

**Pengenalan Jenis Ikan dengan Metode
HIDDEN MARKOV MODEL Menggunakan
DSK TMS320C6713**

SKRIPSI

Oleh

ARIO MUHAMAD FANIE

0403030195



**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GANJIL 2007/2008**

**Pengenalan Jenis Ikan dengan Metode
HIDDEN MARKOV MODEL Menggunakan
DSK TMS320C6713**

SKRIPSI

Oleh

ARIO MUHAMAD FANIE

0403030195



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GANJIL 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

Pengenalan Jenis Ikan dengan Metode *HIDDEN MARKOV* MODEL Menggunakan DSK TMS320C6713

Yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Berdasarkan apa yang saya ketahui skripsi yang saya buat ini bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang telah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 14 Desember 2007

Ario Muhammad Fanie

NPM. 0403030195

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**Pengenalan Jenis Ikan dengan Metode *HIDDEN MARKOV*
MODEL Menggunakan DSK TMS320C6713**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 2 Januari 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 4 Januari 2008

Dosen pembimbing,

Dr. Ir. Arman Djohan Diponegoro M.Eng

NIP. 131 476 472

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr. Ir. Arman Djohan Diponegoro M.Eng

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.

Ario Muhammad Fanie NPM 0403030195 Departemen Teknik Elektro	Dosen Pembimbing Dr. Ir. Arman Djohan Diponegoro M.Eng
PENGENALAN JENIS IKAN DENGAN METODE <i>HIDDEN MARKOV MODEL</i> MENGGUNAKAN DSK TMS320C6713	
<p>ABSTRAK</p> <p>Skripsi ini dibuat untuk mengenali suatu jenis kawanan ikan berdasarkan perubahan fase dengan menganalisis perubahan fase dari gelombang yang dipantulkan oleh gerakan kawanan ikan. Gelombang yang diterima dari hasil pantulan tersebut akan dikenali dengan metode <i>Hidden Markov Model</i> (HMM) yang telah diprogram ke DSK TMS320C6713. Perubahan fase pada masing-masing kelompok ikan disebabkan oleh perbedaan pada bentuk dan bahan permukaan ikan, kecepatan ikan, serta formasi susunan ikan dalam suatu kelompok yang strukturnya mengikuti gerakan <i>schooling</i> suatu kawanan ikan. Dimana setiap ikan memiliki karakteristik yang unik.</p> <p>Pada Tahap identifikasi dengan metode HMM tingkat pengenalan bisa mencapai 100% dengan menggunakan ukuran <i>codebook</i> 128 bit dan jumlah pelatihan 15 <i>sample</i> dan 7 <i>state HMM</i>.</p>	
<p>Kata Kunci : Pengenalan Ikan, <i>Hidden Markov Model</i>, Perubahan Fase, DSK TMS320C6713</p>	

Ario Muhammad Fanie NPM 0403030195 Electrical Engineering Department	Counsellor Dr. Ir. Arman Djohan Diponegoro M.Eng
FISH IDENTIFICATION WITH HIDDEN MARKOV METHOD USING DSK TMS320C6713	
<p>ABSTRACT</p> <p>This final project was made to recognize the kind of fishes from their phase changing by analyzing phase changing of the reflected waves that received from the fishes movement. The reflected waves was recognized using the Hidden Markov Model which was programmed in the DSK TMS320C6713. Phase changing in the group of fishes was caused by the difference of the fish form, the surface of the fish, the speed of the fish movement, also the formation of fish in a group that make a schooling movement. Because of that, many group of fishes could have unique characteristic.</p> <p>In the recognition process with Hidden Markov Model (HMM) could reach 100% accuracy using the codebook size of 128 bit, training samples of 15 data and 7 states of HMM.</p>	
<p>Keywords : Fish recognition, Hidden Markov Model, Phase changing, DSK TMS320C6713</p>	

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
DAFTAR ISTILAH	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	2
1.3 BATASAN MASALAH	2
1.4 SISTEMATIKA PENULISAN	2
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1. <i>SAMPLING</i> & NORMALISASI	4
2.2 EKSTRAKSI GELOMBANG	5
2.2.1 <i>Frame blocking</i>	5
2.2.2 <i>Windowing</i>	5
2.2.3 <i>Discrete fourier transform (DFT)</i>	6
2.2.4 <i>Mel frequency cepstrum coefficient [5]</i>	7
2.3 VEKTOR KUANTISASI [5]	7
2.4 <i>HIDDEN MARKOV MODELS</i>	10
2.5 DSK TMS320C6713 [9]	12
BAB III RANCANG BANGUN PENELITIAN	15
3.1 PEMBENTUKAN <i>DATABASE</i>	15
3.1.1 Pembentukan <i>database</i> gelombang ikan	16
3.1.2 Labelisasi	18
3.1.3 Pembentukan <i>codebook</i>	20
3.1.4 Pembentukan parameter HMM	21
3.2 PENGENALAN IKAN	22
3.3 FUNGSI-FUNGSI YANG DIGUNAKAN PADA DSK TMS320C6713	27
BAB IV HASIL UJI COBA DAN ANALISIS	29
4.1 HASIL UJI COBA	29
4.2 PENGOLAHAN HASIL UJI COBA	30
4.3 ANALISIS	31
4.3.1 Pengaruh ukuran <i>codebook</i> terhadap hasil pengenalan	32
4.3.2 Pengaruh pelatihan terhadap hasil pengenalan	36
4.3.3 Pengaruh jumlah <i>state</i> terhadap hasil pengenalan	38
BAB V KESIMPULAN	39
DAFTAR ACUAN	40

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

41
42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Dengan <i>sampling rate</i> N	4
Gambar 2.2 Dengan <i>sampling rate</i> N/2	4
Gambar 2.3 <i>Frame blocking</i>	5
Gambar 2.4 <i>Mel spaced filterbank</i> [7]	7
Gambar 2.5 <i>Codebook</i> dengan vektor kuantisasi [8]	8
Gambar 2.6 Diagram alir algoritma LBG [7]	10
Gambar 2.7 Matriks transisi untuk model <i>ergodic</i>	10
Gambar 2.8 Bentuk fisik DSK TMS320C6713	12
Gambar 2.9 Blok diagram DSK TMS320C6713	12
Gambar 3.1 Rancang bangun percobaan	15
Gambar 3.2 Diagram alir pembentukan <i>database</i>	16
Gambar 3.3 Diagram alir pengenalan ikan	23
Gambar 4.1 Hasil uji coba Ikan Hiubambu dengan 6 <i>state</i>	33
Gambar 4.2 Hasil uji coba Ikan Kakap dengan 6 <i>state</i>	33
Gambar 4.3 Hasil uji coba Ikan Bandeng dengan 7 <i>state</i>	33
Gambar 4.4 Uji coba keseluruhan-6 <i>state</i>	34
Gambar 4.5 Uji coba keseluruhan-7 <i>state</i>	34

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Contoh labelisasi	19
Tabel 4.1 Data Ikan	29
Tabel 4.2 Hasil Uji Coba Pada Ikan Bandeng	30
Tabel 4.3 Hasil Uji Coba Pada Ikan Bendera	30
Tabel 4.4 Hasil Uji Coba Pada Ikan Hiubambu	31
Tabel 4.5 Hasil Uji Coba Pada Ikan Kakap	31
Tabel 4.6 Hasil Uji Coba Pada Ikan Kerong	31
Tabel 4.7 Hasil Uji Coba Keseluruhan	31
Tabel 4.8 Hasil Uji Coba 10 Data Ikan Dengan <i>Codebook</i> 64 dan 6 <i>State</i>	35
Tabel 4.9 Hasil Uji Coba Ikan Kakap-6 <i>State</i>	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Uji Coba

42



DAFTAR SINGKATAN

ADC	Analog Digital Converter
CCS	Code Composer Studio
CPLD	Complex Programmable Logic Device
DAC	Digital Analog Converter
DSP	Digital Signal Processing
DSK	DSP Starter Kit
DFT	Discrete Fourier Transform
FFT	Fast Fourier Transform
GLA	General Lloyd Algorithm
HMM	Hidden Markov Model
JTAG	Joint Test Action Group
LoP	Log of Probability
LPF	Low Pass Filter
MFCC	Mel Frequency Cepstrum Coefficient
VQ	Vector Quantization

DAFTAR ISTILAH

Cluster	Wilayah yang terbatas
Codebook	Kumpulan dari semua codeword
Codeword	Representasi centroid dari suatu cluster
Ergodic	Bentuk state saling terhubung
Framing	Pembagian gelombang menjadi beberapa frame dengan adanya overlap diantaranya
Schooling	Pergerakan sekelompok ikan tertentu dengan pola, arah (polarisasi), dengan irama dan struktur yang sama untuk setiap individu
Shoaling	Sekumpulan ikan yang secara individual koordinasinya tidak terlalu ketat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Jenis kawanan ikan dapat dikenali dari struktur gerakannya karena kawanan ikan tersebut berenang dengan membentuk pola tertentu [1]. Umumnya semua jenis ikan berenang dengan membentuk barisan kisi-kisi (*lattice*) belah ketupat (*rhombic lattice*) selain itu ada yang membentuk barisan kisi-kisi bujur sangkar (*cubic lattice*) baik secara vertikal maupun horisontal. Bentuk dan dimensi dari *schooling* ikan dipengaruhi oleh jenis ikan [2], kedalaman [3] dan penghindaran terhadap serangan *predator* [4].

Berdasarkan penelitian yang menunjukkan adanya struktur gerak yang unik pada ikan maka pengenalan jenis ikan bisa dilakukan dengan menganalisis gelombang perubahan gerak pada ikan.

Pada skripsi sebelumnya yang dikerjakan oleh Allpins Pribadi untuk mengenali jenis ikan menggunakan metode HMM dilakukan dengan perangkat komputer. Dengan menggunakan sistem tersebut telah mampu menghasilkan pengenalan yang akurat. Akan tetapi penggunaan komputer untuk pengenalan jenis ikan dirasakan kurang portabel dan kurang fleksibel. Hal ini terjadi karena komputer memiliki ukuran yang besar sehingga tidak praktis selain itu penggunaan komputer membutuhkan orang yang memiliki pemahaman komputer untuk pengoperasiannya.

Untuk itu pada skripsi ini akan dikembangkan suatu sistem pengenalan jenis ikan yang lebih portabel dan fleksibel dengan menggunakan perangkat DSK TMS320C6713. Perangkat DSK TMS320C6713 memiliki ukuran yang kecil sehingga mudah untuk dibawa. Selain itu pengoperasian DSK TMS320C6713 relatif mudah dan praktis karena bisa dilakukan oleh orang lain dengan memberikan sedikit petunjuk penggunaan saja. Keunggulan lain dari penggunaan DSK TMS320C6713 adalah mampu memberikan hasil keluaran yang lebih cepat bila dibandingkan dengan penggunaan komputer.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Skripsi ini dibuat untuk mengembangkan teknologi pengenalan jenis ikan yang lebih portabel, fleksibel, dan mampu bekerja lebih cepat dari teknologi pengenalan jenis ikan yang digunakan sebelumnya pada skripsi yang dibuat oleh Allpins Pribadi. Pengembangan yang dilakukan adalah dengan mengaplikasikan perangkat DSK TMS320C6713 untuk pengenalan jenis ikan. Karena perangkat ini memiliki kemampuan untuk bekerja lebih cepat, portabel dan lebih fleksibel.

1.3 BATASAN MASALAH

Pengenalan jenis ikan tidak dapat dilakukan secara *realtime* karena kesulitan untuk mengambil data *sample* ikan di tengah laut. Untuk itu sebagai gantinya agar mendekati kondisi *realtime* adalah dengan menggunakan perangkat iPod sebagai sumber gelombang. Sehingga dibuat mirip dengan kondisi sebenarnya. Selain itu pelatihan untuk membuat *database* dilakukan dengan bantuan *software* matlab karena belum bisa dilakukan lewat perangkat DSK TMS320C6713. Selain itu pada pengenalan ikan masih memperhitungkan *noise* yang muncul dari peralatan dan kabel yang digunakan.

1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

Berikut ini akan diberikan gambaran mengenai isi skripsi yang akan dibahas. Yang dapat diuraikan sebagai berikut ini :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan yang digunakan dalam pembuatan skripsi.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini dijelaskan teori-teori yang digunakan dalam penulisan skripsi ini seperti ekstraksi gelombang, *vector quantization*, *Hidden Markov Model* dan DSK TMS320C6713.

BAB III RANCANG BANGUN PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan rancang bangun percobaan serta diagram alir dari pembentukan *database* dan pengenalan suara ikan.

BAB IV HASIL UJI COBA DAN ANALISIS

Pada bab ini dijelaskan mengenai analisis terhadap pengujian yang dilakukan dalam pengenalan jenis kawanan ikan beserta hasil uji coba yang telah dilakukan.

BAB V KESIMPULAN

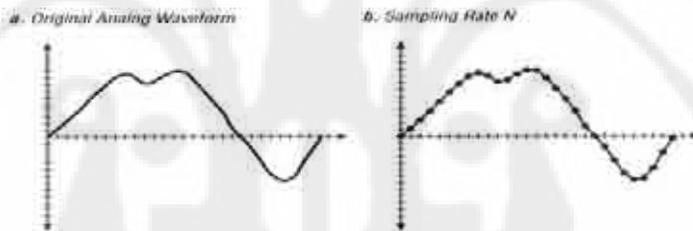
Pada bab ini berisi kesimpulan dari percobaan yang dilakukan.

BAB II

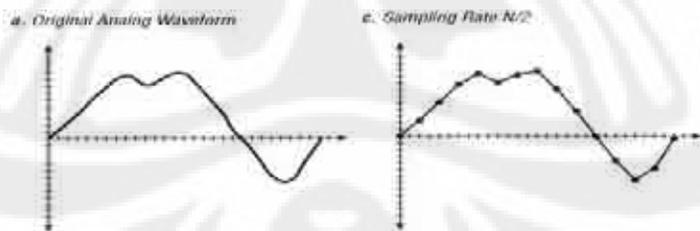
LANDASAN TEORI

2.1. SAMPLING & NORMALISASI

Masukan yang digunakan pada pengenalan gelombang perubahan fase ikan merupakan gelombang analog. Agar dapat diproses oleh DSK maka perlu dilakukan perubahan dari gelombang analog menjadi gelombang diskrit. Selain itu untuk menghindari *noise* yang diakibatkan oleh gelombang analog. Untuk itu gelombang analog akan mengalami proses *sampling* terlebih dahulu. Besar nilai *sampling* akan memengaruhi hasil gelombang diskrit. Semakin besar maka akan dihasilkan gelombang yang lebih akurat. Perbandingan ini bisa dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Dengan *sampling rate* N



Gambar 2.2 Dengan *sampling rate* N/2

Berdasarkan teori Nyquist, untuk mendapatkan gelombang yang akurat maka besar nilai *sampling* minimal dua kali lebih besar dari frekuensi tertinggi gelombang tersebut.

Gelombang analog yang telah diubah menjadi gelombang diskrit tersebut akan dinormalisasi. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan level yang sama untuk masing-masing gelombang yang diterima. Jika gelombang yang diterima tidak dinormalisasi maka jangkauan gelombang akan beraneka ragam. Dan hal ini akan berpengaruh pada pengenalan.

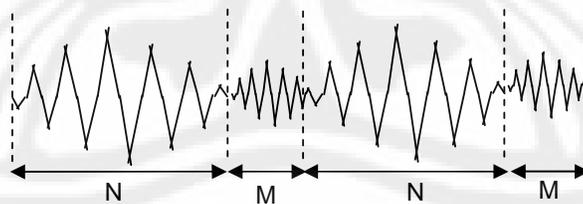
2.2 EKSTRAKSI GELOMBANG

Ekstraksi gelombang dilakukan untuk mendapatkan suatu gelombang yang dapat mewakili keseluruhan gelombang. Metode yang digunakan untuk proses ekstraksi meliputi beberapa tahapan yaitu :

- a. *Frame Blocking*
- b. *Windowing*
- c. *Fast Fourier Transform (FFT)*
- d. *Mel Frequency Cepstrum Coefficient (MFCC)*

2.2.1 *Frame blocking*

Suatu gelombang yang masuk akan dibagi menjadi beberapa *frame* untuk kemudahan dalam pemrosesan gelombang. Pembagian *frame* tersebut adalah menjadi beberapa N *frame* dengan adanya pemisah antara *frame* yang satu dengan *frame* lainnya sebesar M *frame*. Berikut ini pada Gambar 2.3 terlihat proses *frame blocking*.



Gambar 2.3 *Frame blocking*

2.2.2 *Windowing*

Tahapan ini berfungsi untuk mengurangi efek diskontinuitas pada masing-masing *frame* yang telah diperoleh dari proses *frame blocking* sebelumnya. Proses ini akan menyebabkan sinyal ke nol pada permulaan dan akhir masing-masing *frame*.

Metode yang digunakan dalam proses *windowing* untuk penelitian ini adalah *Hamming Window* dengan persamaan 2.1.

$$w(n) = 0,54 + 0,46 \left(\frac{2\pi n}{N} \right) \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

- N = lebar *filter*
- n = 0,1,, (N-1)/2 untuk N ganjil
- = 0,1,, (N/2)-1 untuk N genap

Hasil dari proses *windowing* ini adalah berupa suatu sinyal yang bisa dilihat dari persamaan 2.2.

$$y_1(n) = x_1(n)w(n), \quad 0 \leq n \leq N - 1 \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana :

- $y_1(n)$ = sinyal hasil *windowing*
- $x_1(n)$ = sinyal input
- $w(n)$ = besaran *windowing*

2.2.3 Discrete fourier transform (DFT)

DFT berfungsi untuk mengubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. FFT merupakan algoritma yang lebih cepat dari *Discrete Fourier Transform* (DFT).

Suatu urutan bilangan kompleks sebanyak N (x_0, \dots, x_{N-1}) di transformasikan dalam sebuah urutan bilangan kompleks sejumlah N (X_0, \dots, X_{N-1}) menggunakan DFT berdasarkan persamaan 2.3.

$$X_n = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-j2\pi nk/N} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

- X_n = sinyal hasil DFT
- x_n = sinyal masukan

2.2.4 Mel frequency cepstrum coefficient [5]

MFCC berfungsi untuk memfilter secara *linear* pada frekuensi rendah di bawah 1000 Hz dan secara *logaritmik* pada frekuensi tinggi di atas 1000 Hz. Hasil yang diperoleh akan dinyatakan dalam skala *Mel-frequency* (skala mel). Proses ini digunakan untuk menangkap karakteristik dari suatu sinyal suara.

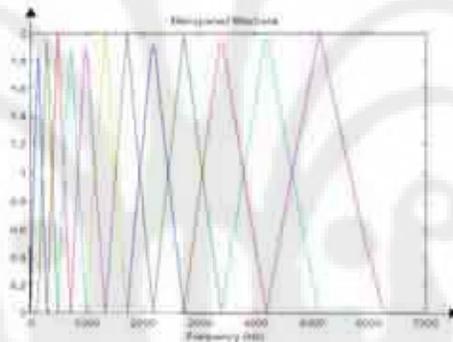
Perhitungan mels menggunakan persamaan 2.4 [6] :

$$mel(f) = 2595 * \log_{10}(1 + f / 700) \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

f = frekuensi (Hz)

Selanjutnya pada Gambar 2.4 ditunjukkan *filter bank* yang didapat dengan menempatkan pusat frekuensi pada skala mel-frekuensi.



Gambar 2.4 Mel spaced filterbank [7]

Filter bank yang diaplikasikan dalam domain frekuensi menyederhanakan perhitungan untuk mengambil *triangle-shape window* pada spektrum Hasil akhir dari proses MFCC adalah *mel cepstral coefficients*.

Persamaan 2.5 digunakan untuk menghitung *mel cepstral coefficients*.

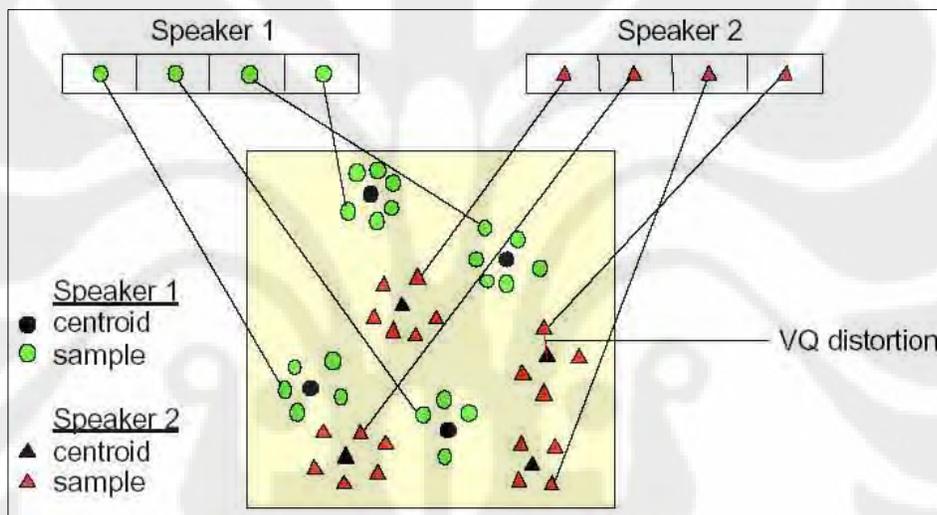
$$\tilde{c}_n = \sum_{k=1}^K (\log \tilde{S}_k) \cos \left[n \left(k - \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{K} \right] \quad k = 1, 2, \dots, K \dots\dots\dots(2.5)$$

2.3 VEKTOR KUANTISASI [5]

VQ merupakan pemetaan vektor dari ruang vektor yang besar menjadi wilayah yang terbatas yang disebut dengan *cluster*. Masing-masing *cluster*

tersebut dapat direpresentasikan dengan *centroid* yang disebut *codeword*. Kumpulan dari semua *codeword* tersebut disebut dengan *codebook*.

Gambar 2.5. menunjukkan proses vektor kuantisasi. Terdapat 2 sumber suara dari 2 pembicara (*speaker*) dalam ruang akustik dua dimensi. Lingkaran menunjukkan vektor akustik dari suara 1 sementara segitiga merupakan vektor akustik dari suara 2. Dalam tahap pelatihan, *codebook* untuk masing-masing suara yang telah diketahui diperoleh dengan mengumpulkan vektor akustik yang dilatih menjadi sebuah *cluster*. Hasil *codeword* ditunjukkan dengan lingkaran untuk suara 1 dan segitiga hitam untuk suara 2.



Gambar 2.5 Codebook dengan vektor kuantisasi [8]

Jarak dari suatu vektor ke *codeword* terdekat disebut dengan *distortion*. Pada proses identifikasi, suatu masukan dari suara atau gelombang lain yang tidak dikenal akan mengalami proses vektor kuantisasi dengan menggunakan semua *codebook* yang telah dilatih. Selanjutnya dihitung nilai *VQ distortion*. Nilai *VQ distortion* yang paling kecil antara *codeword* dari salah satu suara dalam *database* dengan *VQ codebook* dari gelombang masukan akan digunakan sebagai hasil identifikasi.

Untuk memperbaiki VQ pada pembentukan *codebook* digunakan *General Lloyd Algorithm (GLA)* atau yang dikenal dengan algoritma *LBG*. Algoritma tersebut diimplementasikan dengan prosedur rekursif sebagai berikut [7] :

- 1) Melakukan desain suatu vektor *codebook* yang merupakan *centroid* dari keseluruhan vektor pelatihan.
- 2) Membuat ukuran *codebook* dua kali lipat dengan membagi masing-masing *current codebook* C_n berdasarkan aturan

$$C_n^+ = C_n(1 + \epsilon) \dots\dots\dots(2.6)$$

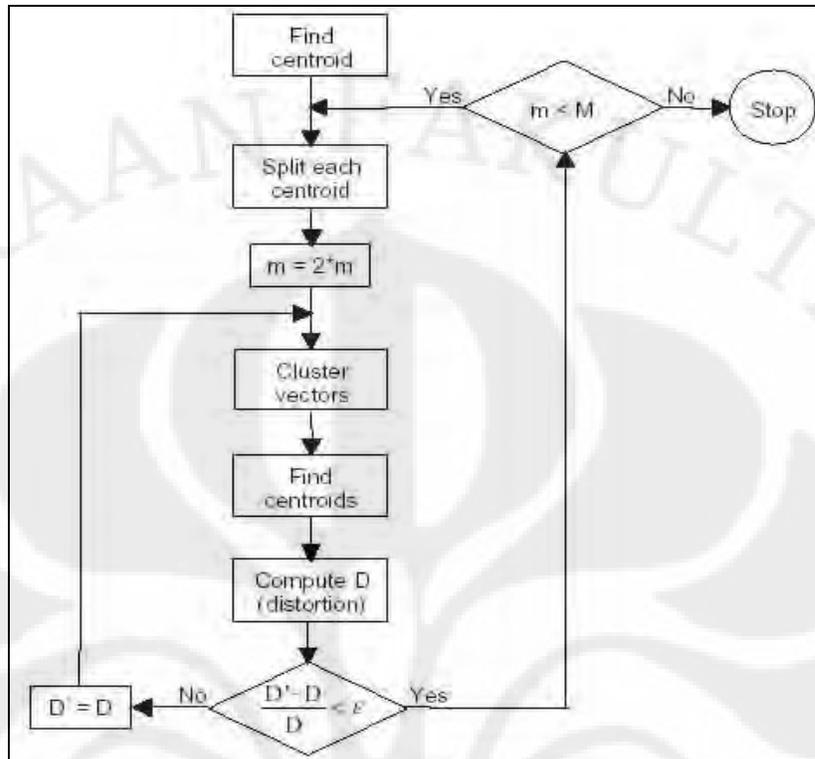
$$C_n^- = C_n(1 - \epsilon) \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana n bervariasi dari 1 sampai dengan *current size codebook* dan ϵ adalah parameter *splitting* ($\epsilon = 0.01$).

- 3) *Nearest Neighbour Search*, adalah mengelompokkan vektor pelatihan yang berkumpul pada blok tertentu. Kemudian menentukan *codeword* dalam *current codebook* yang terdekat dan memberikan tanda vektor yaitu *cell* yang diasosiasikan dengan *codeword* yang terdekat.
- 4) *Centroid update*, adalah menentukan *centroid* baru yang merupakan *codeword* yang baru pada masing-masing *cell* dengan menggunakan vektor pelatihan pada *cell* tersebut.
- 5) Iterasi 1, mengulang langkah 3 dan 4 sampai jarak rata-rata dibawah *present threshold*.
- 6) Iterasi 2, mengulang langkah 2, 3, 4 sampai *codebook* berukuran M .

Gambar 2.6. menunjukkan diagram alir dari *algoritma LBG*. *Cluster* vektor menerapkan prosedur *nearest neighbour search* yang menandai masing-masing vektor pelatihan ke suatu *cluster* yang diasosiasikan dengan *codeword* terdekat.

Prosedur pertama yaitu *Find centroid* merupakan prosedur *meng-update centroid* untuk menetapkan *codeword* yang baru. Kemudian prosedur *Compute D (distortion)* berarti menjumlah jarak semua vektor pelatihan yang berada di dalam *nearest neighbour search* terhadap *centroid* untuk menentukan nilai *distortion*.

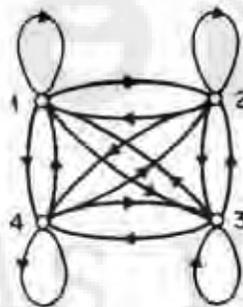


Gambar 2.6 Diagram alir algoritma LBG [7]

2.4 HIDDEN MARKOV MODELS

Hidden Markov models (HMM) merupakan suatu model yang berdasarkan pada pendekatan statistik untuk mengenali gelombang. Pada model ini *state* tidak secara langsung dapat diamati, sehingga menjadikan model ini disebut dengan *Hidden Markov Model*. Gelombang sebagai *state* akan diobservasi untuk mendapatkan karakteristik dari gelombang.

HMM dapat dinyatakan dalam bentuk *ergodic* atau bentuk *state* saling terhubung satu dengan lainnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Matriks transisi untuk model *ergodic*

Elemen HMM dinyatakan dalam $\lambda = (A, B, \Pi)$. Parameter π merupakan probabilitas kemunculan suatu *state* di awal. Parameter A pada elemen HMM merupakan matriks dengan ukuran $M \times M$. Dimana nilai M menunjukkan jumlah *state* yang ada. Misalnya terdapat 5 *state* dan masing-masing *state* saling terhubung maka parameter A dapat dinyatakan dalam bentuk matriks seperti pada persamaan 2.8.

$$A = a_{ij} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2.8)$$

Parameter B merupakan probabilitas observasi dari suatu *state*. Parameter B dalam HMM dinyatakan dalam matriks kolom dengan ukuran $N \times 1$. Nilai N merupakan banyaknya observasi yang diamati pada suatu *state*. Contoh terdapat lima buah observasi pada suatu *state*, maka matriks B yang didapat akan sesuai dengan persamaan 2.9.

$$B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dari semua elemen yang diperoleh tersebut maka bisa dicari probabilitas observasi. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk probabilitas obeservasi :

Urutan *state* suara 1 adalah (w_1, w_1, w_2, w_1, w_2)

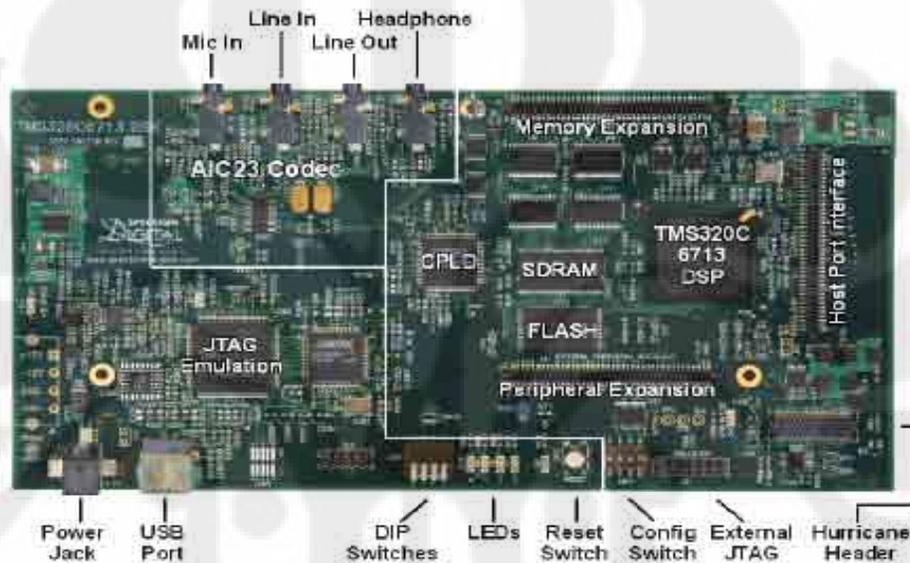
$$P(O) \text{ suara1} = c_1 * a_{11} * b_1 * a_{12} * b_1 * a_{21} * b_2 * a_{12} * b_1$$

Urutan *state* suara 2 adalah (w_2, w_1, w_1, w_3, w_2)

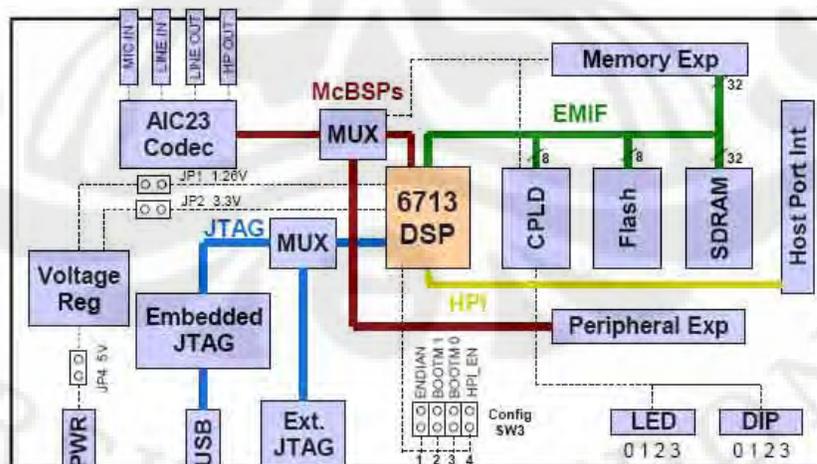
$$P(O) \text{ suara2} = c_2 * a_{21} * b_2 * a_{11} * b_1 * a_{13} * b_1 * a_{32} * b_3$$

2.5 DSK TMS320C6713 [9]

Pemrosesan data pada skripsi ini menggunakan DSK TMS320C6713. DSK ini merupakan *starter kit* tetapi menyimulasikan kerja DSK C6713 yang sebenarnya. DSK ini lebih ditujukan untuk keperluan edukasi dan penelitian Gambar 2.8 dan Gambar 2.9 menunjukkan bentuk fisik dan blok diagram dari DSK TMS320C6713.



Gambar 2.8 Bentuk fisik DSK TMS320C6713



Gambar 2.9 Blok diagram DSK TMS320C6713

Komponen-komponen utama dan pendukung dari DSK TMS320C6713 yaitu :

1. Prosesor TMS320C6713

Merupakan prosesor dengan kecepatan *clock* 225 MHz yang mendukung operasi *fixed-point* dan *floating-point*. Kecepatan operasinya dapat mencapai 1350 juta operasi *floating-point* per detik (MFLOPS) dan 1800 juta instruksi per detik (MIPS). Selain itu, prosesor ini dapat melakukan 450 juta operasi *multiply-accumulate* per detik.

2. Complex Programmable Logic Device (CPLD)

CPLD berisi register-register yang berfungsi untuk mengatur fitur-fitur yang ada pada *board*. Pada DSK TMS320C6713, terdapat empat jenis register CPLD, yaitu:

a. USER_REG Register

Mengatur *switch* dan LED sesuai yang diinginkan *user*.

b. DC_REG Register

Memonitor dan mengontrol *daughter card*.

c. VERSION Register

Indikasi yang berhubungan dengan versi *board* dan CPLD.

d. MISC Register

Untuk mengatur fungsi lainnya pada *board*.

3. Flash memory

DSK menggunakan memori *flash* yang berfungsi untuk *booting*. Dalam *flash* ini berisi sebuah program kecil yang disebut POST (*Power On Self Test*). Program ini berjalan saat DSK pertama kali dinyalakan. Program POST akan memeriksa fungsi-fungsi dasar *board* seperti koneksi USB, *audio codec*, LED, *switces*, dan sebagainya.

4. SDRAM

Memori utama yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan instruksi maupun data.

5. AIC23 Codec

Berfungsi sebagai ADC maupun DAC bagi sinyal yang masuk ke *board*.

6. *Daughter card interface*

Konektor-konektor tambahan yang berguna untuk mengembangkan aplikasi-aplikasi pada *board*. Terdapat tiga konektor, yaitu *memory expansion*, *peripheral expansion*, dan *Host Port Interface*.

7. LED dan *Switches*

LED dan *switches* ini merupakan fitur yang dapat membantu dalam membangun aplikasi karena dapat diprogram sesuai keinginan *user*.

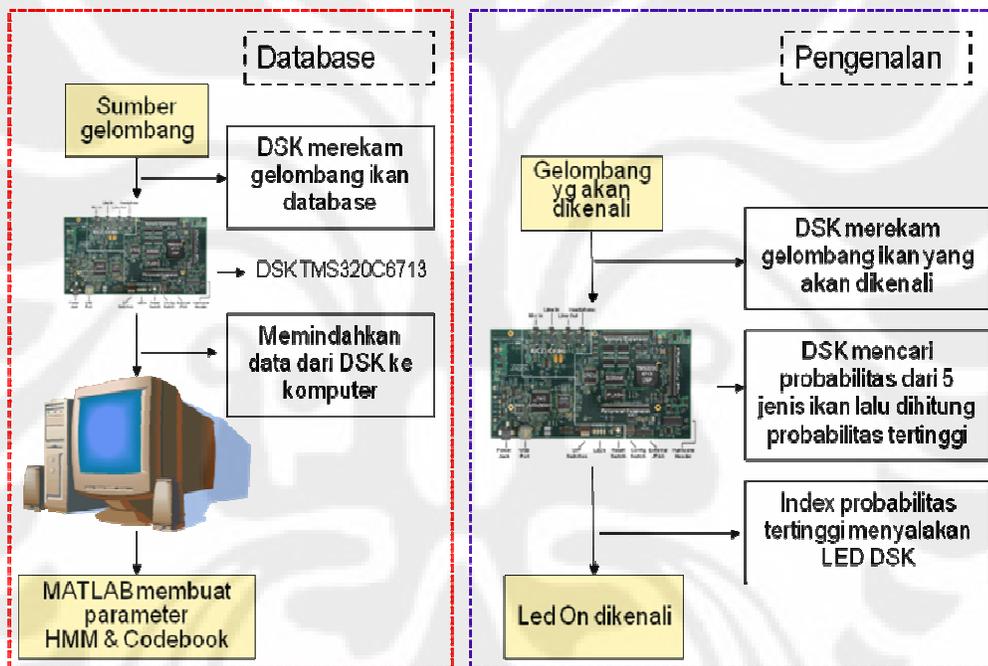
8. *Joint Test Action Group* (JTAG)

Merupakan konektor yang dapat melakukan transfer data dengan kecepatan yang sangat tinggi. Hal ini akan berguna dalam aplikasi *real-time*.

BAB III

RANCANG BANGUN PENELITIAN

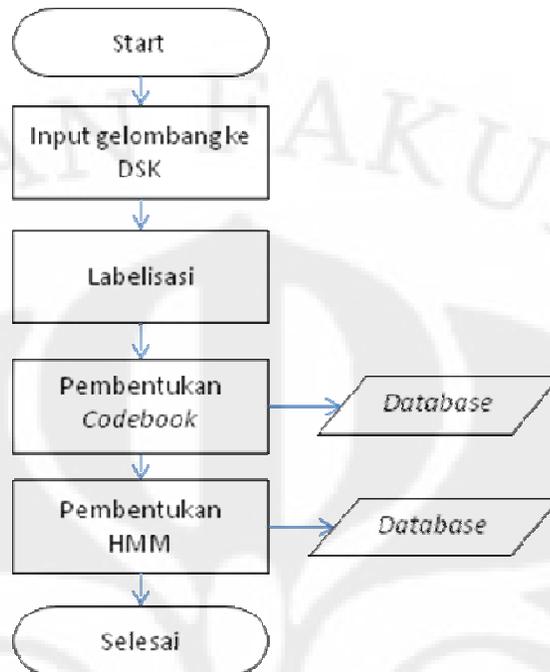
Proses pengenalan jenis kawanan ikan dilakukan melalui dua tahapan yaitu pembentukan *database* dan pengenalan jenis kawanan ikan. Pada bab ini akan dibahas mengenai metode yang digunakan dalam sistem pengenalan. Rancang bangun percobaan yang dilakukan bisa dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini :



Gambar 3.1 Rancang bangun percobaan

3.1 PEMBENTUKAN *DATABASE*

Berdasarkan Gambar 3.1 maka pada tahap awal dari proses identifikasi jenis kawanan akan dilakukan pembentukan *database* kemudian *database* tersebut akan digunakan untuk mengidentifikasi jenis ikan yang akan dikenali. Hasil dari pembentukan *database* adalah data *codebook* dan data HMM. Diagram alir dari tahap pembentukan *database* bisa dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini :



Gambar 3.2 Diagram alir pembentukan *database*

3.1.1 Pembentukan *database* gelombang ikan

Pada awalnya gelombang perubahan fase gerakan ikan yang berdurasi 0,2s akan dijalankan lewat suatu iPod. Perangkat iPod menyimpan data gelombang perubahan fase yang telah didapat dari percobaan skripsi Allpins Pribadi. Data asli dalam bentuk *.wav kemudian diubah menjadi format *.MP3 agar bisa dijalankan dari iPod. Digunakannya perangkat iPod agar bisa menyimulasikan proses yang mendekati saat melakukan pengenalan jenis ikan di laut. Pada kondisi sebenarnya di lapangan, suatu sumber gelombang dipancarkan kepada suatu jenis kawan ikan yang akan dijadikan *database* kemudian gelombang tersebut akan dipantulkan kemudian diterima pada alat penerima. Gelombang yang diterima merupakan gabungan antara gelombang asli sumber dengan gelombang perubahan fase ikan selanjutnya gelombang tersebut akan di-*filter* sehingga yang diproses komputer hanya gelombang perubahan fase ikan. Kalau pada skripsi sebelumnya pengenalan dilakukan dengan perangkat komputer maka pada skripsi ini alat pengenal yang digunakan adalah DSK TMS320C6713 karena perangkat ini bekerja lebih cepat selain itu bersifat lebih portabel dan fleksibel.

Perangkat iPod berperan sebagai perangkat yang mengeluarkan gelombang perubahan fase ikan setelah di-filter untuk kemudian diproses oleh DSK. Pemilihan perangkat untuk mengeluarkan gelombang perubahan fase ikan yang tepat merupakan sesuatu yang penting. Untuk menyimulasikan gelombang keluaran perubahan fase ini digunakan perangkat audio yang sederhana yaitu MP3 *player*. Tidak semua perangkat MP3 *player* mampu menghasilkan keluaran gelombang yang mirip dengan aslinya. Dari beberapa perangkat MP3 *player* yang telah dites akhirnya pilihan yang digunakan adalah perangkat iPOD. Karena perangkat iPOD mampu menghasilkan keluaran gelombang yang mirip dengan gelombang aslinya. Sementara MP3 *player* lainnya menghasilkan keluaran gelombang yang berbeda dengan aslinya. Berikut ini algoritma program yang digunakan untuk mendeteksi gelombang tersebut :

```
Untuk I = 0 sampai 32000
    Rekam gelombang ikan 4s;
    Ambil gelombang 0,1s;
    Normalisasi gelombang;
Kembali
```

Program pada CCS yang merupakan *software* yang menghubungkan komputer dengan DSK TMS320C6713 akan merekam gelombang yang diterima selama 4s. Hasilnya akan diperoleh 32000 (8000 x 4) data. Terlihat waktu perekaman yang dilakukan oleh DSK *board* lebih lama dibandingkan waktu pengiriman gelombang dari MP3 *player*. Pemilihan waktu 4s dilakukan agar memperoleh rekaman gelombang yang dijalankan oleh MP3 *player* secara keseluruhan. Karena terdapat waktu penundaan saat program DSK *board* difungsikan dengan saat memainkan gelombang dari MP3 *player*. Waktu penundaan muncul karena penekanan tombol start pada MP3 *player* selain itu karena adanya waktu proses yang dilakukan oleh MP3 *player* sebelum gelombang tersebut dikirim ke DSK *board*.

Dari data tersebut diambil sebanyak 800 data untuk diproses pada tahap selanjutnya. Pengambilan 800 data tersebut dilakukan dengan mendeteksi awal mulai gelombang berdasarkan amplitudo. Jika gelombang yang masuk adalah

lebih besar 150 maka mulai dari titik tersebut akan diambil datanya. Selanjutnya gelombang perubahan fase gerakan ikan tersebut akan dinormalisasi untuk memperoleh level suara yang sama. Proses normalisasi akan menghasilkan data yang memiliki rentang antara 2500 sampai -2499. Normalisasi dilakukan untuk mengurangi kesalahan dalam pemrosesan data akibat data yang terlalu besar atau terlalu kecil nilainya.

3.1.2 Labelisasi

Selanjutnya data yang diperoleh tersebut akan dilakukan proses labelisasi. Pada tahap ini masing-masing gelombang perubahan fase gerakan ikan akan dibuat labelnya menggunakan *software* matlab. Label-label yang terbentuk ini akan dijadikan *database*. Pelabelan dilakukan dengan menjalankan *file labelisasi.m* pada matlab.

Pada program labelisasi terdapat tiga masukan yaitu :

1. *Index* label
2. Jumlah *database* setiap label
3. Nama dari ikan yang akan dijadikan *database*

Berikut ini algoritma program yang digunakan untuk pembuatan label :

```
Untuk X = 1 sampai 5
    Input index label (X);
    Tentukan jumlah data dari tiap label=N;
    Tulis nama ikan;
    Label[X][N] = ikan [N]
Kembali
```

Index label menunjukkan urutan dari jenis ikan yang dijadikan *database*. Hasil dari pelabelan ini akan disimpan dengan nama "Label" + *index* label. Jumlah data dari suatu jenis kawanan ikan menunjukkan berapa banyak data yang digunakan sebagai *database* ikan tersebut. Pada skripsi ini banyaknya jumlah pelatihan yang bisa diproses dan disimpan adalah sebanyak 5, 10, dan 15. Selanjutnya nama karakter yang digunakan adalah nama dari ikan yang akan dibuat *database*. Pada percobaan yang dilakukan akan terdapat lima jenis nama

ikan yang akan dibuat *database* yaitu ikan bandeng, ikan bendera, ikan hiubambu, ikan kakap, dan ikan kerong.

Penjelasan dari tahapan pembuatan label adalah sebagai berikut :

1. Tentukan nilai index untuk pertama kali yaitu dengan menulis nilai satu. Index label akan bertambah secara otomatis dengan kenaikan sebesar satu.
2. Tentukan jumlah *database* dari suatu jenis kawanan ikan yang akan diambil untuk tiap label.
3. Masukkan nama ikan yang akan dibuat labelnya

Misalnya ditetapkan akan memproses 5 buah ikan maka hasil dari proses labelisasi akan diperoleh 5 label. Kemudian ditetapkan jumlah data dari suatu label sebesar 5 maka masing-masing label akan memiliki 5 data ikan. Contohnya pada label1 yang memuat gelombang perubahan fase gerakan ikan bandeng akan memiliki lima data ikan bandeng yaitu bandeng1, bandeng2, bandeng3, bandeng4, dan bandeng5. Masing-masing ikan bandeng memiliki gelombang yang berbeda. Berikut ini pada Tabel 3.1 ditunjukkan hasil percobaan yang didapat dari proses labelisasi.

Tabel 3.1 Contoh labelisasi

Nama label	Jenis ikan	Jumlah pelatihan = 5
label1	bandeng	bandeng1-bandeng5
label2	bendera	bendera1-bendera5
label3	hiubambu	hiubambu1-hiubambu5
label4	kakap	kerong1-kerong5
label5	kerong	kakap1-kakap5

Data bandeng1 berupa matrik dengan ukuran 800×1 . Untuk label1 dengan 5 pelatihan maka akan diperoleh matrik dengan ukuran 800×5 . Semakin banyak pelatihan maka semakin besar matrik dari masing-masing label. Data ikan yang akan dijadikan pelatihan berupa file dalam bentuk *.mat. Contoh diantaranya adalah bandeng1.mat, dan bendera5.mat. Jumlah pelatihan harus sesuai dengan banyak data yang ada jika tidak maka akan terjadi kesalahan. Data 800 merupakan hasil perekaman gelombang perubahan gerak ikan selama 0,1 s. Diperoleh dari hasil perhitungan $8000 \text{ sampling} \times 0,1 \text{ s} = 800$.

3.1.3 Pembentukan *codebook*

Selanjutnya adalah pembuatan *codebook* dengan menggunakan data hasil labelisasi. Proses ini dilakukan dengan menggunakan *software* matlab. Pembuatan *codebook* merupakan suatu cara untuk mengompresi gelombang masukan yang diberikan sehingga bisa diperoleh data yang dapat mewakili gelombang masukan yang diberikan. Proses pembuatan *codebook* diawali dengan ekstraksi gelombang terlebih dahulu. Berikut ini adalah algoritma yang digunakan untuk pembuatan program *codebook* :

```
Tentukan parameter sampling;  
Dari i = 1 sampai 5  
    Load label[i];  
kembali;  
Gabungkan label;  
ekstraksi (gelombang input);  
    framing (gelombang input);  
    windowing (gelombang framing);  
    FFT (gelombang windowing);
```

Algoritma proses FFT dan proses vektor kuantisasi dengan metode LBG adalah sebagai berikut :

```
Hitung FFT untuk setiap sample[i];  
Sample point[i] = nilai FFT;  
Tentukan cluster;  
Untuk j =1 sampai cluster  
    Hitung centroid dengan LBG;  
    Simpan centroid[j];  
kembali;
```

Terdapat empat masukan yang digunakan untuk program *codebook* ini yaitu :

1. Nama label *codebook*
2. Ukuran *codebook*
3. Iterasi
4. Jumlah label

Nama label *codebook* menunjukkan nama dari label *codebook* yang akan tersimpan pada *workspace* Matlab. Format *.mat digunakan untuk menyimpan *codebook* tersebut. Ukuran dari *codebook* ditentukan besarnya yaitu mulai dari 64, 128, dan 256. Sementara nilai iterasi menunjukkan pendekatan yang

digunakan untuk memperoleh nilai *distortion* terkecil. Nilai yang ditetapkan adalah sebesar sepuluh. Semakin besar nilai iterasi bisa diperoleh hasil yang lebih baik tetapi membutuhkan waktu yang lama. Sementara jumlah label menunjukkan banyaknya label gelombang ikan yang akan diproses dalam pembuatan *codebook*.

Hasil pembentukan *codebook* adalah sebagai berikut dengan menetapkan jumlah *codebook* 64 maka program akan membuat *database codebook* dengan dimensi 64 x 9. Nilai 64 menunjukkan banyak *codeword* yang dibentuk sementara nilai 9 menunjukkan ruang dimensi dari *codebook*. Pada penggambaran *codebook* terhadap masukan gelombang *database* perubahan fase gerakan ikan yang digunakan adalah penggambaran dua dimensi.

Dimensi *codebook* akan semakin besar seiring dengan penambahan *codebook*. Contohnya dengan menambah *codebook* dari 64 menjadi 128 akan diperoleh ukuran *codebook* 128 x 7.

3.1.4 Pembentukan parameter HMM

Pembentukan parameter HMM dilakukan dengan *software* matlab dengan menggunakan data *codebook* yang telah diperoleh sebelumnya. Terdapat tiga masukan yang digunakan dalam program ini yaitu :

1. Nama *codebook*
2. Nama HMM
3. Jumlah iterasi

Nama *codebook* menunjukkan nama dari *codebook* yang telah disimpan sebelumnya. Sementara nama HMM menunjukkan nama dari HMM yang akan tersimpan dalam *workspace* matlab. Sementara jumlah iterasi menunjukkan tingkat pendekatan yang digunakan untuk mendapatkan nilai yang terbaik. Pada percobaan ini ditetapkan besarnya sepuluh.

Proses yang dilakukan untuk mendapatkan parameter HMM adalah sebagai berikut :

1. Membuka isi file *codebook* dan file label yang telah diperoleh pada tahap awal sebelumnya .
2. Mengekstraksi gelombang dari tiap label ikan kemudian mencari nilai matrik observasi dari tiap label.

3. Kemudian dilanjutkan dengan membuat inisialisasi matrik A, B, p secara acak.
4. Kemudian dengan menggunakan algoritma *baum-welch* dihitung nilai A, B, dan p yang sebenarnya.
5. Menghitung probabilitas observasi HMM untuk masing-masing jenis kawanan ikan.
6. Menyimpan hasil nilai parameter HMM yang telah didapat dalam bentuk format *.mat

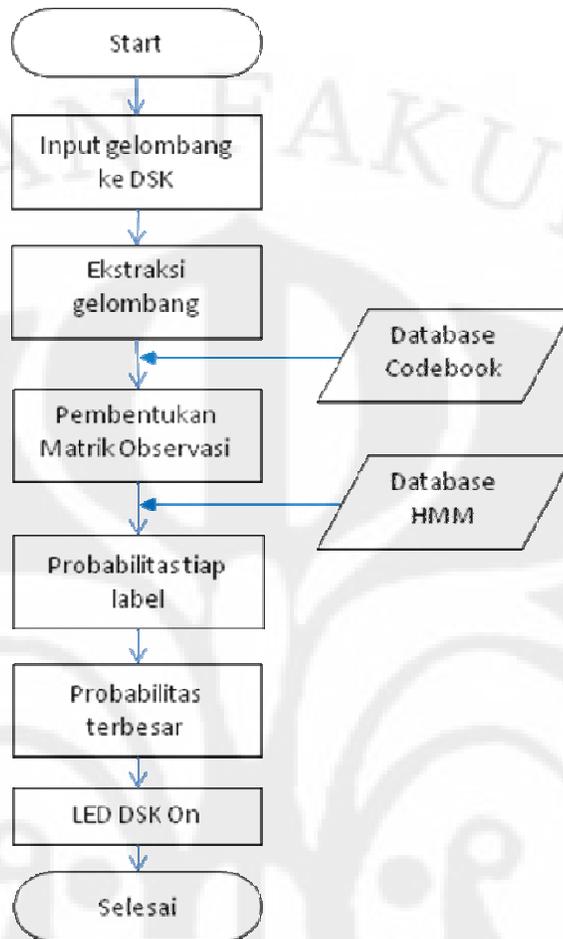
Hasil pembentukan database HMM dengan menetapkan tujuh *state* adalah sebagai berikut untuk matrik transisi dari A akan memiliki dimensi 7×7 (A[7][7]). Nilai tujuh pada matrik A menunjukkan banyak *state*. Sementara nilai matrik observasi B pada suatu *state* akan memiliki dimensi 7×64 (B[7][64]). Nilai 7 pada matrik B menunjukkan banyak *state*. Sementara nilai 64 menunjukkan *codeword* yang dijadikan sebagai observasi. Kemudian nilai matrik inisialisasi untuk p adalah 7×1 . Nilai tujuh pada matrik p menunjukkan jumlah *state*.

Ukuran database HMM akan berubah seiring dengan pengaturan nilai *state* HMM. Contohnya dengan mengubah ukuran *state* dari 7 menjadi 6 maka akan diperoleh nilai matrik A[6][6], B[6][64], dan p[6][1].

3.2 PENGENALAN IKAN

Pengenalan jenis kawanan ikan dilakukan dengan menggunakan metode *Hidden Markov Model* (HMM) yang diprogram ke dalam perangkat DSK TMS320C6713. Dengan menggunakan *database* codebook dan parameter HMM yang diperoleh dari tahap pembentukan *database* sebelumnya maka bisa dihitung nilai probabilitas dari masing-masing jenis kawanan ikan. Kemudian dicari nilai probabilitas tertinggi dan akhirnya dapat ditentukan jenis kawanan ikan tersebut.

Pada tahap awal, pengenalan jenis ikan ini dites terlebih dahulu dengan menggunakan *software* MATLAB kemudian setelah berhasil, program yang telah diuji di matlab tersebut diubah ke dalam bahasa C. Karena program DSK TMS320C6713 bekerja dengan menggunakan bahasa C. Berikut ini pada Gambar 3.3 akan ditunjukkan diagram alir dari tahap pengenalan jenis ikan :



Gambar 3.3 Diagram alir pengenalan ikan

Pengenalan ikan dilakukan dengan merekam gelombang perubahan fase ikan yang akan dikenali ke dalam DSK board. Gelombang perubahan fase ikan yang akan dikenali dikeluarkan dari perangkat iPod menuju *port line-in* pada DSK board. Perangkat iPod menyimpan data gelombang perubahan fase yang telah didapat dari percobaan skripsi Allpins Pribadi. Data asli dalam bentuk *.wav kemudian diubah menjadi format *.MP3 agar bisa dijalankan dari iPod. Digunakannya perangkat iPod agar bisa menyimulasikan proses yang mendekati saat melakukan pengenalan jenis ikan di laut. Pada kondisi sebenarnya saat pengenalan jenis kawanan ikan di lapangan, suatu sumber gelombang dipancarkan kepada suatu jenis kawanan ikan yang akan dikenali kemudian gelombang tersebut akan dipantulkan kemudian diterima pada alat penerima. Gelombang yang diterima merupakan gabungan antara gelombang asli sumber dengan

gelombang perubahan fase ikan. Selanjutnya gelombang tersebut akan di-*filter* sehingga yang diproses komputer hanya gelombang perubahan fase ikan yang akan dikenali. Kalau pada skripsi sebelumnya pengenalan dilakukan dengan perangkat komputer maka pada skripsi ini alat pengenalan yang digunakan adalah DSK TMS320C6713 karena perangkat ini mampu bekerja lebih cepat selain itu bersifat lebih portabel dan fleksibel dalam pengoperasiannya. cepat. Perangkat iPod disini berperan sebagai perangkat yang mengeluarkan gelombang perubahan fase ikan yang akan dikenali setelah di-*filter* untuk kemudian diproses oleh DSK.

Kemudian gelombang masukan selama 0,2s tersebut akan direkam selama 4 detik sehingga terdapat 32000 data (8000 x 4). Terlihat waktu perekaman yang dilakukan oleh DSK *board* lebih lama dibandingkan waktu pengiriman gelombang dari MP3 *player*. Pemilihan waktu 4s dilakukan agar memperoleh rekaman gelombang yang dijalankan oleh MP3 *player* secara keseluruhan. Karena terdapat waktu penundaan saat program DSK *board* difungsikan dengan saat memainkan gelombang dari MP3 *player*. Waktu penundaan muncul karena penekanan tombol start pada MP3 *player* selain itu karena adanya waktu proses yang dilakukan oleh MP3 *player* sebelum gelombang tersebut dikirim ke DSK *board*.

Dari data tersebut yang akan diambil dan dipakai hanya sebanyak 800 data (8000 x 0,1). Data yang diproses tersebut akan memiliki durasi selama 0,1 detik. Gelombang yang diambil selama 0,1 detik ini merupakan gelombang yang dianggap dapat mewakili dari keseluruhan gelombang yang telah direkam. Selanjutnya gelombang tersebut akan dinormalisasi sehingga mempunyai level yang sama. Akan diperoleh gelombang yang memiliki rentang antara -2499 sampai 2500. Berikut ini algoritma program untuk mendeteksi gelombang :

```
start
Untuk I = 0 sampai 32000
    Rekam gelombang ikan 4s;
    Ambil gelombang 0,1s;
    Normalisasi gelombang;
selesai
```

Kemudian masing-masing gelombang sebanyak 800 data tersebut akan diekstraksi menjadi beberapa *frame*. Data tersebut dibagi menjadi 8 *frame*

sehingga masing-masing *frame* memiliki panjang 100. Diantara masing-masing *frame* tersebut akan diberikan *overlap* sepanjang 78. Sehingga total 1 *frame* ditambah 2 *overlap* maka panjangnya adalah 256. Selanjutnya *frame* gelombang ikan yang memiliki panjang 256 data tersebut akan dikalikan dengan faktor Hamming. Kemudian diproses dengan FFT. Algoritma yang digunakan untuk menjalankan proses ekstraksi gelombang ini adalah :

```
start
    tentukan sampling gelombang ikan_uji;
    ekstraksi (ikan_uji);
    framing (ikan_uji);
    windowing (framing);
    FFT (windowing);
selesai
```

Hasil proses ekstraksi dengan menerapkan kondisi ekstraksi di atas adalah matrik berdimensi 8 x 9. Nilai delapan menunjukkan jumlah *frame* yang terbentuk. Sementara nilai 9 menunjukkan nilai koefisien yang mewakili tiap *frame* tersebut.

Setelah proses ekstraksi selesai kemudian dilanjutkan dengan menetapkan matrik observasi dari gelombang perubahan fase ikan yang akan dikenali. Proses ini dilakukan dengan mencari distorsi yang terkecil dari *codebook* yang ada. Berdasarkan hasil tersebut maka bisa diperoleh index dari urutan observasi dari gelombang perubahan fase pada ikan yang akan dikenali. Algoritma yang digunakan untuk mencari matrik observasi adalah sebagai berikut :

```
start
    Load matriks codeword;
    load matrik ekstraksi gelombang ikan_uji
    cari centroid ikan_uji pada codeword;
    tentukan observasi dari urutan dari centroid;
selesai
```

Selanjutnya dengan metode HMM *forward* ditentukan nilai probabilitas dari masing-masing label menggunakan matrik observasi yang telah diperoleh

dari dari gelombang ikan yang akan dikenali. Algoritma yang digunakan adalah sebagai berikut :

```
start
    Load parameter HMM;
    untuk h = 1 sampai 5
        Hitung nilai alfa dan c dengan data
        parameter HMM;
selesai
```

Kemudian dari hasil ini akan dihitung nilai log probabilitas dari masing-masing label. Proses HMM *forward* dan perhitungan probabilitas dilakukan sebanyak lima kali sesuai dengan banyak ikan yang ada. Pada akhirnya akan diperoleh nilai $P[0][0]$, $P[0][1]$, $P[0][2]$, $P[0][3]$, dan $P[0][4]$. Kemudian akan dicari nilai probabilitas dari P yang paling tinggi. Berdasarkan nilai index terbesar yang didapat akan digunakan untuk menyalakan LED pada DSK board. Pada program ini untuk identifikasi jenis ikan digunakan LED yang terdapat pada DSK board.

Keterangan hasil identifikasi untuk masing-masing LED adalah sebagai berikut :

1. LED0 On menunjukkan ikan bandeng
2. LED1 On menunjukkan ikan bendera
3. LED2 On menunjukkan ikan hiubambu
4. LED3 On menunjukkan ikan kakap
5. LED0 dan LED1 On menunjukkan ikan kerong

Berikut ini adalah algoritma yang digunakan pada tahap akhir pengenalan jenis kawanan ikan :

```
start
    Hitung log of probability (LoP) label ikanuji;
    LoP[jml_label] = LoP;
    Cari LoP[jml_label] = tertinggi;
    index = LoP tertinggi
    LED[index] DSK On
selesai
```

3.3 FUNGSI-FUNGSI YANG DIGUNAKAN PADA DSK TMS320C6713

```
#include "dsk6713_aic23.h"
```

Fungsi di atas untuk inialisasi penggunaan *codec* audio pada DSK.

```
DSK6713_LED_init();
```

Fungsi di atas untuk inialisasi penggunaan LED pada DSK *board*.

```
comm_poll();
```

Fungsi di atas untuk melakukan *interrupt* terhadap masukan yang diterima.

```
for (i=0;i<bnyk2;i++)
{
    input[i] = input_sample();
}
for(y=10;y<32000;y++)
{
    if(input[y]>150)
    {
        mulai=y;
        y=bnyk2;
    }
}
batas=mulai+800;
x=0;
for(z=mulai;z<batas;z++)
{
    data_awal[0][x]=input[z];
    x++;
}
```

Fungsi di atas untuk melakukan perekaman dan menerima input gelombang dari port *line-in* (fungsi *input_sample*).

```
ekstraksi(data_awal2,panjang_frame,overlaps,sampling);
```

Fungsi di atas untuk melakukan ekstraksi gelombang dengan proses *framing*, *windowing*, dan FFT.

```
vektor_kuantisasi(M2,codebook,baris_M2,kolom_M2);
```

Fungsi di atas untuk melakukan penentuan matrik observasi.

```
forward_HMM(A1,B1,p01,0);
```

Fungsi di atas untuk menentukan probabilitas dari masing-masing label ikan.

```
P[0][0]=Log_probabilitas(c);
```

Fungsi di atas untuk menentukan log probabilitas dari masing-masing label ikan.

```
hasil = nilai_max (P,jumlah);
```

Fungsi di atas untuk mencari nilai LoP tertinggi dari seluruh label ikan yang ada.

```
DSK6713_LED_on(hasil-1);
```

Fungsi di atas untuk menyalakan LED DSK dan menunjukkan hasil pengenalan.

BAB IV

HASIL UJI COBA DAN ANALISIS

4.1 HASIL UJI COBA

Pada percobaan ini akan dilakukan pengujian pengenalan jenis ikan dengan melakukan variasi terhadap ukuran *codebook*, jumlah pelatihan, dan jumlah *state* dari HMM. Data awal yang akan dites adalah sebanyak lima belas data untuk masing-masing jenis ikan yang akan diidentifikasi. Data ikan yang akan dites dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut ini :

Tabel 4.1 Data Ikan

Bandeng	Bendera	Hiubambu	Kakap	Kerong
bandeng1	bendera1	hiubambu1	kakap1	kerong1
bandeng2	bendera2	hiubambu2	kakap2	kerong2
bandeng3	bendera3	hiubambu3	kakap3	kerong3
bandeng4	bendera4	hiubambu4	kakap4	kerong4
bandeng5	bendera5	hiubambu5	kakap5	kerong5
bandeng6	bendera6	hiubambu6	kakap6	kerong6
bandeng7	bendera7	hiubambu7	kakap7	kerong7
bandeng8	bendera8	hiubambu8	kakap8	kerong8
bandeng9	bendera9	hiubambu9	kakap9	kerong9
bandeng10	bendera10	hiubambu10	kakap10	kerong10
bandeng11	bendera11	hiubambu11	kakap11	kerong11
bandeng12	bendera12	hiubambu12	kakap12	kerong12
bandeng13	bendera13	hiubambu13	kakap13	kerong13
bandeng14	bendera14	hiubambu14	kakap14	kerong14
bandeng15	bendera15	hiubambu15	kakap15	kerong15

Data tersebut disimpan pada suatu MP3 *player* dengan format MP3. Kemudian gelombang perubahan gerakan ikan ini akan dikeluarkan oleh perangkat MP3 *player* untuk diteruskan menuju port *line-in* pada DSK *board*. Durasi gelombang

untuk pengujian adalah selama 0,1s. Uji coba pengenalan jenis kawan ikan dilakukan dengan mengubah ukuran *codebook* mulai 64, 128, dan 256 untuk suatu jumlah pelatihan tertentu.

Dari 15 data ikan yang akan dites, sebagian akan digunakan untuk pembentukan *database* sementara data ikan lainnya akan digunakan untuk pengenalan. Pembagiannya adalah 5 data ikan dari 15 data ikan yang ada dijadikan *database*. Kemudian pengenalan seluruh jenis ikan akan dilakukan dengan menggunakan *database* 5 data ikan tersebut. Selanjutnya 10 data ikan yang dijadikan *database*. Dan terakhir 15 data ikan tersebut semuanya digunakan sebagai *database* dan akan diujikan kembali untuk dikenali dengan menggunakan *database* 15 ikan tersebut.

Uji coba lain yang dilakukan adalah dengan mengubah jumlah *state* HMM. Pada tahap awal digunakan 6 *state* HMM kemudian pada pengujian berikutnya digunakan 7 *state*. Perubahan jumlah *state* akan memengaruhi kondisi dari sistem yang akan dikenali.

4.2 PENGOLAHAN HASIL UJI COBA

Berdasarkan data hasil uji coba yang telah diolah maka hasil keseluruhan percobaan untuk tingkat pengenalan masing-masing label terhadap variasi *codebook*, variasi pelatihan, dan jumlah *state* HMM dapat dilihat pada Tabel 4.2 sampai Tabel 4.7 di bawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Uji Coba Pada Ikan Bandeng

Pelatihan	5		10		15	
<i>State</i>	6	7	6	7	6	7
<i>Codebook</i>						
64	40	100	67	73	93	93
128	53	93	87	100	100	100
256	60	93	87	100	100	100

Tabel 4.3 Hasil Uji Coba Pada Ikan Bendera

Pelatihan	5		10		15	
<i>State</i>	6	7	6	7	6	7
<i>Codebook</i>						
64	60	100	67	100	100	87
128	60	93	87	100	100	100
256	80	100	87	93	100	100

Tabel 4.4 Hasil Uji Coba Pada Ikan Hiubambu

Pelatihan	5		10		15	
<i>State</i> <i>Codebook</i>	6	7	6	7	6	7
64	67	87	80	93	100	100
128	60	93	73	100	93	100
256	60	93	80	100	93	100

Tabel 4.5 Hasil Uji Coba Pada Ikan Kakap

Pelatihan	5		10		15	
<i>State</i> <i>Codebook</i>	6	7	6	7	6	7
64	93	100	80	100	100	100
128	93	100	67	100	100	100
256	100	100	87	93	93	100

Tabel 4.6 Hasil Uji Coba Pada Ikan Kerong

Pelatihan	5		10		15	
<i>State</i> <i>Codebook</i>	6	7	6	7	6	7
64	60	93	67	80	100	93
128	67	93	80	100	100	100
256	40	100	60	100	100	100

Tabel 4.7 Hasil Uji Coba Keseluruhan

Pelatihan	5		10		15	
<i>State</i> <i>Codebook</i>	6	7	6	7	6	7
64	65	96	77	89	99	96
128	68	95	79	100	99	100
256	69	97	80	97	97	100

4.3 ANALISIS

Analisis yang dilakukan akan melihat tiga jenis perubahan yang dilakukan pada hasil pengenalan jenis kawanan ikan, yaitu :

1. Pengaruh perubahan *codebook* terhadap hasil pengenalan jenis kawanan ikan
2. Pengaruh perubahan pelatihan terhadap hasil pengenalan jenis kawanan ikan
3. Pengaruh perubahan jumlah *state* HMM terhadap hasil pengenalan jenis kawanan ikan

Sistem pengenalan jenis kawanan ikan yang dibuat akan dapat mengidentifikasi semua gelombang perubahan fase yang diterima pada masukan DSK *board*. Oleh karena itu terdapat dua kondisi pengenalan yaitu :

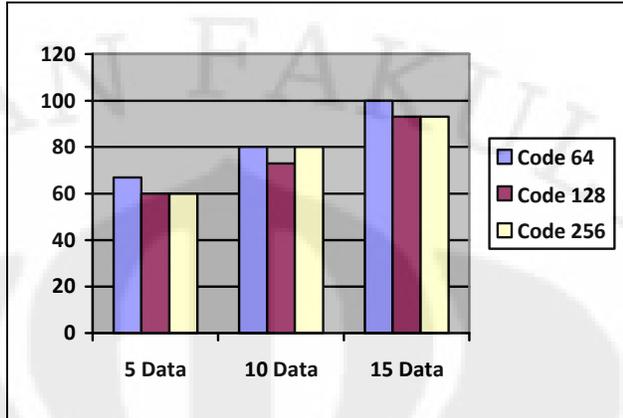
1. Sistem dapat mengidentifikasi suatu jenis kawanan ikan dengan tepat karena gelombang tersebut sesuai dengan gelombang masukan yang diberikan.
2. Sistem salah mengidentifikasi jenis kawanan ikan karena masukan yang diberikan berbeda dengan hasil pengenalan.

4.3.1 Pengaruh ukuran *codebook* terhadap hasil pengenalan

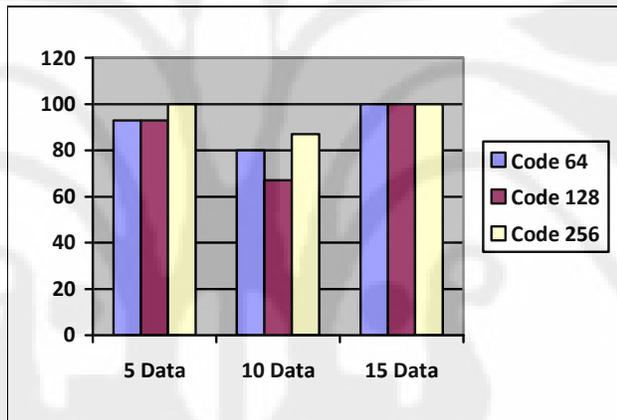
Hasil yang diperoleh pada Tabel 4.7 merupakan hasil pengenalan 75 data jenis kawanan ikan secara keseluruhan untuk suatu jenis *codebook* dengan jumlah pelatihan tertentu dan jumlah *state* tertentu. Berdasarkan Tabel 4.7 tersebut dengan penambahan ukuran *codebook* maka akurasi pengenalan jenis kawanan ikan menunjukkan suatu peningkatan.

Peningkatan akurasi ini terjadi karena dengan penambahan ukuran *codebook* maka besar daerah *cluster* yang dihasilkan pada pembentukan *codebook* akan semakin banyak dan akan lebih dapat mewakili gelombang perubahan jenis kawanan ikan yang diterima. Kemudian pada tahap pengenalan jenis kawanan ikan akan diperoleh nilai distorsi yaitu jarak antara vektor data masukan jenis kawanan ikan dengan vektor *codeword* akan semakin kecil.

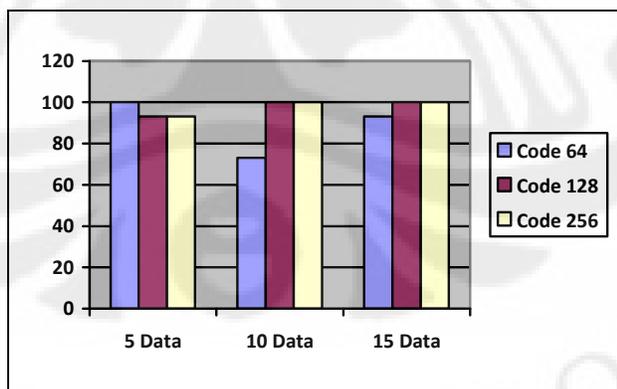
Secara teori penambahan *codebook* akan meningkatkan akurasi dari tingkat pengenalan jenis kawanan ikan. Tetapi pada beberapa tabel untuk jenis ikan masing-masing menunjukkan terjadinya penurunan tingkat pengenalan seiring dengan bertambahnya ukuran *codebook*. Hal ini bisa dilihat pada Gambar 4.1 untuk hasil uji coba Ikan Hiubambu dengan kondisi 6 *state*. Selain itu pada Gambar 4.2 untuk hasil uji coba Ikan kakap dengan kondisi 6 *state* menggunakan 10 pelatihan juga menunjukkan terjadinya penurunan. Kemudian pada Gambar 4.3 untuk hasil uji coba Ikan Bandeng dengan kondisi 7 *state* dengan banyak pelatihan sebanyak 5 juga menunjukkan suatu penurunan seiring dengan penambahan *codebook*.



Gambar 4.1 Hasil uji coba Ikan Hiubambu dengan 6 state



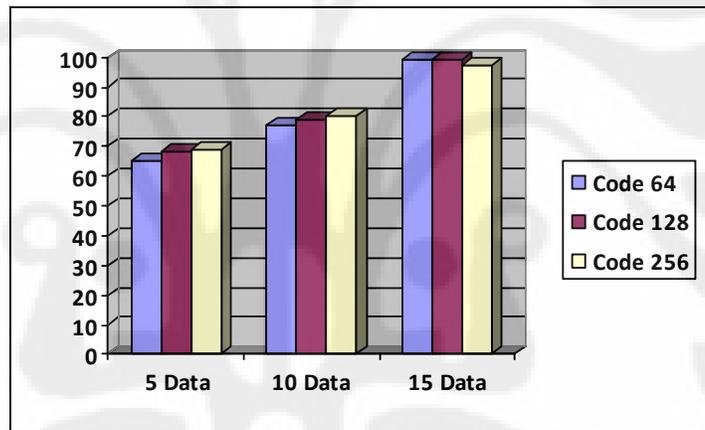
Gambar 4.2 Hasil uji coba Ikan Kakap dengan 6 state



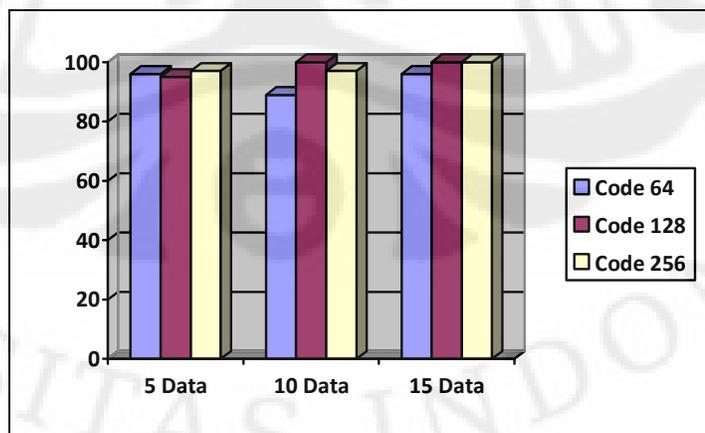
Gambar 4.3 Hasil uji coba Ikan Bandeng dengan 7 state

Berdasarkan Gambar 4.4 untuk hasil uji coba keseluruhan dengan 6 state terlihat peningkatan ukuran *codebook* akan menyebabkan akurasi pengenalan

semakin baik. Tetapi terkadang terjadi penurunan tingkat pengenalan dengan dilakukan penambahan ukuran *codebook*. Begitu pula yang terjadi untuk hasil uji coba keseluruhan dengan 7 *state* yang ditunjukkan pada Gambar 4.5. Penyebab terjadinya penurunan tingkat pengenalan seiring dengan penambahan ukuran *codebook* adalah karena gelombang masukan yang akan dikenali memiliki kemiripan dengan gelombang lain yang digunakan dalam *database*. Dan hal ini bisa menyebabkan kesalahan dalam pengenalan jenis kawanan ikan. Lebih jelasnya kesalahan hasil pengenalan jenis kawanan ikan terjadi karena letak suatu vektor data gelombang masukan memiliki VQ distorsi yang lebih dekat kepada *codeword* lain. Seiring dengan penambahan *codebook* maka *cluster* yang dihasilkan akan semakin banyak dan nilai-nilai *codeword* yang muncul akan sangat berdekatan. Sehingga bisa terjadi kesalahan penentuan VQ distorsi.



Gambar 4.4 Uji coba keseluruhan-6 *state*



Gambar 4.5 Uji coba keseluruhan-7 *state*

Penurunan yang terjadi pada masing-masing label ikan tidak akan terlalu berpengaruh terlalu banyak. Karena secara keseluruhan, sistem menunjukkan adanya peningkatan akurasi dengan penambahan ukuran *codebook*.

Kemudian pada Tabel 4.8 yang merupakan tabel hasil uji coba 10 data ikan dengan *codebook* 64 dan 6 *state* pada bagian ikan bandeng terdapat beberapa ikan bandeng yang digunakan untuk pelatihan tidak dapat diidentifikasi, contohnya adalah ikan bandeng8 dan ikan bandeng9.

Tabel 4.8 Hasil Uji Coba 10 Data Ikan Dengan *Codebook* 64 dan 6 *State*

Label	bandeng	bendera	hiubambu	kakap	kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	ok	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	hiubambu	ok	ok	ok	ok
9	hiubambu	ok	ok	ok	ok
10	ok	ok	ok	kerong	ok
11	bendera	ok	ok	ok	kakap
12	hiubambu	ok	ok	hiubambu	kakap
13	ok	hiubambu	bandeng	kerong	bendera
14	ok	ok	bandeng	ok	bandeng
15	bendera	ok	kerong	ok	kakap
	67	93	80	80	67

Tidak dapat diidentifikasinya ikan yang digunakan sebagai pelatihan ini terjadi karena adanya *noise* saat gelombang masukan dikirim menuju perangkat DSK *board*. Sehingga merubah hasil *sampling* yang diterima pada DSK *board*. Hasil *sampling* dari gelombang yang masuk berbeda dengan hasil *sampling* gelombang yang digunakan untuk pembentukan *database*. Sehingga akan menyebabkan VQ distorsi yang tidak tepat.

Hal lain yang menyebabkan kesalahan dalam identifikasi jenis kawan ikan adalah gelombang masukan yang akan dikenali memiliki gelombang yang berbeda jauh dengan gelombang yang digunakan dalam pembentukan *database*. Perbedaan ini terjadi karena data gelombang asli yang diperoleh dari skripsi sebelumnya memiliki perbedaan satu dengan lainnya. Data gelombang bandeng1 memiliki perbedaan dengan data gelombang bandeng3. Timbulnya perbedaan

terjadi karena saat mengambil data di lapangan, gelombang yang terekam mungkin hanya perubahan gerak dari kawanan ikan tetapi bisa bercampur dengan halangan yang ada di laut seperti batu, ombak tinggi, dll.

4.3.2 Pengaruh pelatihan terhadap hasil pengenalan

Berdasarkan hasil Tabel 4.7 menunjukkan terjadinya peningkatan akurasi dalam pengenalan jenis kawanan ikan seiring dengan penambahan jumlah ikan yang dijadikan *database*. Peningkatan akurasi terjadi karena dengan semakin banyak data gelombang ikan yang digunakan dalam pembuatan *codebook* maka akan bisa mewakili gelombang yang belum terwakili pada pelatihan sebelumnya. Selain itu letak *centroid* akan semakin bervariasi sehingga tidak terlalu berdekatan seiring dengan bertambahnya pelatihan. Lain halnya kalau hanya menggunakan jumlah pelatihan yang kecil seperti hanya 5 data ikan.

Jika dibandingkan dengan peningkatan yang terjadi saat penambahan ukuran *codebook* maka akurasi yang diperoleh dari peningkatan jumlah pelatihan terlihat dapat mencapai nilai yang lebih tinggi. Hal ini terjadi karena lebih banyaknya data yang digunakan untuk merepresentasikan keseluruhan sistem pengenalan. Kombinasi antara ukuran *codebook* dengan jumlah pelatihan sangat menentukan tingkat keberhasilan pengenalan jenis kawanan ikan. Perpaduan antara keduanya ini dapat dilihat dari hasil percobaan Tabel 4.5 untuk *codebook* 64 dan jumlah *state* sebanyak 7 terjadi penurunan tingkat pengenalan dari 93% menjadi 80%. Penurunan ini terjadi karena saat menambah jumlah pelatihan menjadi 10 maka akan semakin banyak data yang muncul untuk diproses menjadi *codebook*. Sementara *codebook* yang digunakan adalah sebanyak 64 maka dengan semakin membesarnya wilayah data masukan yang akan dibuat ke dalam *codebook* maka menyebabkan beberapa *cluster* yang tidak terwakili oleh *codebook*. Sehingga ada informasi yang tidak lengkap dengan menggunakan ukuran *codebook* sebanyak 64. Tetapi dengan menambah ukuran *codebook* menjadi 128 dapat dilihat hasil pengenalan meningkat menjadi 100%. Hal ini menunjukkan *codebook* telah mampu mewakili *cluster* yang lebih luas.

Secara umum penambahan jumlah pelatihan akan menyebabkan akurasi pengenalan sampai sekitar 100%. Tetapi terkadang terjadi penurunan pada suatu

jenis kawanan ikan seiring dengan penambahan jumlah pelatihan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.9 yang merupakan hasil uji coba pada ikan kakap, terdapat penurunan tingkat ketelitian hasil pengenalan pada penambahan jumlah pelatihan dari 5 ikan menjadi 10 ikan pada ukuran *codebook* 128 dan ukuran *codebook* 256.

Tabel 4.9 Hasil Uji Coba Ikan Kakap-6 *State*

<i>Codebook</i>	Pelatihan		
	5	10	15
64	93	80	100
128	93	67	100
256	100	87	93

Penurunan hasil akurasi pengenalan bisa terjadi karena *codebook* yang digunakan tidak mewakili keseluruhan gelombang yang akan diproses. Penyebab lainnya adalah masalah *noise* saat mengirim gelombang perubahan fase gerakan ikan yang telah disimpan pada MP3 *player* menuju perangkat DSK *board*. Pengaruh *noise* akan menyebabkan perubahan pada gelombang hasil *sampling*. *Noise* yang muncul dapat disebabkan oleh perangkat *Analog Digital Converter* (ADC) pada DSK *board* selain itu dapat juga disebabkan oleh kabel atau dapat juga disebabkan oleh perangkat MP3 *player* itu sendiri. Pemilihan MP3 *player* yang tepat merupakan sesuatu yang penting. Karena tidak semua MP3 *player* mampu menghasilkan keluaran gelombang yang baik. Dari beberapa MP3 *player* yang telah dites akhirnya pilihan yang digunakan adalah perangkat iPOD. Karena perangkat iPOD mampu menghasilkan keluaran gelombang yang mirip dengan gelombang aslinya. Sementara MP3 *player* lainnya menghasilkan keluaran gelombang yang tidak mirip dengan gelombang aslinya.

Selain itu masalah yang bisa terjadi karena adanya perbedaan antara gelombang masukan dengan gelombang yang digunakan sebagai *database*. Perbedaan ini terjadi karena data gelombang asli yang diperoleh dari skripsi sebelumnya memiliki perbedaan satu dengan lainnya. Data gelombang bandeng1 memiliki perbedaan dengan data gelombang bandeng3. Timbulnya perbedaan terjadi karena saat mengambil data di lapangan, gelombang yang terekam mungkin hanya perubahan gerak dari kawanan ikan tetapi bisa bercampur dengan halangan yang ada di laut seperti batu, ombak tinggi, dll.

Akibat dari beberapa masalah yang telah disebutkan akan menyebabkan kesalahan dalam perhitungan nilai VQ distorsi sehingga hasil yang muncul akan menunjukkan ikan yang tidak tepat.

Penurunan yang terjadi seiring dengan penambahan jumlah pelatihan pada ikan kakap tidak terlalu berpengaruh pada keseluruhan sistem karena seperti yang terlihat pada Tabel 4.7 secara umum keseluruhan sistem menunjukkan peningkatan hasil seiring penambahan jumlah pelatihan.

4.3.3 Pengaruh jumlah *state* terhadap hasil pengenalan

Dengan mengubah jumlah *state* yang digunakan pada HMM maka bisa diperoleh perubahan terhadap hasil pengenalan jenis kawanan ikan. Percobaan yang dilakukan pada awalnya adalah dengan menetapkan jumlah *state* HMM sebanyak 6 kemudian pada percobaan berikutnya jumlah *state* yang digunakan adalah sebanyak 7. Berdasarkan hasil percobaan keseluruhan yang ditunjukkan pada Tabel 4.7, dapat dilihat dengan mengubah jumlah *state* dari 6 ke 7 maka keberhasilan pengenalan jenis kawanan ikan akan semakin meningkat. Pada *codebook* 64 dan jumlah pelatihan sebanyak 5, terlihat dengan menggunakan jumlah *state* 7 maka diperoleh tingkat pengenalan sebesar 96%. Sementara saat menggunakan jumlah *state* 6 diperoleh tingkat pengenalan sebesar 65%. Sehingga dengan menggunakan jumlah *state* 7 terjadi peningkatan sebesar 31% dari kondisi saat menggunakan jumlah *state* 6.

Peningkatan akurasi pengenalan dengan merubah nilai *state* HMM terjadi karena dengan mengubah jumlah *state* maka dapat menggambarkan kondisi dari sistem yang akan diproses secara berbeda. Seharusnya jumlah *state* sesuai dengan jumlah *codeword* sehingga dengan *codebook* 64 maka akan terdapat 64 *state*. Akan tetapi setelah dilakukan uji coba menggunakan sistem tujuh *state* HMM pada pengenalan jenis kawanan ikan ternyata mampu menghasilkan tingkat pengenalan yang baik sampai 100%. Sebelumnya telah dilakukan pengujian dengan mengubah jumlah *state* untuk ukuran 5, 6, dan 7. Tetapi pada hasil uji coba dengan jumlah *state* 5 menunjukkan hasil pengenalan yang besarnya di bawah nilai ukuran *state* 6 dan 7. Sehingga hanya digunakan dua jumlah *state* yaitu 6 dan 7 sebagai perbandingan.

BAB V

KESIMPULAN

1. Program pengenalan jenis kawanan ikan pada DSK *board* telah mampu mengidentifikasi jenis kawanan ikan dengan tingkat pengenalan 100%.
2. Semakin besar ukuran *codebook* (64, 128, dan 256) maka tingkat pengenalan jenis kawanan ikan yang diperoleh bisa mencapai 100%.
3. Semakin besar jumlah pelatihan (5, 10, dan 15) yang digunakan maka tingkat pengenalan jenis kawanan ikan yang diperoleh bisa mencapai 100%.
4. Perubahan ukuran *state* dari 6 tingkat menjadi 7 tingkat dapat memengaruhi hasil pengenalan sampai 100%.
5. Penambahan jumlah pelatihan menunjukkan hasil pengenalan yang lebih tinggi (sekitar 10%-20%) bila dibandingkan dengan penambahan ukuran *codebook*.
6. Peningkatan jumlah *state* menunjukkan hasil pengenalan yang lebih tinggi (sekitar 20%-30%) bila dibandingkan dengan perubahan ukuran *codebook* dan penambahan jumlah pelatihan. Dengan menggunakan ukuran *codebook* 32 dan jumlah pelatihan 5 saja dapat mencapai pengenalan sekitar 96%.
7. Sistem pengenalan jenis ikan yang paling baik adalah dengan menggunakan kombinasi ukuran *codebook* 128, jumlah pelatihan 15 *sample* dan jumlah *state* sebanyak 7.

DAFTAR ACUAN

- [1] Picher, T.J. & Partridge, B.L., 1979, Fish schools density and Volume. *Mar. Biol.*, 54, 383-394.
- [2] Misund, O.A., Aglen, A. & Fronaes, E., 1995, Mapping the size, shape and density of fish schools by echo integration and a high resolution sonar. *ICES Marine. Science. Symp.*, 52, 11-20.
- [3] Misund, O.A., 1993b, Dynamics of moving masses: variability in packing density, shape, and size among herring, sprat and saithe schools. *ICES J. Marine Science.*, 50, 145-160.
- [4] Freon, P., Gerlotto, F. & Soria, M., 1992, Changes in school structure according to external stimuli : description and influence on acoustic assesment. *Fish. Res.*, 15, 45-66.
- [5] A.D. Diponegoro, "Penentuan jenis ikan dengan menggunakan *Hidden Markov Model* dari penditeksian fase penerimaan sinyal akustik." Disertasi, Program Studi Teknologi Kelautan Program Pasca Sarjana Insitut Pertanian Bogor, 2004, hal. 1-25
- [6] Rulph Chassaing, *Digital signal processing and applications with the C6713 and C6416 DSK* (New Jersey : John Wiley & Sons, 2005), hal. 421
- [7] Rabiner L.R., Juang B. H., *Fundamentals of Speech Recognition* (New Jersey : Prentice Hall Signal Processing Series, 1993), hal.127
- [8] Liu, Zhongmin, Yin, Qizhang, Zhang, Weimin, 2002, A Speaker Identification and Verification System, *EEL6586 Final Project*.
- [9] Hartono, R.H., "Analisis Performa Perancangan *Real Time Digital Audio Effect* Menggunakan DSP *Starter Kit TMS320C6713*", Skripsi, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2006.

DAFTAR PUSTAKA

A.D. Diponegoro, "Penentuan jenis ikan dengan menggunakan *Hidden Markov Model* dari penditeksian fase penerimaan sinyal akustik." Disertasi, Program Studi Teknologi Kelautan Program Pasca Sarjana Insitut Pertanian Bogor, 2004

Chassaing, Rulph, *Digital signal processing and applications with the C6713 and C6416 DSK* (New Jersey : John Wiley & Sons, 2005)

L.R., Rabiner, Juang B. H. 1993, *Fundamentals of Speech Recognition* (New Jersey : Prentice Hall Signal Processing Series, 1993)

Pribadi, Allpins., "Penerapan Hidden Markov Model Dalam Pengidentifikasian Gelombang Perubahan Fase Dari Gerakan Ikan" Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2004

M.A., Ahmad, "Simulasi dan Analisis program *speech-to-text* menggunakan metode HMM" Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2007

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Uji Coba

Hasil uji coba 5 sample ikan, *codebook* 64 dan 6 *state* HMM

Label	bandeng	bendera	hiubambu	kakap	kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	bendera	ok
7	hiubambu	ok	ok	ok	bendera
8	bendera	bandeng	bendera	ok	ok
9	hiubambu	ok	bendera	ok	hiubambu
10	kakap	ok	ok	ok	ok
11	bendera	bandeng	bendera	ok	ok
12	hiubambu	kakap	kakap	ok	kakap
13	hiubambu	hiubambu	bendera	ok	bendera
14	bendera	kakap	ok	ok	bandeng
15	hiubambu	ok	ok	ok	kakap
Pengenalan	40	60	66,66667	93,33333	60

Hasil Uji coba 5 sample ikan, *codebook* 128 dan 6 *state* HMM

Label	bandeng	bendera	hiubambu	kakap	kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	ok	ok
7	hiubambu	ok	ok	ok	kakap
8	kakap	bandeng	bendera	ok	kakap
9	hiubambu	ok	kakap	ok	bandeng
10	hiubambu	ok	ok	ok	ok
11	ok	bandeng	bendera	ok	ok
12	hiubambu	kakap	bendera	ok	bendera
13	hiubambu	hiubambu	bandeng	kerong	bendera
14	ok	kakap	ok	ok	ok
15	hiubambu	ok	kakap	ok	ok
	53	60	60	93	67

Hasil Uji coba 5 sample ikan, *codebook 256* dan 6 *state* HMM

Label	bandeng	bendera	hiubambu	kakap	kerong
1	ok	ok	ok	ok	kakap
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	kerong	ok	ok
7	hiubambu	ok	bandeng	ok	kakap
8	hiubambu	bandeng	ok	ok	kakap
9	hiubambu	ok	bandeng	ok	bandeng
10	ok	ok	ok	ok	kakap
11	hiubambu	ok	bendera	ok	bandeng
12	hiubambu	bandeng	bendera	ok	hiubambu
13	ok	ok	bandeng	ok	ok
14	ok	kakap	ok	ok	kakap
15	bendera	ok	ok	ok	kakap
Pengenalan	60	80	60	100	40

Hasil Uji coba 10 sample ikan, *codebook 64*, dan 6 *state* HMM

Label	bandeng	bendera	hiubambu	kakap	kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	ok	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	hiubambu	ok	ok	ok	ok
9	hiubambu	ok	ok	ok	ok
10	ok	ok	ok	kerong	ok
11	bendera	ok	ok	ok	kakap
12	hiubambu	ok	ok	hiubambu	kakap
13	ok	hiubambu	bandeng	kerong	bendera
14	ok	ok	bandeng	ok	bandeng
15	bendera	ok	kerong	ok	kakap
Pengenalan	67	93	80	80	67

Hasil Uji coba 10 sample ikan, *codebook* 128, dan 6 *state* HMM

Label	Bandeng	Bendera	Hiubambu	Kakap	Kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	kerong	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	kerong	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	ok	ok	ok	ok	ok
9	hiubambu	ok	ok	ok	ok
10	ok	ok	ok	ok	ok
11	ok	ok	bendera	kerong	kakap
12	ok	ok	bandeng	bendera	ok
13	hiubambu	bandeng	bandeng	kerong	bendera
14	ok	kakap	ok	ok	ok
15	ok	ok	kakap	ok	kakap
Pengenalan	87	87	73	67	80

Hasil Uji coba 10 sample ikan, *codebook* 256, dan 6 *state* HMM

Label	Bandeng	Bendera	Hiubambu	Kakap	Kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	bandeng
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	hiubambu	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	ok	ok	ok	ok	ok
9	ok	ok	ok	ok	kakap
10	hiubambu	ok	ok	ok	ok
11	ok	ok	bendera	ok	ok
12	ok	ok	kakap	kerong	kakap
13	hiubambu	bandeng	bandeng	ok	kakap
14	ok	ok	ok	ok	kakap
15	ok	bandeng	ok	ok	kakap
Pengenalan	87	87	80	87	60

Hasil Uji coba 15 sample ikan, *codebook 64, 6 state HMM*

Label	Bandeng	Bendera	Hiubambu	Kakap	Kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	ok	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	ok	ok	ok	ok	ok
9	ok	ok	ok	ok	ok
10	ok	ok	ok	ok	ok
11	ok	ok	ok	ok	ok
12	ok	ok	ok	ok	ok
13	ok	ok	ok	ok	ok
14	ok	ok	ok	ok	ok
15	ok	ok	ok	ok	ok
Pengenalan	100	100	100	100	100

Hasil uji coba 15 sample ikan, *codebook 128, dan 6 state HMM*

Label	Bandeng	Bendera	Hiubambu	Kakap	Kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	ok	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	ok	ok	ok	ok	ok
9	ok	ok	ok	ok	ok
10	ok	ok	ok	ok	ok
11	ok	ok	ok	ok	ok
12	ok	ok	ok	ok	ok
13	ok	ok	ok	ok	ok
14	ok	ok	ok	ok	ok
15	ok	ok	ok	ok	ok
Pengenalan	100	100	100	100	100

Hasil uji coba 15 sample ikan, *codebook* 256, dan 6 *state* HMM

Label	Bandeng	Bendera	Hiubambu	Kakap	Kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	ok	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	ok	ok	ok	ok	ok
9	ok	ok	ok	ok	ok
10	ok	ok	ok	ok	ok
11	ok	ok	ok	ok	ok
12	ok	ok	ok	ok	ok
13	ok	ok	ok	ok	ok
14	ok	ok	ok	ok	ok
15	ok	ok	ok	ok	ok
Pengenalan	100	100	100	100	100

Hasil uji coba 5 sample ikan, *codebook* 64, dan 7 *state* HMM

Label	bandeng	bendera	hiubambu	kakap	kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	ok	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	ok	ok	ok	ok	ok
9	ok	ok	kakap	ok	ok
10	ok	ok	bandeng	ok	ok
11	ok	ok	ok	ok	ok
12	ok	ok	ok	ok	ok
13	ok	ok	ok	ok	ok
14	ok	ok	ok	ok	hiubambu
15	ok	ok	ok	ok	ok
	100	100	87	100	93

Hasil uji coba 5 sample ikan, *codebook* 128, dan 7 *state* HMM

Label	bandeng	bendera	hiubambu	kakap	kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	ok	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	bendera	bandeng	ok	ok	ok
9	ok	ok	ok	ok	hiubambu
10	ok	ok	ok	ok	ok
11	ok	ok	bendera	ok	ok
12	ok	ok	ok	ok	ok
13	ok	ok	ok	ok	ok
14	ok	ok	ok	ok	ok
15	ok	ok	ok	ok	ok
	93	93	93	100	93

Hasil uji coba 5 sample ikan, *codebook* 256, dan 7 *state* HMM

Label	bandeng	bendera	hiubambu	kakap	kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	ok	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	ok	ok	ok	ok	ok
9	ok	ok	kakap	ok	ok
10	ok	ok	ok	ok	ok
11	ok	ok	ok	ok	ok
12	ok	ok	ok	ok	ok
13	hiubambu	ok	ok	ok	ok
14	ok	ok	ok	ok	ok
15	ok	ok	ok	ok	ok
	93	100	93	100	100

Hasil uji coba 10 sample ikan, *codebook* 64, dan 7 *state* HMM

Label	bandeng	bendera	hiubambu	kakap	kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	bendera	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	ok	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	bendera	ok	ok	ok	ok
9	hiubambu	ok	ok	ok	ok
10	ok	ok	ok	ok	ok
11	ok	ok	bendera	ok	ok
12	hiubambu	ok	ok	ok	kakap
13	ok	ok	ok	ok	bendera
14	ok	ok	ok	ok	kakap
15	ok	ok	ok	ok	ok
	73	100	93	100	80

Hasil uji coba 10 sample ikan, *codebook* 128, dan 7 *state* HMM

Label	bandeng	bendera	hiubambu	kakap	kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	ok	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	ok	ok	ok	ok	ok
9	ok	ok	ok	ok	ok
10	ok	ok	ok	ok	ok
11	ok	ok	ok	ok	ok
12	ok	ok	ok	ok	ok
13	ok	ok	ok	ok	ok
14	ok	ok	ok	ok	ok
15	ok	ok	ok	ok	ok
Pengenalan	100	100	100	100	100

Hasil uji coba 10 sample ikan, *codebook* 256, dan 7 *state* HMM

Label	bandeng	bendera	hiubambu	kakap	kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	ok	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	ok	ok	ok	ok	ok
9	ok	ok	ok	ok	ok
10	ok	ok	ok	ok	ok
11	ok	ok	ok	ok	ok
12	ok	ok	ok	bandeng	ok
13	ok	ok	ok	ok	ok
14	ok	ok	ok	ok	ok
15	ok	bandeng	ok	ok	ok
	100	93	100	93	100

Hasil uji coba 15 sample ikan, *codebook* 64, dan 7 *state* HMM

Label	bandeng	bendera	hiubambu	kakap	kerong
1	bendera	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	kakap
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	ok	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	ok	bandeng	ok	ok	ok
9	ok	ok	ok	ok	ok
10	ok	ok	ok	ok	ok
11	ok	ok	ok	ok	ok
12	ok	bandeng	ok	ok	ok
13	ok	ok	ok	ok	ok
14	ok	ok	ok	ok	ok
15	ok	ok	ok	ok	ok
	93	87	100	100	93

Hasil uji coba 15 sample ikan, *codebook* 128, dan 7 *state* HMM

Label	bandeng	bendera	hiubambu	kakap	kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	ok	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	ok	ok	ok	ok	ok
9	ok	ok	ok	ok	ok
10	ok	ok	ok	ok	ok
11	ok	ok	ok	ok	ok
12	ok	ok	ok	ok	ok
13	ok	ok	ok	ok	ok
14	ok	ok	ok	ok	ok
15	ok	ok	ok	ok	ok
	100	100	100	100	100

Hasil uji coba 15 sample ikan, *codebook* 256, dan 7 *state* HMM

Label	bandeng	bendera	hiubambu	kakap	kerong
1	ok	ok	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok	ok	ok
z3	ok	ok	ok	ok	ok
4	ok	ok	ok	ok	ok
5	ok	ok	ok	ok	ok
6	ok	ok	ok	ok	ok
7	ok	ok	ok	ok	ok
8	ok	ok	ok	ok	ok
9	ok	ok	ok	ok	ok
10	ok	ok	ok	ok	ok
11	ok	ok	ok	ok	ok
12	ok	ok	ok	ok	ok
13	ok	ok	ok	ok	ok
14	ok	ok	ok	ok	ok
15	ok	ok	ok	ok	ok
	100	100	100	100	100