

PERBANDINGAN DISTORSI RADIOGRAF PERIAPIKAL, BITEWING DAN PANORAMIK DALAM DETEKSI KAVITAS PROKSIMAL

Yulistia C.W. Santosa^{1*}, Azhari², Yurika A. Lita³

Sarjana Pendidikan Dokter Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran, Indonesia¹

Departemen Radiologi Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran, Indonesia^{2,3}

*Corresponding Author : yulistia18001@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Pencitraan diagnostik membutuhkan gambaran radiografi dengan keakuratan yang tinggi. Seringkali terdapat perbedaan antara ukuran sebenarnya dari struktur anatomi pasien dan representasinya pada gambaran radiografi berupa distorsi geometri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya distorsi dari radiografi periapikal, bitewing, dan panoramik dalam mendeteksi kavitas proksimal dengan menggunakan *Cone Beam Computed Tomography (CBCT)* sebagai acuan. Empat gigi permanen manusia yang diekstraksi dilakukan eksposur menggunakan *phosphor plate system (Origo Express, Instrumentarium Dental, Tuusula, Finlandia)* dengan digital bitewing intraoral dan periapikal teknik paralel. Program panoramik bitewing dan CBCT diperoleh dengan menggunakan unit sinar-X Digital *Panoramic* dan *CBCT OrthopantomographTM, OP300 Maxio (Instrumentarium Dental, Tuusula, Finlandia)*. Semua gambar dievaluasi tiga kali menggunakan perangkat lunak Fiji ImageJ. Sebanyak delapan permukaan proksimal dinilai. Jarak horizontal, jarak vertikal, dan luas kavitas dihitung. Skor yang diperoleh dari ketiga teknik tersebut dibandingkan dengan *gold standard* CBCT menggunakan analisis korelasi Pearson. Korelasi terkuat pada variasi jarak horizontal A sebesar 0,728 untuk intraoral bitewing, pada jarak vertikal dan luas area sebesar 0,632 dan 0,869 untuk periapikal. Sedangkan pada variasi B korelasi paling kuat terdapat pada jarak horizontal sebesar 0,670, vertikal sebesar 0,341, dan luas area sebesar 0,916 untuk panoramik ($p < 0,05$). Radiografi periapikal yang diikuti dengan intraoral bitewing lebih unggul dibandingkan panoramik program bitewing dalam mendeteksi kavitas proksimal.

Kata kunci : bitewing, distorsi gambar, panoramik, periapikal

ABSTRACT

Diagnostic imaging requires radiographic images with high accuracy. Often there is a discrepancy between the size of the patient's anatomical structures and their representation on radiographic images in geometric distortion. This study aims to determine the amount of distortion of the intraoral bitewing, panoramic bitewing program, and periapical radiographs in detecting the proximal cavity using Cone Beam Computed Tomography (CBCT) as a reference. Four extracted human permanent teeth were radiographed using a phosphor plate system (Origo Express, Instrumentarium Dental, Tuusula, Finland) with digital intraoral bitewing and parallel periapical techniques. The panoramic bitewing program and CBCT were obtained using the Digital Panoramic and CBCT OrthopantomographTM X-ray unit, OP300 Maxio (Instrumentarium Dental, Tuusula, Finland). All images were evaluated three times using Fiji ImageJ software. In total, eight proximal surfaces were assessed. The horizontal distance, vertical distance, and cavity area were calculated. Scores obtained from all three techniques were compared with the gold standard of CBCT using Pearson correlation analysis. The strongest correlation in the horizontal distance variation A was 0.728 for the intraoral bitewing, at the vertical distance and area of 0.632 and 0.869 for the periapical. In variation B, the strongest correlation is at a horizontal distance of 0.670, vertical of 0.341, and area of 0.916 for panoramic ($p < 0.05$). Periapical radiographs followed by intraoral bitewing are superior to panoramic in detecting the proximal cavity.

Keywords : bitewing, image distortion, panoramic, periapical

PENDAHULUAN

Kavitas proksimal sulit dideteksi secara visual klinis karena lokasi karies proksimal yang tersembunyi, yaitu berada di area antara titik kontak dan *free gingival margin* (Mepparambath

R, Bhat SS, Hegde SK, Anjana G, Sunil M, Mathew S. 2014). Radiografi gigi dapat digunakan untuk membantu mengetahui keberadaan dan mengevaluasi luas lesi karies (Ritter A V., Boushell LW, Walter R. 2019). Penelitian telah melaporkan bahwa lesi kavitas pada radiografi hanya dapat dideteksi setelah demineralisasi mencapai lebih dari 40% (Ferreira LM, Queiroz PM, Santaella GM, Wenzel A, Groppo FC, Haiter-Neto F. 2019) (Razmus T. 1994) (Ferreira R, Haiter-Neto F, Tabchoury C, Paiva G de, Bóscolo F. 2006). Teknik pencitraan radiograf bitewing, periapikal dan panoramik secara rutin digunakan dalam kedokteran gigi. Sampai saat ini, kombinasi antara inspeksi visual dan radiograf bitewing masih menjadi standar untuk deteksi kavitas (Ferreira LM, Queiroz PM, Santaella GM, Wenzel A, Groppo FC, Haiter-Neto F. 2019) (Wenzel A, Haiter-Neto F, Gotfredsen E. 2007)

Radiografi bitewing, periapikal, dan panoramik rutin digunakan dalam kedokteran gigi (De Zutter M, Vandenbulcke JD, Van Acker JWG, Martens LC. 2020). Pada tahun 2001, the *National Radiological Protection Board/Royal College of Radiologists* atau *NRPB/RCR* dalam dokumennya yang berjudul “*Guidelines on Radiology Standards in Primary Dental Care*” menyatakan bahwa pemeriksaan radiografi periapikal dilakukan secara paralel lebih disukai karena menghasilkan gambar berkualitas baik tanpa distorsi, validitas, akurasi linier, dimensi, dan validitas tinggi (Fathiyya F, Pramanik F, Firman RN. 2019). Radiografi bitewing dan periapikal lebih unggul daripada gambar panoramik dalam mendeteksi kavitas permukaan proksimal posterior karena geometri proyeksi dan resolusi gambar (Terry GL, Noujeim M, Langlais RP, Moore WS, Prihoda TJ. 2016) (Akarslan ZZ AMGKEH. 2008). Perbesaran gambar panoramik sekitar 1,3 kali ukuran anatomi sebenarnya. Planmeca (Helsinki, Finlandia) memperkenalkan konsep baru yang disebut bitewing ekstraoral (panoramik program bitewing) yang dapat digunakan dengan program unit panoramik bitewing opsional (Akarslan ZZ AMGKEH. 2008).

Saat ini terjadi kemajuan dalam radiografi gigi khususnya program panoramik bitewing. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya distorsi bitewing intraoral, program panoramik bitewing, dan radiografi periapikal dalam mendeteksi kavitas proksimal. *Cone Beam CT* menjadi acuan karena dapat menghasilkan gambar dentoalveolar tiga dimensi (3D) yang mendekati keadaan sebenarnya. Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai jenis radiografi yang distorsinya paling rendah sehingga dapat dijadikan rekomendasi untuk mendeteksi rongga proksimal sedini mungkin sebelum menyebabkan kerusakan yang lebih parah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya distorsi dari radiografi periapikal, bitewing, dan panoramik dalam mendeteksi kavitas proksimal dengan menggunakan *Cone Beam Computed Tomography (CBCT)* sebagai acuan.

METODE

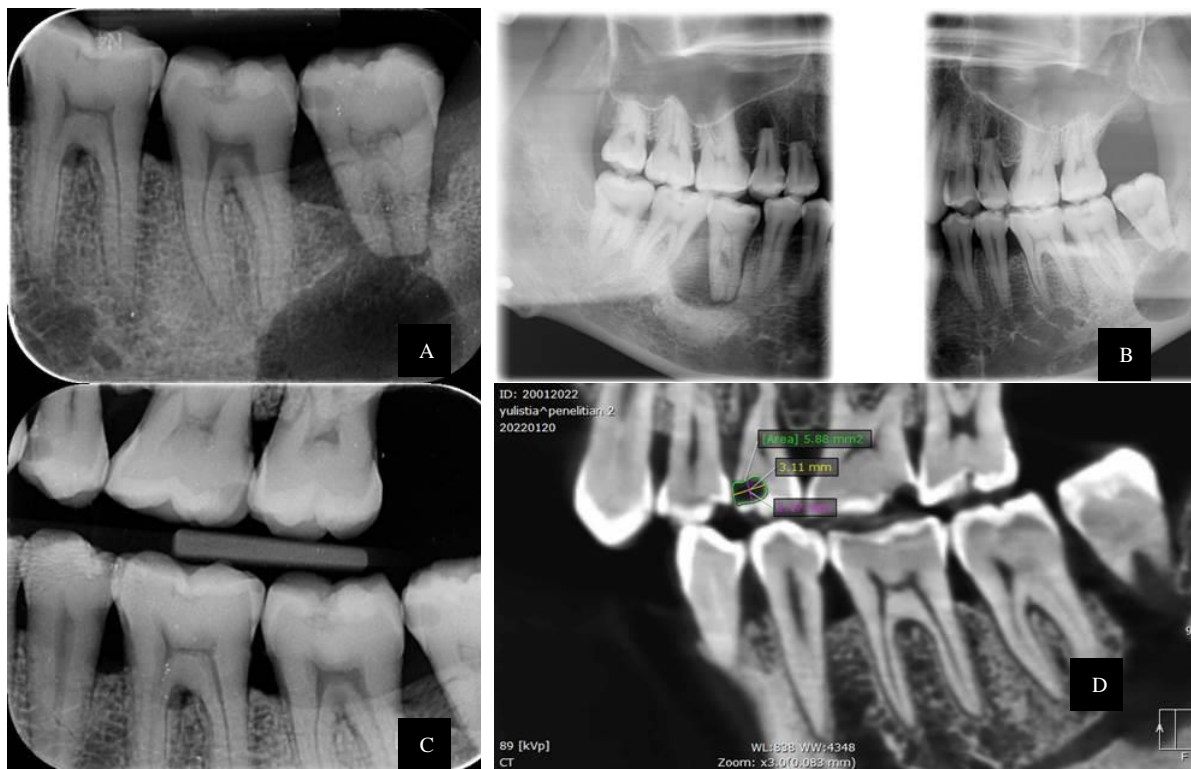
Penelitian ini menggunakan gigi posterior permanen rahang atas dan bawah, meliputi gigi premolar dua atas, molar pertama atas, dan molar ketiga bawah yang tidak memiliki identitas, tanpa karies, tambalan, maupun perawatan saluran akar, memiliki kontak proksimal yang baik, dan ditempatkan pada tengkorak manusia milik Laboratorium Rumah Sakit Gigi dan Mulut (RSGM) Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran. Gigi tersebut meliputi dua gigi premolar rahang atas, molar pertama dan ketiga rahang bawah. Protokol penelitian ini telah dikaji dan disetujui oleh Komisi Etik Penelitian Universitas Padjadjaran Bandung dengan nomor surat 1033/UN6.KEP/EC/2021 dan diberi izin oleh Rumah Sakit Gigi dan Mulut (RSGM) Universitas Padjadjaran dengan nomor surat 53/UN6.RSGM/TU.00/2022.

Gigi dibuatkan kavitas pertama pada permukaan proksimal (*site 2* dan *size 2 – Mount and Hume*) di sisi mesial dengan cara dibur menggunakan *micromotor low speed*. Bur yang digunakan adalah round bur berdiameter 1,8 mm dan round tapered bur. Kavitas dibuat pada *site 2 size 2* berdasarkan klasifikasi *Mount and Hume*. *Site 2* yaitu kavitas berada pada area

kontak dengan gigi sebelahnya (proksimal gigi). *Size 2* merupakan kavitas berukuran sedang (masih terdapat struktur gigi yang sehat untuk mempertahankan integritas mahkota yang tersisa dan menerima beban oklusal). Kavitas kedua dibuat setelah kavitas pertama dilakukan radiografi, dibuat $\pm 0,5$ mm lebih dalam dari rongga pertama. Kedalaman rongga diukur menggunakan probe periodontal. Penelitian ini menggunakan total delapan gigi dengan kavitas proksimal. Akar gigi dipotong agar dapat ditempatkan pada soket alveolar tengkorak, berkontak dengan permukaan proksimal gigi yang berdekatan, kemudian difiksasi dengan lilin yang dipanaskan.



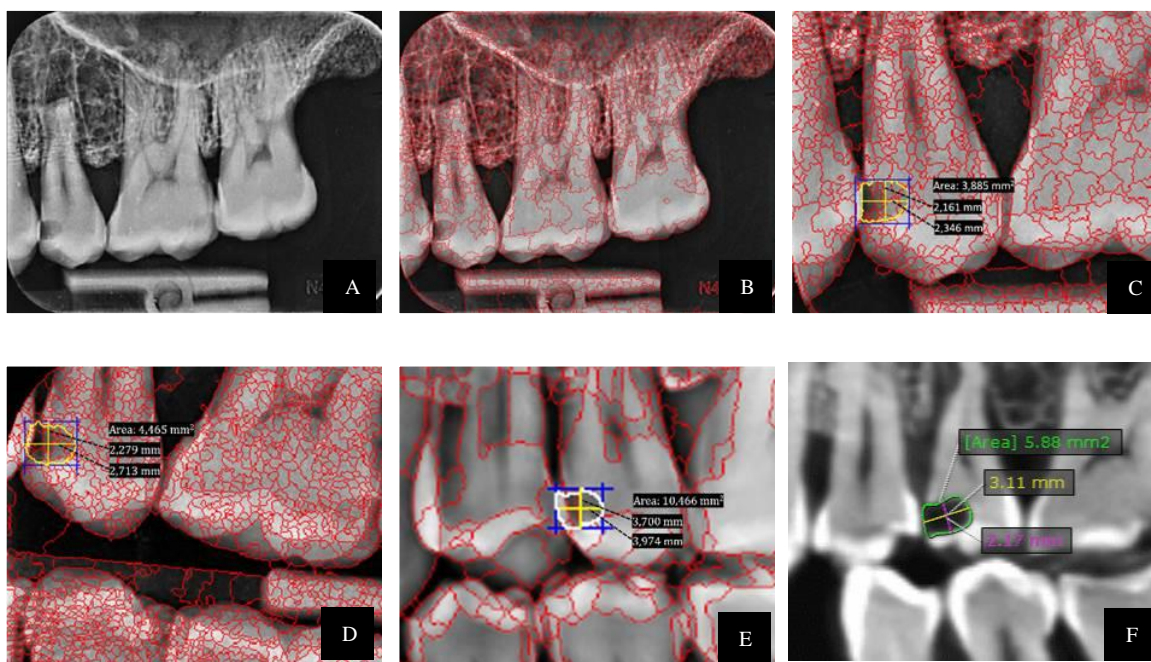
Gambar 1. Teknik pencitraan radiografi: A) Periapikal B) Intraoral bitewing C) Panoramik and *Cone Beam CT*



Gambar 2. Gambaran Radiografi A. Periapikal teknik parallel; B. Panoramik program bitewing (bitewing ekstraoral); C. Bitewing intraoral; D. *Cone Beam CT*

Gambar bitewing dan periapikal intraoral diperoleh secara digital menggunakan unit sinar-X intraoral Origo Express (Instrumentarium Dental, Tuusula, Finlandia) dan storage phosphor plate system PSP size 2. Teknik parallel diterapkan dengan menggunakan receptor holder untuk menghasilkan gambar yang lebih baik dan akurat. Receptor holder ditempatkan pada lingual gigi dekat garis tengah palatal dan difiksasi menggunakan selotip. Parameter paparan bitewing adalah 66 kV, 10mA, dan periapikal disesuaikan pada 60 kV, 7mA, dan 0,630 detik. Pelat PSP dipindai oleh pemindai gambar (Origo Express) dengan perangkat

lunak Cliniview.



Gambar 3. Pengukuran jarak kavitas menggunakan A. CLAHE; B. MorphoLibJ; pada radiograf: C. Periapikal D. Bitewing, E. Panoramik, F. Cone Beam CT

Radiografi panoramik menggunakan OP300 Maxio (Instrumentarium Dental, Tuusula, Finland) dengan sistem bitewing yang dioperasikan pada tegangan 66 kV, 10.0 mA, 8.6 detik dengan tinggi bidang gambar 151 mm. Gambar yang diambil dengan program bitewing menunjukkan gambar dari gigi premolar hingga gigi posterior (gambar 2-B). *Cone Beam Computed Tomography* (CBCT) menggunakan mesin X-ray yang sama dengan parameter eksposur beroperasi pada 90 kV, 5,0 mA, dan 8,1 detik dengan ukuran volume gambar 61x78 mm. Gambar yang digunakan dalam tampilan sagital.

HASIL

Studi radiografi dari 24 kasus ditinjau. Data pengukuran ditampilkan pada diagram batang 1 dan 2. Diagram batang variasi 1 menunjukkan perbesaran (magnifikasi) tertinggi pada gigi 15, 25, 38, dan 46 untuk jarak horizontal, vertikal, dan luas pada radiograf panoramik. Sedangkan perbesaran terendah pada jarak horizontal gigi 15, 25, dan 38 yaitu radiograf periapikal dan gigi 46 pada radiograf bitewing. Pembesaran jarak vertikal terendah pada gigi 15, 38, dan 46 terdapat pada bitewing dan gigi 25 pada periapikal. Pembesaran terendah pada area kavitas gigi pada gigi 15, 25, 38 terdapat pada periapikal dan gigi 46 pada bitewing.

Diagram batang 2 variasi B menunjukkan perbesaran tertinggi pada gigi 15, 25, 38, dan 46 untuk jarak horizontal, vertikal, dan luas pada panoramik. Sedangkan pembesaran jarak horizontal rongga gigi keempat yang paling kecil terdapat pada daerah periapikal. Pembesaran terendah pada jarak vertikal rongga sebesar 15,38 terdapat pada bitewing dan 25,46 pada periapikal. Pembesaran paling kecil pada area kavitas gigi 15, 38, dan 46 terdapat pada periapikal dan gigi 25 pada bitewing.

Berdasarkan tabel 1 diketahui bahwa korelasi yang paling kuat untuk variasi A terdapat pada jarak horizontal yaitu bitewing, pada jarak vertikal yaitu periapikal. Sedangkan untuk variasi B, korelasi yang paling kuat pada jarak horizontal, vertikal, dan luas terdapat pada panoramik.

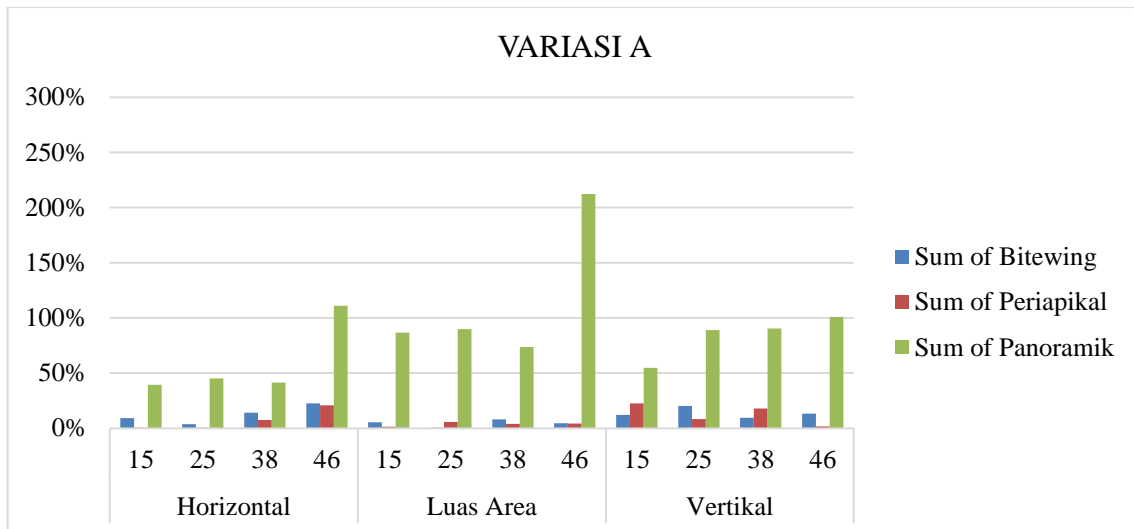


Diagram 1. Hasil Pengukuran Radiografi: Pembesaran Modalitas pada Jarak Horizontal (Variasi A)

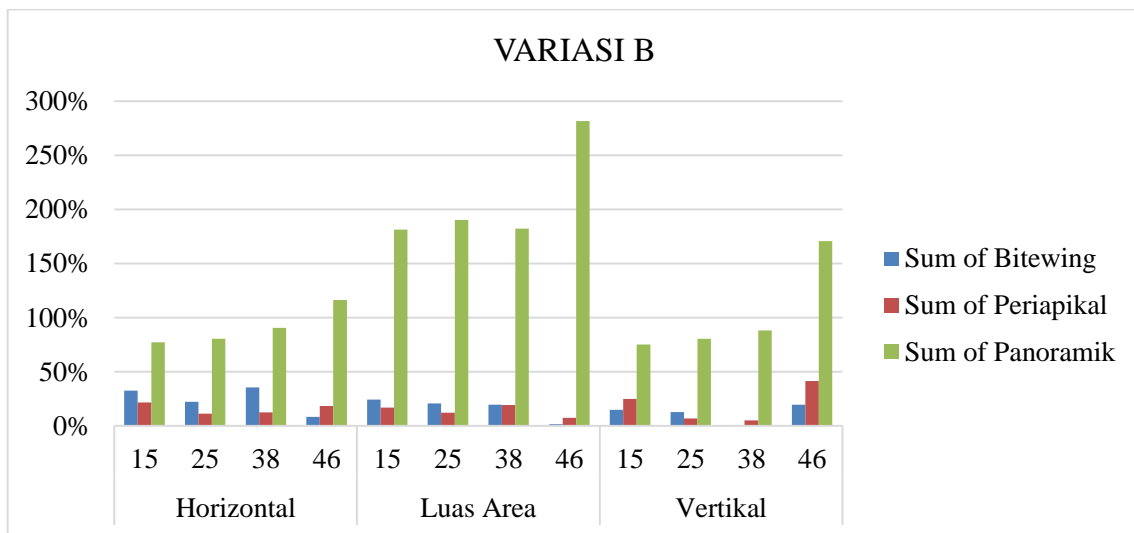


Diagram 2. Hasil Pengukuran Radiografi: Pembesaran Modalitas pada Jarak Horizontal (Variasi B)

Tabel 1. Korelasi Dari Berbagai Variabel yang Diukur dengan CBCT Dari Variasi A dan Variasi B

| Korelasi dengan CBCT | Variasi A | | Variasi B | |
|------------------------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|
| | Koef korelasi (r) | Nilai p | Koef korelasi (r) | Nilai p |
| I. Jarak horizontal : | | | | |
| Bitewing | 0,728 | 0,007 | -0,123 | 0,704 |
| Periapikal | 0,444 | 0,146 | -0,344 | 0,274 |
| Panoramik | 0,509 | 0,091 | -0,670 | 0,017 |
| II. Jarak vertikal : | | | | |
| Bitewing | -0,240 | 0,453 | -0,374 | 0,231 |
| Periapikal | -0,632 | 0,027 | 0,344 | 0,273 |
| Panoramik | -0,232 | 0,468 | 0,916 | <0,001 |
| III. Luas area : | | | | |
| Bitewing | 0,537 | 0,072 | 0,082 | 0,799 |
| Periapikal | 0,869 | <0,001 | 0,316 | 0,317 |
| Panoramik | 0,404 | 0,193 | 0,341 | 0,277 |

PEMBAHASAN

Hasil kajian pembesaran panoramik, bitewing, dan periapikal dibandingkan dengan CBCT menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada 3 kelompok variasi jarak horizontal, jarak vertikal, dan luas statistik (diagram 1 dan 2). Panoramik lebih signifikan dalam menghitung jarak vertikal, horizontal, dan luas pada semua kavitas; A dan B. Perbesaran pada jarak panoramik horizontal tertinggi sebesar 116%, jarak vertikal 171% dan luas 282% yaitu pada variasi A (diagram 1).

Besarnya distorsi tergantung pada jarak relatif *focal spot* terhadap reseptor gambar dan jarak objek terhadap reseptor gambar, sehingga sangat dipengaruhi oleh posisi benda.¹⁰ Pada penelitian ini gigi yang digunakan tidak berasal dari rahang asalnya. Hal ini menyebabkan penempatan gigi pada rahang kurang ideal, sehingga tidak pas di *focal spot*. Posisi ini menyebabkan distorsi jarak pada dimensi horizontal, sehingga tampak lebih lebar (magnifikasi) (Mallya SM and Lurie AG. 2014).

Ketika *dry skull* dipindahkan ke sisi lingual dari posisi optimalnya di *focal spot*, menuju sumber sinar-X, berkas sinar melewatinya lebih lambat daripada kecepatan pergerakan reseptor. Hasilnya, struktur gambar di wilayah ini meluas secara horizontal pada gambar dan tampak lebih lebar. Sedangkan distorsi vertikal diakibatkan oleh kesalahan dalam pengaturan sudut vertikal berupa elongasi (pemanjangan gigi) atau *foreshortening* (pemendekan gigi) (Mallya SM and Lurie AG. 2014).

Dalam penelitian kami, bitewing lebih signifikan dalam penghitungan jarak horizontal pada seluruh perkembangan karies; A dan B (tabel 1). Penelitian ini didukung oleh penelitian Takashi dkk. dan Abdinian dkk. Takashi dkk. dalam studinya membandingkan diagnosis karies interproksimal tahap awal dengan radiografi bitewing dan gambar periapikal menggunakan referensi konsensus. Pengamat menilai gambar tersebut sebagai “*intact*”, “karies enamel <1/2 lebarnya”, “karies enamel >1/2 lebarnya”, atau “karies hingga ke dalam dentin.” Studi mereka menemukan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dalam spesifisitas bitewing dan periapikal. Bitewing menunjukkan sensitivitas yang jauh lebih tinggi dibandingkan periapikal pada semua tahap perkembangan karies (Takahashi N, Lee C, Da Silva JD, Ohya H, Roppongi M, Kihara H, et al. 2019).

Abdinian dkk. membandingkan radiografi digital dari intraoral bitewing, extraoral bitewing, peningkatan panoramik interproksimal, radiografi panoramik konvensional, dan peningkatan radiografi panoramik ortogonalitas dalam mendeteksi karies interproksimal. Mereka menggunakan skala penilaian; 1) Karies ada 2) Karies mungkin ada 3) Tidak pasti-tidak dapat dinyatakan 4) Karies mungkin tidak ada 5) Karies tidak ada. Hasilnya adalah sensitivitas tertinggi diperoleh dengan gambar bitewing intraoral (Abdinian M, Razavi SM, Faghihian R, Samety AA, Faghihian E. 2015). Namun, hal ini tidak konsisten dengan penelitian ini yang menunjukkan bahwa periapikal lebih signifikan dalam menghitung jarak dan luas vertikal pada semua perkembangan karies; A dan B (Tabel 1).

Hasil uji korelasi Pearson pada variasi B menunjukkan adanya kesesuaian dengan hasil pengukuran CBCT yaitu panoramik pada jarak horizontal dan vertikal. Sejalan dengan penelitian Hussein et al. yang membandingkan radiografi digital intraoral dengan panoramik program bitewing. Spesifisitas radiografi mengacu pada kemampuannya mendeteksi dengan benar apakah gigi dalam keadaan sehat dan tidak terdapat lesi karies. Spesifisitas yang tinggi dalam mendeteksi karies proksimal berarti pengurangan hasil positif palsu yang membantu mencegah preparasi kavitas yang tidak perlu dan kehilangan gigi. Mereka menemukan bahwa panoramik program bitewing (ekstraoral bitewing) memiliki spesifisitas tertinggi diikuti oleh PSP (Hussein W, El-Ela A, Farid MM, Saad M, Mostafa E-D. 2016). Hal ini mengikuti Abdinian dkk. yang melaporkan bahwa program panoramik bitewing memiliki spesifisitas lebih tinggi dibandingkan program intraoral bitewing dengan PSP.

Akkaya dkk. melaporkan bahwa kombinasi panoramik plus bitewing dan periapikal anterior menunjukkan akurasi yang sama dengan seri mulut penuh (Yalçın Yeler D, Koraltan M. 2017) (Pontual AA, de Melo DP, SM de A, FN B, Haiter Neto F. 2010). Yuan Li dkk. dalam penelitiannya menilai akurasi pengukuran tinggi dan ketebalan tulang alveolar dengan CBCT dibandingkan dengan acuan *gold standard* (pengukuran fisik langsung). Yuan Li et al melaporkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara CBCT dan pengukuran fisik langsung dalam pengukuran tinggi dan ketebalan tulang alveolar (Li Y, Deng S, Mei L, Li J, Qi M, Su S, et al. 2019).

Keterbatasan kami dalam penelitian ini adalah gigi yang digunakan bukan berasal dari rahang asalnya, melainkan gigi lain yang diekstraksi dan ditempatkan pada soket alveolar tengkorak manusia yang diawetkan. Oleh karena itu, tidak mungkin menghasilkan lengkung gigi yang ideal dan tercipta hubungan yang harmonis antara gigi dengan gigi atau antara gigi dengan rahang, hal ini dapat mengakibatkan terjadinya superimposisi. Namun, kami telah melakukan yang terbaik untuk mempertahankan Posisi gigi agar tidak bergeser setiap dilakukan exposur.

KESIMPULAN

Dalam mendeteksi kavitas proksimal dengan menggunakan acuan CBCT, perbesaran terendah dan terdekat dengan korelasi CBCT terdapat pada radiografi periapikal, diikuti dengan bitewing dan panoramik. Sehingga rekomendasi untuk mendeteksi kavitas proksimal adalah radiografi periapikal paralel. Bagi pasien yang tidak dapat membuka mulut karena trismus dan infeksi, mempunyai refleks tersedak, cacat atau keterbelakangan mental, dan tidak memerlukan pengukuran ukuran, dapat menggunakan radiografi panoramik dengan program bitewing.

UCAPAN TERIMA KASIH

Seluruh proses pembuatan proposal penelitian ini tidak lepas dari bimbingan dan motivasi berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran, dosen pembimbing utama yang telah mencurahkan waktu dan pikirannya dalam membimbing penulisan, dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikirannya dalam membimbing penulisan proposal ini, Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas doa, semangat dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdinian M, Razavi SM, Faghihian R, Samety AA, Faghihian E. Accuracy of Digital Bitewing Radiography versus Different Views of Digital Panoramic Radiography for Detection of Proximal Caries. *J Dent (Tehran)* [Internet]. 2015;12(4):290–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26622284> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4662767>
- Akarlan ZZ AMGKEH. A comparison of the diagnostic accuracy of bitewing, periapical, unfiltered and filtered digital panoramic images for approximal caries detection in posterior teeth. *Dentomaxillofac Radiol*. 2008;37:458–63.
- De Zutter M, Vandenbulcke JD, Van Acker JWG, Martens LC. In vivo correlation of near-infrared transillumination and visual inspection with bitewing radiography for the detection of interproximal caries in permanent and primary teeth. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2020;21(4):509–18.

- Fathiyya F, Pramanik F, Firman RN. Kualitas Radiograf Periapikal dengan Teknik Paralel di Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Padjadjaran. *Padjadjaran J Dent Res Students* [Internet]. 2019;3(1):70. Available from: <http://jurnal.unpad.ac.id/pjdrs/article/view/22178/11290>
- Ferreira LM, Queiroz PM, Santaella GM, Wenzel A, Groppo FC, Haiter-Neto F. The influence of different scan resolutions on the detection of proximal caries lesions. *Imaging Sci Dent*. 2019;49(2):97–102.
- Ferreira R, Haiter-Neto F, Tabchoury C, Paiva G de, Bóscolo F. Assessment of enamel demineralization using conventional, digital, and digitized radiography. *Braz Oral Res*. 2006;20:114–9.
- Hussein W, El-Ela A, Farid MM, Saad M, Mostafa E-D. Intraoral versus extraoral bitewing radiography in detection of enamel proximal caries: an ex vivo study. *Dentomaxillofacial Radiol* [Internet]. 2016;45(4):10. Available from: birpublications.org/dmfr%0ARESEARCH
- Li Y, Deng S, Mei L, Li J, Qi M, Su S, et al. Accuracy of alveolar bone height and thickness measurements in cone beam computed tomography: a systematic review and meta-analysis. Vol. 128, *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. Mosby Inc.; 2019. p. 667–79.
- Mallya SM and Lurie AG. *Panoramic Imaging*. In: *Oral Radiology Principles and Interpretations*. 7th ed. Toronto: Mosby; 2014.
- Mepparambath R, Bhat SS, Hegde SK, Anjana G, Sunil M, Mathew S. Comparison of Proximal Caries Detection in Primary Teeth between Laser Fluorescence and Bitewing Radiography : An in vivo Study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2014;7(December):163–7.
- Pontual AA, de Melo DP, SM de A, FN B, Haiter Neto F. Comparison of digital systems and conventional dental film for the detection of approximal enamel caries. *Dentomaxillofac Radiol* [Internet]. 2010;39:431–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20841461/>
- Rasmus T. Caries, periodontal disease, and periapical changes. *Dent Clin North Am*. 1994;38:13–31.
- Ritter A V., Boushell LW, Walter R. *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry Seventh Edition*. 7th ed. André V. Ritter, Lee W. Boushell RW, editor. Vol. 53, Elsevier. China: Elsevier; 2019. 1689–1699 p.
- Takahashi N, Lee C, Da Silva JD, Ohyama H, Roppongi M, Kihara H, et al. A comparison of diagnosis of early stage interproximal caries with bitewing radiographs and periapical images using consensus reference. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2019;48.
- Terry GL, Noujeim M, Langlais RP, Moore WS, Prihoda TJ. A clinical comparison of extraoral panoramic and intraoral radiographic modalities for detecting proximal caries and visualizing open posterior interproximal contacts. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2016;45(4):7.
- Wenzel A, Haiter-Neto F, Gotfredsen E. Influence of spatial resolution and bit depth on detection of small caries lesions with digital receptors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007;103:418–22.
- Yalçın Yeler D, Koraltan M. Diagnostic accuracy of five different techniques for detection of approximal caries. *Acta Odontol Turc*. 2017;35(1):9–16.