

**PENGUCAPAN MAKHRAJ DARI UNIT BUNYI
TERKECIL HURUF HIJAIYAH BERDASARKAN
FREKUENSI DASAR DAN FREKUENSI FORMANT
UNTUK MEDIA PEMBELAJARAN MEMBACA ALQURAN**

Muhammad Subali

Miftah Andriansyah

Jurusan Teknik Informatika,

Sekolah Tinggi Teknik Multimedia Cendekia Abditama

Kompleks Pendidikan islamic village kelapa dua, Karawaci, Tangerang Banten

muhammadsubali@yahoo.com, miftah.andriansyah@gmail.com

Christanto Sinambela

Jurusan teknik Elektro, Universitas Gunadarma

Jl. Margonda Raya 100, Depok, Indonesia

christantosinambela31@gmail.com

Abstract

This article aims to look at the similarities and differences in the fundamental frequency and formant frequencies using the autocorrelation function and LPC function in GUI MATLAB 2012b on sound hijaiyah letters for adult male speaker beginner and expert based on makhraj pronunciation and both of speaker will be analysis on matching distance of the sound use DTW method on cepstrum. Subject for speech beginner makhraj pronunciation are taken from college student of Universitas Gunadarma and STTC aged 22 yearsold. Data of the speech beginner makhraj pronunciation is recorded using MATLAB algorithm on GUI. Subject for speech expert makhraj pronunciation are taken from previous research. They are 20-30 years old from the time of taking data. The sound will be extracted to get the value of the fundamental frequency and formant frequency. After getting both frequencies, it will be obtained analysis of the similarities and differences in the fundamental frequency and formant frequencies of speech beginner and expert and it will shows matching distance of both speech. The result is all of speech beginner and expert based on makhraj pronunciation have different values of fundamental frequency and formant frequency. Then the results of the analysis matching distance using method DTW showed that

obtained in the range of 28.9746 to 136.4 between speech beginner and expert based on makhraj pronunciation.

Keywords: *fundamental frequency, formant frequency, hijaiyah letters, makhraj*

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang bagaimana menentukan nilai nilai frekuensi fundamental dan frekuensi formant menggunakan fungsi autokorelasi dan fungsi Linier Predictive Coding (LPC) menggunakan GUI MATLAB 2012b, dari unit bunyi terkecil (fonem) untuk huruf hijaiyah dari suara yang dihasilkan oleh seorang laki laki dewasa yang akan belajar mengucapkan makhraj dan dianalisis jarak kesesuaian (matching distance) dengan suara dari seorang pakar dengan metode cepstrum. Sampel yang digunakan adalah suara dari mahasiswa Universitas Gunadarma dan Sekolah Tinggi Teknik Cendekia yang berusia 22 tahun. Sedangkan suara sampel pakar yang digunakan sebagai database pembandingan adalah suara ustadz yang berusia 20-30 tahun. Dalam prosesnya suara di ekstrak untuk mendapatkan frekuensi fundamental dan frekuensi formant, lalu dianalisis untuk melihat seberapa besar jarak kesesuaian (matching distance) antara kedua sampel tersebut. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat nilai matching distance diperoleh pada kisaran 28,9746 hingga 136,4 untuk seluruh makhraj huruf hijaiyah.

Kata Kunci: *frekuensi fundamental, frekuensi formant, hijaiyah, makhraj*

A. Pendahuluan

Al-Qur'an adalah kitab suci umat Islam diberikan oleh Allah SWT kepada Nabi Muhammad SAW. Setiap Muslim didunia diwajibkan untuk membaca Al-Qur'an dengan vokal yang baik berdasarkan dengan salah satu ayat dari Al-Qur'an Al-Muzamill: 4 yang berbunyi:

Artinya, "atau lebih dari seperdua itu. Dan bacalah Al Quran itu dengan perlahan-lahan."

Untuk dapat membaca Al-Qur'an dengan bacaan yang terukur diperlukan pengetahuan tentang tajwid dan pengucapan makhraj sehingga dalam membaca Al-Qur'an tidak seperti halnya membaca buku. Dalam membaca buku, kita tidak dianjurkan untuk membedakan pengucapan suara dari setiap kalimat karena setiap huruf Latin tidak memiliki makna atau arti. Hal ini berbeda dengan huruf-huruf hijaiyah yang memerlukan ilmu dalam pengucapan makhrajnya agar dapat membedakan suara tiap pengucapan huruf hijaiyah. Biasanya ada guru untuk membantu orang-orang yang baru belajar membaca Al-Qur'an untuk mengucapkannya dengan benar dan terukur. Jika dalam pengucapannya terdapat kesalahan membacanya maka hal itu akan membuat arti dari bacaan tersebut berubah. Maka dari itu diperlukan sebuah algoritma untuk membuat keputusan pada pengucapan huruf-huruf hijaiyah untuk mengetahui kemiripan pengucapan makhraj secara acak berdasarkan kebenaran pengucapan makhrajnya. Biasanya, pembicara pemula atau yang baru belajar membaca Al-Qur'an dalam mengucapkan huruf hijaiyah berdasarkan makhrajnya mengalami kesulitan dan menghasilkan suara yang berbeda jika dibandingkan dengan suara pembicara yang sudah ahli membaca Al-Qur'an.

Manusia memiliki keunikan suara tergantung pada persepsi fisik terhadap suara tersebut berdasarkan *pitch* dan formant. Dengan berkembangnya teknologi dibidang komunikasi dan informasi, hal itu dapat membantu kita untuk melakukan proses identifikasi antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj.¹

Penelitian ini fokus dalam menganalisa frekuensi dasar dan frekuensi formant pada suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj dengan metode DTW. Ada dua pembicara yang diambil suaranya. Pertama yaitu pembicara pemula, dia adalah seorang muslim yang dapat mengaji namun masih belum mengetahui tentang pengucapan makhraj dengan benar. Sedangkan yang kedua adalah pembicara ahli yang sudah ahli dalam mengaji dan dapat mengucapkan makhraj dengan baik dan benar. Proses dalam perekaman, ekstraksi ciri-ciri suara, dan

pencocokan jarak kedua suara dilakukan menggunakan GUI MATLAB 2012b.

Banyak penelitian tentang pengolahan signal suara, diantaranya, Muhammad Subali pada tahun 2010 melakukan penelitian dengan judul Prosody Model Analysis Of Bahasa Indonesia Speech Synthesizer Using Speech Filing System ,dilanjutkan tahun 2011 Muhammad Subali meneliti tentang Penyeleksian Diphone Untuk Penggabungan Unit Bunyi Pesintesa Suara Bahasa Indonesia serta pada tahun yang sama meneliti tentang model eksperimental prosodi Bahasa Indonesia pada penderita disfungsi fonologis menggunakan Speech Filing System.²

Pada tahun 2012 Muhammad Subali melanjutkan penelitiannya dengan memanfaatkan SFS yaitu tentang deteksi sonority peak untuk Penderita Speech Delay Menggunakan Speech Filing System. Tahun 2013 ini Muhammad Subali melakukan dua penelitian yaitu tentang analisis voiced dan unvoiced untuk penderita speech delay menggunakan perangkat lunak Waveforms Annotations Spectograms and Pitch (WASP) dan tentang syllables experimental analysis of prosodic in dysfunction phonologies. Dan pada tahun 2014 Muhammad Subali meneliti tentang Makhraj pengucapan huruf hijaiyah dalam bentuk simulasi model tabung Vocal Tract dari alat ucap manusia.³

Suara yang keluar dari rongga mulut manusia merupakan getaran yang diproduksi dari elemen alat ucap manusia yang terdiri dari lidah, bibir, rahang , dan bagian belakang langit langit yang membentuk lintasan garis yang disebut vocal track. Ucapan dihasilkan sebagai rangkaian atau urutan komponen-komponen bunyi-bunyi pembentuknya. Setiap komponen bunyi yang berbeda dibentuk oleh perbedaan posisi, bentuk, serta ukuran dari alat-alat ucap manusia yang berubah-ubah selama terjadinya proses produksi ucapan.⁴

Artikulasi adalah perubahan rongga dan ruang dalam saluran suara untuk menghasilkan bunyi bahasa. Daerah artikulasi terbentang dari bibir luar sampai, pita suara atau vocal track dimana fonem-fonem terbentuk berdasarkan getaran pita suara disertai perubahan posisi lidah dan semacamnya. Salah seorang pakar fonetik Mesir kontemporer, Bisyr (1990:229-230), membagi places of articulation bunyi bahasa dalam bahasa Arab menjadi beberapa bagian sebagai seperti tampak pada gambar 1 berikut:

Bilabial: [w] [b] [m] Pada bagian ini, bibir atas menjadi artikulator pasif dan bibir bawah menjadi artikulator aktif. Dalam konsep Fromkin dan Rodman (1998:223), bilabials terjadi untuk [w] pada wajah, [b] pada bajah, dan [m] pada mazada. Labiodental: [f] Pada bagian ini, gigi atas menjadi artikulator pasif dan bibir bawah menjadi artikulator aktif. Dalam konsep Fromkin dan Rodman (1998:224), labiodentals terjadi untuk [f] pada fatara. Interdental: [Ī.] [Ã°] [z] Pada bagian ini, gigi atas menjadi artikulator pasif dan bagian pinggir lidah menjadi artikulator aktif. Dalam konsep Fromkin dan Rodman (1998:224), interdentials terjadi untuk [Ī.] pada tawiya dan [z] pada zalla. Selanjutnya adalah Laminoalveolar: [t] [d] [d] [l] [n]. Pada bagian ini, gusi menjadi artikulator pasif dan bagian depan lidah menjadi artikulator aktif. Contohnya [t] pada taniya, [t] pada tÃœla, [d] pada dalla, [l] pada laisa, dan [n] pada nÃœma.

Apicoalveolar: [r] [s] [s] [z]. Pada bagian ini, gusi menjadi artikulator pasif dan bagian pinggir lidah menjadi artikulator aktif. Contohnya [r] pada ramÃœ, [s] pada salima, [s] pada sadaqa, dan [z] zaniya. Palatal: [Åj] [j] [y]. Pada bagian ini, langit-langit mulut menjadi artikulator pasif dan bagian tengah lidah menjadi artikulator aktif. Contohnya [Åj] pada Åjaraafa dan [j] pada jamula serta [y] pada yabusa.

Velar: [k] [g] [k]. Pada bagian ini, bagian belakang langit-langit mulut yang lunak menjadi artikulator pasif dan bagian belakang lidah menjadi artikulator aktif. Contohnya [k] pada kamula, [g] pada ginan. Uvular: [q]. Pada bagian ini, bagian langit-langit mulut yang menonjol ke bawah menjadi satu-satunya artikulator sedang bagian belakang lidah tidak sampai pada batas bersentuhan dengan bagian langit-langit mulut itu. Contohnya [q] pada qÃœma. Glottal: [h]. Pada bagian ini, bagian tenggorokan menjadi satu-satunya artikulator untuk menghasilkan suara. Contohnya, [h] pada halumma⁵

B. Makhārijul ḥuruf

Makhārijul ḥuruf adalah letak-letak tempat keluarnya huruf hijaiyah ketika diucapkan oleh manusia. Biasanya seseorang membuat suara yang berbeda atau yang tidak seharusnya ketika mengucapkan huruf hijaiyah tanpa mengetahui letak-letak tempat keluarnya huruf tersebut. Hal itu bisa terjadi karena kesamaan suara yang dihasilkan oleh satu huruf dengan huruf yang lain dan

biasanya huruf tersebut sulit untuk diucapkan jika mengikuti pengucapan makhraj yang benar. Misalnya ketika kita mengucapkan huruf ذ(Dzal) dan ظ(Zho).Oleh karena itu diperlukan pengetahuan dan latihan mengucapkan makhraj huruf-huruf hijaiyah dengan benar.



Gambar 1: Tempat Keluarnya Makhraj dari Tiap Huruf Hijaiyah⁶

Dalam ilmu fonetik pengelompokan urutan huruf berdasarkan makharjul huruf (posisi alat ucap) terdiri dari tenggorokan (halqiyah), anak lidah (lahawiyah), lidah bagian tengah (syajariyah), lidah bagian depan (asaliyah), kulit ujung langit-langit (nath'iyah), gusi (litsawiyah), ujung lidah (dzalqiyah) dan huruf huruf dari jalur pernafasan (hawaiyah).

Suara yang keluar dari rongga mulut manusia merupakan getaran yang diproduksi dari elemen alat ucap manusia yang terdiri dari lidah, bibir rahang , dan bagian belakang langit langit yang membentuk lintasan garis yang disebut vocal track. Ucapan dihasilkan sebagai rangkaian atau urutan komponen-komponen bunyi-bunyi pembentuknya. Setiap komponen bunyi yang berbeda dibentuk oleh perbedaan posisi, bentuk, serta ukuran dari alat-alat ucap manusia yang berubah-ubah selama terjadinya proses produksi ucapan.

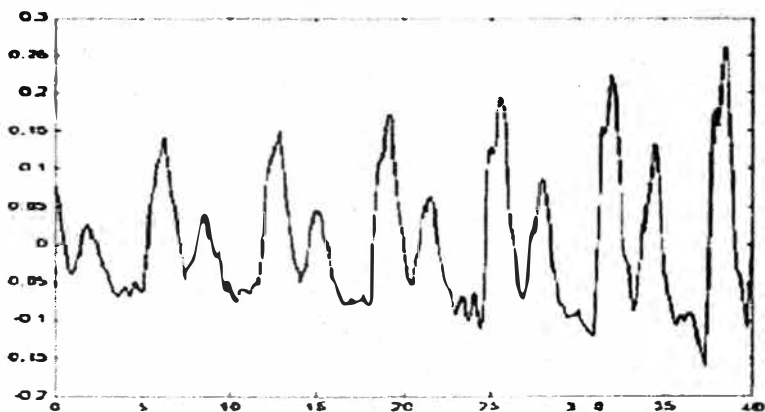
Artikulasi adalah perubahan rongga dan ruang dalam saluran suara untuk menghasilkan bunyi bahasa. Daerah artikulasi terbentang dari bibir luar sampai, pita suara atau vocal track dimana fonem-fonem terbentuk berdasarkan getaran pita suara disertai perubahan posisi lidah dan semacamnya. Ukuran vocal tract bervariasi untuk setiap individu, namun untuk laki-laki dewasa rata-rata panjangnya sekitar 17 cm. Luas dari vocal tract

juga bervariasi antara 0 (ketika seluruhnya tertutup) hingga sekitar 20 cm. Saat vocal tract bergetar (terjadi bunyi) akan muncul komponen-komponen frekuensi yang disebut dengan frekuensi Formant yang menunjukkan posisi getaran pada vocal tract tersebut.

C. Pengolahan Sinyal Suara

Sinyal adalah besaran fisis yang berubah menurut waktu, ruang, atau variabel-variabel bebas lainnya. Contoh sinyal : sinyal ucapan (suara), ECG, dan EEG. Secara matematis, sinyal adalah fungsi dari satu atau lebih variabel independen. Proses ini dilakukan melalui pemodelan sinyal. Salah satu contoh sinyal adalah sinyal ucapan atau disebut juga sinyal suara. Pada dasarnya setiap manusia memiliki sesuatu yang unik/khas yang hanya dimiliki oleh dirinya sendiri. Suara merupakan salah satu gelombang sinyal yang dihasilkan dari satu bagian tubuh manusia yang unik dan dapat dibedakan dengan mudah.

Contoh dari sinyal suara dapat dilihat pada gambar 2 di bawah. Pengujian yang dilakukan untuk periode waktu yang cukup pendek (sekitar 10 sampai 30 milidetik) akan menunjukkan karakteristik sinyal suara yang stationary. Tetapi bila dilakukan dalam periode waktu yang lebih panjang karakteristik sinyal suara akan terus berubah sesuai dengan kata yang diucapkan.



Gambar 2. Contoh Sinyal Suara

Proses penting dalam Digital Signal Processing (DSP) adalah menganalisis suatu sinyal input maupun output untuk mengetahui karakteristik sistem fisis tertentu. Proses analisis dan sintesis dalam

domain waktu memerlukan analisis cukup panjang dengan melibatkan turunan dari fungsi, yang dapat menimbulkan ketidaktepatan hasil analisis. Analisis dan sintesis sinyal akan lebih mudah dilakukan pada domain frekuensi, karena besaran yang paling menentukan suatu sinyal adalah frekuensi. Oleh karena itu, untuk dapat bekerja pada domain frekuensi dibutuhkan suatu formulasi yang tepat sehingga proses manipulasi sinyal sesuai dengan kenyataan.

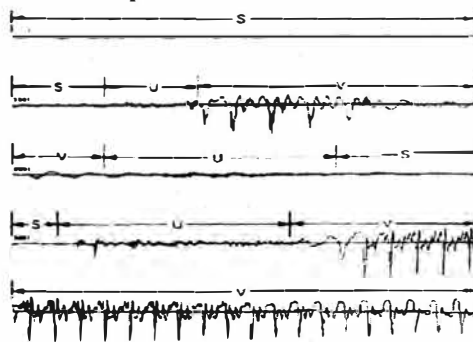
Salah satu formulasi yang ampuh untuk proses pengolahan sinyal adalah menggunakan Discrete Fourier Transform (DFT). Prinsip DFT adalah mentransformasikan (alih bentuk) sinyal yang semula analog menjadi diskret dalam domain waktu, dan kemudian diubah ke dalam domain frekuensi. Hal ini dilakukan dengan mengalikan sinyal diskret dengan suatu fungsi kernel. Algoritma lain yang lebih cepat adalah Fast Fourier Transform (FFT). Prinsip kerja FFT adalah membagi sinyal hasil penyamplingan menjadi beberapa bagian yang kemudian masing-masing bagian diselesaikan dengan Algoritma yang sama dan hasilnya dikumpulkan kembali. Ada tiga kelas FFT yang umum digunakan di dalam suatu software DSP yaitu Decimation in Time (DIT), Decimation in Frequency (DIF) dan Split Radix. Ide ketiga jenis FFT tersebut adalah proses iterasi sequence data dilakukan secara berbeda dan memanfaatkan fungsi kernel yang memiliki sifat yang simetris pada suatu nilai tertentu dalam satu periode suatu sinyal. Jenis lain FFT yang sudah digunakan adalah paralel FFT dimana sequence data dikerjakan dengan menggunakan parallel computing sehingga proses transformasi akan lebih cepat. Hingga saat ini, penggunaan FFT pada beberapa software seperti MATLAB 6.5 dan Sound Forge 6.02 masih memiliki keterbatasan resolusi yaitu sebesar 1 Hz. Resolusi dapat diartikan sebagai daya pisah atau sensitifitas dari suatu alat ukur dalam memperoleh hasil ukur yang terbaik sehingga dapat membedakan perubahan terkecil dari besaran fisis.

DFT dan FFT memiliki resolusi sebesar f_s/N yang mana f_s adalah sampling rate (dalam 1 detik diambil sebanyak f adalah banyaknya data hasil penyamplingan). Umumnya keterbatasan resolusi ini diatasi dengan menggunakan fungsi windows. Namun demikian sinyal hasil treatment ini belum sesuai dengan kenyataan atau frekuensi sesungguhnya yang dibawa dan tergantung pada pemilihan jenis fungsi windows. Oleh karena itu, sangat penting menyusun persamaan DFT dan FFT dengan resolusi yang lebih

tinggi dan kemudian mengimplementasikan persamaan tersebut ke dalam suatu program.⁷

1. *Silent, Voiced, dan Unvoiced* pada sinyal suara

Ada berbagai cara untuk mengklasifikasikan bagian-bagian atau komponen sinyal ucapan. Salah satu cara yang sederhana adalah dengan cara mengklasifikasikannya menjadi tiga keadaan yang berbeda, yaitu (1) *silence* (S), keadaan pada saat tidak ada ucapan yang diucapkan; (2) *unvoiced* (U), keadaan pada saat *vocal cord* tidak melakukan vibrasi, sehingga suara yang dihasilkan bersifat tidak periodik atau bersifat random; (3) *voiced* (V), keadaan pada saat terjadinya vibrasi pada *vocal cord*, sehingga menghasilkan suara yang bersifat kuasi periodik.



Gambar 3: Contoh Sinyal Ucapan “It’s time”⁸

Frekuensi dasar adalah pengulangan unit terkecil yang mampu menggabungkan dua atau lebih periode dari suatu sinyal yang menunjukkan secara subjektif bagaimana sifat suatu sinyal, khususnya sinyal yang periodik. Frekuensi dasar merupakan kebalikan (*invers*) dari sinyal. Melalui frekuensi dasar bisa mengetahui bagaimana pola suatu sinyal, apakah sinyal tersebut memiliki pola yang naik, turun atau datar. Sinyal dengan periode yang lama memiliki nilai pitch yang kecil, sedangkan sinyal dengan periode yang singkat memiliki pitch yang besar. Melalui frekuensi dasar, sinyal periodik, seperti sinyal huruf vokal, dapat kita lihat berapa lama sinyal itu melakukan perulangan.

Korelasi antara dua bentuk gelombang adalah suatu ukuran kesamaan keduanya. Bentuk gelombang dibandingkan pada selang waktu berbeda, dan “kesamaan” dihitung pada selang waktu masing-masing. Hasil suatu korelasi adalah ukuran kesamaan

sebagai fungsi penyimpangan waktu antara permulaan kedua bentuk gelombang. Fungsi autokorelasi adalah korelasi suatu bentuk gelombang dengan dirinya sendiri. Kesamaan tepat pada selang waktu nol, sedangkan ketidaksamaan terus meningkat seiring bertambahnya selang waktu.

Dalam akustik, formant didefinisikan sebagai puncak dalam *envelope* spektrum pada bunyi suara. Frekuensi formant dihasilkan didalam rongga bidang suara pada manusia. Umumnya, suara manusia mempunyai tiga karakteristik formant yaitu F1, F2, dan F3. Sedangkan F0 adalah frekuensi dasar yang merupakan pengulangan unit terkecil yang mampu menggabungkan dua atau lebih periode dari suatu sinyal yang menunjukkan secara subjektif bagaimana sifat suatu sinyal, khususnya sinyal yang periodik.

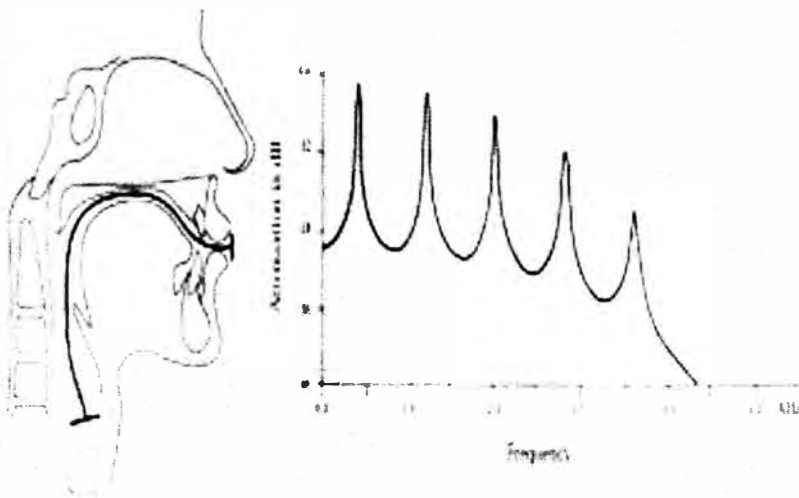
Frekuensi formant dirumuskan:

$$F_{k+1} = \frac{(2k+1) \cdot c}{4 \cdot L} \dots\dots\dots (1)^9$$

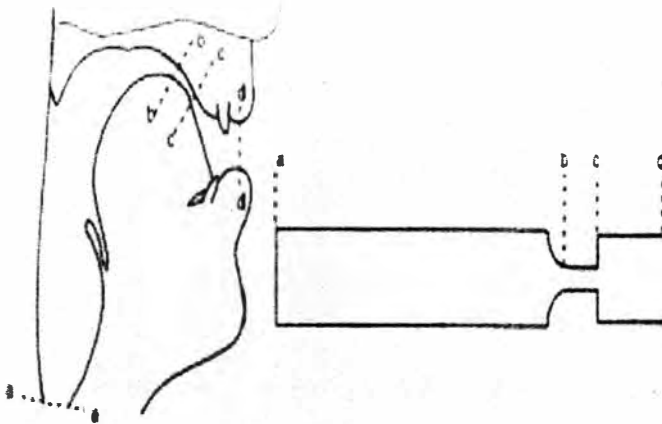
Dimana k = bilangan frekuensi formant (k=0, 1, 2, 3, ...)

c = cepat rambat bunyi

L = Panjang tabung



Gambar 4: Frekuensi Formant Saat Terjadi Bunyi¹⁰



Gambar 5: Model Tabung Resonansi *Vocal Track*

Pada gambar 5, frekuensi resonansi dianalogikan sebagai frekuensi Helmholtz pada persamaan 2:

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A_{bc}}{V_{ab} L_{bc}}} \dots \dots \dots (2)^{11}$$

Dimana A_{bc} = Luas penampang tabung bc

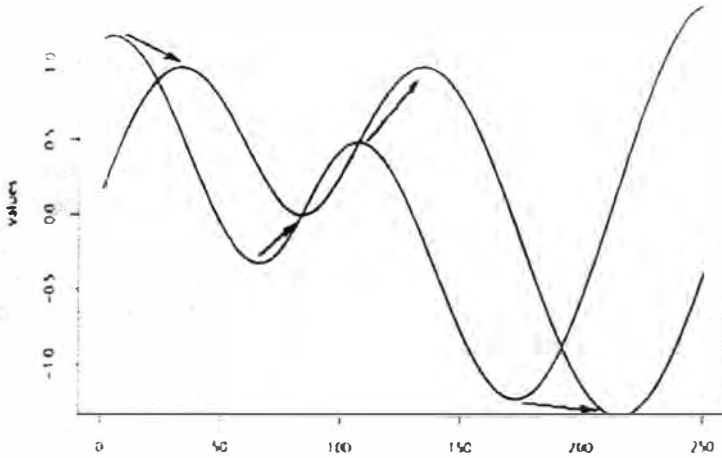
L_{bc} = Panjang tabung bc

V_{ab} = Volume tabung ab

LPC merupakan salah satu metode pengenalan suara berdasarkan suara manusia. Ini bertujuan untuk memisahkan frekuensi formant dengan frekuensi dasar dari suara manusia. Analisis *Linear Predictive Coding* (LPC) adalah salah satu cara untuk mendapatkan pendekatan spektrum suara.

DTW adalah salah satu metode untuk proses perhitungan kecocokan kesamaan antara dua persamaan yang berbeda pada kecepatan dan waktu. Pencocokan dilakukan dengan menggunakan pendekatan untuk menemukan jarak terkecil. Misalnya ada dua data, data pertama adalah seseorang yang berjalan dengan perlahan-lahan, data kedua adalah seseorang yang berjalan dengan cepat. Persamaannya adalah

$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ dan $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$. Lalu kedua persamaan tersebut dimasukkan kedalam grafik pada gambar 5.



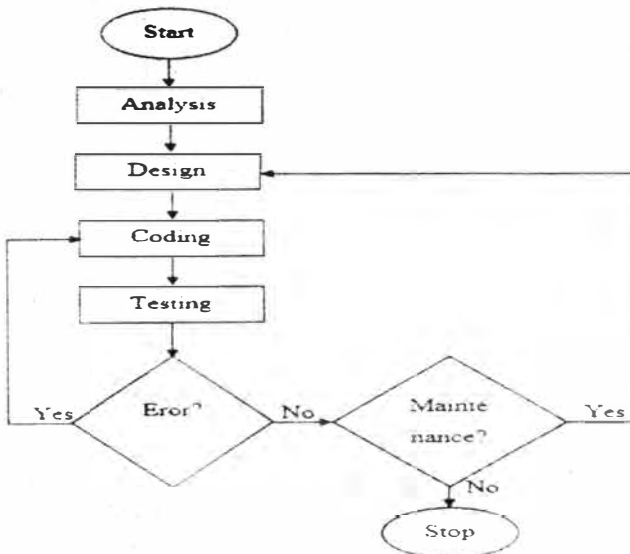
Gambar 6: Grafik Perbandingan Antara Persamaan X dan Y¹²

Pada gambar 5, terdapat dua grafik dalam domain waktu. Kedua grafik tersebut memiliki pola yang sama tetapi tidak sama pada posisi. Hal ini dapat terjadi karena ada jeda yang berbeda antara X dan Y.

D. Metode Penelitian

1. Merancang GUI

Terdapat beberapa langkah-langkah dalam merancang GUI yang telah diringkas pada gambar 7.

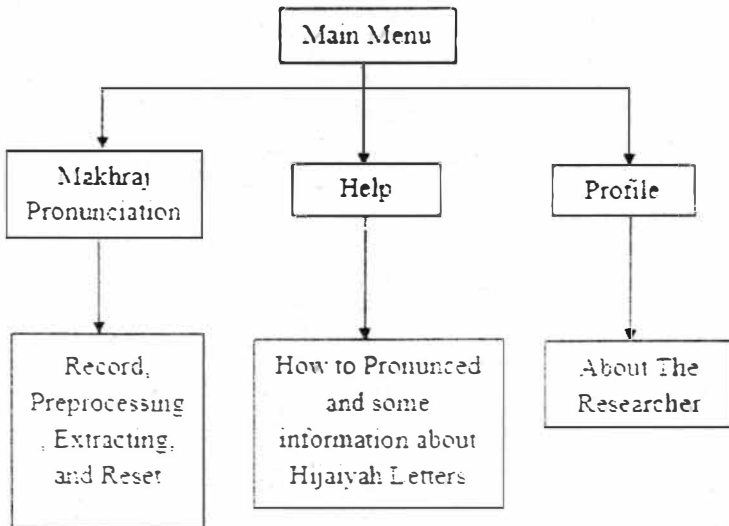


Gambar 7: Alur Diagram dalam Merancang GUI

1. Analisis, di mana perancang menganalisa masalah dan mengatur hal-hal yang diperlukan dalam perancangan GUI.
2. Desain, dalam tahap ini setelah mengetahui masalahnya, perancang membuat desain sederhana GUI sehingga pembaca dapat lebih mudah untuk memahami.
3. Koding, mengubah autokorelasi dan fungsi LPC menjadi struktur algoritma yang cocok. Penelitian ini akan menggunakan MATLAB 2012b untuk membuat GUI dan mengubah autokorelasi dan fungsi LPC dalam bentuk algoritma.
4. Pengujian, fase pengujian adalah untuk mengetahui GUI telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Jika GUI memiliki kesalahan perancangmelakukan pengkodean ulang program.
5. Pemeliharaan, tahap akhir yaitumelakukan pemeliharaan jika GUI memiliki perubahan atau diperlukanbeberapa tambahan untuk meningkatkan sistem program.

2. Navigasi GUI

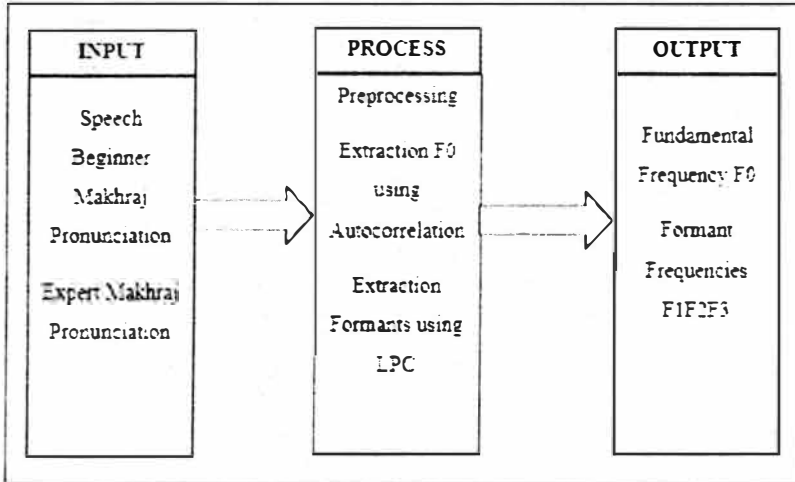
Dari halaman depan, pembicara dapat mengakses beberapa menu termasuk menu *Makhray Pronunciation*, *Help*, dan *Profile*. Setiap menu memiliki homepage yang berbeda.



Gambar 8: Struktur Navigasi GUI

3. Blok Diagram Penelitian

Berdasarkan tahap penelitian, diagram blok dapat dibagi menjadi beberapa blok. Blok diagram penelitian dapat ditunjukkan pada gambar 8:



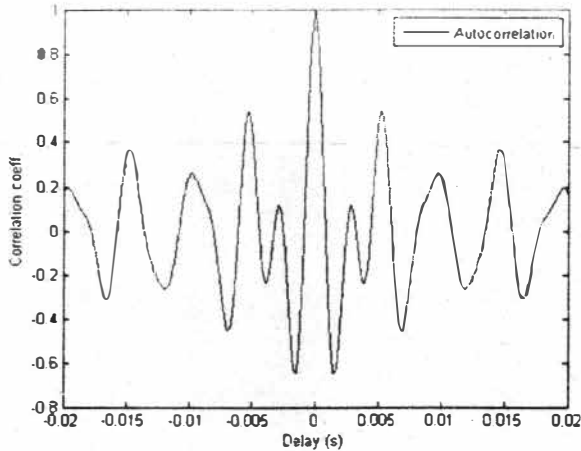
Gambar 9: Blok Diagram Penelitian

Blok input:

1. Suara pembicara pemula diambil dengan merekam suara tersebut menggunakan mikropon laptop.
2. Suara pembicara ahli diambil dari penelitian sebelumnya yaitu **“Frekuensi Forman Sebagai Model Akustik Tabung Sederhana Dari Vocal Tract”**.

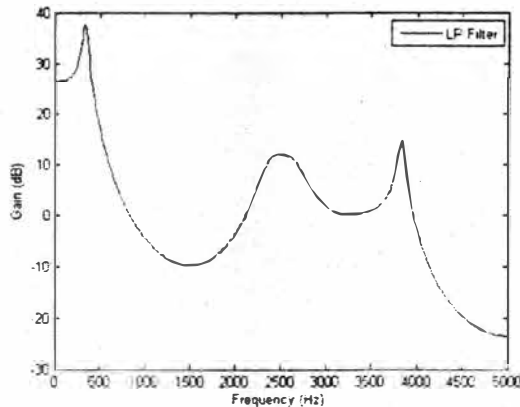
Blok Proses:

1. *Preprocessing*, untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi proses ekstraksi, biasanya akan dilakukan proses *preprocessing* sebelum diekstraksi. Ada dua langkah dalam *preprocessing*, *pre-emphasis* dan Voice Activation Detection (VAD).
2. Proses untuk mendapatkan frekuensi dasar (F0) pada penelitian ini adalah dengan cara ekstraksi menggunakan fungsi autokorelasi. Hasil yang akan dikeluarkan nanti berupa koefisien korelasi dan nilai frekuensi dasar.



Gambar 10: Koefisien Korelasi dengan Pendekatan Autokorelasi

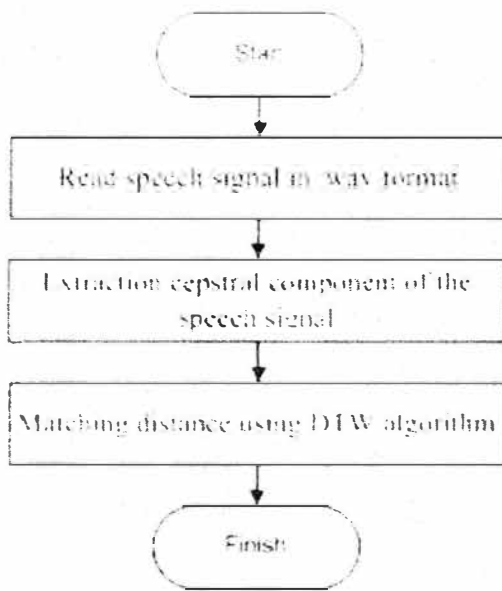
3. Proses untuk mendapatkan frekuensi formant (F1, F2, dan F3) pada penelitian ini adalah dengan cara ekstraksi menggunakan fungsi LPC. Hasil yang akan dikeluarkan nanti berupa frekuensi respon dan nilai frekuensi formant.



Gambar 11: Tanggapan Filter dengan Pendekatan LPC

4. Pencocokan Jarak Menggunakan Algoritma DTW

Program ini dimulai dengan membaca sinyal suara dalam format wav untuk mendapatkan nilai vektor dan frekuensi sampling dari rekaman dan kemudian ekstraksi komponen cepstral dari sinyal suara untuk mendapatkan nilai koefisien cepstral dari sinyal. Tahap terakhir, proses jarak pencocokan menggunakan algoritma DTW untuk mendapatkan pola dan nilai jarak yang cocok untuk pembicara pemula dan ahli dalam pengucapan makhraj.

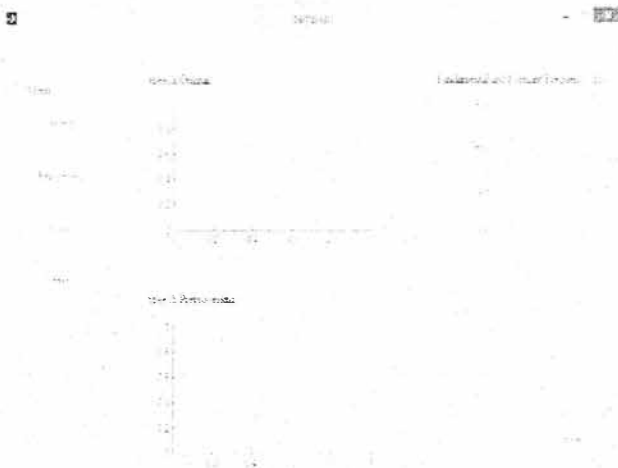


Gambar 12: Alur Diagram Pencocokan Jarak Menggunakan Algoritma DTW

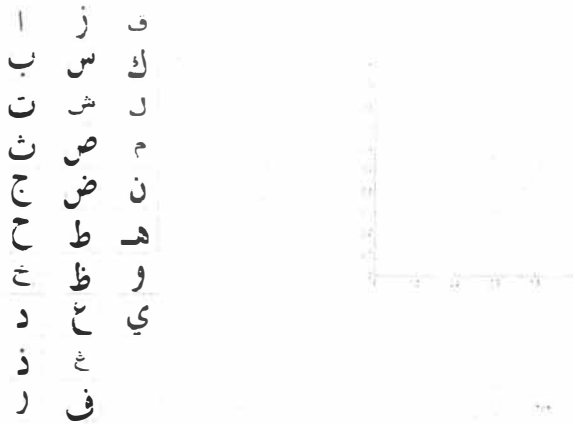
E. Hasil dan Pembahasan

1. Aplikasi GUI Pengucapan Makhraj

Pada bagian ini menampilkan hasil desain aplikasi GUI pengucapan makhraj yang terdiri dari tiga menu *Makhraj Pronunciation*, *Help*, dan *Profile*.



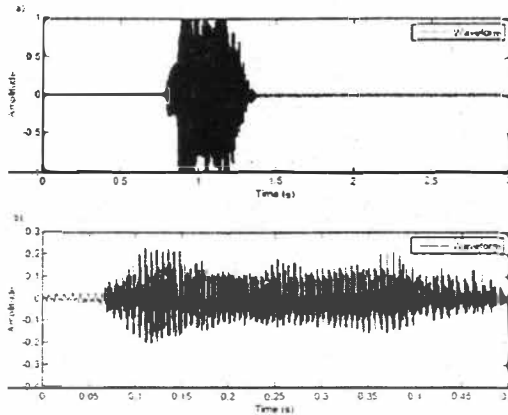
Gambar 13: Halaman Menu *Makhrāj Pronunciation*



Gambar 14: Halaman Menu *Help*

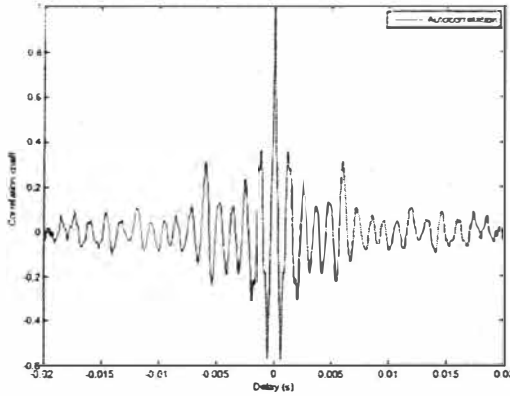
a. Analisa Pengucapan Makhrāj

Pada bagian ini menampilkan hasil dari perekaman, *preprocessing*, dan nilai frekuensi dasar serta frekuensi formant suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhrāj.



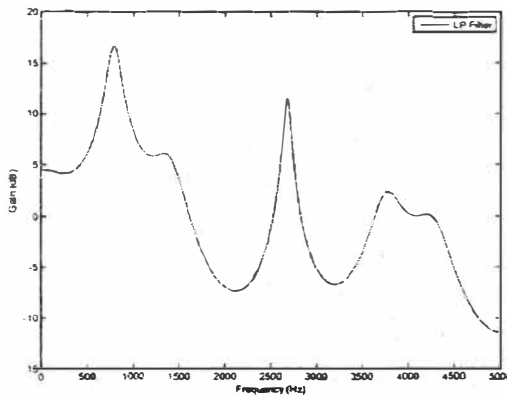
Gambar 15: Fonem Huruf Hijaiyah Fat-hah /ba/ yang Dihasilkan Oleh Pembicara Pemula

a) Sinyal suara asli dan b) Sinyal Suara Setelah *Preprocessing*



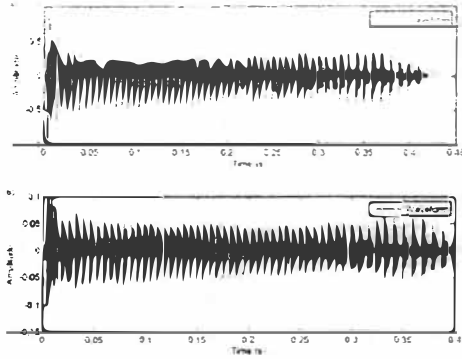
Gambar 16: Koefisien Korelasi Fonem Huruf Hijaiyah Fat-hah /ba/ Pembicara Pemula

Frekuensi dasar (F0) yang dihasilkan dari fonem huruf hijaiyah fat-hah /ba/ pembicara pemula adalah 165,045Hz.

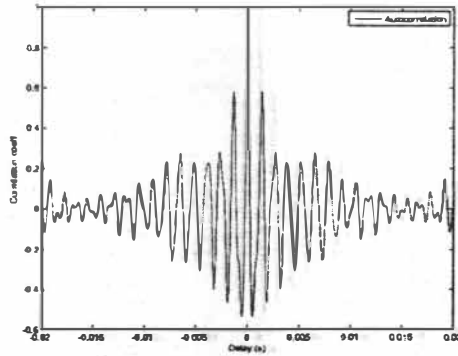


Gambar 17: Tanggapan Filter Fonem Huruf Hijaiyah Fat-hah /ba/ Pembicara Pemula

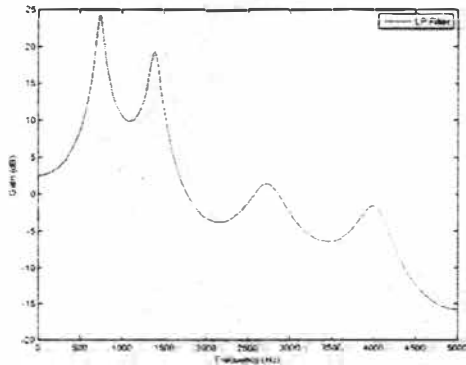
Frekuensi formant (F1, F1, dan F3) yang dihasilkan dari fonem huruf hijaiyah fat-hah /ba/ pembicara pemula adalah 788,3Hz, 1410,3Hz, dan 2678,6Hz.



Gambar 18: Fonem Huruf Hijaiyah Fat-hah /ba/ yang Dihasilkan Oleh Pembicara Ahli
 a) Sinyal suara asli dan b) Sinyal Suara Setelah *Preprocessing*



Gambar 19: Koefisien Korelasi Fonem Huruf Hijaiyah Fat-hah /ba/ Pembicara Pemula
 Frekuensi dasar (F0) yang dihasilkan dari fonem huruf hijaiyah fat-hah /ba/ pembicara ahli adalah 363,861Hz.

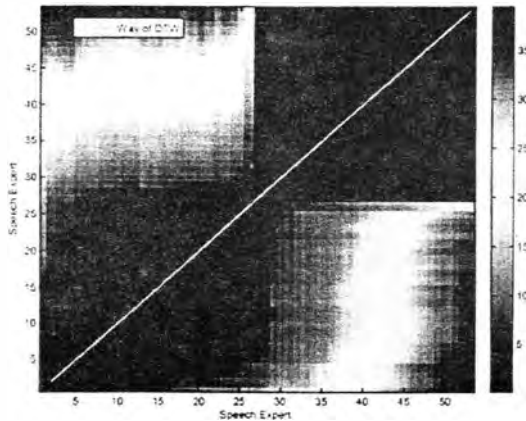


Gambar 20: Tanggapan Filter Fonem Huruf Hijaiyah Fat-hah /ba/ Pembicara Ahli

Frekuensi formant (F1, F1, dan F3) yang dihasilkan dari fonem huruf hijaiyah fat-hah /ba/ pembicara pemula adalah 738,816Hz, 11393,95Hz, dan 2734,98Hz.

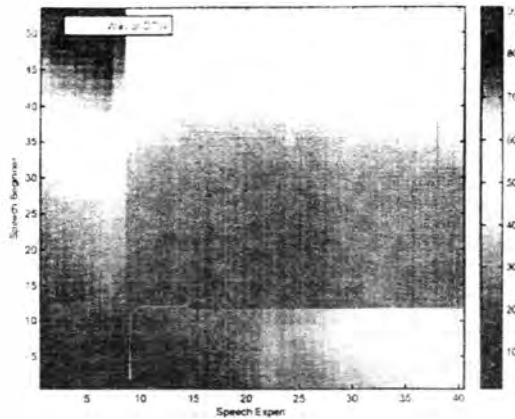
b. Hasil Pencocokan Jarak Menggunakan Metode DTW

Pada bagian ini menampilkan hasil dari pencocokan jarak menggunakan metode DTW antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli berupa grafik dan nilai jarak terkecil.



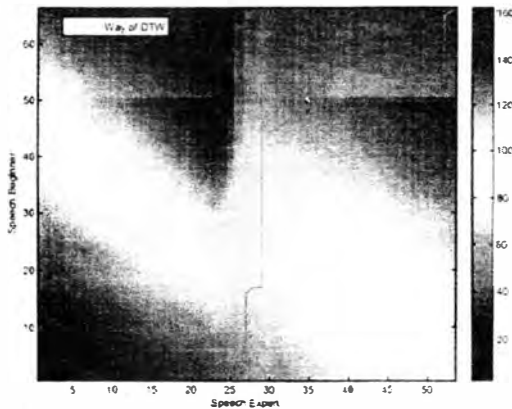
Gambar 21: Pencocokan Jarak Identik Fonem Huruf Hijaiyah Dham-mah /su/

Gambar 22 menunjukkan grafik hasil pencocokan jarak identic untuk fonem huruf hijaiyah dham-mah /su/ antara suara pembicara ahli dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj dan nilai jarak pencocokan adalah 0. Jarak terbaik matriks distorsi adalah diagonal karena nilai jarak pencocokan antara suara pembicara ahli dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj adalah sama dengan nol.



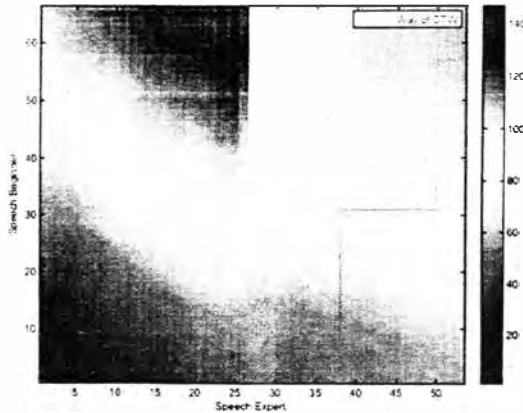
Gambar 22: Pencocokan Jarak Fonem Huruf Hijaiyah Fat-hah /sa/

Gambar 22 menunjukkan grafik hasil pencocokan jarak fonem huruf hijaiyah fat-hah /sa/ antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj dan nilai jarak pencocokannya adalah 52,9362. Jarak terbaik matriks distorsi adalah tidak diagonal karena nilai jarak pencocokan antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj tidak sama dengan nol.



Gambar 23: Pencocokan Jarak Fonem Huruf Hijaiyah Kas-rah /si/

Gambar 23 menunjukkan grafik hasil pencocokan jarak fonem huruf hijaiyah kas-rah /si/ antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj dan nilai jarak pencocokannya adalah 136,4. Jarak terbaik matriks distorsi adalah tidak diagonal karena nilai jarak pencocokan antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj tidak sama dengan nol.



Gambar 24: Pencocokan Jarak Fonem Huruf Hijaiyah Dham-mah /su/

Gambar 24 menunjukkan grafik hasil pencocokan jarak fonem huruf hijaiyah dham-mah /su/ antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj dan nilai jarak pencocokannya adalah 112,4516. Jarak terbaik matriks distorsi adalah tidak diagonal karena nilai jarak pencocokan antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj tidak sama dengan nol.

F. Kesimpulan

Perancangan aplikasi GUI pengucapan makhraj dan analisis frekuensi dasar dan frekuensi formant telah selesai. Berdasarkan analisis data yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan:

1. Fungsi autokorelasi dapat digunakan untuk mendapatkan frekuensi dasar pembicara dalam pengucapan makhraj dan fungsi LPC dapat digunakan untuk mendapatkan frekuensi formant pembicara dalam pengucapan makhraj.
2. Metode DTW dapat digunakan dalam untuk mengetahui nilai jarak terkecil pencocokan antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj. Semua huruf hijaiyah yang digunakan sebagai data pada penelitian terdiri dari fat-hah, kas-rah, dan dham-mah berjumlah 84 huruf mempunyai nilai jarak pencocokan antara 28,9746 hingga 136,4. Selain itu, nilai jarak pencocokan untuk fonem yang identic adalah 0. Oleh karena itu, semakin besar nilai pencocokan jarak yang dihasilkan

maka menghasilkan sinyal suara yang menjauhi dari sinyal aslinya.

3. Perancangan aplikasi GUI pengucapan makhraj menggunakan MATLAB 2012b telah selesai dilakukan. Namun Masih terdapat kekurangan pada bagian menu untuk melakukan analisa misalnya pada menu DTW, hal itu diperlukan agar pembicara dapat mengetahui nilai jarak pencocokan.

Catan Akhir:

¹Fitch, J. L. (1973). Voice and articulation. In B. B. Lahey (Ed.), *The Modification of language behavior* (pp. 130-177). Springfield, IL: Charles C. Thomas Publisher

²Muhammad Subali, 2010, *Prosody Model Analysis Of Bahasa Indonesia Speech Synthesizer Using Speech Filing System*, Prosiding Seminar Ilmiah Nasional KOMMIT

³ Muhammad Subali, 2014, *Makhraj pengucapan huruf hijaiyah dalam bentuk simulasi model tabung Vocal Tract dari alat ucap manusia*, Al Qalam, hal 334-361

⁴Lawrence R. Rabiner, Ronald W, 2007, *Introduction to digital speech processing*, *Foundation and trends in signal processing*, Vol 1 No 1-2, pp 1-194.

⁵Muhammad Subali, 2014, *Makhraj pengucapan huruf hijaiyah dalam bentuk simulasi model tabung Vocal Tract dari alat ucap manusia*, Al Qalam, hal 334-361

⁶<http://fatihatulfajri.blogspot.co.id/2011/06/makhraj.html>

⁷Lawrence R. Rabiner, Ronald W, 2007, *Introduction to digital speech processing*, *Foundation and trends in signal processing*, Vol 1 No 1-2, pp 194.

⁸Lawrence R. Rabiner, Ronald W, 2007, *Introduction to digital speech processing*, *Foundation and trends in signal processing*, Vol 1 No 1-2, pp 190

⁹ Muhammad Subali, Djasiodi Djasri, Neneng Alawiyah, 2014, *Frekuensi Forman sebagai model akustik tabung sederhana dari vocal tract*, SNAST.

¹⁰.Affandy. 2014. *Aplikasi Frekuensi Forman pada pengucapan huruf hijaiyah sebagai dasar untuk menentukan model tabung akustik*, Universitas Gunadarma

¹¹Muhammad Subali, Djasiodi Djasri, Neneng Alawiyah, 2014, *Frekuensi Forman sebagai model akustik tabung sederhana dari vocal tract*, SNAST.

¹²Lawrence R. Rabiner, Ronald W, 2007, *Introduction to digital speech processing*, *Foundation and trends in signal processing*, Vol 1 No 1-2, pp 1-194.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandy. 2014. Aplikasi Frekuensi Forman pada pengucapan huruf hijaiyah sebagai dasar untuk menentukan model tabung akustik, Universitas Gunadarma
- Biljana Prica ,2010 , Recognition of Vowels in Continous Speech by Using Formants.
- Fitch, J. L. (1973). Voice and articulation. In B. B. Lahey (Ed.), *The Modification of language behavior* (pp. 130-177). Springfield, IL: Charles C. Thomas Publisher
- Fitch,W.T. (1986). *Vocal Tract Length Perception and The Evolution of Language*, Thesis, Department of Cognitive and Linguistic Sciences at Brown University,1994
- Hyunsong Chung , 2000, *Consonantal and Prosodic Influences on Korean Vowel Duration*. Department of Phonetics and Linguistics .
- Harveen Khaila , 2007, *A Phonetics and Phonological Study Of So Called ‘Buccal’ Speech Produced By two Long-Term tracheostomised Children*.
- Lawrence R. Rabiner,Ronald W,2007, *Introduction to digital speech processing,Foundation and trends in signal processing, Vol 1 No 1-2,pp 1-194*.
- Muhammad subali, 2001 , *Kalman Filter untuk pemilihan DIPONE pada pensitesa suara Bahasa Indonesia*.DIKNAS.
- Muhammad subali , 2006 , *Model Linier Dinamik untuk pemilihan DIPONE pada pensitesa suara Bahasa Indonesia*.Prosiding Seminar Ilmiah Nasional KOMMIT.
- Muhammad Subali , 2010, *Prosody Model Analysis Of Bahasa Indonesia Speech Synthesizer Using Speech Filing System* , Prosiding Seminar Ilmiah Nasional KOMMIT
- Muhammad Subali ,2011, *Penyeleksian Diphone Untuk Penggabungan Unit Bunyi Pesintesa Suara Bahasa Indonesia*. Prosiding Konferensi Nasional Sistem Informasi .KNSI.

- Muhammad Subali .2011. eksperimental prosodi Bahasa Indonesia pada penderita disfungsi fonologis menggunakan Speech Filing System. Prosiding Seminar Ilmiah Nasional KOMMIT.
- Muhammad Subali,2012,Deteksi sonority peak untuk Penderita Speech Delay Menggunakan Speech Filing System. Prosiding Seminar Ilmiah Nasional KOMMIT.
- Muhammad Subali , 2013, Analisis voiced dan unvoiced untuk penderita speech delay menggunakan perangkat lunak Waveforms Annotations Spectograms and Pitch (WASP), Prosiding Konferensi Nasional Sistem Informasi ,KNSI.
- Muhammad Subali ,2013, syllables experimental analysis of prosodic in dysfunction phonologies. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi,SNASTIKOM.
- Muhammad Subali,2014, Makhraj pengucapan huruf hijaiyah dalam bentuk simulasi model tabung Vocal Tract dari alat ucap manusia,Al Qalam, hal 334-361
- Muhammad Subali,Djasiodi Djasri,Neneng Alawiyah,2014,Frekuensi Forman sebagai model akustik tabung sederhana dari vocal tract,SNAST.
- Vincent.J., Heuven, van and Zanten,E.v. (2007) Prosody in Indonesian Languages, Leiden University Centre for Linguistics,
<http://lotos.library.uu.nl/publish/articles/000213/bookpart.pdf>
- <http://web.forman.edu/~wrogers/phonemes/phono/phcons.htm>
- <http://fatihatulfajri.blogspot.co.id/2011/06/makhraj.html>