

## PENGARUH PERAWATAN ORTODONSI CEKAT TAHAP *ALIGNMENT* PADA MALOKLUSI ANGLE KLAS I BERJEJAL RINGAN TERHADAP VOLUME *CAVUM ORIS* DAN FREKUENSI PENGUCAPAN FONEM /t/, /d/, /s/, /l/, /u/ DALAM MORFEM

Olivia Trifina Ngo\*, Rinaldi Budi Utomo\*\*, dan Putri Kusuma W.M\*\*

\*Program Studi Ilmu Kedokteran Gigi Anak, Program Pendidikan Spesialis,  
Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

\*\*Departemen Ilmu Kedokteran Gigi Anak, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

### ABSTRAK

Gigi berjejal mempengaruhi estetika, penampilan, mengganggu fungsi pengunyahan, penelanan dan pengucapan. Perawatan ortodonti cekat dapat mengoreksi gigi berjejal, mengubah ukuran lengkung gigi, oklusi serta relasi. Lengkung gigi, lengkung alveolar dan lengkung basal, tinggi palatum ke dasar mulut merupakan bagian dari dimensi *cavum oris*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perawatan ortodonti cekat tahap *alignment* pada maloklusi Angle klas I berjejal ringan terhadap volume *cavum oris* dan frekuensi pengucapan fonem /t/, /d/, /s/, /l/, /u/ dalam morfem. Penelitian eksperimental semu dengan rancangan penelitian *one group pre-test* dan *post test design*, dilakukan pada 10 anak usia 12-13 tahun. Pengukuran volume *cavum oris* dan frekuensi pengucapan fonem /t/, /d/, /s/, /l/, /u/ dalam bentuk morfem dilakukan sebelum dan sesudah tahap *alignment*. Uji *Paired t-test* menunjukkan terdapat perbedaan yang bermakna volume *cavum oris* dan frekuensi pengucapan fonem /t/, /d/, /s/, /l/, /u/ antara sebelum dan sesudah tahap *alignment* ( $p < 0,05$ ). Tahap *alignment* meningkatkan volume *cavum oris* dan menurunkan frekuensi pengucapan fonem /t/, /d/, /s/, /l/, /u/ dalam morfem.

**Kata kunci:** volume *cavum oris*, pengucapan, frekuensi, fonem, vokal, konsonan, *alignment*, ortodonti cekat

### ABSTRACT

Crowding affects aesthetics, performance, function of mastication, swallowing and speech. Treatment with fixed orthodontic appliances can correct crowding, changing the size of the dental arch and malocclusion and malrelation. Dental arch, alveolar arch and basal arch, high palate to the base of mouth is part of the *cavum oris* dimension. The purpose of this study was to determine the influence of fixed orthodontic treatment on alignment phase in Angle class I malocclusion with mild crowding case to *cavum oris* volume and speech frequency of phonemes /t/, /d/, /s/, /l/, /u/ in morpheme. Quasi-experimental research with one group pre-test and post-test design, was performed in 10 children aged 12-13 years. Measurements of oral cavity and speech frequency of phonemes /t/, /d/, /s/, /l/, /u/ in morpheme were taken before and after the alignment. Data were analyzed by Paired t-test. The results showed there were significant difference *cavum oris* volume and speech frequency of phonemes /t/, /d/, /s/, /l/, /u/ between before and after alignment of fixed orthodontic treatment, on Angle Class I malocclusion with mild crowding case ( $p < 0.05$ ). Alignment phase increasing volume of *cavum oris* and decreasing speech frequency of phonemes /t/, /d/, /s/, /l/, /u/ in morphem.

**Keywords:** speech, volume of *cavum oris*, frequency, vowel, consonant, alignment, fixed orthodontic treatment

### PENDAHULUAN

*Cavum oris* (rongga mulut) merupakan jalan masuk untuk sistem pencernaan, sistem pernafasan dan sistem pengucapan. Di dalam *cavum oris* terdapat gigi, lidah dan kelenjar ludah.<sup>1</sup> Bentuk *cavum oris* dapat bervariasi menyesuaikan perubahan palatum, lidah, pipi dan gigi.<sup>2</sup>

Pengucapan adalah proses psiko-fisiologis kompleks untuk menghasilkan kata-kata dan menyusunnya menjadi deretan kata dalam konteks gramatikal.<sup>3</sup> Pengucapan merupakan hasil dari lima proses dasar yaitu respirasi, fonasi, resonansi, artikulasi dan integrasi, yang berkoordinasi untuk menghasilkan modulasi

akustik yang dinamis dalam berbicara.<sup>4</sup> Bunyi dibedakan atas vokal dan konsonan. Bunyi vokal terjadi saat tidak ada hambatan oleh organ bicara. Contoh bunyi vokal adalah a, i, u, e dan o. Bunyi konsonan terbentuk dari hambatan arus udara oleh organ bicara.<sup>5</sup> Fonem konsonan yang artikulatornya gigi adalah konsonan hambat letup linguodental (/t/, /d/) dan konsonan geseran laminoalveolar (/s/).<sup>5</sup> Faktor penting yang membedakan bunyi vokal dengan bunyi suara lainnya adalah ketepatan bentuk dan volume *cavum oris*, serta organ utama yang terlibat didalamnya yaitu lidah.<sup>2</sup> Pengucapan dapat diukur dengan frekuensi. Frekuensi suara bisa dilihat secara visual dengan sistem komputerisasi.<sup>6</sup>

Produksi bunyi bahasa pada manusia sangat dipengaruhi oleh volume *cavum oris*, volume rongga tenggorokan, ciri fisik alat bicara dan ciri fisik organ tubuh lain.<sup>7</sup> Sekitar 50-60% kelainan pengucapan dipengaruhi posisi gigi dalam *cavum oris*.<sup>3</sup> Bunyi bahasa dapat mengalami distorsi karena struktur abnormal dan fungsi artikulasi, paling umum adanya masalah pada bibir, lidah, gigi dan palatum.<sup>8</sup> Maloklusi Angle klas 1 berjejal ringan merupakan maloklusi paling sering dijumpai dan dikeluhkan dengan prevalensi lebih dari lima puluh persen.<sup>9</sup>

Perawatan ortodonsi cekat merupakan perawatan yang bertujuan untuk menghilangkan susunan gigi yang berjejal, mengoreksi penyimpangan rotasional dan apikal dari gigi-geligi, mengoreksi hubungan antar insisal serta menciptakan hubungan oklusi yang baik.<sup>10</sup> Perawatan ortodontik akan mengubah posisi gigi di dalam lengkung, mengubah ukuran lengkung gigi serta mengubah oklusi. Pelebaran lengkung gigi kadang dibutuhkan dalam perawatan ortodonsi untuk mengatasi kekurangan ruang, koordinasi bentuk lengkung atas dan bawah, koreksi gigitan silang dan koreksi gigi berjejal.<sup>11</sup>

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perawatan ortodonsi cekat tahap *alignment* pada maloklusi Angle klas I berjejal ringan terhadap volume *cavum oris* dan frekuensi pengucapan fonem /t/, /d/, /s/, /l/, /u/ dalam morfem.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai informasi ilmiah di bidang kesehatan gigi dan mulut, juga dapat digunakan sebagai acuan dan dasar penelitian lebih lanjut untuk penelitian selanjutnya. Memberi informasi bagi klinisi di bidang ilmu kedokteran gigi anak dalam tahap rencana perawatan ortodonsi berkaitan dengan kelainan maloklusi Angle klas I berjejal ringan.

## METODE

Jenis penelitian adalah eksperimental semu dengan rancangan penelitian *one group pre-test* dan *post test design*, karena pengukuran dilakukan dua kali pada subyek penelitian yaitu sebelum dan sesudah tahap *alignment* perawatan ortodonsi cekat teknik *straight wire*. Subyek penelitian adalah siswa SMP Muhammadiyah 3 Depok Sleman Yogyakarta dengan kriteria inklusi : gigi permanen telah erupsi sempurna

hingga gigi molar kedua, maloklusi Angle klas 1 berjejal ringan, suku Jawa, usia 12-13 tahun yang bertempat tinggal menetap sejak lahir dan bersekolah di Yogyakarta, karies minimal melibatkan email pada permukaan oklusal, dirawat ortodonsi cekat teknik *straight wire* tahap *alignment*, ukuran lidah normal dan tidak ada ankyloglossia, tidak menderita penyakit sistemik, tidak ada gangguan pendengaran, kelainan lidah, bibir dan palatum, belum pernah mendapatkan perawatan ortodonti sebelumnya dan bersedia ikut penelitian dan orangtua menandatangani *informed consent*.

Pada tahap pertama dilakukan pencetakan volume rongga mulut subjek yaitu pencetakan gigi rahang atas dan rahang bawah dengan alginat, kemudian diisi dengan *gips stone* dan di-*boxing*. Selanjutnya dilakukan pengukuran volume rongga mulut dengan batas paling posterior adalah distal gigi molar kedua permanen rahang atas dan rahang bawah, batas dasar *cavum oris* adalah batas paling kaudal bagian lingual dengan frenulum lingualis, seluruh permukaan model dilapisi dengan vaselin, model studi dioklusikan dan pada permukaan labial dan bukal gigi dilapisi *wax*. Rongga yang terbuka dari bagian posterior diisi dengan air hingga batas titik terdistal gigi paling posterior. Air ini kemudian diukur jumlahnya (dalam mililiter) sebagai volume *cavum oris*.

Pada tahap kedua dilakukan perekaman pengucapan fonem /t/, /d/, /s/, /l/, /u/ dalam bentuk morfem *sis/il*, *sus/u/*, *utu/t/*, *idi/d/*, *usu/s/* dalam ruang tertutup dan tanpa ada gangguan suara lainnya. Subyek duduk dalam posisi tegak dan santai, direkam dengan jarak yang sama yaitu 10 cm dari mulut ke alat perekam dengan merk SONY ICD-PX312M, subyek dibiasakan dengan perekaman suara senormal mungkin atau tanpa pengaturan suara yaitu dengan terlebih dahulu mengucapkan angka 1 sampai dengan 10. Analisis frekuensi gelombang suara pengucapan dengan program *Cool Edit*, data suara subyek yang telah direkam dengan alat perekam berupa analog dipindahkan ke komputer, dan dilakukan segmentasi morfem sesuai fonem yang diukur. Nilai frekuensi adalah pada gelombang tertinggi atau dominan.

Data yang diperoleh dari volume *cavum oris* dan frekuensi pengucapan fonem /t/, /d/, /s/, /l/, /u/ pada maloklusi Angle klas I berjejal ringan dianalisis dengan uji *Shapiro-Wilk* untuk mengetahui sebaran data normal atau tidak. Setelah didapat hasil sebaran data normal. volume

*cavum oris* dan frekuensi pengucapan dibandingkan sebelum dan sesudah tahap *alignment* menggunakan uji *Paired t-test*.

## HASIL

Penelitian dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh perawatan ortodonsi cekat tahap *alignment* pada maloklusi Angle klas I berjejal ringan terhadap volume *cavum oris* dan frekuensi pengucapan fonem /t/, /d/, /s/, /i/, /u/ dalam morfem.

Hasil penelitian menunjukkan rerata volume *cavum oris* sebelum perawatan ortodonsi cekat tahap *alignment* lebih kecil dibandingkan setelah tahap *alignment*. Hasil uji *paired t-test* menunjukkan perbedaan bermakna antara volume *cavum oris* sebelum dan sesudah tahap *alignment*. Rerata frekuensi pengucapan sebelum perawatan ortodonsi cekat tahap *alignment* lebih tinggi dibandingkan sesudah tahap *alignment*. Hasil uji *paired t-test* menunjukkan perbedaan bermakna antara frekuensi pengucapan sebelum dan sesudah tahap *alignment*.

## PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pada anak perempuan usia 12-13 tahun di SMP Muhammadiyah 3 Depok Sleman Yogyakarta. Jumlah subyek sebanyak 10 anak yang sesuai dengan kriteria inklusi yang telah ditentukan dan orang tua subyek telah menandatangani lembar persetujuan mengizinkan anaknya diikutsertakan dalam penelitian. Morfem yang dipilih adalah morfem yang mengandung fonem /t/, /d/, /s/, /i/, /u/ dan terletak di akhir morfem yaitu sis/i/, sus/u/, utu/t/, idi/d/, usu/s/. Pada penelitian ini dipilih fonem diletakkan di akhir morfem dengan pertimbangan bahwa fonem yang terdistribusi di akhir morfem akan lebih jelas dan tidak akan terpengaruh oleh fonem lainnya.<sup>12</sup> Metode ini disebut juga metode evaluasi segmental, yaitu berfokus pada satu atau beberapa fonem yang terletak di awal, tengah atau akhir dalam satu kata. Metode ini bermanfaat untuk mengukur frekuensi pengucapan fonem dalam kata (morfem) atau kalimat karena fonem diucapkan dalam keseharian dalam bentuk kata atau kalimat.<sup>13</sup> Beberapa kata yang digunakan memang tidak mengandung arti, tetapi hal ini biasa dilakukan dalam penelitian pengucapan.<sup>14,15</sup> Pada penelitian tersebut

digunakan kata-kata tidak bermakna (*logotoms*), yang merupakan transisi antara fonem vokal dan konsonan dan selalu simetris atau berulang. Untuk mengatasi ketidaknyamanan dalam mengucapkan morfem-morfem yang tidak pernah diucapkan dalam keseharian, subyek diminta untuk mengucapkan morfem angka 1 hingga 10 sebelum dilakukan perekaman terhadap suara pengucapan morfem yang telah ditentukan.

Penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh perawatan ortodonsi cekat pada maloklusi Angle klas I berjejal ringan terhadap volume *cavum oris* dan frekuensi pengucapan fonem vokal (/i/, /u/), linguodental (/t/, /d/), bidental (/s/) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna antara sebelum dan sesudah tahap *alignment*. Hasil analisis *paired t-test* volume *cavum oris* antara sebelum dan sesudah tahap *alignment* perawatan ortodonsi cekat menunjukkan perbedaan yang bermakna. Alat ortodontik cekat dapat memperbaiki susunan gigi yang berjejal, mengoreksi penyimpangan rotasional dan apikal dari gigi-geligi, mengoreksi hubungan antar insisal serta menciptakan hubungan oklusi yang baik.<sup>16</sup> Pelebaran lengkung gigi kadang dibutuhkan dalam perawatan ortodontik untuk mengatasi kekurangan ruang, koordinasi bentuk lengkung atas dan bawah, koreksi gigitan silang, koreksi gigi berjejal dan sebagainya.<sup>11</sup> Berbagai perubahan terjadi dalam bentuk lengkung selama perawatan ortodontik. Tergantung pada jenis perawatan, akan ada peningkatan atau penurunan lebar lengkung dan panjang lengkung gigi.<sup>17</sup> Kasus berjejal pada penelitian ini termasuk dalam kategori berjejal ringan, yaitu kekurangan ruang 2-3mm. Apabila kekurangan ruangan 2-4 mm dan disertai penyempitan (kontriksi) lengkung rahang atas dilakukan ekspansi atau pelebaran lengkung gigi.<sup>18</sup>

Pengukuran dimensi volume *cavum oris* adalah yang paling stabil dibandingkan organ pengucapan lainnya karena sebagian besar terbentuk dari jaringan keras.<sup>19</sup> Volume *cavum oris* merupakan suatu dimensi yang terdiri dari lengkung gigi, lengkung alveolar dan lengkung basal, tinggi palatum ke dasar mulut.<sup>20</sup> Lengkung gigi adalah garis lengkung imajiner yang dibentuk oleh mahkota gigi-geligi dan menghubungkan titik kontak antar gigi. Lengkung gigi terdiri panjang dan lebar lengkung (interkaninus, interpremolar dan intermolar). Banyak peneliti yang telah melakukan penelitian mengenai peruba-

han lengkung gigi pada perawatan ortodonsi cekat non-ekstraksi tanpa pengurangan lebar mesio-distal gigi dan distalisasi. Hasil perawatan menunjukkan terjadi perubahan transversal dimensi lengkung gigi rahang atas dan bawah, yaitu pelebaran jarak interkaninus, interpremolar, vertikal dimensi juga mengalami peningkatan ketinggian.<sup>17,21,22,23,24,25,26</sup>

Hasil analisis *paired t-test* frekuensi pengucapan fonem /t/, /d/, /s/, /i/, /u/ antara sebelum dan sesudah tahap *alignment* perawatan ortodonsi cekat menunjukkan perbedaan yang bermakna. Frekuensi pengucapan konsonan hambat letup (/t/, /d/) terdapat perbedaan bermakna antara sebelum dan sesudah tahap *alignment* yaitu frekuensi sesudah lebih rendah daripada sebelum tahap *alignment*. Pada pengucapan fonem (/t/, /d/) melibatkan pembukaan dan/atau penutupan saluran pengucapan dengan lidah.<sup>27</sup> Kunci utama artikulasi pengucapan konsonan (/t/, /d/) adalah ujung lidah menekan rapat pada gigi atas bagian dalam dan dentoalveolar.<sup>28</sup> Sesudah tahap *alignment* terjadi perubahan volume *cavum oris* terutama yang terkait dengan pengucapan fonem (/t/, /d/) adalah perubahan atau perbaikan posisi gigi anterior yang berjejal sebagai titik artikulasi, sehingga ujung lidah harus memiliki usaha lebih besar untuk menjangkau gigi anterior dan dentoalveolar agar tercipta letupan suara (/t/, /d/). Bunyi dental /t/ hambatannya lebih panjang dari bunyi dental /d/ sehingga frekuensinya menjadi lebih tinggi. Bunyi dental /d/ di akhir morfem memiliki frekuensi hampir sama dengan bunyi dental /t/ karena cenderung diucapkan sebagai bunyi dental /t/.<sup>5</sup>

Frekuensi pengucapan konsonan frikatif /s/ terdapat perbedaan bermakna antara sebelum dan sesudah tahap *alignment* yaitu frekuensi sesudah lebih rendah daripada sebelum tahap *alignment*. Pada pengucapan fonem /s/ saluran pengucapan mengalami konstiksi oleh lidah, palatum, gigi, bibir atau kombinasinya, kemudian secara berkelanjutan turbulensi udara memberikan kontribusi suara dengan frekuensi yang tinggi.<sup>29</sup> Kunci utama artikulasi pengucapan konsonan frikatif /s/ adalah lateral lidah dan ujung lidah ditekankan pada gingiva, gigi atas dan gigi bawah dirapatkan dan mulut tidak terbuka lebar<sup>6</sup>. Sesudah tahap *alignment* terjadi perubahan volume *cavum oris* terutama yang terkait dengan pengucapan fonem (/s/) adalah perbaikan posisi gigi anterior yang berjejal dan pelebaran dari

lingkung gigi sebagai titik artikulasi. Pada tahap *alignment* semua gigi akan terkoreksi dalam bidang vertikal dan horizontal, gigi rotasi terkoreksi dalam lengkung gigi ideal, tetapi belum terjadi penyesuaian oklusi. Perubahan titik artikulasi terutama pelebaran lengkung gigi dan belum ada penyesuaian oklusi atau terciptanya kerapatan gigi atas dan bawah menyebabkan kurang terjadinya tekanan dan frikasi lidah terhadap gigi-geligi agar tercipta semburan udara sehingga frekuensi yang timbul lebih rendah. Semakin rendah konstiksi lidah yang terjadi akibat volume *cavum oris* yang besar maka semakin rendah nilai frekuensi. Konsonan frikatif /s/ frekuensinya lebih kuat atau tinggi karena konsonan ini lebih panjang hambatannya.<sup>29</sup>

Frekuensi pengucapan vokal (/i/, /u/) terdapat perbedaan bermakna antara sebelum dan sesudah tahap *alignment* yaitu frekuensi sesudah lebih rendah daripada sebelum tahap *alignment*. Pada tahap *alignment* semua gigi akan terkoreksi dalam bidang vertikal dan horizontal. Sesudah tahap *alignment* terjadi perubahan volume *cavum oris* terutama yang terkait dengan pengucapan fonem (/i/, /u/) adalah striktur lidah (jarak lidah dengan palatum). Oleh karena gigi-geligi akan terkoreksi juga secara vertikal dan horizontal maka akan menyebabkan peningkatan tinggi dan lebar palatum, sehingga menyebabkan striktur lidah yang semakin besar, kemudian turbulensi dan tekanan udara pada volume *cavum oris* yang besar pada saat pengucapan fonem (/i/, /u/) semakin rendah dan frekuensi yang dihasilkan juga rendah.<sup>29</sup>

Frekuensi pengucapan berbanding lurus dengan besarnya membuka dan menutup mulut, serta berbanding terbalik dengan volume *cavum oris*. Aliran udara yang didorong ke *cavum oris* akan menghasilkan tekanan. Apabila volume *cavum oris* meningkat, maka dibutuhkan udara yang lebih besar untuk menghasilkan tekanan dalam *cavum oris* dan waktu yang lebih lama untuk memproduksi suara. Semakin besar *cavum oris* akan memiliki frekuensi pengucapan yang lebih rendah. Perubahan volume *cavum oris* akibat pelebaran lengkung gigi menyebabkan terjadi perubahan letak titik artikulasi. Lidah membutuhkan usaha lebih besar untuk menyesuaikan atau mencapai titik artikulasi.<sup>31</sup> Frekuensi adalah kecepatan rambat bunyi dibagi dengan panjang gelombang yang terjadi dalam *cavum oris*. Semakin besar volume *cavum oris* maka

semakin panjang gelombang suara. Hubungan frekuensi dan panjang gelombang berbanding terbalik, oleh karena itu semakin besar volume *cavum oris* (panjang gelombang suara) maka semakin rendah frekuensi suara pengucapan yang terjadi.<sup>32</sup>

Faktor-faktor lain selain volume *cavum oris* yang juga dapat mempengaruhi nilai frekuensi, seperti proses adaptasi akibat perawatan ortodonsi cekat yang menyebabkan perubahan oklusi dan susunan gigi-geligi sebagai titik artikulasi, belum selesainya perawatan ortodonsi cekat sehingga belum harmonisnya hubungan gigi-geligi rahang atas dan rahang bawah, serta adanya breket dan aksesoris pendukung lainnya saat dalam proses perawatan ortodonsi cekat yang dapat mempengaruhi kelancaran pengucapan.

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah terdapat pengaruh perawatan ortodonsi cekat tahap *alignment* pada maloklusi Angle klas I berjejal ringan terhadap volume *cavum oris* dan frekuensi pengucapan fonem /t/, /d/, /s/, /l/, /u/ dalam morfem. Perawatan ortodonsi cekat tahap *alignment* pada maloklusi Angle klas I berjejal ringan meningkatkan volume *cavum oris* dan menurunkan frekuensi pengucapan fonem /t/, /d/, /s/, /l/, /u/ dalam morfem.

## SARAN

Penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh perawatan ortodonsi cekat tahap *alignment* pada maloklusi Angle klas I berjejal ringan terhadap volume *cavum oris* dan frekuensi pengucapan fonem /t/, /d/, /s/, /l/, /u/ dalam morfem dengan teknik pengukuran volume *cavum oris* lainnya serta pada suku dan lingkungan subyek yang berbeda dapat dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Guyton MD., Hall EJ., 2011, *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*, Ed. 11, Jakarta: EGC.
- Gasser, M., 2009, *Vowels in How Languages Works?*, Indiana University, USA.
- Johnson NC., Sandy JR., 1999, Tooth Position and Speech-is there a relationship?, *Angle Orthodontist* 69:306-310.
- McDonald RE., 1974, *Dentistry for the Child and Adolescent*, 2<sup>nd</sup> ed., Saint Louis: Mosby Inc.
- Marsono, 2013, *Fonetik*, Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Sears FW. dan Zemansky MW., 1962, *Fisika untuk Universitas I* (terj.), Yogyakarta : Bina Tjipta, hal 389-440.
- Syantanti NI., 2012, Aspek Fisiologis Bicara, *Pengantar Linguistik Umum*.
- Cameron CA., Widmer RP., 2008, *Handbook of Pediatric Dentistry*, 3<sup>rd</sup> ed., Saint Louis : Mosby Elsevier.
- Rahardjo P, 2009, *Ortodonsi Dasar*, Pusat Penerbitan dan Percetakan Unair (AUP) : Surabaya, hal.2-3, 128-134.
- Bahirrah S., 2004, Pergerakan Gigi Dalam Bidang Ortodonsia Dengan Alat Cekat, *e-USU Repository*, hal 1-8.
- Arthadini VD, Anggani HS, 2008, Perubahan lengkung gigi di dalam perawatan Ortodonti, *M.I. Kedokteran Gigi* 23(4): 199-4.
- Imbrie, A.K.K., 2005, Acoustical Study of the Developmental of Stop Consonants in Children, *Disertasi*, Harvard-MIT Division of Health Sciences Technology, hal.15.
- Jekosch, U. 1993. Speech Quality Assessment and Evaluation. *Proceedings of Eurospeech 93* (2): 1387-1394.
- Carlson, R., Granstrom, B., Nord, L., 1990, *Segmental Evaluation Using The Esprit/SAM Test Procedures and Monosyllabic Words*, ESCA Workshop on Speech Sythesis, Autrans.
- Dutoit, T., 1994, High Quality Text-to-Speech Synthesis: A Comparison of Four Candidate Algorithms. *Proceedings of ICASSP 94* (1): 565-568.
- William J.K, 2000, *Prinsip dan praktik alat-alat ortodonti cekat*, Kedokteran EGC, hal 1-8.
- Goutham B, Maneni A, Sigamani RA., 2011, Comparative of arch width changes in extraction and non-extraction cases, *International journal of contemporary dentistry* 2(6):11-2, 16-7.
- Proffit, WR., Fields, HW., 2000, *Contemporary Orthodontics. 4<sup>th</sup> Edition*. Mosby Inc., St. Louis. h. 151-158, 218-220, 282-283.
- Xue, S.A. dan Hao, G.J., 2003, Changes In The Human Vocal Tract Due To Aging And The Acoustic Correlates Of Speech Production: A Pilot Study, *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, p.694.
- Moyers, R.E., 1980, *Handbook of Orthodontic*, Year Book Medical Pub. Inc., Chicago.
- Liliana AM., Yasushi IM., Liana F., Leopoldino CF., Mauricio C., 2013, Transversal changes in dental arches from non-extraction treatment with self ligating brackets, *Dental Press J. Orthod.* vol.18 (3).
- Bishara SE, Bayati P, Zaher AR, Jakobsen JR.,

- 1994, Comparison of the dental arch changes in patients with Class II, division 1 malocclusion: extraction vs. nonextraction treatments, *Angle Orthodontist* 64, 351-8.
23. Kim E, Gianelly A., 2003, Extraction vs. non-extraction: Arch widths and smile esthetics, *Angle Orthodontist* 73, 354-8.
24. Taner TU., Ciger S., El H., Germeç D., Es A., 2004, Evaluation of dental arch width and form changes after orthodontic treatment and retention with a new computerized method, *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, 126(4):464-75.
25. Aksu M., Kocadereli I., 2005, Arch width changes in extraction and nonextraction treatment in Class1 patients, *Angle Orthodontist* 75: 948-952.
26. Heiser W, Niedrewanger A, Bancher B, Bitterman G, Neunteufel N, Kulmer S., 2004, Three-dimensional dental arch and palatal form changes after extraction and nonextraction treatment. Part 1. Arch length and area, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopaedics* 126: 71-81.
27. Kumari M., Fida M., 2010, Vertical Facial and Dental Arch Dimensional Changes in Extraction vs. Non-extraction Orthodontic Treatment., *J Coll Physicians Surg Pak.*, 20(1):17-21.
28. Wolfe, J., 2009, *Voice Acoustics*, School of Physics, Australia.
29. Quatieri, T.F., 2001, *Discrete-Time Speech Signal Processing: Principles and Practice*, Pearson Education Inc., USA.
30. Ladefoged, P. dan Maddieson I., 1996, *The Sounds of the World's Languages*, Oxford: Blackwell.
31. Nave C.R., 2012, *Cavity Resonance*, Department of Physics and Astronomy Georgia State University, Georgia.
32. Kummar, A.W. dan Lee L., 1996, Evaluation and Treatment of Resonance Disorder, *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, Vol. 27:271-282.