



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS DAN PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK
UNTUK MENENTUKAN JENIS IKAN SECARA *REAL-TIME*
DENGAN MENGGUNAKAN METODA HIDDEN MARKOV**

SKRIPSI

**YUNANTO WIDYATMAJI
0404030881**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS DAN PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK
UNTUK MENENTUKAN JENIS IKAN SECARA *REAL-TIME*
DENGAN MENGGUNAKAN METODA HIDDEN MARKOV**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**YUNANTO WIDYATMAJI
0404030881**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Yunanto Widyatmaji

NPM : 0404030881

Tanda Tangan :

Tanggal : 17 Juni 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Yunanto Widyatmaji
NPM : 0404030881
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisis dan Perancangan Perangkat Lunak untuk
Menentukan Jenis Ikan Secara *real-time* dengan
Menggunakan Metoda Hidden Markov

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Rochmah N. Sukardi, M.Eng.Sc ()

Penguji : Dr. Abdul Halim ()

Penguji : Ir. H. Arifin Djauhari, MT. ()

Ditetapkan di : Kampus UI Depok

Tanggal : 7 Juli 2009

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ir. Rochmah N. Sukardi, M.Eng.Sc, dan Dr. Ir. Arman Djohan Diponegoro, M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan dukungan moral dan material; dan
- (3) Teman-teman saya di Teknik Elektro terutama Anggi, Ario, Mujaddid, Surip, dan Ipoel atas ide-ide serta saran dan juga bantuan diberikan dalam penyusunan ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 12 Juni 2009

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Yunanto Widyatmaji
NPM : 0404030881
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:

**ANALISIS DAN PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK UNTUK
MENENTUKAN JENIS IKAN SECARA *REAL-TIME* DENGAN
MENGUNAKAN METODA HIDDEN MARKOV**

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 : 17 Juni 2009

Yang menyatakan

()

ABSTRAK

Nama : Yunanto Widyatmaji
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Analisis dan Perancangan Perangkat Lunak untuk Menentukan Jenis Ikan Secara *Real-time* dengan Menggunakan Metoda Hidden Markov

Skripsi ini dibuat untuk mengenali suatu jenis kawanan ikan berdasarkan perubahan fase dengan menganalisis perubahan fase dari gelombang yang dipantulkan oleh gerakan kawanan ikan secara *real-time*. Gelombang yang diterima dari hasil pantulan tersebut akan dikenali dengan metoda *Hidden Markov Model* (HMM) yang telah diprogram di dalam perangkat lunak Matlab. 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 *schooling* suatu kawanan ikan. Dimana setiap ikan memiliki karakteristik yang unik.

Kata Kunci: Pengenalan Ikan, *Hidden Markov Model*, Perubahan Fase, Matlab

ABSTRACT

Name : Yunanto Widyatmaji
Study Program : Electrical Engineering
Title : The Analysis and Design of Software to Recognize the Kind of Fishes in Real-time using Hidden Markov

This thesis 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 in real-time. The reflected waves was recognized using the Hidden Markov Model which was programmed in Matlab software. 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.

Keywords: Fish recognition, Hidden Markov Model, Phase changing, Matlab

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	2
1.3 BATASAN MASALAH	2
1.4 SISTEMATIKA PENULISAN	2
BAB 2 KARAKTERISTIK MEKANIK GERAKAN IKAN DAN PEMROSESAN GELOMBANG	4
2.1.GERAKAN SEKELOMPOK IKAN	4
2.1.1 Besar dan Kecepatan Simpangan Gerakan Ikan	5
2.1.2 Formasi Horisontal dan Jumlah Lapisan Schooling Ikan	6
2.1.3 Formasi Vertikal Schooling Ikan	6
2.2 PENGOLAHAN SINYAL (<i>SIGNAL PROCESSING</i>)	8
2.2.1 <i>Sampling</i> dan Normalisasi	8
2.2.2 Ekstraksi Gelombang	9
2.2.2.1 <i>Frame Blocking</i>	9
2.2.2.2 <i>Windowing</i>	10
2.2.2.3 <i>Fast Fourier Transform (FFT)</i>	10
2.2.2.4 <i>Mel frequency Cepstrum Coefficient</i> [5]	11
2.2.3 Vektor Kuantisasi (<i>Vector Quantization</i>) [5]	12
2.2.4 <i>Hidden Markov models</i>	14
BAB 3 PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK	17
3.1 PEMBENTUKAN <i>DATABASE</i>	18
3.1.1 Pengambilan Data Gelombang Ikan	19
3.1.2 Labelisasi	19
3.1.3 Pembentukan <i>Codebook</i>	20
3.1.4 Pembentukan Parameter HMM	22
3.2 PENGENALAN IKAN	24
BAB 4 HASIL UJI COBA DAN ANALISIS	30
4.1 HASIL UJI COBA	30
4.1.1 Uji Coba Proses Pengenalan untuk Durasi yang Berbeda	31

4.1.2 Uji Coba Pengaruh <i>Noise</i> Terhadap Keberhasilan Pengenalan	36
4.2 ANALISIS	38
4.2.1 Pengaruh Durasi Data Ikan Terhadap Tingkat Keberhasilan Proses Pengenalan	38
4.2.2 Pengaruh <i>Noise</i> Terhadap Keberhasilan Proses Pengenalan Ikan	39
BAB 5 KESIMPULAN	44
DAFTAR ACUAN	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Perubahan Bentuk Schooling <i>harengula clupeola</i>	5
Gambar 2.2 Ilustrasi Simpangan Gerakan Ikan	5
Gambar 2.3 Formasi <i>Schooling</i> Horizontal Sebagai Fungsi Fasa	6
Gambar 2.4 Perubahan Fase Akibat Formasi Vertikal <i>Schooling</i> Ikan	7
Gambar 2.5 Dengan <i>Sampling Rate</i> N	8
Gambar 2.6 Dengan <i>Sampling Rate</i> $N/2$	8
Gambar 2.7 <i>Frame Blocking</i>	9
Gambar 2.8 <i>Mel Spaced Filterbank</i> [7]	12
Gambar 2.9 <i>Codebook</i> dengan Vektor Kuantisasi [8]	13
Gambar 2.10 Contoh Probabilitas Transisi [9]	14
Gambar 3.1 Hubungan antara Proses Pembentukan <i>Database</i> dan Pengenalan ..	17
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembentukan <i>Database</i>	18
Gambar 3.3 Tampilan Program Proses Labelisasi	19
Gambar 3.4 Tampilan Program <i>Codebook</i>	21
Gambar 3.5 Tampilan Program HMM	23
Gambar 3.6 Diagram Alir Pengenalan Ikan	25
Gambar 3.7 Tampilan Program Pengenalan ikan	27
Gambar 3.8 Penentuan Titik Awal dan titik Akhir	28
Gambar 4.1 Keberhasilan Pengenalan Bandeng untuk Setiap Durasi Data	33
Gambar 4.2 Keberhasilan Pengenalan Bendera untuk Setiap Durasi Data	34
Gambar 4.3 Keberhasilan Pengenalan Hiu Bambu untuk Setiap Durasi Data	34
Gambar 4.4 Keberhasilan Pengenalan Kakap untuk Setiap Durasi Data	35
Gambar 4.5 Keberhasilan Pengenalan Kerong untuk Setiap Durasi Data	35
Gambar 4.6 Rata-rata Keberhasilan Setiap Jenis Ikan untuk Durasi Berbeda	36
Gambar 4.7 Perbandingan <i>Real-time</i> dan <i>Non real-time</i>	37
Gambar 4.8 Gelombang dengan Durasi Berbeda	38
Gambar 4.9 Perbandingan Gelombang Ikan Hiu Bambu dan Bandeng	40
Gambar 4.10 Kesalahan Program Saat Menangkap Data Bandeng ¹⁸	42
Gambar 4.11 Noise yang Dihasilkan Sewaktu Proses Pengenalan Kakap ¹⁹	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Contoh Labelisasi	20
Tabel 4.1 Data Ikan untuk <i>Database</i>	30
Tabel 4.2 Data ikan untuk Proses pengujian	31
Tabel 4.3 Hasil Uji Coba Pengenalan untuk Ikan Bandeng	32
Tabel 4.4 Hasil Uji Coba Pengenalan untuk Ikan Bendera	32
Tabel 4.5 Hasil Uji Coba Pengenalan untuk Ikan Hiu Bambu	32
Tabel 4.6 Hasil Uji Coba Pengenalan untuk Ikan Kakap	32
Tabel 4.7 Hasil Uji Coba Pengenalan untuk Ikan Kerong	33
Tabel 4.8 Rata-rata Hasil Uji Coba Pengenalan Ikan	36
Tabel 4.9 Perbandingan Pengenalan Ikan Secara Real-time dan Non real-time ..	37

DAFTAR LAMPIRAN

Hasil Uji Coba Pengenalan Bandeng	47
Hasil Uji Coba Pengenalan Bendera	47
Hasil Uji Coba Pengenalan Hiu bambu	47
Hasil Uji Coba Pengenalan Kakap	47
Hasil Uji Coba Pengenalan Kerong	48
Hubungan Antara Keberhasilan Pengenalan Bandeng dan Durasi	48
Hubungan Antara Keberhasilan Pengenalan Bendera dan Durasi	48
Hubungan Antara Keberhasilan Pengenalan Hiu Bambu dan Durasi	49
Hubungan Antara Keberhasilan Pengenalan Kakap dan Durasi	49
Hubungan Antara Keberhasilan Pengenalan Kerong dan Durasi	49
Rata-rata Hasil Uji Coba Pengenalan Ikan	50
Grafik Rata-rata Hasil Uji Coba Pengenalan Ikan	50
Perbandingan Pengenalan Ikan <i>Real-time</i> dan <i>Non Real-time</i>	50
Grafik Perbandingan Pengenalan Ikan <i>Real-time</i> dan <i>Non Real-time</i>	51
Hasil Lengkap Uji Coba Pengenalan Ikan Bandeng untuk 0,2s	51
Hasil Lengkap Uji Coba Pengenalan Ikan Bendera untuk 0,2s	52
Hasil Lengkap Uji Coba Pengenalan Ikan Hiu Bambu untuk 0,2s	52
Hasil Lengkap Uji Coba Pengenalan Ikan Kakap untuk 0,2s	53
Hasil Lengkap Uji Coba Pengenalan Ikan Kerong untuk 0,2s	53

DAFTAR SINGKATAN

DFT	Discrete Fourier Transform
FFT	Fast Fourier Transform
HMM	Hidden Markov Model
MFCC	Mel Frequency Cepstrum Coefficient
VQ	Vector Quantization

DAFTAR ISTILAH

<i>Centroid</i>	Titik pusat dari suatu <i>cluster</i>
<i>Cluster</i>	Wilayah yang terbatas
<i>Codebook</i>	Kumpulan dari semua <i>codeword</i>
<i>Codeword</i>	Representasi <i>centroid</i> dari suatu <i>cluster</i>
<i>Ergodic</i>	Bentuk <i>state</i> saling terhubung
<i>Framing</i>	Pembagian gelombang menjadi beberapa <i>frame</i> dengan adanya <i>overlap</i> diantaranya
<i>Port audio-in</i>	<i>Port</i> pada komputer yang berfungsi untuk input audio
<i>Schooling</i>	Pergerakan sekelompok ikan tertentu dengan pola, arah (polarisasi), dengan irama dan struktur yang sama untuk setiap individu
<i>Shoaling</i>	Sekumpulan ikan yang secara individual koordinasinya tidak terlalu ketat
<i>Soliter</i>	Gerakan ikan secara individu
<i>wav</i>	Format milik Microsoft dan IBM untuk menyimpan data audio <i>bitstream</i> yang dikompresi menggunakan sistem <i>PCM</i>

BAB 1

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].

Dengan memperhatikan kejadian pada suatu sistem komunikasi radio yang bergerak menggunakan metode modulasi fase, dimana akibat adanya pengaruh pantulan oleh bangunan maupun pepohonan disekitarnya, terjadi suatu fluktuasi. Dalam fluktuasi ini, terdapat perubahan fase naik turunnya daya sinyal informasi yang tidak teratur sesuai dengan profil permukaan pantulan serta kecepatan gerakan, dalam hal ini kecepatan kendaraan. Semakin cepat gerakannya, semakin cepat fluktuasi yang terjadi.

Berdasarkan kejadian di atas dan dengan mengasumsikan bahwa struktur kawanan ikan tetap untuk satu jenis ikan tertentu, apabila terdapat suatu gelombang yang merambat pada suatu media tertentu (air atau udara) dipantulkan oleh gerakan renang kawanan jenis ikan tertentu, maka gelombang yang dipantulkan tersebut akan mengalami perubahan fase pada setiap satuan waktu sesuai dengan bentuk/ struktur permukaan dan kecepatan gerakan kawanan ikan yang dipantulkan tersebut.

Jadi dengan mendeteksi fase gelombang akustik yang dipantulkan oleh gerakan kawanan suatu jenis ikan tertentu maka dari gelombang perubahan fase yang dideteksi tersebut akan dapat diketahui jenis kawanan ikannya. Berdasarkan penelitian yang menunjukkan adanya struktur gerak yang unik pada ikan, pengenalan jenis ikan dapat dilakukan dengan menganalisis gelombang perubahan gerak pada ikan tersebut.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan :

- a. Menunjukkan pengaruh durasi data ikan terhadap tingkat keberhasilan proses pengenalan.
- b. Menunjukkan pengaruh *noise* terhadap tingkat keberhasilan proses pengenalan ikan.

1.3 BATASAN MASALAH

Pengenalan jenis ikan tidak dapat dilakukan secara *in situ*, karena kesulitan untuk mengambil data sampel ikan di tengah laut. Untuk itu digunakan perangkat *MP3 player*, sebagai ganti dari kondisi tersebut untuk menghasilkan sumber gelombang yang mirip dengan kondisi sebenarnya.

1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

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

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II KARAKTERISTIK MEKANIK GERAKAN IKAN DAN PEMROSESAN GELOMBANG

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

BAB 3 PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Pada bab ini dijelaskan perancangan perangkat lunak serta diagram alir dari pembentukan *database* dan pengenalan suara ikan.

BAB 4 HASIL UJI COBA DAN ANALISIS

Bab ini berisi tentang hasil uji coba perangkat lunak yang telah dibuat, pengolahan data, dan analisis dari data yang diperoleh.

BAB 5 KESIMPULAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.



BAB 2

KARAKTERISTIK MEKANIK GERAKAN IKAN DAN PEMROSESAN GELOMBANG

2.1 GERAKAN SEKELOMPOK IKAN

Gerakan sekelompok jenis ikan tertentu di perairan, baik di laut maupun di air tawar terdiri dari 3 gerakan yaitu :

1. *Schooling*
2. *Shoaling*
3. *Soliter*

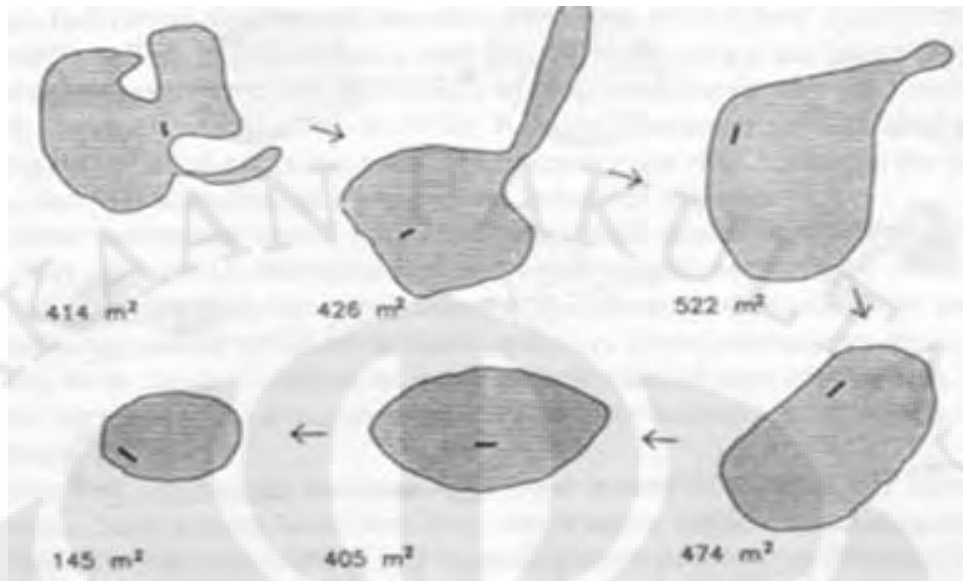
Secara umum *schooling* dapat didefinisikan sebagai pergerakan ikan dalam suatu kelompok dengan pola, arah (polarisasi), irama dan struktur yang sama untuk setiap individu.

Fungsi dari *schooling* kawanan ikan adalah :

- Menghindari serangan dari predator
- Mencari makan yang efektif
- Keuntungan dalam hidrodinamik
- Migrasi
- Reproduksi
- Pembelajaran

Shoaling adalah sekumpulan ikan yang secara individual koordinasinya tidak terlalu ketat. *Schooling* merupakan kejadian khusus dari shoaling, tetapi dengan penekanan pada gerakan sinkronisasi dan polarisasi [1]. Pada umumnya *schooling* sekelompok ikan pada malam hari menyebar dan mengembangkan (memperluas) bentuk dan batasan kumpulan [5].

Pada penelitian ini terutama akan dibahas ikan yang bergerak secara *schooling* dan *shoaling*. Gambar berikut ini adalah contoh bentuk-bentuk *schooling* dari sekelompok ikan:



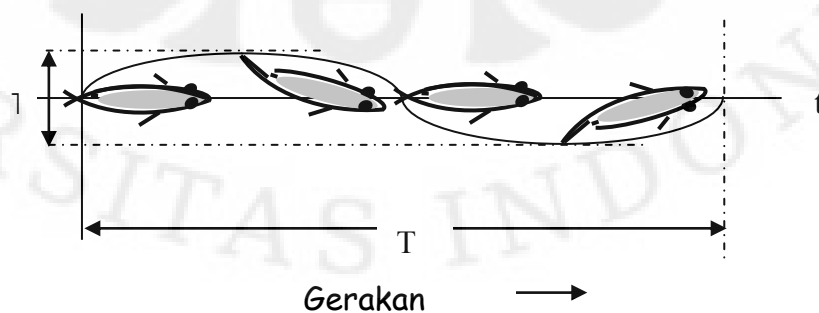
Gambar 2.1 Contoh perubahan bentuk *schooling harengula clupeola* dari pandangan horisontal selama pengamatan satu jam [4].

Gerakan kawanan ikan (*schooling*) berbeda-beda tergantung pada beberapa faktor [5] yaitu :

- Besarnya simpangan gerakan
- Kecepatan simpangan dan kecepatan berenang
- Kepadatan ikan vertikal atau jumlah dan jarak lapisan *schooling* / kawanan ikan
- Jarak vertikal antar ikan dalam suatu kelompok
- Besar, bentuk dan panjang ikan.

2.1.1 Besar dan kecepatan simpangan gerakan ikan

Besar dan kecepatan simpangan gerakan ikan dapat dijelaskan pada Gambar 2.2.

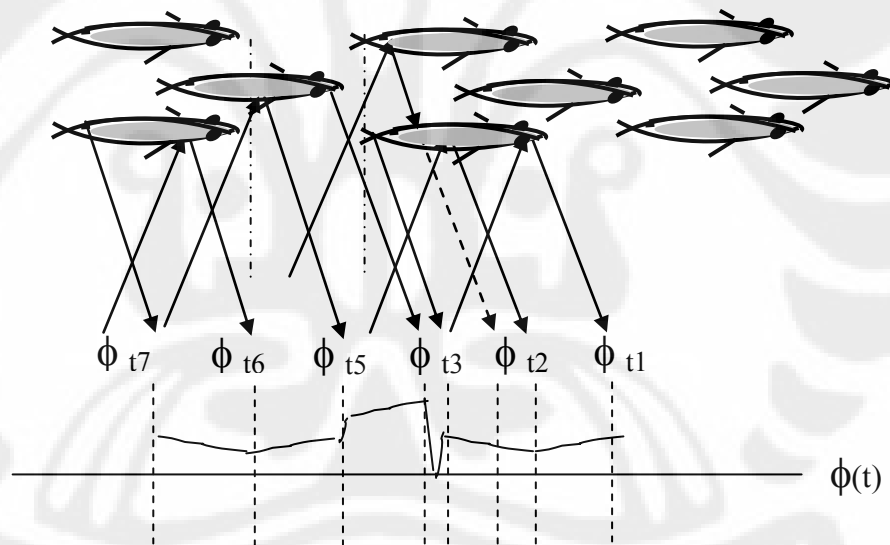


Gambar 2.2 Ilustrasi simpangan gerakan ikan. [5]

Dimana λ adalah simpangan maksimum yang besarnya tergantung dari jenis ikan. Untuk ikan tertentu harga $\lambda = 0$, sedangkan harga T tergantung dari kecepatan renang masing-masing jenis ikan.

2.1.2 Formasi horisontal dan jumlah lapisan *schooling* ikan

Jumlah dan jarak lapisan *schooling* ikan tampak atas (*dorsal aspect*) dapat dijelaskan pada Gambar 2.3. Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin besar jarak antar individu maka lapisan ketiga atau seterusnya akan semakin berpengaruh. Pada gambar lapisan ketiga tidak berpengaruh karena panjang per individu lebih kecil dari jarak antar individu, sehingga saat lapisan ketiga mendapat gelombang datang dan gelombang pantulnya terhalang oleh lapisan kedua, maka pada saat tersebut besar fase yang diterima adalah nol.



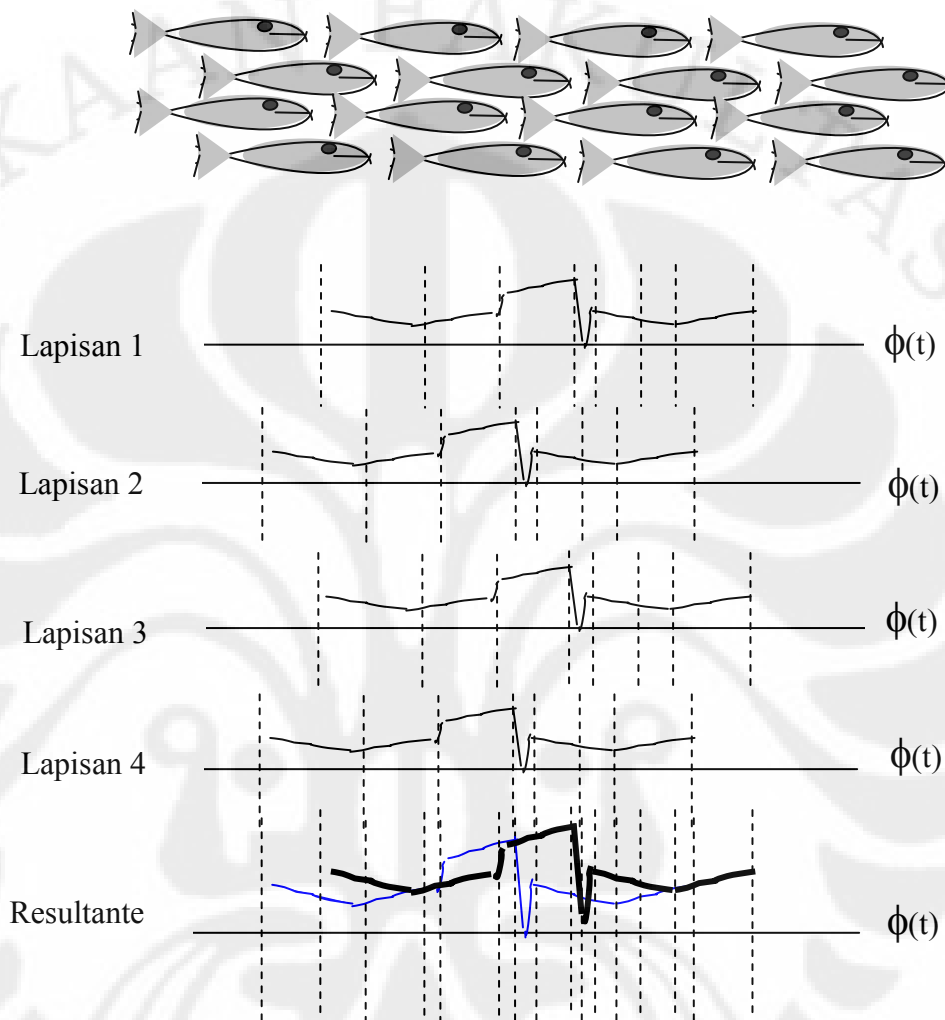
Gambar 2.3 Formasi *schooling* horisontal sebagai fungsi fasa, $\phi(t)$. [5]

2.1.3 Formasi vertikal *schooling* ikan

Struktur *schooling* ikan terdiri dari tiga jenis formasi vertikal yaitu:

- Formasi belah ketupat
- Formasi jajaran genjang
- Formasi persegi empat

Pada Gambar 2.4 dapat dilihat pengaruh perubahan fase struktur *schooling* ikan dilihat dari arah samping untuk formasi belah ketupat.



Gambar 2.4. Perubahan fase akibat formasi vertikal *schooling* ikan. [5]

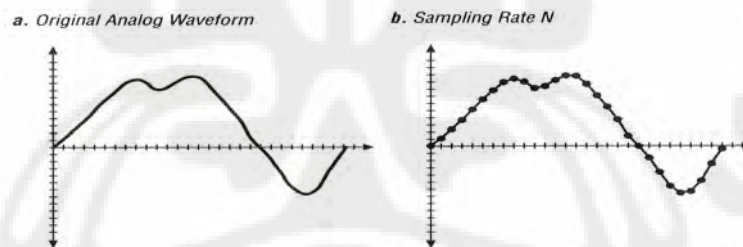
2.2 PENGOLAHAN SINYAL (*SIGNAL PROCESSING*)

Perangkat pemancar sinyal akan memancarkan suatu gelombang suara yang kemudian dipantulkan kembali oleh obyek, dalam hal ini adalah kawanan ikan. Gelombang hasil pantulan tersebut akan diterima oleh perangkat penerima untuk selanjutnya diproses sehingga dapat dianalisis spektrum perubahan fasenya.

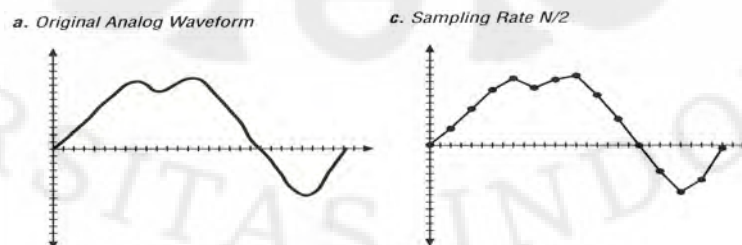
2.2.1 *Sampling* dan Normalisasi

Gelombang yang digunakan, baik gelombang yang dipancarkan maupun gelombang hasil pantulan merupakan gelombang analog. Gelombang pantulan bersifat analog yang diterima tersebut selanjutnya diubah menjadi gelombang diskrit. Hal ini perlu dilakukan supaya gelombang dapat diproses oleh komputer. Selain itu, pengubahan gelombang analog menjadi gelombang diskrit juga dapat meminimalisir keberadaan *noise*.

Untuk itu, pada gelombang analog akan dilakukan proses *sampling* terlebih dahulu. Besar nilai *sampling* akan memengaruhi hasil gelombang diskrit yang dihasilkan. Semakin besar nilai *sampling* tersebut maka akan dihasilkan gelombang diskrit yang lebih akurat. Perbandingan pengaruh nilai *sampling* dapat dilihat pada Gambar 2.5 dan Gambar 2.6.



Gambar 2.5 Dengan *sampling rate* N



Gambar 2.6 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 selanjutnya 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. Hal ini akan mempengaruhi tingkat akurasi pada proses pengenalan.

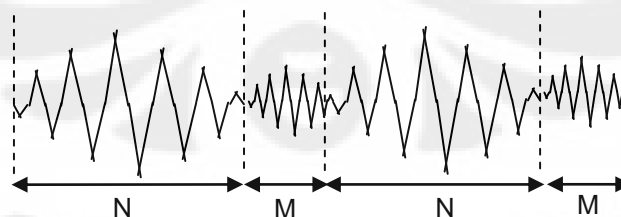
2.2.2 Ekstraksi Gelombang

Ekstraksi gelombang dilakukan untuk mendapatkan suatu nilai dari gelombang yang dapat mewakili keseluruhan gelombang. Metoda 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)*

2.2.2.1 *Frame blocking*

Suatu gelombang yang masuk akan dibagi menjadi beberapa *frame* untuk kemudahan dalam pemrosesan gelombang. *Frame* tersebut dibagi menjadi beberapa N *frame* dengan adanya *overlap* antara *frame* yang satu dengan *frame* lainnya sebesar M *frame*. Berikut ini pada Gambar 2.7 terlihat proses *frame blocking*.



Gambar 2.7 *Frame blocking*

2.2.2.2 Windowing

Langkah selanjutnya adalah proses *windowing* untuk masing-masing *individual frame*. Langkah ini dilakukan untuk meminimalisasikan diskontinuitas gelombang pada permulaan dan akhir dari masing-masing *frame*. *Windowing* ini akan men-*taper* nilai yang terdapat pada permulaan dan akhir masing-masing *frame*.

Metoda 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 suatu sinyal yang terlihat pada persamaan 2.2.

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

dimana :

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

2.2.2.3 Fast Fourier Transform (FFT)

FFT berfungsi untuk mengubah gelombang dari domain waktu ke domain frekuensi. FFT adalah *fast algorithm* untuk mengimplementasikan *Discrete Fourier Transform (DFT)* yang mana didefinisikan sebagai N sampel $\{x_n\}$, yaitu:

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

Dimana :

X_n = sinyal hasil DFT

x_n = sinyal masukan

FFT (Fast Fourier Transform) tidak berbeda dengan DFT, hanya pada FFT proses transformasi dipercepat dengan mereduksi nilai yang sama untuk setiap N data pada perhitungan DFT. Untuk jumlah N data yang tidak terlalu besar DFT dan FFT sulit dibedakan, namun untuk jumlah N yang besar, proses FFT akan dirasakan jauh lebih cepat dibandingkan DFT. Karena input sinyal yang digunakan dalam penelitian ini memiliki rentang data yang cukup besar, maka transformasi yang digunakan adalah FFT agar proses komputerisasi menjadi lebih mudah dan lebih cepat.

Baik DFT maupun FFT akan menghasilkan kumpulan titik-titik dimana masing-masing titik terdiri dari komponen real (fungsi *Cosinus*) dan komponen imajiner (fungsi *sinusoidal*).

2.2.2.4 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.

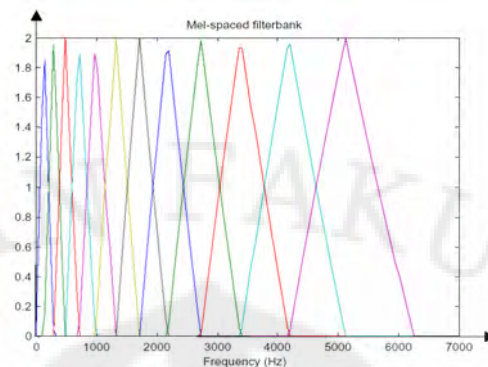
Perhitungan *mel-frequency* menggunakan persamaan 2.4 [6]:

$$f = 2700 \left(1 - \frac{m}{M} \right) \quad (2.4)$$

Dimana :

f = frekuensi (Hz)

Selanjutnya pada Gambar 2.8 ditunjukkan *filter bank* yang didapat dengan menempatkan pusat frekuensi pada skala mel-frekuensi.



Gambar 2.8 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*.

2.2.3 Vektor Kuantisasi (*Vector Quantization*) [5]

Titik-titik hasil dari proses FFT dipetakan ke dalam sebuah grafik dua dimensi (X-Y) dimana sumbu X merupakan komponen real dari masing-masing titik dan sumbu Y merupakan komponen imajiner dari masing-masing titik.

Vector Quantization (VQ) merupakan pemetaan vektor dari ruang vektor yang besar menjadi wilayah yang terbatas yang disebut dengan *cluster*. Setiap sinyal input dari hasil FFT memiliki beberapa titik yang masing-masing memiliki komponen real dan imajiner. Kumpulan dari titik-titik yang memiliki jarak berdekatan membentuk *cluster* dan setiap *cluster* yang terbentuk akan diwakili oleh suatu titik yang disebut *centroid*. Kumpulan dari *centroid* akan membentuk sebuah *codeword* yang mewakili/merepresentasikan sebuah sinyal. Kumpulan dari semua *codeword* tersebut disebut dengan *codebook*.

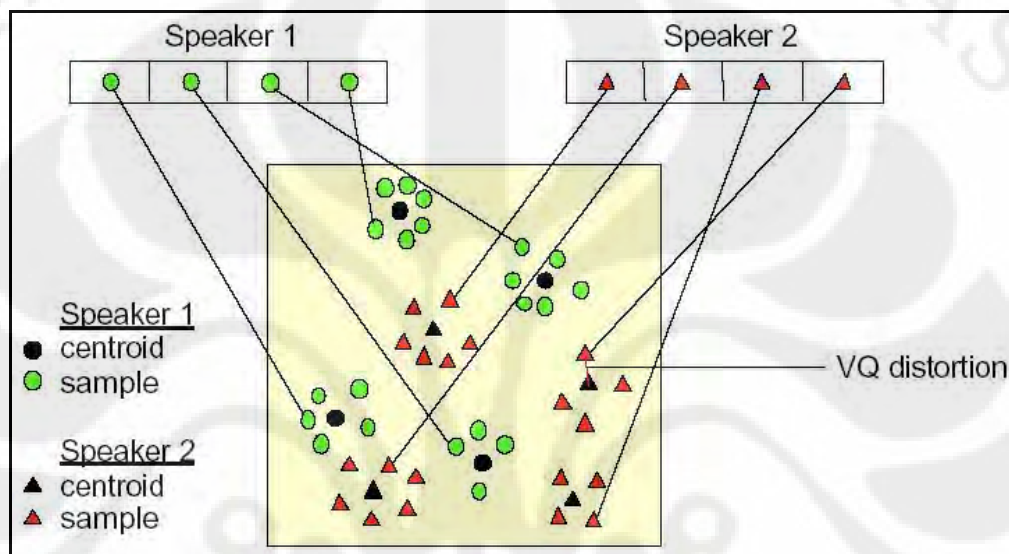
Jarak antara satu titik dengan titik lain dalam sebuah *cluster* disebut *VQ Distortion*. Semakin kecil *VQ Distortion*nya, maka *cluster* yang terbentuk menjadi lebih akurat. Luas daerah *cluster* ditentukan oleh suatu nilai yang disebut ukuran *codebook*, dimana semakin besar ukuran *codebook*nya, maka luas daerah masing-masing *cluster* menjadi lebih kecil dan jumlah *cluster* yang terbentuk menjadi lebih banyak disertai nilai *VQ distortion* yang semakin kecil sehingga *codeword* yang terbentuk akan semakin mewakili sinyal input aslinya. Beberapa contoh

Universitas Indonesia

ukuran yang dapat divariasikan dalam percobaan ini antara lain 32, 64, 128, 256, 512, dan 1024.

Tujuan dari proses vektor kuantisasi ini adalah untuk menyederhanakan panjang data sinyal agar proses selanjutnya menjadi lebih mudah.

Gambar 2.9 berikut menunjukkan contoh pemetaan data pada vektor kuantisasi:



Gambar 2.9 Codebook dengan vektor kuantisasi [8]

Pada gambar 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 pembentukan *database*, *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.

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 di-*training* pada proses pembentukan *database* sebelumnya. Selanjutnya dihitung nilai *VQ distortion*. Nilai *VQ distortion* yang paling kecil

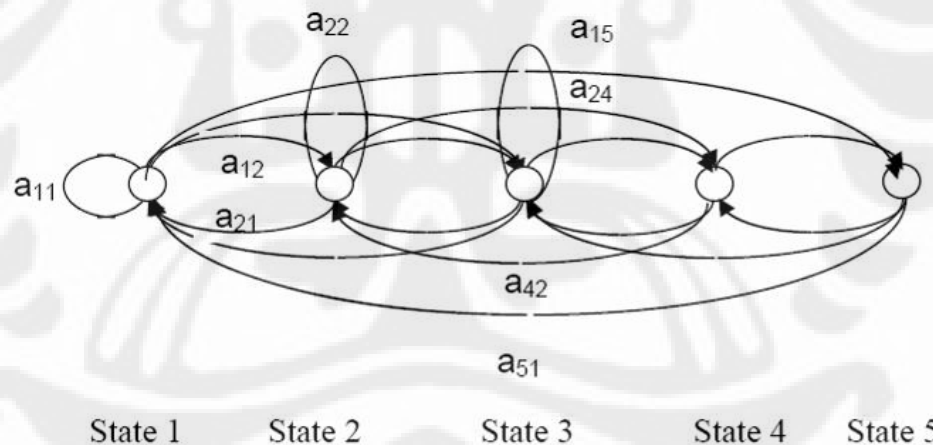
antara *codeword* dari salah satu suara dalam *database* dengan *VQ codebook* dari gelombang masukan akan digunakan sebagai hasil identifikasi.

2.2.4 Hidden Markov Models

Hidden Markov Model merupakan pemodelan probabilitas suatu sistem dengan mencari parameter-parameter markov yang tidak diketahui untuk mempermudah proses analisis sistem tersebut. Metoda Hidden Markov Model (HMM) mampu menangani perubahan statistik dari gelombang suara dengan memodelkan elemen-elemen fonetik suara menggunakan probabilitas [10].

HMM memiliki 3 (parameter) utama yang harus dicari nilainya terlebih dahulu. Ketiga parameter itu adalah sebagai berikut :

Parameter A : Disebut sebagai probabilitas transisi, merupakan probabilitas kedudukan suatu *state* terhadap semua *state* yang ada, termasuk kedudukan terhadap *state* itu sendiri. Contoh dari probabilitas transisi dapat ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.10 : Contoh Probabilitas Transisi [9]

Parameter A pada HMM dinyatakan dalam sebuah matriks dengan ukuran $M \times M$ dengan M adalah jumlah *state* yang ada. Pada gambar 2.10 terdiri dari 5 (lima) *state* sehingga setiap *state* memiliki 5 (lima) hubungan transisi, maka parameter A dapat dituliskan dalam bentuk matriks seperti pada persamaan 2.8.

$$A = a_{ij} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2.5)$$

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. Sebagai contoh, jika terdapat 5 (lima) buah *state* dalam suatu kondisi, maka matriks B yang terbentuk ditunjukkan oleh persamaan 2.9.

$$B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2.6)$$

Parameter π : Disebut sebagai probabilitas awal, merupakan probabilitas kemunculan suatu *state* di awal.

Sama halnya dengan parameter B, parameter π juga dituliskan dalam bentuk matriks kolom dengan ukuran $M \times 1$ dimana M adalah jumlah statenya. Jadi jika terdapat 5 (buah) *state*, maka parameter π yang dihasilkan akan ditunjukkan seperti pada persamaan 2.10.

$$\Pi = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dari ketiga parameter utama maka HMM dapat dituliskan dalam bentuk $\lambda = (A, B, \pi)$. Dari kesemua probabilitas yang ada, maka akan muncul suatu probabilitas utama untuk setiap sinyal input yang disebut sebagai probabilitas observasi (O). Fungsi untuk probabilitas O ditunjukkan oleh persamaan 2.11

$$P(O) = \sum_{i=1}^N P(A_{ij}) * P(B_i) \dots\dots\dots(2.8)$$

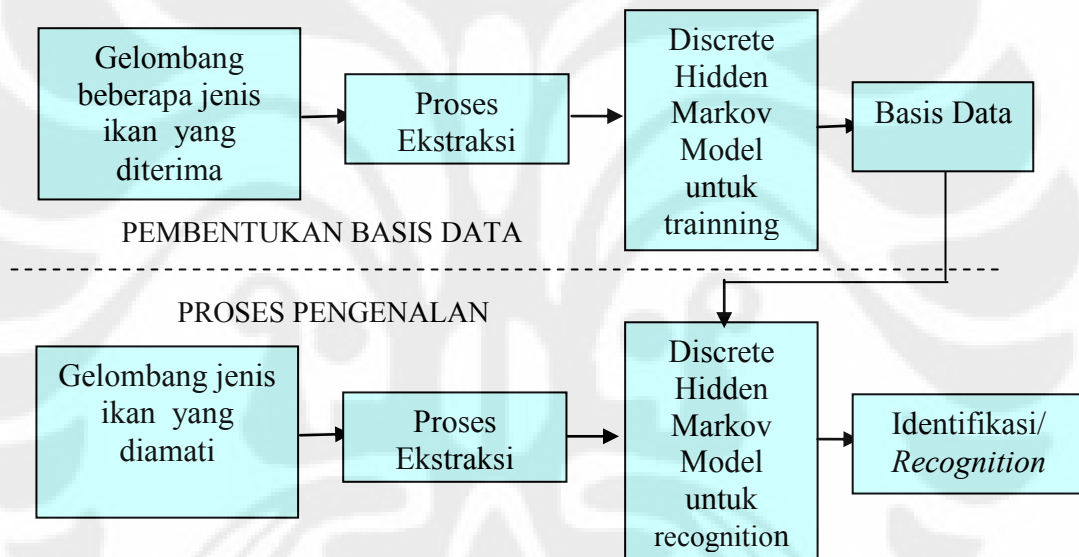
Perhitungan probabilitas observasi HMM dapat dilihat pada persamaan 2.12 berikut.

$$\begin{aligned} \text{Suara 1} &\rightarrow (w_1, w_1, w_2, w_1, w_2) \rightarrow P(O) \text{ suara1} = a_{11} * b_1 * a_{12} * b_2 * a_{21} * b_2 * a_{12} * b_1 \\ \text{Suara 2} &\rightarrow (w_2, w_1, w_1, w_3, w_2) \rightarrow P(O) \text{ suara2} = a_{21} * b_2 * a_{11} * b_1 * a_{13} * b_1 * a_{32} * b_3 \\ &\vdots \\ \text{Suara x} &\rightarrow (w_4, w_5, w_5, w_5, w_3) \rightarrow P(O) \text{ suarax} = a_{45} * b_4 * a_{55} * b_5 * a_{55} * b_5 * a_{53} * b_5 \\ &\dots\dots\dots(2.9) \end{aligned}$$

BAB 3

PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Proses pengenalan jenis kawanan ikan dilakukan melalui dua tahap, yaitu proses pembentukan *database* dan proses pengenalan jenis kawanan ikan. Pada bab ini akan dibahas mengenai metoda yang digunakan dalam sistem pembentukan *database* dan pengenalan jenis ikan. Hubungan antara proses pembentukan *database* dengan proses pengenalan ditunjukkan oleh Gambar 3.1 di bawah ini:



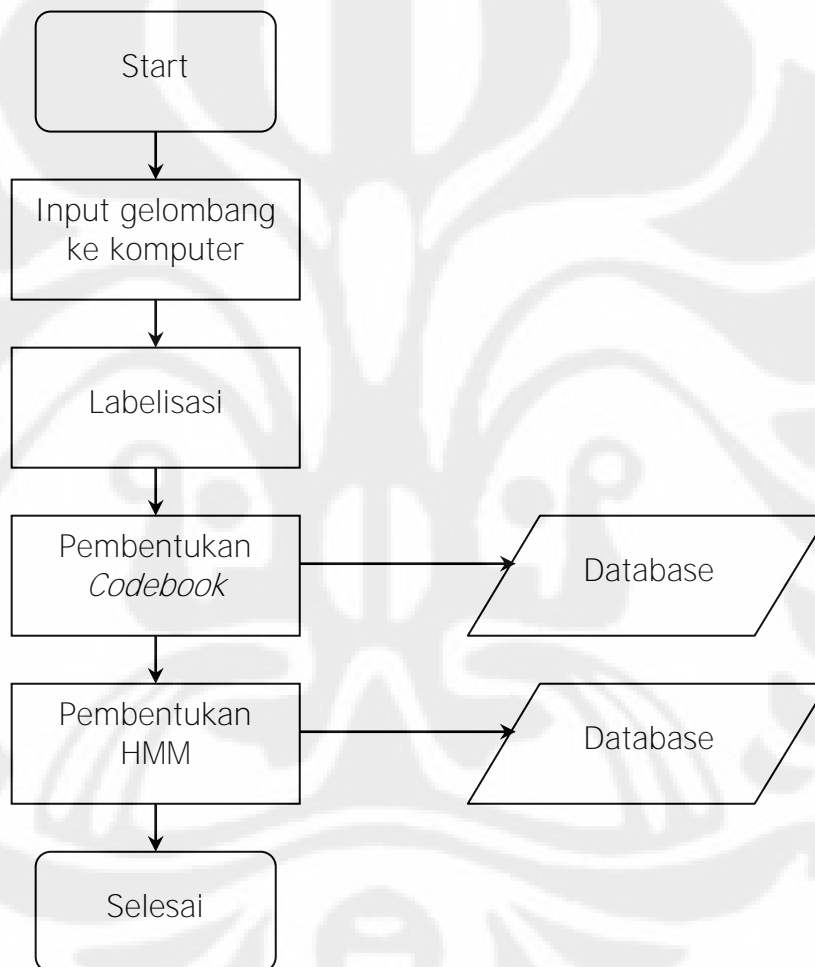
Gambar 3.1 Hubungan antara Proses Pembentukan *Database* dan Pengenalan

Seluruh proses dilakukan menggunakan *software* Matlab versi 7.10 dan *software* pendukung *Audacity*. Adapun komputer yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Performa : Prosesor Intel Dual Core 2.0 GHz, 1GB DDR2
- *Sound Card* : SoundMAX HD Audio
- Sistem Operasi : Windows XP Professional SP2
- *MP3 Player* : Advance Vois

3.1 PEMBENTUKAN DATABASE

Pada tahap awal dari proses identifikasi jenis kewanan ikan dilakukan pembentukan *database*. *Database* tersebut kemudian digunakan sebagai basis pembandingan pada saat mengidentifikasi jenis ikan yang akan dikenali. Pada sistem pembentukan *database*, akan dihasilkan hasil akhir berupa *database* untuk 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 Pengambilan data gelombang ikan

Data dari ikan-ikan yang akan diproses untuk dijadikan sebagai *database* diperoleh dari data hasil percobaan disertasi Dr. Ir. Arman Djohan Diponegoro. Data-data ikan yang diperoleh meliputi ikan bandeng, bendera, hiu bambu, kakap dan kerong. Masing-masing berisikan data rekaman gelombang perubahan fase dengan durasi 0,2 detik yang disimpan ke dalam format *wav*.

3.1.2 Labelisasi

Selanjutnya pada data yang diperoleh tersebut dilakukan proses labelisasi. Pada tahap ini masing-masing gelombang perubahan fase gerakan ikan dikelompokkan dan diberi label menggunakan program *FRDB.m* yang dibuat dengan *software* Matlab.



Gambar 3.3 Tampilan Program Labelisasi.

Pada program labelisasi terdapat tiga inputan, yakni jumlah label, jumlah *training*, dan nama ikan. Jumlah label merupakan jumlah jenis ikan yang akan diuji, dimana hasil dari proses pelabelan ini akan disimpan dengan nama "Label" + *index* label. Jumlah *training* atau pelatihan diisi sesuai dengan banyak

Universitas Indonesia

data ikan yang akan dimasukkan sebagai *database*. Banyaknya jumlah pelatihan yang bisa diproses dan disimpan bisa dipilih antara 1 hingga 15. Untuk percobaan kali ini digunakan 15 pelatihan karena disesuaikan dengan jumlah data ikan yang akan dijadikan *database*.

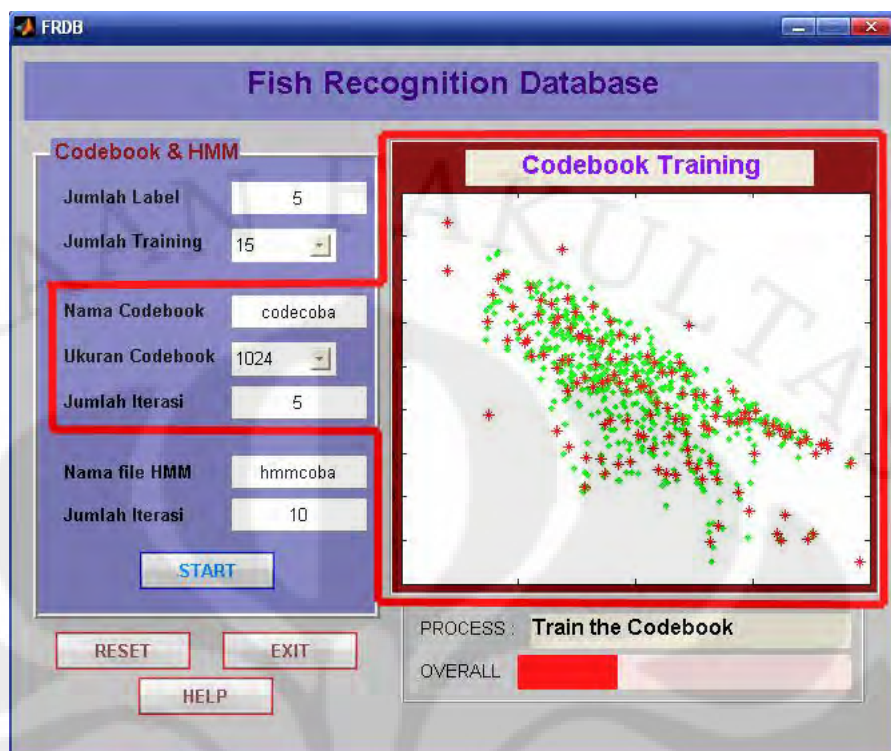
Pada percobaan akan digunakan terdapat lima jenis nama ikan yang akan dibuat *database* yaitu ikan bandeng, ikan bendera, ikan hiu bambu, ikan kakap, dan ikan kerong. Kelima jenis ikan tersebut akan menghasilkan 5 label, dimana masing-masing label akan memiliki 15 data ikan. Berikut ini pada Tabel 3.1 ditunjukkan hasil percobaan yang didapat dari proses labelisasi.

Tabel 3.1 Contoh Labelisasi

Nama label	Jenis ikan	Jumlah pelatihan = 15
label1	bandeng	bandeng1-bandeng15
label2	bendera	bendera1-bendera15
label3	hiu bambu	hiubambu1-hiubambu15
label4	kakap	kerong1-kerong15
label5	kerong	kakap1-kakap15

3.1.3 Pembentukan *codebook*

Selanjutnya adalah pembuatan *codebook* dengan menggunakan data hasil dari labelisasi. Proses ini dilakukan pada program *FRDB.m*. Pembuatan *codebook* merupakan suatu cara untuk mengompresi gelombang masukan sehingga dapat diperoleh data berupa nilai-nilai yang dapat mewakili gelombang masukan yang diberikan.



Gambar 3.4 Tampilan Program Codebook.

Pada program ini terdapat tiga buah inputan, yakni nama *codebook*, ukuran *codebook* dan jumlah iterasi. Nama *codebook* menunjukkan nama dari file data *codebook* yang akan tersimpan pada *workspace* Matlab dalam bentuk *.mat*. Ukuran dari *codebook* dapat ditentukan besarnya mulai dari 32 hingga 1024. Untuk percobaan ini yang digunakan adalah 1024, supaya data yang akan disimpan dalam *codebook* semakin akurat. Sementara jumlah iterasi menunjukkan pendekatan yang digunakan untuk memperoleh nilai distorsi terkecil. Nilai yang ditetapkan adalah sepuluh. Semakin besar nilai iterasi bisa diperoleh hasil yang lebih baik tetapi membutuhkan waktu yang lebih lama.

Proses pembuatan *codebook* diawali dengan proses ekstraksi gelombang terlebih dahulu. Pertama-tama pada gelombang perubahan fase dilakukan proses sampling. Proses ini akan mengubah gelombang yang sebelumnya masih berupa gelombang analog menjadi gelombang diskrit.

Setelah terbentuk menjadi gelombang diskrit, pada gelombang perubahan fase ikan dilakukan proses ekstraksi. Tahapan ekstraksi gelombang yang pertama adalah *frame blocking*. Dengan *frame blocking*, gelombang akan dibagi-bagi menjadi beberapa frame, dimana setiap framenya akan mewakili segemen-segmen

Universitas Indonesia

gelombang yang lebih kecil. Untuk mengurangi efek diskontinuitas dari gelombang yang telah terbagi-bagi menjadi beberapa frame tersebut, diterapkan proses *windowing*.

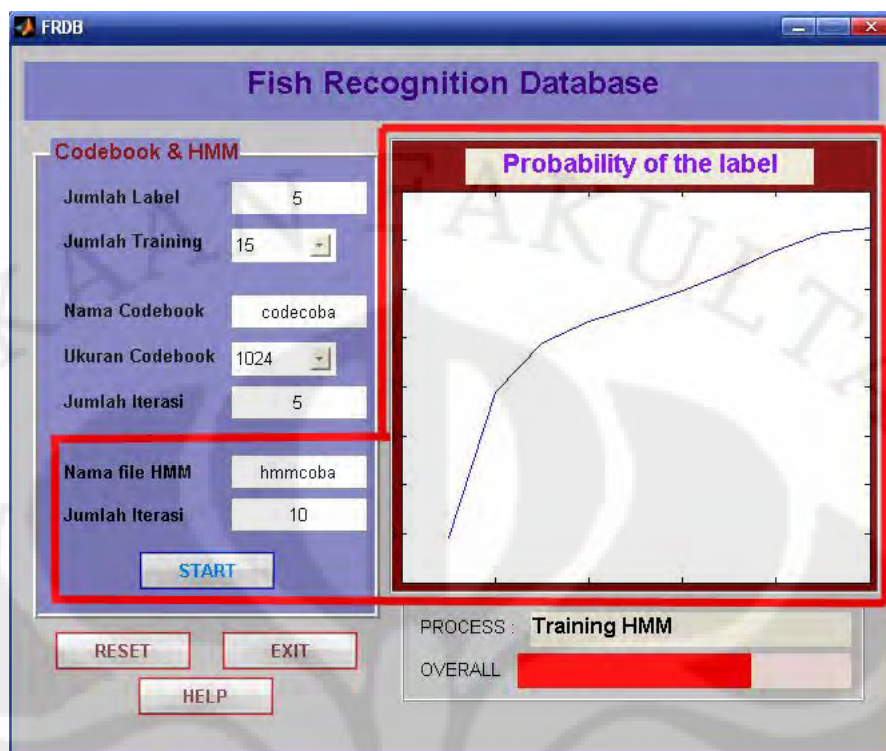
Di tahap selanjutnya, gelombang lalu diubah dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan *Discrete Fourier Transform* (DFT). Dalam implementasi pada software Matlab, untuk proses DFT ini digunakan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT). FFT merupakan algoritma untuk menghitung DFT yang lebih cepat dan efisien dibandingkan penghitungan secara konvensional.

Dari nilai-nilai yang didapat setelah penerapan proses DFT, kemudian dibentuk sebuah peta dua dimensi melalui proses vektor kuantisasi yang telah dijelaskan dalam bab sebelumnya. Pada proses vektor kuantisasi ini, setiap nilai data perubahan fase ikan dipetakan dalam bentuk *cluster-cluster*. Setiap *cluster* akan diwakili oleh sebuah titik pusat yang disebut *centroid*. Berdasarkan pola persebaran nilai dari setiap data perubahan fase ikan pada *cluster-cluster* tersebut, selanjutnya dibuat tabel *database codebook*.

3.1.4 Pembentukan parameter HMM

Pada skripsi ini, proses pengenalan ikan dilakukan menggunakan metode *Hidden Markov Model* seperti yang telah diterangkan dalam bab sebelumnya, dimana dengan metode ini akan dibandingkan antara input data ikan yang diuji dengan *database* yang telah dibuat, untuk kemudian dicari probabilitas kemiripan yang paling tinggi antara data inputan dengan data-data pada *database*.

Proses pembentukan HMM ini dilakukan dengan program *FRDB.m*, dengan tampilan seperti diperlihatkan oleh Gambar 3.4 berikut:



Gambar 3.5 Tampilan Program HMM.

Pada program ini terdapat dua input, yakni nama untuk *file* hmm dan jumlah iterasi. *File* hmm diisi sesuai keinginan dimana hasil dari proses parameter hmm akan disimpan dengan nama *file* tersebut dalam format *.mat*. Misalnya *file* hmm diisi dengan nama “hmmcoba”, maka hasil dari proses pembentukan hmm ini akan disimpan dalam file “hmmcoba.mat”. Dalam prosesnya, proses HMM ini juga akan memanfaatkan *File* codebook yang telah dibuat sebelumnya pada proses pembuatan *codebook* sebagai input untuk parameter *Hidden Markov Model*-nya.

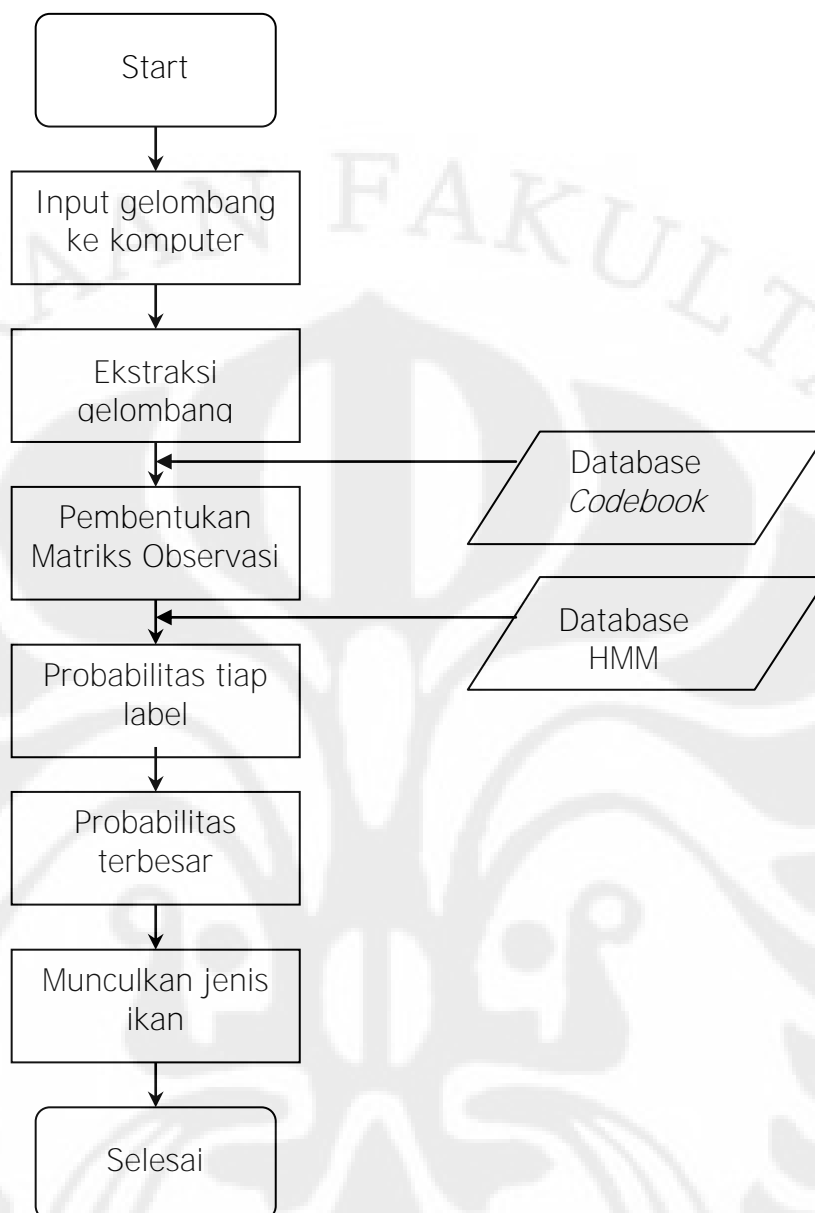
Jumlah iterasi merupakan banyaknya proses pengulangan yang dilakukan dalam mengolah parameter HMM guna mendapatkan probabilitas yang paling baik. Semakin besar jumlah iterasinya, maka akan semakin baik probabilitas yang didapat, namun terdapat suatu nilai iterasi dimana nilai probabilitas yang didapat akan konstan atau relatif sangat kecil perubahannya. Dengan demikian tidak perlu diambil nilai iterasi yang sangat tinggi karena dengan mengambil iterasi yang sangat tinggi proses akan berjalan sangat lambat. Sama halnya pada proses pembuatan *codebook*, dalam pembentukan hmm juga ditentukan *default* untuk

besarnya iterasi sebesar 10 dengan harapan probabilitas yang didapat bernilai tinggi dan waktu proses relatif cepat.

3.2 PENGENALAN IKAN

Pengenalan jenis kawanan ikan dilakukan dengan menggunakan metoda *Hidden Markov Model* (HMM) yang dijalankan melalui *software* Matlab. Dengan menggunakan *database codebook* dan parameter HMM yang diperoleh dari tahap pembentukan *database* sebelumnya maka dapat dihitung nilai probabilitas dari masing-masing jenis kawanan ikan. Kemudian dicari nilai probabilitas tertinggi sehingga dapat ditentukan apa jenis kawanan ikan tersebut.

Berikut ini pada Gambar 3.3 akan ditunjukkan diagram alir dari tahap pengenalan jenis ikan :



Gambar 3.6 Diagram alir pengenalan ikan

Pengenalan ikan dimulai dengan merekam gelombang perubahan fase ikan yang akan dikenali ke komputer. Untuk percobaan pengenalan ikan, data gelombang perubahan fase ikan yang diujikan menggunakan *file* data ikan yang tidak terdapat pada *database*. Hal ini dilakukan untuk menguji seberapa jauh tingkat akurasi sistem dalam mengenali gelombang perubahan fase yang berbeda dengan yang sebelumnya telah tersimpan dalam *database*.

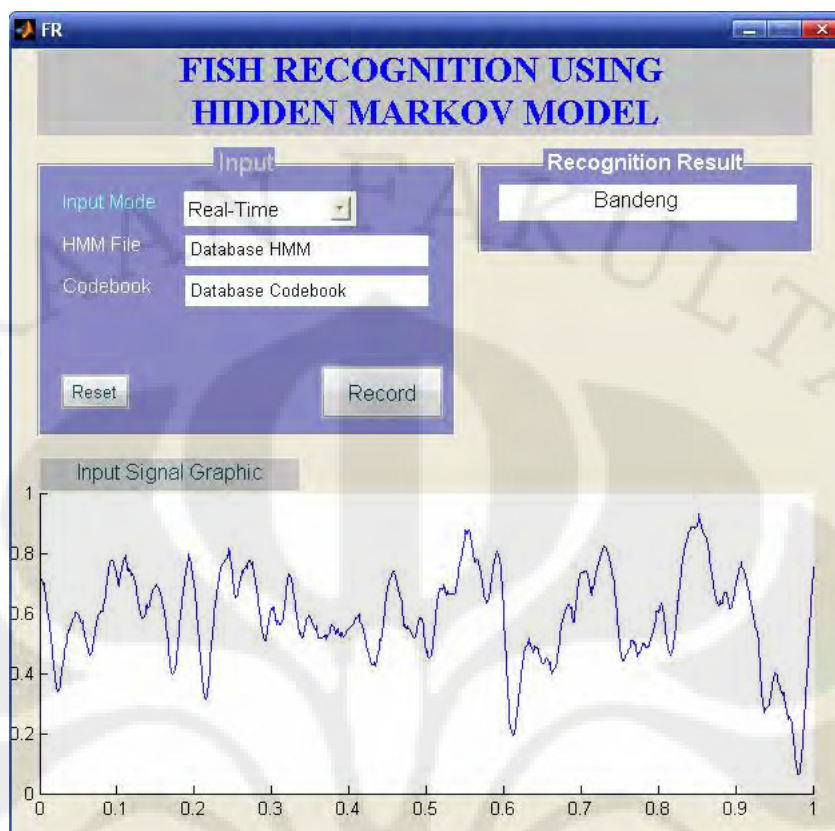
Gelombang perubahan fase ikan yang akan diuji dikeluarkan dari perangkat *MP3 player* menuju *port audio-in* pada komputer. *MP3 player* tersebut

akan mengirimkan data gelombang perubahan fase yang telah didapat dari percobaan skripsi Allpins Pribadi yang disimpan dalam format *.wav* untuk diproses dalam komputer.

Perangkat *MP3 player* digunakan sebagai simulasi proses pengambilan gelombang suara dari suatu kawanan 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* menggunakan *low-pass filter* sehingga yang diproses komputer hanya gelombang perubahan fase ikan yang akan dikenali. Perangkat *MP3 player* disini berperan sebagai perangkat yang mengeluarkan gelombang perubahan fase ikan yang telah di-*filter* untuk kemudian diproses pada Matlab.

Proses pengenalan jenis ikan ini dilakukan pada program *FR.m* dengan tampilan yang diperlihatkan oleh Gambar 3.6:



Gambar 3.7 Tampilan Program Pengenalan Ikan.

Pada program ini disediakan dua metode inputan, yakni metode manual untuk proses pengenalan tidak langsung dan metode *real-time* untuk pengenalan suara langsung dari *MP3 player*. Untuk percobaan ini yang digunakan adalah metode *real-time*. Sementara metode manualnya digunakan untuk mengamati bentuk gelombang aslinya. Untuk pengenalan jenis ikan tidak langsung terdapat empat buah inputan, yakni metode inputan, *file HMM*, *file codebook*, dan *file inputan*. Lalu untuk metode *real-time*, *file inputan* tidak dituliskan namun dimasukkan langsung dari *MP3 player*.

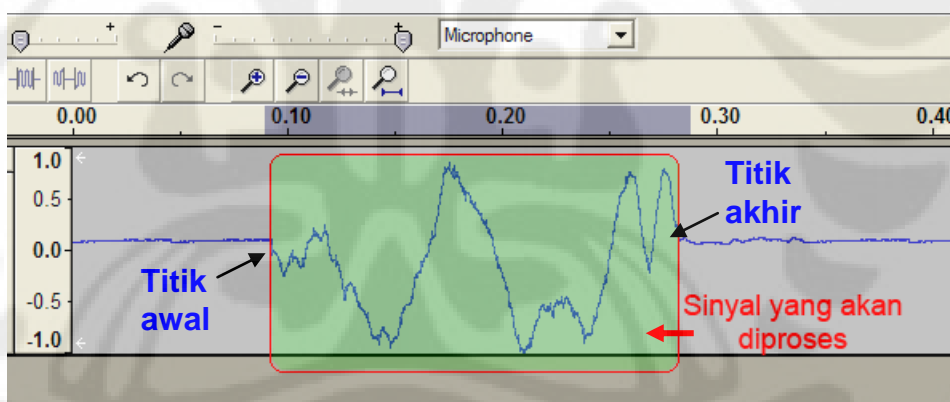
File HMM diisi dengan nama *file HMM* yang telah dibuat sebelumnya pada proses pembentukan HMM, sementara itu *file codebook* diisi dengan nama *file codebook* yang telah dibuat sebelumnya pada proses pembuatan *codebook*.

Input suara dimasukkan melalui *port audio-in* dari *MP3 player* dengan perintah *wavrecord* dengan *sample rate* sebesar 8000 dan waktu rekam sebesar 1s. Waktu 1s detik ini diperhitungkan dapat merekam keseluruhan data *wav* yang diputar oleh *MP3 player*, dengan termasuk didalamnya waktu penundaan yang

terjadi. Waktu penundaan ini meliputi respons MP3 player setelah alat tersebut difungsikan dan *delay* yang dialami Matlab untuk memulai proses perekaman *wavrecord*.

Proses pengolahan suara secara *real-time* ini dimulai dengan menekan tombol *start* pada program. Kemudian program akan memeriksa gelombang data ikan yang masuk ke komputer di sepanjang waktu rekam 1s tersebut. Data hasil rekaman kemudian disimpan dalam file "*data_suara.wav*" yang selanjutnya dilakukan proses pengenalan untuk file tersebut. Hasil proses pengenalan ini nantinya akan muncul pada *textbox* yang tersedia, dan sinyal yang diproses lalu diplot pada grafik untuk mengetahui karakteristik gelombang data ikan yang diuji.

Untuk dapat menangkap gelombang data yang masuk di antara waktu 1s, diperlukan sistem untuk penentuan titik awal dan akhir secara otomatis. Titik awal dan akhir inilah yang akan mendeteksi dan membatasi bagian mana saja dari gelombang data ikan yang perlu diproses. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.8 Penentuan Titik Awal dan Titik Akhir.

Proses penentuan titik awal ini dilakukan jika pada suatu titik (*index data*), jumlah dari 6 bit data lebih dari 0.2500, maka berarti titik itu merupakan titik awal sinyal yang akan diproses. Angka 0.2500 merupakan nilai yang ditetapkan dalam percobaan dengan mempertimbangkan besarnya noise dari data ikan yang masuk ke komputer. Proses penentuan titik akhir memiliki langkah-langkah yang sama dengan penentuan titik awal, hanya saja perhitungan 6 bit datanya dimulai dari data terakhir.

Dari gelombang data ikan yang diambil, yang akan diproses lebih lanjut hanya sebanyak 0,1 kalinya. Gelombang masukan yang telah dikalikan faktor 0,1 ini dianggap telah dapat mewakili keseluruhan gelombang yang telah direkam.

Kemudian gelombang tersebut akan diekstraksi menjadi beberapa *frame*. Masing-masing *frame* ditentukan memiliki panjang 100. Lalu 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. Hasilnya kemudian diproses dengan FFT.

Setelah proses ekstraksi selesai, dilanjutkan dengan menetapkan matriks 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 dapat diperoleh indeks dari urutan observasi dari gelombang perubahan fase pada ikan yang akan dikenali.

Selanjutnya dengan metoda HMM ditentukan nilai probabilitas dari masing-masing label menggunakan matriks observasi yang telah diperoleh dari dari gelombang ikan yang akan dikenali. Kemudian dari hasil ini akan dihitung nilai *log* probabilitas dari masing-masing label. Proses HMM dan perhitungan probabilitas dilakukan sebanyak lima kali sesuai dengan jenis ikan yang ada. Pada akhirnya akan diperoleh nilai $P[0][0]$, $P[0][1]$, $P[0][2]$, $P[0][3]$, dan $P[0][4]$, yang masing-masing merepresentasikan satu jenis ikan. Dari nilai-nilai tersebut akan dicari nilai probabilitas dari P yang paling tinggi. Program lalu akan memunculkan jenis ikan yang berhasil dikenal berdasarkan pada data yang memiliki tingkat probabilitas tertinggi tersebut.

BAB 4

HASIL UJI COBA DAN ANALISIS

4.1 HASIL UJI COBA

Pada percobaan ini akan dilakukan uji coba pengenalan jenis ikan untuk 5 macam ikan, yaitu bandeng, bendera, hiu bambu, kakap dan kerong. Untuk masing-masing jenis ikan, disediakan 20 sampel data. Dari jumlah ini, 15 diantaranya akan digunakan sebagai *database*, sementara 5 data sisanya digunakan untuk uji coba proses pengenalan ikan. Semua data tersebut disimpan dalam format *wav*.

Data ikan yang akan dimasukkan sebagai database dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut ini :

Tabel 4.1 Data Ikan untuk *Database*.

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 ikan yang akan digunakan sebagai data penguji untuk proses pengenalan ikan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data Ikan untuk Proses Pengujian.

Bandeng	Bendera	Hiubambu	Kakap	Kerong
bandeng16	bendera16	hiubambu16	kakap16	kerong16
bandeng17	bendera17	hiubambu17	kakap17	kerong17
bandeng18	bendera18	hiubambu18	kakap18	kerong18
bandeng19	bendera19	hiubambu19	kakap19	kerong19
bandeng20	bendera20	hiubambu20	kakap20	kerong20

Data ikan yang digunakan sebagai penguji dimasukkan ke dalam perangkat *MP3 player*, untuk kemudian digunakan dalam uji coba proses pengenalan secara satu persatu. Data ikan untuk database memiliki durasi 0,2s, sementara data ikan untuk pengujian memiliki 3 macam durasi, yaitu 0,2s, 0,5s, dan 1s.

4.1.1 Uji Coba Proses Pengenalan untuk Durasi Data Ikan yang berbeda

Pengujian proses pengenalan ikan dilakukan sebanyak 15 kali untuk masing-masing data ikan. Karena data yang akan diujikan untuk setiap jenis ikan berjumlah 5 data (data dengan nomor 16 - 20), maka akan dihasilkan sampel data sebanyak 75 untuk masing-masing jenis ikan. Pengecualian dikenakan untuk proses pengenalan ikan bandeng dan bendera. Pada praktek pengujian untuk kedua jenis ikan tersebut, masing-masing hanya diujikan menggunakan 4 data ikan, yaitu yang dinomori 17 sampai 20. Kondisi tersebut dikarenakan terjadi masalah kompatibilitas antara data-data ikan bandeng dan bendera yang akan diuji, dengan perangkat *mp3 player* yang digunakan. *Mp3 player* tersebut hanya mampu memutar 4 data dari yang seharusnya 5 data.

Uji coba dilakukan untuk ketiga durasi data ikan, yaitu 0,2s, 0,5s, dan 1s untuk mengetahui mana yang paling efektif untuk proses pengenalan.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan pengenalan ikan untuk setiap data ikan yang diujikan. Tingkat keberhasilan ini direpresentasikan dalam bentuk nilai persentase.

Tabel 4.3 Hasil Uji Coba Pengenalan untuk Ikan Bandeng.

Data Ikan	Hasil Pengenalan Untuk Ikan Bandeng		
	0,2s	0,5s	1s
Bandeng17	86,67%	20%	20,00%
Bandeng18	80%	80%	20,00%
Bandeng19	86,67%	13,33%	6,67%
Bandeng20	53,33%	20%	26,67%
Keberhasilan rata-rata	76,67%	33%	18%

Tabel 4.4 Hasil Uji Coba Pengenalan untuk Ikan Bendera.

Data Ikan	Hasil Pengenalan Untuk Ikan Bendera		
	0,2s	0,5s	1s
Bendera17	93,33%	6,67%	13,33%
Bendera18	86,67%	53,33%	46,67%
Bendera19	46,67%	20%	33,33%
Bendera20	53,33%	0%	33,33%
Keberhasilan rata-rata	70%	20,00%	31,67%

Tabel 4.5 Hasil Uji Coba Pengenalan untuk Ikan Hiu Bambu.

Data Ikan	Hasil Pengenalan Untuk Ikan Hiu bambu		
	0,2s	0,5s	1s
HiuBambu16	100%	13,33%	6,67%
HiuBambu17	80%	66,67%	73,33%
HiuBambu18	86,67%	80%	100%
HiuBambu19	60%	40%	40%
HiuBambu20	100%	46,67%	40%
Keberhasilan rata-rata	85,33%	49,33%	52,00%

Tabel 4.6 Hasil Uji Coba Pengenalan untuk Ikan Kakap.

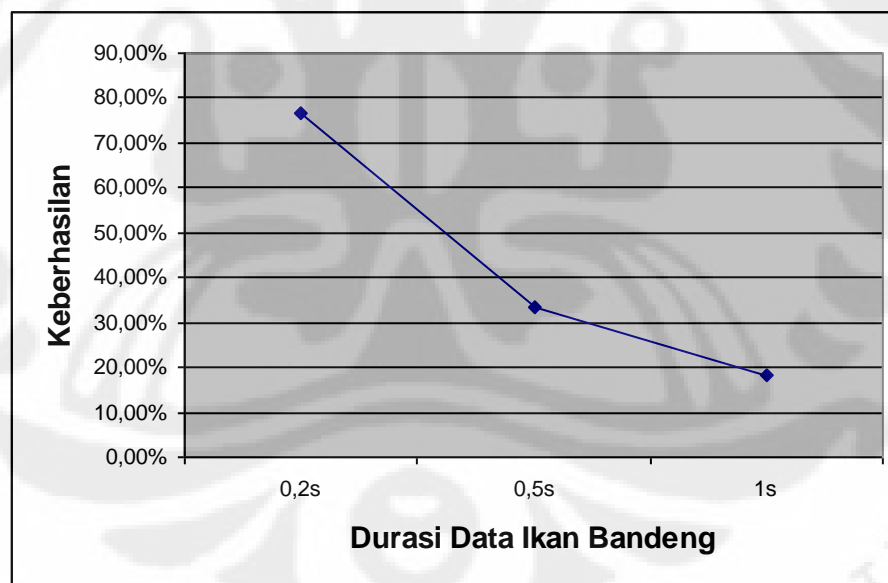
Data Ikan	Hasil Pengenalan Untuk Ikan Kakap		
	0,2s	0,5s	1s
Kakap16	80%	26,67%	26,67%
Kakap17	60%	26,67%	13,33%
Kakap18	46,67%	33,33%	33,33%
Kakap19	33,33%	6,67%	26,67%

Kakap20	46,67%	20%	13,33%
Keberhasilan rata-rata	53,33%	22,67%	22,67%

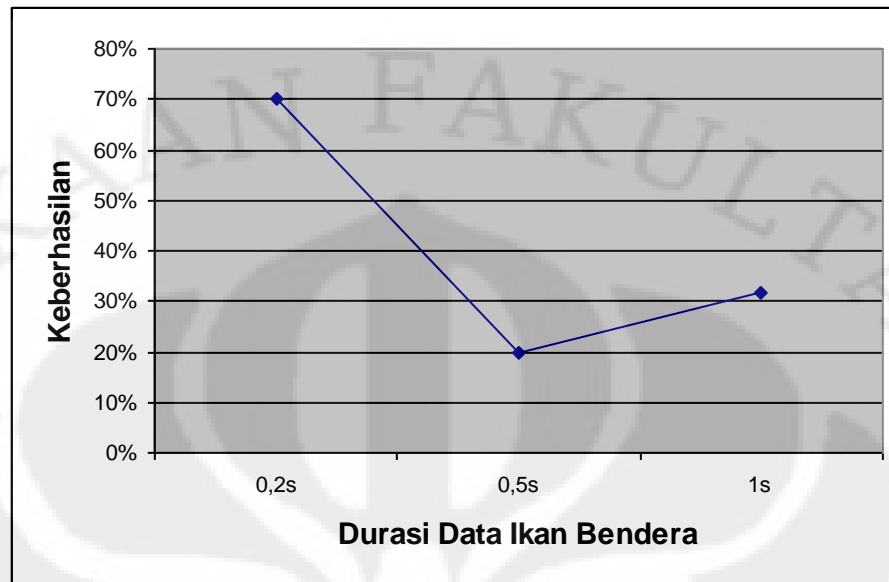
Tabel 4.7 Hasil Uji Coba Pengenalan untuk Ikan Kerong.

Data Ikan	Hasil Pengenalan Untuk Ikan Kerong		
	0,2s	0,5s	1s
Kerong16	93,33%	40%	80%
Kerong17	93,33%	46,67%	40%
Kerong18	46,67%	40%	40%
Kerong19	33,33%	100%	86,67%
Kerong20	93,33%	80%	100%
Keberhasilan rata-rata	72%	61%	69%

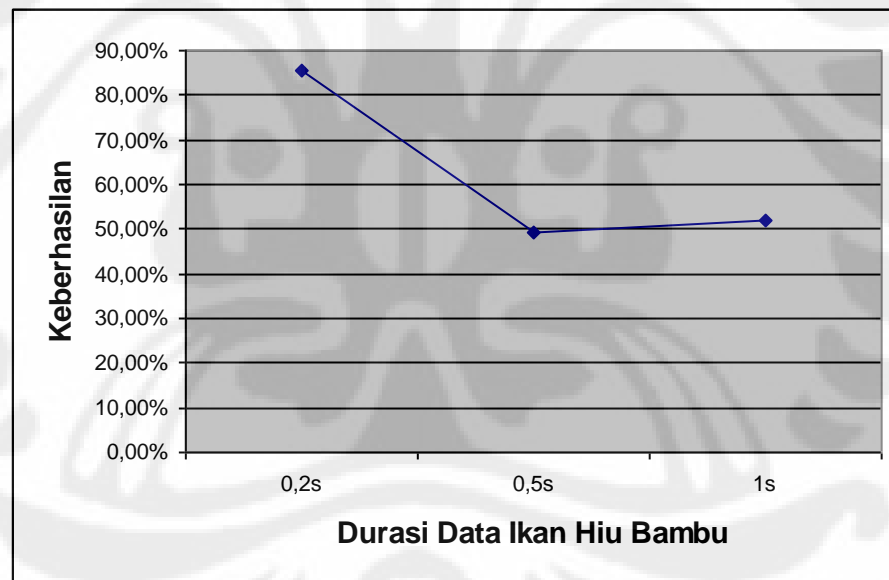
Grafik hubungan antara panjang durasi dari data ikan yang digunakan untuk pengujian dengan tingkat keberhasilan pengenalan ikan dapat dilihat pada gambar-gambar berikut:



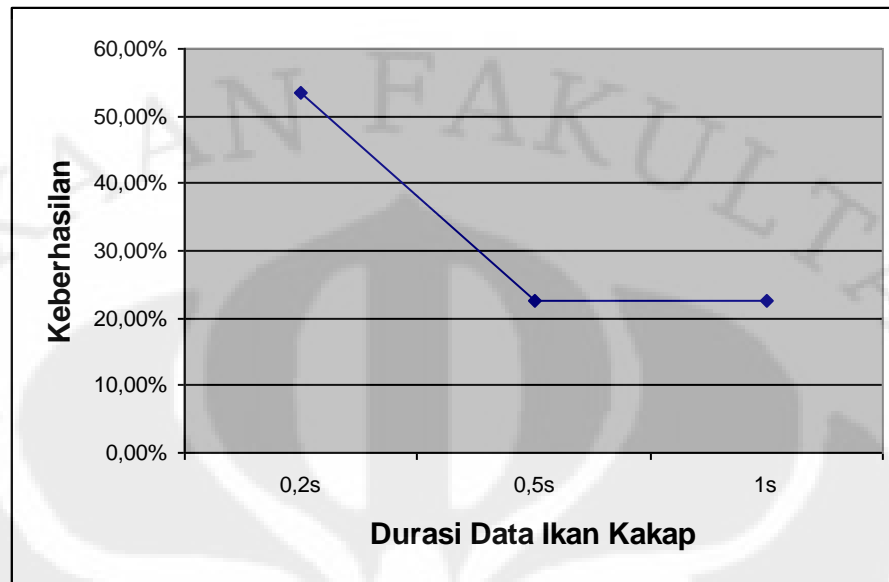
Gambar 4.1 Keberhasilan Pengenalan Bandeng untuk Setiap Durasi Data.



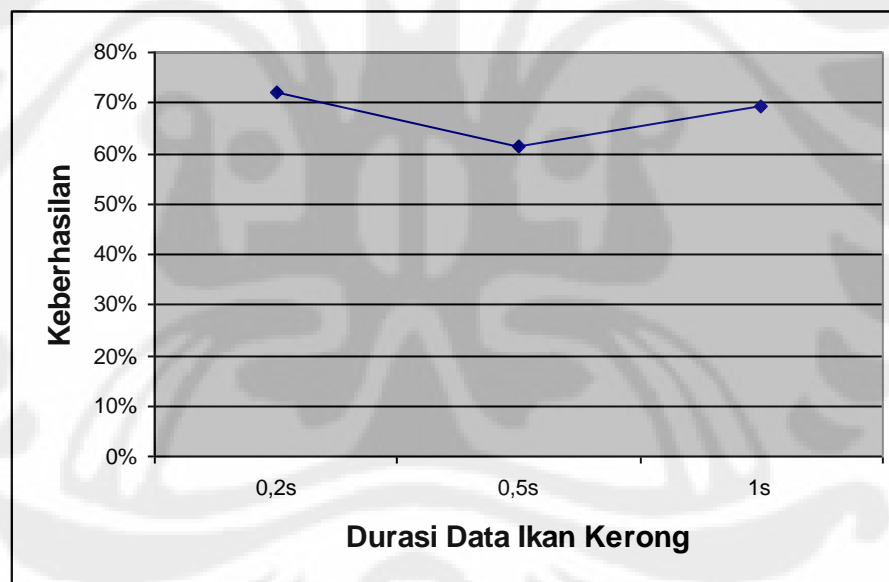
Gambar 4.2 Keberhasilan Pengenalan Bendera untuk Setiap Durasi Data.



Gambar 4.3 Keberhasilan Pengenalan Hiu Bambu untuk Setiap Durasi Data.



Gambar 4.4 Keberhasilan Pengenalan Kakap untuk Setiap Durasi Data.

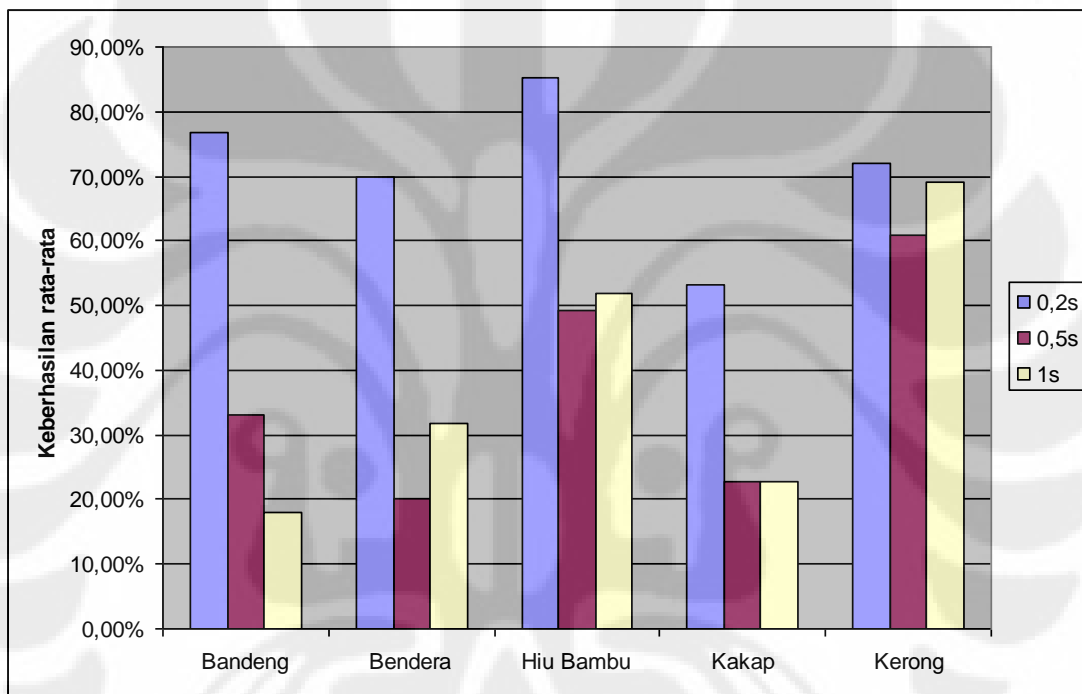


Gambar 4.5 Keberhasilan Pengenalan Kerong untuk Setiap Durasi Data.

Dari percobaan pengenalan untuk setiap jenis ikan yang telah dilakukan, tingkat keberhasilan rata-rata untuk masing-masing jenis ikan dapat disimpulkan pada tabel dan gambar berikut:

Tabel 4.8 Rata-rata Hasil Uji Coba Pengenalan Ikan.

Data Ikan	Rata-rata Hasil Pengenalan Ikan		
	0,2s	0,5s	1s
Bandeng	76,67%	33%	18%
Bendera	70%	20,00%	31,67%
Hiu Bambu	85,33%	49,33%	52,00%
Kakap	53,33%	22,67%	22,67%
Kerong	72%	61%	69%
Keberhasilan rata-rata	71,47%	37,2%	38,67%



Gambar 4.6 Rata-rata Tingkat Keberhasilan Setiap Jenis Ikan untuk Durasi Data Berbeda.

4.1.1 Uji Coba Pengaruh *Noise* Terhadap Tingkat Keberhasilan Pengenalan

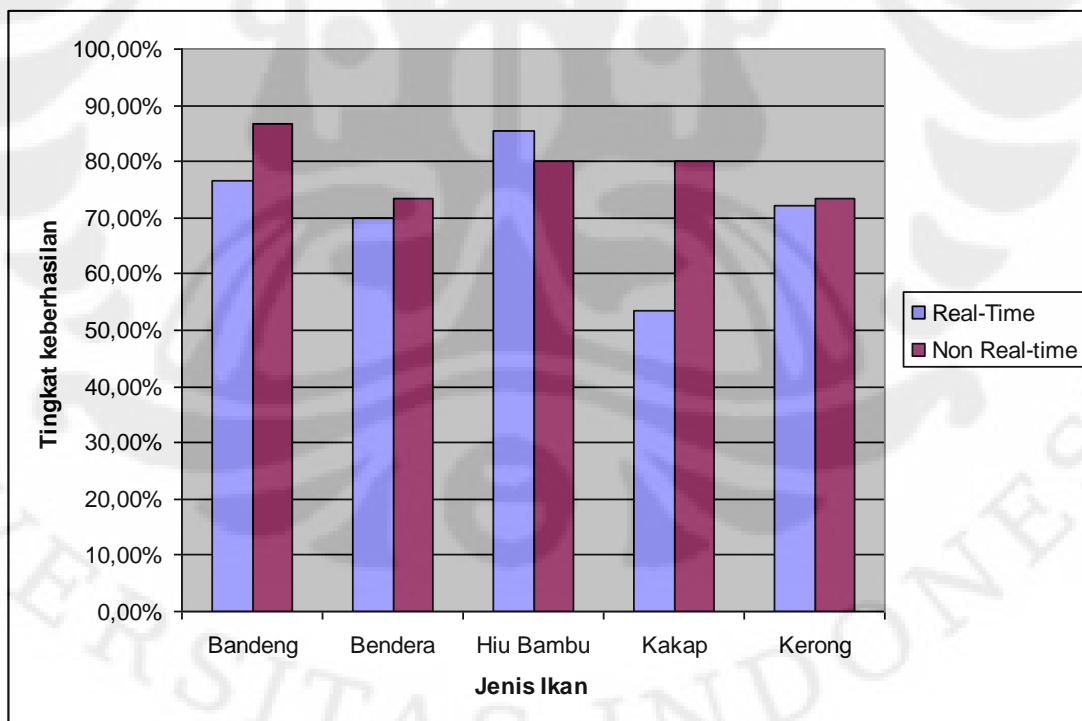
Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh *noise* terhadap keberhasilan proses pengenalan ikan, akan dibandingkan hasil yang diperoleh antara pengenalan secara *real-time* dengan pengenalan *non real-time*. Gelombang yang ditangkap secara *real-time* cenderung dinodai oleh *noise*. Sementara pada proses *non real-time*, gelombang dianggap bersih dari segala macam *noise* tambahan.

Pengenalan *non real-time* dilakukan dengan cara memasukkan data ikan langsung pada komputer, tanpa melalui *MP3 player*. Dengan cara ini akan diperoleh data ikan yang bebas dari *noise* yang ditimbulkan oleh *MP3 player*. Sementara untuk pengenalan *real-time*, sampel diambil dari hasil rata-rata percobaan sebelumnya. Untuk semua metode, baik yang *real-time* maupun *non real-time*, data ikan yang digunakan memiliki durasi 0,2s.

Hasil percobaan dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut:

Tabel 4.9 Perbandingan Pengenalan Ikan Secara Real-time dan Non real-time.

Data Ikan	Hasil Pengenalan Ikan	
	Real-time	Non Real-time
Bandeng	76,67%	86,67%
Bendera	70%	73,33%
Hiu Bambu	85,33%	80%
Kakap	53,33%	80%
Kerong	72%	73,33%
Keberhasilan rata-rata	71,47%	78,66%



Gambar 4.7 Perbandingan Pengenalan *Real-time* dan *Non real-time*.

4.2 ANALISIS

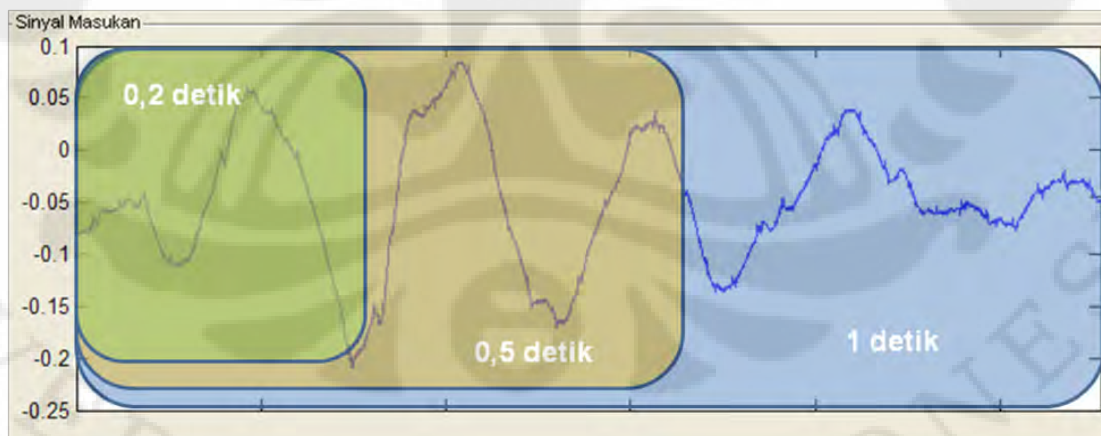
Analisis yang dilakukan meliputi 2 bagian utama:

- 1) Pengaruh durasi data ikan terhadap tingkat keberhasilan proses pengenalan.
- 2) Pengaruh *noise* terhadap tingkat keberhasilan proses pengenalan ikan.

4.2.1 Pengaruh Durasi Data Ikan Terhadap Tingkat Keberhasilan Proses Pengenalan

Dari hasil percobaan yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 sampai dengan Tabel 4.8 diketahui bahwa durasi dari data ikan yang diujikan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat keberhasilan pengenalan ikan. Secara umum, hasil uji coba menunjukkan bahwa hasil pengenalan terbaik diperoleh untuk data dengan durasi 0,2s. Untuk durasi yang lebih panjang, baik 0,5s maupun 1s, hasil yang dicapai justru mengalami penurunan yang cukup jauh.

Hal ini membuktikan bahwa data uji yang terlampaui panjang tidak akan meningkatkan peluang keberhasilan proses pengenalan. Sebaliknya, sampel sepanjang 0,2s ternyata telah mampu mewakili data ikan yang berisi pola pergerakan sebagian besar kawanan ikan.



Gambar 4.8 Gelombang dengan Durasi Berbeda

Untuk sebagian besar ikan yang diuji, durasi 0,2s tersebut telah mampu mencakup sebuah gelombang ikan. Untuk durasi yang lebih lama, gelombang yang

tercakup akan lebih banyak. Akurasi terbaik dari perangkat lunak yang digunakan terjadi saat sampel yang dimasukkan sebagai pengujian hanya terdiri dari satu gelombang saja. Pada gelombang perubahan fase ikan, antara gelombang yang satu dan gelombang berikutnya seringkali memiliki sedikit perbedaan karakteristik. Penyebabnya adalah kawanan ikan tidak selalu bergerak dalam orientasi arah dan kecepatan yang tetap setiap waktunya. Jika kawanan ikan berbelok atau berakselerasi, fase gelombangnya juga akan berubah.

Semakin lama durasi data ikan diambil, maka parameter yang tercatat pun akan semakin tidak konsisten. Akibatnya spektrum frekuensi dari pantulan ikan-ikan tersebut dalam suatu data menjadi tidak konstan. Hasilnya adalah berkurangnya akurasi pengenalan untuk data dengan durasi yang terlampau panjang.

4.2.2 Pengaruh Noise terhadap Tingkat Keberhasilan Proses Pengenalan Ikan

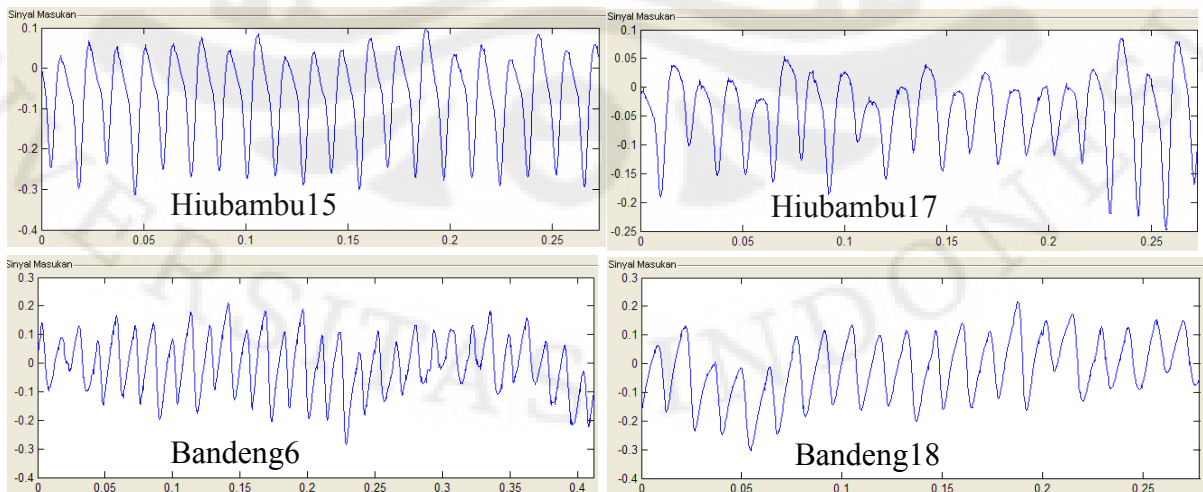
Noise dapat terjadi karena pemrosesan suara yang kurang sempurna baik saat gelombang ikan tersebut diputar oleh perangkat *MP3 player* maupun pada proses transfernya menuju *port audio in* di komputer. Dari percobaan yang telah dilakukan, terdapat beberapa sampel yang menunjukkan bahwa *noise* tersebut dapat mempengaruhi keberhasilan perangkat lunak untuk mengenali jenis ikan.

Hasil perbandingan pada Tabel 4.9 dan Grafik 4.7 menunjukkan, proses pengenalan ikan yang dilakukan secara *real-time* hampir selalu memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dibandingkan pengenalan secara *real-time*. Hal ini membuktikan *noise* yang ditimbulkan, baik oleh perangkat *MP3 player* maupun pada proses transfernya ke komputer, mempunyai pengaruh yang dapat mengubah hasil pengenalan.

Selisih hasil pengenalan di antara kedua metoda tersebut tidak terlalu tinggi, kecuali pada percobaan terhadap ikan kakap. Nilai perbedaannya berkisar antara 1,67% sampai 10%. Namun pada proses pengenalan kakap, selisih hasil pengenalan secara *real-time* menunjukkan hasil lebih rendah 26,67% dibandingkan hasil *non real-time*-nya.

Selisih yang tinggi pada pengenalan kakap ini disebabkan pergerakan kakap yang soliter, bukan *schooling* atau *shoaling* seperti pada jenis ikan lainnya. Seperti yang telah diketahui, gelombang perubahan fase yang dianalisis mengandung informasi data yang meliputi jarak antar ikan dalam kawanan, kecepatan dan pola pergerakan kawanan, serta tipe gerakan ikan. Sebagian besar parameter tersebut adalah parameter untuk ikan dalam kawanan, sementara parameter mengenai pergerakan ikan secara individual menempati porsi yang lebih kecil. Dari sini, maka parameter data pada ikan kakap dapat diasumsikan kurang lengkap, akibat dari pergerakannya yang individual tersebut. Akibatnya data yang dihasilkan akan sangat mudah dibiarkan oleh noise yang timbul pada saat proses pengenalan secara *real-time*.

Anomali lain terjadi pada percobaan ikan hiu bambu. Pada hasil ini, pengenalan secara *real-time* tercatat memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dibandingkan *non real-time*. Kondisi ini disebabkan beberapa data gelombang ikan hiu bambu memiliki kemiripan karakteristik gelombang dengan ikan lain, terutama dengan gelombang ikan bandeng. Akibatnya pada proses pengenalan, didapatkan titik *centroid* data hiu bambu yang memiliki nilai distorsi lebih dekat dengan posisi *centroid* data bandeng, dibandingkan *centroid* data hiu bambu lainnya yang tersimpan dalam *database*. Saat hal ini terjadi, maka program akan salah mengenali data hiu bambu yang diujikan sebagai ikan bandeng. Berikut adalah contoh kemiripan data ikan hiu bambu dengan ikan bandeng:

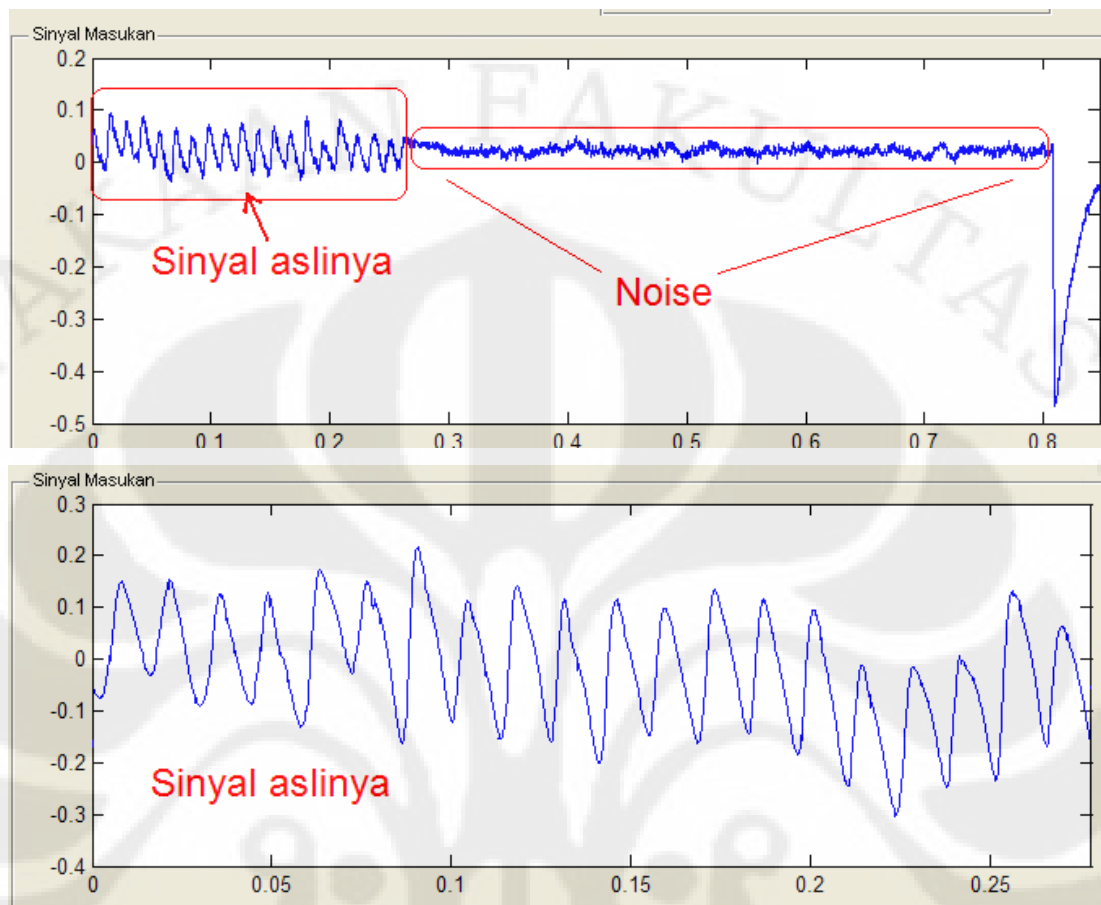


Gambar 4.9 Perbandingan Gelombang Ikan Hiu Bambu dan Bandeng.

Pada proses pengenalan secara *non real-time*, hasil yang didapat akan selalu sama, berapa kali pun percobaan dilakukan. Sementara pada pengenalan *real-time*, hasil pengenalan dapat sewaktu-waktu berubah, tergantung pada keberhasilan program untuk menangkap data yang dikirimkan *MP3 player*, dan juga akibat adanya *noise* yang timbul. Sehingga walaupun pengenalan *non real-time* dari beberapa data hiu bambu akan selalu menunjukkan hasil yang salah, namun sewaktu diuji coba secara *real-time*, adakalanya data-data tersebut dapat dikenali secara benar untuk beberapa kesempatan. Hal inilah yang menyebabkan persentase pengenalan hiu bambu secara *real-time* lebih tinggi dibandingkan *non real-time*-nya.

Noise yang muncul pada proses pengenalan secara *real-time* dapat menyebabkan program tidak dapat menangkap gelombang dengan sempurna. Dalam penggunaan *real-time*, kemampuan program untuk menangkap data berupa gelombang perubahan fase ikan yang dikirim *MP3 player* ke *port audio in* di komputer, sangatlah penting. Karena data yang ditangkap tersebut harus tetap memiliki karakteristik spektrum frekuensi yang sama dengan data aslinya. Selain itu perangkat lunak harus mampu membedakan, mana yang merupakan gelombang yang sebenarnya dan mana yang bukan. Jika gelombang tidak tertangkap pada saat yang tepat, maka tingkat akurasi pengenalan dapat menurun.

Berikut ini adalah contoh ketidaktepatan perangkat lunak sewaktu menangkap data ikan bandeng akibat keberadaan *noise*:



Gambar 4.10 Kesalahan Program Saat Menangkap Data Bandeng18.

Gambar tersebut menunjukkan saat dimana perangkat lunak tidak berhasil menangkap gelombang kiriman *MP3 player* secara sempurna. Tampak *noise* yang bukan merupakan data ikan ikut terekam, akibatnya gelombang yang berasal dari data ikan bandeng18 salah dikenal sebagai ikan kakap. Dari sini terlihat *noise* yang ikut tertangkap kemudian merubah karakteristik gelombang aslinya dan menyebabkan perubahan nilai *VQ distortion* pada *codeword*. Kondisi ini menyebabkan posisi data pada peta *codebook* menjadi lebih dekat dengan *centroid* kakap dibandingkan bandeng. Akibatnya hasil pengenalan yang ditampilkan bukan lagi ikan bandeng tetapi kakap.

Selain itu, untuk data-data tertentu, *noise* juga dapat mengubah karakteristik dari gelombang aslinya. Akibatnya saat dipetakan pada peta *codebook*, posisi titik-

titik distorsi tidak lagi berada di tempat yang semestinya. Berikut ini adalah contoh pengaruh *noise* terhadap hasil pengenalan ikan kakap menggunakan data kakap19:



Gambar 4.11 Noise yang Dihasilkan Sewaktu Proses Pengenalan Kakap19.

Gambar sebelumnya menunjukkan keberadaan noise yang terjadi pada proses pengenalan data kakap19. Walaupun kecil namun keberadaan noise tersebut cukup terlihat jika dibandingkan dengan gambar di bawahnya yang merupakan gelombang aslinya. Selain *noise* tersebut, munculnya puncak gelombang kedua pada gelombang hasil tangkapan juga menyebabkan kesalahan pada proses pengenalan data ini dimana jenis ikan yang ditampilkan adalah ikan kerong.

KESIMPULAN

Dari hasil uji coba serta analisis yang dilakukan pada skripsi ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Durasi pengambilan data yang panjang tidak menghasilkan peningkatan keberhasilan proses pengenalan. Pada sebagian besar jenis ikan yang diuji, justru terjadi penurunan hasil pengenalan yang cukup signifikan.
2. *Noise* yang terjadi pada proses pengenalan ikan secara *real-time* dapat mempengaruhi akurasi pengenalan ikan.

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] Diponegoro, A.D., “Penentuan jenis ikan dengan menggunakan hidden markov model dari penditeksian fase penerimaan sinyal akustik”, disertasi, Program Studi Teknologi Kelautan Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, 2004.
- [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] Siahaan, Michael Hasudungan, *Identifikasi Pola Schooling Ikan Dengan Analisis Echogram Fish Finder Menggunakan Hidden Markov Model*.
- [10] <http://www.dbripteck.lipi.go.id/>

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

Hasil Uji Coba Pengenalan Bandeng

Data Ikan	Hasil Pengenalan Untuk Ikan Bandeng		
	0,2s	0,5s	1s
Bandeng17	86,67%	20%	20,00%
Bandeng18	80%	80%	20,00%
Bandeng19	86,67%	13,33%	6,67%
Bandeng20	53,33%	20%	26,67%
Keberhasilan rata-rata	76,67%	33%	18%

Hasil Uji Coba Pengenalan Bendera

Data Ikan	Hasil Pengenalan Untuk Ikan Bendera		
	0,2s	0,5s	1s
Bendera17	93,33%	6,67%	13,33%
Bendera18	86,67%	53,33%	46,67%
Bendera19	46,67%	20%	33,33%
Bendera20	53,33%	0%	33,33%
Keberhasilan rata-rata	70%	20,00%	31,67%

Hasil Uji Coba Pengenalan Hiu Bambu

Data Ikan	Hasil Pengenalan Untuk Ikan Hiu bambu		
	0,2s	0,5s	1s
HiuBambu16	100%	13,33%	6,67%
HiuBambu17	80%	66,67%	73,33%
HiuBambu18	86,67%	80%	100%
HiuBambu19	60%	40%	40%
HiuBambu20	100%	46,67%	40%
Keberhasilan rata-rata	85,33%	49,33%	52,00%

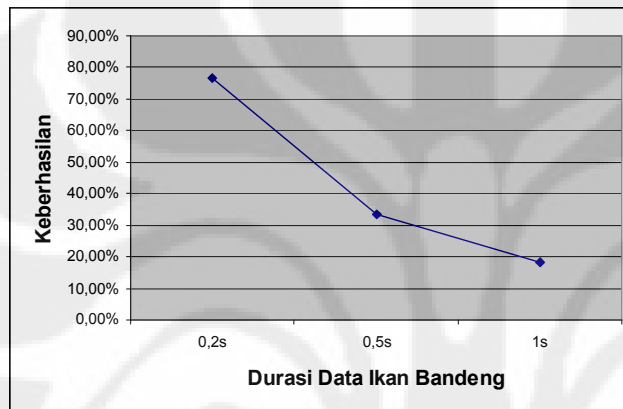
Hasil Uji Coba Pengenalan Kakap

Data Ikan	Hasil Pengenalan Untuk Ikan Kakap		
	0,2s	0,5s	1s
Kakap16	80%	26,67%	26,67%
Kakap17	60%	26,67%	13,33%
Kakap18	46,67%	33,33%	33,33%
Kakap19	33,33%	6,67%	26,67%
Kakap20	46,67%	20%	13,33%
Keberhasilan rata-rata	53,33%	22,67%	22,67%

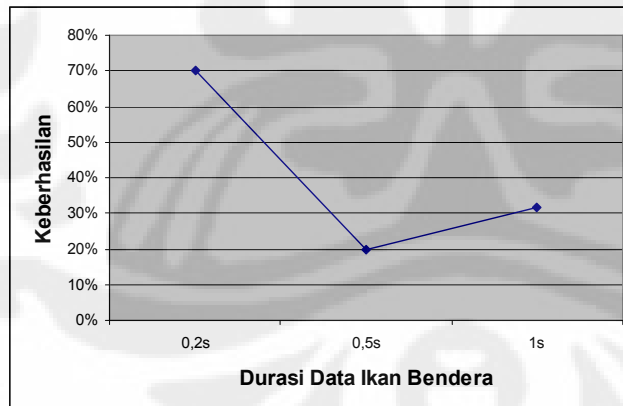
Hasil Uji Coba Pengenalan kerong

Data Ikan	Hasil Pengenalan Untuk Ikan Kerong		
	0,2s	0,5s	1s
Kerong16	93,33%	40%	80%
Kerong17	93,33%	46,67%	40%
Kerong18	46,67%	40%	40%
Kerong19	33,33%	100%	86,67%
Kerong20	93,33%	80%	100%
Keberhasilan rata-rata	72%	61%	69%

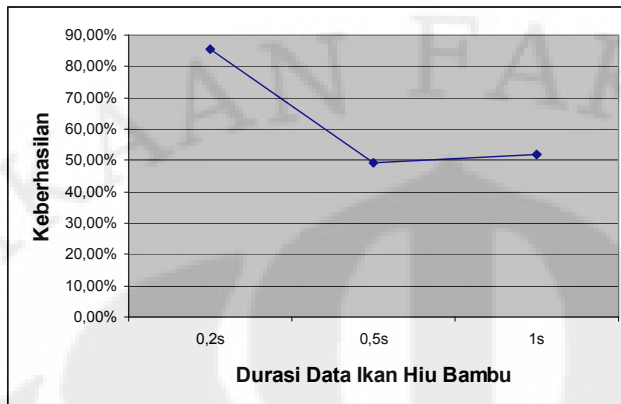
Hubungan Antara Keberhasilan Pengenalan Bandeng dengan Durasi Data



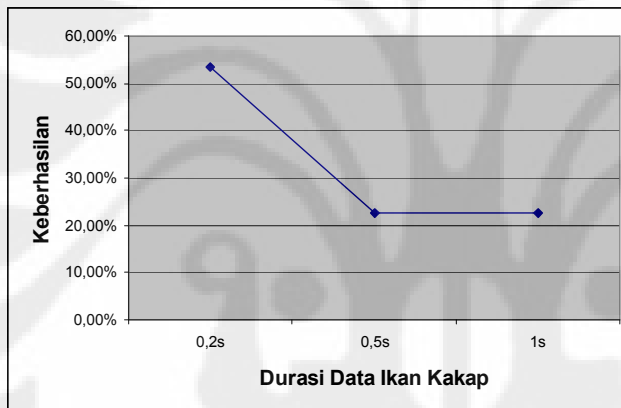
Hubungan Antara Keberhasilan Pengenalan Bendera dengan Durasi Data



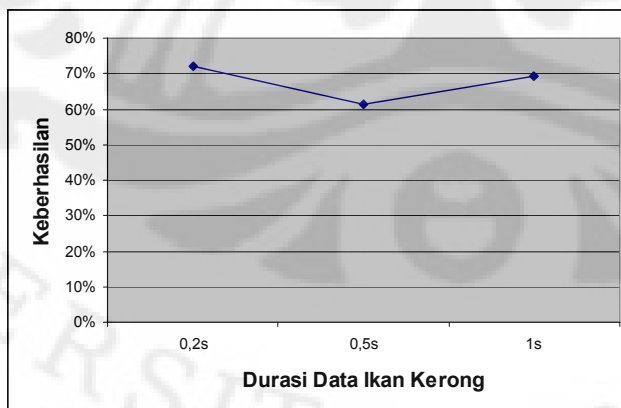
Hubungan Antara Keberhasilan Pengenalan Hiu Bambu dengan Durasi Data



Hubungan Antara Keberhasilan Pengenalan Kakap dengan Durasi Data



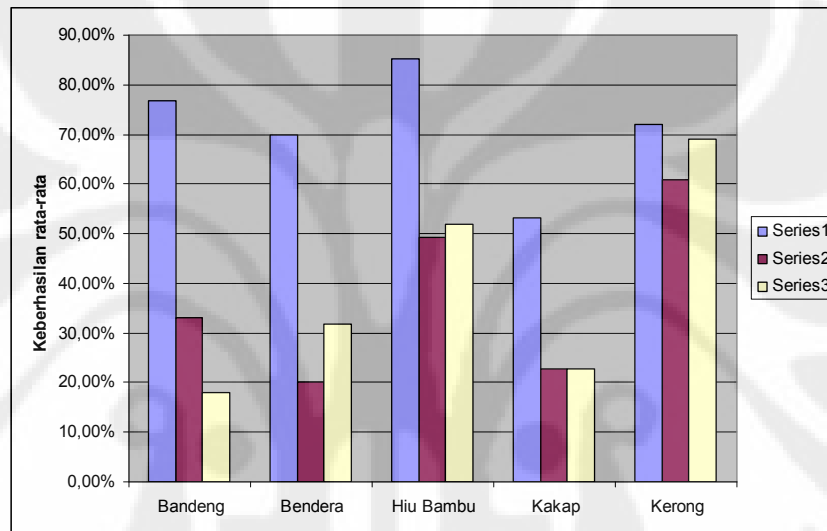
Hubungan Antara Keberhasilan Pengenalan Kerong dengan Durasi Data



Rata-rata Hasil Uji Coba Pengenalan Ikan

Data Ikan	Rata-rata Hasil Pengenalan Ikan		
	0,2s	0,5s	1s
Bandeng	76,67%	33%	18%
Bendera	70%	20,00%	31,67%
Hiu Bambu	85,33%	49,33%	52,00%
Kakap	53,33%	22,67%	22,67%
Kerong	72%	61%	69%
Keberhasilan rata-rata	71, 47%	37,2%	38,67%

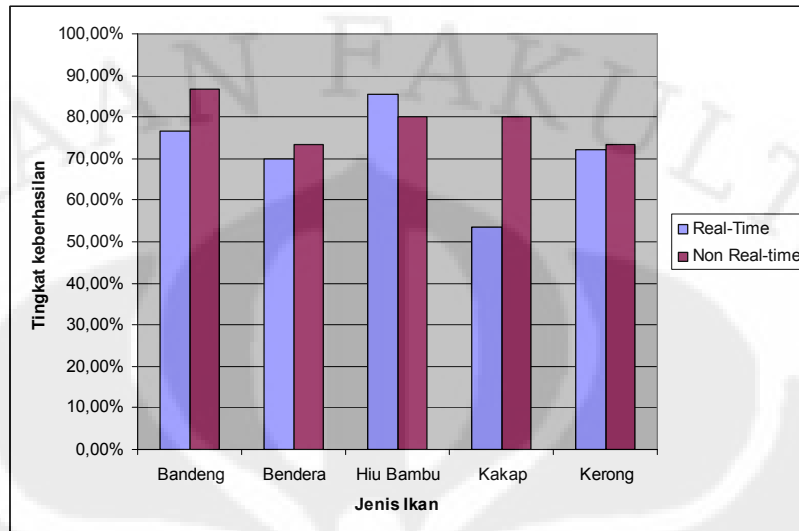
Grafik Rata-rata Hasil Uji Coba Pengenalan Ikan



Perbandingan Pengenalan Ikan Secara *Real-time* dan *Non real-time*

Data Ikan	Hasil Pengenalan Ikan	
	Real-time	Non Real-time
Bandeng	76,67%	86,67%
Bendera	70%	73,33%
Hiu Bambu	85,33%	80%
Kakap	53,33%	80%
Kerong	72%	73,33%
Keberhasilan rata-rata	71, 47%	78,66%

Grafik Perbandingan Pengenalan Ikan Secara Real-time dan Non real-time



Hasil Lengkap Uji Coba Pengenalan Ikan Bandeng untuk 0,2s

Uji Coba	Hasil Pengenalan Untuk Ikan Bandeng			
	Bandeng17	Bandeng18	Bandeng19	Bandeng20
1	Bandeng	Bandeng	Bandeng	Bandeng
2	Bandeng	Bandeng	Kerong	Bandeng
3	Bandeng	Bandeng	Bandeng	Bendera
4	Bandeng	Bendera	Bandeng	Bandeng
5	Bandeng	Bandeng	Bandeng	Bendera
6	Bendera	Bandeng	Bandeng	Bandeng
7	Bandeng	Bendera	Bendera	Bendera
8	Bandeng	Bandeng	Bandeng	Bandeng
9	Bandeng	Bandeng	Bandeng	Bandeng
10	Bandeng	Bandeng	Bandeng	Hiu Bambu
11	Bandeng	Bandeng	Bandeng	Bendera
12	Bandeng	Bendera	Bandeng	Hiu Bambu
13	Kakap	Bandeng	Bandeng	Bandeng
14	Bandeng	Bandeng	Bandeng	Bandeng
15	Bandeng	Bandeng	Bandeng	Bandeng
Keberhasilan	86,67%	80%	86,67%	53,33%

Hasil Lengkap Uji Coba Pengenalan Ikan Bendera untuk 0,2s

Uji Coba	Hasil Pengenalan Untuk Ikan Bendera			
	Bendera17	Bendera18	Bendera19	Bendera20
1	Bendera	Bendera	Bendera	Bendera
2	Bendera	Bendera	Bendera	Kerong
3	Bendera	Bendera	Kerong	Bendera
4	Bendera	Bendera	Kerong	Kerong
5	Bendera	Bendera	Kerong	Bendera
6	Bendera	Bendera	Bendera	Kerong
7	Bendera	Bendera	Bendera	Bendera
8	Bendera	Bandeng	Kerong	Bendera
9	Bendera	Bendera	Kerong	Kakap
10	Bendera	Bandeng	Bendera	Bendera
11	Hiu Bambu	Bendera	Kakap	Kerong
12	Bendera	Bendera	Kerong	Kerong
13	Bendera	Bendera	Bendera	Bendera
14	Bendera	Bendera	Kakap	Bendera
15	Bendera	Bendera	Bendera	Bandeng
Keberhasilan	93,33%	86,67%	46,67%	53,33%

Hasil Lengkap Uji Coba Pengenalan Ikan Hiu Bambu untuk 0,2s

Uji Coba	Hasil Pengenalan Untuk Ikan Hiu Bambu				
	Hiubambu16	Hiubambu17	Hiubambu18	Hiubambu19	Hiubambu20
1	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu
2	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu
3	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Bandeng	Hiu Bambu
4	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu
5	Hiu Bambu	Bandeng	Bendera	Hiu Bambu	Hiu Bambu
6	Hiu Bambu	Bendera	Hiu Bambu	Bandeng	Hiu Bambu
7	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Bandeng	Hiu Bambu
8	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Bandeng	Hiu Bambu
9	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Bandeng	Hiu Bambu
10	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu
11	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Kerong	Hiu Bambu	Hiu Bambu
12	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu
13	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu
14	Hiu Bambu	Bandeng	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu
15	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Hiu Bambu	Bandeng	Hiu Bambu
Keberhasilan	100%	80%	86,67%	60%	100%

Lengkap Uji Coba Pengenalan Ikan Kakap untuk 0,2s

Uji Coba	Hasil Pengenalan Untuk Ikan Kakap				
	Kakap16	Kakap17	Kakap18	Kakap19	Kakap20
1	Kakap	Kakap	Kakap	Kerong	Kakap
2	Kakap	Kerong	Kakap	Kakap	Kakap
3	Kakap	Kakap	Kerong	Kerong	Kerong
4	Kakap	Kakap	Bandeng	Kerong	Kakap
5	Kakap	Kakap	Kakap	Kakap	Kerong
6	Bendera	Kakap	Kerong	Bandeng	Bendera
7	Kakap	Kerong	Kerong	Kakap	Kakap
8	Kakap	Kerong	Kakap	Kakap	Kerong
9	Bendera	Kakap	Kakap	Kerong	Kerong
10	Kakap	Kakap	Kakap	Kakap	Kakap
11	Kakap	Bandeng	Kerong	Kerong	Kakap
12	Kakap	Bendera	Kaka[Kerong	Kerong
13	Kakap	Kakap	Kerong	Kerong	Kakap
14	Bandeng	Kerong	Kerong	Kerong	Kerong
15	Kakap	Kakap	Bandeng	Kerong	Kerong
Keberhasilan	80%	60%	46,67%	33,33%	46,67%

Hasil Lengkap Uji Coba Pengenalan Ikan Kerong untuk 0,2s

Uji Coba	Hasil Pengenalan Untuk Ikan Kerong				
	Kerong16	Kerong17	Kerong18	Kerong19	Kerong20
1	Kerong	Kerong	Kerong	Kerong	Kerong
2	Kerong	Kerong	Bendera	Bendera	Kerong
3	Kerong	Kerong	Bendera	Kakap	Kerong
4	Kerong	Kerong	Kerong	Kakap	Kerong
5	Kerong	Kerong	Kakap	Bendera	Kerong
6	Kerong	Kerong	Kerong	Kerong	Kerong
7	Kerong	Kerong	Bandeng	Kerong	Kerong
8	Kerong	Kerong	Bendera	Kakap	Kerong
9	Kerong	Kerong	Kerong	Bendera	Kerong
10	Kerong	Kerong	Hiu Bambu	Kakap	Kerong
11	Kerong	Kerong	Kerong	Kakap	Kerong
12	Kerong	Kerong	Hiu Bambu	Kerong	Kerong
13	Kakap	Kerong	Kakap	Bendera	Kerong
14	Kerong	Kerong	Kerong	Bendera	Kakap
15	Kerong	Kerong	Kerong	Kerong	Kerong
Keberhasilan	93,33%	93,33%	46,67%	33,33%	93,33%