

MAKHRAJ PENGUCAPAN HURUF HIJAIYAH DALAM BENTUK SIMULASI MODEL TABUNG VOCAL TRACT DARI ALAT UCAP MANUSIA

Muhammad Subali

Teknik Informatika, STT Multimedia Cendikia Abditama
muhammadsubali@yahoo.com

Djasiodi Djasri

Teknik Elektro, STT Multimedia Cendikia Abditama
ddjasri@yahoo.com

Neneng Alawiyah

Pendidikan Agama Islam, STIT ,Islamic Village
gantinalim_2009@yahoo.com

Abstract

When reading the Qur'an, each letter should be pronounced according to its proper articulation (Makhraj). Mistake in pronunciation of a letter or makhraj can change the meaning of that letter. Elements of sound in Arabic is very important to learn in order to the pronunciation of the Arabic language accordance with the rules of the Arabic language that have been assigned. The purpose of this research is to analyze the pattern of frequencies called formant for each pronunciation hijaiyah which express the proper pronunciation. Data is obtained by recording the expert qori and qoriah, then processed with software "Praat" to get the formant frequencies and analyzed. Furthermore, the data is processed in the form of Graphical User Interface (GUI) using MatLab, thus obtained the pattern pronunciation for each letter pronounced in the form of a tube resonator models which express the the pattern of articulation tool.

Keywords: *makhraj, resonator, formant, fonem*

Abstrak

Ketika membaca Alquran setiap huruf harus dibunyikan sesuai makhraj hurufnya. Kesalahan dalam pengucapan huruf atau

makhraj huruf, dapat menimbulkan perbedaan makna dan kesalahan arti pada bacaan yang tengah dibaca. Unsur bunyi dalam bahasa Arab menjadi sangat penting untuk dipelajari dengan maksud agar pengucapan bahasa Arab sesuai dengan aturan bahasa Arab yang telah ditetapkan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pola frekuensi yang disebut dengan formant untuk setiap pengucapan huruf hijaiyah yang mengekspresikan cara pengucapan yang benar. Data diperoleh melalui perekaman pakar qori dan qoriah lalu di proses dengan perangkat lunak Praat untuk mendapatkan frekuensi formant dan dianalisis, selanjutnya data di olah dalam bentuk Grafic user Interface (GUI) dengan perangkat lunak MatLab sehingga diperoleh pola pengucapan untuk setiap huruf yang diucapkan dalam bentuk model tabung resonator yang mengekspresikan pola artikulasi alat ucap. Dalam penelitian ini dibatasi untuk fonem pada setiap huruf Hijaiyah dengan pengucapan harakat fatah /a/, kasrah /i/ dan dammah /u/serta difihong atau gabungan dua unit bunyi.

Kata kunci : *makhraj, resonator, formant, fonem*

A. Pendahuluan

Teknologi komputer merupakan salah satu teknologi yang sangat cepat mengalami perkembangan, dan tidak dapat dipungkiri bahwa kecanggihan teknologi saat ini banyak berperan dalam membantu pekerjaan manusia, salah satunya adalah dalam bidang pendidikan khususnya dalam hal pelajaran membaca Alquran. Ketika membaca Alquran setiap huruf harus dibunyikan sesuai *makhraj* hurufnya. Kesalahan dalam pengucapan huruf atau *makhraj* huruf, dapat menimbulkan perbedaan makna dan kesalahan arti pada bacaan yang tengah dibaca. Unsur bunyi dalam bahasa Arab menjadi sangat penting untuk dipelajari dengan maksud agar pengucapan bahasa Arab sesuai dengan aturan bahasa Arab yang telah ditetapkan. Penguasaan terhadap unsur bunyi bahasa Arab tidak hanya terbatas pada pengucapan dan pelafalan saja, tetapi juga penguasaan terhadap pembelajaran intonasinya.

Tujuan yang ingin di capai adalah menentukan model tabung resonansi sebagai model vocal tract untuk pembelajaran membaca Alquran berbasis multimedia interaktif dengan memanfaatkan pola frekuensi Forman .

Metode yang dilakukan adalah menganalisis terhadap kumpulan pola frekuensi forman untuk semua unit bunyi dari huruf hijaiyah baik untuk unsur fonem dan diftong. Penelitian ini diawali dengan kegiatan perancangan alat, untuk mengidentifikasi alat yang dibutuhkan terutama dalam proses perekaman suara dan uji coba program. Selanjutnya dilakukan proses perekaman dari pakar *tajwid/makhrāj*/artikulasi bahasa Arab, dan dilakukan proses editing untuk menghilangkan signal noise yang terdapat pada hasil rekaman. Dalam penelitian ini fonem yang digunakan adalah pengucapan fatah /a/, kasrah /i/ dan dammah /u/ serta diptong pada huruf hijaiyah.

Banyak penelitian tentang pengolahan signal suara, diantaranya Hyunsong Chung dari *Department of Phonetics and Linguistics* sejak tahun 2000 melakukan penelitian tentang *Consonantal and Prosodic Influences on Korean Vowel Duration*. Tahun 2001 , Muhammad subali melakukan penelitian dengan judul Kalman Filter untuk pemilihan DIPONE pada pensitesa suara Bahasa Indonesia. Tahun 2006 Muhammad subali melakukan penelitian dengan judul Model Linier Dinamik untuk pemilihan DIPONE pada pensitesa suara Bahasa Indonesia.¹

Tahun 2007 Harveen Khaila dengan peneltian *A Phonetics and Phonological Study Of So Called 'Buccal' Speech Produced By two Long-Term tracheostomised Children*. Biljana Prica pada tahun 2010 dengan penelitian *Recognition of Vowels in Continous Speech by Using Formants*.²

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*.³

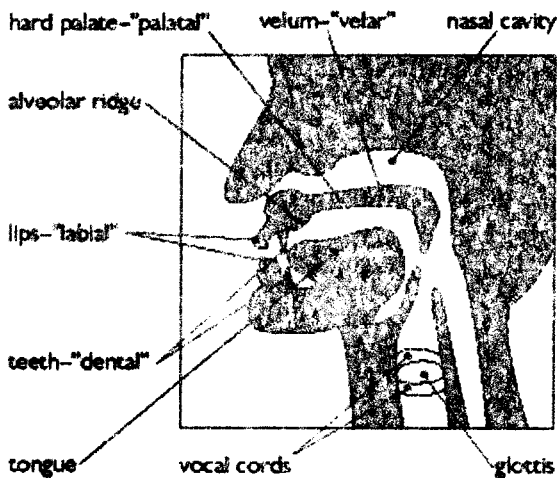
Pada tahun 2012 Muhammad Subali melanjutkan penelitiannya dengan memanfaatkan SFS yaitu tentang deteksi *sonority peak* untuk Penderita *Speech Delay* Menggunakan *Speech*

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 Spectrograms and Pitch (WASP)* dan tentang *syllables experimental analysis of prosodic in dysfunction phonologies*.

B. Artikulasi dalam Bahasa

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 sebagainya. *places of articulation* bunyi bahasa dalam bahasa Arab menjadi beberapa bagian sebagai seperti tampak pada gambar 1 berikut.⁴



Gambar 1. Artikulasi pada Alat Ucap Manusia

Bilabial: [w] [b] [m] Pada bagian ini, bibir atas menjadi artikulator pasif dan bibir bawah menjadi artikulator aktif. Dalam konsep Fromkin dan Rodman, bilabials terjadi untuk [w] pada *wajaha*, [b] pada *bajaha*, dan [m] pada *mazada*. *Labiodental*: [f] Pada bagian ini, gigi atas menjadi artikulator pasif dan bibir bawah menjadi artikulator aktif. *labiodentals* terjadi untuk [f] pada *fatara*. *Interdental*: [ɪ̠] [ʌ̠] [z] Pada bagian ini, gigi atas menjadi artikulator pasif dan bagian pinggir lidah menjadi artikulator aktif. , interdentials terjadi untuk [ɪ̠] pada *tawiya* dan [z] pada *zalla*. Selanjutnya adalah *Laminoalveolar*: [t] [d] [d̪] [l] [n] .Pada bagian ini, gusi menjadi artikulator pasif dan bagian depan lidah menjadi artikulator aktif. Contohnya [t] pada *taniya*, [t] pada *tāçla*, [d] pada *dalla*, [l] pada *laisa*, dan [n] pada *nāçma*.⁵

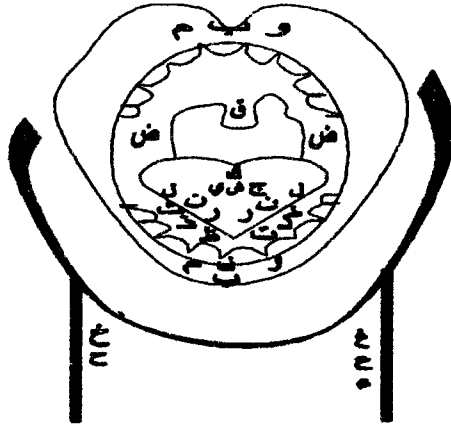
Apicoalveolar: [r] [s] [ʃ] [z]. Pada bagian ini, gusi menjadi artikulator pasif dan bagian pinggir lidah menjadi artikulator aktif. Contohnya [r] pada *ramāç*, [s] pada *salima*, [ʃ] pada *sadaqa*, dan [z] *zaniya*. *Palatal*: [ç] [j] [y]. Pada bagian ini, langit-langit mulut menjadi artikulator pasif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

Velar: [k] [g] [k̠]. 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 *qāçma*. *Glottal*: [h]. Pada bagian ini, bagian tenggorokan menjadi satu-satunya artikulator untuk menghasilkan suara. Contohnya, [h] pada *halumma*

C. Model Tabung Resonansi dari Vocal Tract

Dalam ilmu fonetik pengelompokan urutan huruf berdasarkan *makharijul 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*). Seperti pada gambar 2 di bawah.

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.⁶



Gambar 2. Letak Pengucapan Huruf Hijaiyah di bagian *Vocal Track*

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 cm². Saat *vocal tract* bergetar (terjadi bunyi) akan muncul komponen-komponen frekuensi yang disebut dengan frekuensi Formant yang menunjukkan posisi getaran pada *vocal tract* tersebut seperti ditunjukkan pada gambar 3. Model dari *vocal tract* dapat dianalogikan sebagai tabung resonator seperti pada gambar 4. Frekuensi Formant diformulasikan sebagai berikut.

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

Di mana ,

c = Cepat rambat bunyi

k= Bilangan frekuensi Formant (k=0,1,2,3....)

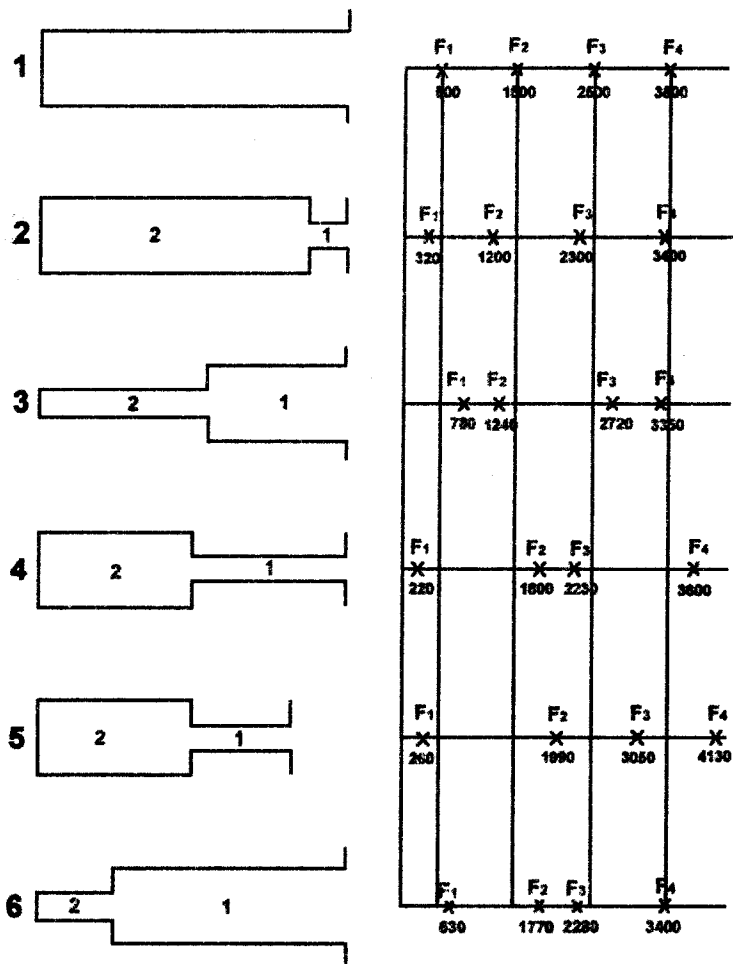
L= Panjang tabung



Gambar 3. Frekuensi Formant saat terjadi bunyi ⁷



Gambar 4. Model tabung resonansi vocal tract (Helmholtz resonator) ⁸



Gambar 5. Resonator Dua Tabung dan pola formant terkait⁹

Pada gambar 4 Frekuensi resonansi dianalogikan sebagai Frekuensi Helmholtz seperti pada persamaan 2.¹⁰

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

Di mana,

A_{bc} = Luas Penampang tabung bc

L_{bc} = Panjang tabung bc

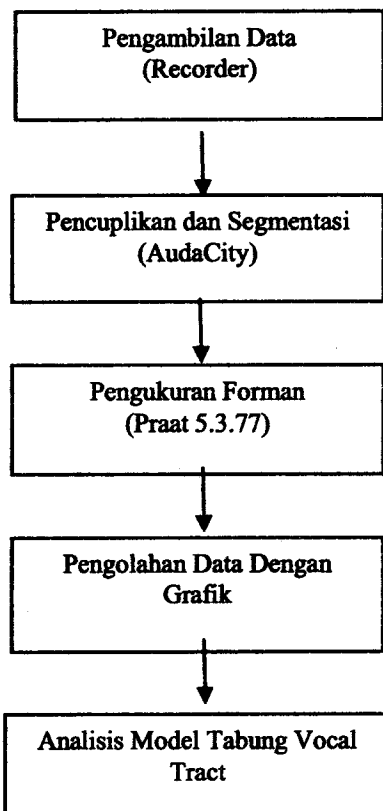
V_{ab} = Volume tabung ab

Dan pola dari frekuensi formant pada model tabung resonator dapat dilihat pada gambar 4.

Gambar 5 menunjukkan pola frekuensi Forman f_1, f_2, f_3 dan f_4 , jika f_1, f_2, f_3 dan f_4 berada pada nilai 500 Hz, 1500 Hz, 2500 Hz dan 3500 Hz maka pola tabungnya adalah pola tabung no 1. Jika $f_1 < 500$ Hz, $500 \text{ Hz} < f_2 < 1500$ Hz, $1500 \text{ Hz} < f_3 < 2500$ Hz dan $2500 \text{ Hz} < f_4 < 3500$ Hz maka model tabung adalah model no 2, demikian untuk model model yang lainnya.

D. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa proses tahapan yang terdiri dari pengambilan data, pencuplikan dan segmentasi, pengukuran forman, uji sampel data forman, pengolahan data dalam bentuk grafik dan tahap analisis model tabung akustik sederhana seperti yang digambarkan pada diagram alir pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Metode Penelitian

Pada penelitian ini bunyi ucap huruf *Hijaiyah* yang diucapkan oleh seorang Qori yang sudah terlatih dalam pengucapan huruf *Hijaiyah* dan suara Qori tersebut direkam secara langsung menggunakan *recorder*.

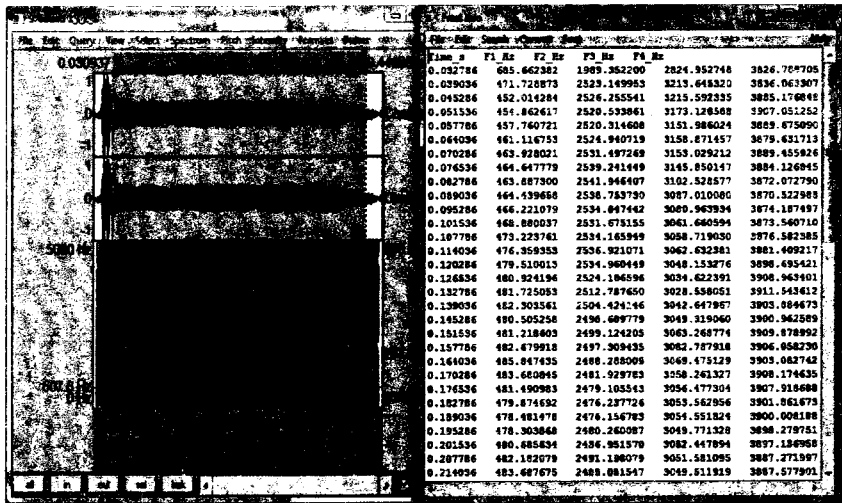
Hasil perekaman yang telah tersimpan dalam file berekstensi *.wav kemudian dicuplik menggunakan *sampling rate* 8000 hz dengan resolusi 16 bit. Selanjutnya dari kelompok ucap tersebut disegmentasi atau dipisah sesuai dengan satuan ucap huruf *Hijaiyah* yang kemudian disimpan dalam bentuk file tersendiri dengan terlebih dahulu dikonversi dari file (*.wav) menggunakan *software Audacity*.

Hasil dari segmentasi yang berupa satuan ucap *Hijaiyah* sesuai fonem yang telah diperoleh dengan *Audacity*, selanjutnya diolah lagi untuk pengukuran frekuensi forman menggunakan *software Praat 5.3.77*.

Setelah mendapatkan data hasil keseluruhan nilai frekuensi forman dari setiap pengucapan *Hijaiyah* fonem /a/ fatah, selanjutnya hasil data frekuensi forman di hitung rata-rata dari setiap fonem. Dari data hasil rata-rata forman frekuensi yang di dapat, selanjutnya data tersebut di gambarkan dengan bentuk grafik yang di rancang dengan menggunakan perangkat lunak *MatLab R2011a* guna untuk memudahkan proses penentuan atau pengukuran ke dalam model tabung akustik sederhana. Dari pengukuran frekuensi forman kemudian diambil data dari setiap frekuensi forman yaitu forman satu, forman dua, forman tiga dan forman empat untuk kepentingan analisis.

E. Hasil dan Pembahasan

Gambar 7 adalah bentuk sinyal suara dari pengucapan huruf *hijaiyah* fonem /a/ (*fatah*), yang menunjukkan adanya frekuensi forman.



Gambar 7. Sinyal Suara Pengucapan Huruf Hijaiyah Fonem /a/ (Fataah)

Dengan cara yang sama diperoleh sinyal suara untuk pengucapan huruf Hijaiyah fonem /i/ (kasrah) dan /u/ atau dammah serta diphthong atau gabungan dua unit bunyi, yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 1, 2, 3, 4,5 dan 6 di bawah.

Tabel 1. Rata-rata Pengucapan Huruf Hijaiyah Fonem A Dengan Software Praat

| Fonem | Arab | Pengucapan | f1(Hz) | f2(Hz) | f3(Hz) | f4(hz) |
|-------|------|------------|----------|----------|----------|----------|
| A | أ | /a/ | 830.96 | 1340.556 | 2998.252 | 4077.727 |
| Ba | ب | /ba/ | 745.7402 | 1392.453 | 2846.352 | 3948.248 |
| Ta | ت | /ta/ | 736.8883 | 1414.913 | 2794.538 | 3921.193 |
| Tsa | ث | /tsa/ | 735.6743 | 1427.079 | 2934.168 | 3871.44 |
| Jim | ج | /ja/ | 645.5532 | 1659.648 | 2835.847 | 3757.511 |
| Ha | ح | /ha/ | 909.5386 | 1417.728 | 2937.712 | 3614.391 |
| Kho | خ | /kho/ | 767.3924 | 1442.063 | 2891.145 | 3865.085 |
| Dal | د | /da/ | 717.5634 | 1473.214 | 2885.407 | 3723.443 |
| Dza | ذ | /dza/ | 592.3777 | 1488.715 | 2854.775 | 3833.411 |
| Ra | ر | /ra/ | 611.2609 | 877.547 | 3289.736 | 4130.097 |
| Za | ز | /za/ | 671.235 | 1488.743 | 2920.911 | 3962.683 |
| Sa | س | /sa/ | 770.9221 | 1458.656 | 3004.107 | 4047.48 |

| | | | | | | |
|------|---|-------|----------|----------|----------|----------|
| Sya | ش | /sya/ | 713.502 | 1414.821 | 2950.423 | 3867.282 |
| Shod | ص | /sho/ | 711.0384 | 1413.459 | 2952.229 | 3866.82 |
| Dho | ض | /dho/ | 718.3145 | 1386.105 | 2965.161 | 3878.966 |
| Tho | ط | /tho/ | 688.2767 | 1375.158 | 2977.844 | 3913.773 |
| Zho | ظ | /zho/ | 526.5075 | 925.6996 | 3095.533 | 3888.069 |
| ain | ع | /ain/ | 902.2442 | 1220.488 | 2716.018 | 3648.773 |
| Gho | غ | /gho/ | 584.6602 | 1007.461 | 3128.478 | 4018.824 |
| Fa | ف | /fa/ | 754.5743 | 1349.107 | 2895.431 | 3959.778 |
| Qo | ق | /qo/ | 638.8156 | 876.8364 | 3207.907 | 3952.212 |
| Ka | ك | /ka/ | 745.4655 | 1464.94 | 2668.038 | 3939.823 |
| La | ل | /la/ | 706.3893 | 1377.751 | 2910.816 | 3895.296 |
| Ma | م | /ma/ | 780.689 | 1416.653 | 2937.812 | 3805.859 |
| Na | ن | /na/ | 743.9297 | 1458.527 | 2904.537 | 3934.015 |
| Ha' | ه | /HA'/ | 739.5375 | 1390.029 | 2846.783 | 3853.172 |
| Wau' | و | /wa/ | 644.4313 | 1174.487 | 2775.021 | 3933.418 |
| Ya | ي | /ya/ | 570.6662 | 1835.69 | 2886.565 | 3861.547 |

Tabel 2 . Rata-rata Pengucapan Huruf Hijaiyah Fonem I Dengan Software Praat

| Fonem | Arab | Pengucapan | f1(Hz) | f2(Hz) | f3(Hz) | f4(hz) |
|-------|------|------------|----------|----------|----------|----------|
| I | ا | /i/ | 451.6363 | 2570.833 | 3156.187 | 4167.358 |
| BI | ب | /bi/ | 439.4965 | 2472.482 | 3110.59 | 3997.574 |
| TI | ت | /ti/ | 448.5471 | 2468.238 | 3117.43 | 3905.464 |
| Tsi | ث | /tsi/ | 470.4774 | 2512.035 | 3126.78 | 4121.423 |
| Ji | ج | /ji/ | 452.5393 | 2505.897 | 3127.747 | 4047.955 |
| Hi | ح | /hi/ | 509.9748 | 2355.946 | 2894.277 | 3684.347 |
| Khi | خ | /khi/ | 523.7511 | 2466.973 | 2944.994 | 4098.771 |
| Di | د | /di/ | 463.5216 | 2469.145 | 3166.28 | 4160.595 |
| Dzi | ذ | /dzi/ | 444.4557 | 2248.015 | 2896.281 | 4001.481 |
| Ri | ر | /ri/ | 447.2363 | 2350.411 | 3009.508 | 4049.49 |
| Zi | ز | /zi/ | 465.1636 | 2441.998 | 3055.007 | 4023.446 |
| Sin | س | /si/ | 472.14 | 2418.802 | 3027.609 | 4023.438 |
| Syin | ش | /syi/ | 614.3113 | 2387.144 | 2844.582 | 3646.277 |
| Shid | ص | /shi/ | 597.8695 | 2189.535 | 2987.262 | 4149.754 |

| | | | | | | |
|------|---|-------|----------|----------|----------|----------|
| Dhid | ض | /dhi/ | 468.9343 | 2045.981 | 2785.139 | 3505.734 |
| thi | ط | /thi/ | 486.2691 | 2204.413 | 2904.94 | 3681.781 |
| zhi | ظ | /zhi/ | 463.9182 | 1913.178 | 2850.014 | 3789.915 |
| aii | ع | /ii/ | 650.5219 | 1911.426 | 2941.632 | 3773.919 |
| Ghi | غ | /ghi/ | 497.3662 | 1901.801 | 2992.257 | 4172.081 |
| Fi | ف | /fi/ | 501.0386 | 2431.892 | 3119.013 | 4061.074 |
| Qi | ق | /qi/ | 495.9008 | 2488.065 | 3019.838 | 4010.09 |
| Ki | ك | /ki/ | 499.728 | 2596.453 | 3080.999 | 4071.27 |
| Li | ل | /li/ | 448.1504 | 2288.029 | 3073.427 | 4110.155 |
| Mi | م | /mi/ | 453.418 | 2191.269 | 3058.379 | 3991.959 |
| Ni | ن | /ni/ | 459.5818 | 2055.655 | 2999.564 | 3932.124 |
| Hi' | ه | /hi/ | 457.7166 | 2387.013 | 2954.75 | 3776.247 |
| wii' | و | /wi/ | 455.5827 | 2147.402 | 2824.606 | 3916.952 |
| Yi' | ي | /yi/ | 426.7869 | 2421.723 | 3144.499 | 3823.634 |

Tabel 3. Rata-rata Pengucapan Huruf Hijaiyah Fonem U Dengan Software Praat

| Fonem | Arab | Pengu- capan | f1(Hz) | f2(Hz) | f3(Hz) | f4(hz) |
|-------|------|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| U | أ | /u/ | 532.4358 | 782.4075 | 2547.507 | 3826.217 |
| Bu | ب | /bu/ | 518.5699 | 791.1529 | 2557.74 | 3683.139 |
| Tu | ث | /tu/ | 506.565 | 859.1552 | 2751.358 | 3678.709 |
| Tsu | ث | /tsu/ | 520.5404 | 857.9148 | 2873.856 | 3882.601 |
| Ju | ج | /ju/ | 492.207 | 1067.027 | 2556.952 | 3581.087 |
| Hu | ح | /hu/ | 534.9551 | 954.2736 | 2482.383 | 3313.222 |
| Khu | خ | /khu/ | 531.8421 | 803.7987 | 2699.54 | 3773.493 |
| Du | ذ | /du/ | 552.0333 | 839.7959 | 2558.96 | 3692.523 |
| Dzu | ذ | /dzu/ | 521.8912 | 936.5939 | 2858.573 | 3754.099 |
| Ru | ر | /ru/ | 544.8573 | 888.0449 | 3099.83 | 3627.413 |
| Zu | ز | /zu/ | 563.878 | 1013.969 | 2807.548 | 3769.33 |
| Su | س | /su/ | 593.088 | 999.0926 | 2805.812 | 3721.154 |
| Syu | ش | /syu/ | 609.3304 | 1124.399 | 2528.472 | 3503.986 |
| Shud | ص | /shu/ | 580.2614 | 852.5021 | 3142.958 | 3916.72 |
| Dhu | ض | /dhu/ | 533.7664 | 785.6255 | 3131.802 | 3648.981 |
| Thu | ط | /thu/ | 508.743 | 798.4305 | 3294.493 | 3719.65 |
| Zhu | ظ | /zhu/ | 544.6479 | 887.861 | 2856.042 | 3685.695 |
| Au | ع | /au/ | 690.2915 | 902.9244 | 2493.599 | 3748.783 |

| | | | | | | |
|-----|---|-------|----------|----------|----------|----------|
| Ghu | غ | /ghu/ | 519.7589 | 923.4868 | 2981.118 | 3870.336 |
| Fu | ف | /fu/ | 641.3419 | 1070.635 | 2613.169 | 4141.868 |
| Qu | ق | /qu/ | 523.8227 | 795.1495 | 3105.074 | 3641.674 |
| Ku | ك | /ku/ | 554.591 | 877.8495 | 2595.442 | 3915.012 |
| Lu | ل | /lu/ | 523.1342 | 982.0807 | 2532.025 | 3594.169 |
| Mu | م | /mu/ | 592.4237 | 962.5373 | 2674.646 | 3669.739 |
| Nu | ن | /nu/ | 586.1657 | 1015.876 | 2640.87 | 3514.808 |
| Hu' | ه | /hu/ | 540.9987 | 895.4084 | 2590.839 | 3766.181 |
| Wu | و | /wu/ | 547.4851 | 811.8436 | 2546.911 | 3752.227 |
| Yu | ي | /yu/ | 501.1469 | 1217.687 | 2588.32 | 3755.344 |

Tabel 4. Rata-rata Pengucapan Huruf Hijaiyah Diftong Fonem A Dengan Software Praat

| Fonem | Arab | Pengucapan | f1(Hz) | f2(Hz) | f3(Hz) | f4(hz) |
|-------|------|------------|----------|----------|----------|----------|
| A+ba | اب | /ab/ | 682.781 | 1370.508 | 2809.565 | 4047.043 |
| A+ta | ات | /at/ | 831.3228 | 1545.827 | 2858.167 | 3959.797 |
| a+tsa | آت | /ats/ | 769.5623 | 1562.192 | 2926.548 | 3955.155 |
| A+jim | أج | /aj/ | 636.0596 | 1955.031 | 2875.112 | 4057.356 |
| A+ha | أخ | /ah/ | 975.3648 | 1399.643 | 3053.812 | 3746.112 |
| A+kho | أخ | /akh/ | 845.6944 | 1238.701 | 2923.293 | 3932.634 |
| A+da | اد | /ad/ | 635.3542 | 1604.599 | 2833.633 | 4260.388 |
| A+dza | اذ | /adz/ | 641.3348 | 1542.45 | 2911.509 | 4174.747 |
| A+ra | ار | /ar/ | 666.97 | 1000.01 | 3145.528 | 3922.049 |
| A+za | از | /az/ | 598.8474 | 1506.233 | 2995.107 | 4244.434 |
| A+sa | اس | /as/ | 836.8437 | 1589.516 | 2998.905 | 4152.593 |
| A+sya | اش | /asy/ | 838.2512 | 1830.839 | 2890.803 | 3724.467 |
| A+sho | أص | /ash/ | 751.8616 | 1550.046 | 3137.145 | 4228.777 |
| A+dho | أض | /adh/ | 690.0218 | 970.9002 | 3226.186 | 4084.979 |
| A+tho | أط | /atho/ | 696.0508 | 945.0716 | 3135.064 | 4011.109 |
| A+zho | أظ | /azh/ | 620.538 | 959.4741 | 2944.786 | 4060.619 |
| A+ain | أع | /Aa/ | 926.6067 | 1261.382 | 2808.346 | 3638.81 |
| A+gho | أغ | /agh/ | 616.1703 | 1054.489 | 3020.214 | 4162.624 |
| A+fa | أف | /af/ | 786.4961 | 1196.922 | 2878.381 | 3848.629 |
| A+qo | أق | /aqo/ | 820.2979 | 1149.468 | 3002.492 | 3823.252 |
| A+ka | أك | /ak/ | 902.1453 | 1545.207 | 2812.379 | 3920.483 |
| A+la | أل | /al/ | 720.7594 | 1399.063 | 2944.11 | 4280.1 |

| | | | | | | |
|---------|-----|-------|----------|----------|----------|----------|
| A+ma | أم | /am/ | 764.8908 | 1339.242 | 2927.48 | 3867.83 |
| A+na | أن | /an/ | 713.2058 | 1473.112 | 2725.212 | 3787.338 |
| A+wa | أو | /aw/ | 689.4656 | 1101.912 | 2909.096 | 3980.765 |
| A+ha' | آه | /aH/ | 882.9719 | 1425.024 | 2906.276 | 4066.76 |
| A+lām | آلا | /all/ | 753.1664 | 1363.446 | 2965.81 | 4306.574 |
| A+hamza | آء | /AA/ | 896.158 | 1412.978 | 2920.48 | 4035.484 |
| A+ya | أي | /ay/ | 710.9346 | 2052.733 | 2998.427 | 4013.39 |

Tabel 5. Rata-rata Pengucapan Huruf Hijaiyah Diftong Fonem I Dengan Software Praat

| Fonem | Arab | Pengucapan | f1(Hz) | f2(Hz) | f3(Hz) | f4(hz) |
|--------|------|------------|----------|----------|----------|----------|
| I+ba | اب | /ib/ | 451.4672 | 1795.461 | 2669.628 | 3738.34 |
| I+ta | إث | /it/ | 500.335 | 1997.606 | 2778.435 | 3903.285 |
| I+tsa | إث | /its/ | 511.6855 | 2051.125 | 2883.312 | 4291.408 |
| I+ja | إج | /ij/ | 411.9782 | 2304.497 | 2983.448 | 4248.678 |
| I+ha | إخ | /ih/ | 592.8894 | 1988.271 | 2538.636 | 3568.448 |
| I+kho | إخ | /ikh/ | 621.8223 | 1503.697 | 2800.105 | 4146.814 |
| I+da | إذ | /id/ | 443.8227 | 2007.164 | 2732.474 | 4258.344 |
| I+dza | إذ | /idz/ | 490.2369 | 2123.347 | 2910.759 | 4346.05 |
| I+ra | إر | /ir/ | 468.249 | 1864.482 | 2861.788 | 4153.491 |
| I+za | إز | /iz/ | 433.6599 | 1889.718 | 2869.661 | 4347.05 |
| I+sa | إسن | /is/ | 711.1673 | 2090.386 | 3197.514 | 4419.429 |
| I+sya | إشن | /isy/ | 1021.751 | 2434.361 | 3068.969 | 3928.561 |
| I+shod | إصن | /ish/ | 556.005 | 1816.927 | 3017.325 | 4328.681 |
| I+dho | إصن | /idh/ | 497.8408 | 1560.203 | 2672.408 | 3943.473 |
| I+tho | إط | /itho/ | 536.4188 | 1244.113 | 2655.934 | 3898.489 |
| I+zho | إظ | /izh/ | 488.7978 | 1628.026 | 2745.679 | 4358.608 |
| I+ain | إغ | /Ia/ | 632.592 | 1890.378 | 2877.747 | 4216.659 |
| I+gho | إغ | /igh/ | 468.6444 | 1514.569 | 2940.25 | 4465.871 |
| I+fa | إف | /if/ | 542.2096 | 1899.831 | 2775.271 | 3821.784 |
| I+qo | إق | /iqo/ | 589.0922 | 1447.4 | 2675.631 | 3901.836 |
| I+ka | إك | /ik/ | 677.5359 | 2039.208 | 2677.753 | 4092.049 |
| I+la | إل | /il/ | 445.1479 | 1884.336 | 2924.81 | 4298.26 |
| I+ma | إم | /im/ | 438.2011 | 1745.707 | 2697.073 | 3822.452 |
| I+na | إن | /in/ | 470.7252 | 2006.057 | 2711.992 | 4063.674 |
| I+wa | إو | /iw/ | 482.518 | 1381.651 | 2681.899 | 4095.62 |

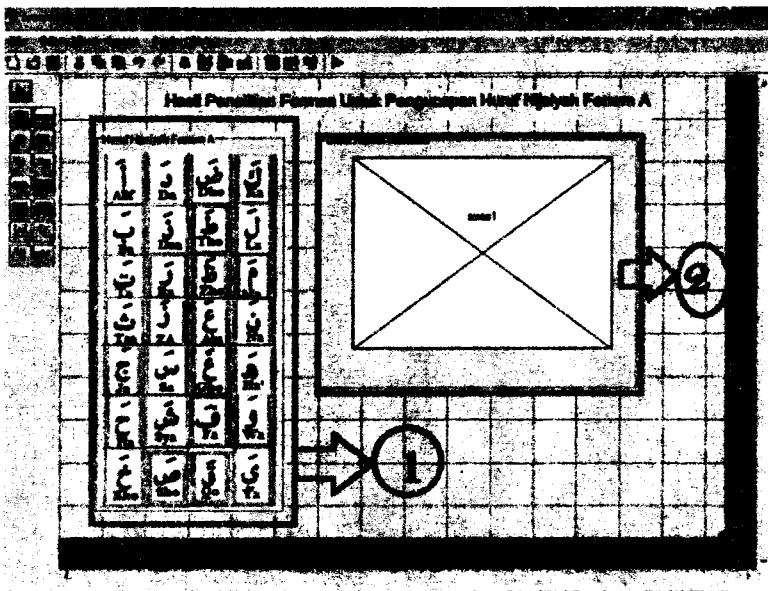
| | | | | | | |
|----------|-----|-------|----------|----------|----------|----------|
| I+ha' | إه | /iH/ | 457.1502 | 2359.123 | 2865.847 | 4237.979 |
| I+lām | إلا | /ill/ | 461.7654 | 1921.177 | 2929.815 | 4324.89 |
| I+hamzah | إه | /ii/ | 526.8764 | 2544.1 | 3103.473 | 4399.673 |
| I+ya | إي | /iy/ | 436.0035 | 2379.524 | 3096.022 | 4234.346 |

Tabel 6. Rata-rata Pengucapan Huruf Hijaiyah Diftong Fonem U Dengan Software Praat

| Fonem | Arab | Pengucapan | f1(Hz) | f2(Hz) | f3(Hz) | f4(hz) |
|-------|------|------------|----------|----------|----------|----------|
| U+ba | أب | /ub/ | 496.3021 | 1100.128 | 2747.758 | 3842.064 |
| U+ta | أث | /ut/ | 535.3315 | 1447.215 | 2937.349 | 4044.388 |
| U+tsa | أث | /uts/ | 504.4096 | 1264.082 | 2696.383 | 3974.852 |
| U+ja | أج | /uj/ | 451.4779 | 1747.835 | 2594.747 | 3431.709 |
| U+ha | أخ | /uh/ | 521.3302 | 1118.658 | 3067.623 | 3782.658 |
| U+kho | أخ | /ukh/ | 596.0401 | 1073.783 | 2746.911 | 3898.497 |
| U+da | أذ | /ud/ | 461.909 | 1372.088 | 2698.839 | 3956.348 |
| U+dza | أذ | /udz/ | 478.0917 | 1221.772 | 2662.69 | 4207.992 |
| U+ra | أز | /ur/ | 517.8851 | 1068.24 | 2268.12 | 3596.56 |
| U+za | أز | /uz/ | 462.056 | 1361.85 | 2814.534 | 4067.852 |
| U+sa | أس | /us/ | 553.9093 | 1739.735 | 3146.271 | 4221.306 |
| U+sya | أشن | /usy/ | 1119.688 | 1922.111 | 2922.943 | 3945.179 |
| U+sho | أص | /ush/ | 523.3794 | 1561.875 | 3067.609 | 4216.962 |
| U+dho | أض | /udh/ | 499.5212 | 998.5754 | 2913.092 | 3693.591 |
| U+tho | أط | /utho/ | 538.8244 | 1149.926 | 2804.43 | 3764.693 |
| U+zho | أظ | /uzh/ | 504.7775 | 1031.241 | 2735.308 | 3743.102 |
| U+ain | أع | /ua/ | 665.6938 | 955.8923 | 2503.348 | 3611.81 |
| U+gho | أغ | /ugh/ | 467.5242 | 1005.061 | 2849.262 | 4046.972 |
| U+fa | أف | /uf/ | 551.2413 | 1339.073 | 2635.305 | 3891.863 |
| U+go | أق | /ugo/ | 552.8707 | 1038.175 | 2671.088 | 3712.33 |
| U+ka | أك | /uk/ | 583.0111 | 1172.105 | 2581.04 | 3846.428 |
| U+la | أل | /ul/ | 471.0003 | 1370.979 | 2754.433 | 3933.47 |
| U+ma | أم | /um/ | 517.3562 | 1189.248 | 2568.912 | 3619.166 |
| U+na | أن | /un/ | 478.6788 | 1281.001 | 2540.196 | 3572.657 |
| U+wa | أو | /uw/ | 513.9148 | 898.6648 | 2468.345 | 3721.056 |
| U+ha' | أه | /uH/ | 521.3302 | 1118.658 | 3067.623 | 3782.658 |
| U+lām | ألا | /ull/ | 480.4288 | 1275.784 | 2658.213 | 3706.866 |

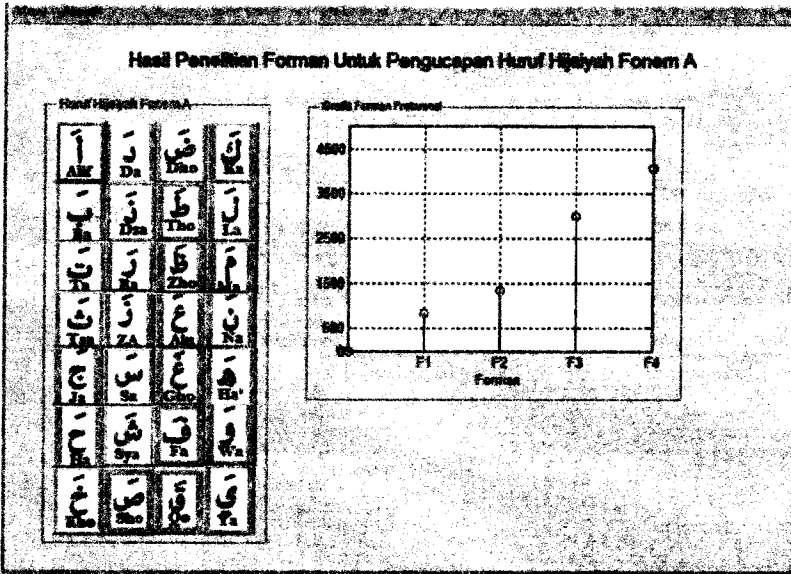
| | | | | | | |
|---------|----|------|----------|----------|----------|----------|
| U+hamza | أه | /uu/ | 508.4321 | 906.2388 | 2537.476 | 3781.32 |
| U+ya | أه | /uy/ | 470.3623 | 1876.743 | 2791.817 | 4038.125 |

Dari data frekuensi forman yang di dapat dari gambar 6, dapat di rancang sebuah aplikasi yang bertujuan untuk menyampaikan karakteristik setiap hasil data frekuensi forman yang di dapat dalam bentuk *GUI* (*Graphical User Interface*) yang dirancang dengan perangkat lunak *MatLab*. Gambar 7 adalah tampilan rancangan awal aplikasi *GUI* yang mempunyai tampilan pada area garis merah yang ditunjukkan nomor 1 sebagai *button* pilihan pengucapan huruf *hijaiyah* dan area merah yang ditunjukkan nomor 2 sebagai *output* setelah memilih pilihan yang ada di area nomor 1 dalam bentuk grafik.



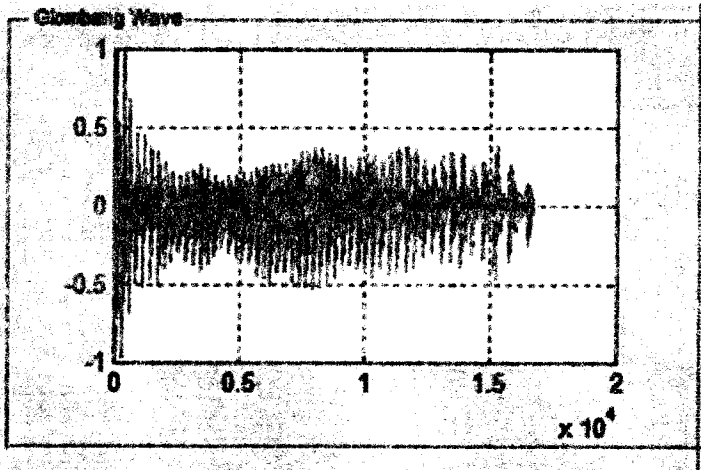
Gambar 8 Rancangan Aplikasi Frekuensi Forman Dalam Bentuk *GUI*

Gambar 8 adalah aplikasi frekuensi forman yang sudah dijalankan, terlihat sebuah grafik terlihat pada area sebelah kanan setelah sebelumnya memilih pilihan pengucapan huruf hijaiyah yang tersedia pada area sebelah kiri aplikasi.



Gambar 9 Tampilan Aplikasi Frekuensi Forman Untuk Pengucapan Huruf Hijaiyah Fonem /a/ (*Fataah*)

Gambar 9 adalah bentuk grafik dari hasil rata-rata frekuensi forman keseluruhan sampel sinyal suara pengucapan huruf hijaiyah fonem /a/ (*fatah*) yang digambarkan dengan perangkat lunak MatLab.



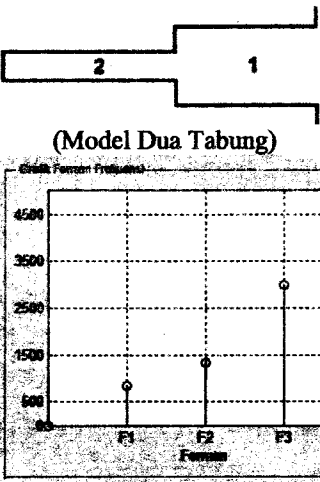
Gambar 10. Grafik Sinyal Suara Pengucapan Huruf Hijaiyah Fonem /a/ (*Fataah*)

Dengan hasil dari data dan bentuk grafik sinyal suara maka dengan menggunakan persamaan 1 hasil model tabung dari keseluruhan fonem dan diphone dapat dilihat pada tabel 7 sampai dengan 12.

1. Pengelompokan Hasil Data Rata-Rata Pengucapan Hijaiyah Fonem A

Di dalam pengucapan hijaiyah fonem A ini, data rata-rata frekuensi formant hampir keseluruhan membentuk tabung *vocal tract* model dua tabung nomor 3 karena nilai rata-rata F1 dan F2 berada di antara 500 Hz – 1500 Hz kemudian rata-rata F3 dan F4 mendekati di antara 2500 Hz – 3500 Hz sesuai gambar 5, oleh karena itu bentuk tabung akustik sederhana dalam pengucapan Hijaiyah fonem A di kelompokkan ke dalam model dua tabung nomor 3.

Tabel 7. Model Tabung Fonem /a/ pada huruf hijaiyah

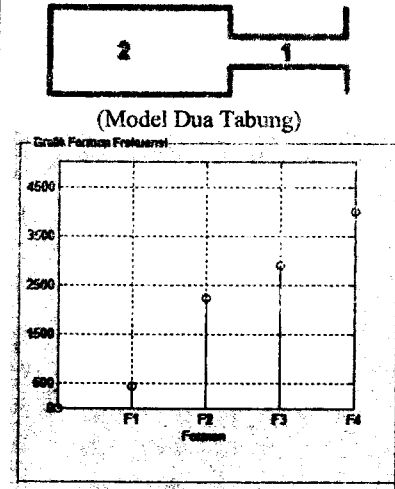
| Model Tabung | Pengucapan Fonem | | | | | |
|---|------------------|------|-------|-------|------|-------|
| | Vocal | Arab | L2/L1 | Vocal | Arab | L2/L1 |
|  <p>(Model Dua Tabung)</p> <p>Graph Formant Frequencies</p> <p>4500 3500 2500 1500 500 0</p> <p>F1 F2 F3</p> <p>Formant</p> | "A" | ا | 1.6 | "Dho" | ذ | 1.9 |
| | "Ba" | ب | 1.8 | "Tho" | ط | 1.9 |
| | "Ta" | ث | 1.9 | "Zho" | ظ | 1.7 |
| | "Tsa" | ث | 1.9 | "Ain" | ع | 1.3 |
| | "Ha" | ح | 1.5 | "Gho" | غ | 1.7 |
| | "Kho" | خ | 1.8 | "Fa" | ف | 1.7 |
| | "Da" | د | 2.0 | "Qo" | ق | 1.3 |
| | "Dza" | ذ | 2.5 | "Ka" | ك | 1.9 |
| | "Ra" | ر | 1.4 | "La" | ل | 1.9 |
| | "za" | ز | 2.2 | "Ma" | م | 1.8 |
| | "sa" | س | 1.8 | "Na" | ن | 1.9 |
| | "Sya" | ش | 1.9 | "Ha" | ه | 1.8 |
| | "Sho" | ص | 1.9 | "Wa" | و | 1.8 |
| | "Ja" | ج | 2.5 | | | |
| | "Ya" | ي | 3.2 | | | |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
|--|--|--|--|--|

2. Pengelompokan Hasil Data Rata-Rata Pengucapan Hijaiyah Fonem I

Di dalam pengucapan hijaiyah fonem I ini, data rata-rata frekuensi formant keseluruhan membentuk tabung *vocal tract* model dua tabung nomor 5 karena nilai rata-rata F1 berada diantara 0 – 500 Hz, F2 berada di antara 1500 Hz – 2500 Hz, F3 berada di antara 2500 Hz - 3500 dan F4 berada di atas 3500 Hz sesuai gambar 5, oleh karena itu bentuk tabung akustik sederhana dalam pengucapan Hijaiyah fonem I di kelompokkan ke dalam model dua tabung nomor 5.

Tabel 8. Model Tabung Fonem /i/ pada huruf hijaiyah

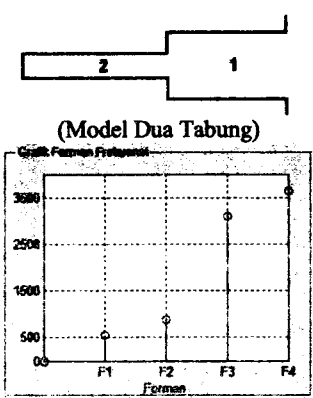
| Model Tabung | Pengucapan Fonem | | | | | |
|---|------------------|------|-------|-------|------|-------|
| | Vocal | Arab | L2/L1 | Vocal | Arab | L2/L1 |
|  <p>(Model Dua Tabung)</p> <p>Graph Formant Frequensi:</p> <p>The graph shows the following approximate values for formant frequencies (Hz): F1: 500 F2: 2000 F3: 2800 F4: 4000</p> | "I" | ا | 5.6 | "Dhi" | ض | 4.3 |
| | "Bi" | ب | 5.6 | "Thi" | ط | 4.5 |
| | "Ti" | ت | 5.5 | "Zhi" | ظ | 4.1 |
| | "Tsi" | ث | 5.3 | "II" | ع | 2.9 |
| | "Ji" | ج | 5.5 | "Ghi" | غ | 3.8 |
| | "Hi" | ح | 4.6 | "Fi" | ف | 4.8 |
| | "Khi" | خ | 4.7 | "Qi" | ق | 5.0 |
| | "Di" | د | 5.3 | "Ki" | ك | 5.1 |
| | "Dzi" | ذ | 5.0 | "Li" | ل | 5.1 |
| | "Ri" | ر | 5.2 | "Mi" | م | 4.8 |
| | "Zi" | ز | 5.2 | "Ni" | ن | 4.4 |
| | "Si" | س | 5.1 | "Hi" | ه | 5.2 |

| | | | | | | |
|--|------------|---|-----|-----------|---|-----|
| | "Syi" " | ش | 3.8 | "Wi" و | و | 4.7 |
| | "Shi" " | ص | 3.6 | "Yi" ي | ي | 5.6 |

3. Pengelompokan Hasil Data Rata-Rata Pengucapan Hijaiyah Fonem U

Di dalam pengucapan hijaiyah fonem U ini, data rata-rata frekuensi forman hampir keseluruhan membentuk tabung *vocal tract* model dua tabung nomor 3 karena nilai rata-rata F1 dan F2 berada di antara 500 Hz – 1500 Hz kemudian rata-rata F3 dan F4 mendekati di antara 2500 Hz – 3500 Hz sesuai gambar 5, oleh karena itu bentuk tabung akustik sederhana dalam pengucapan Hijaiyah fonem U di kelompokkan ke dalam model dua tabung nomor 4.

Tabel 9. Model Tabung Fonem /u/ pada huruf hijaiyah

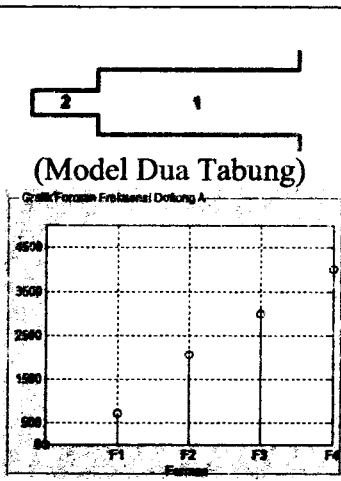
| Model Tabung | Pengucapan Fonem | | | | | |
|---|------------------|------|-----------|-------|------|-----------|
| | Vocal | Arab | L2/ L1 | Vocal | Arab | L2/ L1 |
|  <p>(Model Dua Tabung)</p> <p>Graph: Forman F1, F2, F3, F4</p> <p>Y-axis: 00, 500, 1500, 2500, 3500</p> <p>X-axis: F1, F2, F3, F4</p> | "U" | أ | 1.4 | "Dhu" | ض | 1.4 |
| | "Bu" | ب | 1.5 | "Thu" | ط | 1.5 |
| | "Tu" | ث | 1.6 | "Zhu" | ظ | 1.6 |
| | "Tsu" | ث | 1.6 | "UU" | ع | 1.3 |
| | "Ju" | ج | 2.1 | "Ghu" | غ | 1.7 |
| | "Hu" | ح | 1.7 | "Fu" | ف | 1.6 |
| | "Khu" | خ | 1.5 | "Qu" | ق | 1.5 |
| | "Du" | د | 1.5 | "Ku" | ك | 1.5 |
| | "Dzu" | ذ | 1.7 | "Lu" | ل | 1.8 |
| | "Ru" | ر | 1.6 | "Mu" | م | 1.6 |
| | "Zu" | ز | 1.7 | "Nu" | ن | 1.7 |
| | "Su" | س | 1.6 | "Hu" | ه | 1.6 |

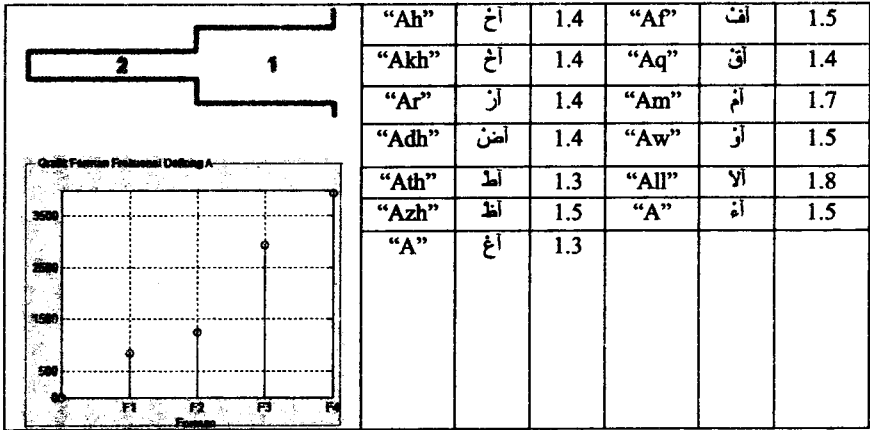
| | | | | | | |
|--|-------|-----|-----|------|----|-----|
| | “Syu” | سُو | 1.8 | “Wu” | وُ | 1.4 |
| | “Shu” | صُ | 1.4 | “Yu” | يُ | 2.4 |

4. Pengelompokan Hasil Data Rata-Rata Pengucapan Hijaiyah Diftong A

Dari hasil data rata-rata formant frekuensi dalam pengucapan Hijaiyah diftong A terdapat dua bagian pengelompokan model dua tabung *vocal tract*, bagian pertama termasuk ke dalam model dua tabung nomor 6 karena nilai rata-rata F1 berada di antara 500 Hz – 1500 Hz dan nilai rata-rata F2 berada diantara diantara 1500 Hz – 2500 Hz sesuai gambar 5 maka dari itu dapat di kelompokkan ke dalam model dua tabung nomor 2 dan bagian kedua termasuk ke dalam mode dua tabung nomor 3 karena nilai rata-rata F1 dan F2 berada diantara 500Hz – 1500Hz sesuai gambar 4. oleh karena itu bentuk tabung akustik sederhana dalam pengucapan Hijaiyah diftong A di kelompokkan ke dalam model dua tabung nomor 3.

Tabel 10. Model Tabung Diphtong /a/ pada huruf hijaiyah

| Model Tabung | Pengucapan Fonem | | | | | | |
|---|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | Vocal | Ara b | L2/L1 | Vocal | Ara b | L2/L1 | |
|  <p>(Model Dua Tabung)</p> <p>Graph Formant Freqüensi Diftong A</p> | “At” | اٲ | 1.8 | “Ak” | اَك | 1.7 | |
| | “Ats” | اٲس | 2.0 | “Al” | اَل | 1.9 | |
| | “Aj” | اَج | 3.0 | “An” | اَن | 2.0 | |
| | “Ad” | اَد | 2.5 | “Ah” | اَه | 1.6 | |
| | “Adz” | اَدز | 2.4 | “Ay” | اَي | 2.8 | |
| | “Az” | اَز | 2.5 | | | | |
| | “As” | اَس | 1.8 | | | | |
| | “Asy” | اَسْ | 2.1 | | | | |
| | “Ash” | اَسْ | 2.0 | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | “Ab” | اَب | 2.0 | “Agh” | اَغ | 1.7 |

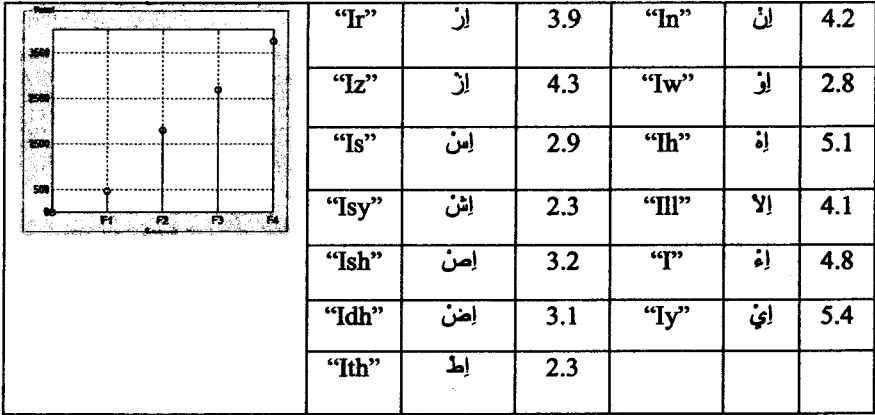


5. Pengelompokan Hasil Data Rata-Rata Pengucapan Hijaiyah Diftong I

Dari hasil data rata-rata formant frekuensi dalam pengucapan Hijaiyah diftong I dapat di kelompokkan ke dalam model dua tabung nomor 5, karena nilai rata-rata F1 berada diantara 0Hz – 500Hz dan nilai rata-rata F2 dan F3 berada diantara 1500Hz – 2500Hz sesuai gambar 5 oleh karena itu bentuk tabung akustik sederhana dalam pengucapan Hijaiyah diftong I di kelompokkan ke dalam model dua tabung nomor 5.

Tabel 11. Model Tabung Diphtong /I/ pada huruf hijaiyah

| Model Tabung | Pengucapan Fonem | | | | | |
|--------------|------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| | Vocal | Arab | L2/L1 | Vocal | Ara b | L2/L1 |
| | "Ib" | أَب | 3.9 | "Izh" | إِظ | 3.3 |
| | "It" | إِث | 3.9 | "I" | إِغ | 2.9 |
| | "Its" | إِث | 4.0 | "Igh" | إِغ | 3.5 |
| | "Ij" | إِج | 5.5 | "If" | إِفْت | 3.5 |
| | "Ih" | إِخ | 3.3 | "Iq" | إِق | 2.4 |
| | "Ikh" | إِخ | 2.4 | "Ik" | إِك | 3.0 |
| | "Id" | إِذ | 4.5 | "Il" | إِل | 4.2 |
| | "Idz" | إِذ | 4.3 | "Im" | إِم | 3.9 |

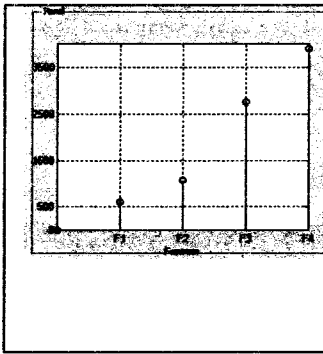


6. Pengelompokan Hasil Data Rata-Rata Pengucapan Hijaiyah Diftong U

Dari hasil data rata-rata formant frekuensi dalam pengucapan Hijaiyah diftong U dapat di kelompokkan ke dalam model dua tabung nomor 3, karena nilai rata-rata F1 dan F2 berada diantara 500Hz – 1500Hz dan nilai rata-rata F3 berada diantara 2500Hz – 3500Hz sesuai gambar 5 oleh karena itu bentuk tabung akustik sederhana dalam pengucapan Hijaiyah diftong U di kelompokkan ke dalam model dua tabung nomor 3.

Tabel 12. Model Tabung Diphtong /u/ pada huruf hijaiyah

| Model Tabung | Pengucapan Fonem | | | | | |
|--------------|------------------|------|-------|-------|------|-------|
| | Vocal | Arab | L2/L1 | Vocal | Arab | L2/L1 |
| | “Ub” | أُبْ | 2.2 | “Uzh” | أُظْ | 2.0 |
| | “Ut” | أُتْ | 2.7 | “U” | أُغْ | 1.4 |
| | “Uts” | أُتْ | 2.5 | “Ugh” | أُغْ | 2.1 |
| | “Uj” | أُجْ | 3.8 | “Uf” | أُفْ | 2.4 |
| | “Uh” | أُحْ | 2.1 | “Uq” | أُقْ | 1.8 |
| | “Ukh” | أُحْ | 1.8 | “Uk” | أُكْ | 2.0 |
| | “Ud” | أُدْ | 2.9 | “Ul” | أُلْ | 2.9 |
| | “Udz” | أُدْ | 2.5 | “Um” | أُمْ | 2.2 |
| | “Ur” | أُرْ | 2.0 | “Un” | أُنْ | 2.6 |



| | | | | | |
|-------|----|-----|------|----|-----|
| "Uz" | أز | 2.9 | "Uw" | أو | 1.7 |
| "Us" | أس | 3.1 | "Uh" | أه | 2.1 |
| "Uy" | أى | 1.7 | "Ul" | أل | 2.6 |
| "Ush" | أش | 2.9 | "U" | أ | 1.7 |
| "Udh" | أض | 1.9 | "Uy" | أى | 3.9 |
| "Uth" | أط | 2.1 | | | |

Dari tabel 1 di atas terlihat bahwa dalam setiap pengucapan fonem /a/ (*fatah*) dari seluruh huruf hijaiyah posisi dari vocal tract akan menempati posisi yang sesuai dengan standar pengucapan (*makharijul huruf*). Misalnya untuk pengucapan fonem /a/ (*fatah*) huruf alif posisi dari vocal tract mempunyai perbandingan panjang l2 dan l1 adalah 1,6 atau panjang l2 sama dengan 1,6 kali panjang l1. Dalam hal ini panjang l1 merupakan model dari ruang yang berada dari rongga mulut (rongga depan) menuju rongga belakang dimana getaran dengan frekuensi formant 1 terjadi dan panjang l2 merupakan ruang vocal tract berikutnya sampai rongga paling belakang. Demikian pula untuk fonem fonem yang lain mempunyai ukuran perbandingan tertentu untuk menghasilkan suara yang diinginkan.

E. Kesimpulan dan Saran

Pola frekuensi Forman yang dihasilkan dari fonem yang diucapkan menunjukkan pola ruang vocal tract yang diucapkan. Untuk penelitian berikutnya pola ruang vocal tract ini dapat dimanfaatkan dalam bentuk simulasi yang dapat dimanfaatkan untuk media pembelajaran. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dapat pula dicoba perangkat lunak lain yang dapat mengekstrak frekuensi forman.

Catatan akhir:

¹ Muhammad subali , *Model Linier Dinamik Untuk Pemilihan DIPONE Pada Pensitesa Suara Bahasa Indonesia*.Prosiding Seminar Ilmiah Nasional KOMMIT.Universitas Gunadarma,Depok, 2006 ,hlm 213.

² Biljana Prica , *Recognition of Vowels in Continous Speech by Using Formants*,SER:ELEC.ENG vol 23,December 2010hlm 379-393

³Muhammad Subali ,*eksperimental prosodi Bahasa Indonesia pada penderita disfungsi fonologis menggunakan Speech Filing System*. Prosiding Seminar Ilmiah Nasional KOMMIT.2011,hlm175-179

⁴ Muhyidin SS,Telaah Kitab Risalah Asbab Hudus Al-Huruf,Avicenna,Tesis,Progran Pasca UIN Sunan KaliJaga,Yogyakarta 2013,hal1-147

⁵Fromkin dan Rodman,An Introduction to Language ,Thenth Edition,2013:189-215

⁶Fitch, J. L, Voice and articulation. In B. B. Lahey (Ed.), *The Modification of language behavior,1973*, (pp. 130-177). Springfield, IL: Charles C. Thomas Publisher

⁷ Fitch,W.T, *Vocal Tract Length Perception and The Evolution of Language*, Thesis, Department of Cognitive and Linguistic Sciences at Brown University,1994, hal 135

⁸Fitch,W.T, *Vocal Tract Length Perception and The Evolution of Language*, Thesis, Department of Cognitive and Linguistic Sciences at Brown University,1994, hal 137

⁹Fants G,*Acoustic Theory Of Speech Productions*,The Hague,Netherlands:Mouton,1960,hal 73

¹⁰ Fant, G. *Analysis and synthesis of speech processes*, Amsterdam: North Holland.,1968,hal 237

DAFTAR PUSTAKA

Biljana Prica ,2010 , *Recognition of Vowels in Continous Speech by Using Formants*.

Fants G,1960, *Acoustic Theory Of Speech Productions*,The Hague,Netherlands:Mouton,

Fant, G. 1968,*Analysis and synthesis of speech processes*, Amsterdam: North Holland.

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

Fromkin dan Rodman,2013,An Introduction to Language ,Thenth Edition.

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, 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.

Muhyidin SS, 'Telaah Kitab Risalah Asbab Hudus Al-Huruf, Avicenna', Tesis, Progran Pasca UIN Sunan Kali Jaga, Yogyakarta 2013.