

IMPLEMENTASI *HIDDEN MARKOV MODEL* UNTUK APLIKASI PENGENALAN SUARA DAN UCAPAN SEBAGAI SISTEM PENGAMANAN UNTUK PERANGKAT KOMPUTER/LAPTOP MENGUNAKAN *LINEAR PREDICTIVE CODING* (LPC)

Nasrullah¹, Ernawati², Endina Putri Purwandari³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Infomatika, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu.
1nasrullah_dja@yahoo.com, 2w_ier_na@yahoo.com, 3endinaputrip@gmail.com

Abstract

The security of computer devices is very necessary to keep the data in it can be securely maintained. In this research, security application for windows login process that uses user's voice and speech is built. The method used is Hidden Markov Model (HMM) method to identify matches user speech that is to say words that have meaning. Later it also used Linear Predictive Coding (LPC) as a feature extraction to recognize the user voice characteristic who uttered these words. Applications that built with both methods is a desktop application for the training and testing of user's voice and speech and the startup application for login process on computer devices. In this research, LPC methods implementation produces the same speech recognition to a different user by 100%, speech recognition that is different from the same user by 100%. Whereas HMM method application generates voice recognition based on the number of training by 84%, voice recognition based on the number of words spoken by 100%. For voice and speech recognition with a different tone of voice by the same user with average as many as 94%. This application is built with Delphi 7 programming language.

Keywords : Voice, Speech, Security, Windows, Computer, HMM, LPC

1. PENDAHULUAN

Penggunaan komputer saat ini sudah mempengaruhi hampir di seluruh aspek kehidupan. Komputer merupakan perangkat elektronik yang tidak lagi asing bagi masyarakat dunia. Saat ini hampir seluruh bidang pekerjaan menggunakan komputer untuk membantu seseorang dalam pekerjaannya. Dalam perkembangannya, komputer menjadi hal yang sangat penting. Agar komputer hanya dapat diakses oleh pemiliknya, maka diperlukan teknologi keamanan komputer.

Salah satu teknologi keamanan komputer yang sedang menjadi kebutuhan masyarakat adalah sistem keamanan komputer dengan menggunakan biometrik. Teknologi ini dapat dibidang cukup untuk melindungi data-data penting yang tersimpan di dalam perangkat komputer seseorang, karena setiap manusia memiliki ciri khas yang berbeda-beda/unik. Salah satu ciri khas yang dapat digunakan adalah suara. Suara manusia bersifat khas dan unik, serta dapat dibedakan antara satu manusia dengan manusia lainnya dilihat dari perbedaan frekuensi dan intonasi suara karena jenis suara tidak ada yang sama persis.

Berdasarkan hal tersebut, aplikasi pengamanan yang akan dibangun pada tugas akhir ini menggunakan pengenalan suara dan pengenalan ucapan. Suara dan ucapan adalah dua hal yang berbeda. Suara manusia merupakan bunyi yang keluar dari alat ucap yang bersifat khas dan unik, serta dapat dibedakan antara satu dengan lainnya. Sedangkan ucapan manusia merupakan kata atau kumpulan kata yang dibentuk oleh alat-
alat ucap manusia.

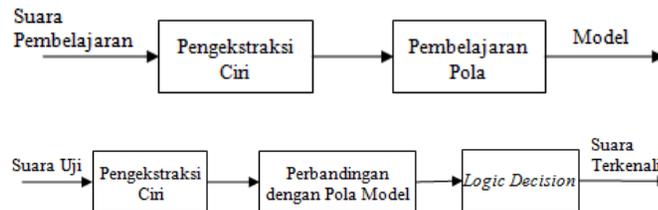
Kelebihan dari tugas akhir yang akan dikerjakan ini adalah mengkombinasikan dua bidang pengenalan

pola, yaitu pengenalan suara dan pengenalan ucapan. Pada penelitian ini, dua bidang pengenalan tersebut digunakan sebagai sistem keamanan untuk proses login perangkat komputer. Kata yang dapat diproses oleh aplikasi bersifat bebas dan jelas ucapannya. Berdasarkan penelitian Achmad Hidayatno dan Sumardi menurut referensi [6], penelitian M. Syamsa Ardisasmita menurut referensi [2], serta penelitian Susetyo Bagas Bhaskoro dan Altedzar Riedho W.D menurut referensi [4], penelitian yang telah dilakukan sebelumnya kebanyakan hanya mencakup satu bidang pengenalan, yaitu : pengenalan ucapan saja atau pengenalan suara saja. Selain itu, pada penelitian tersebut, kata yang dapat diucapkan hanya kata-kata tertentu saja dan tidak bersifat bebas.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka pada penelitian ini akan dibangun aplikasi desktop untuk proses login perangkat komputer dengan implementasi metode Hidden Markov Model sebagai pengenalan kata yang akan diucapkan oleh penutur. Selain itu, pada aplikasi diimplementasikan juga sistem analisis Linear Predictive Coding untuk memperoleh ekstraksi fitur atau ciri unik dari tiap pola suara sehingga aplikasi dapat mengenali siapa yang mengucapkan kata.

1.1. Pengenalan Suara

Suara merupakan sesuatu yang dapat didengar dan memiliki ciri sinyal tertentu, sedangkan ucapan merupakan suara yang terdiri dari kata-kata yang diucapkan. Pengenalan suara atau ucapan merupakan salah satu upaya agar suara dapat dikenali atau diidentifikasi sehingga dapat dimanfaatkan. Pengenalan suara dapat dibedakan ke dalam tiga bentuk pendekatan, yaitu pendekatan akustik-fonetik (the acoustic-phonetic approach), pendekatan kecerdasan buatan (the artificial intelligence approach), dan pendekatan pengenalan-pola (the pattern recognition approach) [15]. Blok diagram pengenalan pola pada pengenalan suara ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Blok Diagram Pembelajaran Pola dan Pengenalan Suara [15]

1.2. Pengenalan Ucapan dengan *Hidden Markov Model* (HMM)

Hidden Markov Model merupakan salah satu model automatic speech recognition. HMM digunakan sebagai algoritma pencarian pengenalan kata dalam sistem pengenalan ucapan.

Sebuah HMM menggabungkan dua atau lebih rantai Markov dengan hanya satu rantai yang terdiri dari state yang dapat diobservasi dan rantai lainnya membentuk state yang tidak dapat diobservasi (hidden), yang mempengaruhi hasil dari state yang dapat diobservasi. Probabilitas dari satu state ke state lainnya dinamakan transition probability. Suatu model HMM menurut referensi [13] secara umum memiliki unsur-unsur sebagai berikut:

- a. N, yaitu jumlah bagian dalam model. Secara umum bagian tersebut saling terhubung satu dengan yang lain, dan suatu bagian bisa mencapai semua bagian yang lain, serta sebaliknya (disebut dengan model ergodik). Namun hal tersebut tidak mutlak karena terdapat kondisi lain dimana suatu bagian hanya bisa berputar ke diri sendiri dan berpindah ke satu bagian berikutnya. Hal ini bergantung pada implementasi dari model.

- b. M, yaitu jumlah simbol observasi secara unik pada tiap bagiannya, misalnya: karakter dalam abjad, dimana bagian diartikan sebagai huruf dalam kata.
- c. Distribusi keadaan transisi $A = \{a_{ij}\}$ dengan

$$a_{ij} = P[qt+1 = j | qt = i], 1 \leq i, j \leq N \quad (1)$$

Keterangan:

A : Probabilitas transisi, a_{ij} : Himpunan probabilitas transisi dari state i ke state j, P : Simbol probabilitas, q : Simbol kondisi (state), qt : Kondisi pada waktu tertentu, qt+1 : Kondisi sesudah qt, i : Probabilitas dalam keadaan i, j : Probabilitas dalam keadaan j, N : Jumlah state dalam model.

- d. Distribusi probabilitas simbol observasi, $B = \{b_j(k)\}$ dengan

$$b_j(k) = P(ot = vk | qt = j),$$

untuk $1 \leq j \leq N, 1 \leq k \leq M$ (2)

Keterangan:

B : Probabilitas observasi, $b_j(k)$: Himpunan distribusi kemungkinan simbol pengamatan pada state j (emission probability), P : Simbol probabilitas, ot : State observasi pada waktu tertentu, vk : Himpunan terbatas untuk observasi yang mungkin terjadi, qt : Kondisi pada waktu tertentu, M : Jumlah simbol pengamatan yang dimiliki setiap state

- e. Distribusi keadaan awal

$$= P[qt = i] \quad 1 \leq i \leq N \quad (3)$$

Keterangan:

: Distribusi state awal, : Himpunan probabilitas distribusi state awal

Setelah memberikan nilai N, M, A, B, dan π , maka proses ekstraksi dapat diurutkan. Berikut adalah tahapan ekstraksi pengenalan ucapan berdasarkan HMM :

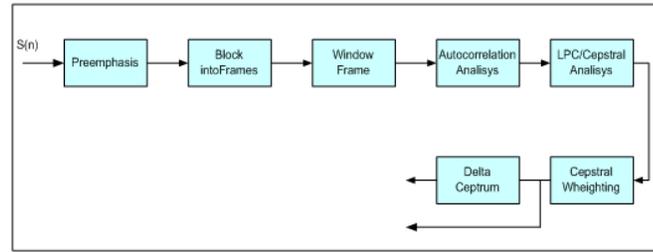
- a. Tahap ekstraksi tampilan.
Penyaringan sinyal suara dan pengubahan sinyal suara analog ke digital.
- b. Tahap tugas pemodelan.
Pembuatan suatu model HMM dari data-data yang berupa sampel ucapan sebuah kata yang sudah berupa data digital.
- c. Tahap sistem pengenalan HMM.
Penemuan parameter-parameter yang dapat merepresentasikan sinyal suara untuk analisis lebih lanjut.

1.3. Ekstraksi Ciri HMM dengan *Linear Predictive Coding (LPC)*

Model LPC dipakai secara luas dalam pengembangan sistem pengenalan ucapan dengan alasan-alasan sebagai berikut:

- a. *Linier Predictive Coding* Merupakan model yang baik dalam pemrosesan sinyal ucapan khususnya untuk sinyal ucapan dalam waktu yang singkat.
- b. Dalam analisis sinyal ucapan, LPC mampu membedakan jenis jalur produksi suara yang masuk.
- c. Metode ini relative sederhana dan jitu untuk diimplementasikan dalam bentuk perangkat lunak maupun perangkat keras.

Blok Diagram LPC untuk sistem pengenalan ucapan dengan metode *Hidden Markov Models (HMM)* menurut referensi [13] bisa dilihat pada gambar di bawah ini.



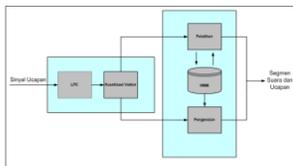
Gambar 2. Block Diagram LPC metode HMM (Dimodifikasi) [13]

Tahap-tahap proses dari Gambar 2 di atas adalah:

- Preemphasis* : Proses perubahan sinyal speech/sinyal ucapan menjadi sinyal rata. Sinyal suara $s(n)$ dimasukkan ke dalam sistem digital orde rendah yang digunakan untuk meratakan spektrum sinyal.
- Blocking into frames* : Proses pembagian sinyal rata kedalam beberapa block. Sinyal suara hasil dari proses preemphasis $s(n)$ diblok atau dibagi ke dalam beberapa frame yang terdiri dari N -sampel suara, dengan jarak antara frame yang berdekatan dipisahkan oleh M -sampel. Jika $M \leq N$, beberapa frame yang berdekatan akan saling overlap dan hasil estimasi spektral LPC akan berkorelasi dari frame ke frame. Sebaliknya, jika $M > N$, tidak akan ada overlap antara frame yang berdekatan sehingga beberapa isyarat sinyal suara akan hilang total.
- Frame windowing* : Memecah block dalam satu window, dalam artian block dipecah menjadi sub-block. Windowing digunakan untuk mengurangi discontinuitas (perubahan/perbedaan) sinyal pada awal dan akhir frame.
- Auto Correlation analysis* : Setiap frame dari sinyal setelah melalui proses windowing, kemudian dilakukan analisis autokorelasi.
- LPC/Cepstral Analysis* : Untuk menganalisa suara yaitu dengan cara mengambil ekstraksi feature (ciri) suara yang diambil.
- Ceptral Weighting* : Vector-vector dari window tersebut dilakukan penentuan frame-frame vector.
- Delta Ceptrum* : Berdasarkan vector dengan frame dicari nilai tengah yang selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk proses pengenalan dan pelatihan.

1.4. Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem digambarkan secara global komponen-komponen yang membangun sistem dan fungsi atau perannya dalam sistem, serta hubungan antar komponen-komponen tersebut.



Untuk membangun aplikasi sistem pengamanan dengan suara dan ucapan untuk perangkat komputer/laptop ini diperlukan sebuah engines speech recognition. Engines yang akan dibangun menggunakan metode Hidden Markov Models (HMM). Arsitekturnya dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.

Gambar 3. Arsitektur *Automatic Speech Recognition* (ASR) (Dimodifikasi) [13]

Penjelasan komponen pembangunan sistem sesuai Gambar 3 di atas adalah sebagai berikut.

- Linear Predictive (LPC)* berfungsi sebagai penganalisis ciri-ciri khas sinyal dari data sinyal ucapan digital yang dimasukkan user.
- Kuantisasi *vector* berfungsi melakukan pengkodean vector ciri-ciri khas sinyal kedalam bentuk symbol HMM.

- c. Pelatihan berfungsi melakukan pengestimasi ulang parameter-parameter HMM dari suatu kata berdasarkan suatu data latih yang dimasukkan pengguna sehingga diasumsikan parameter HMM hasil estimasi memiliki kualitas yang lebih baik. Diimplementasikan berdasarkan metoda Hidden Markov Model.
- d. Pengenalan berfungsi melakukan perhitungan probabilitas kemiripan pola dari tiap-tiap model HMM yang dimiliki sistem terhadap data observasi yang dimasukkan user, kemudian menentukan model HMM yang paling mirip yaitu yang memiliki probabilitas kemiripan tertinggi. Diimplementasikan berdasarkan metoda Hidden Markov Model.

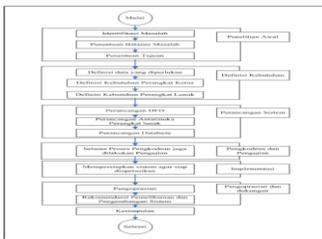
Sinyal suara yang diberi symbol $s(n)$ dimasukkan ke dalam ekstraksi ciri dengan menggunakan LPC sehingga didapatkan vektor runtun observasi (dengan symbol O). Kemudian dihitung probabilitas dari runtun observasi terhadap model HMM untuk masing-masingnya. Hasil perhitungan dipilih probabilitas yang paling maksimum untuk kemudian ditetapkan sebagai kata terkenali dengan keluaran berupa segmen dan bit suara.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data menggunakan populasi dan sampel. Populasi dalam penelitian ini adalah pengguna komputer (user) dengan sampel yang akan digunakan berjumlah 10 user yang berada disekitaran peneliti di daerah Bengkulu. Setiap user akan diambil sampel suara dan ucapannya sebanyak 5-10 kali pengucapan untuk proses pelatihan. Kemudian akan diujicoba pengenalnya menggunakan proses pengujian. Selanjutnya dipakai untuk kode kunci saat proses login OS Windows.

2.2. Metode Pengembangan Sistem



Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah model waterfall. Metode ini mempunyai tahapan-tahapan yang jelas, nyata dan praktis. Setiap tahap harus diselesaikan terlebih dahulu untuk menghindari terjadinya pengulangan dalam tahapan sehingga pengembangan sistem yang dilakukan dapat memperoleh hasil yang diinginkan. Metode waterfall yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini.

Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

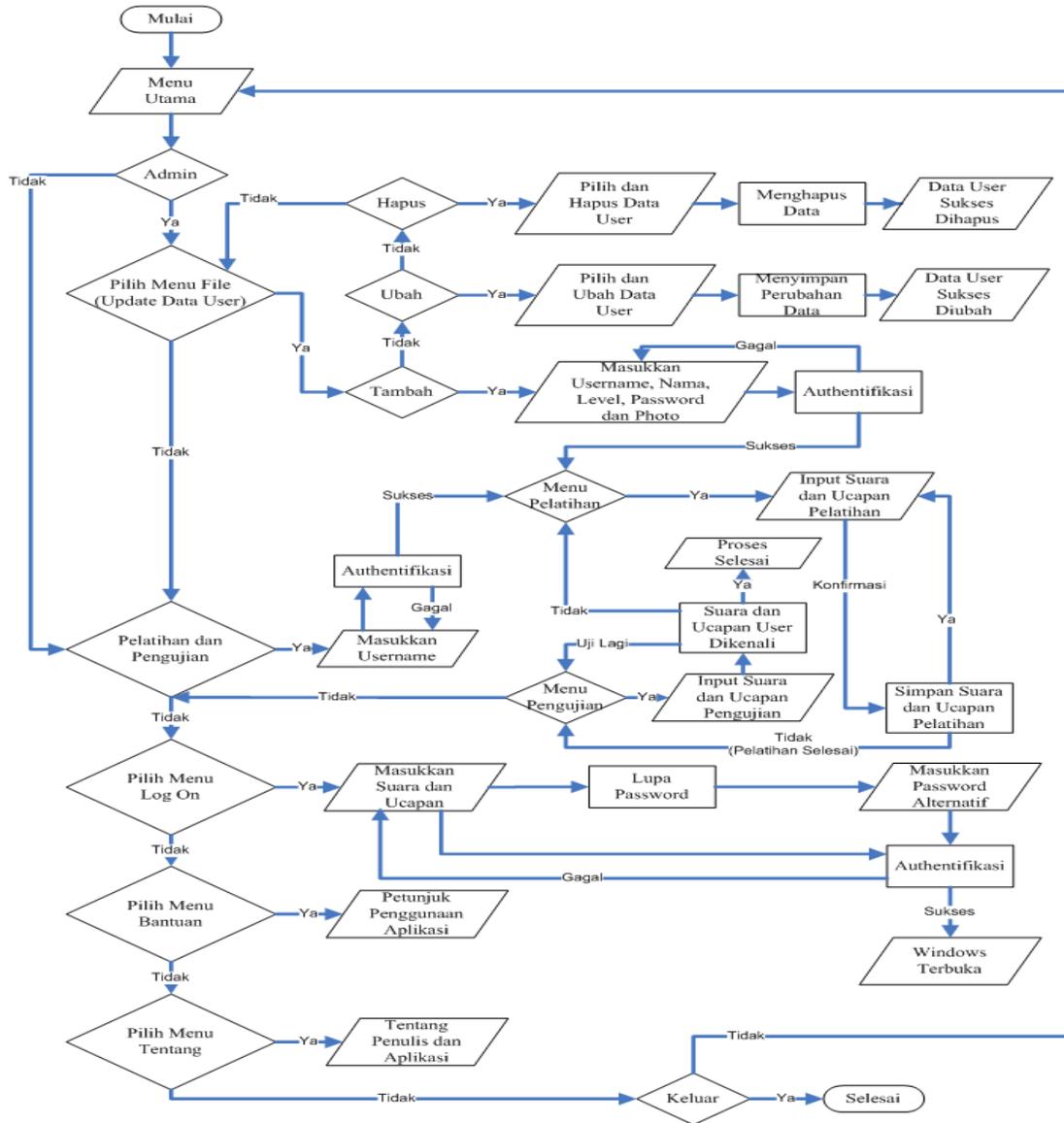
2.3. Metode Pengujian Sistem

Proses pengujian yang dilakukan pada aplikasi yang dibangun menggunakan dua metode pengujian yaitu *white box testing* dan *black box testing*.

3. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1. Analisis Antarmuka Pengguna

Analisis Antarmuka Pengguna dibuat berdasarkan alur penggunaan antarmuka mulai dari memasukkan input sampai dengan menghasilkan keluaran output. Secara garis besar alur antarmuka yang akan dibangun dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



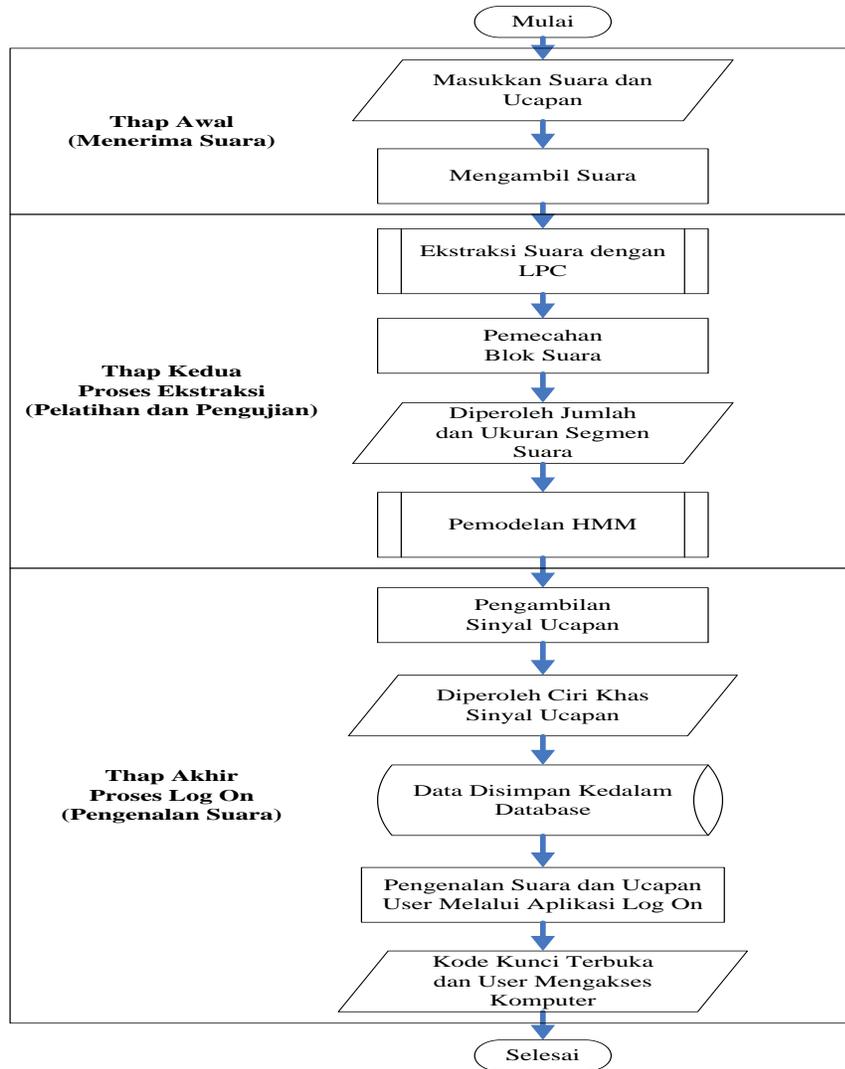
Gambar 5. Diagram Antarmuka Sistem

Secara garis besar, berdasarkan diagram alir pada Gambar 5 di atas dapat dilihat bahwa aplikasi yang dibangun, memiliki input berupa kode kunci suara dan ucapan user dan menghasilkan output berupa sistem pengamanan perangkat komputer terbuka saat kondisi suara dan ucapan user dapat dikenali oleh aplikasi sehingga user dapat mengakses perangkat komputernya.

3.2. Analisis Alur Kerja Sistem (HMM dan LPC)

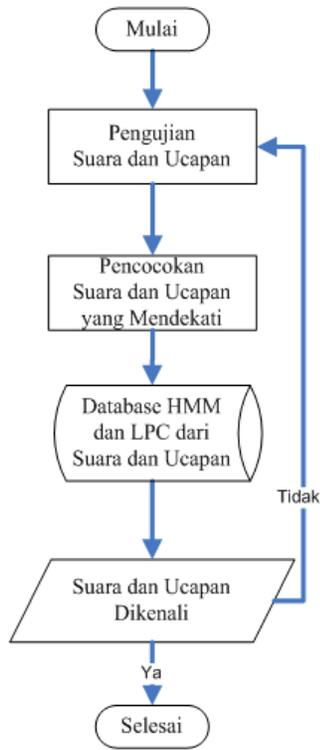
Penggunaan metode LPC merupakan tahapan analisis untuk mengolah suara user dengan proses ekstraksi, sehingga akan diperoleh ciri khas dari sinyal suara. Implementasi HMM adalah metode yang diperlukan untuk mengolah ucapan user menjadi pola model berupa bit suara. Dengan menggunakan kedua metode tersebut suara user akan diproses oleh aplikasi dan disimpan ke dalam database dengan model pola-pola

yang khas dan unik. Data yang terbentuk dalam database akan digunakan untuk proses pengenalan suara dan ucapan user untuk proses pengujian dan untuk membuka kode kunci perangkat komputer. Hasil analisis alur kerja sistem dengan kedua metode ini dapat diperlihatkan oleh Gambar 6 berikut.

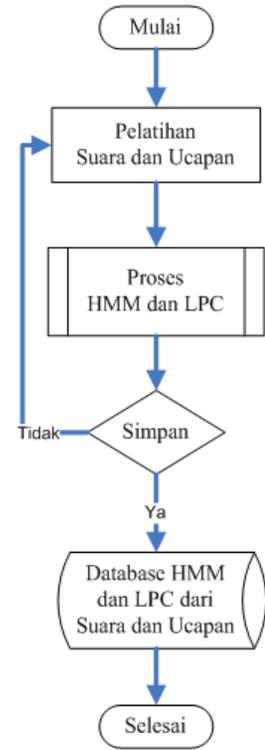


Gambar 6. Alur Kerja Sistem (HMM dan LPC)

Proses pelatihan bertujuan untuk melatih dan menyimpan suara dan ucapan user ke dalam database. Proses pelatihan merupakan proses pengambilan suara dan ucapan dengan HMM dan LPC yang berupa ekstraksi suara dan ucapan dalam bentuk segmen dan bit suara dengan pola model tertentu. Model suara ini berupa bit-bit yang akan disimpan ke dalam database. Proses pengujian merupakan proses mencocokkan suara uji user dengan kumpulan model suara yang paling mendekati dengan data suara dan ucapan user yang tersimpan dalam database. Alur kerja yang terjadi di dalam sistem untuk proses pelatihan dan pengujian suara dan ucapan user dengan implementasi HMM dan LPC dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 berikut ini.



Gambar 7. Alur Proses Pelatihan

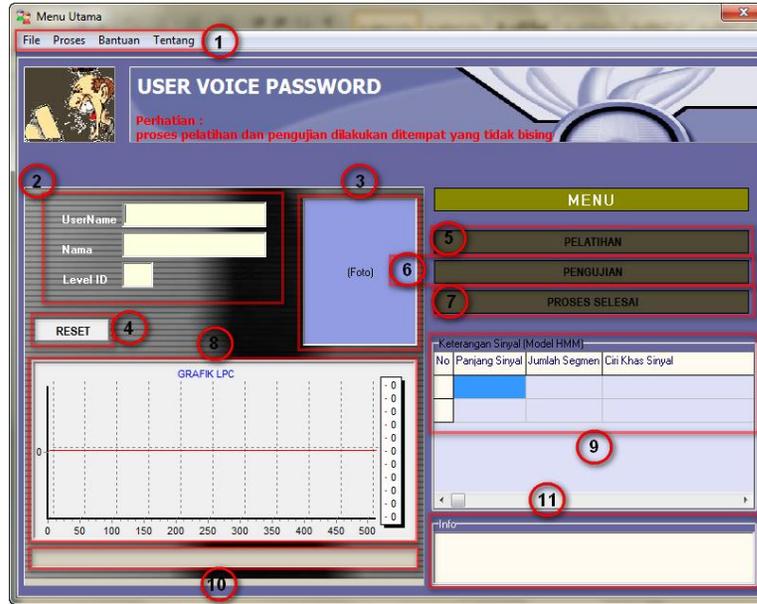


Gambar 8. Alur Proses Pengujian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Antarmuka

Tampilan form utama aplikasi yang dibangun dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Menu Utama

Tabel 1. Keterangan Menu Utama

No	Keterangan	Fungsi
1	Menu pilihan utama	Memberikan pilihan submenu untuk suatu operasi lanjutan
2	Kolom isian untuk data <i>user/admin</i>	Agar dapat melakukan proses pelatihan dan pengujian suara dan ucapan
3	Foto <i>admin/user</i> yang sedang aktif	Menunjukkan tampilan gambar <i>user</i> untuk <i>log on</i>
4	Tombol <i>reset</i>	Mengulang isian data
5	Tombol pelatihan	Untuk melatih suara dan ucapan yang akan digunakan saat akan <i>log in</i>
6	Tombol pengujian	Untuk mengetahui hasil pencocokan suara dan ucapan yang telah dilatih
7	Tombol proses selesai	Untuk menyelesaikan proses pelatihan/pengujian suara dan ucapan
8	Grafik LPC	Untuk melihat spektrum ciri khas sinyal suara masuk
9	Tabel keterangan sinyal (Model HMM)	Menampilkan pecahan sinyal suara dan ucapan yang masuk dalam bentuk <i>Hidden Markov Model</i>
10	Indikator suara	Memberikan tanda sinyal suara dan ucapan yang masuk
11	Pesan memo	Memberikan pesan yang terkait dengan tombol yang diklik

Tampilan form Log In yang akan tampil pada saat startup os windows dapat dilihat pada Gambar 10. berikut.



Berdasarkan Gambar 10 ini, user yang memiliki kode kunci untuk mengakses komputer harus memilih akun untuk login dengan cara klik

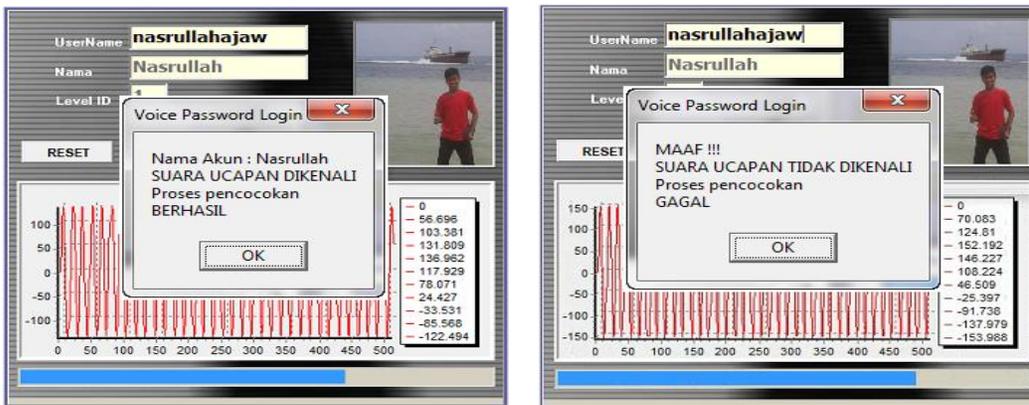
<http://research.pps.dinus.ac.id>

gambar akun, sehingga pada field akan muncul nama user yang akan login dengan menggunakan suara dan ucapan. Saat gambar akun tersebut diklik lagi, maka sistem akan meminta kode kunci berupa suara dan ucapan. Namun, jika suara user sedang bermasalah atau user lupa kode kuncinya, user bisa melakukan login alternatif dengan cara klik “Lupa Password ?”

Gambar 10. Tampilan Login Windows

4.2. Hasil Pengujian Penerapan LPC

Pengujian ini dilakukan untuk membuktikan apakah metode LPC cocok untuk mengenali suara user yang telah dilatih (10 kali pelatihan), tetapi tidak cocok jika menggunakan suara yang berasal dari user yang berbeda. Gambar 11. merupakan hasil pengujian penerapan metode *Linear Predictive Coding* dalam mengenali suara user.



(a) User Sama

(b) User Berbeda

Gambar 11. Hasil Pengujian Penerapan Metode LPC

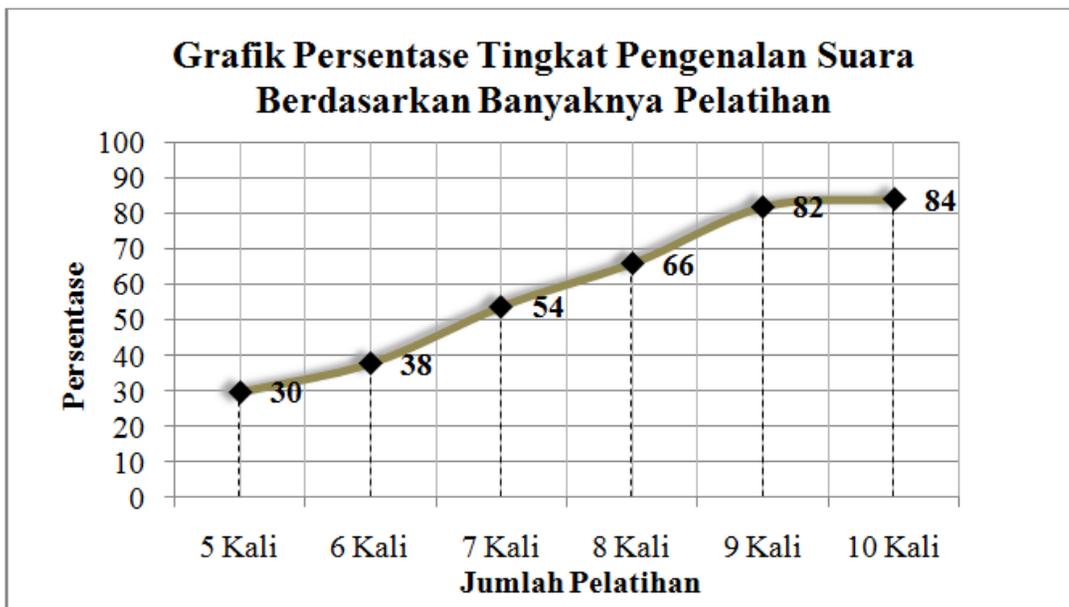
4.3. Hasil Pengujian Penerapan Metode HMM

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bentuk segmen suara yang berupa ucapan melalui proses HMM. Dengan metode ini segmen suara tersebut dibentuk ke dalam pola model tertentu yang disebut model markov. Berikut ini Gambar 12. merupakan Hasil Pengujian Penerapan HMM.

No	Panjang Sinyal	Jumlah Segmen	Ciri Khas Sinyal
1	8940	87	2 2 2 2 0 25 15 15 15 15 25 2
2	9897	96	6 6 6 6 4 0 15 0 15 15 15 15
3	9420	92	2 6 2 4 0 0 15 15 15 0 15 15
4	9539	93	4 5 6 0 15 0 20 25 15 15 15 1
5	9276	90	2 6 6 0 25 25 25 25 15 15 30

Gambar 12. Hasil Pengujian Penerapan Metode HMM

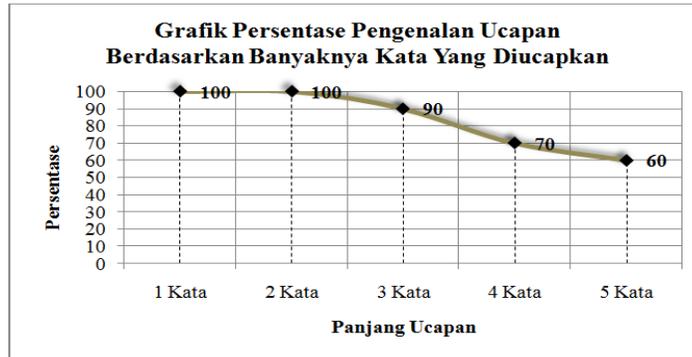
4.4. Hasil Pengenalan Suara Berdasarkan Banyaknya Pelatihan



Gambar 13. Hasil Pengenalan Suara Berdasarkan Banyaknya Pelatihan

Dari hasil pengujian tersebut, dapat diketahui bahwa semakin banyak proses pelatihan, maka semakin mudah proses pengenalan suara user. Berdasarkan grafik pada Gambar 13 di atas, tingkat akurasi pengenalan tertinggi adalah 10 kali pelatihan dengan persentase sebesar 84%.

4.5. Hasil Pengenalan Ucapan Berdasarkan Banyaknya Kata yang Diucapkan



Gambar 14. Hasil Pengenalan Ucapan Berdasarkan Banyaknya Kata yang Diucapkan

Dari hasil pengujian tersebut, dapat diketahui bahwa semakin panjang kata yang diucapkan, maka akan semakin sulit proses pengenalan suara user tersebut. Hal ini disebabkan karena saat proses pelatihan tidak seluruh kata dapat diproses oleh aplikasi. Berdasarkan grafik pada Gambar 14 di atas, terlihat bahwa pelatihan dengan panjang 1 – 2 kata memberikan hasil terbaik, yaitu 100%.

4.6. Hasil Pengujian terhadap Pengenalan Ucapan yang Sama kepada User yang Berbeda



Berdasarkan grafik pada Gambar 15, terlihat bahwa pengenalan ucapan dengan user berbeda tidak dapat dikenali. Jadi, pengenalan ucapan hanya dapat dilakukan oleh suara user yang sama.

Gambar 15. Hasil Pengujian terhadap Pengenalan Ucapan yang Sama dengan User yang Berbeda

4.7. Hasil Pengujian terhadap Pengenalan Ucapan yang Berbeda dari User yang Sama



Berdasarkan grafik pada Gambar 16, terlihat bahwa pengenalan ucapan berbeda tidak dapat dikenali. Jadi, pengenalan ucapan hanya dapat dilakukan oleh suara user yang sama dan ucapan yang sama juga.

Gambar 16. Hasil Pengujian terhadap Pengenalan Ucapan yang Berbeda dari User yang Sama

4.8. Hasil Pengujian terhadap Pengenalan Suara dan Ucapan dengan Intonasi Suara Berbeda oleh User yang Sama



Berdasarkan grafik pada Gambar 17 terlihat bahwa proses pengenalan memiliki tingkat akurasi yang tinggi, yang artinya tingkat kegagalan lebih besar daripada tingkat keberhasilan untuk membuka kode kunci dengan intonasi suara yang berbeda.

Jadi, proses pengenalan suara dan ucapan hanya dapat dikenali jika suara uji memiliki intonasi yang sama dengan suara latihan.

Gambar 17. Hasil Pengujian terhadap Pengenalan Suara dan Ucapan dengan Intonasi Suara Berbeda oleh User yang Sama

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka secara umum dapat diambil kesimpulan bahwa:

- Penelitian ini telah menghasilkan aplikasi pengaman perangkat komputer berbasis *desktop* dengan kunci pengamanan berupa suara dan ucapan pengguna menggunakan metode *Hidden Markov Model* (HMM) dan *Linear Predictive Coding* (LPC).
- Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh tingkat akurasi untuk penerapan metode *Linear Predictive Coding* (LPC) dengan pengenalan ucapan yang sama kepada user yang berbeda sebesar 100%, pengenalan ucapan yang berbeda dari user yang sama sebesar 100%. Dan penerapan metode *Hidden Markov Model* (HMM) dengan pengenalan suara berdasarkan banyaknya pelatihan sebesar 84%, pengenalan ucapan berdasarkan banyaknya kata yang diucapkan sebesar 100%. Sedangkan pengenalan suara dan ucapan dengan intonasi suara berbeda oleh user yang sama rerata sebesar 94%.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

- Aplikasi pengamanan dengan suara dan ucapan ini, sistem pengenalannya memerlukan tempat pelatihan dan pengujian yang jauh dari gangguan (noise). Sistem ini masih memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan kehandalan dalam pengenalan suara ucapan user dengan tingkat gangguan (noise) yang dapat diabaikan oleh sistem dengan mengimplementasikan metode lain yang lebih handal.
- Sistem pengamanan ini perlu pengembangan yang lebih lanjut lagi agar dapat digunakan pada perangkat komputer dengan sistem operasi lain atau pada perangkat *smartphone* yang berbasis *Android*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ade, Cahyana. 2005. Implementasi teknologi biometric untuk sistem absensi perkantoran. Pusat Penelitian Informatika (PPI-LIPI).
- [2] Ardisasmit, M. Syamsa. 2003. Sistem Kendali Peralatan Dengan Perintah Suara Menggunakan Model *Hidden Markov* dan Jaringan Syaraf Tiruan. http://www.batan.go.id/ppin/lokakarya/LKSTN_14/msyamsa.pdf. diakses pada tanggal 10 Mei 2014.
- [3] Baecker, Ronald M, Jonathan Grudin, William A. X. Buxton, Saul Greenberg. 1995. *Human-Computer Interaction : Toward the Year 2000 (Second Edition)*.
- [5] Bhaskoro, Susetyo Bagas dan Altedzar Riedho W.D. 2012. Aplikasi Pengenalan Gender Menggunakan Suara. <http://journal.uui.ac.id/index.php/Snati/article/viewFile/2947/2719>. diakses pada tanggal 13 Mei 2014.

- [6] Fathansyah. 2012. Basis Data. Bandung: Informatika.
- [7] Hidayatno, Achmad dan Sumardi. 2009. Pengenalan Ucapan Kata Terisolasi dengan Metode Hidden Markov Model (HMM) melalui Ekstraksi Ciri Linear Predictive Coding (LPC). <http://achmad.blog.undip.ac.id/files/2009/05/makalah-hb-pertama.pdf>. diakses pada tanggal 11 Mei 2014.
- [8] Kadir, A. 2003. Dasar Aplikasi Database MySQL-Delphi. Yogyakarta: ANDI.
- [9] Kadir, A. 2009. Dasar Perancangan & Implementasi Database Relasional. Yogyakarta: ANDI.
- [10] Pangestu, Danu Wira. 2007. Dasar Teori Metodologi Penelitian. <http://fp.ustjogja.ac.id/materi/1318400537dasar%20metodologi,%202.pdf>. diakses pada tanggal 27 April 2014.
- [11] Permana, Budi. 2007. Student Guide Series : Microsoft Office Access 2007. Jakarta: Elex Media Komputindo
- [12] Pressman, R. S. 2002. Rekayasa Perangkat Lunak. Yogyakarta: Andi.
- [13] Rabiner, L.R., Juang, B.H. 1993. Fundamentals Of Speech Recognition. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall.Inc.
- [14] Rabiner, L.R. Tutorial on Hidden Markov Model and Selected Applications in Speech Recognition. Proceeding of the IEEE, Vol.77 NO. 2 February 1989.
- [15] Rosa dan Shalahuddin, M. 2011. Modul Pembelajaran Rekayasa Perangkat Lunak. Bandung: Modula.
- [16] Saksono, Muh. Widyanto Tri, Achmad Hidayatno , dan Ajub Ajulian Z. 2008. Aplikasi Pengenalan Ucapan Sebagai Pengatur Mobil Dengan Pengendali Jarak Jauh. http://eprints.undip.ac.id/4310/1/mar08_t05_ucapan_ayub.pdf. diakses pada tanggal 03 April 2014.
- [17] Silalahi, Ulber. 2012. Metode Penelitian Sosial. Bandung: PT. Refika Aditama.
- [18] Sudiro, Ahmad. 2012. Metode Penelitian. <http://achmadsudirofebub.lecture.ub.ac.id/2012/02/100/>. diakses pada tanggal 25 April 2014.
- [19] Sugiyono. 2006. Statistika Untuk Penelitian. Cetakan Ketujuh, Bandung: Alfabeta.
- [20] Sugiyono. 2011. Metode Penelitian Kuantitatif, kualitatif dan R & D. Bandung: Alfabeta.
- [21] Susanto, Indra. 2011. Pengenalan Suara Alat Musik Dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) Learning Vector Quantization (LVQ) Melalui Ekstraksi Koefisien Cepstral. <http://eprints.undip.ac.id/25567/1/ML2F099611.pdf>. diakses pada tanggal 25 April 2014.