

Penekanan Derau secara Adaptif pada Pengenalan Ucapan Kata

Achmad Bayhaki (L2F 002 541)

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Semarang, Indonesia
trainingmoment@yahoo.com

Abstrak – Kebisingan merupakan salah satu bentuk derau yang sering mengganggu proses komunikasi, sehingga harus ditekan. Pada proses pengolahan suara, lingkungan sekitar yang benar-benar bersih (clean) dan bebas dari segala bentuk derau adalah salah satu yang sangat dibutuhkan untuk memperoleh sinyal yang benar-benar sesuai dengan sinyal aslinya. Salah satu bentuk dari pengolahan sinyal suara yang sangat rentan dengan derau adalah pengenalan ucapan (speech recognition) karena derau dapat mempengaruhi keakuratan dalam proses pengenalannya. Pada proses pengenalan ucapan, filter adaptif merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menekan derau yang berasal dari lingkungan sekitar.

Tugas akhir ini membahas mengenai penekanan derau yang menyertai suara ucapan pada proses pengenalan ucapan secara on-line. Dalam proses penekanan derau pada pengenalan ucapan digunakan sistem adaptif dengan metode FIR (Finite Impulse Response).

Hasil pengujian menunjukkan tingkat pengenalan secara on-line untuk 6 buah kata Bahasa Indonesia yang diujikan pada program simulasi penekanan derau dengan filter adaptif pada pengenalan ucapan kata diperoleh rata-rata prosentase pengenalan untuk setiap kata sebesar 90,8%. Dari penelitian juga menunjukkan bahwa filter adaptif mampu menekan derau yang menginterferensi sinyal suara ucapan.

Kata Kunci : filter adaptif, FIR, pengenalan ucapan

I. Pendahuluan

Pengolahan sinyal merupakan hal yang sangat penting dalam ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya dalam teknologi komunikasi baik dalam pengolahan sinyal analog maupun pengolahan sinyal digital. Salah satu bidang pengolahan sinyal yang sangat berpengaruh dalam teknologi komunikasi adalah pengenalan ucapan (speech recognition).

1.1 Latar Belakang

Pada pengenalan suara, diperlukan kondisi lingkungan sekitar yang bersih dan bebas dari segala macam sinyal pengganggu yang tidak diinginkan seperti derau. Untuk itu diperlukan suatu perangkat atau alat tambahan yang dinamakan filter. Salah satu filter yang dapat digunakan untuk menekan derau dari sinyal suara adalah filter adaptif. Filter adaptif merupakan filter digital yang menggunakan umpan balik untuk menentukan nilai dari koefisien filter terbaik yang dipakai untuk memperoleh sinyal yang diinginkan. Filter adaptif dapat ditambahkan pada sistem pengenalan suara untuk menekan derau yang menyertai suara masukan yang akan dikenali.

Setelah melalui filter adaptif, suara ucapan yang telah ditekan deraunya kemudian diproses pada sistem pengenalan suara yang menggunakan LPC (Linear Predictive Coding) untuk ekstraksi ciri dan HMM (Hidden Markov Model) untuk memodelkan suaranya.

1.2 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah membuat program simulasi pengenalan ucapan kata, yang menggunakan

filter adaptif untuk menekan derau yang menyertai suara ucapan yang diucapkan secara on-line.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan atau analisis tidak melebar dan terarah, maka permasalahan dibatasi pada :

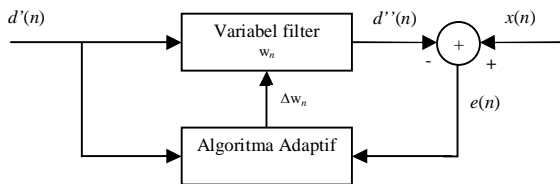
1. Data masukan berupa 6 buah kata bahasa Indonesia berkorelasi tinggi, yaitu bekas, jelas, kemas, keras, pedas, dan tegas yang diambil dari 4 orang responden yang terdiri dari 2 orang pria dan 2 orang wanita. Masing-masing responden diambil datanya sebanyak 10 buah contoh bunyi untuk setiap kata.
2. Derau yang dimasukkan untuk menyertai sinyal suara adalah suara derau yang berasal dari suara rekaman beberapa sumber derau, yaitu suara pompa air, motor, air mengalir, dan helikopter.
3. Kuat derau yang digunakan dan dibahas pada tugas akhir ini adalah derau tanpa penguatan, derau dengan 2 kali penguatan, derau dengan 5 kali penguatan serta derau dengan 10 kali penguatan.
4. Proses pencampuran sinyal suara ucapan dengan sinyal derau terjadi setelah sinyal suara ucapan maupun sinyal derau dicuplik terlebih dahulu.
5. Menggunakan filter adaptif yang menerapkan metode FIR dalam penekanan deraunya.
6. Analisis sinyal dilakukan dengan ekstraksi ciri menggunakan LPC.
7. Proses pengenalan suara dilakukan dengan metode pemodelan statistik HMM.
8. Pembuatan program dilakukan dengan menggunakan bantuan bahasa pemrograman Matlab 6.5.

II. Landasan Teori

Pada pemrosesan sinyal, filter merupakan alat yang digunakan untuk memisahkan sinyal yang diinginkan dari sinyal yang tidak diinginkan seperti derau. Ada dua jenis filter yang biasa digunakan dalam dunia elektro, yaitu filter analog dan filter digital. Kedua filter tersebut dapat dibedakan dari desain rangkaian fisik maupun prinsip kerjanya. Prinsip kerja filter adalah melewatkan sinyal yang dikehendaki dan menahan sinyal lainnya yang tidak dikehendaki berdasarkan frekuensinya.

2.1 Filter Adaptif

Filter adaptif merupakan filter digital yang bekerja dalam pemrosesan sinyal digital yang dapat menyesuaikan kinerjanya berdasarkan sinyal masukannya. Filter adaptif mempunyai pengatur koefisien yang dapat beradaptasi dengan keadaan lingkungan sekitar maupun perubahan sistem. Gambar 1 merupakan blok arsitektur filter adaptif pada rangkaian penekan derau (*noise reduction*).



Gambar 1 Blok diagram filter adaptif pada rangkaian penekan derau.

Sinyal masukan $x(n)$ adalah penjumlahan dari sinyal suara $s(n)$ dengan derau yang menyertai sinyal suara tersebut $d(n)$.

$$x(n) = s(n) + d(n) \dots\dots\dots(1)$$

Sinyal masukan pada filter adaptif $d'(n)$ adalah sinyal derau yang dicuplik dari sumber derau yang menginterferensi sinyal suara. Pada filter adaptif digunakan umpan balik untuk menentukan nilai koefisien filter setiap ordenya. Filter mempunyai struktur FIR dengan tanggapan impuls sama dengan koefisien filternya. Koefisien pada filter adaptif untuk orde- p didefinisikan sebagai berikut :

$$w_n = [w_n(0), w_n(1), \dots, w_n(p)]^T$$

Pada variabel filter selalu dilakukan *up-date* untuk koefisien filternya sebagai berikut :

$$w_{n+1} = w_n + \Delta w_n$$

dengan Δw_n merupakan faktor koreksi dari koefisien filter. Filter adaptif menampilkan faktor koreksi berdasarkan sinyal masukan dan kesalahan sinyal. Kesalahan sinyal (*signal error*) pada filter dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$e(n) = x(n) - d''(n)$$

dengan :

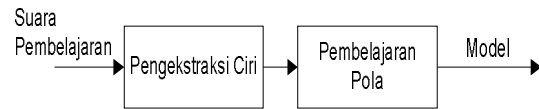
$$d''(n) = d'(n) \cdot w(n)$$

Filter adaptif biasanya menggunakan algoritma LMS (*Least Mean Square*) untuk mencari nilai MSE (*Mean Square Error*) pada sistem yang kemudian digunakan untuk menentukan koefisien filter. Penghitungan koefisien filter pada filter adaptif dengan menggunakan nilai MSE adalah sebagai berikut :

$$w(n+1) = w(n) + \mu e(n)d'(n)$$

2.2 Pengenalan Suara

Pengenalan suara merupakan salah satu upaya untuk dapat mengenali atau mengidentifikasi suara sehingga dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi. Pengenalan suara secara umum dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu ekstraksi ciri, pemodelan, dan pengenalan suara. Blok diagram pembelajaran pola dan pengenalan suara ditunjukkan pada Gambar 2.



(a) Blok diagram pembelajaran pola.



(b) Blok diagram pengenalan suara.

Gambar 2 Blok diagram pembelajaran pola dan pengenalan suara.

Berikut ini merupakan penjelasan dari masing-masing blok :

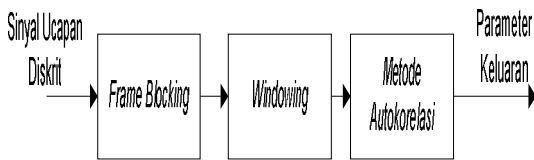
1. **Pengekstraksi ciri.**
Merupakan proses mendapatkan sederetan besaran pada bagian sinyal masukan untuk menetapkan pola pembelajaran atau pola uji. Untuk sinyal suara, ciri-ciri besaran biasanya merupakan keluaran dari beberapa bentuk teknik analisis spektrum seperti LPC atau DFT (*Discrete Fourier Transform*).
2. **Pembelajaran pola.**
Satu atau lebih pola uji yang berhubungan dengan bunyi suara dari kelas yang sama, digunakan untuk membuat pola representatif dari ciri-ciri kelas tersebut. Hasilnya yang biasa disebut dengan pola referensi, dapat menjadi sebuah model yang mempunyai karakteristik bentuk statistik dari ciri-ciri pola referensi. Untuk pemodelan sinyal suara dapat dilakukan dengan menggunakan HMM.
3. **Perbandingan dengan pola model.**
Pola uji yang akan dikenali, dibandingkan dengan setiap kelas pola referensi. Kesamaan besaran antara pola uji dengan setiap pola referensi akan dihitung.
4. **Logic decision.**
Menentukan kelas pola referensi mana yang paling cocok untuk pola uji berdasarkan klasifikasi pola.

2.2.1 Ekstraksi Ciri dengan Metode LPC

Ciri sinyal ucapan sangat berguna pada sistem pengenalan suara. Salah satu metode yang digunakan untuk proses ekstraksi ciri adalah *Linear Predictive Coding* (LPC). Prinsip dasar dari pemodelan sinyal dengan menggunakan LPC adalah bahwa contoh sinyal ucapan $s(n)$ pada waktu ke- n dapat diperkirakan sebagai kombinasi linier p sampel sinyal ucapan sebelumnya yaitu

$$s(n) \approx a_1 s(n-1) + a_2 s(n-2) + \dots + a_p s(n-p)$$

dengan koefisien a_1, a_2, \dots, a_p diasumsikan bernilai konstan pada *frame* analisis ucapan. Prosedur untuk mendapatkan koefisien LPC diperlihatkan pada Gambar 3.

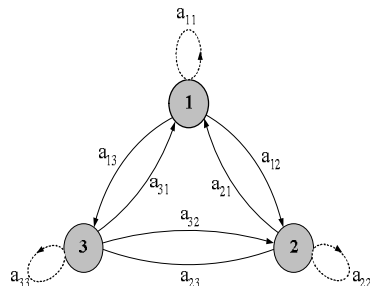


Gambar 3 Blok diagram analisis LPC.

2.2.2 Pemodelan dengan HMM

Algoritma HMM didasari oleh model matematik yang dikenal dengan rantai Markov. Rantai Markov secara umum ditunjukkan pada Gambar 4. Beberapa hal yang dapat dijelaskan tentang rantai Markov yaitu:

- ▲ Transisi keadaan dari suatu keadaan tergantung pada keadaan sebelumnya.
 $P[q_t = j | q_{t-1} = i, q_{t-2} = k, \dots] = P[q_t = j | q_{t-1} = i]$
- ▲ Transisi keadaan bebas terhadap waktu.
 $a_{ij} = P[q_t = j | q_{t-1} = i]$



Gambar 4 Rantai Markov.

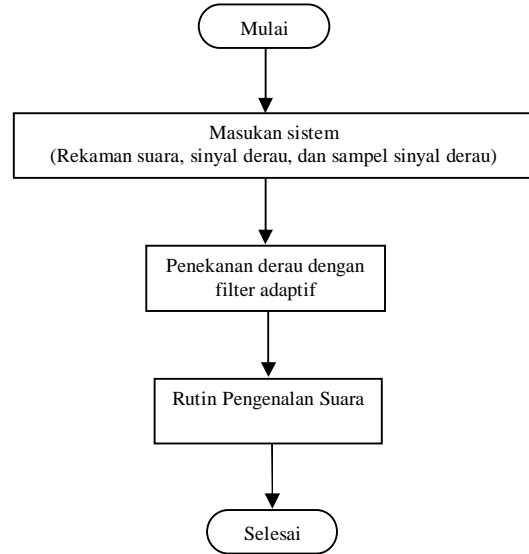
Elemen yang terdapat pada HMM yaitu :

Elemen yang terdapat pada HMM yaitu :

1. N , jumlah keadaan (*state*) dalam model.
2. M , jumlah simbol observasi yang berbeda tiap keadaan.
3. Distribusi keadaan transisi $A = \{a_{ij}\}$ dengan
 $a_{ij} = P[q_{t+1} = j | q_t = i], \quad 1 \leq i, j \leq N$
4. Distribusi probabilitas simbol observasi, $B = \{b_j(k)\}$ dengan
 $b_j(k) = P(o_t = v_k | q_t = j), \quad 1 \leq j \leq N$
 $1 \leq k \leq M$
5. Distribusi keadaan awal $\pi = \{\pi_i\}$
 $\pi_i = P[q_1 = i] \quad 1 \leq i \leq N$

III. Perancangan dan Implementasi Sistem

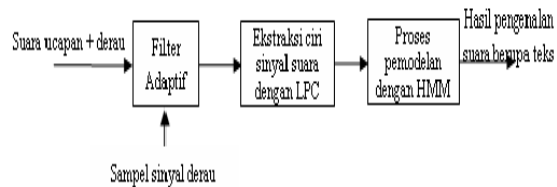
Sistem penekanan derau dengan filter adaptif pada proses pengenalan kata dapat diwujudkan ke dalam suatu perangkat lunak (program) menggunakan bahasa pemrograman Matlab 6.5. Secara umum pembuatan program simulasi ini mengikuti alur sesuai yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Alur program pengenalan ucapan.

Pembuatan program simulasi penekanan derau dengan filter adaptif pada proses pengenalan kata dibagi menjadi 3 tahap, tahap pertama adalah masukan sistem yang berupa sinyal suara dan sinyal derau, tahap kedua adalah proses penekanan derau yang tercampur pada suara masukan dengan menggunakan filter adaptif, dan tahap ketiga adalah proses pengenalan suara yang menggunakan LPC untuk ekstraksi ciri dan HMM sebagai pemodel sinyal suaranya.

Proses pada program ini secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Diagram blok proses pengenalan ucapan.

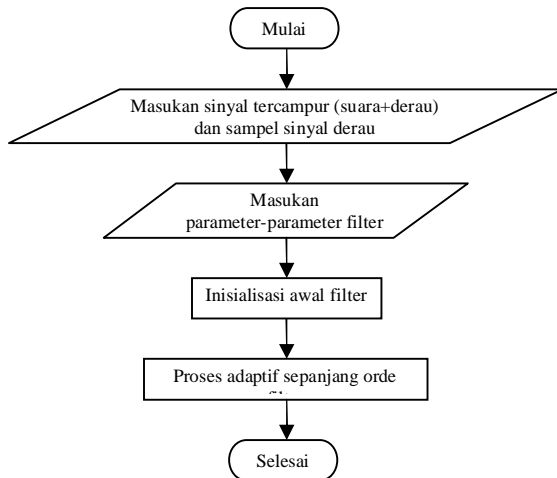
Sinyal input yang terdiri dari suara ucapan, derau, dan sampel derau diproses dengan filter adaptif untuk mendapatkan sinyal suara yang ingin dikenali. Sinyal hasil keluaran filter adaptif tersebut kemudian diekstraksi cirinya dengan menggunakan algoritma LPC dan dihitung nilai probabilitasnya dengan algoritma HMM. Kemudian mencari nilai probabilitas kata dari basis data dengan nilai probabilitas yang mendekati nilai probabilitas sinyal tersebut untuk mendapatkan hasil pengenalan suara yang akan ditampilkan berupa teks.

3.1 Masukan Sistem

Masukan sistem adalah sinyal suara dan sinyal derau yang tercampur serta sampel dari sinyal derau yang berasal dari sumber derau yang sama dengan sinyal derau yang menginterferensi sinyal suara.

3.2 Penekanan Derau dengan Filter Adaptif

Penekanan derau dengan filter adaptif dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Alur program penekanan derau dengan filter adaptif.

Pada proses penekanan derau pada program ini, masukan sistem yang sudah ditentukan sebelumnya akan diproses menggunakan filter adaptif. Masukan tersebut kemudian diproses berdasarkan parameter-parameter filter yang sudah ditentukan. Parameter-parameter filter itu digunakan untuk menentukan keluaran filter setiap ordenya. Proses adaptif terjadi sepanjang orde filter yang sudah ditentukan dan sinyal keluaran dari sistem ini, yang nantinya akan diproses lebih lanjut sebagai suatu kata yang bisa dikenali adalah sinyal keluaran dari orde filter yang terakhir.

3.3 Rutin Pengenalan Suara

Sistem yang dibuat ditujukan untuk dapat mengenali beberapa kata masukan yang mempunyai korelasi tinggi. Kata-kata masukan yang akan dikenali antara lain bekas, jelas, kemas, keras, pedas, dan tegas.

3.3.1 Pengelolaan Basis Data

Dalam pembuatan basis data, digunakan program bantu Cool Edit Pro 2. Basis data yang diambil memiliki frekuensi cuplik 8000 Hz, 16 bit, mono. Basis data yang digunakan diperoleh dari 4 orang responden yang masing-masing 2 orang berjenis kelamin pria dan 2 orang yang berjenis kelamin wanita dengan rentang usia 22–23 tahun. Masing-masing responden mengucapkan sepuluh buah kata sebanyak 10 kali untuk setiap katanya, sehingga didapatkan 240 (4 responden x 6 kata x 10 pengucapan) potong kata. Setiap kata ucapan selanjutnya dipotong–potong dengan durasi 1 detik yang kemudian disimpan dalam berkas dengan format penamaan ABC.wav. Huruf A menunjukkan nama responden, huruf B menunjukkan kata yang diucapkan dan huruf C menunjukkan suara yang ke (1-10).

3.3.2 Ekstraksi Ciri

Proses pengekstraksian ciri merupakan proses untuk mendapatkan parameter–parameter sinyal suara. Parameter–parameter inilah yang nantinya digunakan untuk membedakan satu kata dengan kata yang lain.

Parameter yang dibuat akan disimpan dalam sebuah berkas dengan ekstensi .mat (ParMMN.mat). Dengan MM menunjukkan state, dan N menunjukkan nomor urut kata. Untuk selanjutnya pada saat proses pengenalan dilakukan, berkas inilah yang akan diproses.

Proses pengekstraksian ciri dapat dilakukan dengan menggunakan senarai program sebagai berikut:

```
s = wavread('ABC.wav');
X = analisisLPC(s,p,N,M);
```

Dimana:

s = matrik berkas suara

p = orde LPC, dengan nilai 10

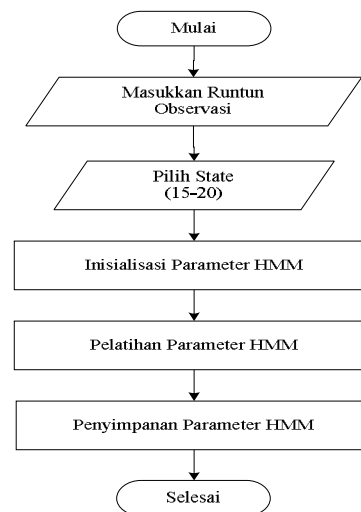
N = jumlah *sample* tiap *frame*, dengan nilai 700

M = jarak antara *frame* yang berurutan, bernilai 100

Dengan kombinasi variabel masukan, maka akan dihasilkan keluaran berupa matrik X dengan MxN, M menunjukkan banyaknya *frame*, sedangkan N menunjukkan bahwa setiap baris terdiri dari koefisien cepstral dan turunan koefisien cepstral terhadap waktu. Hasil dari vektor ciri ini sangat berguna untuk proses pemodelan, pelatihan dan pengenalan.

3.3.3 Pemodelan

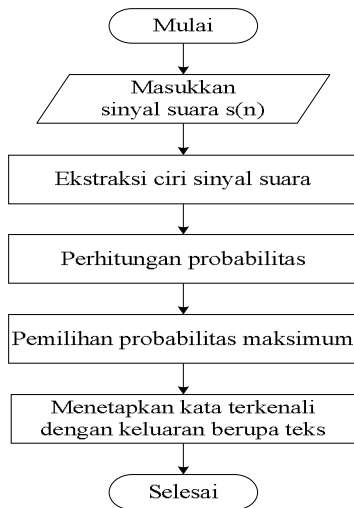
Untuk mendapatkan parameter HMM melalui lima tahap, yaitu memasukkan runtun observasi hasil dari proses ekstraksi ciri, memilih *state*, inisialisasi parameter HMM, pelatihan HMM, dan pelatihan parameter HMM. Kelima tahap tersebut dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan parameter yang lebih baik. Proses untuk mendapatkan parameter HMM ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Bagan pemodelan parameter HMM.

3.3.4 Pengenalan Kata

Proses pengenalan kata dibagi menjadi 5 tahap, tahap pertama memasukkan sinyal suara $s(n)$, tahap kedua adalah proses ekstraksi ciri sinyal suara, tahap ketiga menghitung probabilitas dari runtun observasi hasil proses ekstraksi ciri, tahap keempat memilih hasil probabilitas maksimum dan tahap kelima menetapkan kata terkenali dengan keluaran berupa teks. Diagram proses pengenalan kata ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Bagan proses pengenalan kata.

Sinyal suara $s(n)$ dimasukkan ke dalam ekstraksi ciri sehingga didapatkan vektor ciri, dari vektor ciri ini kemudian ditentukan probabilitas terhadap semua kata dan dipilih nilai probabilitas maksimum yang akhirnya nilai maksimum tersebut diubah menjadi keluaran berupa teks.

IV. Pengujian dan Analisis

4.1 Pengujian

Pengujian simulasi program ini dilakukan secara *on-line*. Sebelum dikenali, sinyal suara yang direkam secara *on-line* tersebut dicampur terlebih dahulu dengan sinyal derau yang sudah ditentukan. Sinyal yang sudah bercampur itu, kemudian dilewatkan melalui filter adaptif untuk ditekan deraunya sebelum akhirnya dikenali.

Pada pengujian ini, responden mengucapkan 6 kata Bahasa Indonesia yaitu bekas, jelas, kemas, keras, pedas, dan tegas. Proses pengujian ini dilakukan terhadap 4 responden yang mengucapkan 6 kata tersebut sebanyak 5 kali. Kata-kata tersebut diucapkan dengan kondisi terinterferensi oleh 4 jenis derau yang berbeda, yaitu suara pompa, motor, air mengalir serta suara helikopter. Masing-masing derau tersebut ditambahkan dengan 4 tingkat kekuatan bunyi yang berbeda, yaitu tanpa penguatan, 2 kali penguatan, 5 kali penguatan, dan 10 kali penguatan.

4.2 Prosentase Pengenalan dan Analisis Hasil Pengujian

Prosentase pengenalan yang diperoleh dari hasil pengujian secara *on-line* untuk masing-masing kata dengan masing-masing derau dan penguatannya dapat

dihitung rata-rata prosentase pengenalannya dengan persamaan berikut ini :

$$(\%) \text{Pengenalan} = \frac{\text{Jumlah prosentase pengenalan tertinggi tiap kata}}{\text{Jumlah kata}}$$

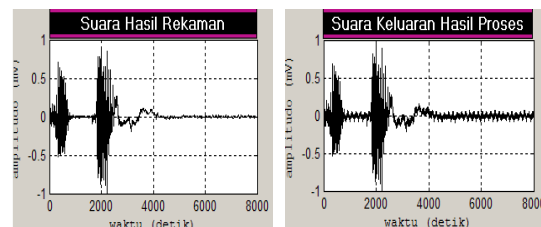
dimana jumlah kata adalah 6. Rata-rata prosentase pengenalan setiap kata dengan pengujian *on-line* ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1 Prosentase pengenalan untuk semua kata.

Kata Masukan	Dikenali Sebagai Kata	Tingkat Pengenalan (%)
Bekas	Bekas	100
	Jelas	0
	Kemas	0
	Keras	0
	Pedas	0
	Tegas	0
Jelas	Bekas	0
	Jelas	100
	Kemas	0
	Keras	0
	Pedas	0
	Tegas	0
Kemas	Bekas	4,4
	Jelas	0
	Kemas	90
	Keras	5,6
	Pedas	0
	Tegas	0
Keras	Bekas	4,4
	Jelas	0
	Kemas	5,6
	Keras	90
	Pedas	0
	Tegas	0
Pedas	Bekas	2,2
	Jelas	0
	Kemas	0
	Keras	0
	Pedas	95
	Tegas	2,8
Tegas	Bekas	6,6
	Jelas	0
	Kemas	0
	Keras	0
	Pedas	3,4
	Tegas	90

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa untuk secara *on-line*, tingkat pengenalan terendah terjadi pada kata kemas, keras, dan tegas yaitu sebesar 90% sedangkan tingkat pengenalan tertinggi terjadi pada kata bekas dan jelas yaitu sebesar 100%.

Dari hasil pengujian simulasi program, ternyata didapatkan hasil pengenalan yang cukup baik. Hal ini dikarenakan derau yang sebenarnya bisa mempengaruhi keakuratan pengenalan masih mampu ditekan dengan baik oleh filter adaptif. Ini bisa dilihat dari contoh tampilan sinyal suara pada Gambar 10.



(a) Sinyal suara asli. (b) Sinyal keluaran filter adaptif.

Gambar 10 Perbandingan sinyal suara.

Dari contoh tampilan dapat dilihat bahwa sinyal suara yang sudah ditekan deraunya menggunakan filter adaptif menghasilkan sinyal keluaran dengan sedikit derau, sehingga sinyal suara tersebut masih bisa dikenali sesuai dengan kata yang diucapkan. Tetapi meskipun demikian, dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa ada beberapa kata yang tidak dapat dikenali sesuai dengan kata yang diucapkan. Hal ini disebabkan karena perbedaan karakteristik sinyal ucapan pada saat pengujian dengan karakteristik sinyal ucapan pada basis data. Oleh karena itu, untuk memperoleh hasil pengenalan yang baik pada pengenalan kata yang dilakukan secara *on-line* dibutuhkan cara pengucapan kata yang sama seperti cara pengucapan kata pada basis data.

Berdasarkan hasil analisis data pengujian, maka dalam pengenalan ucapan perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Kondisi Lingkungan
 Karena kondisi ruangan saat perekaman tidak kedap suara sehingga memungkinkan adanya suara-suara lain yang ikut terekam. Dengan adanya derau maka akan dihasilkan vektor ciri yang tidak mencirikan sinyal asli sehingga menghasilkan nilai jarak penyimpangan minimum pada tempat yang salah. Untuk mengatasi hal ini diperlukan ruangan perekaman yang seminimal mungkin bebas derau.
2. Kondisi suara responden
 Kondisi suara responden sangat mempengaruhi hasil pengenalan. Setiap sinyal suara yang diucapkan oleh seseorang selalu memiliki karakteristik yang berbeda, baik itu panjang-pendek, keras-pelan, dan lain lain. Hal ini dapat diatasi dengan mengusahakan pengucapan sesuai kondisi normalnya.
3. Letak mikropon
 Karena perekaman dilakukan secara bertahap sehingga dalam peletakan mikropon tidak sama. Jarak dan sudut mikropon sangat mempengaruhi pada sinyal suara yang dihasilkan. Untuk mengatasi hal ini dapat dilakukan dengan mengatur jarak mikropon dan sudut mikropon yang sebisa mungkin sama.
4. Cara perekaman sinyal suara
 Perekaman sinyal suara yang tepat juga ikut mempengaruhi akurasi pengenalan. Cara perekaman yang baik adalah ucapan diucapkan sewajar mungkin dan tidak dibuat-buat, suara diucapkan tidak terlalu keras, tidak terlalu lemah, dan sebaiknya diucapkan seperti pengucapan pada basis data.
5. Penggunaan basisdata
 Basisdata sangat berpengaruh pada akurasi pengenalan, semakin banyak basisdata yang digunakan maka ciri karakteristik sinyal suara yang diperoleh juga akan semakin beragam, sehingga peluang pengenalan sinyal yang diujikan akan semakin besar.

V. Penutup

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Filter adaptif mampu menekan derau yang menyertai sinyal suara yang ingin dikenali.
2. Kesesuaian karakteristik sinyal ucapan pada saat pengujian dengan karakteristik sinyal ucapan pada basis data sangat mempengaruhi hasil pengenalan ucapan. Jenis-jenis derau dengan penguatan yang berbeda-beda yang diujikan pada program ini tidak terlalu mempengaruhi hasil pengenalan ucapan.
3. Untuk pengenalan ucapan kata yang berkorelasi tinggi pada pengujian *on-line* yang menggunakan filter adaptif sebagai penekan derau, memberikan akurasi berkisar 94,17%.
4. Jumlah data pelatihan mempengaruhi besarnya tingkat pengenalan ucapan kata. Semakin banyak jumlah data pelatihan maka akan didapatkan tingkat pengenalan yang lebih baik.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan sehubungan dengan pelaksanaan penelitian ini adalah :

1. Dikembangkan dengan menggunakan jenis-jenis filter adaptif lainnya yang bisa diterapkan untuk menekan derau pada sinyal suara.
2. Dapat juga mencari variasi kata-kata berkorelasi tinggi lainnya sebagai bahan untuk penelitian.
3. Dapat dikembangkan dengan masukan berupa sinyal suara dan derau yang diambil menggunakan mikropon yang sama pada waktu yang bersamaan (*real time*).
4. Data yang dilatih diperbanyak dengan menambah jumlah responden agar didapatkan model yang lebih baik dan pengenalan yang lebih akurat.
5. Pengenalan ucapan bisa dikembangkan dengan menggunakan metode pengenalan ucapan lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] Abdulla, W. H. and Kasabov, N. K., *The Concept of Hidden Markov Model in Speech Recognition*, Knowledge Engineering Lab. Information Science Department University of Otago, New Zealand, 1999.
- [2] Cappe, O., *H2M : A Set of Matlab/Octave Functions for The EM Estimation of Mixtures and Hidden Markov Model*, ENST dpt. TSI/LCTI (CNRS-URA 820), Paris, 2001.
- [3] Dutoit, T., "An Introduction to Text-to-Speech Synthesis", Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 1997.
- [4] Ellis, D., *Speech Recognition*, <http://www.ee.columbia.edu/~dpwe/e6820/>, Maret 2005.
- [5] Furui, S., *Digital Speech Processing, Synthesis, and Recognition*, Marcel Dekker, Inc., New York, 1989.

- [6] Gold, B., and Morgan, N., *Speech and Audio Signal Processing : Processing and Perception of Speech and Music*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1999.
- [7] Hestiyanningsih D.L., *Pengenalan Ucapan Kata Berkorelasi Tinggi dengan Metode Hidden Markov Model (HMM) melalui Ekstraksi Ciri Linear Predictive Coding (LPC)*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2005.
- [8] Kanungo, T., *Hidden Markov Models*, <http://www.cfar.umd.edu/~kanungo>, Maret 2005.
- [9] Little, J.N. and Shure, L., *Signal Processing Toolbox User's Guide*, The MathWorks, Inc., Natick, MA., 1992.
- [10] M, Sambur., *Adaptive noise canceling for speech signals*, IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing. vol. ASSP-26, No. 5, pp. 419-423, 1978.
- [11] Rabiner, L., Biing-Hwang Juang. *Fundamentals Of Speech Recognition*, New Jersey: Prentice Hall, 1993.

Biodata Penulis



Achmad Bayhaki, terlahir di kota Jakarta pada 25 Juli 1984. Telah menjalani pendidikan di Taman Kanak-kanak Al-Chasanah Kemanggisan Jakarta Barat, Sekolah Dasar Negeri 17 Palmerah Jakarta Barat, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Negeri 75 Jakarta, Sekolah Menengah Umum Negeri 78 Jakarta. Dan sekarang tengah menyelesaikan pendidikan Strata Satu di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Wahyudi, ST, MT
NIP. 132 086 662

Achmad Hidayatno, ST, MT
NIP. 132 137 933