episode pada tiap dataset yaitu, 10 episode kelompok umur Batita, dan 10 episode kelompok umur Bayi. Pada dataset yang digunakan memiliki total panjang durasi yaitu 61,611 detik. Dimana pada kategori kelompok umur Batita terdiri dari 38,912 detik suara rekaman batuk *Staccato* dan kelompok umur Bayi 22,699 detik. Dan semua data informasi mengenai subjek yang berupa nomor subjek, jenis kelamin, klasifikasi umur, berat badan, dan suhu juga dicatat seperti pada Tabel 4.1

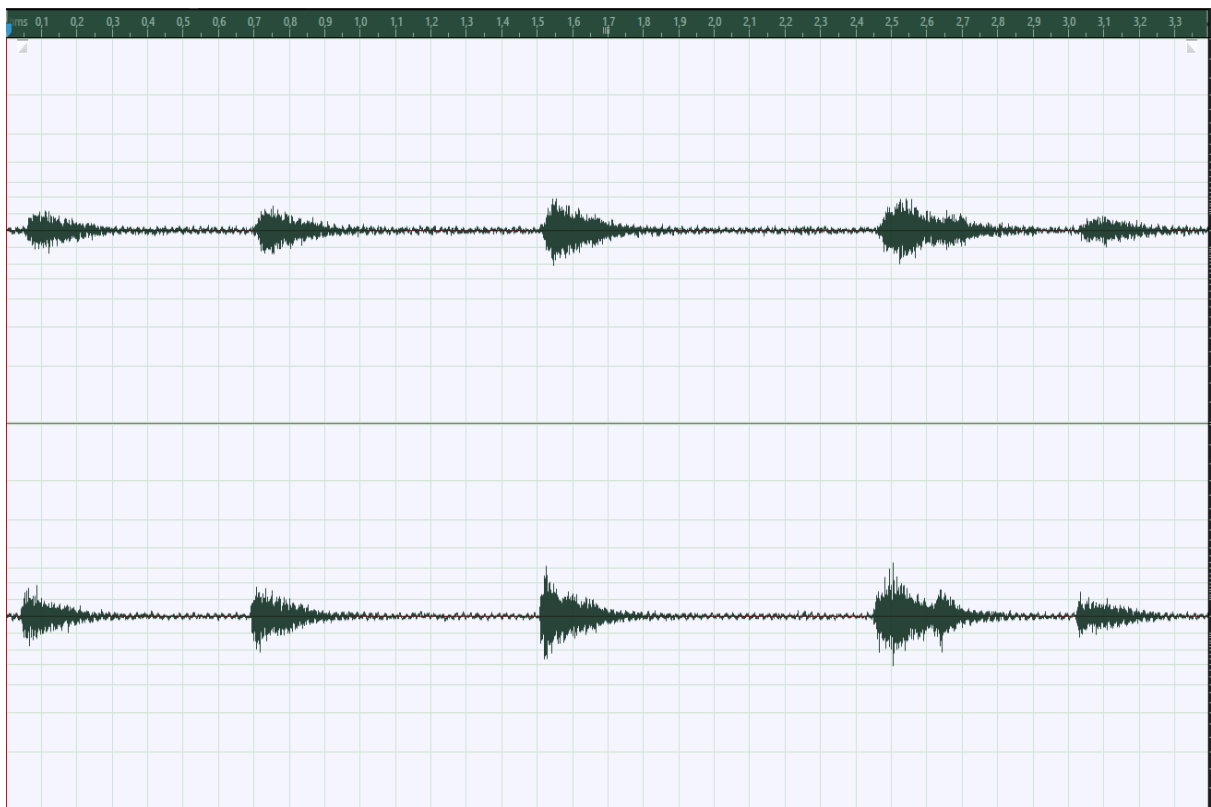
Tabel 4.1 Data Subjek

NO	Subjek	Jenis Kelamin	Usia		Klasifikasi umur	Berat Badan (Kg)	Suhu Badan (°C)	Diagnosa
			Tahun	Bulan				
1	Subjek 1	Laki-laki	1	10	Batita	10,8	38,8	Pneumonia
2	Subjek 2	Perempuan	2	6	Batita	10	36,5	Foreign body inhalation
3	Subjek 3	Laki-laki	2	10	Batita	9	40	Pneumonia
4	Subjek 4	Perempuan	3	1	Batita	10	36,5	Lymphocytic Interstitial pneumonia
5	Subjek 5	Laki-laki	3	1	Batita	12	37,8	Pneumonia
6	Subjek 6	Laki-laki	0	7	Bayi	9	36,8	Wheezing infant
7	Subjek 7	Perempuan	1	0	Bayi	8,3	38,4	Pneumonia
8	Subjek 8	Laki-laki	0	1	Bayi	3,1	38	Pneumonia
9	Subjek 9	Perempuan	0	2	Bayi	3,8	36,5	Pneumonia, VSD
10	Subjek 10	Laki-laki	0	6	Bayi	4,5	36,3	Pneumonia susp,Susp rubella syndrome with congenital cataract



Gambar 4.1 Bentuk Sinyal batuk *Staccato*

Proses untuk mendapatkan dataset dengan cara memisahkan antara suara batuk dengan suara yang lain dilakukan secara manual yaitu, mendengarkan suara rekaman pada setiap subjek, kemudian memotong pada bagian suara batuk dengan menggunakan perangkat lunak *Adobe Audition CC 2015* (Gambar 4.2) dan simpan dalam format (.wav).

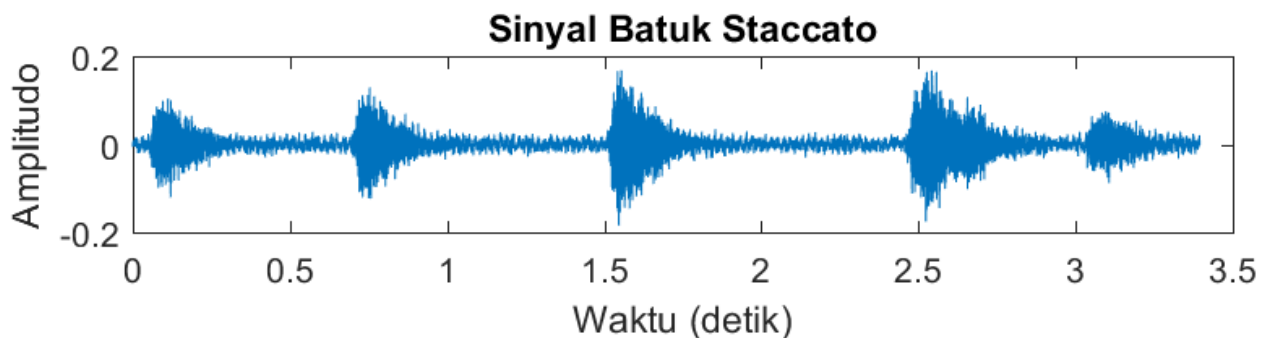


Gambar 4.2 Hasil potong dengan *Adobe Audition CC 2015*

## 4.2 Preprocessing

### 4.2.1 Input Sinyal Suara

Input sinyal suara merupakan tahapan awal dari proses pengolahan data. Pada proses ini dilakukan input data suara rekaman dengan format Waveform Audio Format (\*.wav) ke program *Matlab*. Program *Matlab* yang digunakan yaitu “[y, Fs] = audioread>Nama File’);”, sehingga memberikan hasil seperti pada Gambar 4.3.

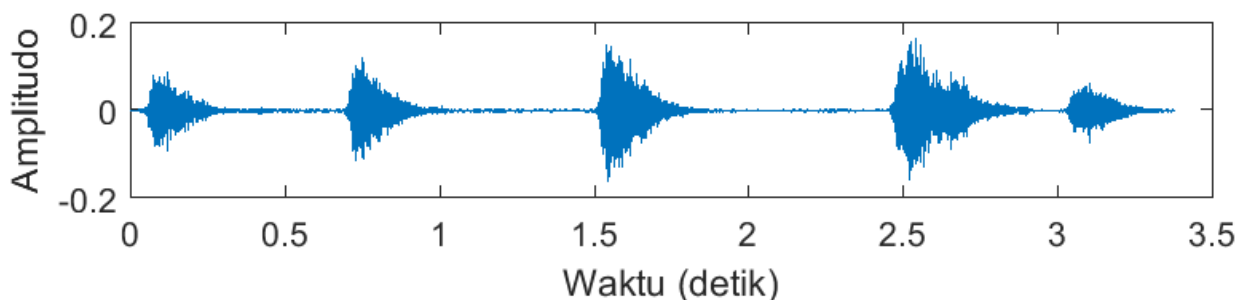


Gambar 4.3 Hasil input sinyal suara batuk *Staccato*

### 4.2.2 Filter Background Noise

Pengurangan *noise* pada suara rekaman batuk *Staccato* menggunakan filter *Spectrum Subtraction*. Pengurangan *noise* ini dilakukan secara otomatis dengan menggunakan fungsi pada *Matlab* yaitu, `[ss, zo] = v_specsub(signal_audio, Fs);`

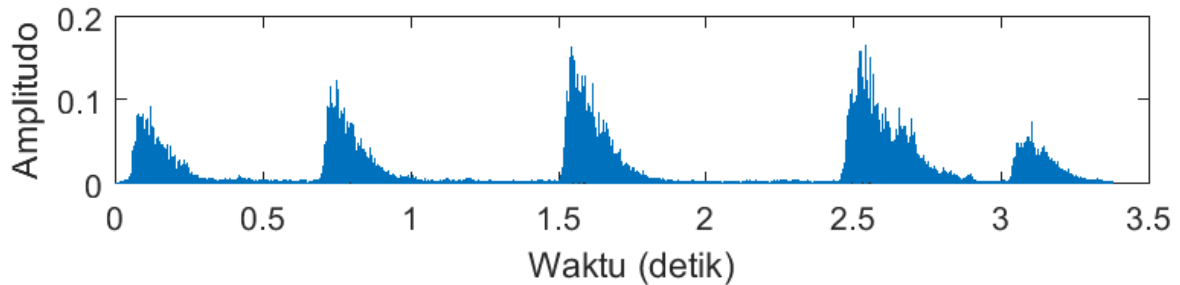
Pada Gambar 4.3 terdapat *Background noise* yang cukup besar sehingga perlu dilakukan filter. Dengan adanya *noise* yang cukup besar tersebut dapat mengganggu dalam proses menganalisa suara rekaman batuk *Staccato*. Dari hasil yang didapatkan seperti pada Gambar 4.4, Filter *Background Noise* dengan menggunakan *Spectrum Subtraction* tereduksi dengan baik sehingga dapat memberikan hasil yang baik pada saat proses *envelope*.



Gambar 4.4 Sesudah di filter

### 4.2.3 Nilai Absolut

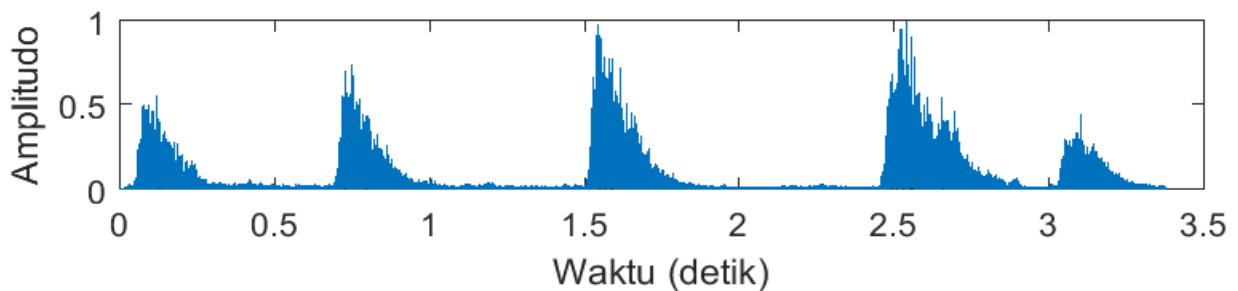
Nilai absolut digunakan untuk membuat sinyal agar bernilai positif. Sehingga hanya pada bagian positif yang akan di sampel. Membuat ke dalam nilai absolut menggunakan fungsi `abs()` pada *Matlab* sehingga diperoleh seperti pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Sinyal dalam bentuk absolut

### 4.2.4 Normalisasi

Normalisasi dilakukan agar data tidak memiliki jangkauan data yang tidak terlalu jauh antara data tertinggi dan terendah. Pada proses normalisasi ini menggunakan fungsi pada *Matlab* (Gambar 4.6)



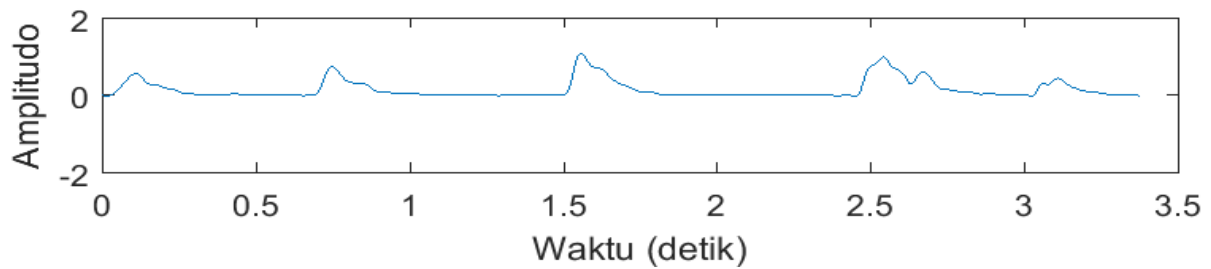
Gambar 4.6 Normalisasi

## 4.3 Pengujian

### 4.3.1 Ekstraksi Sampul Sinyal

Setelah melakukan filter pada rekaman suara kemudian dilakukan *Envelope* yang menggunakan metode Transformasi *Hilbert*. Metode ini langsung digunakan menggunakan *Matlab* dengan program `envelope()`, dengan default metode spline interpolation over local maxima. `[up2,lo2] = envelope(signal_audio,1000,'peak');` Intervalnya bisa diatur (pada penggalan ini menggunakan 1000). Untuk menggunakan fungsi *Hilbert*, bisa ganti menjadi

'analytic' pada bagian terakhir fungsi serta mengatur panjang filternya.



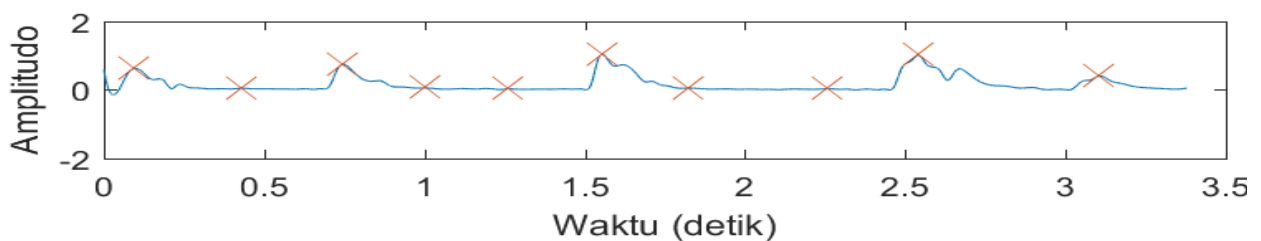
Gambar 4.7 Setelah sinyal di sampel

Pada Gambar 4.7 menunjukkan salah satu data rekaman batuk *Staccato* sudah di sampel menggunakan metode *Envelope*, jika dibandingkan dengan Gambar 4.6 yang belum di sampel, didapatkan perbedaan *background noise* yang kecil tertutupi oleh bentuk *envelope* sinyal rekaman batuk *Staccato* yang sudah diproses dengan metode *Envelope*.

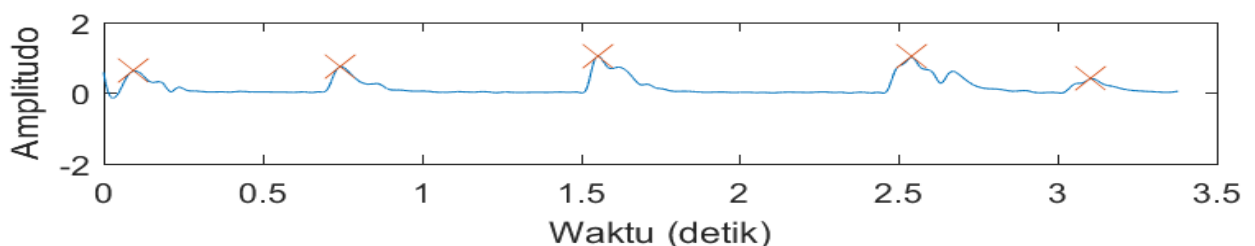
Bentuk *envelope* mengikuti bentuk sinyal batuk *Staccato*, sehingga mempermudah dalam melakukan deteksi nilai puncak. Bentuk puncak pada sinyal batuk *Staccato* juga terlihat lebih jelas. Bentuk *envelope* ini juga tidak merubah panjang sinyal batuk *Staccato* sehingga informasi mengenai selisih jarak antar puncak pada *event* batuk didapatkan dengan baik.

#### 4.3.2 Deteksi Puncak Sinyal

Deteksi nilai puncak dilakukan dengan beberapa tahap yaitu, dilakukan *threshold* secara manual pada sinyal yang sudah di proses dengan metode Transformasi *Hilbert*. Setelah dilakukan *threshold* kemudian menggunakan fungsi pada *Matlab* yaitu "`findpeaks`" untuk mencari titik puncak pada sinyal batuk *Staccato*



Gambar 4.8 Sebelum *threshold*



Gambar 4.9 Sesudah *threshold*

Pada Gambar 4.8 sinyal suara batuk *Staccato* setelah dilakukan deteksi nilai puncak tanpa menggunakan *threshold*, terdapat puncak-puncak yang tidak sesuai karena adanya *noise* yang masih terdeteksi sebagai nilai puncak. *Noise* yang masih terdeteksi tersebut perlu di *threshold* sehingga mendapatkan titik puncak yang sesuai. Seperti pada Gambar 4.9 penggunaan *threshold* sederhana yang dilakukan secara manual dapat menghilangkan titik puncak yang tidak sesuai.

Deteksi nilai puncak juga memberikan informasi mengenai batuk *Staccato* mengenai berapa banyak *event* pada satu episode suara batuk *Staccato*. Sehingga hal tersebut mendukung dalam melakukan analisa. Deteksi nilai puncak dilakukan pada semua subjek, dan setiap episode pada subjek memiliki jumlah puncak yang berbeda-beda terlihat pada Tabel 4.2.

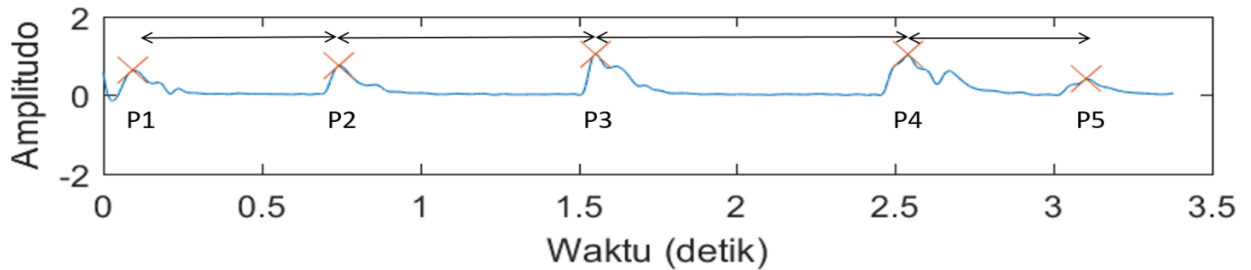
Tabel 4.2 Jumlah Puncak Pada Setiap Subjek

No	Subjek	Episode	Klasifikasi Umur	Jumlah puncak
1	Subjek 1	1	Batita	5
2		2	Batita	5
3	Subjek 2	1	Batita	5
4		2	Batita	5
5	Subjek 3	1	Batita	8
6		2	Batita	6
7	Subjek 4	1	Batita	5
8		2	Batita	4
9	Subjek 5	1	Batita	4
10		2	Batita	4
11	Subjek 6	1	Bayi	4
12		2	Bayi	4
13	Subjek 7	1	Bayi	4
14		2	Bayi	4
15	Subjek 8	1	Bayi	4
16		2	Bayi	4
17	Subjek 9	1	Bayi	5
18		2	Bayi	5
19	Subjek 10	1	Bayi	4
20		2	Bayi	5

Pada Tabel 4.2 memberikan informasi bahwa pada satu sinyal batuk *Staccato* terdiri dari beberapa puncak. Dari informasi tersebut juga dapat diketahui bahwa puncak pada sinyal batuk *Staccato* memiliki jumlah  $\leq 4$ . Dari informasi diketahui juga jumlah puncak pada kelompok umur Batita memiliki jumlah puncak yang lebih banyak.

### 4.3.3 Pengukuran Selisih Waktu Antar Puncak

Setelah dilakukan proses deteksi puncak dan didapatkan titik puncak tiap *event* batuk maka kemudian dilakukan proses pengukuran jarak antar puncak tiap *event* batuk. Pengukuran ini dilakukan berdasarkan puncak yang terdeteksi dan hasil dari pengukuran ini memiliki satuan detik.



Gambar 4.10 Menentukan jarak antar puncak

Tabel 4.3 Selisih Waktu Antar Puncak

No	Subjek	Episode	Selisih Waktu Antar Puncak						
			P1-P2	P2-P3	P3-P4	P4-P5	P5-P6	P6-P7	P7-P8
1	Subjek 1	1	0,637528	0,8093	0,9830	0,56986			
2		2	0,567098	0,8021	0,7007	0,75281			
3	Subjek 2	1	0,439093	1,0823	0,4692	1,17145			
4		2	0,409002	0,5066	1,3190	0,54947			
5	Subjek 3	1	0,333061	0,9356	0,3155	0,775941	0,3552	0,7797	0,37966
6		2	0,47508	0,6551	0,6924	0,75329	0,3823		
7	Subjek 4	1	1,1622	1,4683	1,609	1,6302			
8		2	0,826757	1,1941	1,3077				
9	Subjek 5	1	0,780249	0,4878	1,1387				
10		2	0,896825	0,3994	1,0302				
11	Subjek 6	1	0,35347	0,5646	0,5432				
12		2	0,57644	0,3973	0,6351				
13	Subjek 7	1	0,303152	0,8681	0,5990				
14		2	0,357959	0,8541	0,5759				
15	Subjek 8	1	0,340816	0,4483	0,5461				
16		2	0,50485	0,5711	0,4694				
17	Subjek 9	1	0,475125	0,4519	0,4692	0,527687			
18		2	0,525102	0,4972	0,5769	0,74093			
19	Subjek 10	1	0,52458	0,5330	0,5231				
20		2	0,21325	0,3107	0,5669	0,70825			



Pada (Gambar 4.10) telah dideskripsikan bagaimana jarak dari dua puncak ditentukan. Dari Gambar 4.10 juga dapat dijelaskan bahwa jarak yang diukur dari puncak pertama (P1) ke puncak kedua (P2), puncak ketiga (P3) ke puncak keempat (P4), dan puncak keempat (P4) ke puncak kelima (P5). Pengukuran ini dilakukan ke semua subjek, dan didapatkan hasil yang berbeda-beda (Tabel 4.3).

Tabel 4.3 merupakan hasil dari proses menentukan selisih waktu antar puncak (*event*) pada sinyal batuk *Staccato*. Dari hasil yang didapat dapat diketahui bahwa sinyal batuk *Staccato* memiliki rentang waktu antar puncak  $\leq 1$  detik dalam satu episode. Hasil dari Tabel 4.3 dapat memberi informasi mengenai batuk *Staccato* dengan membuat nilai rata-rata dan standar deviasi.

Tabel 4.4 Rata-rata dan Standar Deviasi Sinyal Batuk *Staccato*

No	Subjek	Episode	Rata-rata	Standar Deviasi
1	Subjek 1	1	0,749955	0,185239
2		2	0,70568	0,101242
3	Subjek 2	1	0,790533	0,39029
4		2	0,696026	0,419457
5	Subjek 3	1	0,543093	0,29135
6		2	0,588231	0,172215
7	Subjek 4	1	1,467425	0,215794
8		2	1,109546	0,251396
9	Subjek 5	1	0,721893	0,310959
10		2	0,77551	0,332414
11	Subjek 6	1	0,488927	0,113497
12		2	0,536286	0,123871
13	Subjek 7	1	0,590098	0,282589
14		2	0,596009	0,248679
15	Subjek 8	1	0,445125	0,102715
16		2	0,505051	0,051602
17	Subjek 9	1	0,481009	0,032633
18		2	0,5850455	0,109047
19	Subjek 10	1	0,52694	0,005346
20		2	0,4497875	0,227892

Tabel 4.5 Range Selisih Waktu Antar Puncak

Range Selisih waktu antar puncak	No. Subjek	Jumlah Subjek	Batita	Bayi
0,45 - 0,64	5,6,11,12, 13,14,15,16,17,18,19, 20	12	2	10
0,65 - 0,84	1,2,3,4,9,10	6	6	-
0,85 - 1,04	-	-	-	-
1,25 - 1,44	8	1	1	-
1,45 - 1,65	7	1	1	-
Total		20	10	10

Tabel 4.4 merupakan hasil dari proses perhitungan nilai rata-rata dan standar deviasi selisih waktu antar puncak. Dengan nilai rata-rata ini didapatkan informasi perbedaan rata-rata selisih antar puncak antara kelompok umur Batita dan Bayi (Tabel 4.5). Tabel 4.5 merupakan tabel distribusi yang digunakan untuk mengetahui range selisih waktu antar puncak, sehingga dapat mengelompokkan hasil dari rata-rata dengan baik. Untuk menyusun tabel distribusi (Tabel 4.5) dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.

Range selisih waktu antar puncak:

$$R = \text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Terendah}$$

R = Range

$$\begin{aligned} \text{Range} &= 1,467425 - 0,445125 \\ &= 1,0223 \end{aligned}$$

Banyak kelas atau banyak baris pada kolom Range selisih waktu antar puncak:

$$BK = 1 + 3,3 \times \log(n)$$

n = Jumlah subjek

BK = Banyak Kelas

$$\begin{aligned} BK &= 1 + 3,3 \times \log(20) \\ &= 5 \end{aligned}$$

Panjang Range:

$$PR = \frac{R}{BK}$$

$$PR = \frac{1,0223}{5} = 0,2$$

Selisih waktu antar puncak terendah 0,445125 maka batas bawah untuk Tabel 4.5 sebesar 0,45.

Didapatkan informasi atau hasil pada Tabel 4.5 bahwa kelompok umur Batita dengan rentang usia 1-3 tahun memiliki rata-rata selisih waktu lebih panjang (0,8147 detik) dibandingkan dengan kelompok usia Bayi dengan rentang umur  $\leq 1$  tahun (0,5204 detik).

#### 4.3.4 Pembahasan

Batuk *Staccato* merupakan batuk yang terjadi secara berulang-ulang [13], hal tersebut dibuktikan pada penelitian ini dengan adanya jumlah puncak  $\geq 4$  dalam satu episode pada kelompok umur Batita dan Bayi. Dengan adanya beberapa jumlah puncak, maka dapat memberi tambahan informasi mengenai jarak antar puncak batuk *Staccato*. Dengan metode Transformasi *Hilbert* sebagai fitur ekstraksi batuk *Staccato* dalam kawasan waktu, maka akan didapatkan selisih waktu antar puncak batuk *Staccato*. Penggunaan metode ini didapatkan bahwa selisih waktu antar puncak pada setiap episode  $\leq 1$  detik dan pada kategori umur Batita ( $\geq 3$  tahun) memiliki selisih waktu antar puncak lebih panjang dibanding dengan kelompok umur Bayi ( $\leq 1$  tahun). Hasil yang didapat mendukung penelitian ini karena suara batuk *Staccato* membawa informasi atau ciri khas yang berguna untuk pengetahuan dunia kesehatan berdasarkan hasil kuantitatif. Penelitian ini menunjukkan bahwa analisa suara batuk berpotensi untuk dikembangkan sebagai salah satu dasar pengetahuan mengenai batuk *Staccato*. Sehingga diharapkan dapat berkontribusi dalam penanggulangan *Pneumonia* pada anak.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Transformasi *Hilbert* terhadap domain waktu dapat digunakan untuk mengetahui informasi mengenai sinyal batuk *Staccato*.
2. Penggunaan metode Transformasi *Hilbert* sebagai ekstraksi fitur ini memberikan informasi mengenai karakteristik batuk *Staccato*. Pengujian pada kategori umur Bayi ( $\leq 1$  tahun) dan Batita (1-3 tahun) memberikan hasil bahwa kelompok usia Batita memiliki rata rata selisih waktu yang lebih panjang (0,8147 detik) dibanding dengan kelompok usia Bayi (0,5204 detik). Sinyal batuk *Staccato* juga rentang waktu antar puncak  $\leq 1$  detik dalam satu episode , serta memiliki jumlah puncak  $\geq 4$ .

#### 5.2 Saran

1. Pada penelitian ini memiliki keterbatasan pada jumlah data yang masih sedikit. Sehingga untuk selanjutnya jumlah subjek dapat diperbanyak.
2. Kelompok usia dapat ditambah untuk mendapatkan informasi lebih banyak.
3. Metode penelitian perlu ditambah dan dikembangkan sehingga mendapatkan hasil lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. P. Singh, J. M. S. Rohith, and V. K. Mittal, "Preliminary Analysis of Cough Sounds," *12th IEEE Int. Conf. Electron. Energy, Environ. Commun. Comput. Control (E3-C3), INDICON 2015*, pp. 2–7, 2016.
- [2] A. Anwar, I. Dharmayanti, P. Teknologi, I. Kesehatan, M. Badan, and P. Kesehatan, "Pneumonia pada Anak Balita di Indonesia Pneumonia among Children Under Five Years of Age in Indonesia," no. 29, pp. 359–365, 2013.
- [3] K. Kesehatan and R. Indonesia, *PROFIL KESEHATAN INDONESIA TAHUN 2019*. .
- [4] A. B. Goldsobel and B. E. Chipps, "Cough in the Pediatric Population," *J. Pediatr.*, vol. 156, no. 3, pp. 352-358.e1, 2010.
- [5] K. E. Miller, "Diagnosis and Treatment of Chlamydia trachomatis Infection," *Am. Fam. Physician*, vol. 73, no. 8, pp. 1411–1416, 2006.
- [6] Y. Amrulloh, U. Abeyratne, V. Swarnkar, and R. Triasih, "Cough Sound Analysis for Pneumonia and Asthma Classification in Pediatric Population," *Proc. - Int. Conf. Intell. Syst. Model. Simulation, ISMS*, vol. 2015-October, pp. 127–131, 2015.
- [7] U. R. Abeyratne, V. Swarnkar, A. Setyati, and R. Triasih, "Cough Sound Analysis Can Rapidly Diagnose Childhood Pneumonia," *Ann. Biomed. Eng.*, vol. 41, no. 11, pp. 2448–2462, 2013.
- [8] H. Chatzarrin, A. Arcelus, R. Goubran, and F. Knoefel, "'Feature Extraction for The Differentiation of Dry and Wet Cough Sounds,' Medical Measurements and Applications Proceedings," pp. 0–4, 2011.
- [9] K. F. Chung, *The Clinical and Pathophysiological Challenge of Cough*. 2008.
- [10] F. De Blasio *et al.*, "Cough Management : A Practical Approach," pp. 1–12, 2011.
- [11] R. Palmer, J. B. Anon, and P. Gallagher, "Pediatric Cough: What the Otolaryngologist Needs to Know," *Curr. Opin. Otolaryngol. Head Neck Surg.*, vol. 19, no. 3, pp. 204–209, 2011.
- [12] C. Wubbel and A. Faro, "Chronic cough in children," *Pediatr. Case Rev.*, vol. 3, no. 2, pp. 95–104, 2003.
- [13] L. I. Landau, "Acute and chronic cough," *Paediatr. Respir. Rev.*, vol. 7, no. SUPPL. 1, pp. 64–67, 2006.
- [14] A. B. Chang, "State of the Art Chronic Wet Cough : Protracted Bronchitis , Chronic Suppurative Lung Disease and Bronchiectasis," vol. 531, no. February, pp. 519–531, 2008.
- [15] M. A. Faz-alfaqih *et al.*, "Komparasi Algoritme Harmony Search, Particle Swarm

- Optimization, Genetic Aalgorithm Dan Linear Regression Model Untuk Optimasi Fitur Pada Klasifikasi Suara Batuk Kering/ Basah,” 2018.
- [16] S. R. Qin and Y. M. Zhong, “A new envelope algorithm of Hilbert-Huang Transform,” *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 20, no. 8, pp. 1941–1952, 2006.
- [17] D. N.Thrane, J.Wismer, H.Konstantin-Hansen & S.Gade, Brüel&Kjær and The, “Application Note,” *Microprocess. Microsyst.*, vol. 16, no. 8, p. 446, 1992.
- [18] B. S. Widodo, “Aplikasi Tranformasi Hilbert Untuk Deteksi Sampul ( Envelope Detection ) Isyarat Suara Jantung,” pp. 165–168, 2017.
- [19] R. R. Devi and D. Pugazhenthii, “Ideal Sampling Rate to Reduce Distortion in Audio Steganography,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 85, no. Cms, pp. 418–424, 2016.
- [20] S. Whibley *et al.*, “WAV Format Preservation Assessment,” pp. 1–11, 2016.
- [21] Y. Mukhlis, “Suara dan audio.”
- [22] R. Martin and S. Member, “Noise Power Spectral Density Estimation Based on Optimal Smoothing and Minimum Statistics,” vol. 9, no. 5, pp. 504–512, 2001.
- [23] M. Berouti, R. Schwartz, and J. Makhoul, “Enhancement of Speech Corrupted By Acoustic Noise.,” no. 1, pp. 208–211, 1979.
- [24] M. Kumngern, “Absolute Value Circuit for Biological Signal Processing Applications,” pp. 601–604, 2013.
- [25] N. Salkind, “Normalizing Data,” *Encycl. Res. Des.*, pp. 1–4, 2012.
- [26] A. Atbi, S. M. Debbal, F. Meziani, and A. Meziane, “Separation of heart sounds and heart murmurs by Hilbert transform envelopogram,” *J. Med. Eng. Technol.*, vol. 37, no. 6, pp. 375–387, 2013.

## LAMPIRAN

```
clc
clear all

addpath('voicebox');

%% Tampilkan Sinyal -- 1: show | 0: not show
show_SinyalAudio = 1;
show_SinyalEnvelope1 = 1;
show_SinyalEnvelope1_filter1 = 1;
show_SinyalEnvelope1_filter2 = 1;
show_SinyalEnvelope1_filter2_peak = 1;

%% Ambil Audio Data
% Sesuaikan dengan Folder dan nama filenya
[y,Fs] = audioread('DataFix!\GMU_CH_0112_episode5.wav');
% [y,Fs] = audioread('S1_eps3_edit1_2_3.wav');
% plot(y(:,1))

signal_audio = y(:,1);

%% signal Audio
T = 1/Fs;
t = 0:T:(length(signal_audio)-1)*T);

% %Design Highpass Filter Butterworth
% % % Fs = Frekuensi sampling = 44.1 kHz
% % % f_filt = Cutoff Filter
% f_filt = 400; orde = 4; %% 250Hz dan orde 4
% lp = f_filt/Fs;
% [b,a] = butter(orde, lp, 'high');
% Filtering dengan Zero-phase Digital filtering
% abs_signal_audio = abs(signal_audio);
% signal_audio_filtered = filtfilt(b,a,signal_audio);

%Design Highpass Filter Butterworth
% Fs = Frekuensi sampling = 44.1 kHz
% f_filt = Cutoff Filter
% f_filt =400; orde = 4; %% 250Hz dan orde 4
% lp = f_filt/Fs;
% [b,a] = butter(orde, lp, 'high');
% Filtering dengan Zero-phase Digital filtering
[ss,zo] = v_specsub(signal_audio,Fs);
signal_audio_backfilter = ss;
% [ss,zo] = specsub(signal_audio_backfilter,Fs);
% signal_audio_backfilter = ss;
abs_signal_audio = abs(signal_audio_backfilter);
subplot(2,1,1);
plot(abs_signal_audio);
xlabel('Waktu (detik)') %label sumbu-x
ylabel('Amplitudo') %label sumbu-y
signal_audio_filtered = audioNormalization_YW((abs_signal_audio),1);
subplot(2,1,2);
plot(signal_audio_filtered);
xlabel('Waktu (detik)') %label sumbu-x
ylabel('Amplitudo') %label sumbu-y
%% Mulai Envelope Signal
```

```

[up2,lo2] = envelope(signal_audio_filtered,1000,'peak');
[pk(1).pkt,pk(1).lct,pk(1).w] = findpeaks(up2,'MinPeakHeight',0.8
,'MinPeakDistance',(44100/4));

% hold on
% % Filter Smoothing Signal
% env_up = smooth(up2,10000,'sgolay');
% [pk(2).pkt,pk(2).lct,pk(2).w] =
findpeaks(env_up,'MinPeakHeight',0.01,'MinPeakDistance',5000);
%
% % Filter Smoothing Signal 2
% env_up2 = smooth(env_up,10000,'moving');
% % Cari puncak pada sinyal
% [pk(3).pkt,pk(3).lct,pk(3).w] =
findpeaks(env_up2,'MinPeakHeight',0.01,'MinPeakDistance',5000);

%% Membuat Figure

figure();
if(show_SinyalAudio)
    subplot(3,1,1);
    plot(t,signal_audio);
    hold on
    subplot(3,1,2);
    t = 0:T:(length(signal_audio_backfilter)-1)*T;
    plot(t,signal_audio_backfilter);
end
if(show_SinyalEnvelopel)
    hold on
    subplot(3,1,3);
    t = 0:T:(length(up2)-1)*T;
    plot(t,up2);
end
if(show_SinyalEnvelopel_filter2_peak)
    hold on
    real_t = pk(1).lct*T;
    plot(real_t,pk(1).pkt,'x','MarkerSize',12)
end

%% Check Peak
% banyak Puncak

% Generate Data menjadi Struct
for i=1:length(pk)
    peak_lengthnya = length(pk(i).lct);
    clear 'peak';
    for k=peak_lengthnya:-1:1
        peak(k).puncak = k;
%         peak(k).height = pk(i).pkt(k); % -> Ketinggian Puncaknya
        peak(k).time = pk(i).lct(k)*T; % -> Waktu ketika Puncak
        if(k-1 > 0)
            peak(k).deltatime = pk(i).lct(k)*T - pk(i).lct(k-1)*T; % ->
Selisih Waktu dari puncak sebelumnya
        else
            peak(k).deltatime = 0; % -> Selisih Waktu dari puncak sebelumnya
        end
    end
    pk(i).peak = peak;
    %% Menampilkan data Puncaknya.
    fprintf('Grafik %i \n',i);
    disp('Heigh : Tinggi Puncak');
    disp('time : Waktu Puncak');

```



```
disp('deltatime : Waktu antar Puncak dari punca sebelumnya');
t = struct2table(pk(i).peak, 'AsArray', true);
disp(t);

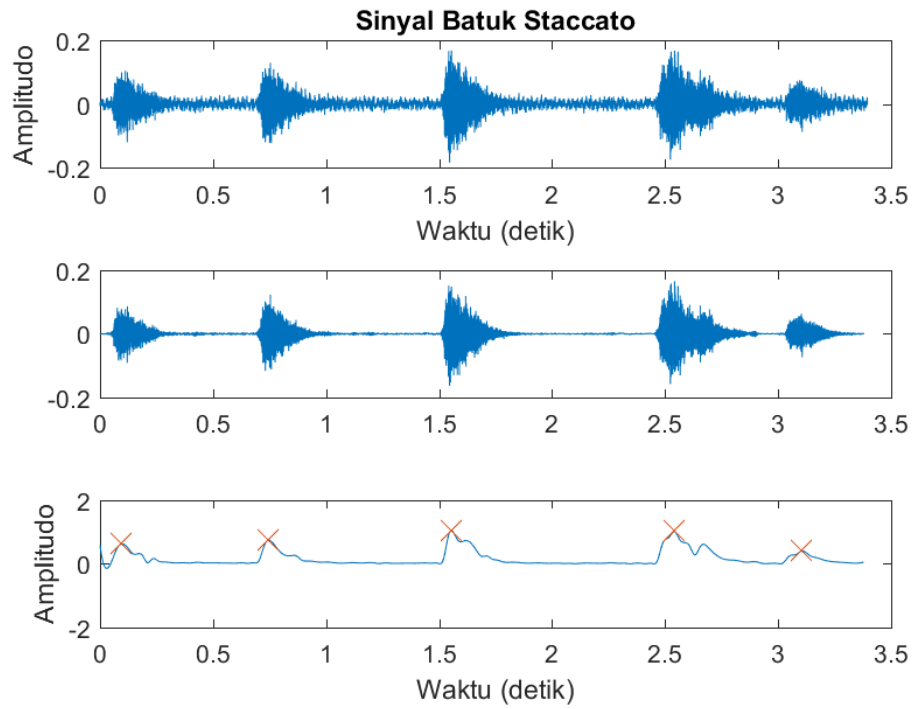
deltatime = [];
for k=peak_lengthnya:-1:2
    deltatime = [peak(k).deltatime;deltatime];
end
% Rata-rata
pk(i).meanDeltatime = mean(deltatime);
pk(i).stdDeltatime = std(deltatime);
end
```



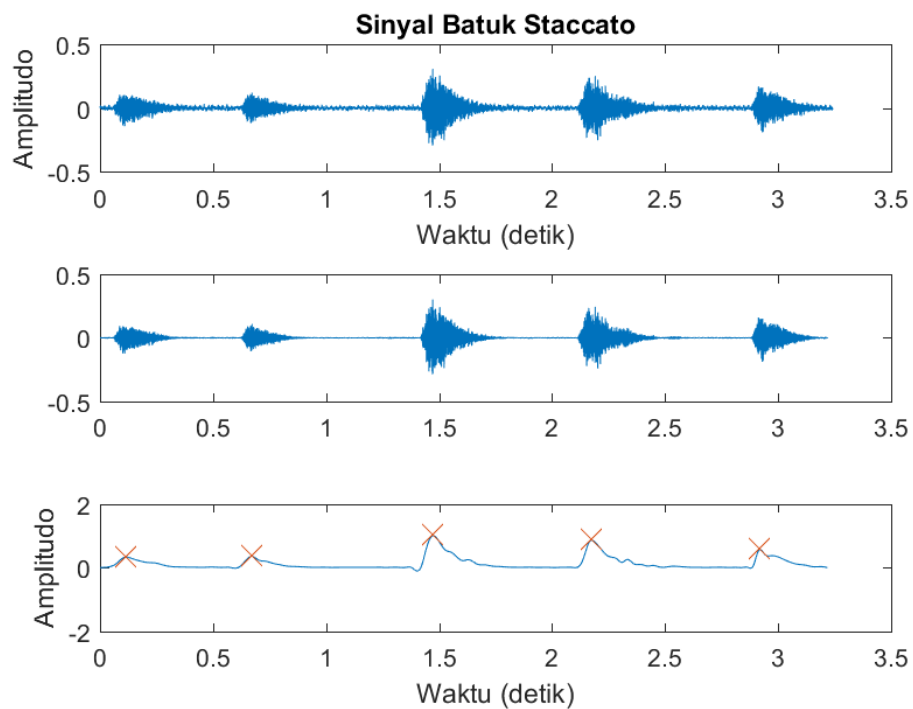
## LAMPIRAN 2

Bentuk Sinyal Batuk *Staccato*

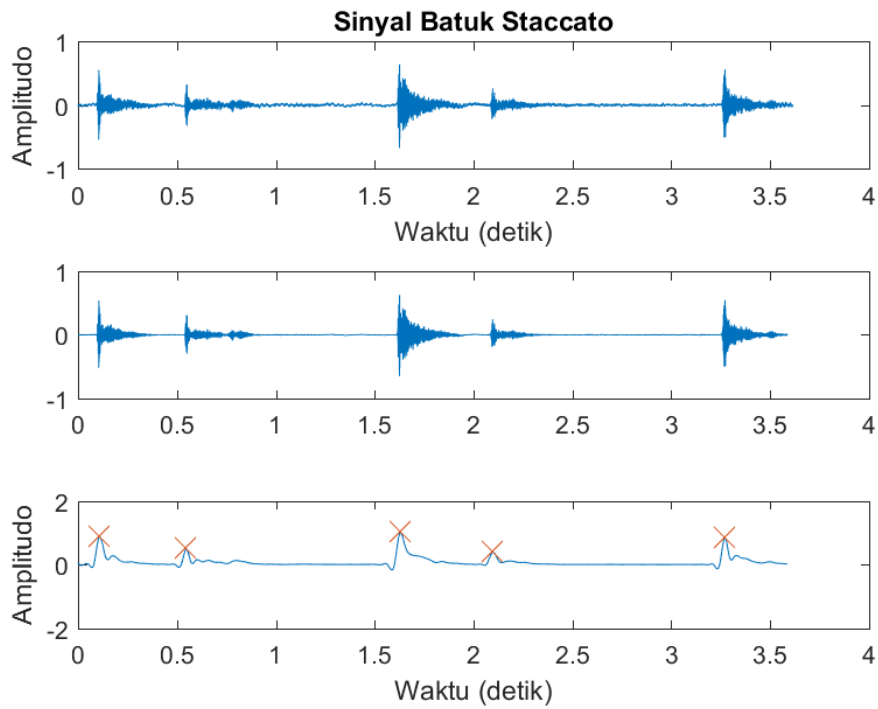
Subjek 1 Episode 1



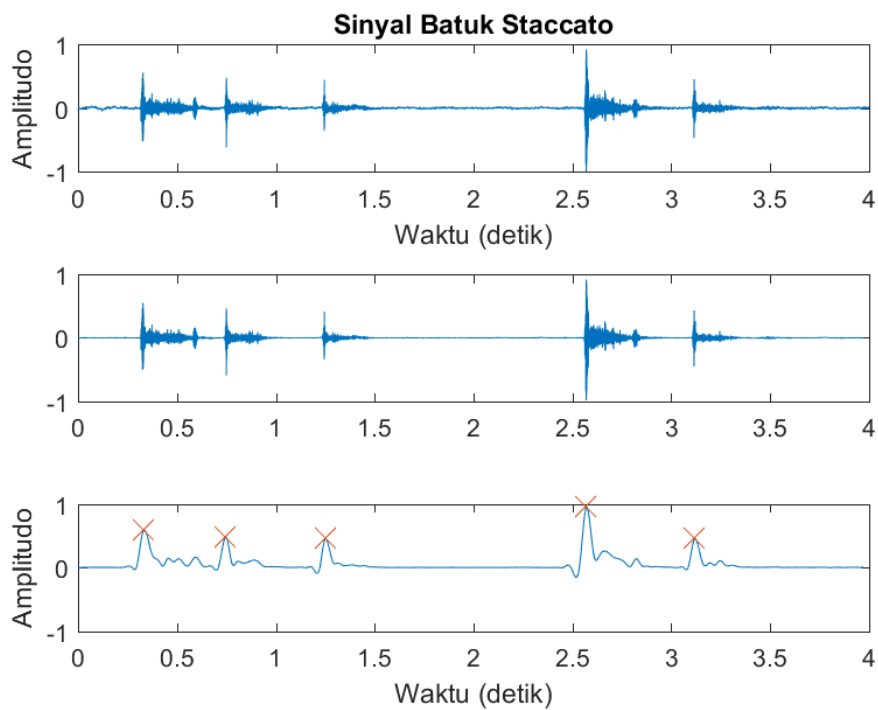
Subjek 1 Episode 2



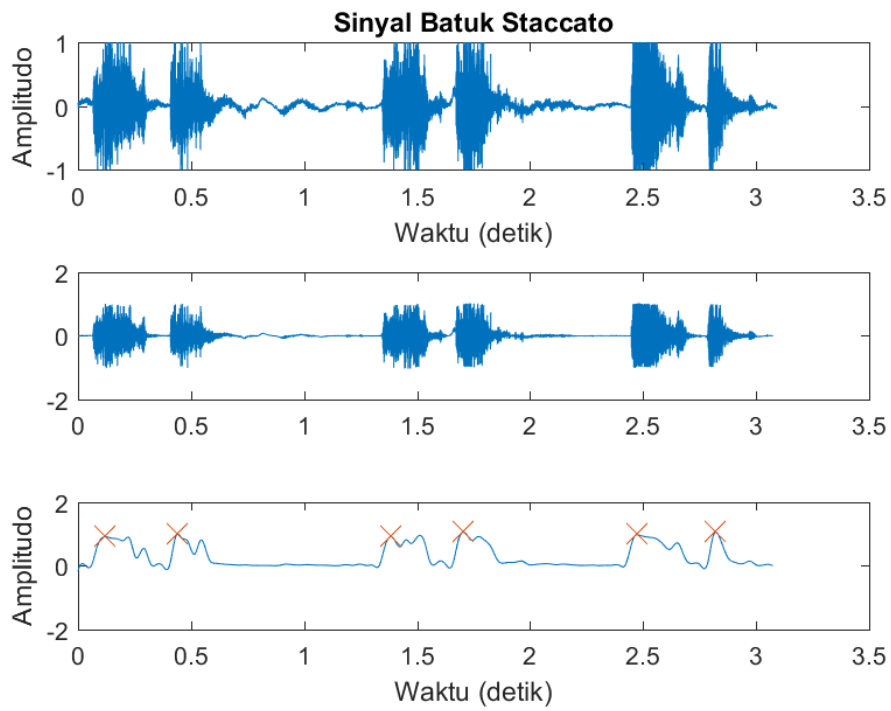
Subjek 2 Episode 1



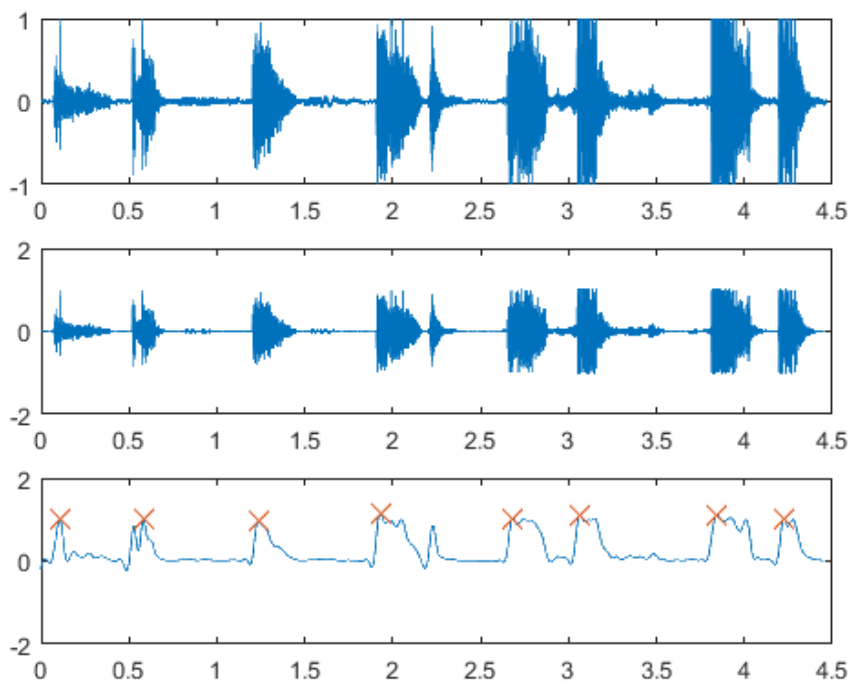
Subjek 2 Episode 2



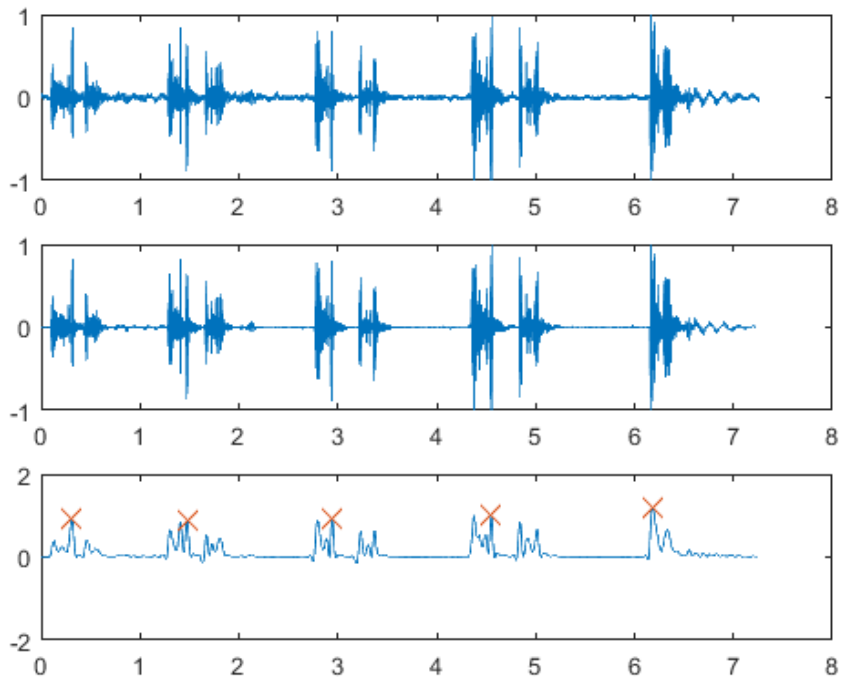
Subjek 3 Episode 1



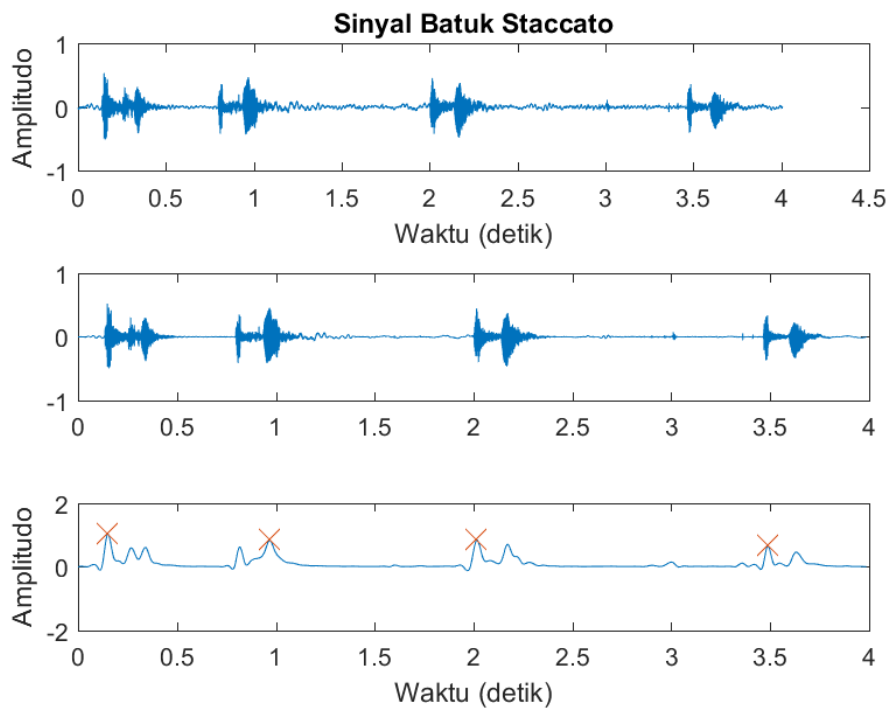
Subjek 3 Episode 2



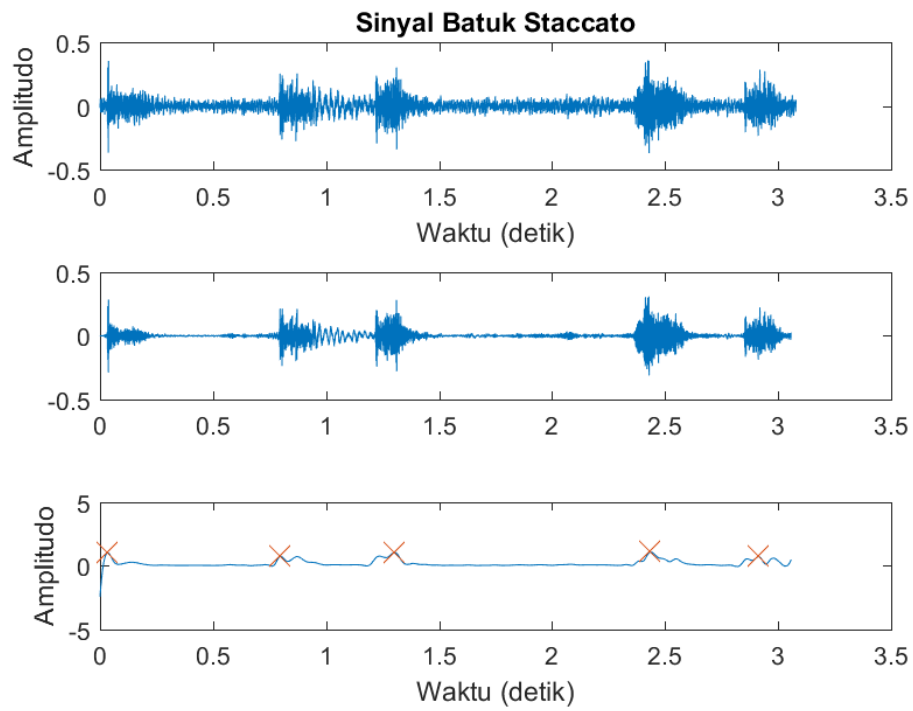
Subjek 4 Episode 1



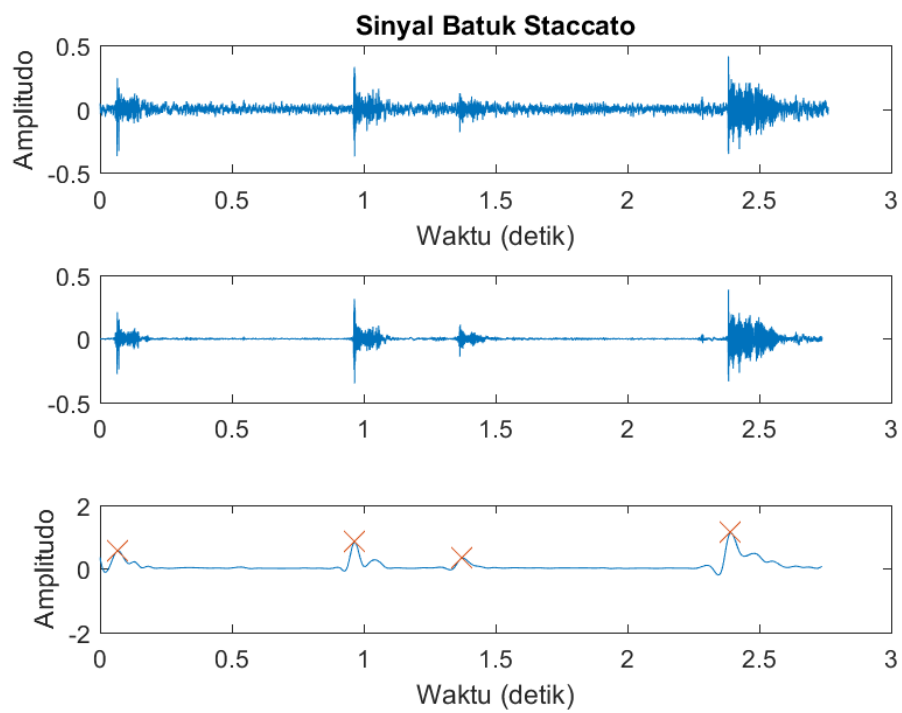
Subjek 4 Episode 2



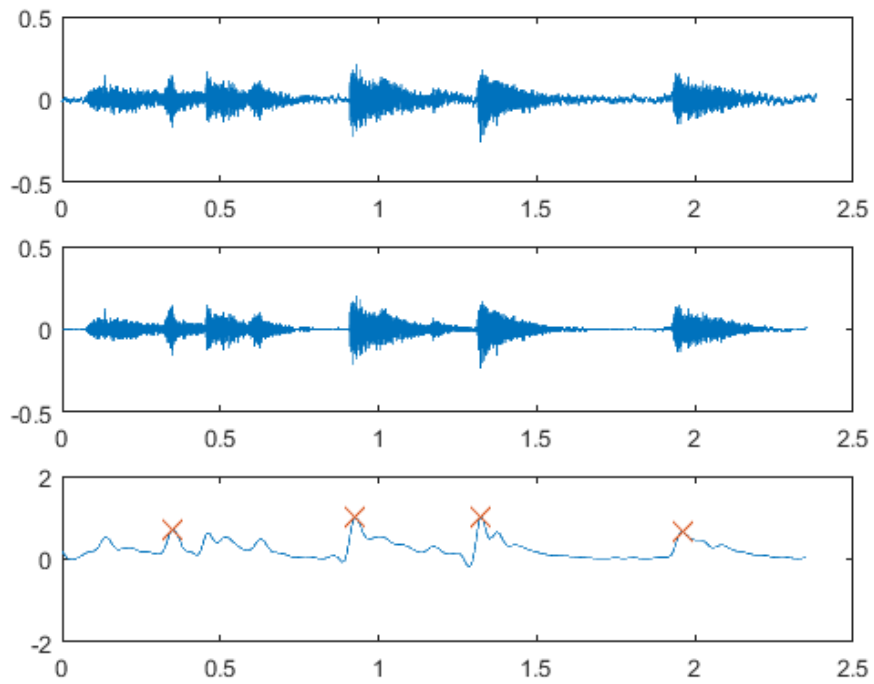
Subjek 5 Episode 1



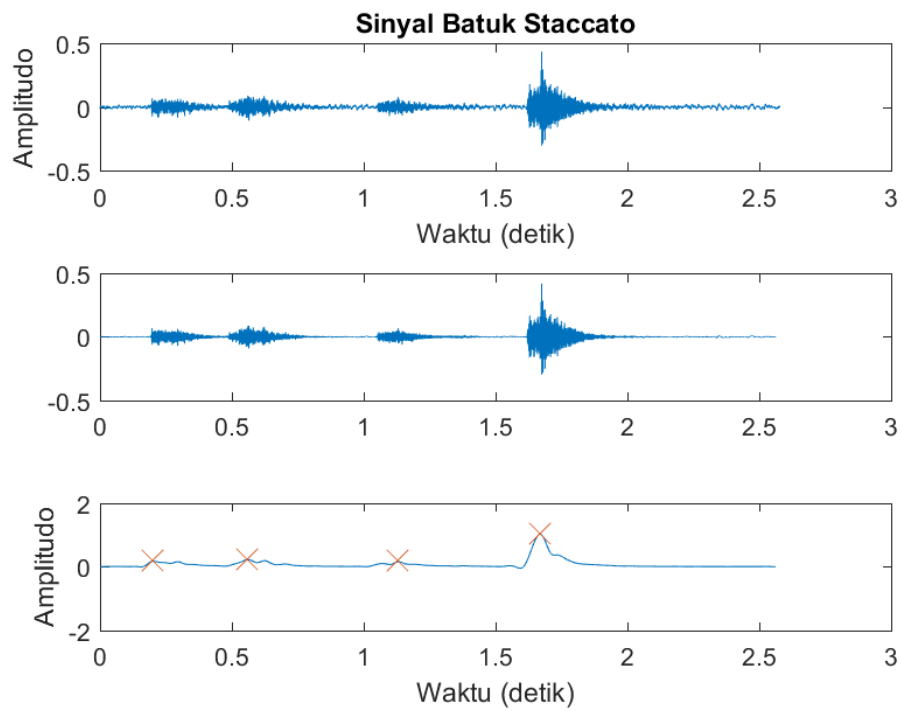
Subjek 5 Episode 2



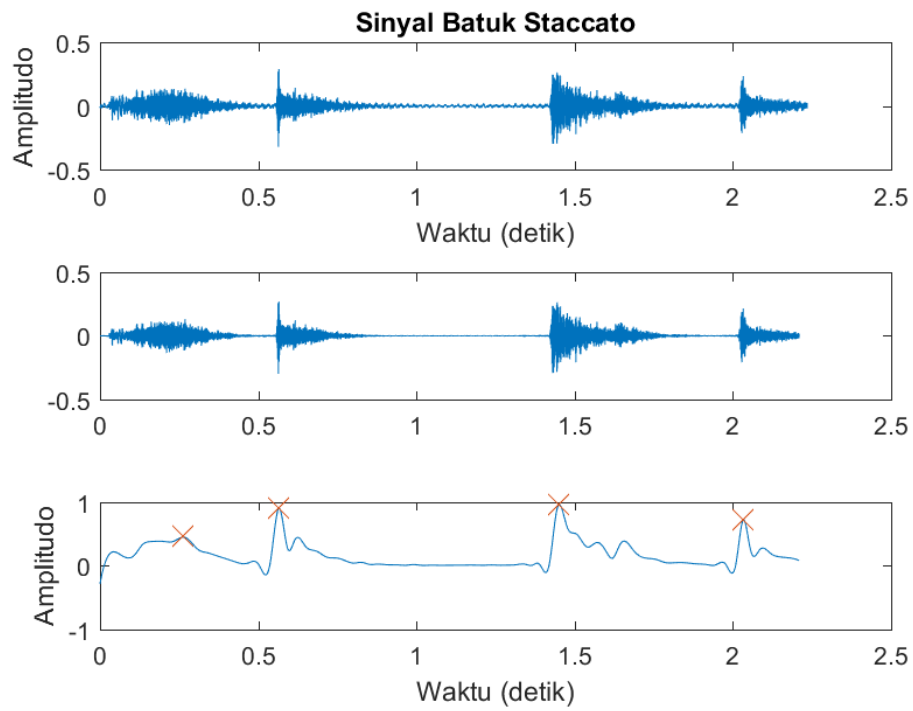
Subjek 6 Episode 1



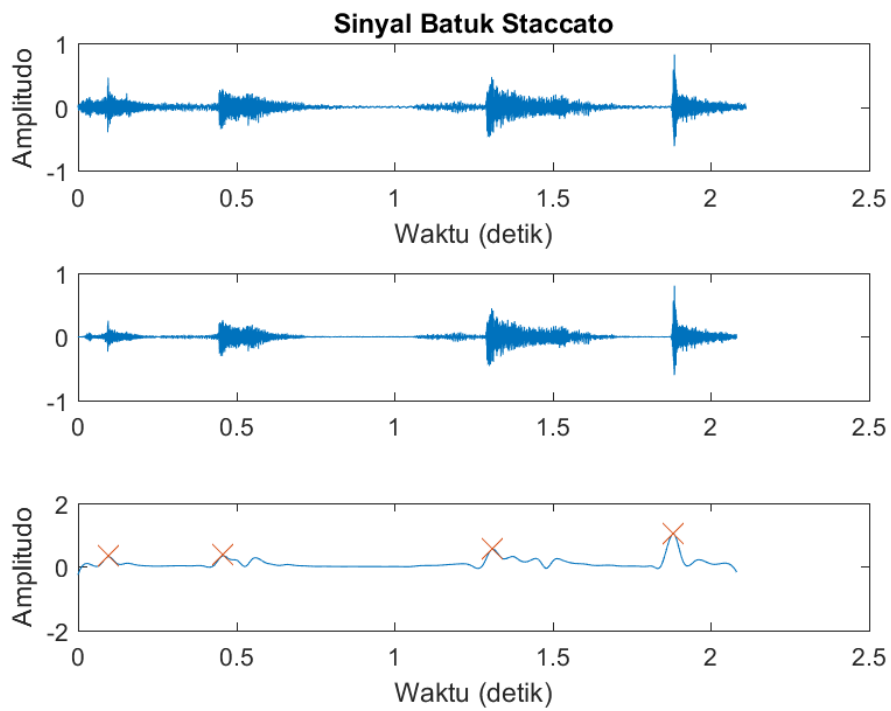
Subjek 6 Episode 2



Subjek 7 Episode 1

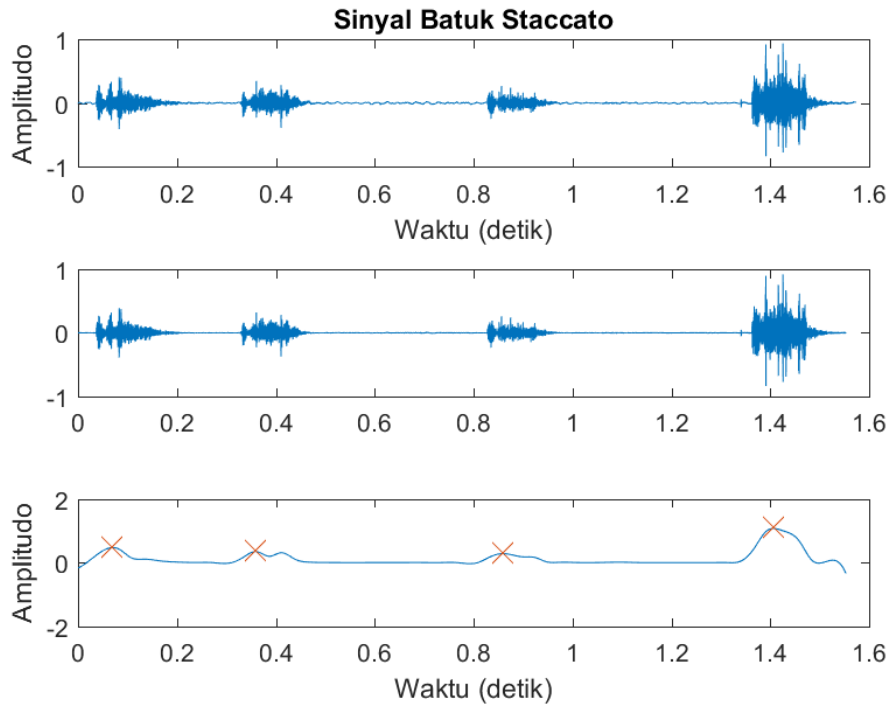


Subjek 7 Episode 2

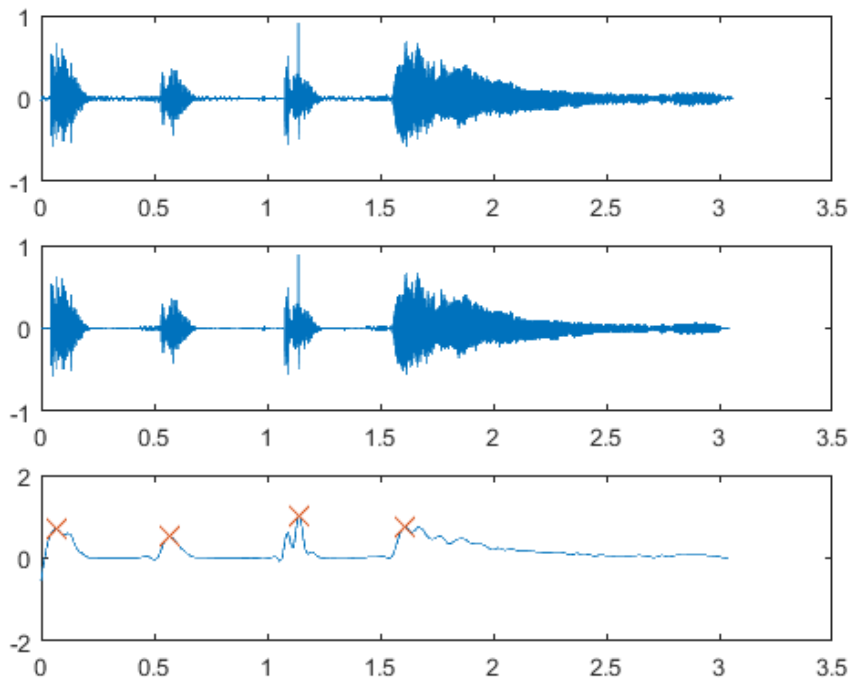




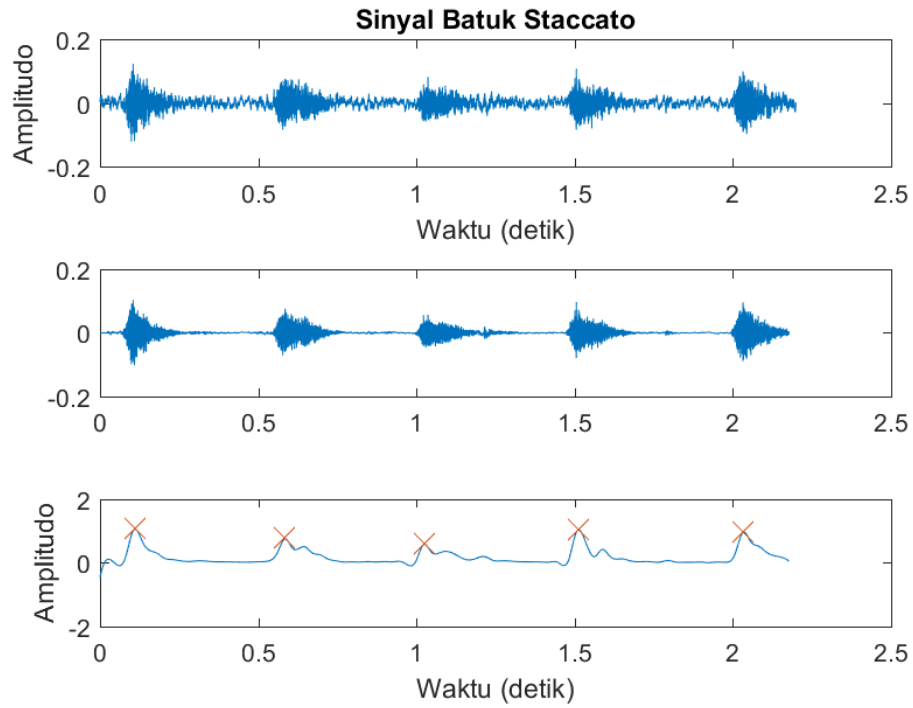
Subjek 8 Episode 1



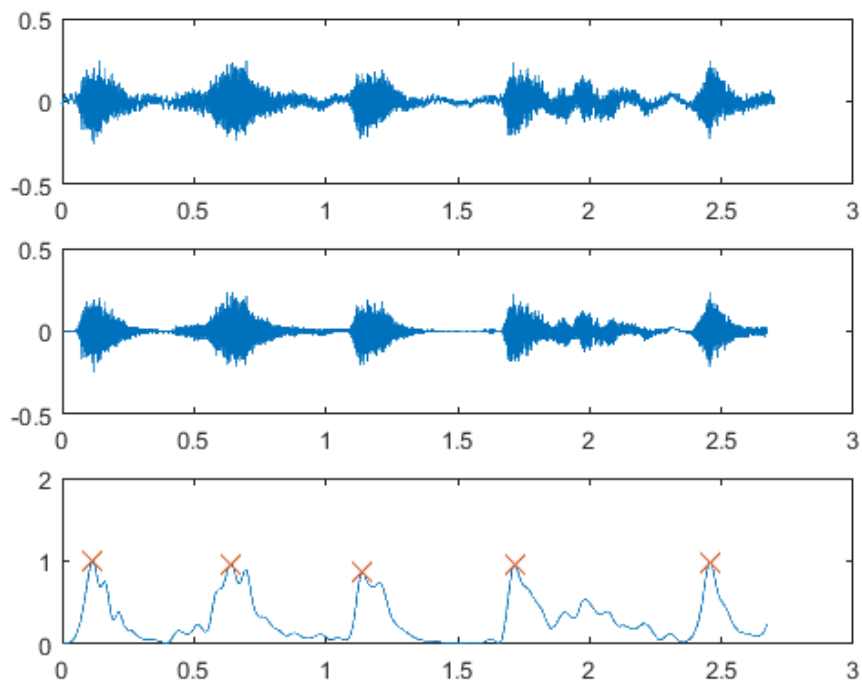
Subjek 8 Episode 2



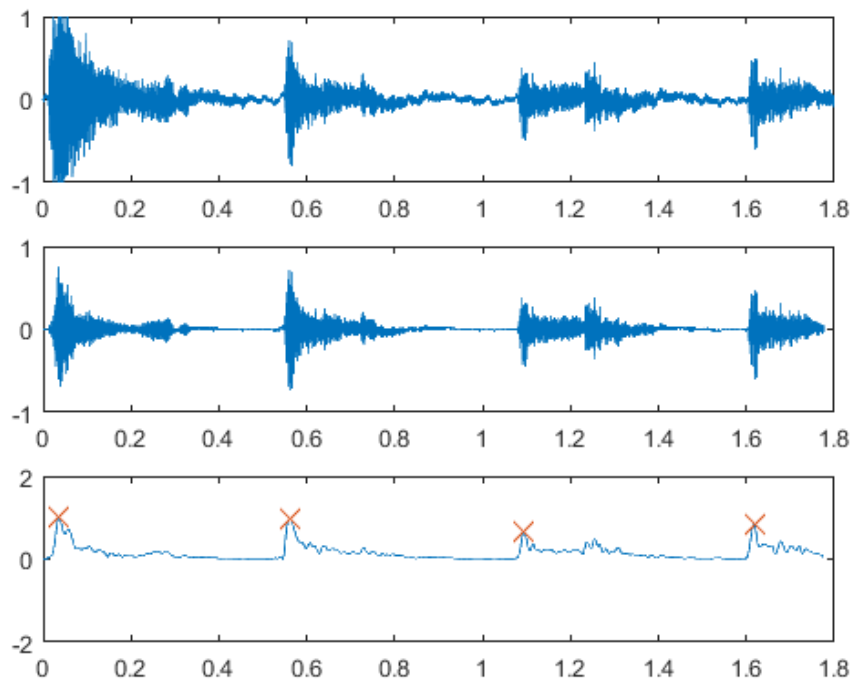
Subjek 9 Episode 1



Subjek 9 Episode 2



Subjek 10 Episode 1



Subjek 10 Episode 2

