



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENDETEKSIAN KONDISI ASFIKSIA JANIN  
DENGAN METODE HIDDEN MARKOV MODEL**

**SKRIPSI**

**RENY ANGGRAENY  
0906603032**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENDETEKSIAN KONDISI ASFIKSIA JANIN  
DENGAN METODE HIDDEN MARKOV MODEL**

**SKRIPSI**


**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**RENY ANGGRAENY  
0906603032**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Reny Anggraeny**  
**NPM : 0906603032**  
**Tanda Tangan : **  
**Tanggal : 2012**

## PENGESAHAN

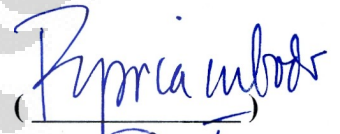
Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Reny Anggraeny  
NPM : 0906603032  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : PENDETEKSIAN KONDISI ASFIKSIA JANIN  
DENGAN METODE HIDDEN MARKOV  
MODEL

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

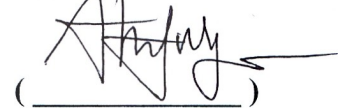
Pembimbing : Ir. Purnomo Sidi Priambodo M.Sc., Ph.D.



Penguji : Dr. Ir. Arman D. Diponegoro



Penguji : Prof. Dr. Ir. Harry Sudibyo M.Sc



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 5 Juli 2012

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan bantuan dan bimbingan serta doa dari banyak pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Purnomo Sidi Priambodo M.Sc., Ph.D, selaku dosen pembimbing I telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan dalam penyusunan skripsi ini
2. Dr. Ir. Arman D. Diponegoro, selaku dosen pembimbing II telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan dalam penyusunan skripsi ini
3. dr. Aditya yang telah telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran dalam memabantu proses pembuatan skripsi ini
4. Kedua orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral
5. Teman dan sahabat yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini

Dengan segala kerendahan hati, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis khususnya, serta bagi dunia pendidikan pada umumnya.

Depok, 5 Juli 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Reny Anggraeny  
NPM : 0906603032  
Program Studi : Elektro  
Departemen : Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PENDETEKSIAN KONDISI ASFIKSIA JANIN  
DENGAN METODE *HIDDEN MARKOV MODEL*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 5 Juli 2012  
Yang menyatakan,



(Reny Anggraeny)

## ABSTRAK

Nama : Reny Anggraeny  
Program Studi : Elektro  
Judul : Pendeteksian Kondisi Asfiksia Janin dengan Metode Hidden Markov Model

Tingkat kesejahteraan suatu negara dapat dilihat dari angka kematian bayi. Berdasarkan informasi dari WHO salah satu penyebab kematian bayi adalah asfiksia. Asfiksia merupakan kondisi kekurangan oksigen pada jaringan tubuh. Skripsi ini membahas tentang sistem identifikasi kondisi janin dengan menggunakan metode *Hidden Markov Model* (HMM). Data audio merupakan masukan pada sistem. Data audio ini merupakan hasil konversi gelombang spektrum yang berasal sensor *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS). Sistem ini terbagi menjadi dua proses utama, yaitu pembentukan *database* dan pengenalan kondisi janin. Kedua proses ini dilakukan dengan cara yang hampir sama yaitu pelabelan, pembentukan *codebook*, dan pembentukan parameter HMM. Dari parameter ini, hasil keluaran dapat diketahui dengan menghitung nilai probabilitas maksimum. Pada penelitian ini, digunakan data training sebanyak 5 dan 7 data dengan ukuran *codebook* 32, 64, 128, 256, 512, dan 1024. Dari hasil pengukuran, ukuran *codebook* yang optimal adalah 512. Sementara persentase akurasi bernilai 68% sampai 77%.

Kata kunci:  
Kondisi janin, HMM, *codebook*, LoP, data *training*

## ABSTRACT

Name : Reny Anggraeny  
Study Program : Electrical Engineering  
Title : Detection of Fetal Asphyxia Condition by Hidden Markov Model Method

The level of welfare of a country can be seen from its infant mortality rate. Based on WHO information, one of the causes of infant mortality is asphyxia. Asphyxia is the condition of lack of oxygen in body tissue. This final project discusses about identification system of fetal asphyxia condition by using Hidden Markov Model (HMM) method. Audio data is the input of the system. This audio data is the result of conversion of spectrum wave originated from Near Infrared Spectroscopy (NIRS) sensor. This system consists of two main processes: database construction and fetal condition recognition. These two processes are carried out with similar ways through labelling, codebook forming, and HMM parameter forming. From the parameter, the output can be detected by calculating the maximum value of Log of Probability. This research uses 5 and 7 training data with codebook size 32, 64, 128, 256, 512, dan 1024. From the calculation result, the optimum codebook size is 512. While the percentage of accuracy is 68% to 77%.

Key words:

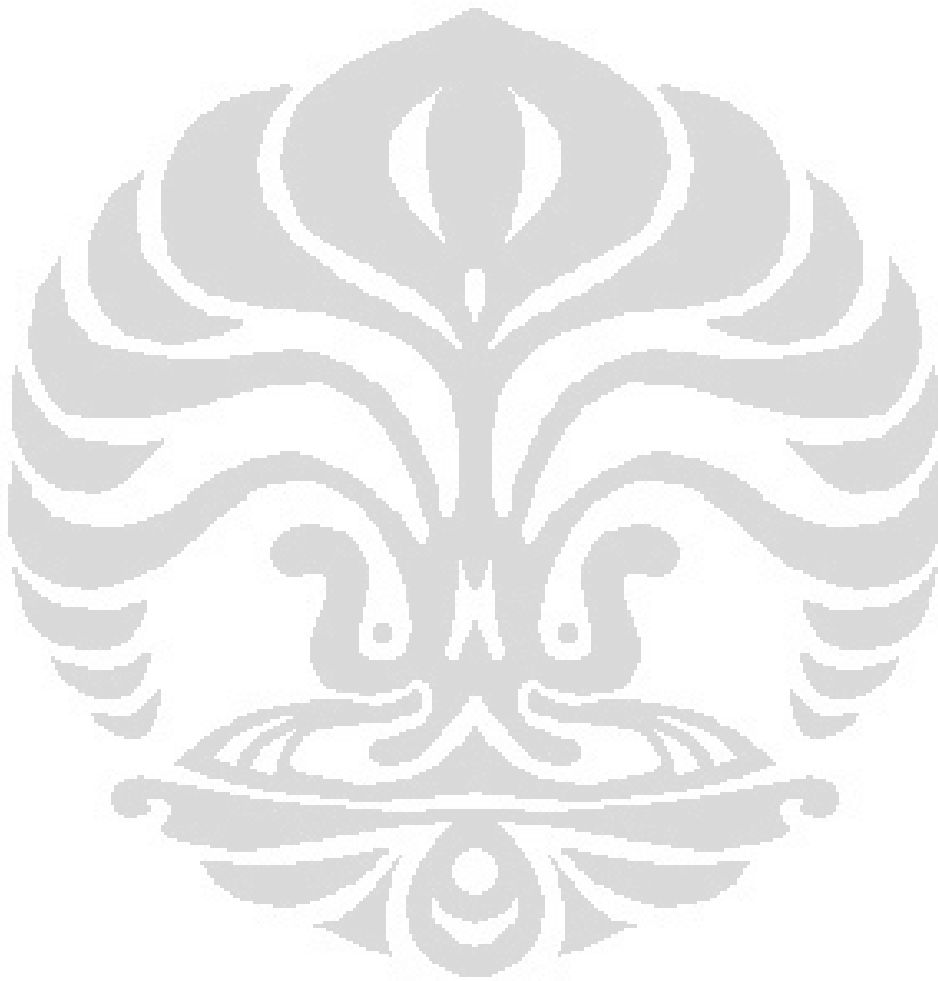
Fetal condition, HMM, codebook, LoP, training data



## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
<b>I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penulisan .....	2
1.3 Perumusan Masalah .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
<b>II DASAR TEORI</b> .....	5
2.1 Keseimbangan Asam Basa .....	5
2.2 Hipoksia dan Asfiksia .....	7
2.2.1 Hipoksia .....	7
2.2.2 Asfiksia .....	9
2.3 Spektroskopi Sinar Inframerah Dekat ( <i>Near Infrared Spectroscopy</i> ) ..	12
2.3.1 Pendeteksian Kondisi Janin Dengan Teknologi NIRS .....	13
2.4 Pemrosesan Sinyal Digital .....	17
2.4.1 <i>Sampling</i> .....	17
2.4.2 Ekstraksi .....	17
2.4.3 Kuantisasi Vektor .....	19
2.5 <i>Hidden Markov Model</i> .....	21
<b>III PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK DAN METODELOGI</b> ..	25
3.1 Algoritma Pembuatan <i>Database</i> .....	27
3.1.1 Pembuatan Label .....	28
3.1.2 Pembuatan <i>Codebook</i> dan Parameter HMM .....	29
3.2 Proses Identifikasi .....	33
<b>IV PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK DAN METODELOGI</b> ..	36
4.1 Proses Pengujian .....	36
4.2 Hasil Uji Coba .....	37
4.3 Rangkuman Hasil Uji Coba .....	46
4.4 Analisa Hasil Percobaan .....	47

4.1.1 Pengaruh Ukuran Codebook Terhadap Tingkat Akurasi Identifikasi Data.....	47
4.1.2 Pengaruh Jumlah Data <i>Training</i> Terhadap Tingkat Akurasi Identifikasi Data.....	48
<b>IV KESIMPULAN.....</b>	<b>51</b>
<b>DAFTAR ACUAN.....</b>	<b>52</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>54</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>		<b>Halaman</b>
2.1	Skala pH .....	5
2.2	Perbandingan jaringan otak janin yang mengandung banyak oksigen dan jaringan otak janin dengan sedikit oksigen .....	9
2.3	Proses terjadinya asfiksia pada janin.....	10
2.4	Wilayah gelombang inframerah dekat pada spektrum gelombang elektromagnet .....	12
2.5	Sensor NIRS.....	13
2.6	Proses pengumpulan data gelombang audio dari sensor NIRS.....	14
2.7	Posisi sensor NIRS pada perut bagian bawah .....	14
2.8	Posisi sensor pada cara konvensional dalam pendeteksian kondisi janin.....	15
2.9	Proses penyinaran NIRS ke jaringan otak.....	15
2.10	Pengubahan dari sinyal kontinu ke sinyal diskrit.....	17
2.11	Proses <i>frame blocking</i> pada sinyal .....	18
2.12	Titik vektor sebagai hasil <i>Fast Fourier Transform</i> .....	19
2.13	<i>Codeword</i> pada ruang dua dimensi .....	19
2.14	Proses <i>frame blocking</i> gelombang hingga terbentuknya <i>codebook</i> ..	20
2.15	HMM model ergodic dengan 3 <i>state</i> .....	21
2.16	Matriks transisi dengan 5 <i>state</i> .....	22
2.17	Pembentukan <i>state</i> pada HMM.....	24
3.1	Diagram alir program pendeteksi kondisi janin dengan menggunakan metode HMM .....	26
3.2	Tampilan program pembuatan label pada perangkat lunak .....	27
3.3	Tampilan program pembuatan <i>codebook</i> dan HMM .....	27
3.4	Diagram alir pembuatan <i>database</i> dengan metode HMM.....	28
3.5	Contoh hasil pembuatan label .....	29
3.6	(a) Komponen-komponen pada <i>codebook</i> .....	32
3.6	(b) Grafik LoP dengan 10 iterasi.....	32
3.7	Diagram alir proses identifikasi keadaan janin dengan metode <i>Hidden Markov Model</i> .....	34
3.8	Tampilan program identifikasi .....	35
4.1	Perbandingan persentase hasil uji sampel kondisi janin dengan 5 data <i>training</i> dan 7 data <i>training</i> dengan berbagai variasi ukuran <i>codebook</i> .....	47
4.2	Perbandingan persentase akurasi secara keseluruhan antara 5 dan 7 data <i>training</i> .....	47
4.3	<i>Codebook</i> 32 dengan 5 data <i>training</i> .....	49
4.4	<i>Codebook</i> 32 dengan 7 data <i>training</i> .....	49

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>		<b>Halaman</b>
4.1	Nama <i>file</i> yang digunakan sebagai <i>database</i> untuk 5 dan 7 data <i>training</i> .....	36
4.2	Hasil pengujian dengan 5 data <i>training</i> dengan <i>codebook</i> 32.....	38
4.3	Hasil pengujian dengan 5 data <i>training</i> dengan <i>codebook</i> 64.....	38
4.4	Hasil pengujian dengan 5 data <i>training</i> dengan <i>codebook</i> 128.....	39
4.5	Hasil pengujian dengan 5 data <i>training</i> dengan <i>codebook</i> 256.....	40
4.6	Hasil pengujian dengan 5 data <i>training</i> dengan <i>codebook</i> 512.....	40
4.7	Hasil pengujian dengan 5 data <i>training</i> dengan <i>codebook</i> 1024.....	41
4.8	Hasil pengujian dengan 7 data <i>training</i> dengan <i>codebook</i> 32.....	42
4.9	Hasil pengujian dengan 7 data <i>training</i> dengan <i>codebook</i> 64.....	42
4.10	Hasil pengujian dengan 7 data <i>training</i> dengan <i>codebook</i> 128.....	43
4.11	Hasil pengujian dengan 7 data <i>training</i> dengan <i>codebook</i> 256.....	44
4.12	Hasil pengujian dengan 7 data <i>training</i> dengan <i>codebook</i> 512.....	44
4.13	Hasil pengujian dengan 7 data <i>training</i> dengan <i>codebook</i> 1024.....	45
4.14	Rangkuman data hasil uji untuk 5 data <i>training</i> untuk masing-masing <i>codebook</i> .....	46
4.15	Rangkuman data hasil uji untuk 7 data <i>training</i> untuk masing-masing <i>codebook</i> .....	46
4.16	Perbandingan persentase akurasi untuk 5 dan 7 data <i>training</i> .....	46

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Tingkat kesejahteraan dan kemajuan suatu negara dapat dilihat dari angka kematian bayi. Di seluruh dunia, setiap tahun diperkirakan 4 juta bayi meninggal pada tahun pertama kehidupannya dan dua pertiganya meninggal pada bulan pertama. Dua pertiga dari yang meninggal pada bulan pertama meninggal pada minggu pertama. Dua pertiga dari yang meninggal pada minggu pertama, meninggal pada hari pertama [1].

Angka kematian bayi sangat dipengaruhi oleh angka kematian perinatal. Masa perinatal merupakan masa kehamilan 28 minggu sampai hari ketujuh setelah masa persalinan [2]. Beberapa penyebab kematian perinatal antara lain karena kurangnya oksigen dalam rahim (hipoksia intrauterin) dan kegagalan nafas secara spontan dan teratur beberapa saat setelah dilahirkan (asfiksia neonatorum). Kekurangan oksigen ini selanjutnya mengakibatkan penurunan nilai pH darah. Penurunan pH darah hingga kurang dari batas normal akan menyebabkan kerusakan sel di berbagai organ seperti hati, ginjal, jantung, otak bahkan kematian.

Laporan dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menyebutkan bahwa sejak tahun 2000 – 2003 asfiksia menempati urutan ke-6, yaitu sebanyak 8%, sebagai penyebab kematian anak diseluruh dunia setelah pneumonia, malaria, sepsis neonatorum dan kelahiran prematur [3]. Salah satu upaya untuk menurunkan angka kematian perinatal yang disebabkan oleh hipoksia ataupun asfiksia neonatorum ini antara lain dengan melakukan pemantauan kesehatan janin.

Salah satu cara yang digunakan dalam memantau kesehatan janin adalah dengan mengetahui kondisi janin sebelum dilahirkan yang dapat dianalisa melalui nilai pH darah. Pentingnya analisa kondisi janin ini mendorong dilakukannya penelitian terhadap identifikasi kondisi janin tersebut. Pengamatan terhadap keadaan gawat janin pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan teknologi

spektroskopi sinar inframerah dekat (*Near Infrared Spectroscopy/NIRS*). Teknologi spektroskopi ini menggunakan wilayah gelombang infra merah pada spektrum elektromagnet. Disebut inframerah dekat karena wilayah yang digunakan berada dekat dengan wilayah gelombang tampak. Sensor NIRS yang digunakan pada penelitian ini menghasilkan data keluaran berupa spektrum gelombang cahaya yang kemudian dikonversikan menjadi gelombang audio. Selanjutnya, gelombang audio ini menjadi data masukan pada perangkat lunak pendeteksi kondisi janin sedangkan metode yang digunakan untuk pengenalan suara (*voice recognition*) adalah metode *Hidden Markov Model*.

*Hidden Markov Model* (HMM) merupakan salah satu metode pengenalan suara. Jika dibandingkan dengan metode pengenalan lainnya seperti jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*), HMM memiliki beberapa keunggulan. Untuk pengenalan kondisi dengan ketidakpastian yang tinggi, metode jaringan syaraf tiruan membutuhkan banyak sampel dan proses pembelajaran yang panjang sedangkan HMM merupakan metode dengan pendekatan statistik yang tidak diobservasi secara langsung melainkan diobservasi menggunakan parameter yang tersembunyi sehingga jumlah sampel yang dibutuhkan tidak terlalu banyak dan hasil yang diperoleh lebih optimal walaupun pembelajarannya lebih kompleks bila dibandingkan dengan metode jaringan syaraf tiruan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan HMM sebagai metode pengenalan.

## **1.2 Tujuan Penulisan**

Tujuan penulisan skripsi ini adalah melakukan analisa terhadap akurasi metode *Hidden Markov Model* yang digunakan untuk mendeteksi kondisi janin. Data masukan untuk malakukan analisa ini berasal dari pengukuran dengan menggunakan teknik spektroskopi sinar inframerah dekat (*Near Infrared Spectroscopy /NIRS*).

### 1.3 Perumusan Masalah

Topik yang didiskusikan dalam penulisan skripsi ini dirumuskan menjadi:

1. Pengenalan jenis gelombang yang berformat \*.wav yang kemudian dideteksi sebagai keadaan asfiksia, preasfiksia atau normal sesuai dengan *database* yang ada
2. Pengaruh jumlah *database* dan *codebook*, terhadap pengenalan gelombang tersebut

### 1.4 Batasan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini dibatasi pada beberapa hal berikut :

1. Hanya menerapkan *voice recognition* dengan metode *Hidden Markov Model* untuk indentifikasi kondisi janin tanpa perancangan sensor NIRS secara fisik
2. Jenis kondisi janin yang akan dikenali pada perangkat lunak terdiri dari tiga kategori yaitu normal, preasfiksia, dan asfiksia
3. Data *training* yang digunakan untuk masing-masing jenis kondisi janin berjumlah 5 dan 7
4. Ukuran *codebook* yang digunakan adalah 32, 64, 128, ,326, 512 dan 1024

### 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari empat bab, dimana setiap bab mempunyai kaitan satu sama lain, yaitu :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan

#### **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini berisi teori-teori penunjang mengenai kondisi janin dan *Hidden Markov Model* yang didapat dari literatur, buku-buku, jurnal, penjelasan yang

**Universitas Indonesia**

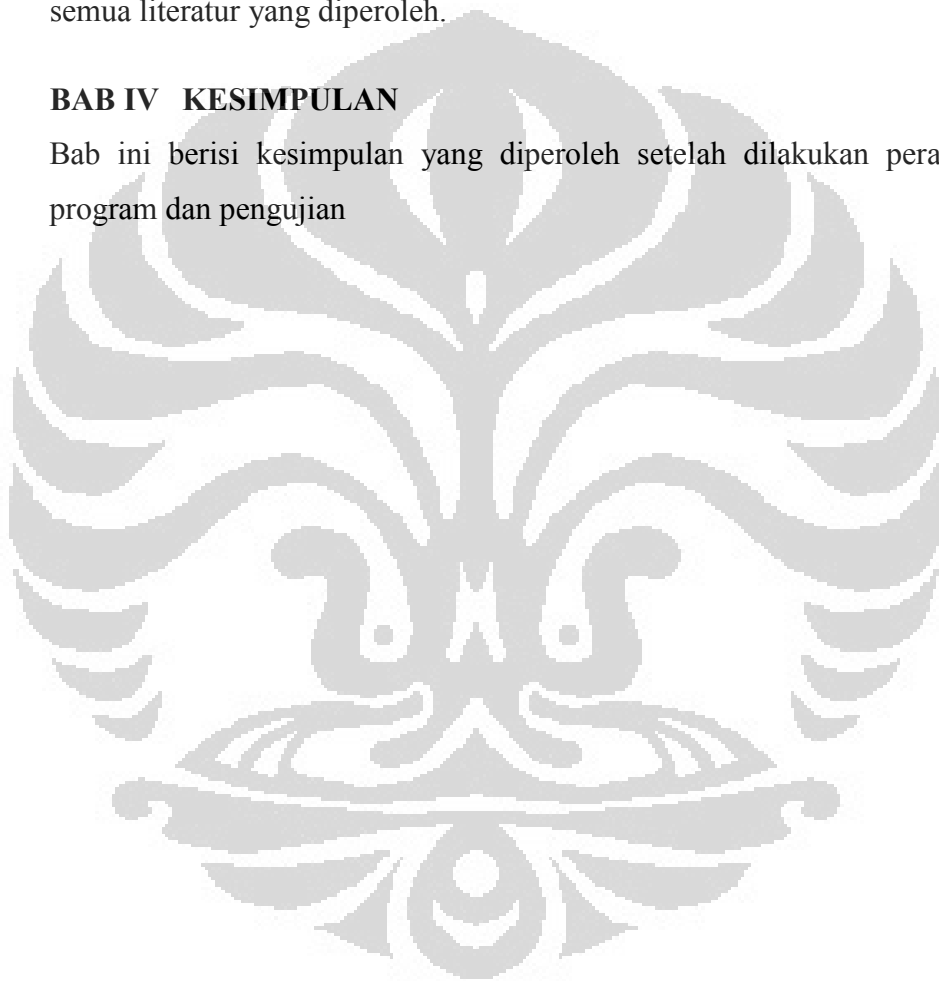
diberikan oleh dosen pembimbing, internet dan artikel-artikel yang berhubungan dengan pembuatan skripsi ini.

### **BAB III PERANCANGAN DAN METODOLOGI**

Bab ini berisi penjelasan secara keseluruhan tentang sistem kerja perancangan perangkat lunak serta diagram alir dan algoritma proses dari program pengolah data. Perancangan sistem kerja merupakan gabungan dari semua literatur yang diperoleh.

### **BAB IV KESIMPULAN**

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh setelah dilakukan perancangan program dan pengujian



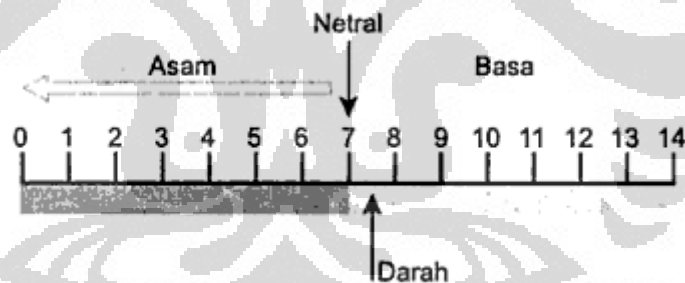


## BAB II TEORI DASAR

### 2.1 Keseimbangan Asam Basa

Tubuh manusia terdiri dari 90 persen cairan. Cairan ini berguna untuk menyeimbangkan kebutuhan air di dalam tubuh. Sifat cairan pada tubuh manusia ada yang bersifat asam atau basa. Keseimbangan asam basa dalam tubuh manusia dapat diukur dengan menggunakan pH. pH berasal dari kata *potenz of Hydrogen* (potensial Hidrogen) atau derajat keasaman [4].

Asam dalam cairan tubuh manusia adalah zat yang dapat memberikan ion hidrogen ( $H^+$ ), sedangkan basa atau alkali adalah suatu zat yang dapat menerima ion hidrogen. Konsentrasi  $H^+$  dinyatakan sebagai  $[H^+]$ . Skala pH digunakan untuk menentukan konsentrasi ion hidrogen dalam suatu larutan. Skala pH bernilai antara 1 sampai 14. Nilai 1 menunjukkan larutan bersifat asam kuat, sedangkan nilai 14 menunjukkan larutan bersifat basa kuat. Sifat netral pada larutan ditunjukkan dengan nilai 7 [5].



Gambar 2.1 Skala pH [5]

Skala pH didapat dari logaritma yang berarti bahwa perubahan satu skala menunjukkan perubahan sepuluh kali lipat dalam  $[H^+]$ . Kadar normal pH pada darah arteri orang dewasa berkisar antara 7,35 sampai 7,45 dapat dipertahankan [5]. Jika pH berada diluar kisaran tersebut, akan terjadi disfungsi fisiologis secara cepat. Jika terjadi peningkatan konsentrasi ion hidrogen, pH akan turun dan dapat mengakibatkan terjadinya asidosis di dalam darah, begitu pula sebaliknya [6]. Asidosis merupakan suatu kondisi yang terjadi ketika paru-paru

tidak dapat menghilangkan semua karbondioksida yang diproduksi oleh tubuh sehingga mengakibatkan terjadinya tidak keseimbangan antara asam-basa. Agar terjadi keseimbangan antara asam-basa, jumlah ion hidrogen yang diekskresikan melalui respirasi dan urin harus seimbang dengan jumlah ion hidrogen yang diproduksi oleh proses metabolisme [5].

Untuk mencegah akumulasi ion hidrogen, beberapa mekanisme diperlukan oleh tubuh adalah sebagai berikut [5]:

- ① Sistem *buffer* (penyangga)
- ① Ekskresi (pembuangan zat yang tidak diperlukan oleh tubuh) karbondioksida oleh paru-paru yang bekerja beberapa menit untuk menyesuaikan pH
- ① Ekskresi ion hidrogen dari ginjal yang mengeluarkan kelebihan ion hidrogen

Komponen yang mempengaruhi pH antara lain adalah tekanan CO<sub>2</sub>. Tekanan CO<sub>2</sub> berbanding terbalik dengan pH. Jika gas CO<sub>2</sub> bergerak ke arah kesetimbangan bersama CO<sub>2</sub> yang terlarut maka tekanan parsial keduanya akan seimbang. Pembentukan asam karbonat dari CO<sub>2</sub> terjadi karena adanya enzim karbonik anhidrase dalam sel darah merah. Persamaan kimia proses pembentukan asam karbonat adalah sebagai berikut [6] :



Asam karbonat merupakan komponen penting pada pengaturan pH cairan ekstraseluler. Agar pH tetap berada pada keadaan normal, diperlukan sistem *buffer*. *Buffer* (penyangga) adalah zat yang dapat menerima ion hidrogen dari larutan asam dan memberikan ion hidrogen ke larutan basa sehingga perubahan pH dapat diminimalkan. Sistem *buffer* yang utama pada tubuh manusia adalah [5]:

- ① Sistem bikarbonat (hidrogen bikarbonat)
- ① Sistem hidrogen fosfat
- ① Plasma protein termasuk hemoglobin

Ion hidrogen secara tetap diproduksi oleh tubuh sedangkan *buffer* akan memelihara keseimbangan pH dan juga keseimbangan ion hidrogen.

Adanya gangguan keseimbangan asam basa pada darah dapat mengakibatkan gangguan berupa asidosis metabolik maupun respiratorik. Salah satu penyebab terjadinya asidosis metabolik adalah karena adanya kegagalan dalam mengekskresikan ion hidrogen dalam kecepatan normal pada ginjal. Sedangkan asidosis respiratorik terjadi karena kadar  $\text{CO}_2$  yang meningkat. Pada keadaan hipoksia, terjadi asidosis metabolik yang lebih besar dari asidosis respiratorik karena produksi asam metabolik yang dihasilkan oleh sel yang mengalami hipoksia.

Keseimbangan asam basa pada janin dapat dilihat dari nilai pH kepala janin. Acuan nilai pH pada kepala janin yang dapat mengkonfirmasi suatu keadaan gawat janin dikelompokkan menjadi tiga yaitu [6] :

- ⊖ pH yang bernilai  $> 7,25$  menunjukkan janin dalam keadaan normal
- ⊖ pH yang bernilai  $7,20 - 7,25$  menunjukkan keadaan preasfiksia
- ⊖ pH yang bernilai  $< 7,20$  menunjukkan keadaan asfiksia

## **2.2 Hipoksia dan Asfiksia**

### **2.2.1 Hipoksia**

Hipoksia adalah suatu keadaan terjadinya kekurangan oksigen di dalam jaringan. Hipoksia terjadi karena gangguan pertukaran gas serta transpor oksigen dari ibu ke janin sehingga terdapat gangguan dalam persediaan oksigen dan dalam menghilangkan karbondioksida. Gangguan ini dapat berlangsung secara menahun akibat kondisi atau kelainan pada ibu selama kehamilan atau secara mendadak karena hal-hal yang diderita ibu dalam persalinan.

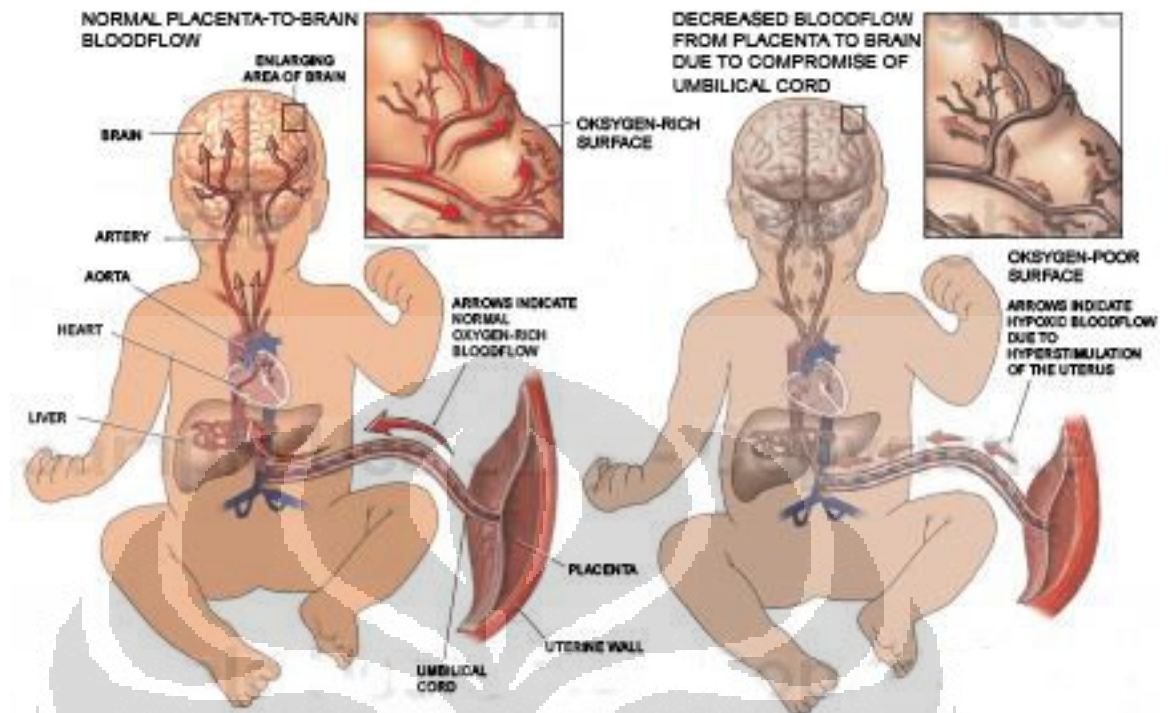
Penyebab hipoksia pada janin antara lain [7] :

- ⊖ Oksigenasi yang tidak cukup dari darah maternal (ibu) yang disebabkan hipoventilasi selama proses pembiusan, kelainan jantung kongenital, gagal nafas, atau keracunan  $\text{CO}_2$ . Hipoventilasi adalah berkurangnya ventilasi paru yang menyebabkan terjadinya peningkatan tekanan  $\text{CO}_2$  sampai diatas 45 mmHg.
- ⊖ Tekanan darah ibu yang rendah akibat dari anestesi spinal (anestesi dengan tindakan penyuntikan obat) atau tekanan uterus pada vena cava dan aorta.

- ⊖ Relaksasi uterus kurang karena pemberian secara berlebihan hormon oksitosin yang berfungsi untuk merangsang kontraksi pada rahim saat proses persalinan.
- ⊖ Plasenta terlepas dini.
- ⊖ Penekanan pada tali pusat atau lilitan tali pusat.

Sedangkan penyebab hipoksia pada bayi yang baru lahir antara lain [7] :

- ⊖ Anemia berat karena pendarahan atau penyakit hemolitik. Anemia yang diakibatkan oleh penyakit hemolitik ini terjadi karena adanya pemecahan yang berlebihan dari sel eritrosit (hemolisis) tanpa diikuti oleh kemampuan yang cukup dari sumsum tulang untuk memproduksi sel eritrosit.
- ⊖ *Shock* atau renjatan akan menurunkan transport oksigen ke sel-sel penting disebabkan oleh infeksi berat, kehilangan darah dan perdarahan intrakranial atau adrenal. *Shock* atau renjatan merupakan kumpulan gejala-gejala yang diakibatkan oleh karena gangguan perfusi jaringan yaitu aliran darah ke organ tubuh tidak dapat mencukupi kebutuhannya.
- ⊖ Defisit saturasi oksigen arterial karena kegagalan pernafasan yang disebabkan kerusakan otak, narkosis atau cedera. Narkosis adalah penurunan fungsi sistem saraf pusat yang ditandai dengan insensibilitas .
- ⊖ Kegagalan oksigenasi karena kelainan jantung kongenital berat atau penyakit paru. Kelainan jantung kongenital (*Congenital Heart Disease*) adalah sebelum bayi dilahirkan. Kelainan jantung kongenital merupakan kelainan yang disebabkan gangguan perkembangan sistem kardiovaskuler pada embrio yang diduga karena adanya faktor endogen dan eksogen.



Gambar 2.2 Perbandingan jaringan otak janin yang mengandung banyak oksigen dan jaringan otak janin dengan sedikit oksigen [8]

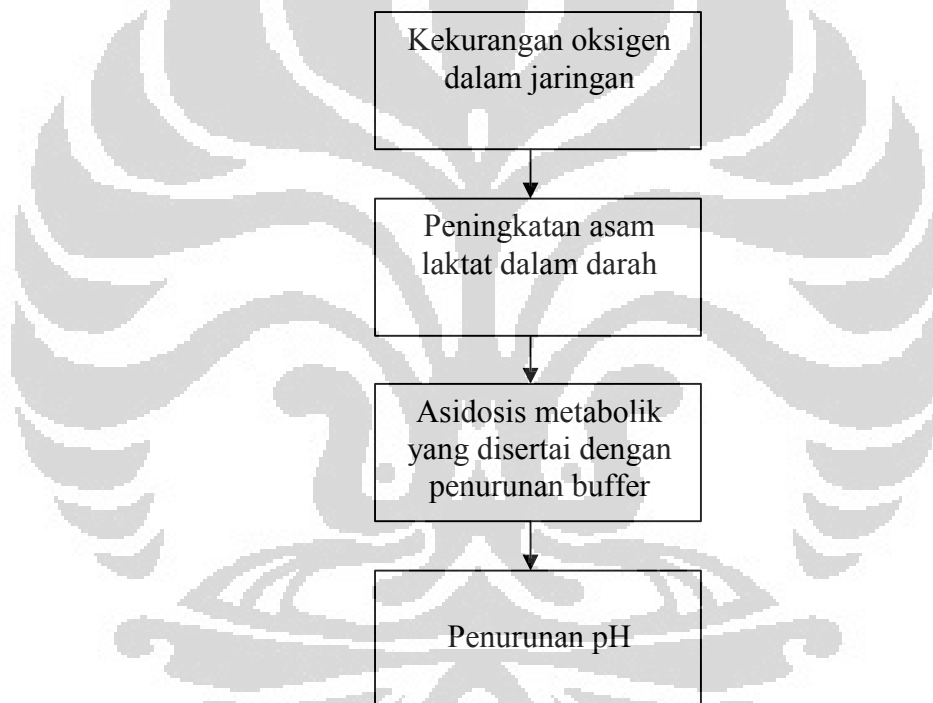
### 2.2.2 Asfiksia

Asfiksia pada dasarnya adalah kekurangan oksigen. Menurut Sherwood, asfiksia adalah jaringan kekurangan oksigen disebabkan oleh tidak adanya oksigen dalam udara pernapasan atau ketidakmampuan jaringan menggunakan oksigen [2]. Menurut Ikatan Dokter Anak Indonesia, asfiksia adalah kegagalan napas secara spontan dan teratur pada saat lahir atau beberapa saat setelah lahir yang ditandai dengan hipoksemia yaitu keadaan yang ditandai tekanan  $\text{CO}_2$  yang rendah, hiperkarbia yaitu keadaan terjadinya penumpukan  $\text{CO}_2$  di dalam darah dan asidosis sedangkan menurut WHO, asfiksia adalah kegagalan bernapas secara spontan dan teratur segera setelah lahir [1].

Asfiksia pada umumnya adalah kelanjutan dari hipoksia janin dalam uterus (hipoksia intrauterin) terjadi karena gangguan pertukaran gas serta transport oksigen dari ibu ke janin [9]. Keadaan ini dapat menyebabkan perkembangan kecerdasan otak bayi tidak optimal bahkan dapat menyebabkan kematian. Akibat jangka panjang asfiksia neonatorum dapat dicegah bila hal tersebut diketahui

sebelum lahir. Makin lama gangguan ini terjadi makin hebat pula akibatnya terutama pada susunan syaraf pusat. Pada keadaan asfiksia, terjadi 3 hal. Pertama, hipoksia merupakan keadaan kekurangan oksigen dan merupakan pencetus asfiksia. Kedua, hiperkapnia dimana jantung berusaha untuk memenuhi oksigen dengan cara bekerja keras memompa darah agar asupan oksigen dapat terpenuhi segera. Ketiga adalah asidosis metabolik yang disertai oleh penurunan buffer basa [9].

Pengaruh kekurangan oksigen pada janin terhadap nilai pH dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut [6] :



Gambar 2.3 Proses terjadinya asfiksia pada janin

Pada keadaan asfiksia yang lama dan berat, terjadi perubahan oksidasi aerob menjadi glikolisis anaerob dengan menggunakan cadangan karbohidrat dan menghasilkan sejumlah laktat yang akan menurunkan pH. Penurunan pH hingga kurang dari 7,0 akan menyebabkan kerusakan sel di berbagai organ seperti hati, ginjal, jantung dan otak.

Beberapa penyebab kekurangan oksigen pada janin adalah sebagai berikut [10] :

1. Faktor Ibu

a. Hipoksia Ibu

Dapat terjadi karena hipoventilasi akibat pemberian obat analgetik atau anestesi dalam. Kondisi ini akan menimbulkan hipoksia janin dengan segala akibatnya.

b. Gangguan saluran darah uterus

Berkurangnya aliran darah pada uterus akan menyebabkan berkurangnya aliran oksigen ke plasenta dan juga ke janin, kondisi ini sering ditemukan pada gangguan kontraksi uterus, hipotensi mendadak pada ibu karena pendarahan, hipertensi pada penyakit eklamsi.

2. Faktor Plasenta

Pertukaran gas antara ibu dan janin dipengaruhi oleh luas dan kondisi plasenta, asfiksia janin dapat terjadi bila terdapat gangguan mendadak pada plasenta, misalnya pendarahan plasenta.

3. Faktor Fetus

Kompresi umbilikus akan mengakibatkan terganggunya aliran darah dalam pembuluh darah umbilikus dan menghambat pertukaran gas antara ibu dan janin, Gangguan ini dapat ditemukan pada keadaan tali pusat menumpuk, melilit leher, kompresi tali pusat antara jalan lahir dan janin.

4. Faktor Neonatus

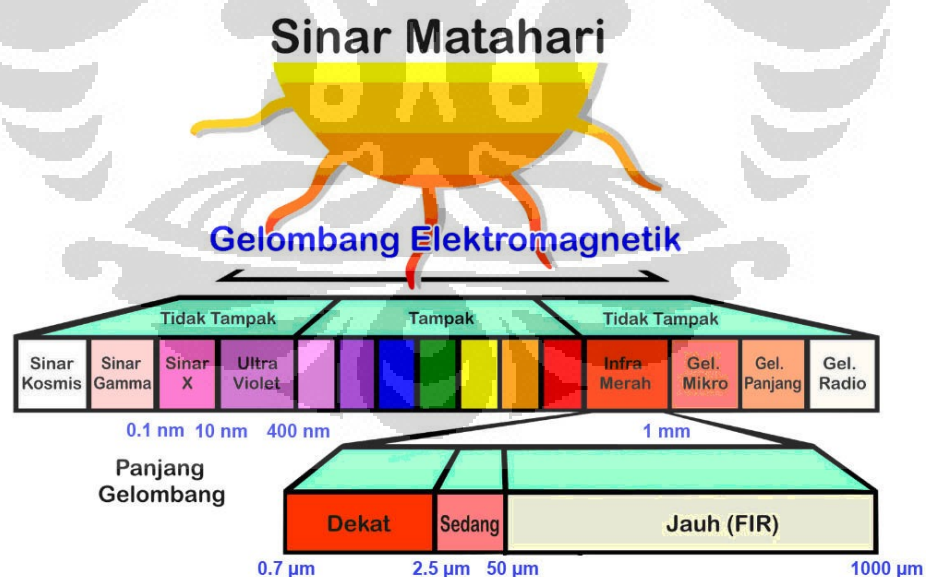
Depresi pusat pernapasan pada bayi baru lahir dapat terjadi karena beberapa hal yaitu pemakaian obat anestesi yang berlebihan pada ibu, trauma yang terjadi saat persalinan misalnya pendarahan intrakranial, kelainan melalui kongenital pada bayi misalnya hernia diafragmatika, atresia, atau stenosis saluran pernapasan, hipoplasia paru.

Akibat jangka panjang asfiksia neonatorum yang diakibatkan oleh hipoksia dapat diperbaiki apabila keadaan ini dapat diketahui sebelum kelahiran, sehingga dapat diusahakan untuk mempersingkat masa hipoksemia yang terjadi.

Semakin lama gangguan ini terjadi semakin besar pula akibatnya terutama pada susunan saraf [9].

### 2.3 Spektroskopi Sinar Inframerah Dekat (*Near Infrared Spectroscopy*)

Pada penelitian ini, pendeteksian kondisi janin dilakukan menggunakan teknologi spektroskopi sinar inframerah dekat (*near infrared spectroscopy/NIRS*). Spektroskopi adalah ilmu yang mempelajari materi dan atributnya berdasarkan cahaya, suara atau partikel yang dipancarkan, diserap atau dipantulkan oleh materi tersebut. Spektroskopi juga dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari interaksi antara cahaya dan materi. Spektroskopi umumnya digunakan untuk mengidentifikasi suatu substansi melalui spektrum yang dipancarkan atau yang diserap dan pada bidang kedokteran, spektroskopi digunakan untuk mengukur oksigen pada jaringan. Spektroskopi sinar inframerah dekat yang digunakan untuk mengukur oksigen pada jaringan ini adalah spektroskopi dengan menggunakan cahaya inframerah dekat (*near infrared*) dengan panjang gelombang 700 – 1000 nm [10]. Dikatakan inframerah dekat dikarenakan wilayah ini berada dekat dengan wilayah gelombang tampak [11].



Gambar 2.4 Wilayah gelombang inframerah dekat pada spektrum gelombang elektromagnet



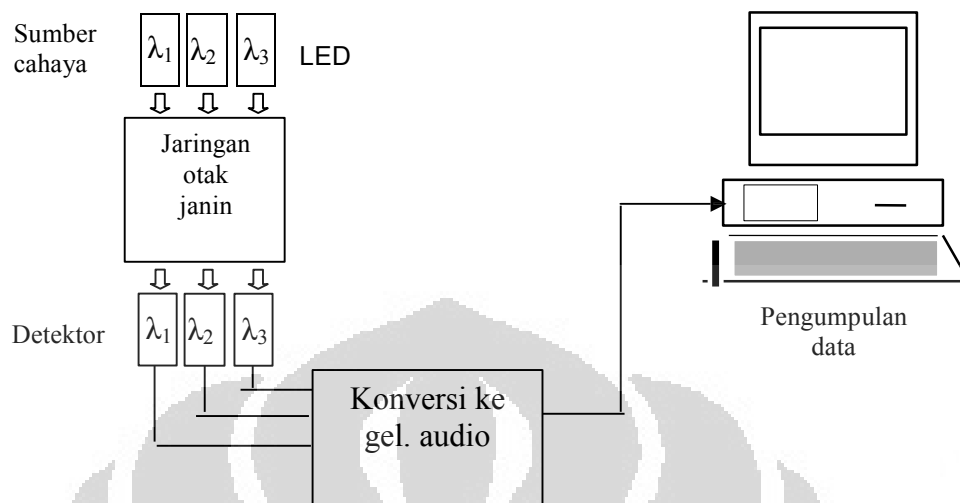
### 2.3.1 Pendeteksian Kondisi Janin Dengan Teknik NIRS

Teknologi NIRS yang digunakan pada penelitian ini digunakan untuk menentukan kondisi janin. Sensor NIRS ini menghasilkan data keluaran berupa spektrum gelombang cahaya yang kemudian dikonversikan menjadi gelombang suara. Selanjutnya, gelombang suara ini akan menjadi data masukan pada perangkat lunak pendeteksi kondisi janin dengan metode HMM. Sensor NIRS ini terdiri dari sumber cahaya dan *detector*. Sumber cahaya bertugas memancarkan cahaya ke jaringan otak janin sedangkan *detector* bertugas menerima cahaya yang tidak diserap oleh jaringan otak janin. Sensor NIRS dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Sensor NIRS [12]

Pada teknik NIRS ini, diperlukan beberapa sumber cahaya inframerah dekat dengan panjang gelombang tertentu yang dipancarkan ke dalam jaringan otak dan kemudian diserap dan disebar pada jaringan oksihemoglobin dan deoksihemoglobin. Gelombang cahaya tersebut dideteksi untuk masing-masing panjang gelombang. Setiap perubahan masing-masing gelombang cahaya yang diterima oleh sensor dikonversi kedalam bentuk gelombang audio. Amplitudo gelombang audio tersebut besarnya tergantung dari intensitas masing-masing gelombang cahaya yang dideteksi. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data gelombang audio kedalam komputer. Setelah proses pengumpulan data, dilakukan pendeteksian kondisi janin dengan teknik *Hidden Markov Model* (HMM).

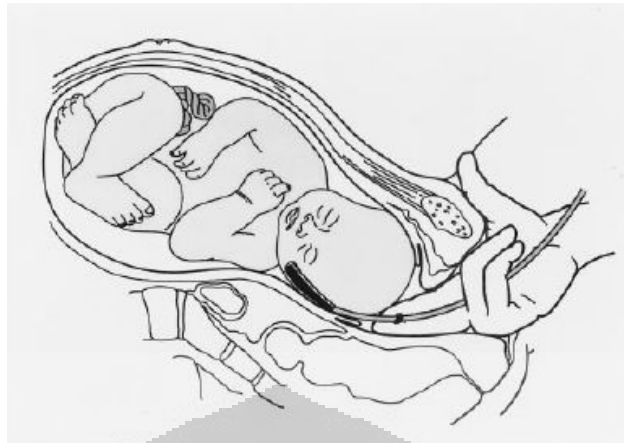


Gambar 2.6 Proses pengumpulan data gelombang audio dari sensor NIRS

Tujuan penggunaan teknik NIRS ini adalah untuk mendeteksi kondisi janin dengan cara non invasif (tidak menyakitkan). Sedangkan cara konvensional yang sering dilakukan bersifat non invasif (menyakitkan) dengan cara sensor diletakkan di kepala janin melalui serviks. Hal ini dapat mengakibatkan infeksi pada uterus sedangkan sensor NIRS hanya diletakkan pada perut bagian bawah ibu yang berdekatan dengan posisi kepala janin sehingga tidak akan menimbulkan infeksi pada uterus. Gambar 2.7 menunjukkan posisi sensor NIRS berada pada perut bagian bawah sedangkan gambar 2.8 menunjukkan cara konvensional dalam mendeteksi kondisi janin yang bersifat invasif.

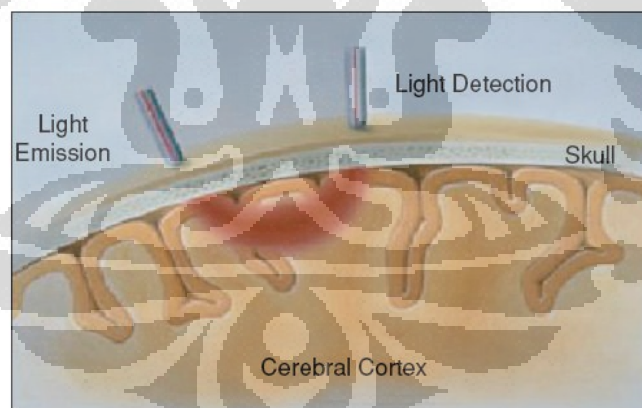


Gambar 2.7 Posisi sensor NIRS pada perut bagian bawah [13]



Gambar 2.8. Posisi sensor pada cara konvensional dalam pendeteksian kondisi janin [6].

Sinar yang dipancarkan oleh sensor NIRS ini akan menembus kepala janin. Di dalam kepala, sinar yang dipancarkan mengalami penyebaran dan penyerapan serta membentuk pola yang dinamakan *banana shaped photon path* seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Proses penyinaran NIRS ke jaringan otak [14]

Teknologi NIRS didasari pada sifat penyerapan cahaya pada jaringan biologi seperti hemoglobin. Prinsip kerja NIRS adalah cahaya yang dipancarkan ke dalam jaringan otak janin diserap berdasarkan karakteristik hemoglobin yaitu oksihemoglobin (hemoglobin yang mengandung oksigen) dan deoksihemoglobin (hemoglobin yang tidak mengandung oksigen) pada daerah kepala sehingga dapat

**Universitas Indonesia**

diketahui ketersediaan oksigen. Hal ini dikarenakan daerah otak adalah daerah yang paling mencerminkan ketersediaan oksigen seluruh tubuh. Oksihemoglobin memiliki warna yang lebih cerah dibandingkan dengan deoksihemoglobin. Berdasarkan hukum Beer-Lambert, penyerapan sinar inframerah dekat pada oksihemoglobin akan lebih sedikit bila dibandingkan dengan penyerapan sinar inframerah dekat pada deoksihemoglobin. Hal ini terlihat pada perubahan warna yang terjadi antara oksihemoglobin dan deoksihemoglobin. Hukum Beer-Lambert mengatakan bahwa cahaya yang ditransmisikan melewati sebuah material berwarna akan diserap oleh material tersebut sehingga menyebabkan intensitas cahaya yang diterima menjadi berkurang [7]. Persamaan (2.1) merupakan hukum Beer-Lambert [15].

$$A = \log (I_0/I) = \epsilon c l \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

A = Absorbansi atau penyerapan

I = intensitas berkas cahaya keluar

$I_0$  = intensitas berkas cahaya masuk/datang

$\epsilon$  = penyerapan molar untuk panjang gelombang tertentu, atau disebut juga sebagai koefisien ekstinsif (dalam mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>)

c = konsentrasi zat penyerap molar (mol l<sup>-1</sup>),

l = panjang/ketebalan dari bahan/medium yang dilintasi oleh cahaya (cm).

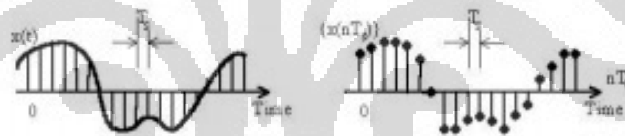
Oksihemoglobin setelah diberikan cahaya menjadi akan berwarna kebiruan sedangkan deoksihemoglobin menjadi kehitaman. Perubahan warna ini menunjukkan intensitas cahaya pada deoksihemoglobin lebih banyak diserap bila dibandingkan dengan oksihemoglobin. NIRS digunakan untuk mengukur jumlah cahaya yang sampai pada *detector*, sehingga dengan demikian rasio antara oksihemoglobin terhadap total hemoglobin dapat diketahui. Rasio antara oksihemoglobin terhadap total hemoglobin ini dinamakan saturasi oksigen. Saturasi oksigen merupakan ambang batas terjadinya gangguan pada janin yang diakibatkan oleh kurangnya oksigen. Dengan mengetahui nilai saturasi oksigen, kondisi janin dapat diketahui.

## 2.4 Pemrosesan Sinyal Digital

Setelah dilakukan pendeteksian kondisi janin dengan menggunakan teknologi NIRS, langkah berikutnya adalah melakukan pengolahan sinyal digital terhadap data audio yang dijadikan sebagai data masukan pada perangkat lunak. Pengolahan sinyal berkaitan dengan penyajian, perubahan bentuk, dan manipulasi dari isi sinyal dan informasi dalam bentuk digital [16].

### 2.4.1 *Sampling*

Proses pengolahan sinyal pada penelitian ini diawali dengan proses pencuplikan (*sampling*) sinyal masukan. *Sampling* adalah proses ini dilakukan untuk mengubah sinyal yang sebelumnya berupa sinyal kontinyu menjadi sinyal diskrit dengan cara membagi-bagi sinyal kontinyu dalam interval waktu tertentu seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11. Dalam skripsi ini, proses *sampling* yang dilakukan adalah proses pembacaan dari input *file* audio \*.wav.



Gambar 2.10 Perubahan dari sinyal kontinyu ke sinyal diskrit [17]

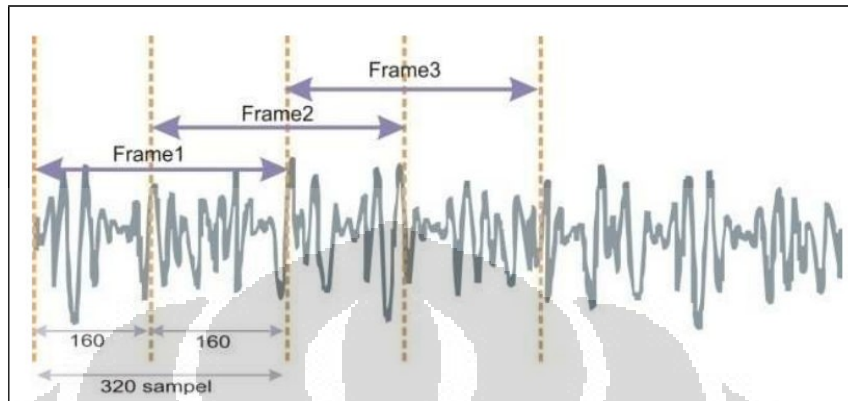
### 2.4.2 Ekstraksi

Ekstraksi atau *feature extraction* merupakan proses dimana tiap-tiap sampel sinyal diubah menjadi vektor-vektor data. Proses ekstraksi terdiri dari *frame blocking* dan *Fast Fourier Transform* (FFT).

#### a. *Frame Blocking*

*Frame blocking* merupakan pembagian sinyal menjadi beberapa *frame* yang terdiri dari beberapa sampel. Proses ini diperlukan untuk membentuk sinyal yang dapat diubah dari domain waktu ke domain frekuensi. Pengambilan jumlah sampel untuk setiap *frame* tergantung dari tiap detik data yang disampel dan berapa besar frekuensi samplangnya. Untuk mengakomodasi hilangnya data saat

proses *frame blocking* digunakan *overlapping* sinyal untuk setiap *frame*. Pada umumnya *overlapping* berada pada rentang waktu 10-20 ms pada tiap *frame* [18].



Gambar 2.11 Proses *frame blocking* pada sinyal [18]

**b. Fast Fourier Transform**

*Fast Fourier Transform* (FFT) digunakan untuk mengubah sinyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi. FFT merupakan algoritma cepat dari *Discrete Fourier Transform* (DFT). Besar spektrum sinyal diskrit dapat ditulis sebagai berikut [17]:

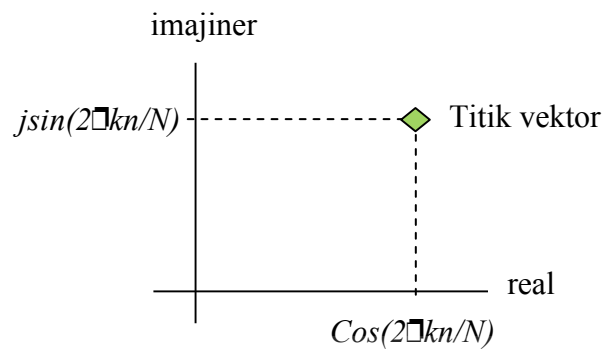
$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-j2\pi kn / N} \tag{2.3}$$

Nilai  $e^{-j2\pi kn / N}$  pada persamaan (2.3) diatas dapat ditulis menjadi persamaan (2.4) berikut.

$$X(k) = e^{-j2\pi kn / N} = \cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) \tag{2.4}$$

$\cos(2\pi kn/N)$  merupakan komponen real sedangkan  $j\sin(2\pi kn/N)$  merupakan komponen imajiner.

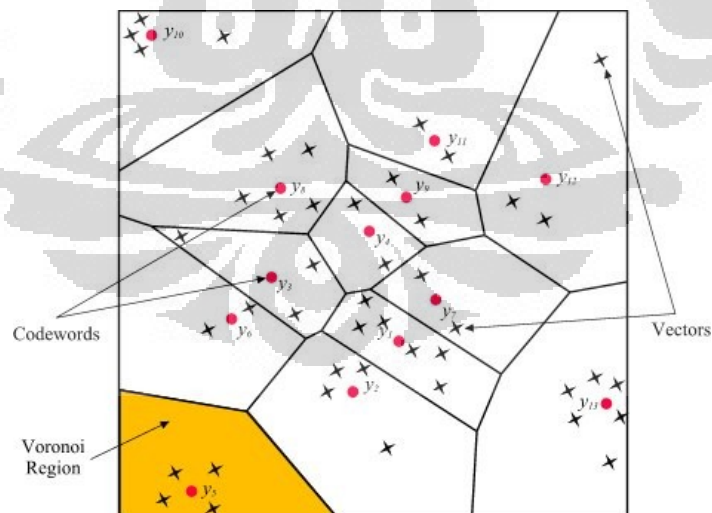
FFT menghasilkan spektrum frekuensi berupa titik-titik pada sumbu koordinat dimana pada masing-masing titik terdiri dari komponen real dan komponen imajiner seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12. Kumpulan titik-titik ini selanjutnya digunakan dalam proses kuantisasi vektor.



Gambar 2.12 Titik vektor sebagai hasil *Fast Fourier Transform* [21]

### 2.4.3 Kuantisasi Vektor (*Vektor Quantization*)

Kuantisasi vektor adalah proses memetakan vektor-vektor dari ruang vektor besar menjadi jumlah terbatas daerah ruang vektor [18]. Vektor data tersebut merupakan titik-titik hasil dari proses *Fast Fourier Transform* (FFT) ke dalam sebuah wilayah yang terbatas dalam grafik X-Y dimana sumbu X merupakan komponen real dari masing-masing titik dan sumbu Y merupakan komponen imajiner dari masing-masing titik [17]. Pada vektor, terdapat daerah ruang yang disebut *cluster* dan dipresentasikan dengan pusat vektor atau *centroid* yang dinamakan *codeword*. Kumpulan *codeword-codeword* disebut *codebook* [19].

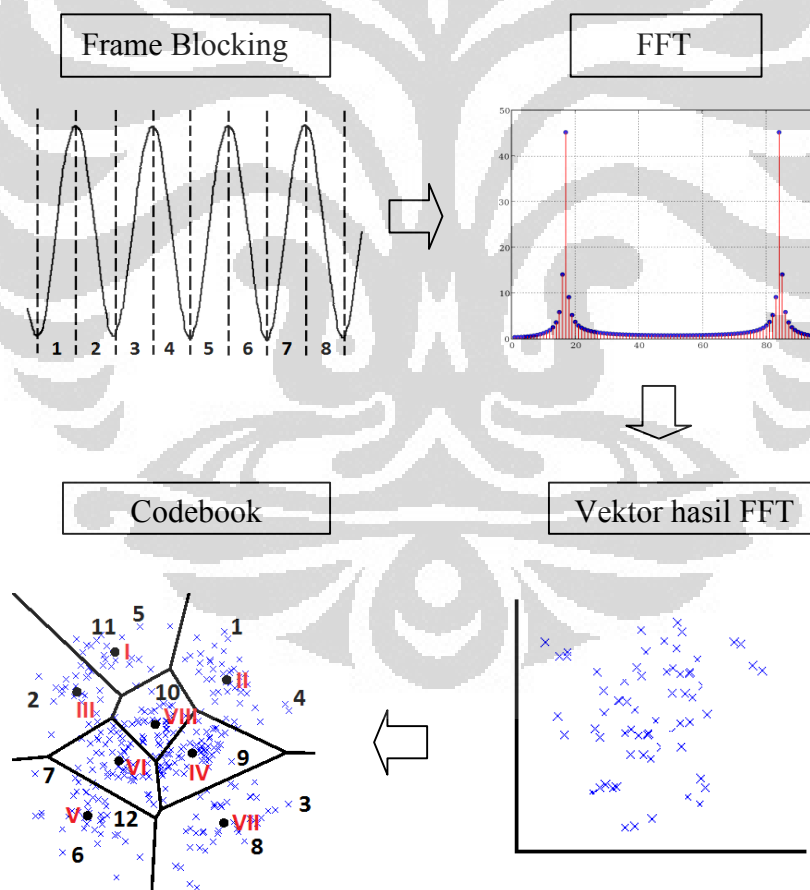


Gambar 2.13 *Codeword* pada ruang dua dimensi [20]

Gambar 2.13 menunjukkan vektor pada ruang dua dimensi. Masing-masing *cluster* direpresentasikan oleh *codeword*. Setiap *codeword* terletak pada masing-

masing daerah voronoi (*voronoi region*). Vektor input ditandai dengan x dan *codeword* ditandai dengan titik merah.

Koleksi dari semua *codeword* disebut *codebook*. Jarak antara satu titik dengan titik lain dalam sebuah *cluster* disebut *vector quantization distortion*. Luas daerah *cluster* ditentukan oleh ukuran *codebook* dimana semakin besar ukuran *codebook*-nya, maka luas daerah masing masing *cluster* menjadi lebih kecil dan jumlah *cluster* yang terbentuk menjadi lebih banyak disertai nilai *vector quantization distortion* yang semakin kecil sehingga *codeword* yang terbentuk akan semakin mewakili informasi dari masukannya. Semakin kecil *vector quantization distortion*-nya, maka *cluster* yang terbentuk menjadi lebih akurat [17].



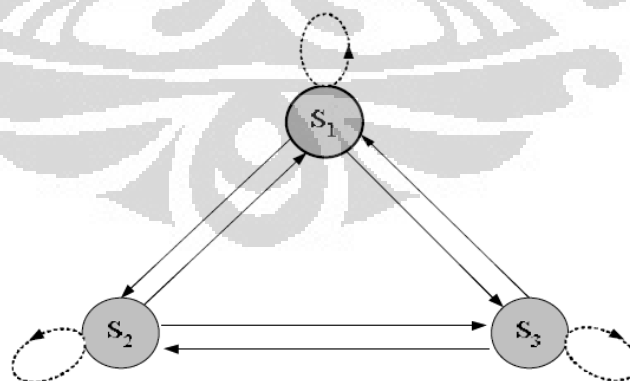
Gambar 2.14. Proses *frame blocking* gelombang hingga terbentuknya *codebook*



Gambar 2.14 diatas menunjukkan proses ekstraksi gelombang hingga membentuk codebook. Sinyal masukan yang berupa sinyal kontinu dibagi menjadi beberapa *frame* pada interval waktu tertentu. Selanjutnya pada setiap *frame* yang terbentuk, dilakukan proses FFT untuk menghasilkan vektor-vektor. Masing-masing *frame* diwakili oleh satu vektor. Vektor ini dipetakan pada grafik dengan sumbu x sebagai sumbu real dan sumbu y sebagai sumbu imajiner. Vektor-vektor hasil pembentukan FFT ini selanjutnya dikelompokkan (clusterisasi) dengan menggunakan kuantisasi vektor (*vector quantization*). Setiap *cluster* yang terbentuk diwakili oleh satu *centroid*. *Centroid-centroid* ini kemudian menjadi *state* yang diperlukan dalam metode HMM dalam proses identifikasi pada perangkat lunak.

### 2.5 Hidden Markov Model

*Hidden Markov Model* (HMM) adalah suatu proses pemodelan statistik dengan menggunakan prinsip probabilitas dengan cara mencari parameter-parameter yang tidak diketahui atau tersembunyi (*state*) dari parameter-parameter yang dapat diamati (*observer*) untuk mempermudah proses analisis sistem tersebut. HMM memiliki tipe yang dinamakan HMM model ergodic yang merupakan tipe umum HMM. Pada tipe ini, setiap *state* saling terhubung. HMM model ergodic dapat dilihat pada Gambar 2.15.

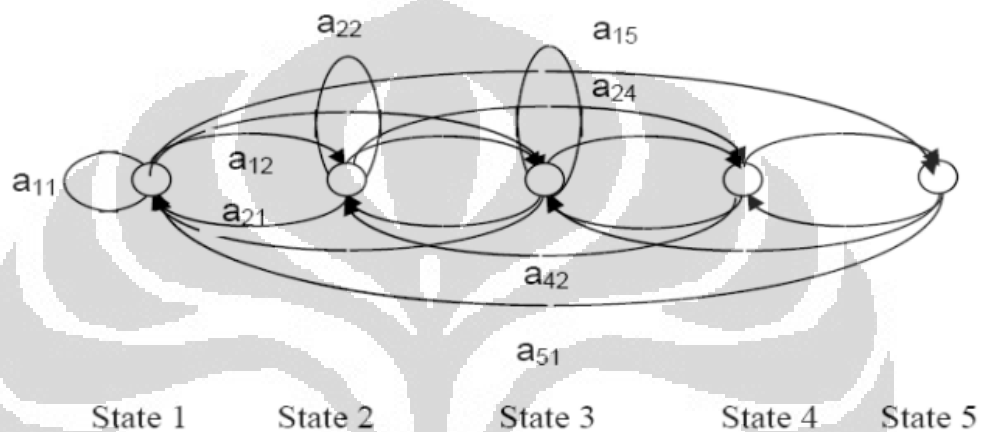


Gambar 2.15 HMM model ergodic dengan 3 *state* [21]

**Parameter HMM**

HMM memiliki 3 (tiga) parameter utama yang harus dicari nilainya terlebih dahulu. Ketiga parameter tersebut adalah sebagai berikut [21] :

1. **Parameter A** disebut sebagai probabilitas transisi, merupakan probabilitas kedudukan suatu state terhadap semua *state* yang ada, termasuk kedudukan terhadap *state* itu sendiri, matriks transisi ditunjukkan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Matriks transisi dengan 5 *state* [18]

Penggunaan probabilitas transisi dapat ditunjukkan sebagai berikut :

Parameter A pada HMM dinyatakan dalam sebuah matriks dengan ukuran  $M \times M$  dimana  $M$  adalah jumlah *state* yang ada. Pada gambar terdiri dari 5 (lima) *state* sehingga setiap *state* memiliki 5 (lima) hubungan transisi, maka parameter A dapat dituliskan dalam bentuk matriks seperti pada persamaan berikut :

$$A = a_{ij} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2.4)$$

2. **Parameter B** disebut sebagai probabilitas *state*, merupakan probabilitas kemunculan suatu *state* dalam deretan seluruh *state* yang ada.

Parameter B dalam HMM dituliskan dalam bentuk matriks kolom dengan ukuran  $M \times 1$  dimana M merupakan jumlah seluruh *state* yang ada. Misalnya terdapat n buah *state* dalam suatu kondisi, maka matriks B yang terbentuk ditunjukkan oleh persamaan berikut :

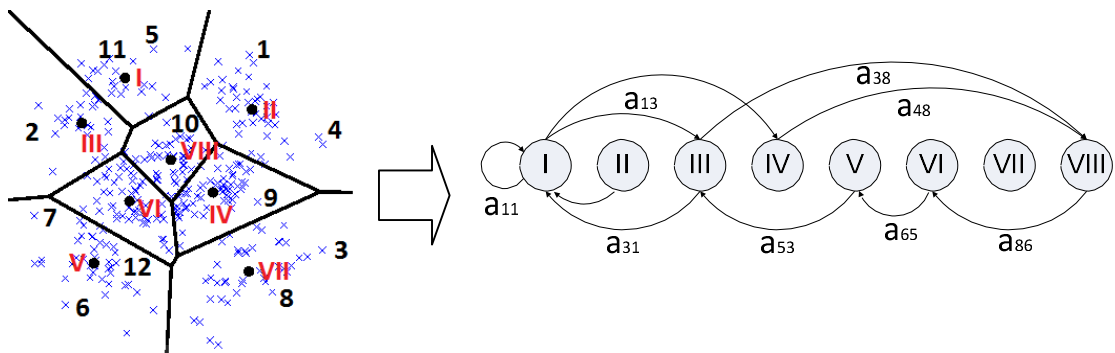
$$B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2.5)$$

3. **Parameter  $\pi$**  disebut sebagai probabilitas awal, yaitu probabilitas kemunculan suatu *state* di awal. Sama halnya dengan parameter B, parameter juga dituliskan dalam bentuk matriks kolom dengan ukuran  $M \times 1$  dimana M adalah jumlah *state*-nya, maka parameter  $\pi$  yang dihasilkan akan ditunjukkan seperti persamaan berikut :

$$\pi = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan : n merupakan jumlah pemenggalan (*state*) dalam model.

Elemen  $\pi$ , A, dan B merupakan parameter-parameter markov dalam HMM yang tidak diketahui atau tersembunyi (*hidden*). Ketiga parameter tersebut digabungkan menjadi sebuah parameter HMM dan dapat dituliskan dalam bentuk  $\lambda = (A, B, \pi)$ .



Probabilitas transisi

$$\begin{aligned}
 &: \\
 a_{11} &= 1/10 \\
 a_{13} &= 1/10 \\
 a_{14} &= 1/10 \\
 a_{21} &= 1/10 \\
 a_{31} &= 1/10 \\
 a_{38} &= 1/10 \\
 a_{38} &= 1/10 \\
 a_{48} &= 1/10 \\
 a_{53} &= 1/10 \\
 a_{65} &= 1/10
 \end{aligned}$$

Probabilitas *state* :

$$\begin{aligned}
 b_1 &= 3/10 \\
 b_2 &= 1/10 \\
 b_3 &= 1/10 \\
 b_4 &= 1/10 \\
 b_5 &= 1/10 \\
 b_6 &= 1/10 \\
 b_7 &= 0/10 \\
 b_8 &= 1/10
 \end{aligned}$$

Gambar 2.17 Pembentukan *state* pada HMM

Gambar 2.17 merupakan contoh pembentukan *state* pada HMM. Proses yang terjadi adalah sinyal *sample* yang telah dibentuk *codebook*-nya akan membentuk suatu *state*. Dari *state* ini akan dicari nilai masing-masing parameter HMM-nya kemudian perhitungan nilai probabilitasnya dicocokkan dengan nilai pada parameter sHMM *database*.

### BAB III

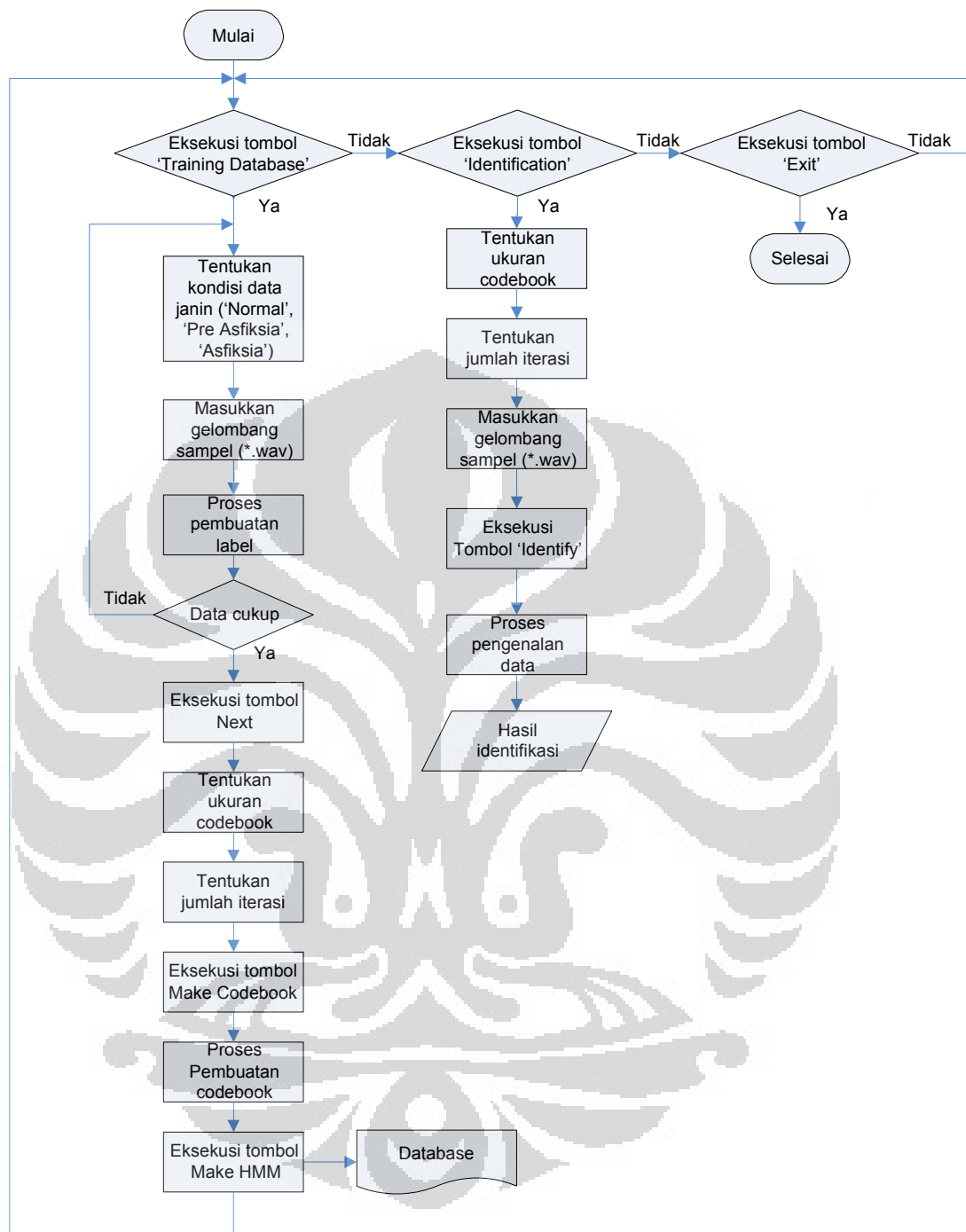
## PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK DAN METODOLOGI

Perangkat lunak ini dirancang untuk mengolah data keluaran dari sensor NIRS guna menentukan kondisi janin dengan menggunakan metode *Hidden Markov Model* (HMM) ini dilakukan beberapa tahap yaitu pembuatan *database* dan pengenalan atau identifikasi. Perangkat lunak yang dirancang pada penelitian ini bersifat *non real time* artinya perangkat lunak ini tidak mendeteksi sinyal secara langsung yang dihasilkan oleh sensor NIRS. Pada perangkat lunak ini, sinyal masukan yang digunakan berupa gelombang audio dalam format \*.wav.

Perangkat lunak untuk menentukan kondisi janin ini dibuat dengan menggunakan komputer dengan spesifikasi sebagai berikut :

Sistem Operasi	: Windows 7 Professional
Processor	: Intel(R) Core (TM) i5-2430M 2.4 GHz
Memory	: 4 GB
Software	: MATLAB R2008b

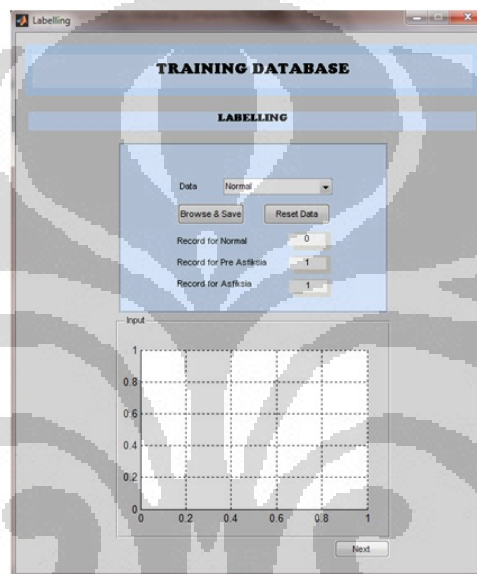
Prinsip kerja sistem secara keseluruhan adalah berbagai sinyal masukan yang digunakan mendeteksi kondisi janin yaitu keadaan normal, preasfiksia, dan asfiksia disimpan sebagai *database* dan kemudian dilakukan proses identifikasi apakah sinyal masukan sesuai dengan *database* atau tidak. Pembentukan *database* pada perangkat lunak ini terdiri dari beberapa tahap utama yaitu tahap labelisasi (pembuatan label), tahap pembuatan *codebook*, dan tahap pembentukan parameter HMM. Gambar 3.1 merupakan diagram alir perangkat lunak pendeteksi kondisi janin dengan menggunakan metode HMM.



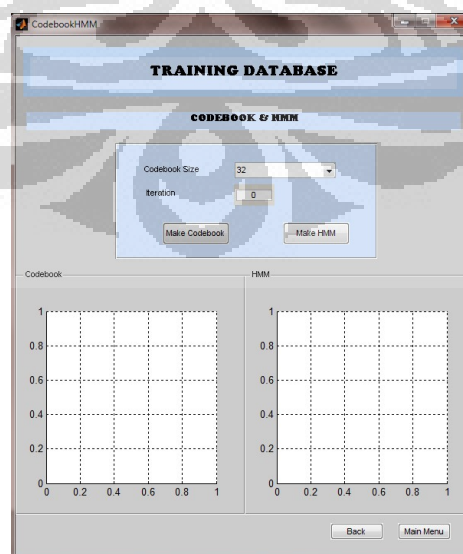
Gambar 3.1 Diagram alir program pendeteksi kondisi janin dengan menggunakan metode HMM

### 3.1 Algoritma Pembuatan *Database*

Perangkat lunak ini terdiri dari beberapa program yaitu dua program utama yaitu program training *database* dan program identifikasi. Program training *database* yang terdiri dari program pembuatan label, program pembentukan *codebook* dan HMM. Keseluruhan program tersebut menggunakan GUI untuk mempermudah penggunaan. Tampilan pembuatan label atau labelisasi pada perangkat lunak dapat dilihat pada gambar 3.2 dan tampilan pembuatan *codebook* serta HMM dapat dilihat pada gambar 3.3.

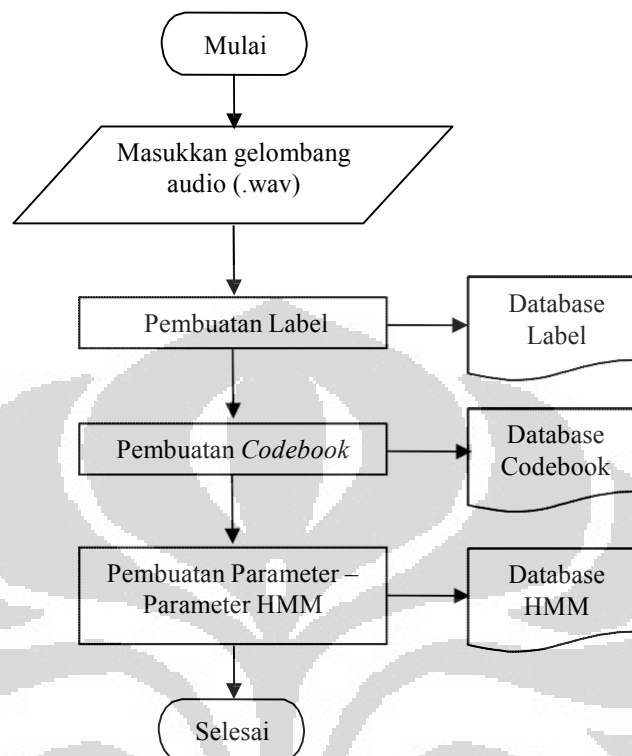


Gambar 3.2 Tampilan program pembuatan label pada perangkat lunak



Gambar 3.3 Tampilan program pembuatan *codebook* dan HMM

Adapun diagram alir pembuatan *database* adalah sebagai berikut :



Gambar 3.4 Diagram alir pembuatan *database* dengan metode HMM

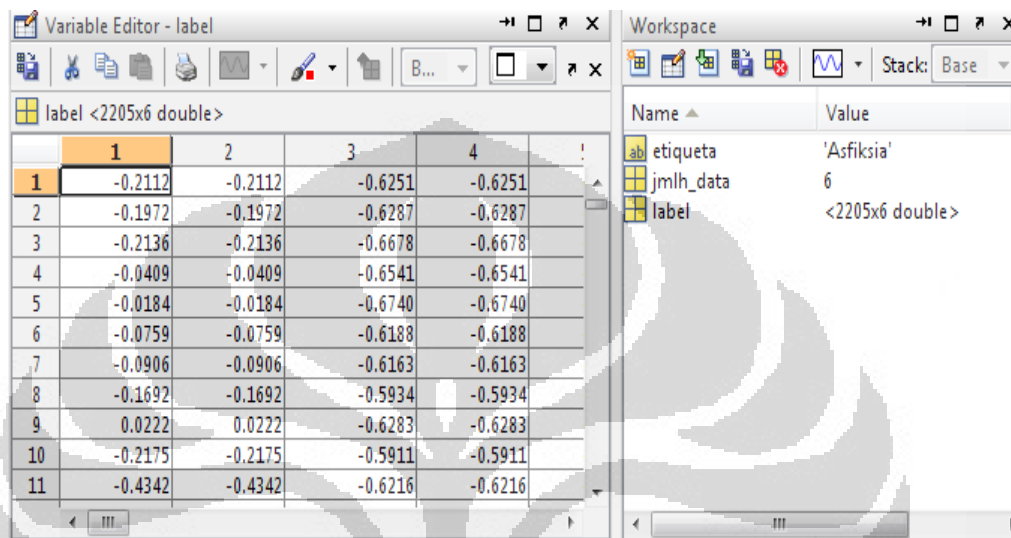
### 3.1.1 Pembuatan Label

Pada proses pembuatan label, gelombang dikelompokkan menjadi tiga buah label sesuai dengan banyaknya kondisi janin yaitu label 1 untuk kondisi normal, label 2 untuk kondisi preasfiksia, dan label 3 untuk kondisi asfiksia. Label-label ini kemudian digunakan untuk proses pengenalan. Untuk melakukan proses pembuatan label dibutuhkan sinyal masukan berupa gelombang audio dengan format \*.wav.

Hal pertama yang harus dilakukan dalam proses pembuatan label ini adalah menentukan kondisi janin. Kondisi janin ini selanjutnya akan disimpan sebagai *database*. Agar proses pembuatan label pada perangkat lunak ini dapat berjalan, minimal data *training* yang harus dimasukkan untuk masing-masing kondisi janin adalah sebanyak 5 data.



Proses selanjutnya adalah menekan tombol “*Browse & Save*”. Dengan menekan tombol ini, pemilihan file audio yang berformat \*.wav dapat dilakukan. Kemudian, data masukan ini diubah kedalam bentuk matriks  $N \times M$  dengan fungsi *wavread* yang ada pada matlab. Matriks ini kemudian disimpan dalam format \*.mat.



The image shows the MATLAB Variable Editor and Workspace. The Variable Editor displays a matrix named 'label' with 11 rows and 6 columns of double values. The Workspace shows three variables: 'etiqueta' with value 'Asfiksia', 'jmlh\_data' with value 6, and 'label' with value <2205x6 double>.

	1	2	3	4	5	6
1	-0.2112	-0.2112	-0.6251	-0.6251	-0.6251	-0.6251
2	-0.1972	-0.1972	-0.6287	-0.6287	-0.6287	-0.6287
3	-0.2136	-0.2136	-0.6678	-0.6678	-0.6678	-0.6678
4	-0.0409	-0.0409	-0.6541	-0.6541	-0.6541	-0.6541
5	-0.0184	-0.0184	-0.6740	-0.6740	-0.6740	-0.6740
6	-0.0759	-0.0759	-0.6188	-0.6188	-0.6188	-0.6188
7	-0.0906	-0.0906	-0.6163	-0.6163	-0.6163	-0.6163
8	-0.1692	-0.1692	-0.5934	-0.5934	-0.5934	-0.5934
9	0.0222	0.0222	-0.6283	-0.6283	-0.6283	-0.6283
10	-0.2175	-0.2175	-0.5911	-0.5911	-0.5911	-0.5911
11	-0.4342	-0.4342	-0.6216	-0.6216	-0.6216	-0.6216

Gambar 3.5 Contoh hasil pembuatan label

Adapun algoritma pelabelan adalah sebagai berikut:

Mulai

```

Untuk i=1 sampai jumlah data kondisi janin
masukkan nama kondisi janin;
masukkan file sampel (*.wav);
ubah file *.wav menjadi bentuk matriks;
Nama label = nama kondisi janin;

```

Kembali

Selesai

### 3.1.2 Pembuatan *Codebook* dan Parameter HMM

Setelah proses pembuatan label selesai dilakukan, proses berikutnya yang dilakukan adalah pembentukan *codebook* dari label-label yang telah terbentuk sebelumnya. Pembuatan *codebook* ini terlaksana jika ukuran *codebook* sudah ditentukan apakah *codebook* berukuran 32, 64, 128, 326, 512 atau 1024.

Ukuran *codebook* akan berpengaruh pada luas daerah *cluster* yang terbentuk. Semakin besar ukuran *codebook*, luas daerah *cluster* yang terbentuk semakin kecil dan jumlah *cluster* semakin banyak. Semakin banyak jumlah *cluster* yang terbentuk semakin mewakili informasi dari masukannya,

Pembentukan *codebook* diawali dengan proses *frame blocking* yang bertujuan untuk memecah sinyal menjadi bagian-bagian kecil. Sinyal yang dipotong ini berasal dari pembacaan data gelombang yang diubah kedalam bentuk matriks. Matriks inilah yang kemudian diubah menjadi vektor-vektor dengan menggunakan fungsi FFT. Sehingga menghasilkan vektor dengan komponen real dan komponen imajiner seperti yang terlihat pada gambar 3.6(a) dimana komponen real terletak pada sumbu X dan komponen imajiner terletak pada sumbu Y. Vektor-vektor ini dinamakan *sample point*. *Sample point* yang terbentuk kemudian dikelompokkan membentuk *cluster*. Masing-masing *cluster* diwakili oleh *centroid*. Urutan *centroid* yang terbentuk ini kemudian digunakan sebagai pembanding dengan urutan *centroid* data yang akan diujikan pada proses identifikasi. Kumpulan-kumpulan *centroid* yang terbentuk ini dinamakan *codebook*. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, ukuran *codebook* berpengaruh pada luas daerah *cluster*. Luas *cluster* akan semakin kecil seiring dengan bertambahnya ukuran *codebook*. Semakin besar ukuran *codebook*, semakin banyak jumlah *centroid* yang terbentuk, semakin akurasi informasi yang diwakili oleh data masukannya.

Selain ukuran *codebook*, jumlah iterasi juga mempunyai pengaruh terhadap keakurasian identifikasi. Jumlah iterasi merupakan banyaknya proses pengulangan yang dilakukan untuk menentukan *centroid* guna mendapatkan posisi *centroid* yang cukup presisi. Semakin tinggi iterasinya, *centroid* yang terbentuk akan semakin presisi. Hal ini berpengaruh pada nilai probabilitas. Pengaruh iterasi terhadap nilai probabilitas dapat dilihat pada gambar 3.6(b).

Algoritma pembuatan *codebook* adalah sebagai berikut:

```

Mulai
  Tentukan besar nilai N
  Untuk I = 1 sampai M
    Hitung FFT untuk setiap sample[i];
    Sample point[i] = nilai FFT;
  kembali
  Tentukan cluster;
  Untuk j =1 sampai cluster
    Hitung centroid;
    Simpan centroid[j] berdasarkan urutannya;
  Kembali
Selesai

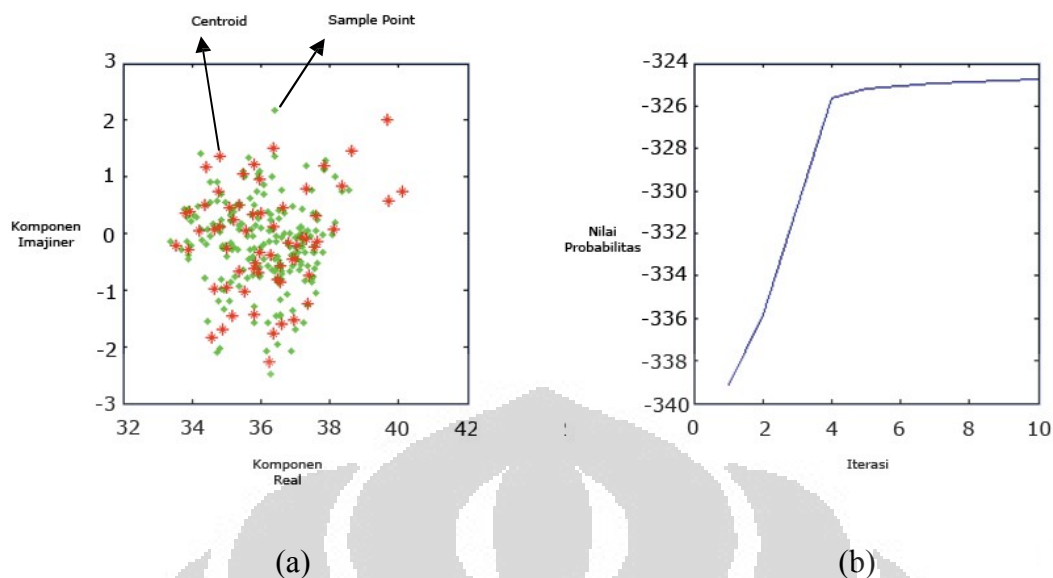
```

Setelah proses pembentukan *codebook* selesai, proses selanjutnya yang dilakukan adalah pembentukan parameter HMM. Pembentukan parameter ini dilakukan dengan mengambil data label dan *codebook* yang sebelumnya telah terbentuk. Berikut adalah algoritma pembentukan parameter HMM :

```

Mulai
  Untuk i=1 sampai dengan jumlah database
    Tentukan letak centroid dari tiap karakter;
    Inisialisasi matriks A, B dan  $\lambda$  dengan nilai acak;
    Pelatihan dengan memasukkan semua data gelombang audio sampai nilai matriks tidak berubah;
    Hitung probabilitas observasi HMM untuk setiap data gelombang suara;
  Kembali
  Hitung nilai Log of Probability;
  Simpan hasil dalam file format *.mat;
Selesai

```



Gambar 3.6 (a) komponen-komponen pada *codebook* (b) Grafik LoP dengan 10 iterasi

Urutan *centroid* pada *database* merupakan urutan *state* tersembunyi. Urutan *state* tersembunyi ini berpengaruh pada pembentukan parameter HMM. Dari parameter HMM ini, nilai probabilitas dapat diketahui. Nilai probabilitas dihitung seperti contoh berikut :

$$\text{Gelombang audio 1} \rightarrow (s_1, s_2, s_2, s_1, s_1) = c_1 \ast a_{12} \ast b_2 \ast a_{22} \ast b_2 \ast a_{21} \ast b_1 \ast a_{11} \ast b_1$$

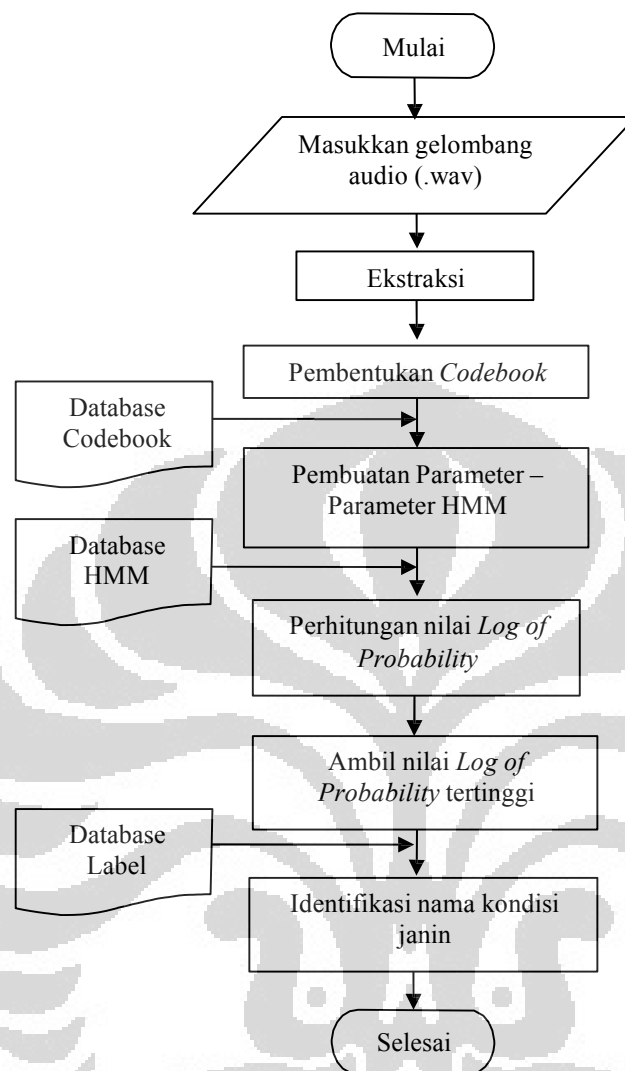
$$\text{Gelombang suara 2} \rightarrow (s_1, s_2, s_1, s_3, s_1) = c_1 \ast a_{12} \ast b_2 \ast a_{21} \ast b_1 \ast a_{13} \ast b_3 \ast a_{31} \ast b_1$$

$$\text{Gelombang suara n} \rightarrow (s_4, s_5, s_4, s_5, s_4) = c_4 \ast a_{45} \ast b_5 \ast a_{54} \ast b_4 \ast a_{45} \ast b_5 \ast a_{54} \ast b_4$$

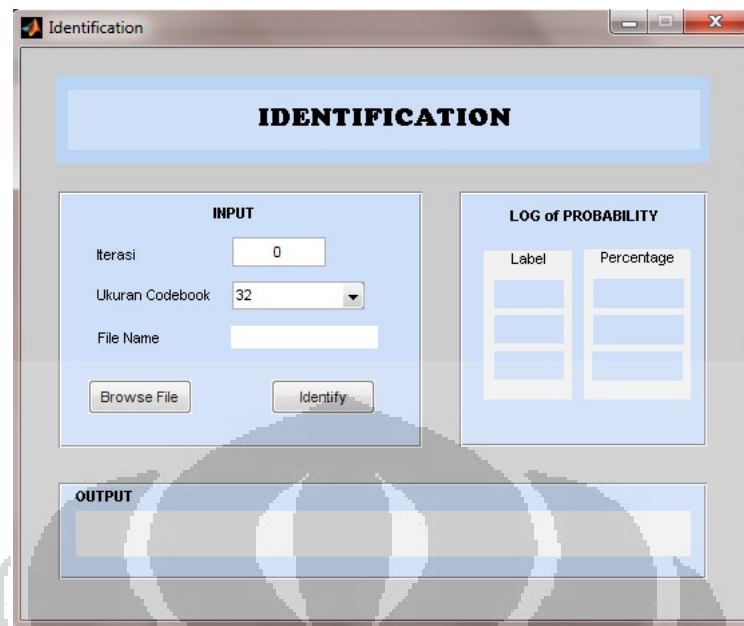
Dimana  $s_1, s_2, s_3$  dan seterusnya merupakan *state* yang dibentuk berdasarkan *centroid* yang ada pada *database*. Sedangkan  $a_{12}, a_{22}$  dan seterusnya merupakan probabilitas transisi, dan  $b_1, b_2$  dan seterusnya merupakan probabilitas *state*. Dari hasil perhitungan, grafik LoP (*Log Of Probability*) akan terbentuk seperti pada gambar 3.6(b). Gambar 3.6(b) ini menunjukkan hubungan antara jumlah iterasi dengan nilai probabilitas. Nilai probabilitas tertinggi ditunjukkan pada iterasi 10 sedangkan nilai probabilitas terendah ditunjukkan pada iterasi 1. Dari grafik tersebut terlihat bahwa semakin banyak iterasi semakin tinggi LoP-nya. Semakin tinggi LoP-nya, semakin akurat proses identifikasi terhadap data yang diujikan.

### 3.2. Proses Identifikasi

Proses terakhir dalam perangkat lunak ini adalah proses identifikasi. Pada proses ini, dilakukan langkah-langkah seperti pada proses *training*, hanya saja pada proses identifikasi tidak dilakukan lagi proses labelisasi. Langkah awal proses identifikasi dimulai dari pengambilan data gelombang dengan format \*.wav, kemudian data ini dipotong-potong menjadi beberapa bagian dan diubah kedalam domain frekuensi dengan menggunakan FFT. Hasilnya adalah berupa nilai-nilai vektor yang diperlukan untuk pembentukan *codebook*. Kemudian *sample point* pada *codebook* dikuantisasi ke satu titik vektor yang dinamakan *centroid*. Letak *centroid* ini kemudian dicocokkan dengan letak *centroid* yang ada pada *database*. Setelah dilakukan pencocokkan, kombinasi urutan *centroid* sebagai urutan *state* dapat diketahui. Urutan *state* ini selanjutnya digunakan untuk menentukan parameter HMM. Berdasarkan parameter-parameter yang terbentuk nilai LoP dapat dihitung untuk semua sampel data gelombang suara. Nilai LoP masing-masing sampel dibandingkan sehingga dapat diketahui nilai LoP tertinggi. Nilai LoP tertinggi menunjukkan karakteristik yang mewakili sampel suara. Selanjutnya sampel suara yang memiliki nilai LoP tertinggi teridentifikasi sebagai data keluaran (output).



Gambar 3.7 Diagram alir proses identifikasi kondisi janin dengan metode *Hidden Markov Model*



Gambar 3.8 Tampilan program identifikasi

Gambar 3.8 merupakan tampilan program untuk proses identifikasi kondisi janin. Pada program ini, terdapat beberapa data input yang diperlukan untuk pembuatan *codebook* dan juga pembuatan parameter HMM. Data input tersebut terdiri dari jumlah iterasi, ukuran *codebook* dan juga file gelombang (\*.wav). Dengan mengeksekusi tombol “Identify”, nilai probabilitas dapat terlihat pada sisi kanan tampilan program. Nilai probabilitas tertinggi akan ditampilkan pada baris pertama. Nilai ini selanjutnya mewakili nama kondisi janin yang ditampilkan sebagai data keluaran (output).

**BAB IV**  
**UJI COBA DAN ANALISA**

**4.1 Proses Pengujian**

Tahap pengujian perangkat lunak ini diawali dengan memasukkan data audio yang difungsikan sebagai data *training (database)*. Selanjutnya dilakukan pengujian perangkat lunak dengan menggunakan masing-masing 5 (lima) dan 7 (tujuh) data *training*. Adapun data audio yang digunakan pada pengujian perangkat lunak pendeteksi kondisi janin tersebut terdiri dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Nama file yang digunakan sebagai *database* untuk 5 dan 7 data *training*

Nama kondisi janin	Nama file yang digunakan	
	5 data <i>training</i>	7 data <i>training</i>
normal	normal1.wav	normal1.wav
	normal2.wav	normal2.wav
	normal3.wav	normal3.wav
	normal4.wav	normal4.wav
	normal5.wav	normal5.wav
		normal6.wav
		normal7.wav
preasfiksia	preasfiksia1.wav	preasfiksia1.wav
	preasfiksia2.wav	preasfiksia2.wav
	preasfiksia3.wav	preasfiksia3.wav
	preasfiksia4.wav	preasfiksia4.wav
	preasfiksia5.wav	preasfiksia5.wav
		preasfiksia6.wav
		preasfiksia7.wav
asfiksia	asfiksia1.wav	asfiksia1.wav
	asfiksia2.wav	asfiksia2.wav
	asfiksia3.wav	asfiksia3.wav
	asfiksia4.wav	asfiksia4.wav
	asfiksia5.wav	asfiksia5.wav
		asfiksia6.wav
		asfiksia7.wav



Beberapa variabel yang digunakan untuk uji coba pendeteksian kondisi janin dengan menggunakan metode HMM adalah sebagai berikut:

1. Jumlah data *training* yang digunakan yaitu 5 data *training* dan 7 data *training*.
2. Ukuran *codebook* yang digunakan yaitu 32, 128, 256, 512, dan 1024

Untuk memperoleh tingkat identifikasi/pengenalan yang optimum, dibutuhkan perhitungan *log of probability* (LoP) untuk setiap variabel *codebook*. Untuk mendapatkan nilai LoP yang mewakili informasi yang sebenarnya, maka dilakukan beberapa uji coba dengan menggunakan beberapa variabel *codebook* yaitu :

1. Uji coba dengan ukuran *codebook* 32 dengan menggunakan 5 dan 7 data *training*
2. Uji coba dengan ukuran *codebook* 64 dengan menggunakan 5 dan 7 data *training*
3. Uji coba dengan ukuran *codebook* 128 dengan menggunakan 5 dan 7 data *training*
4. Uji coba dengan ukuran *codebook* 256 dengan menggunakan 5 dan 7 data *training*
5. Uji coba dengan ukuran *codebook* 512 dengan menggunakan 5 dan 7 data *training*
6. Uji coba dengan ukuran *codebook* 1024 dengan menggunakan 5 dan 7 data *training*

## 4.2 Hasil Uji Coba

Setelah dilakukan pengujian sampel dengan variasi ukuran *codebook* dan jumlah data *training*, maka didapatkan hasil pengujian data tersebut. Tabel 4.2 sampai Tabel 4.13 merupakan hasil pengujian untuk masing-masing kondisi janin. Arsiran pada tabel ini menunjukkan nilai tertinggi LoP pada masing-masing kondisi janin.

Tabel 4.2 Hasil pengujian dengan 5 data *training* dengan *codebook* 32

No	Nama Kondisi	Nama File Uji	Nilai LoP			Hasil Uji	Keterangan
			Label 1 (kondisi normal)	label 2 (kondisi preasfiksia)	label 3 (kondisi asfiksia)		
1	Normal	normal 8.wav	-112.224	-84.635	-72.112	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 9.wav	-123.544	-88.674	-76.345	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 10.wav	-79.076	-178.611	-225.850	normal	benar
		normal 11.wav	-60.563	-172.391	-211.922	normal	benar
		normal 12.wav	-74.491	-169.068	-185.827	normal	benar
		normal 13.wav	-102.770	-106.630	-78.046	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 14.wav	-93.322	-129.862	-186.157	normal	benar
2	Preasfiksia	preasfiksia 8.wav	-98.967	-166.619	-119.941	normal	<b>salah</b>
		preasfiksia 9.wav	-202.754	-76.166	-209.172	preasfiksia	benar
		preasfiksia 10.wav	-226.736	-87.685	-227.297	preasfiksia	benar
		preasfiksia 11.wav	-182.611	-113.778	-199.444	preasfiksia	benar
		preasfiksia 12.wav	-219.215	-73.535	-226.932	preasfiksia	benar
		preasfiksia 13.wav	-154.108	-106.439	-124.558	preasfiksia	benar
		preasfiksia 14.wav	-100.884	-154.380	-99.421	asfiksia	<b>salah</b>
3	Asfiksia	asfiksia 8.wav	-117.595	-116.346	-62.645	asfiksia	benar
		asfiksia 9.wav	-94.204	-98.962	-51.181	asfiksia	benar
		asfiksia 10.wav	-105.110	-99.440	-80.669	asfiksia	benar
		asfiksia 11.wav	-126.645	-122.673	-81.128	asfiksia	benar
		asfiksia 12.wav	-95.860	-223.537	-193.841	normal	<b>salah</b>
		asfiksia 13.wav	-155.001	-90.225	-113.948	preasfiksia	<b>salah</b>
		asfiksia 14.wav	-138.851	-117.204	-112.219	asfiksia	benar

Tabel 4.3 Hasil pengujian dengan 5 data *training* dengan *codebook* 64

No	Nama Kondisi	Nama File Uji	Nilai LoP			Hasil Uji	Keterangan
			Label 1 (kondisi normal)	label 2 (kondisi preasfiksia)	label 3 (kondisi asfiksia)		
1	Normal	normal 8.wav	-140.765	-180.544	-70.235	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 9.wav	-145.644	-184.821	-75.068	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 10.wav	-94.706	-242.660	-204.093	normal	benar
		normal 11.wav	-107.683	-222.594	-180.168	normal	benar
		normal 12.wav	-118.003	-183.683	-181.406	normal	benar
		normal 13.wav	-110.977	-190.566	-109.978	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 14.wav	-111.690	-187.343	-175.100	normal	benar

Universitas Indonesia

2	Preasfiksia	preasfiksia 8.wav	-123.181	-174.410	-139.423	normal	salah
		preasfiksia 9.wav	-221.391	-111.082	-204.836	preasfiksia	benar
		preasfiksia 10.wav	-236.539	-95.569	-200.704	preasfiksia	benar
		preasfiksia 11.wav	-195.627	-124.209	-187.788	preasfiksia	benar
		preasfiksia 12.wav	-234.682	-98.677	-216.729	preasfiksia	benar
		preasfiksia 13.wav	-176.569	-139.926	-126.026	asfiksia	salah
		preasfiksia 14.wav	-166.886	-162.078	-97.348	asfiksia	salah
3	Asfiksia	asfiksia 8.wav	-125.215	-150.365	-77.561	asfiksia	benar
		asfiksia 9.wav	-105.323	-155.754	-67.402	asfiksia	benar
		asfiksia 10.wav	-157.322	-179.996	-91.721	asfiksia	benar
		asfiksia 11.wav	-115.813	-184.041	-107.788	asfiksia	benar
		asfiksia 12.wav	-114.395	-228.026	-211.339	normal	salah
		asfiksia 13.wav	-174.824	-147.906	-168.759	preasfiksia	salah
		asfiksia 14.wav	-187.622	-180.923	-122.333	asfiksia	benar

Tabel 4.4 Hasil pengujian dengan 5 data *training* dengan *codebook* 128

No	Nama Kondisi	Nama File Uji	Nilai LoP			Hasil Uji	Keterangan
			Label 1 (kondisi normal)	label 2 (kondisi preasfiksia)	label 3 (kondisi asfiksia)		
1	Normal	normal 8.wav	-164.676	-133.324	-100.433	asfiksia	salah
		normal 9.wav	-174.113	-153.583	-118.043	asfiksia	salah
		normal 10.wav	-95.814	-241.031	-228.994	normal	benar
		normal 11.wav	-139.598	-239.073	-183.228	normal	benar
		normal 12.wav	-135.170	-216.436	-202.477	normal	benar
		normal 13.wav	-90.166	-190.084	-119.413	normal	benar
		normal 14.wav	-138.095	-218.470	-164.629	normal	benar
2	Preasfiksia	preasfiksia 8.wav	-166.480	-205.092	-172.314	normal	salah
		preasfiksia 9.wav	-246.867	-119.481	-199.387	preasfiksia	benar
		preasfiksia 10.wav	-238.818	-130.105	-230.947	preasfiksia	benar
		preasfiksia 11.wav	-201.366	-156.613	-220.530	preasfiksia	benar
		preasfiksia 12.wav	-238.700	-110.198	-238.169	preasfiksia	benar
		preasfiksia 13.wav	-173.000	-175.313	-130.420	asfiksia	salah
		preasfiksia 14.wav	-187.103	-163.162	-142.335	asfiksia	salah
3	Asfiksia	asfiksia 8.wav	-179.092	-199.379	-109.041	asfiksia	benar
		asfiksia 9.wav	-164.267	-186.256	-87.601	asfiksia	benar
		asfiksia 10.wav	-144.720	-190.386	-104.027	asfiksia	benar
		asfiksia 11.wav	-157.990	-216.155	-123.831	asfiksia	benar
		asfiksia 12.wav	-159.640	-232.949	-221.763	normal	salah
		asfiksia 13.wav	-200.410	-167.349	-180.829	preasfiksia	salah
		asfiksia 14.wav	-221.696	-216.030	-170.864	asfiksia	benar

Tabel 4.5 Hasil pengujian dengan 5 data *training* dengan *codebook* 256

No	Nama Kondisi	Nama File Uji	Nilai LoP			Hasil Uji	Keterangan
			Label 1 (kondisi normal)	label 2 (kondisi preasfiksia)	label 3 (kondisi asfiksia)		
1	Normal	normal 8.wav	-225.115	-217.437	-114.436	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 9.wav	-223.874	-207.597	-142.839	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 10.wav	-177.168	-252.340	-236.443	normal	benar
		normal 11.wav	-164.097	-246.693	-229.945	normal	benar
		normal 12.wav	-168.190	-231.476	-216.161	normal	benar
		normal 13.wav	-132.412	-229.297	-165.033	normal	benar
		normal 14.wav	-156.493	-234.092	-198.556	normal	benar
2	Preasfiksia	preasfiksia 8.wav	-153.928	-213.854	-189.507	normal	<b>salah</b>
		preasfiksia 9.wav	-238.137	-177.315	-222.287	preasfiksia	benar
		preasfiksia 10.wav	-246.078	-180.714	-245.361	preasfiksia	benar
		preasfiksia 11.wav	-237.720	-192.225	-218.824	preasfiksia	benar
		preasfiksia 12.wav	-246.379	-176.812	-246.240	preasfiksia	benar
		preasfiksia 13.wav	-216.604	-211.229	-179.486	asfiksia	<b>salah</b>
		preasfiksia 14.wav	-204.709	-217.073	-154.762	asfiksia	<b>salah</b>
3	Asfiksia	asfiksia 8.wav	-172.323	-210.082	-148.228	asfiksia	benar
		asfiksia 9.wav	-214.408	-230.542	-120.750	asfiksia	benar
		asfiksia 10.wav	-179.729	-239.164	-160.510	asfiksia	benar
		asfiksia 11.wav	-178.829	-241.171	-167.623	asfiksia	benar
		asfiksia 12.wav	-178.058	-223.659	-230.694	normal	<b>salah</b>
		asfiksia 13.wav	-227.321	-201.583	-184.563	asfiksia	benar
		asfiksia 14.wav	-230.503	-233.402	-166.602	asfiksia	benar

Tabel 4.6 Hasil pengujian dengan 5 data *training* dengan *codebook* 512

No	Nama Kondisi	Nama File Uji	Nilai LoP			Hasil Uji	Keterangan
			Label 1 (kondisi normal)	label 2 (kondisi preasfiksia)	label 3 (kondisi asfiksia)		
1	Normal	normal 8.wav	-211.544	-200.649	-170.439	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 9.wav	-210.088	-223.784	-176.208	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 10.wav	-185.834	-253.284	-246.144	normal	benar
		normal 11.wav	-192.336	-247.092	-219.601	normal	benar
		normal 12.wav	-206.783	-245.944	-230.704	normal	benar
		normal 13.wav	-174.252	-224.583	-179.018	normal	benar
		normal 14.wav	-199.142	-233.940	-210.421	normal	benar

2	Preasfiksia	preasfiksia 8.wav	-194.212	-240.040	-197.456	normal	<b>salah</b>
		preasfiksia 9.wav	-246.039	-190.817	-231.852	preasfiksia	benar
		preasfiksia 10.wav	-253.284	-198.861	-246.158	preasfiksia	benar
		preasfiksia 11.wav	-225.488	-203.501	-213.452	preasfiksia	benar
		preasfiksia 12.wav	-246.636	-194.995	-253.284	preasfiksia	benar
		preasfiksia 13.wav	-230.657	-231.677	-178.953	asfiksia	<b>salah</b>
		preasfiksia 14.wav	-223.388	-218.861	-201.658	asfiksia	<b>salah</b>
3	Asfiksia	asfiksia 8.wav	-208.754	-224.928	-155.759	asfiksia	benar
		asfiksia 9.wav	-223.985	-210.689	-143.266	asfiksia	benar
		asfiksia 10.wav	-208.276	-231.957	-183.888	asfiksia	benar
		asfiksia 11.wav	-214.417	-233.705	-192.867	asfiksia	benar
		asfiksia 12.wav	-220.084	-239.387	-238.335	normal	<b>salah</b>
		asfiksia 13.wav	-240.163	-223.389	-194.307	asfiksia	benar
		asfiksia 14.wav	-237.630	-253.284	-195.343	asfiksia	benar

Tabel 4.7 Hasil pengujian dengan 5 data *training* dengan *codebook* 1024

No	Nama Kondisi	Nama File Uji	Nilai LoP			Hasil Uji	Keterangan
			Label 1 (kondisi normal)	label 2 (kondisi preasfiksia)	label 3 (kondisi asfiksia)		
1	Normal	normal 8.wav	-201.224	-247.235	-186.392	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 9.wav	-232.622	-230.953	-178.214	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 10.wav	-206.976	-253.284	-253.284	normal	benar
		normal 11.wav	-223.673	-253.284	-245.849	normal	benar
		normal 12.wav	-218.278	-238.927	-237.810	normal	benar
		normal 13.wav	-197.047	-238.578	-232.748	normal	benar
		normal 14.wav	-202.985	-246.869	-238.502	normal	benar
2	Preasfiksia	preasfiksia 8.wav	-224.275	-238.020	-207.720	asfiksia	<b>salah</b>
		preasfiksia 9.wav	-253.284	-211.312	-231.477	preasfiksia	benar
		preasfiksia 10.wav	-253.284	-210.093	-253.284	preasfiksia	benar
		preasfiksia 11.wav	-234.839	-211.719	-238.106	preasfiksia	benar
		preasfiksia 12.wav	-238.895	-203.404	-246.033	preasfiksia	benar
		preasfiksia 13.wav	-224.873	-218.867	-222.946	preasfiksia	benar
		preasfiksia 14.wav	-215.736	-234.086	-217.106	normal	<b>salah</b>
3	Asfiksia	asfiksia 8.wav	-218.232	-253.284	-145.049	asfiksia	benar
		asfiksia 9.wav	-241.301	-253.284	-170.291	asfiksia	benar
		asfiksia 10.wav	-237.495	-246.353	-224.994	asfiksia	benar
		asfiksia 11.wav	-209.293	-245.830	-217.671	normal	<b>salah</b>
		asfiksia 12.wav	-217.645	-246.849	-238.111	normal	<b>salah</b>
		asfiksia 13.wav	-245.461	-232.529	-209.995	asfiksia	benar
		asfiksia 14.wav	-231.039	-246.056	-200.766	asfiksia	benar

Tabel 4.8 Hasil pengujian dengan 7 data *training* dengan *codebook* 32

No	Nama Kondisi	Nama File Uji	Nilai LoP			Hasil Uji	Keterangan
			Label 1 (kondisi normal)	label 2 (kondisi preasfiksia)	label 3 (kondisi asfiksia)		
1	Normal	normal 8.wav	-125.224	-117.388	-105.436	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 9.wav	-83.800	-150.347	-67.089	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 10.wav	-86.548	-192.847	-191.316	normal	benar
		normal 11.wav	-77.515	-177.161	-177.279	normal	benar
		normal 12.wav	-87.993	-121.761	-151.773	normal	benar
		normal 13.wav	-78.720	-114.612	-79.335	normal	benar
		normal 14.wav	-77.318	-148.870	-123.897	normal	benar
2	Preasfiksia	preasfiksia 8.wav	-111.420	-131.922	-117.691	normal	<b>salah</b>
		preasfiksia 9.wav	-176.903	-82.274	-160.222	preasfiksia	benar
		preasfiksia 10.wav	-219.175	-82.139	-181.936	preasfiksia	benar
		preasfiksia 11.wav	-180.030	-99.478	-155.543	preasfiksia	benar
		preasfiksia 12.wav	-198.385	-74.088	-152.639	preasfiksia	benar
		preasfiksia 13.wav	-124.515	-74.292	-98.285	preasfiksia	benar
		preasfiksia 14.wav	-113.854	-95.495	-98.296	preasfiksia	benar
3	Asfiksia	asfiksia 8.wav	-112.755	-99.925	-66.024	asfiksia	benar
		asfiksia 9.wav	-106.622	-88.863	-56.589	asfiksia	benar
		asfiksia 10.wav	-115.546	-108.032	-72.814	asfiksia	benar
		asfiksia 11.wav	-108.455	-133.148	-83.372	asfiksia	benar
		asfiksia 12.wav	-66.401	-190.992	-205.073	normal	<b>salah</b>
		asfiksia 13.wav	-146.411	-126.647	-88.473	asfiksia	benar
		asfiksia 14.wav	-148.453	-95.554	-93.297	asfiksia	benar

Tabel 4.9 Hasil pengujian dengan 7 data *training* dengan *codebook* 64

No	Nama Kondisi	Nama File Uji	Nilai LoP			Hasil Uji	Keterangan
			Label 1 (kondisi normal)	label 2 (kondisi preasfiksia)	label 3 (kondisi asfiksia)		
1	Normal	normal 8.wav	-171.035	-129.112	-80.547	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 9.wav	-168.433	-115.212	-85.782	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 10.wav	-105.206	-206.673	-215.977	normal	benar
		normal 11.wav	-132.444	-223.219	-205.745	normal	benar
		normal 12.wav	-105.835	-183.649	-169.094	normal	benar
		normal 13.wav	-103.968	-137.318	-125.597	normal	benar
		normal 14.wav	-114.544	-208.349	-148.851	normal	benar

2	Preasfiksia	preasfiksia 8.wav	-126.342	-159.487	-128.139	normal	<b>salah</b>
		preasfiksia 9.wav	-179.722	-97.396	-165.190	preasfiksia	benar
		preasfiksia 10.wav	-222.590	-77.826	-189.555	preasfiksia	benar
		preasfiksia 11.wav	-202.146	-90.021	-173.085	preasfiksia	benar
		preasfiksia 12.wav	-231.169	-96.212	-189.326	preasfiksia	benar
		preasfiksia 13.wav	-133.703	-104.273	-129.029	preasfiksia	benar
		preasfiksia 14.wav	-142.297	-133.242	-107.376	asfiksia	<b>salah</b>
3	Asfiksia	asfiksia 8.wav	-139.690	-147.558	-89.977	asfiksia	benar
		asfiksia 9.wav	-159.967	-137.759	-81.239	asfiksia	benar
		asfiksia 10.wav	-126.082	-158.878	-93.293	asfiksia	benar
		asfiksia 11.wav	-120.967	-156.659	-91.305	asfiksia	benar
		asfiksia 12.wav	-107.989	-228.968	-206.902	normal	<b>salah</b>
		asfiksia 13.wav	-157.627	-165.343	-132.989	asfiksia	benar
		asfiksia 14.wav	-176.515	-186.651	-134.719	asfiksia	benar

Tabel 4.10 Hasil pengujian dengan 7 data *training* dengan *codebook* 128

No	Nama Kondisi	Nama File Uji	Nilai LoP			Hasil Uji	Keterangan
			Label 1 (kondisi normal)	label 2 (kondisi preasfiksia)	label 3 (kondisi asfiksia)		
1	Normal	normal 8.wav	-190.458	-120.884	-112.346	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 9.wav	-187.765	-124.415	-122.999	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 10.wav	-142.291	-219.085	-236.700	normal	benar
		normal 11.wav	-125.138	-231.780	-216.577	normal	benar
		normal 12.wav	-120.053	-203.869	-183.693	normal	benar
		normal 13.wav	-126.870	-189.674	-167.303	normal	benar
		normal 14.wav	-126.509	-211.692	-161.637	normal	benar
2	Preasfiksia	preasfiksia 8.wav	-150.403	-182.436	-194.338	normal	<b>salah</b>
		preasfiksia 9.wav	-225.283	-144.708	-208.394	preasfiksia	benar
		preasfiksia 10.wav	-223.474	-139.772	-229.265	preasfiksia	benar
		preasfiksia 11.wav	-207.205	-148.763	-217.487	preasfiksia	benar
		preasfiksia 12.wav	-225.805	-141.832	-216.998	preasfiksia	benar
		preasfiksia 13.wav	-151.285	-147.175	-181.356	preasfiksia	benar
		preasfiksia 14.wav	-155.790	-146.041	-141.341	asfiksia	<b>salah</b>
3	Asfiksia	asfiksia 8.wav	-174.183	-179.989	-97.248	asfiksia	benar
		asfiksia 9.wav	-158.621	-194.008	-125.596	asfiksia	benar
		asfiksia 10.wav	-153.066	-196.704	-124.390	asfiksia	benar
		asfiksia 11.wav	-136.125	-194.683	-128.367	asfiksia	benar
		asfiksia 12.wav	-156.873	-234.570	-238.463	normal	<b>salah</b>
		asfiksia 13.wav	-192.503	-184.038	-169.743	asfiksia	benar
		asfiksia 14.wav	-208.789	-230.142	-147.980	asfiksia	benar

Tabel 4.11 Hasil pengujian dengan 7 data *training* dengan *codebook* 256

No	Nama Kondisi	Nama File Uji	Nilai LoP			Hasil Uji	Keterangan
			Label 1 (kondisi normal)	label 2 (kondisi preasfiksia)	label 3 (kondisi asfiksia)		
1	Normal	normal 8.wav	-200.557	-150.225	-141.235	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 9.wav	-202.865	-166.659	-148.486	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 10.wav	-180.153	-246.962	-241.917	normal	benar
		normal 11.wav	-163.331	-240.272	-213.935	normal	benar
		normal 12.wav	-185.808	-194.854	-232.295	normal	benar
		normal 13.wav	-151.698	-201.616	-201.343	normal	benar
		normal 14.wav	-152.474	-224.642	-201.456	normal	benar
2	Preasfiksia	preasfiksia 8.wav	-158.859	-196.268	-208.290	normal	<b>salah</b>
		preasfiksia 9.wav	-239.266	-173.550	-219.464	preasfiksia	benar
		preasfiksia 10.wav	-224.894	-155.969	-246.849	preasfiksia	benar
		preasfiksia 11.wav	-223.825	-189.148	-231.779	preasfiksia	benar
		preasfiksia 12.wav	-234.249	-177.536	-247.075	preasfiksia	benar
		preasfiksia 13.wav	-212.143	-163.536	-195.807	preasfiksia	benar
		preasfiksia 14.wav	-188.040	-179.078	-163.010	asfiksia	<b>salah</b>
3	Asfiksia	asfiksia 8.wav	-189.540	-193.380	-123.433	asfiksia	benar
		asfiksia 9.wav	-182.631	-208.955	-151.658	asfiksia	benar
		asfiksia 10.wav	-169.601	-210.827	-156.351	asfiksia	benar
		asfiksia 11.wav	-181.988	-223.473	-162.201	asfiksia	benar
		asfiksia 12.wav	-232.723	-234.270	-202.553	asfiksia	benar
		asfiksia 13.wav	-218.517	-186.960	-210.415	preasfiksia	<b>salah</b>
		asfiksia 14.wav	-220.291	-239.355	-170.571	asfiksia	benar

Tabel 4.12 Hasil pengujian dengan 7 data *training* dengan *codebook* 512

No	Nama Kondisi	Nama File Uji	Nilai LoP			Hasil Uji	Keterangan
			Label 1 (kondisi normal)	label 2 (kondisi preasfiksia)	label 3 (kondisi asfiksia)		
1	Normal	normal 8.wav	-213.747	-194.446	-174.768	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 9.wav	-246.435	-190.766	-165.766	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 10.wav	-199.968	-246.844	-238.825	normal	benar
		normal 11.wav	-211.482	-240.198	-239.559	normal	benar
		normal 12.wav	-212.038	-246.239	-239.820	normal	benar
		normal 13.wav	-179.359	-234.761	-205.543	normal	benar
		normal 14.wav	-185.888	-234.506	-219.239	normal	benar



2	Preasfiksia	preasfiksia 8.wav	-195.687	-221.230	-196.102	normal	<b>salah</b>
		preasfiksia 9.wav	-242.445	-184.787	-218.194	preasfiksia	benar
		preasfiksia 10.wav	-253.284	-197.434	-244.847	preasfiksia	benar
		preasfiksia 11.wav	-245.140	-195.825	-239.635	preasfiksia	benar
		preasfiksia 12.wav	-234.550	-175.167	-253.284	preasfiksia	benar
		preasfiksia 13.wav	-218.437	-197.893	-210.264	preasfiksia	benar
		preasfiksia 14.wav	-231.686	-180.420	-216.758	preasfiksia	benar
3	Asfiksia	asfiksia 8.wav	-211.778	-226.450	-166.708	asfiksia	benar
		asfiksia 9.wav	-217.612	-212.652	-182.976	asfiksia	benar
		asfiksia 10.wav	-216.350	-237.670	-179.362	asfiksia	benar
		asfiksia 11.wav	-196.086	-224.783	-188.442	asfiksia	benar
		asfiksia 12.wav	-210.346	-232.892	-233.066	normal	<b>salah</b>
		asfiksia 13.wav	-248.110	-231.311	-219.662	asfiksia	benar
		asfiksia 14.wav	-223.828	-241.732	-209.890	asfiksia	benar

Tabel 4.13 Hasil pengujian dengan 7 data *training* dengan *codebook* 1024

No	Nama Kondisi	Nama File Uji	Nilai LoP			Hasil Uji	Keterangan
			Label 1 (kondisi normal)	label 2 (kondisi preasfiksia)	label 3 (kondisi asfiksia)		
1	Normal	normal 8.wav	-231.545	-256.567	-121.547	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 9.wav	-232.560	-206.900	-181.346	asfiksia	<b>salah</b>
		normal 10.wav	-201.536	-245.946	-247.099	normal	benar
		normal 11.wav	-221.071	-240.389	-247.099	normal	benar
		normal 12.wav	-220.179	-245.681	239.523	normal	benar
		normal 13.wav	-189.274	-238.882	-221.435	normal	benar
		normal 14.wav	-177.234	-239.078	-233.417	normal	benar
2	Preasfiksia	preasfiksia 8.wav	-218.357	-223.697	-233.013	normal	<b>salah</b>
		preasfiksia 9.wav	-240.806	-212.371	-248.164	preasfiksia	benar
		preasfiksia 10.wav	-253.284	-220.853	-246.421	preasfiksia	benar
		preasfiksia 11.wav	-234.779	-238.197	-239.643	normal	<b>salah</b>
		preasfiksia 12.wav	-241.467	-216.178	-253.284	preasfiksia	benar
		preasfiksia 13.wav	-246.363	-218.036	-238.993	preasfiksia	benar
		preasfiksia 14.wav	-218.617	-206.540	-218.911	preasfiksia	benar
3	Asfiksia	asfiksia 8.wav	-201.441	-225.599	-194.129	asfiksia	benar
		asfiksia 9.wav	-239.779	-225.859	-204.490	asfiksia	benar
		asfiksia 10.wav	-218.189	-232.833	-175.950	asfiksia	benar
		asfiksia 11.wav	-222.919	-239.106	-213.926	asfiksia	benar
		asfiksia 12.wav	-197.052	-246.739	-246.719	normal	<b>salah</b>
		asfiksia 13.wav	-251.786	-238.484	-212.493	asfiksia	benar
		asfiksia 14.wav	-245.171	-245.754	-229.356	asfiksia	benar

### 4.3 Rangkuman Hasil Uji Coba

Rangkuman hasil uji coba berdasarkan jenis kondisi janin dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15

Tabel 4.14 Rangkuman data hasil uji untuk 5 data *training* untuk masing-masing *codebook*

Nama Kondisi	5 data training					
	Codebook 32	Codebook 64	Codebook 128	Codebook 256	Codebook 512	Codebook 1024
Normal	57%	57%	71%	71%	71%	71%
Preasfiksia	71%	57%	57%	57%	57%	71%
Asfiksia	71%	71%	71%	86%	86%	71%

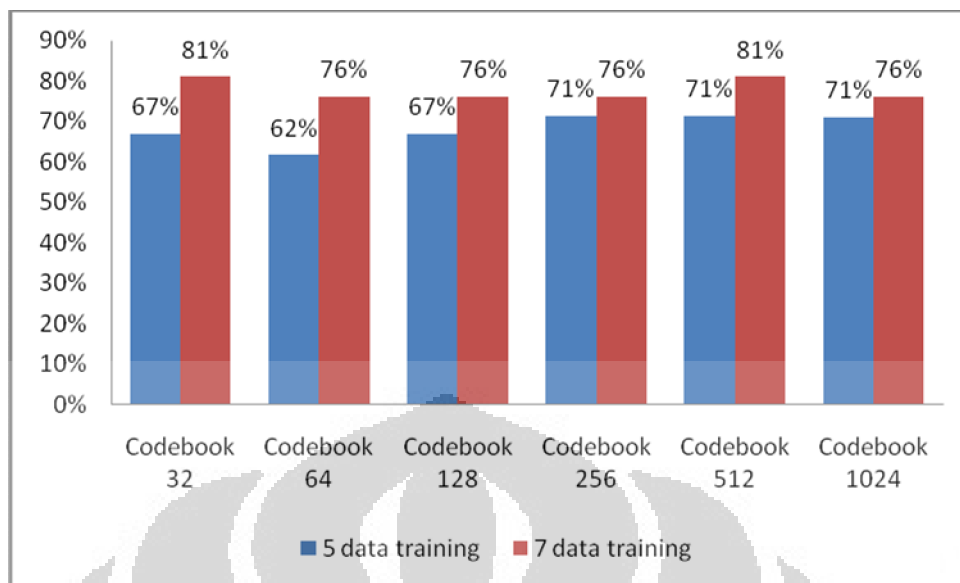
Tabel 4.15 Rangkuman data hasil uji untuk 7 data *training* untuk masing-masing *codebook*

Nama Kondisi	7 data training					
	Codebook 32	Codebook 64	Codebook 128	Codebook 256	Codebook 512	Codebook 1024
Normal	71%	71%	71%	71%	71%	71%
Preasfiksia	86%	71%	71%	71%	86%	71%
Asfiksia	86%	86%	86%	86%	86%	86%

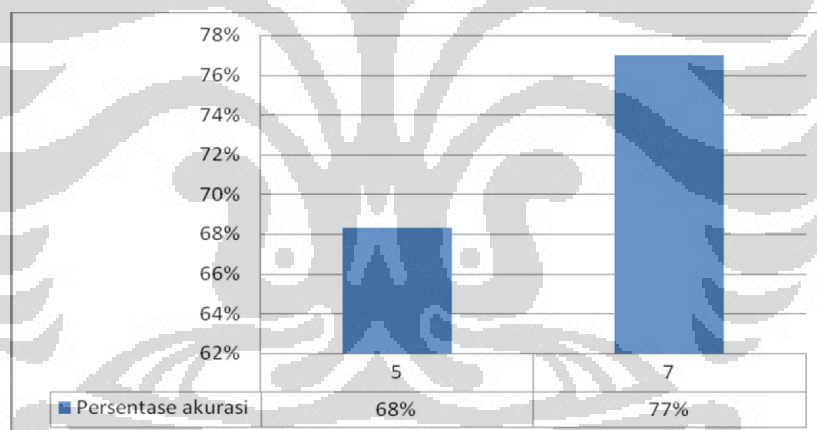
Tabel 4.16 Perbandingan persentase akurasi untuk 5 dan 7 data *training*

Jumlah data <i>training</i>	Codebook 32	Codebook 64	Codebook 128	Codebook 256	Codebook 512	Codebook 1024
5	67%	62%	67%	71%	71%	71%
7	81%	76%	76%	76%	81%	76%

Dari Tabel 4.14 dan 4.15 diatas dapat diketahui persentase akurasi secara keseluruhan untuk masing-masing 5 dan 7 data *training* adalah 68% dan 77%. Secara grafis, perbandingan persentase rata-rata hasil uji coba untuk masing-masing *codebook* dapat dilihat pada Gambar 4.1 sedangkan perbandingan persentase keseluruhan antara 5 dan 7 data *training* dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.1 Perbandingan persentase hasil uji sampel kondisi janin dengan 5 data *training* dan 7 data *training* dengan berbagai variasi ukuran *codebook*



Gambar 4.2 Perbandingan persentase akurasi secara keseluruhan antara 5 dan 7 data *training*

#### 4.4 Analisa Hasil Percobaan

##### 4.4.1 Pengaruh Ukuran *Codebook* Terhadap Tingkat Akurasi Identifikasi Data

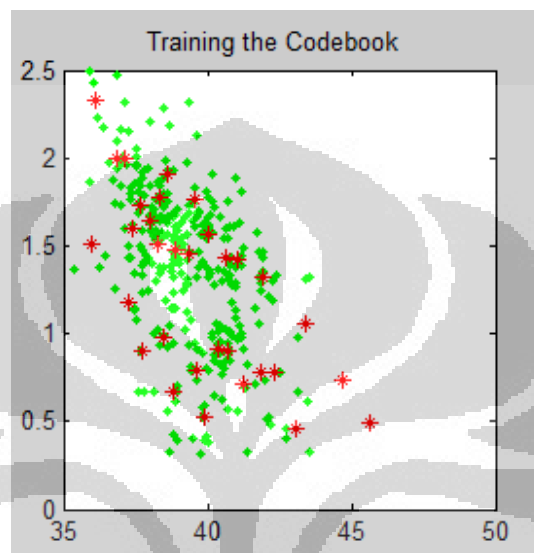
Idealnya, semakin besar ukuran *codebook* akan semakin mewakili informasi yang sebenarnya. Hal ini disebabkan ukuran *codebook* berpengaruh pada luas daerah *cluster* yang terbentuk. Semakin besar ukuran *codebook*, semakin kecil ukuran luas *cluster* sehingga *cluster* yang terbentuk semakin

banyak. Semakin banyak *cluster* yang terbentuk akan semakin banyak pula centroid yang terbentuk dan semakin mewakili informasi yang sebenarnya karena *centroid-centroid* inilah yang akan dibandingkan dengan *centroid* data masukan. Namun, setelah dilakukan pengujian data sampel audio untuk masing-masing kondisi janin dengan menggunakan metode HMM, persentase akurasi masing-masing label seperti pada Tabel 4.14, Tabel 4.15 serta Tabel 4.16 mengalami peningkatan, penurunan, atau tetap seiring dengan meningkatnya ukuran *codebook*. Untuk kondisi preasfiksia dan asfiksia pada ukuran *codebook* 32 dan *codebook* 64, persentase akurasi mengalami penurunan yaitu dari 67% menjadi 62% untuk 5 data *training* sedangkan untuk 7 data *training* terjadi penurunan persentase akurasi dari 81% menjadi 76% . Hal ini dapat terjadi karena ukuran *codebook* yang meningkat akan mempersempit ukuran *cluster*, semakin sempitnya ukuran *cluster*, *sample point* yang terbentuk dapat mengalami perpindahan *cluster*. Perpindahan *cluster* ini berakibat pada perubahan *state* HMM, sehingga kesalahan dan penurunan akurasi dapat terjadi.

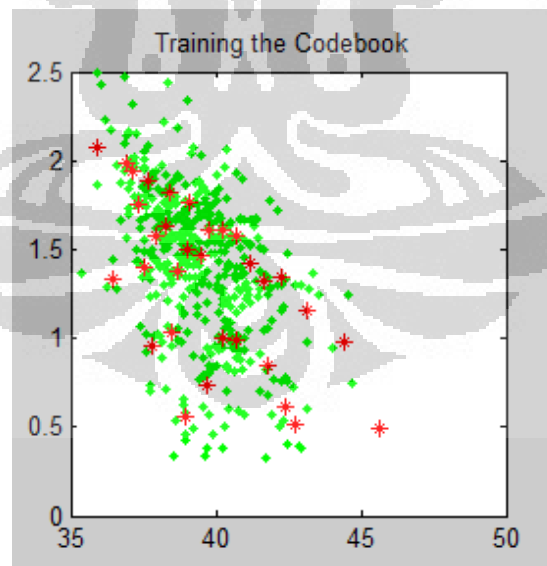
#### **4.4.2 Pengaruh Jumlah Data *Training* Terhadap Tingkat Akurasi Identifikasi Data**

Selain ukuran *codebook*, variabel lainnya yang dapat diuji coba pada sistem adalah jumlah *database*. Jumlah *database* yang semakin banyak akan menambah tingkat akurasi dalam identifikasi data audio. Pada proses pengujian digunakan 5 (lima) buah data *training* dan 7 (tujuh) buah data *training*. Sedikitnya jumlah data *training* yang digunakan dalam pengujian dikarenakan terbatasnya jumlah data sampel audio untuk masing-masing kondisi janin. Gambar 4.2 menunjukkan pengaruh jumlah data *training* dengan tingkat akurasi. Berdasarkan grafik tersebut, persentase akurasi pengujian dengan 7 buah data *training* lebih besar dibandingkan dengan persentase akurasi pengujian dengan 5 buah data *training*. Semakin banyak jumlah *database* yang digunakan, kemiripan karakteristik data audio yang diujikan dengan data audio yang dijadikan *database* akan semakin besar. Sebaliknya, semakin sedikit jumlah *database* yang dimasukkan kedalam sistem, kemungkinan kemiripan karakteristik data audio yang diujikan dengan karakteristik data audio *database* untuk kondisi (label) yang

sama semakin rendah, sehingga tingkat akurasi pengenalan menjadi semakin kecil. Kemiripan karakteristik yang semakin banyak seiring dengan banyaknya jumlah *database* dikarenakan semakin banyak dan semakin rapat pula *centroid* yang terbentuk seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



Gambar 4.3 *Codebook* 32 dengan 5 data *training*



Gambar 4.4 *Codebook* 32 dengan 7 data *training*

Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan jumlah *centroid* yang terbentuk dengan 5 buah data *training* lebih sedikit dan lebih renggang dibandingkan dengan jumlah *centroid* yang terbentuk dengan 7 data *training*. Banyaknya *centroid* yang terbentuk dengan menggunakan 7 data training mengakibatkan peluang urutan *centroid database* mirip dengan urutan *centroid* data yang sebenarnya menjadi besar dibandingkan dengan menggunakan 5 data training sehingga lebih dapat mewakili informasi yang sebenarnya.



## BAB V

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Nilai akurasi secara keseluruhan adalah 68% untuk 5 data *training* dan 77% untuk 7 data *training*
2. Pada penelitian ini, ukuran *codebook* yang optimal adalah ukuran *codebook* 512
3. Semakin banyak jumlah data *training* yang digunakan, semakin besar tingkat akurasi dalam pendeteksian kondisi janin. Hal ini dikarenakan dengan banyaknya *centroid* yang terbentuk apabila menggunakan jumlah data *training* yang banyak mengakibatkan peluang urutan *centroid database* mirip dengan urutan *centroid* data yang diujikan menjadi besar
4. Ukuran *codebook* yang semakin besar belum tentu mempengaruhi tingkat akurasi pendeteksian kondisi janin. Hal ini dikarenakan ukuran *codebook* yang meningkat akan mempersempit ukuran *cluster*, dengan semakin sempitnya ukuran *cluster*, *sample point* yang terbentuk dapat mengalami perpindahan *cluster*. Perpindahan *cluster* ini berakibat pada perubahan *state* HMM, sehingga kesalahan dan penurunan akurasi dapat terjadi

## DAFTAR ACUAN

- [1] Anynomous. "Pencegahan dan Penatalaksanaan Asfiksia Neonatorum". Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2008
- [2] Heriyanti, Oktaviani. "Hubungan Antara Preeklampsia Berat Dengan sfiksia Perinatal di RSUD dr Moewardi Surakarta", Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2009
- [3] Anynomous, "Buku Panduan Tatalaksana Bayi Baru Lahir Di Rumah Sakit", HTA Indonesia, 2010
- [4] <http://runtah.com/cara-mengukur-asam-basa-cairan-tubuh/>
- [5] Brooker, Chris. "Ensiklopedia Keperawatan (Churchill Livingstone's mini encyclopaediaor Nursing 1<sup>st</sup> Edition)". Elsevier Ltd. 2005.
- [6] Keneth J. Leveno et al. Williams Manual of Obstetric 21 st Edition. McGraw-Hill Company. 2003
- [7] Erny,Darto Saharso.,I Nyoman Sudiatmika. "Hypoxic Ischaemic Encephalopathy, (Ensefalopati, Hipoksik Iskemik)". Bulletin IKA No. VII . Juli 2002
- [8] <http://onlineallarticles.blogspot.com/2011/04/makalah-referat-kejang-pada-anak.html>
- [9] Santoso, dr. Erwin. "Asfiksia Neonatorum". 2010
- [10] Airin, Rinda. "Rancang Bagian Simulator Alat Ukur Nilai pH Dalam Kaitannya Dengan Saturasi Oksigen Berbasis Mikrokontroler Dan Matlab Untuk Mengetahui Tingkat Kesejahteraan Janin. Skripsi. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 2009
- [11] <http://id.wikipedia.org/wiki/Spektroskopi>
- [12] Prof. Dr. dr. Gulardi W. "Hubungan Nilai Spektroskopi Sinar Dekat Inframerah Dalam Saturasi Oksigen".
- [13] <http://www.photonics.com/images2/Website/2011/2011-/IMS252BBIO-NIRDevice.jpg>



- [14] C. Bunce, Scott, et al. "Functional Near-Infrared Spectroscopy. An Emerging Neuroimaging Modality". IEEE Engineering Med Biol Magazine. 2006
- [15] <http://konyanedogawa.multiply.com/journal/item/10/>
- [16] Miftahul Huda, Dwi Kurnia Basuki. "Konversi Nada-Nada Akustik Menjadi Chord Menggunakan Pitch Class Profile". Jurusan Teknik Informatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2010
- [17] Fernando. "Analisis dan Identifikasi Konsentrasi Formalin Pada Makanan Dengan Metode Hidden Markov Model. Skripsi. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 2009
- [18] Zamroni, Mochammad. "Forensic Speaker Identification (FSI) Terhadap Pasangan Kembar Berdasarkan Karakteristik Forman". Proposal Tugas Akhir. Jurusan Teknik Fisika. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2010
- [19] Andriani, Evi. "Analisa Dan Identifikasi Berbagai Penyakit Paru-Paru Dengan Metode Hidden Markov Model". Skripsi. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 2009
- [20] [http://www.oocities.org/stefangachter/VectorQuantization/chapter\\_1.htm#1](http://www.oocities.org/stefangachter/VectorQuantization/chapter_1.htm#1)
- [21] Astinianingrum, Putri. "Analisis dan Identifikasi Kadar Melamin Pada Makanan Dengan Metode Hidden Markov". Skripsi. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 2010

## DAFTAR PUSTAKA

Saaddatuddaroin. “Perancangan Perangkat Lunak Sensor Tsunami dengan Teknik Hidden Markov Model”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2009.

Andriani, Evi, “Analisa dan Identifikasi berbagai Penyakit Paru-Paru dengan Metode Hidden Markov Model”, Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2009.

Sugiarto, Ferry, “Pengenalan Plat Nomor Mobil dengan Skeletonisasi dan Hidden Markov Model”, Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2007/2008.

Fernando, “Analisis dan Identifikasi Konsentrasi Formalin Pada Makanan dengan Metode Hidden Markov Model”, Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2010