

APLIKASI PENGENALAN UCAPAN HURUF JEPANG MENGGUNAKAN HIDDEN MARKOV MODEL (HMM)

Dahlan Abdullah*¹, Cut Ita Erliana*²

*¹ Prodi Teknik Informatika, Universitas Malikussaleh, Aceh, Indonesia

*² Prodi Teknik Industri, Universitas Malikussaleh, Aceh, Indonesia

Email : dahlan.unimal@gmail.com , cutitha@gmail.com

Abstrak

Jika dibandingkan dengan bahasa asing yang lain, bahasa Jepang tergolong cukup mudah dipelajari, hurufnya tidak serumit bahasa Mandarin. Dalam pembelajaran, pengucapan huruf Jepang dengan benar sangat berpengaruh dalam berkomunikasi. Pengenalan ucapan adalah suatu proses yang dilakukan komputer untuk mengenali kata-kata yang diucapkan oleh seseorang tanpa memperdulikan identitas orang terkait. Kata-kata tersebut akan diubah bentuknya menjadi sinyal digital dengan cara mengubah gelombang suara menjadi sekumpulan angka lalu disesuaikan dengan kode-kode tertentu dan dicocokkan dengan suatu pola yang tersimpan dalam database. Dalam penelitian ini membahas tentang bagaimana pengenalan ucapan huruf Jepang menggunakan Hidden Markov Model (HMM). HMM adalah suatu model statistik dari sebuah sistem yang diasumsikan sebuah proses Markov dengan parameter-parameter yang tidak diketahui dan memiliki ketepatan dalam identifikasi suara. Untuk ekstraksi ciri sinyal menggunakan metode statistik yaitu Mean dan Transformasi Mellin. Penelitian dilakukan dengan 10 orang yang mengucapkan huruf konsonan vokal Jepang Hiragana yaitu “Ka, Ki, Ku, Ke, Ko, Sa, Shi, Su, Se, So”. Hasil dari pengenalan ucapan menunjukkan keakuratan aplikasi dengan nilai kedekatan rata-rata adalah 0,83234179 atau 83%.

Kata Kunci : *Huruf Jepang, Hidden Markov Model, Mean, Pengenalan Ucapan, Statistik, Transformasi Mellin.*

A. PENDAHULUAN.

Manusia adalah makhluk sosial yang memerlukan komunikasi satu dengan yang lain, untuk itu manusia memerlukan alat bantu agar bisa saling berinteraksi. Suara merupakan alat komunikasi yang paling dasar yang digunakan oleh manusia, suara adalah cara alami yang ada pada manusia yang digunakan untuk berkomunikasi. Manusia dapat memproduksi suaranya

dengan mudah tanpa memerlukan energi yang besar. Proses pengenalan suara sudah dilakukan oleh manusia sejak balita yaitu ketika sudah dapat mendengar dan mampu mengeluarkan bunyi. Proses ini juga dilakukan melalui pembelajaran, yaitu belajar mengenal ucapan yang didengar. Pada manusia sendiri, mengenali ucapan yang didengar tidaklah begitu sulit. Pada diri manusia mempunyai sistem informasi yang sangat canggih dan juga memiliki



pengenalan pola yang sangat baik. Dalam berkomunikasi sesama manusia, diperlukan alat untuk saling menyampaikan maksud, yaitu bahasa. Di dunia ini terdapat begitu banyak bahasa, di setiap negara memiliki bahasa masing-masing. Maka dari itu, sangat penting bagi manusia untuk mengetahui berbagai macam bahasa, sehingga tidak terjadi kesalahpahaman dalam berkomunikasi dan berbagi informasi dengan yang lainnya. Bahasa Jepang termasuk dalam sederet bahasa asing yang banyak dipelajari di Indonesia selain bahasa Inggris, Jerman, Perancis, China (mandarin), Korea, dan masih banyak lagi lainnya. Banyak manfaat yang bisa kita dapatkan dari bahasa Jepang. Pemerintah, perusahaan dan instansi pendidikan Jepang memperluas kesempatan bagi pelajar internasional untuk belajar maupun magang di Negara Jepang. Banyaknya beasiswa bagi pelajar asing yang ditawarkan oleh pemerintah dan perusahaan Jepang membuktikan keseriusan Jepang dalam usahanya menarik pelajar asing.

Belajar bahasa Jepang tidaklah sulit, sama seperti bahasa negara lain, hal pertama yang harus dilakukan dalam mempelajari suatu bahasa adalah mengenali huruf dari bahasa tersebut. Dengan mempelajari huruf-huruf bahasa Jepang, akan lebih mudah dalam mengucapkan kata dan kalimat dalam berbahasa, agar tidak terjadi kesalahpahaman dalam berkomunikasi satu sama lain. Saat ini ketika teknologi semakin berkembang, manusia tidak hanya belajar dengan manusia saja, tetapi bisa juga dengan perangkat teknologi. Seiring perkembangan zaman, teknologi yang

semakin pesat khususnya di bidang teknologi informasi telah memungkinkan manusia menciptakan perangkat perangkat yang semakin canggih pula. Salah satu teknologi tersebut adalah *Speech Recognition* atau pengenalan ucapan. *Speech Recognition* telah memungkinkan suatu perangkat untuk mengenali dan memahami kata-kata yang diucapkan dengan cara digitalisasi kata dan mencocokkan sinyal digital dengan suatu pola tertentu. Kata-kata yang diucapkan diubah bentuknya menjadi sinyal digital dengan cara mengubah gelombang suara menjadi sekumpulan angka yang kemudian disesuaikan dengan kode-kode tertentu untuk mengidentifikasi kata-kata tersebut. Hasil dari identifikasi kata yang diucapkan dapat ditampilkan dalam bentuk tulisan atau dapat dibaca oleh perangkat teknologi. Dalam proses pengolahan dan pengenalan sinyal suara atau ucapan (*Speech/Voice Recognition*), berbagai metode telah banyak diterapkan. Beberapa metode diantaranya adalah Fuzzy Logic, Neural Network dan Hidden Markov Model (HMM). Penggunaan metode (Hidden Markov Model) HMM lebih kompleks dibandingkan metode pengenalan dengan Fuzzy Logic dan Neural Network, tetapi menghasilkan pengenalan yang lebih optimum. Oleh karena itu penulis tertarik untuk menerapkan metode HMM ke dalam proses pengenalan ucapan (*Speech Recognition*).

B. METODOLOGI

Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada proses pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

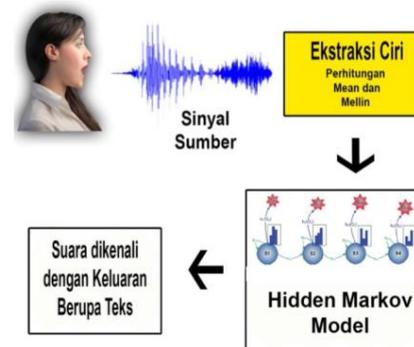
1. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian, teknik pengumpulan data merupakan faktor penting demi keberhasilan penelitian. Hal ini berkaitan dengan bagaimana cara mengumpulkan data, siapa sumbernya, dan apa alat yang digunakan.

- a. Studi Kepustakaan Studi kepustakaan adalah teknik pengumpulan data dengan mengadakan studi penelaahan terhadap buku-buku, literatur-literatur, catatan-catatan, dan laporan-laporan yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan. Studi kepustakaan dilakukan untuk mengumpulkan data dan informasi, teori-teori yang mendasari tentang masalah yang berhubungan dengan penelitian. Melakukan studi kepustakaan terhadap berbagai referensi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, seperti membaca buku-buku yang berkaitan dengan pengenalan ucapan, huruf bahasa Jepang dan juga mempelajari mengenai penerapan metode yang digunakan dalam penelitian ini.
- b. Browsing Internet Browsing internet yaitu mencari referensi-referensi yang berkaitan di internet. Hal ini dilakukan untuk pencarian lanjutan untuk data dan informasi yang berkaitan dengan pengenalan ucapan, mulai dari referensi-referensi tentang pengenalan ucapan dan metode yang akan digunakan dalam penelitian.

2. Skema Sistem

Skema sistem dari pembuatan aplikasi pengenalan ucapan huruf Jepang diilustrasikan pada gambar 1:

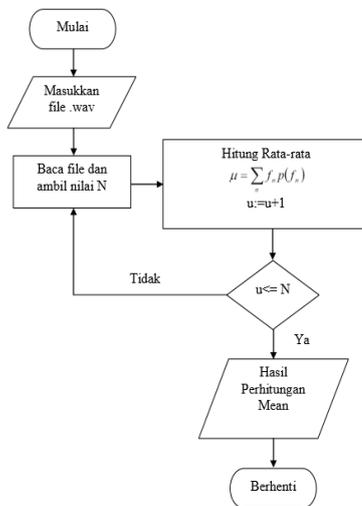


Gambar 1. Skema Sistem

Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan pada gambar 1 adalah:

1. Memasukkan suara berformat .wav. Suara disini adalah sinyal suara asli dan dimisalkan sebagai sinyal sumber.
2. Suara yang diinputkan kemudian di ekstraksi ciri-ciri sinyalnya dengan menghitung parameter ciri statistik yaitu menggunakan mean dan menghitung energinya menggunakan transformasi mellin.
3. Pada tahap terakhir yaitu proses pengenalan suara menggunakan metode Hidden Markov Model (HMM).
4. Setelah suara dikenali, maka akan muncul keluaran yang berupa teks yang sesuai dengan suara yang diucapkan.

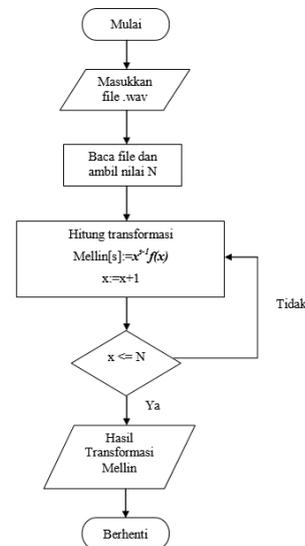
3. Skema Mean



Gambar 2. Skema Mean

Pada tahap ini, sistem menerima inputan nilai sinyal dari file suara berformat .wav dan selanjutnya sistem melakukan ekstraksi ciri sinyal dengan perhitungan mean atau rata-rata, yaitu menjumlahkan semua nilai sinyal kemudian dibagikan dengan total dari banyaknya sinyal. Hal ini terus diulang hingga nilai u memenuhi perulangan maksimum.

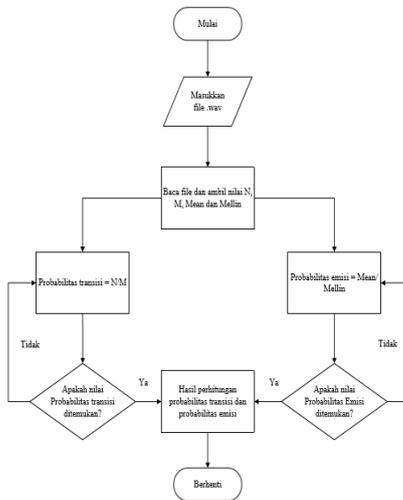
4. Skema Tranformasi Mellin



Gambar 3. Skema Tranformasi Mellin

Pada tahap ini, sistem menerima inputan nilai sinyal dari file suara berformat .wav dan selanjutnya sistem melakukan perubahan domain ke domain baru dengan menghitung energinya menggunakan transformasi mellin, yaitu dengan mengalikan nilai sinyal dengan index sinyal yang dipangkatkan. Langkah ini terus diulang sehingga nilai x memenuhi perulangan maksimum.

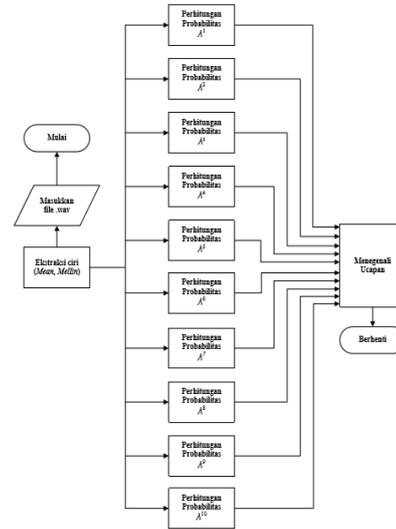
5. Skema Pemodelan Ucapan



Gambar 4. Skema Pemodelan Ucapan

Pada tahap ini, sistem menerima inputan nilai sinyal dari file suara berformat .wav dan selanjutnya sistem menentukan probabilitas transisi dan probabilitas emisi, probabilitas transisi dihitung dari membagi nilai sinyal dengan nilai sebaran dari sinyal dan probabilitas emisi dihitung dari membagi nilai rata-rata (mean) dari sinyal dengan nilai energy (mellin) dari sinyal. Langkah ini terus diulang sehingga nilai sinyal memenuhi perulangan maksimum.

6. Skema Pengenalan Ucapan



Gambar 5. Skema Pengenalan Ucapan

Tahap ini merupakan tahap terakhir dari sistem, yaitu pengenalan suara atau ucapan. Pada tahap ini sistem menerima inputan nilai sinyal yang telah di ekstraksi, kemudian mengambil probabilitas sinyal yang ada dalam database, dan yang terakhir yaitu menghitung probabilitas maksimum dari nilai sinyal baru dengan nilai sinyal yang ada dalam database. Setelah probabilitas maksimum ditemukan, sistem mengeluarkan hasil pengenalan suara.

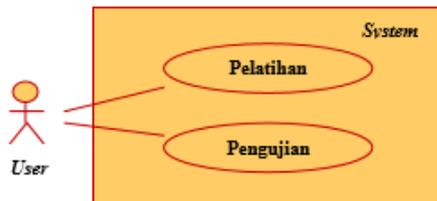
C. PEMBAHASAN

Dalam merancang aplikasi ini digunakan beberapa activity, yaitu activity ekstraksi ciri, activity pelatihan ucapan dan activity pengenalan ucapan. Pada activity ekstraksi ciri akan digunakan perhitungan rata-rata (mean) dan menghitung energi berdasarkan Mellin. Pada activity pemodelan ucapan akan digunakan metode Hidden Markov Model untuk menentukan probabilitas transisi dan probabilitas emisi

yang nantinya akan disimpan ke dalam database. Pada tahap terakhir yaitu activity pengenalan ucapan akan digunakan metode Hidden Markov Model yaitu menggunakan Algoritma Viterbi untuk menentukan nilai tertinggi yang dibandingkan dengan database.

1. Diagram Use Case

Berikut diagram use case dari aplikasi pengenalan ucapan huruf Jepang:



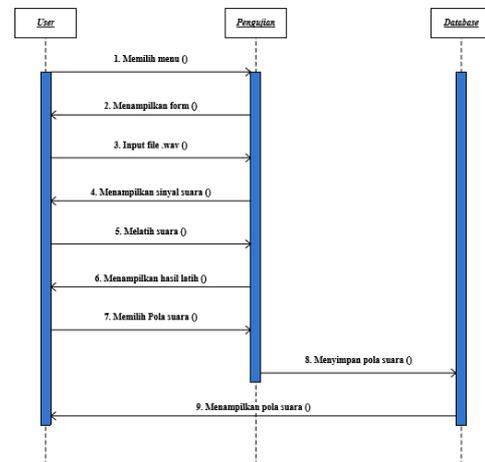
Gambar 6. Diagram Use Case

Diagram use case menunjukkan cara kerja sistem secara umum. Dalam diagram ini ditampilkan satu actor, yaitu user. User dapat melakukan proses pelatihan dan pengujian ucapan. Notasi yang terdapat pada diagram use case diatas kemudian dijabarkan lagi dalam diagram activity.

2. Diagram Sequence.

Diagram sequence dari aplikasi ini terbagi atas beberapa bagian, yaitu sebagai berikut:

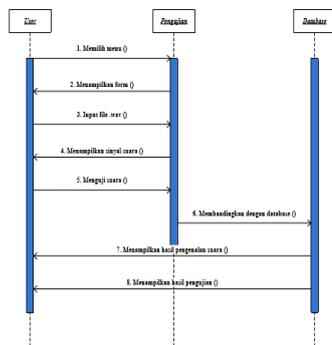
a. Diagram Sequence Pelatihan



Gambar 7. Diagram Sequence Pelatihan

Diagram sequence diatas menunjukkan jalannya proses yang ada pada menu pelatihan dengan urutan pengerjaan dari masing-masing kelas yang terlibat. Proses akan dimulai ketika user telah memilih menu yaitu menu pelatihan dan sistem menampilkan menu pelatihan, kemudian user mengimputkan file ucapan yang berformat .wav sehingga sistem menampilkan sinyal ucapan yang diinputkan tadi. Setelah itu user memilih menu latih dan sinyal ucapan akan di ekstraksi ciri dan dihitung dengan menggunakan mean dan mellin oleh sistem, selanjutnya sistem melakukan proses pemodelan dengan menentukan probabilitas transisi dan probabilitas emisi dari sinyal ucapan yang telah di ekstraksi ciri tadi. Pada tahap terakhir yaitu user memilih polas ucapan yang akan disimpan dan ucapan yang telah dilatih kemudian disimpan ke dalam database, kemudian sistem juga akan menampilkan data pola ucapan yang dilatih tadi.

b. Diagram Sequence Pengujian

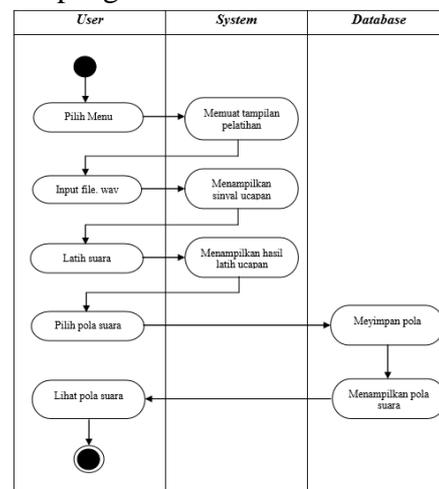


Gambar 8. Diagram Sequence Pengujian

Diagram sequence diatas menunjukkan jalannya proses yang ada pada menu pengujian dengan urutan pengerjaan dari masing-masing kelas yang terlibat. Proses akan dimulai ketika user telah memilih menu yaitu menu pengujian dan sistem menampilkan menu pengujian, kemudian user menginputkan file ucapan yang berformat .wav sehingga sistem menampilkan sinyal ucapan yang diinputkan tadi. Kemudian user memilih menu uji untuk melakukan pengujian dan sistem langsung melakukan proses ekstraksi ciri sinyal dan pemodelan ucapan secara otomatis. Setelah itu sistem melakukan proses pengenalan ucapan yaitu membandingkan sinyal ucapan baru dengan sinyal ucapan latih dengan mencari probabilitas tertinggi dari sinyal ucapan menggunakan algoritma viterbi, setelah proses selesai sistem akan menampilkan sinyal ucapan latih dari database dan menampilkan hasil pengenalan ucapan yang telah dibandingkan dengan database tadi.

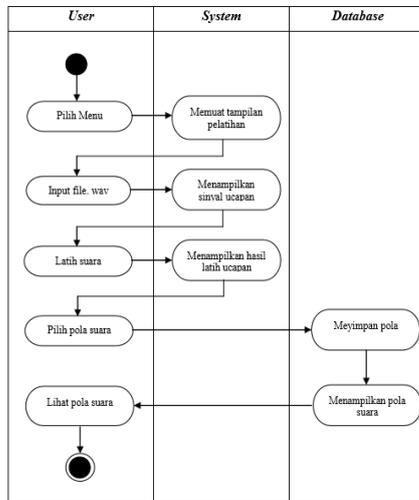
3. Diagram Activity.

Diagram activity lebih menfokuskan pada penggambaran urutan aktivitas dalam sebuah proses. Diagram activity ini memiliki struktur diagram yang mirip dengan flowchart atau data flow diagram pada perancangan terstruktur, dan bermanfaat untuk membantu memahami proses secara keseluruhan. Yang perlu diperhatikan adalah bahwa diagram aktivitas menggambarkan aktivitas sistem bukan apa yang dilakukan aktor, jadi aktivitas yang dapat dilakukan oleh sistem. Memiliki pula manfaat yaitu apabila kita membuat diagram ini terlebih dahulu dalam memodelkan sebuah proses untuk membantu memahami proses secara keseluruhan. Berikut diagram activity untuk aplikasi aplikasi pengenalan ucapan huruf Jepang:



Gambar 9. Diagram Activity

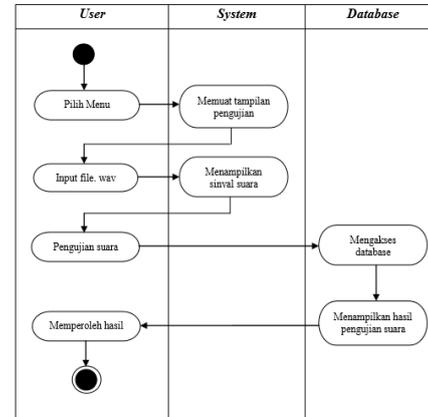
a. Diagram Activity Pelatihan



Gambar 10. Diagram Activity Pelatihan

Diagram activity diatas menunjukkan aktivitas yang berjalan ketika pengguna sistem memilih menu pelatihan. Ketika menu dipilih, maka sistem akan menampilkan form pelatihan dan user memilih file .wav untuk di ekstraksi cirinya, kemudian user melakukan pelatihan ucapan dan sistem menampilkan hasil pelatihan, lalu yang terakhir user memilih pola untuk disimpan kedalam database, kemudian sistem menampilkan data pola ucapan dalam database.

b. Diagram Activity Pengujian



Gambar 11. Diagram Activity Pengujian

Diagram activity diatas menunjukkan aktivitas yang berjalan ketika pengguna sistem memilih menu pengujian. Ketika menu dipilih, maka sistem akan menampilkan form pengujian, user memilih file .wav dan sistem menampilkan sinyal ucapan, kemudian user melakukan pengujian ucapan dan sistem mengakses database untuk membandingkan pola ucapan. Setelah pola ucapan dicocokkan dengan database, kemudian sistem menampilkan hasil pengenalan ucapan yang cocok kepada user.

4. User Interface

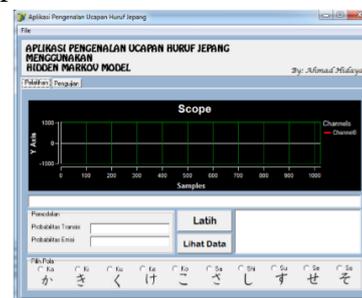
Aplikasi ini terdiri dari dua halaman menu, yaitu menu pelatihan ucapan dan menu pengujian ucapan. Pada form utama terdapat button open untuk mengambil file ucapan dan button exit untuk keluar dari aplikasi, ditambah dengan button halaman yaitu pelatihan untuk proses pelatihan ucapan dan pengujian untuk proses pengujian atau pengenalan ucapan. Berikut adalah proses pelatihan dan pengujian ucapan yang berjalan dalam sistem:

- a. Apabila aplikasi dijalankan, tahap selanjutnya yaitu melakukan proses pelatihan ucapan dengan meninput file ucapan berformat .wav.
- b. Setelah sampel ucapan dimasukkan, maka sistem akan menampilkan sinyal ucapan yang telah dimasukkan tadi.
- c. Berikutnya yaitu melakukan pemodelan ucapan dengan menekan button pemodelan, kemudian sistem akan menampilkan hasil pemodelan ucapan.
- d. Selanjutnya yaitu memilih pola ucapan atau penanaman sampel yang nantinya hasil dari pelatihan ucapan akan disimpan kedalam database oleh sistem.
- e. Untuk melihat data pola ucapan di dalam database, gunakan button lihat data pada menu.
- f. Pada tahap pengujian atau pengenalan ucapan, user menginputkan file ucapan berformat .wav, kemudian sistem akan menampilkan sinyal ucapan yang dimasukkan. Selanjutnya yaitu melakukan pengujian dengan menekan button pengujian, maka sistem akan otomatis melakukan ekstraksi ciri sinyal ucapan dan pemodelan. Nilai sinyal ucapan yang diuji akan dibandingkan dengan pola yang telah ditanamkan ke dalam database, kemudian sistem akan menampilkan hasil pengenalan ucapan.
- g. Selanjutnya yaitu memilih keterangan pengucapan antara pengucapan yang benar atau salah yang nantinya akan disimpan kedalam tabel hasil pengujian.

- h. Pada menu pengujian juga terdapat button untuk melihat hasil pengujian ucapan yang dilakukan, tahap ini dilakukan menekan button lihat hasil uji untuk menampilkan hasil pengujian yang dilakukan.

Menu Pelatihan

Menu pelatihan adalah form untuk melakukan pelatihan sampel ucapan yang akan di simpan ke dalam database. Pada halaman ini terdapat beberapa button, diantaranya adalah button latih dan button lihat data. Button latih berfungsi untuk melakukan proses pelatihan sinyal ucapan yang dimasukkan. Pada halaman ini juga terdapat 10 pilihan pola huruf Jepang Hiragana yang nantinya dipilih untuk menyimpan pola ucapan ke dalam database. Sedangkan button lihat data berfungsi untuk melihat hasil pelatihan atau data pola yang tersimpan didalam database. Berikut adalah gambar untuk menu pelatihan.



Gambar 12. Menu Pelatihan

5. Menu Pengujian

Menu pengujian adalah form untuk melakukan proses pengujian atau pengenalan ucapan. Pada halaman ini terdapat beberapa button yaitu button uji, button benar dan salah dalam kolom keterangan, dan button lihat hasil. Dimana

button uji ini berfungsi untuk melakukan pengujian atau pengenalan ucapan setelah file ucapan diinputkan. Pada kolom keterangan terdapat button benar dan salah yang akan dipilih setelah pengenalan suara dilakukan yang nantinya akan disimpan kedalam tabel hasil pengujian. Sedangkan button lihat hasil berfungsi untuk melihat hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya, nantinya akan menampilkan hasil penujian suara. Berikut adalah gambar untuk menu pengujian.



Gambar 13. Menu Pengujian

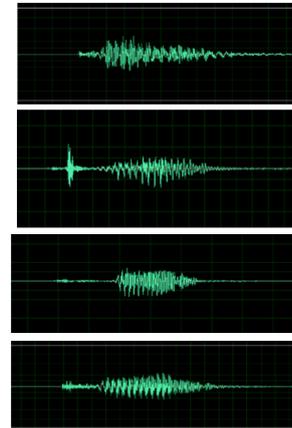
6. Hasil

Hasil yang dibahas meliputi pemilihan sampel ucapan pelatihan ucapan huruf Jepang, pendefinisian sampling pola ucapan, pengujian sistem dan pengukuran unjuk kerja sistem.

a. Sampel Pelatihan Ucapan Huruf Jepang.

Sampel pelatihan ucapan huruf Jepang yang digunakan di dalam aplikasi ini adalah 10 sampel ucapan dari 10 huruf Jepang Hiragana yaitu Ka, Ki, Ku, Ke, Ko, Sa, Shi, Si, Su, Se, dan So, yang memiliki karakteristik frekuensi yang dan sampling yang berbeda-beda. Berikut gambar dari sampel ucapan huruf Jepang Hiragana

yang digunakan yaitu Ka, Ki, Ku, Ke, Ko, Sa, Shi, Su, Se, So.



Gambar 14. Sampel Ucapan Huruf Ka, Ki, Ku dan Ke

7. Hasil Sampling Pola ucapan

Setiap sampel ucapan rekaman memiliki sampling yang spesifik atau berbeda antara sampel ucapan yang satu dengan sampel ucapan yang lainnya. Pada aplikasi ini, sampling ucapan sudah harus ditentukan sebelum dilakukan pengujian. Gambar 15 menunjukkan pola sampling dari sampel ucapan huruf Jepang “Ka” yang didapat dari sinyal asli.



Gambar 15. Pola sampling sinyal asli ucapan huruf “Ka”

8. Hasil Pelatihan Ucapan

Untuk melakukan pengenalan ucapan, harus adanya pola ucapan yang ditanamkan melalui proses pelatihan ucapan. Pelatihan ucapan dilakukan untuk menyimpan sampel ucapan ke dalam database yang nantinya akan dibandingkan dengan file ucapan yang baru pada saat proses pengenalan ucapan. Gambar 16 menunjukkan hasil dari pelatihan ucapan, pelatihan ucapan dilakukan melalui proses ekstraksi ciri dan pemodelan ucapan dengan menentukan probabilitas transisi dan probabilitas emisi dari sinyal ucapan, dilanjutkan dengan pemilihan pola huruf Jepang yang akan disimpan ke dalam database. Setelah data ucapan di simpan ke dalam database, data ucapan bisa di tampilkan ke dalam form untuk melihat nilai dari probabilitas transisi dan probabilitas emisi dari sinyal ucapan yang telah ditanamkan.



Gambar 16. Hasil pelatihan ucapan huruf “Ka”

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan:

1. Aplikasi pengenalan ucapan huruf Jepang ini dibangun dengan

menggunakan metode Hidden Markov Model yang memiliki hasil yang cukup akurat dalam mengenali kata yang diucapkan.

2. Untuk memperoleh hasil yang baik dalam menerapkan metode Hidden Markov Model dalam aplikasi ini, diperlukan sampel suara dan ekstraksi ciri sinyal suara yang bagus pula.
3. Aplikasi ini sangat berguna untuk proses belajar bahasa Jepang, terutama dalam proses belajar mengucapkan huruf Jepang dengan baik dan benar.
4. Hasil dari pengenalan ucapan menunjukkan keakuratan aplikasi dengan nilai kedekatan rata-rata adalah 0,83234179 atau 83%.
5. Nilai kedekatan dalam pengenalan ucapan dalam aplikasi menunjukkan bahwa metode Hidden markov Model dapat digunakan sebagai salah satu pendekatan untuk pengenalan sinyal dan suara.

E. REFERENSI

- [1] Amami, Rimah, dkk. 2015. Phoneme Classification Using New Feature Extraction Techniques based on Mellin Transform. National School of Engineering, Tunis, Tunisia.
- [2] Appadoo, S.S, dkk. 2014. Mellin's Transform and Application to Some Time Series Models. Department of Supply Chain Management, University of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada dan Department of Statistics, University of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada.



- [3] Bartošek, J. 2011. A Pitch Detection Algorithm for Continuous Speech Signals Using Viterbi Traceback with Temporal Forgetting. Department of Computer Science, Faculty of Electrical Engineering, CTU, Prague.
- [4] Fadlisyah, dkk. 2013. Pengolahan Suara. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [5] Fitrilina, dkk. 2013. Pengenalan Ucapan Metoda MFCC-HMM untuk Perintah Gerak Robot Mobil Penjejak Identifikasi Warna. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang.
- [6] Kristina, Erdoria, dkk. (2010). Penerapan metode statistik dan average energy Untuk menguji tingkat kemiripan Pada identifikasi suara. Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana.
- [7] Mukhlisa, dkk. (2014). Penerapan Hidden Markov Model (HMM) pada Pengenalan Penutur. Program Studi Teknik Informatika, STMIK GI MDP, Palembang.
- [8] Rahandi, Aditya, dkk. (2012). Analisis dan Implementasi Kompresi File Audio Dengan Menggunakan Algoritma Run Length Encoding (RLE). Program Studi S1 Ilmu Komputer, FASILKOM-IT USU, Medan.
- [9] Ronando, Elsen, dkk. 2012. Pengenalan Ucapan Kata Sebagai Pengendali Gerakan Robot Lengan Secara Real-Time dengan Metode Linear Predictive Coding – Neuro Fuzzy. Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.
- [10] Singh, Bhupinder, dkk. 2012. Speech Recognition with Hidden Markov Model: A Review. Dept. of Computer Sc. & Engg., IGCE Abhipur, Mohali (Pb.), India.
- [11] Sugianto, Arif dkk, 2010. Buku Pintar Bahasa Jepang. Penerbit WahyuMedia. Jakarta.