

ANALISIS FREKUENSI ASAS (F_0) BUNYI VOKAL BAHASA MELAYU: PENCERAKINAN BERDASARKAN FONETIK AKUSTIK

*(Analysis of Acoustics Fundamental Frequency (F_0) of Malay
Vowel: A Comparative Study on Gender)*

Shaharina Mokhtar
shaharina@uniten.edu.my

Jabatan Sains Sosial,
Kolej Pengajian Asas dan Umum,
Universiti Tenaga Nasional (UNITEN),
43000 Kajang, Selangor, MALAYSIA.
Tel.: 03-0389287515.

Shahidi A.H.
cdzedic@gmail.com

Pusat Pengajian Bahasa dan Kesusasteraan Melayu,
Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan,
Universiti Kebangsaan Malaysia,
Bangi 40360 Selangor Darul Ehsan, MALAYSIA.

Badrulzaman Abdul Hamid
badhamid@yahoo.com

Pusat Pengajian Sains Rehabilitasi,
Fakulti Sains Kesihatan,
Universiti Kebangsaan Malaysia,
Jalan Raja Muda Abdul Aziz
50300 Kuala Lumpur, MALAYSIA.

Abstrak

Kajian berdasarkan impresionistik oleh ahli linguistik tempatan Malaysia masih belum mencapai satu ketentuan yang tepat dalam menentukan perbezaan penghasilan bunyi vokal mengikut gender. Kajian terdahulu tentang bunyi vokal bahasa Melayu lebih bersifat umum (huraian pola bunyi vokal tanpa menyatakan perbezaan antara lelaki dengan perempuan). Makalah ini merupakan kajian dalam bidang fonetik yang memanfaatkan kaedah spektrogram untuk meneliti sifat akustik bunyi vokal bahasa Melayu berdasarkan gender. Seramai lima orang penutur lelaki dan lima penutur perempuan dewasa telah dipilih sebagai sebagai subjek. Beberapa sampel ujaran telah dirakam dan kemudiannya dianalisis secara spektrografik dengan menggunakan perisian Praat. Tumpuan kajian adalah pada isyarat akustik, iaitu frekuensi asas (F_0). F_0 merupakan isyarat akustik yang menunjukkan tahap kelangsingan (*pitch*) gelombang bunyi. F_0 merupakan frekuensi terendah atau harmonik pertama pada signal gelombang periodik. Dapatan kajian ini menunjukkan bahawa terdapat perbezaan F_0 yang signifikan antara penghasilan bunyi vokal lelaki dengan perempuan. Kajian ini diharap dapat memperjelas sifat akustik bunyi vokal bahasa Melayu.

Kata kunci: fonetik, akustik, frekuensi asas, gender, kelangsingan

Abstract

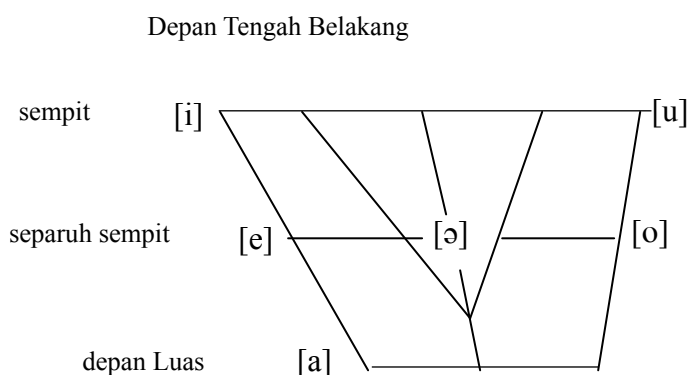
Impressionistic studies by local linguists to determine the difference in vowel production based on gender have not yet been conclusive. Previous studies of Malay vowels are more on the general tone (description of vowel patterns without specifying the differences between men and women). This phonetics research utilizes the spectrographic method to study the acoustic traits of Malay vowels according to gender. A total of five male and five female native speakers were chosen as subjects. Some sample utterances were recorded and then analysed spectrographically using the software, Praat. The research was focused on the fundamental frequency (F_0). F_0 is the acoustic signal indicating the pitch level of the sound wave, and also the lowest frequency or first harmonic of a periodic waveform. The findings of this study emphasize that there is a significant difference of the F_0 between the production of vowel sounds of males and females. This study is expected to clarify the acoustic features of Malay vowels.

Keywords: phonetics, acoustics, fundamental frequency, gender

PENGENALAN

Sebelum kaedah analisis secara akustik diperkenalkan di Malaysia, kajian fonetik tempatan lazimnya tertumpu pada kajian bersifat impresionistik yang meneliti bunyi berdasarkan analisis artikulatori dan persepsi auditori. Menurut Hayward (2000), impresionistik bermaksud kaedah penelitian secara tradisional tanpa menggunakan sebarang instrumen (peralatan) dalam mengenal pasti dan menghasilkan semula bunyi bahasa. Ahli fonetik bergantung pada pendengaran, penglihatan dan sensitiviti mereka terhadap organ pertuturan sendiri bagi mengkaji setiap penyebutan (Hayward, 2000).

Kajian lepas seperti yang telah dilakukan oleh Mohd Yunus (1980), Farid (1980), Raja Mukhtaruddin (1985), Nik Safiah (1989), Teoh (1994) dan lain-lain, menghuraikan sifat bunyi vokal bahasa Melayu, iaitu [i, e, ə, a, o, u] berdasarkan impresionistik. Kajian tersebut menghuraikan bunyi vokal tanpa membezakan penghasilan bunyi vokal berdasarkan gender. Kesemua huraian ini, bagi pengkaji, menunjukkan bahawa kajian berdasarkan impresionistik menyebabkan pengkaji tempatan melahirkan pendapat yang berbeza-beza tentang sifat bunyi vokal bahasa Melayu. Keadaan ini berlaku disebabkan persepsi bunyi oleh pendengaran yang berbeza-beza antara satu pengkaji dengan pengkaji yang lain. Rajah 1 ialah contoh diagram bunyi vokal yang dihasilkan oleh Mohd Yunus Maris (1980) untuk menggambarkan kedudukan bunyi vokal.



Rajah 1 Diagram bunyi vokal oleh Mohd Yunus (1980).

Fonetik akustik merupakan suatu bidang kajian yang melibatkan instrumen dalam menganalisis berkaitan analisis terhadap ciri-ciri fizikal gelombang bunyi bahasa. Menurut Clark & Yallop (1996), fonetik akustik ialah kajian berkaitan pengukuran dan penganalisan pergerakan dan getaran dalam udara semasa bunyi dipindahkan daripada penutur kepada pendengar. Kajian ini memanfaatkan teknik spektrografi untuk meneliti ciri akustik bunyi vokal bahasa Melayu. Bidang kajian ini melibatkan analisis ciri gelombang bunyi bahasa yang diterjemahkan oleh perisian komputer yang mampu memvisualisasi gelombang bunyi dalam bentuk osilogram dan spektrogram pada skrin komputer yang telah dimuat turun perisian ini.

SKOP KAJIAN DAN TINJAUAN LITERATUR

Kajian ini bertujuan untuk menganalisis isyarat frekuensi asas atau F_0 bunyi vokal yang dihasilkan oleh penutur natif Melayu pada kedudukan awal, tengah dan akhir dalam kata. F_0 merupakan satu daripada isyarat akustik yang sesuai digunakan untuk menentukan perbezaan dalam penghasilan bunyi vokal bahasa Melayu, iaitu antara lelaki dan perempuan.

Isyarat F_0 digunakan untuk mengukur tahap kelangsingan (*pitch*) sesuatu bunyi. F_0 merupakan frekuensi terendah atau harmonik pertama pada signal gelombang periodik. F_0 ditentukan oleh kadar getaran atau abduksi pada pita suara (buka dan tutup) semasa bunyi bersuara dihasilkan. Secara spesifik F_0 digunakan untuk ukuran fizikal komponen gelombang bunyi terendah yang berlaku pada getaran pita suara (Ladefoged, 2004). Unit untuk mengukur F_0 ialah Hertz (Hz). Dalam spektrogram, F_0 berkadar songsang dengan jarak masa. Formula untuk mengira F_0 ialah $F_0=1/T$. Keith (2003) melaporkan bahawa F_0 secara tidak langsung mempengaruhi persepsi bunyi vokal, kerana F_0 turut mempengaruhi pendengar mengenali identiti seseorang penutur.

Antara kajian awal F_0 telah dilaporkan oleh Peterson & Barney (1952) yang mengkaji 10 bunyi vokal bahasa Inggeris Amerika yang dihasilkan oleh 33 lelaki, 28 perempuan dan 15 orang kanak-kanak. Kajian mereka menunjukkan bahawa terdapat variasi dalam F_0 pada setiap bunyi vokal. Bunyi vokal tinggi didapati mempunyai nilai yang lebih tinggi berbanding vokal rendah. Kajian Peterson & Barney (1952) ini kemudian dilanjutkan oleh Hillenbrand *et al.* (1995) yang menambah lagi dua bunyi vokal bahasa Inggeris Amerika. Kajian mereka menghuraikan bahawa purata nilai F_0 bagi lelaki dan perempuan adalah berbeza dalam beberapa Hertz,

tetapi purata nilai F_0 bagi kanak-kanak ialah 28Hz lebih rendah daripada yang didapati dalam kajian Peterson & Barney (1952) (Kent R.D. & Read C., 1999).

Kajian terhadap bunyi F_0 vokal bahasa Melayu telah dilakukan oleh Ting *et al.* (2010). Mereka menganalisis enam bunyi vokal bahasa Melayu yang dihasilkan oleh 60 orang penutur natif Melayu dengan purata umur 21.19 tahun. Berdasarkan kajian Ting *et al.* (2010), penutur natif perempuan menghasilkan nilai F_0 yang lebih tinggi berbanding penutur natif lelaki. Walau bagaimanapun tidak terdapat perbezaan yang signifikan dalam F_0 antara setiap bunyi vokal. Kajian Ting *et al.* (2010) merupakan kajian terawal yang dilakukan terhadap bunyi vokal bahasa Melayu yang dihasilkan secara monoftong.

Kajian Zanten (1989) terhadap F_0 bunyi vokal bahasa Indonesia mendapati bahawa nilai min F_0 bunyi vokal depan tinggi [i] dan vokal belakang [u] dan adalah lebih tinggi daripada F_0 bunyi vokal depan rendah [a]. Analisis Zanten (1989) turut mendapati bahawa bunyi vokal tengah [ə] mempunyai keadaan yang hampir sama dengan bunyi vokal belakang, manakala F_0 bagi bunyi vokal [o] didapati lebih tinggi daripada bunyi vokal rendah [a]. F_0 bagi bunyi vokal tengah [e] didapati mempunyai nilai yang hampir sama dengan bunyi vokal belakang [i] dan [u] (Zanten, 1989).

METODOLOGI

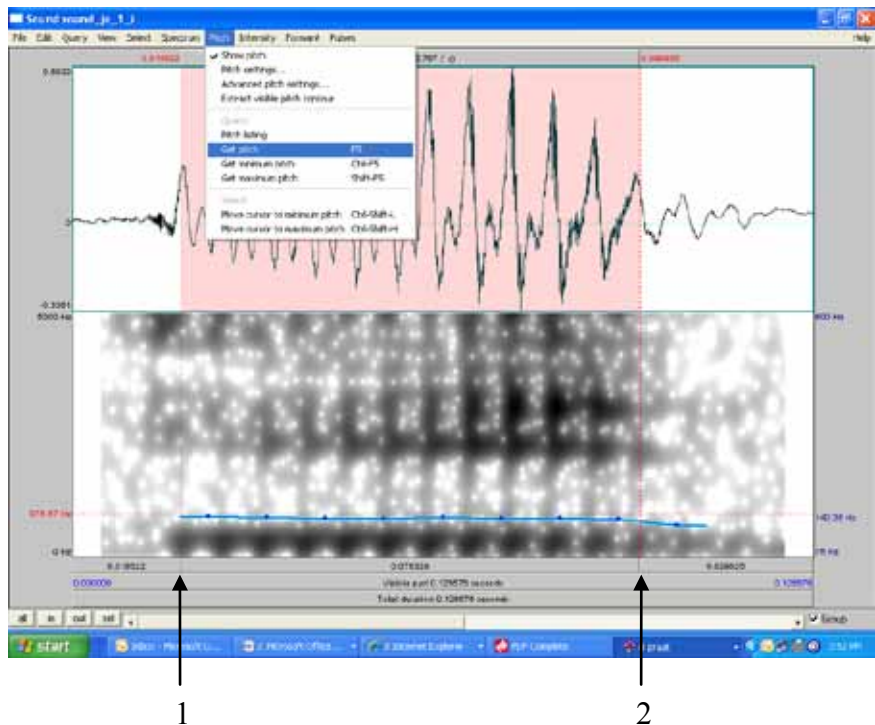
Seramai sepuluh orang penutur yang merangkumi lima penutur lelaki dan lima penutur perempuan natif bahasa Melayu dipilih sebagai informan dalam kajian ini. Kesemua penutur natif ini berbangsa Melayu, yang bahasa ibundanya bahasa Melayu. Penutur natif tersebut berasal dari Selangor dan merupakan pelajar di Universiti Tenaga Nasional yang menuntut dalam pelbagai bidang. Mereka dikategorikan sebagai penutur bahasa Melayu standard oleh pengkaji. Peringkat umur penutur adalah antara 18 hingga 25 tahun. Kesemua penutur natif mendapat pendidikan daripada sekolah rendah kebangsaan dan menengah kebangsaan. Selain itu, kesemua penutur natif tersebut dibesarkan di Malaysia dan tidak pernah menetap di luar negara sebelum ini. Kesemua penutur tidak mempunyai sebarang masalah pertuturan dan pendengaran.

Pengkaji telah menyediakan sebanyak 90 kata bahasa Melayu yang mengandungi bunyi vokal [i, e, a, ə, u, o]. Setiap informan diminta untuk menyebut perkataan yang mengandungi bunyi vokal dalam bentuk senarai perkataan. Setiap perkataan harus diulang sebanyak lima kali. Rakaman

dilakukan dalam bilik kedap bunyi bagi memastikan tiada gangguan bunyi bising. Dalam kajian ini pengkaji menggunakan komputer riba yang telah dimuat turun perisian Praat sebagai instrumen untuk merakamkan dan melakukan analisis data. Perisian Praat berkemampuan untuk menganalisis data fonetik dengan menggunakan teknik spektrografik. Perisian ini dibina pada tahun 1992 oleh Boersma, P dan David Woonink. Rakaman ini menggunakan mikrofon jenis Ultimate Technology. Statistik deskriptif, iaitu min, dan sisihan lazim digunakan bagi menjelaskan hasil dapatan dan menjawab persoalan kajian.

PENGUKURAN FREKUENSI ASAS

Dalam spektrogram, jalur bar bersiri berwarna kelabu (bahagian bawah) menunjukkan kadar buka dan tutup pita suara semasa menghasilkan bunyi bersuara. Setiap jalur bar itu menandakan satu getaran pita suara. F_0



Rajah 2 Contoh spektrogram yang menunjukkan pengukuran nilai F_0 bagi bunyi vokal [i] bagi kata [itu] yang dituturkan oleh penutur lelaki natif.

ditunjukkan pada getaran pita suara sebelah kiri yang pertama sekali dan merupakan frekuensi yang terendah (harmonik pertama) pada gelombang bunyi. Contoh pengukuran F_0 ditunjukkan seperti Rajah 2.

Dalam spektrogram F_0 diukur mengikut tempoh vokal dihasilkan oleh penutur, iaitu bermula daripada onsets sehingga ofsets bunyi tersebut. Onsets bunyi vokal ditunjukkan pada permulaan jalur bar yang pertama (lihat anak panah 1) yang menunjukkan harmonik pertama pada gelombang bunyi, manakala ofsets merupakan harmonik terakhir (anak panah 2).

Dalam kajian ini, pengkaji membuat perbandingan nilai F_0 antara setiap bunyi vokal dan perbandingan nilai F_0 yang dihasilkan oleh penutur lelaki dengan perempuan natif bahasa Melayu. Kajian perbandingan ini akan dilakukan dengan menggunakan analisis statistik terhadap data terkumpul. Analisis dilakukan dengan menggunakan SPSS 16.0. Ujian ANOVA sehalu pada paras signifikan (<0.05) digunakan untuk menentukan perbezaan signifikan pada F_0 bagi setiap bunyi vokal. Ujian-t akan dilakukan untuk menentukan perbezaan signifikan F_0 antara penutur lelaki dengan perempuan natif.

DAPATAN KAJIAN

Pada bahagian ini, pengkaji akan menghuraikan perbandingan dapatan kajian hasil analisis terhadap skor min F_0 bunyi vokal [i, e, a, ə, o, u] bagi penutur lelaki dan penutur perempuan natif.

Pengkaji telah membuat kajian perbandingan dapatan skor min F_0 dengan menggunakan analisis ujian-t tak bersandar pada penghasilan min bunyi vokal oleh penutur lelaki dengan penutur perempuan natif. Jadual 1, jelas menunjukkan bahawa terdapat perbezaan skor min F_0 yang signifikan antara penutur lelaki dengan penutur perempuan natif bagi keenam-enam bunyi vokal; iaitu [i] (DK=448, $t=-144.4$, $p<0.05$), [e] (DK=448, $t=-146.6$, $p<0.05$), [a] (DK=448, $t=-142$, $p<0.05$), [ə] (DK=448, $t=-131.6$, $p<0.05$), [o] (DK=448, $t=-138.2$, $p<0.05$) dan [u] (DK=448, $t=-157.9$, $p<0.05$). Sehubungan dengan keputusan yang diperoleh ini, jelas menunjukkan perbezaan bunyi vokal antara lelaki dengan perempuan natif adalah besar dan memberikan nilai yang signifikan. Secara umumnya, skor min bunyi vokal F_0 bagi penutur perempuan natif adalah lebih tinggi berbanding penutur lelaki natif dan perempuan natif.

Rajah 3 dihasilkan dengan tujuan untuk menyokong keputusan ujian t-tak bersandar yang terdapat dalam Jadual 1 sebelum ini. Keputusan yang

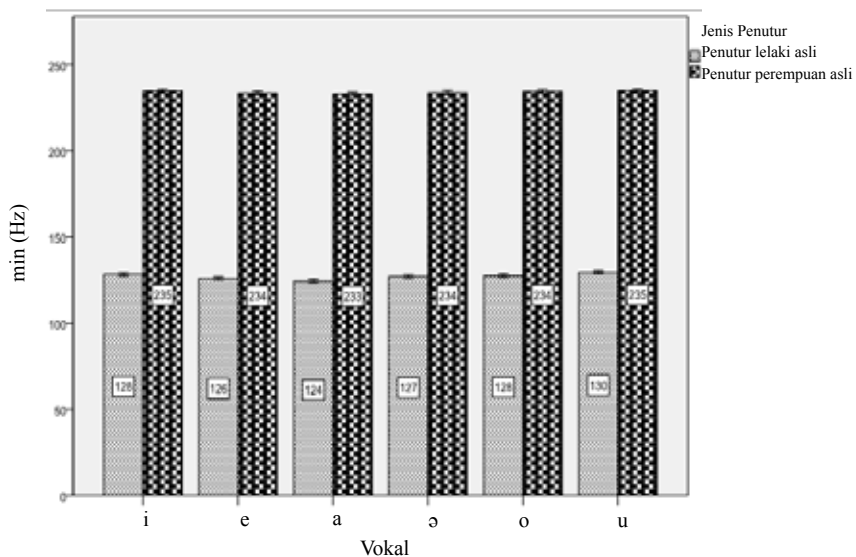
Jadual 1 Keputusan ujian perbandingan skor min F_0 (Hz) bunyi vokal antara penutur lelaki dan penutur perempuan natif.

Jenis Penutur	Vokal	min (Hz)	sp	t	nilai-p
Lelaki natif	i	128.44	7.500	-144.4	.000
Perempuan natif		234.67	8.090		
Lelaki natif	e	125.96	7.024	-146.6	.000
Perempuan natif		233.53	8.470		
Lelaki natif	a	124.44	8.174	-142.0	.000
Perempuan natif		232.97	8.043		
Lelaki natif	ə	127.15	7.516	-131.6	.000
Perempuan natif		233.77	9.551		
Lelaki natif	o	127.63	8.032	-138.2	.000
Perempuan natif		234.40	8.355		
Lelaki natif	u	129.60	6.439	-157.9	.000
Perempuan natif		234.92	7.653		
DK=448, signifikan pada $\alpha=0.05$					

diperoleh ini mengesahkan bahawa terdapat perbezaan skor min F_0 bunyi vokal yang signifikan antara penutur lelaki dengan perempuan natif bagi keenam-enam bunyi vokal, iaitu [i, e, a, ə, o, u]. Graf bar dalam Rajah 3 memperlihatkan nilai skor min F_0 bunyi vokal bagi penutur perempuan natif adalah jauh lebih tinggi berbanding penutur lelaki natif.

Berdasarkan kajian ini, pengkaji mendapati bahawa terdapat perbezaan yang jelas tahap kelangsingan bunyi vokal atau F_0 antara penutur lelaki dengan perempuan natif pada semua bunyi vokal bahasa Melayu. Nilai F_0 bunyi vokal oleh penutur perempuan natif didapati lebih tinggi daripada penutur lelaki natif. Jadual 2 yang menunjukkan bacaan F_0 bunyi vokal bahasa Melayu bagi penutur lelaki dan perempuan natif.

Kajian terhadap F_0 bunyi vokal bahasa Melayu menunjukkan bahawa nilai min F_0 vokal belakang tinggi [u] dan vokal depan tinggi [i] adalah lebih tinggi daripada F_0 bunyi vokal lain. Bunyi vokal rendah [a] mempunyai nilai F_0 yang terendah, manakala bunyi vokal depan tengah [e], vokal tengah [ə] dan vokal belakang didapati mempunyai nilai F_0 yang sederhana bagi penutur lelaki dan perempuan natif.



Rajah 3 Graf bar perbandingan skor min F₀ (hz) antara penutur lelaki.

Jadual 2 Nilai F₀ bunyi vokal bahasa Melayu bagi penutur lelaki dan perempuan natif.

Vokal	Lelaki	Perempuan
/a/	124.44	232.97
/e/	125.96	233.53
/ə/	127.15	233.77
/o/	127.63	234.40
/i/	128.44	234.67
/u/	129.60	234.92

RUMUSAN

Kajian ini melaporkan bahawa F₀ bagi enam bunyi vokal Melayu bagi penutur lelaki ialah 127.20± manakala bagi penutur perempuan ialah 234.04±. Dapatan kajian terhadap F₀ mempunyai sedikit perbezaan dengan dapatan kajian terhadap bunyi vokal bahasa Melayu dalam kajian Ting

(2010). Beliau melaporkan bahawa F_0 bagi enam bunyi vokal Melayu bagi penutur lelaki ialah $134.85 \pm$, manakala bagi perempuan adalah $238.27 \pm$. Dapatan ini menunjukkan bahawa keputusan nilai F_0 dalam kajian pengkaji sedikit berbeza berbanding dengan kajian Ting (2010). Walau bagaimanapun, perlu dinyatakan di sini bahawa perbezaan ini mungkin disebabkan oleh perbezaan bentuk kajian, Ting (2010) mengkaji F_0 bunyi vokal yang dihasilkan secara monoftong, manakala pengkaji mengkaji F_0 bunyi vokal yang dihasilkan dalam kata, iaitu merangkumi kedudukan vokal pada awal, tengah dan akhir.

Perbezaan dapatan F_0 berdasarkan antara lelaki dengan perempuan ini telah dipersetujui oleh pengkaji fonetik yang mengkaji perbezaan gender. Menurut Titze (1989), Kent & Read (1999), Hayward (2000) dan K. Zhang *et al.* (2006), perbezaan ini adalah normal disebabkan faktor sifat fisiologi yang berbeza mengikut gender. K. Zhang *et al.* (2006) berpendapat bahawa perbezaan ini sangat berkait rapat dengan saiz tisu mekanikal pada pita suara. Lelaki dan perempuan, kedua-duanya mempunyai ukuran ketebalan dan saiz pita suara yang berbeza. Lelaki mempunyai pita suara yang lebih tebal dan panjang daripada perempuan. Lelaki dewasa mempunyai saiz pita suara antara 17 mm hingga 25 mm panjang, manakala saiz pita suara perempuan ialah antara 12.5mm hingga 17.5mm.

Perubahan struktur pita suara berlaku semasa akil baligh apabila struktur larinks dan pita suara lelaki menjadi lebih besar dan panjang. Membran pita suara yang lebih kecil dan nipis dalam kalangan perempuan meningkatkan kadar penutupan pita suara. Kadar penutupan pita suara yang tinggi menghasilkan bunyi yang bernada tinggi dan juga F_0 yang tinggi. Bunyi vokal yang dihasilkan oleh penutur perempuan adalah lebih langsung tetapi sedikit perlahan. Sebaliknya, pita suara yang tebal bagi lelaki akan menghasilkan bunyi yang bernada rendah dan berfrekuensi rendah. Pada masa yang sama bunyi yang dikeluarkan mempunyai tahap kelangsingan yang rendah tetapi menghasilkan bunyi yang kuat. Keadaan ini menunjukkan bahawa pita suara yang nipis menghasilkan bunyi berfrekuensi tinggi. Selain itu, faktor perbezaan F_0 juga disebabkan oleh struktur larinks yang berbeza berdasarkan gender. Penutur lelaki mempunyai struktur larinks yang lebih besar dan panjang berbanding perempuan. Oleh itu, pengkaji dapat menyimpulkan bahawa secara umumnya kesan gender sangat mempengaruhi keputusan dapatan kajian berkaitan F_0 bunyi vokal bahasa Melayu.

KESIMPULAN

Penyelidikan terhadap F_0 telah dapat menjelaskan perbezaan penghasilan pertuturan yang dihasilkan oleh penutur lelaki dan perempuan. Selain itu kajian ini juga telah dapat menjelaskan tahap kelangsingan bunyi vokal bahasa Melayu. Analisis secara instrumental membolehkan pengkaji melihat ciri akustik yang ada pada bunyi vokal dengan lebih objektif, sekali gus mampu menghuraikan kepelbagaian sifat yang wujud pada sesuatu bunyi pertuturan yang dikaji. Kajian terhadap bidang aplikasi fonetik amat terbatas jumlahnya. Penelitian kajian ini diharapkan dapat membantu dalam pembelajaran dan pengajaran bahasa terutama kepada pelajar yang ingin mempelajari bahasa Melayu sebagai bahasa kedua. Selain itu, kajian ini juga diharapkan dapat membantu ahli terapi pertuturan dan audiologi untuk membuat diagnosis dan rehabilitasi terhadap penutur yang mempunyai masalah dalam pertuturan.

RUJUKAN

- Clark J. & Yallop C., 1996. *An Introduction to Phonetics and Phonology*. Oxford UK: Blackwell Publisher.
- Farid M. Onn, 1980. *Aspects of Malay Phonology and Morphology: A Generative Approach*. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Hayward K., 2000. *Experimental Phonetics*. England: Perarson Education Ltd.
- Hillenbrand, J.M., Getty, L.A., Clark, M.J. and Wheeler K., "Acoustic Characteristics of American English Vowels" dlm. *The Journal of the Acoustical Society of America* 97, hlm. 3099-111, 1995.
- Hua Nong Ting, See Yan Chia, Badruzaman Abdul Hamid & Siti Zamratol Mai Sarah Mukari, "Acoustic characteristics if vowels by normal Malaysian Malay young adults" dlm. *Journal of Voice* hlm. 1-5, 2010.
- K. Zhang, T.H. Siegmund, R.W. & Chan, "A Constitutive Model of the Human Vocal Fold Cover for Fundamental Frequency Regulation dlm. *Journal Acoustic Society America* 119:2, hlm. 1050-062, 2006.
- Keith, J., 2003. *Acoustic & Auditory Phonetics*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Kent R.D. & Read C., 1999. *The Acoustic Analysis of Speech*. San Diego: Singular Publication.
- Ladefoged P., 2004. *A Course in Phonetics*. University of California: Thompson Wadsworth Publications.
- Mohd. Yunus Maris, 1980. *The Malay Sound System*. Kuala Lumpur: Fajar Bakti.
- Nik Safiah et al., 1989. *Tatabahasa Dewan*. Jilid 2. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.

- Raja Muktharuddin Raja Mohd Dain, 1985. *Ilmu Fonetik dengan Latihan*. Petaling Jaya: Agensi Penerbitan Nusantara.
- Peterson, G. E. and Barney, H. I., "Control Methods Used in the Study of Vowels" dlm. *Journal of the Acoustical Society of America*, 24, hlm. 75-184, 1952.
- Teoh Boon Seong, 1994. *The Sound System of Malay Revisited*. Kuala Lumpur. Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Titze, I. R., Physiologic and Acoustic Differences Between Male And Female Voices dlm. *Journal of Acoustical Society of America* 85:4, hlm.1699-707, 1989.
- Zanten E. V., 1989. *Vokal-vokal Bahasa Indonesia: Penelitian Akustik dan Perceptual*. Balai Pustaka. Jakarta.