

The difference in radiopacity of microhybrid, nanofiller and nanohybrid composite resins with conventional periapical radiographic techniques

Perbedaan radiopasitas resin komposit *microhybrid*, *nanofiller* dan *nanohybrid* dengan teknik radiografi periapikal konvensional

¹Dava Karunia Akbar, ²Sarianofern, ²Emy Khoironi

¹Mahasiswa

²Departemen Radiologi

Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hang Tuah

Surabaya, Indonesia

Corresponding author: Sarianofern, e-mail: sarianofern@gmail.com

ABSTRACT

Objective: The radiopacity of dental composite restorative materials is important since it allows assessment of the integrity of composite restorations, accurate diagnosis of secondary caries development and evaluation of the interface between the composite restorative material and the tooth structure on the new materials introduced in the market nowadays. The purpose of this observation is to determine the differences of microhybrid, nanofiller and nanohybrid composite resins on their radiopacity using conventional periapical radiography techniques. **Methods:** Composite resins samples were divided into three groups; 30 samples each. Group I were microhybrid composite resin. Group II were nanofiller composite resin. Group III were nanohybrid composite resin. Each specimen was placed on a dental film and exposed using conventional radiographic techniques with the specification of 70 kVp, 8mA and 0.25s, then processed using instant film procedures. Observations were carried out using the densitometer. The results of calculations were analyzed by using the one way Anova test. **Results:** Significant radiopacity differences were occurred in those three groups ($p<0.05$). Nanohybrid composite resin (2.32 mmAl) was significantly more radiopaque than microhybrid composite resin (2.20 mmAl) and nanofiller composite resin (2.10 mmAl). **Conclusion:** There are differences between microhybrid, nanofiller and nanohybrid composite resins. Resins that have the highest to the lowest radiopacity levels are nanohybrid, microhybrid, and nanofiller composite resin.

Keywords: radiopacity, dental composite resins, periapical, densitometer.

ABSTRAK

Objektif: Radiopasitas bahan restorasi komposit gigi sangat penting, karena memungkinkan penilaian terhadap integritas restorasi komposit, diagnosis akurat perkembangan karies sekunder, serta evaluasi antara bahan restorasi komposit dan struktur gigi utamanya pada bahan-bahan baru yang diperkenalkan di pasaran saat ini. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbedaan radiopasitas resin komposit *microhybrid*, *nanofiller* dan *nanohybrid* dengan menggunakan teknik radiografi periapikal konvensional. **Metode:** Sampel resin komposit dibagi atas tiga kelompok, masing-masing 10 sampel. Kelompok I adalah *microhybrid*, kelompok II adalah *nanofiller*, dan kelompok III adalah *nanohybrid*. Setiap spesimen diletakkan di atas radiograf dan dipajang menggunakan teknik radiografi konvensional dengan spesifikasi 70 kVp, 8 mA dan 0,25 detik, kemudian dilakukan prosedur *processing* film instan. Observasi dilanjutkan dengan menggunakan densitometer. Hasil perhitungan radiopasitas kemudian dianalisis menggunakan uji *one way Anova*. **Hasil:** Perbedaan radiopasitas yang signifikan ditemukan pada ketiga kelompok tersebut ($p<0,05$). Resin komposit *nanohybrid* (2,32 mmAl) secara signifikan lebih radiopak dibandingkan dengan resin komposit *microhybrid* (2,21 mmAl) dan resin komposit *nanofiller* (2,10 mmAl). **Simpulan:** Terdapat perbedaan antara resin komposit *microhybrid*, *nanofiller* dan *nanohybrid*. Resin komposit yang memiliki tingkat radiopasitas paling tinggi hingga rendah yaitu resin komposit *nanohybrid*, *microhybrid*, dan *nanofiller*.

Kata kunci: radiopasitas, resin komposit, periapikal, densitometer

Received: 1 February 2021

Accepted: 1 April 2021

Published: 1 August 2021

PENDAHULUAN

Resin komposit merupakan salah satu bahan tumpatan yang sering digunakan saat ini karena memiliki nilai estetis yang tinggi dengan ketahanan pakai yang lebih baik dibandingkan dengan bahan tumpatan lainnya.¹ Menurut partikel bahan pengisinya, resin komposit dikategorikan menjadi komposit *macrofiller*, *microfiller*, *microhybrid*, *nanofiller* dan *nanohybrid*.²

Tren saat ini telah menuju pada penggunaan resin komposit *hybrid* dan komposit *nanofiller*.³ Resin komposit *nanofiller* memiliki ukuran partikel 5-100 nm sehingga sifat optis dan hasil *polish*-nya sangat adekuat

dibandingkan resin komposit yang lain. Selain itu, sifat mekanisnya juga tergolong baik karena partikelnya berukuran nano terdistribusi secara merata di dalam matiks resin.^{1,4} Komposit *hybrid* terbagi atas dua sediaan, yaitu *microhybrid* dan *nanohybrid*.⁴ Komposit *microhybrid* memiliki kelebihan mulai dari segi ketahanan pakai, warna dan *stain* maupun plak.⁵ Namun demikian, komposit *microhybrid* kekuatan mekanisnya lebih rendah daripada komposit *nanohybrid* karena persentase bahan pengisi (*filler*) yang lebih rendah daripada komposit *nanohybrid*.⁶ Komposit *nanohybrid* adalah jenis komposit *hybrid* yang cukup banyak digunakan; di-

buat dengan menggabungkan sifat baik dari *hybrid* yaitu kekuatan terhadap mekanisnya yang baik dan estetik yang baik dari *microfiller*.⁷ Kelebihan lainnya adalah ketahanan dalam pemakaian jangka panjang, karakteristik optik yang baik, dan mengurangi *shrinkage* polimerisasi.⁸ *Nanohybrid* memiliki partikel bahan pengisi dengan ukuran yang bervariasi mulai dari mikron hingga nano.¹ Pembuatan komposit *nanohybrid* ini bertujuan untuk membuat jenis komposit *hybrid* yang lebih baik dibandingkan dengan komposit *microhybrid*. Perkembangan resin komposit dengan sifat fisik dan mekanik berbeda yang dapat diaplikasikan penggunaannya yang luas dalam kedokteran gigi memerlukan studi lanjut, terlebih pada tingkat radiopasitasnya.⁹

Menurut The International Standardization Organization (ISO4049), agar dapat dianggap radiopak, maka radiopasitas dari 1 mm bahan tumpatan resin komposit, harus sama atau lebih besar radiopasitasnya dari ketebalan aluminium yang setara.

Radiopasitas bahan yang memadai, memudahkan praktisi kedokteran gigi membedakan pembentukan karies sekunder dari restorasi dengan struktur gigi sekitarnya,¹¹ selain itu juga untuk menilai kualitas restorasi secara keseluruhan, seperti adaptasi tepi, integritas, kontur interproksimal, kontak antar gigi, *overhanging*, dan rongga dari tumpatan restorasi akibat *shrinkage*.¹²

Bahan restorasi seperti resin komposit tidak akan terlihat radiopak pada radiograf jika tidak dimodifikasi komposisinya; resin komposit hanya akan tampak sebagai gambaran radiolusen pada radiograf ketika dimasukkan ke dalam struktur gigi.¹¹ Sementara itu, karies gigi juga tampak sebagai gambaran radiolusen pada radiograf. Partikel *filler* yang umumnya terkandung dalam resin komposit sekarang ini, seperti *quartz* (*crystalline silica*), *lithium aluminium glasses* dan *silica* memiliki radiopasitas yang rendah, sehingga perlu dikombinasi dengan *filler* yang mengandung atom logam berat untuk menghasilkan resin komposit yang radiopak.⁴ Partikel *filler* yang mengandung atom logam berat, seperti Ba, Sr, Zn, atau YbF₃ memiliki nilai atom yang tinggi sehingga dapat mengabsorbsi sinar-X dan menghasilkan gambaran yang radiopak pada radiograf.¹ Setiap produk resin komposit memiliki komposisi *filler* berbeda-beda, sehingga radiopasitas antara resinkomposit satu dengan yang lainnya tidak sama.

Kelanjutan studi mengenai densitas radiograf suatu bahan kedokteran gigi sangat penting dilakukan terutama untuk mengevaluasi bahan-bahan baru di pasaran saat ini; selain untuk mencegah kesalahan interpretasi selama penentuan radiodiagnosis.

METODE

Sampel resin komposit dibagi menjadi tiga kelompok. Kelompok I terdiri atas 10 sampel resin komposit

microhybrid (Filtek Z250, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA). Kelompok II terdiri atas 10 sampel resin komposit *nanofiller* (Filtek Z350 XT, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA). Kelompok III terdiri dari 10 sampel resin komposit *nanohybrid* (Filtek Z250 XT, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA).

Persiapan spesimen

Selapis tipis vaselin diulasi pada seluruh permukaan *glass slab* dan cetakan spesimen berdiameter 6 mm dengan tebal 1 mm. Resin komposit diambil menggunakan instrumen plastis, kemudian diletakkan ke dalam *ring* dan dimampatkan. *Cover glass microscope* yang telah diulasi vaselin diletakkan di atas resin komposit, lalu diberi sedikit tekanan untuk mengeluarkan kelebihan resin komposit, mengurangi porositas dan mendapatkan permukaan yang rata. Bagian atas disinari selama 40 detik dengan jarak 1 mm dan arah sinar sejajar dengan spesimen. Seluruh permukaan spesimen dan kelebihan resin komposit dihaluskan dengan menggunakan *sandpaper disc* dimulai dari tingkat kekasaran *medium*, *fine*, and *super fine* sesuai aturan pabrik. Ketebalan spesimen diukur menggunakan *digital caliper*.

Radiografi periapikal konvensional

Radiografi periapikal konvensional dilakukan dengan menggunakan proyeksi radiografi paralel/kesejajaran. Spesimen penelitian dipajang satu persatu berdasarkan masing-masing kelompok spesimen bersamaan dengan *aluminium step wedge* dengan pengaturan indikator pemajaman yang sama untuk setiap spesimen yaitu 70 kV, 8 mA, 0,25 s dan jarak pemajaman 30 cm.

Film yang telah dipajang, kemudian dilakukan tahapan pemrosesan film. Injeksikan larutan DQE sebanyak 3,5 mL (*dental size*) menggunakan *syringe* ke dalam paket film melalui sudut pembungkus film, kemudian diagitasi dengan cara memijat-mijat paket film selama 30 detik. Pembungkus film dibuka dan celupkan film dalam larutan *hardening* selama 5 detik, agar radiografer terjaga dengan baik. Bilas dengan air mengalir hingga tidak ada larutan yang tersisa selama 1,5-2 menit. Keringkan film.

Analisis radiograf

Spesimen radiograf resinkomposit diukur densitas optiknya dengan alat densitometer. *Optical density* (OD) tersebut kemudian dikonversikan menjadi rumus hitung radiopasitas.

$$\text{Radiopasitas spesimen} \times \frac{\text{Ketebalan Al step wedges (mm)}}{\text{Radiopasitas step wedges}}$$

HASIL

Dari Tabel 1 tampak bahwa terdapat perbedaan radiopasitas secara kuantitatif pada resin komposit *nano*-

hybrid sebesar 2,32 mmAl memiliki nilai radiopak yang lebih tinggi dibandingkan dengan radiopasitas pada resin komposit *microhybrid* sebesar 2,21 mmAl dan resin komposit *nanofiller* sebesar 2,10 mmAl. Adapun nilai radiopasitas ketiga kelompok resin komposit tersebut dirangkum pada gambar 1, yaitu tingkat radiopasitas tertinggi dimiliki oleh resin komposit *nanohybrid* diikuti oleh jenis *microhybrid* dan *nanofiller*.

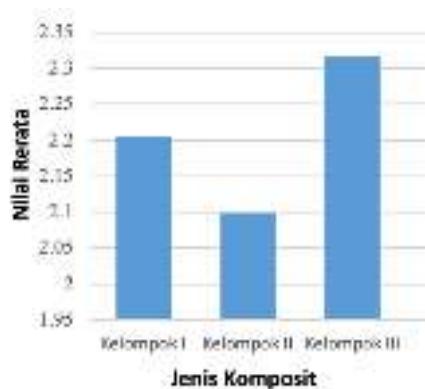
Tabel 1 Rerata radiopasitas kelompok I (resin komposit *microhybrid*), kelompok II (resin komposit *nanofiller*) dan kelompok III (resin komposit *nanohybrid*).

Kelompok	N	$\bar{x} \pm SD$
I	10	2,21 ± 0,01
II	10	2,10 ± 0,01
III	10	2,32 ± 0,01

N : Jumlah spesimen

\bar{x} : Rerata radiopasitas resin komposit

SD: Standar deviasi



Gambar 1 Diagram rerata radiopasitas

Tabel 2 Hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk*

Kelompok	Shapiro-Wilk	
	Jumlah spesimen	Signifikansi (p)
I	10	0,107
II	10	0,209
III	10	0,198

Tabel 3 Hasil uji homogenitas (*Levene statistic*)

Levene statistic	df1	df2	Signifikansi (P)
2,028	2	27	0,151

Untuk pengujian statistik lebih lanjut, data harus terdistribusi secara normal dan homogen, yang diuji dengan *Shapiro-Wilk* dan *Levene statistic*. Berdasarkan tabel 2 dan tabel 3 diperoleh data dengan signifikansi ($p > 0,05$) yang berarti data terdistribusi normal dan homogen, sehingga dapat dilanjutkan dengan uji *one-way Anova*.

Berdasarkan hasil uji *one way Anova* (Tabel 4), diketahui bahwa nilai $p = 0,000$ ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata yang bermakna pada setiap kelompok, sehingga hipotesis awal ditolak, atau ada perbedaan.

Tabel 4 Hasil uji beda (*one-way Anova*)

Sumber keragaman	df	Signifikansi (p)
Antar kelompok	2	0,000*
Dalam kelompok	27	
Total	29	

PEMBAHASAN

Sinar-X adalah tipe radiasi yang membentuk bagian dari spektrum elektromagnetik, tersusun atas gelombang energi dengan frekuensi dan jarak yang berbeda dan dihasilkan oleh osilasi atau percepatan muatan listrik dalam medan magnet. Energi kinetik elektron meningkat seiring dengan meningkatnya tegangan (kV puncak). Intensitas berkas sinar-X ditentukan oleh jumlah foton dalam berkas dan dinyatakan dalam *kiloelectronvolt*.¹³ Meningkatkan energi akan meningkatkan jumlah foton yang ditransmisi dan mengurangi tingkat atenuasi. Faktor yang dapat mempengaruhi atenuasi radiasi diantaranya adalah massa jenis, nomor atom, dan elektron per gram material. Peningkatan salah satu faktor ini akan mengurangi jumlah foton yang ditransmisi dan dengan demikian meningkatkan redaman radiasi.¹⁴ Meskipun parameter pemaparan yang digunakan berbeda, seperti waktu pemaparan dan tegangan, dilaporkan memiliki pengaruh terhadap tingkat radiopasitas bahan komposit.¹⁴

Radiopasitas tidak hanya bergantung pada kemampuan penyerapan sinar-X yang ada pada bahan pengisi resin komposit, tetapi juga pada karakteristik radiograf itu sendiri, seperti *basic + fog*, parameter eksposur dan kondisi pemrosesan film.¹⁵ Maka dari itu, digunakan radiograf, parameter eksposur, serta kondisi pemrosesan yang sama dalam penelitian ini untuk mengevaluasi dampak komposisi bahan komposit. Mengacu pada ISO 4049, evaluasi bahan kedokteran gigi sebaiknya menggunakan sinar-X dengan rentang tegangan 65 ± 5 kVp, film D-speed dan *aluminium step wedge* dengan kemurnian aluminium minimal 98% dan tidak mengandung lebih dari 0,1% tembaga (Cu) atau 1% besi (Fe). Proseduryang digunakan dalam penelitian ini telah mengacu pada ketentuan ISO tersebut.

Hasil penelitian ini mendukung hipotesis bahwa terdapat perbedaan radiopasitas dari resin komposit *microhybrid*, *nanofiller* dan *nanohybrid*. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Dionysopoulos dkk mengenai pengaruh komposisi terhadap radiopasitas dari beberapa bahan resin komposit. Resin komposit *nanohybrid* secara signifikan lebih radiopak dibandingkan dengan jenis *microhybrid* dan *nanofiller*. Idealnya, nilai radiopasitas resin komposit berkisar 200-250% Al untuk memungkinkan diagnosis yang tepat.¹⁶ Bahan restorasi harus memiliki radiopasitas yang optimal agar kontras dengan karies sekunder. Tingkat radiopasitas yang berlebihan juga bukan kriteria yang tepat karena dapat terjadi superimposisi sehingga me-

ngaburkan gambaran karies gigi; dikenal dengan istilah *Mach effect* atau *Mach bands*,¹⁷ yang merupakan fenomena visual berupa ilusi optik akibat adanya hambatan lateral retina, yang menyebabkan tipe objek gelap yang berdekatan dengan objek yang lebih terang tampak lebih terang dari yang sebenarnya dan sebaliknya sehingga menciptakan bayangan palsu, yang dapat meniru gambaran cedera atau penyakit pada radiograf. Radiodiagnosis karies gigi *false-positive* dapat dengan mudah terjadi jika praktisi kedokteran gigi tidak memperkirakan kemungkinan terjadinya ilusi ini.^{6,18} Dari hasil penelitian ini, ditemukan bahwa radiopasitas ketiga resin komposit yang diuji termasuk dalam kategori resin komposit yang memiliki radiopasitas yang ideal. Urutan radiopasitas tertinggi didapatkan pada resin komposit *nanohybrid* (23% Al), disusul resin *microhybrid* (22% Al) dan terakhir yaitu resin *nanofiller* (21% Al).

Resin komposit *microhybrid* memiliki kandungan matriks organik berupa Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, bahan pengisi *zirconia* dan *silica*, ukuran partikel rata-rata 0,01-3,5 μm dengan berat 78% dan volume 60%. Dengan spesifikasi komposisi tersebut didapatkan rata-rata hasil pengukuran OD resin komposit *microhybrid* yaitu sebesar 1,85 setara dengan 2,21 mmAl. Resin komposit *microhybrid*, merupakan resin komposit dengan nilai radiopasitas tertinggi kedua setelah resin komposit *nanohybrid*.

Resin komposit *nanofiller*, memiliki kandungan matriks organik berupa Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, bahan pengisi kombinasi *zirconia* non-aglomerasi/non agregat (4-11 nm), *zirconia* teragregasi/*filler silica* clusterrata-rata 0,6-10 μ (terdiri dari 20 nm *silica* dan 4-11 nm partikel *zirconia*) dengan berat 78,5% dan volume 63,3% (3M ESPE, St.Paul, MN, USA). Dengan spesifikasi komposisi tersebut didapatkan rata-rata hasil pengukuran OD resin komposit *microhybrid* yaitu sebesar 1,77 setara dengan 2,10 mmAl. Resin komposit *nanofiller*, merupakan resin komposit dengan nilai radiopasitas terendah diantara ketiga resin komposit yang diteliti dalam penelitian ini.

Resin komposit *nanohybrid*, memiliki kandungan matriks organik berupa Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, bahan pengisi kombinasi *surface modified zirconia/silica*, rata-rata ukuran partikel 3 μ atau lebih kecil dan *surface-modified particle silica non-agglomerated/non-aggregated* 20 nm, dengan berat 82% dan volume 68% (3M ESPE, St.Paul, MN, USA). Dengan spesifikasi komposisi tersebut didapatkan rata-rata hasil pengukuran OD resin komposit *microhybrid* yaitu 1,95 setara dengan 2,32 mmAl. Resin komposit *nanohybrid*, memiliki nilai radiopasitas tertinggi diantara ketiga resin komposit yang diteliti dalam penelitian ini.

Komposisi dari bahan tumpatan resin komposit merupakan faktor penting yang menentukan tingkatra-

diopasitasnya. Dua faktor utama yang berkontribusi pada radiopasitas bahan resin komposit adalah kepadatan dan nomor atomnya.⁹ Resin komposit tidak akan terlihat radiopak pada radiograf dan jika tidak dimodifikasi komposisinya, resin komposit hanya akan tampak sebagai gambaran radiolusen pada radiograf jika dimasukkan ke dalam struktur gigi.¹¹ Sementara itu, karies gigi juga tampak sebagai gambaran radiolusen pada radiograf, sehingga untuk mendapatkan gambaran radiopak, partikel logam berat dengan nomor atom yang besar digabungkan ke dalam *filler* resin komposit. Sejauh ini, hanya unsur-unsur dalam periode keenam atau lebih tinggi dari tabel periodik, selain yodium (I), yang terbukti secara umum berguna sebagai senyawa radiopak. *Radiopacifier* yang paling umum digunakan dalam bahan restorasi gigi tersebut adalah *zinc oxide* (ZnO), *zirconium oxide* (ZrO₂), *barium sulfate* (BaSO₄), *barium oxide* (BaO), *yttrium fluoride* (YF₃), *strontium oxide* (SrO), *bismuth oxide* (Bi₂O₃), *lanthanum oxide* (La₂O₃), dan *ytterbium trifluorida* (YbF₃). Suatu bahan dengan nomor atom besar menyebabkan radiasi yang terserap lebih banyak daripada radiasi yang dihamburkan akibatnya bahan tersebut lebih radiopak.¹⁹ Ketiga resin komposit dalam penelitian ini, menggunakan *radiopacifier* berupa zirconium (Z=40) namun berbeda dalam berat dan volumenya.

Korelasi linier antara nilai radiopasitas bahan komposit dan persentase berat bahan pengisi dilaporkan dalam penelitian sebelumnya oleh Pekkan yang menemukan bahwa terdapat korelasi linier positif antara radiopasitas resin komposit dan persentase berat bahan pengisi. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian tersebut. Resin komposit *nanohybrid* (82 wt%, 68 v%) dengan persentase berat bahan pengisi dan volume tertinggi di antara ketiga bahan yang diuji, menunjukkan nilai radiopasitas paling tinggi. Hal ini menjadi penjelasan dari temuan sebelumnya yang menyatakan bahwa bahan resin komposit *packable* menghasilkan nilai radiopasitas lebih tinggi dibandingkan dengan bahan *flowable*. Hal ini dapat terjadi mengingat fakta bahwa pada kebanyakan kasus bahan komposit dengan kandungan *filler* yang lebih tinggi, akan mengandung konentrasi *radiopacifier* yang lebih tinggi pula.²¹

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa jenis partikel pengisi resin komposit dapat mempengaruhi radiopasitasnya. Hasil ini sejalan dengan laporan sebelumnya oleh Hitij dan Filder. Antara ketiga resin komposit dengan bahan berbasis metakrilat ini, resin komposit *nanohybrid* menunjukkan nilai radiopasitas tertinggi diikuti oleh resin komposit *microhybrid*, sedangkan resin komposit *nanofiller* memberikan nilai radiopasitas yang paling rendah. Pada studi terdahulu, Pekkan dkk juga melaporkan bahwa resin komposit *nanofiller* (Aelite Aesthetic Enamel; Bisco) menun-

jumlah nilai radiopasitas yang lebih rendah daripada resin komposit *nanohybrid* (Grandio Universal; Voco). Diketahui bahwa ukuran partikel bahan pengisi dalam resin komposit dapat mempengaruhi atenuasi radiasi. Dionysopoulos dkk menemukan bahwa komposisi bahan pengisi yang berbeda dapat mempengaruhi fotopolimerisasi resin komposit di lapisan yang lebih dalam. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh fakta bahwa ukuran bahan pengisi mempengaruhi sifat *translucency*

dari resin komposit gigi. Seiring bertambahnya ukuran partikel bahan pengisi, akan menyebabkan penurunan hamburan cahaya.²³

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan disimpulkan bahwa terdapat perbedaan radiopasitas antar bahan resin komposit; yaitu radiopasitas tertinggi resin komposit *nanohybrid*, disusul resin komposit *microhybrid*, dan terendah yaitu jenis resin komposit nanofiller.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anusavice KJ, Shen C, Rawls H. Philips' science of dental materials 12th Edition. St. Louis: Elsevier; 2013.p.38-9, 260-2, 272-304.
2. van Noort R. Introduction to dental materials 4th Ed. London: Mosby Inc.; 2013.p.99-125.
3. Powers JM, Wataha JC. Dental materials properties and manipulation 11th ed. Missouri: Mosby Inc.;2016
4. Sakaguchi RL, Ferrance J, Powers J. Craig's restorative dental materials 14th ed. Missouri: Mosby Inc.;2019.p.190-207
5. Masdy W. Pengaruh metode penyinaran yang berbeda terhadap kekuatan ikatan komposit microhybrid dengan base berbasis resin. [Tesis]. Makassar: Universitas Hasanuddin; 2014
6. Mozartha M, Herda E, Soufyan A. Pemilihan resin komposit dan fiber untuk meningkatkan kekuatan fleksural fiber reinforced composite (FRC). Jurnal PDGI 2010; 59(1).
7. Valinoti AC, Neves BG, da Silva EM, Maia LC. Surface degradation of composite resins by acidic medicines and pH-cycling. J Appl Oral Sci: revista FOB 2008;16(4):257-65. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572008000400006>
8. Karabela MM, Sideridou ID. Synthesis and study of properties of dental resin composites with different nanosilica particles size. Dent Mater 2011; 27(8): 825-35.
9. Cabasso I. Radiopaque polymers. Encyclopedia of polymer science and technology. 2011;. doi:10.1002/0471440264. ps456.
10. International Organization for Standardization. ISO 4049:2019. Dentistry-polymer-based restorative materials. 5th ed. Geneva: ISO.
11. Nadhum NS, Jehad RH, Abdul-Kareem S. Assessing the radiopacity of three resin composite materials using a digital radiography technique. J Baghdad Coll Dent 2017; 29(3): 26-30.
12. Yildirim T, Ayar MK, Akdag MS, Yesilyurt C. Radiopacity of bulk fill flowable resin composite materials. Nigerian J Clin Pract 2017; 20(2): 200-4.
13. Fauber T. Image formation and radiographic quality, radiographic imaging and exposure. Elsevier Inc.;2016. p.129-32.
14. Dionysopoulos D, Tolidis K, Gerasimou P, Koliniotou-Koumpia E. Effects of shade and composition on radiopacity of dental composite restorative materials. Oral Radiology 2017; 33(3): 178-86.
15. de Souza PFC, Pardini LC, Cruvinel DR, Hamida HM, Garcia LF. In vitro comparison of the radiopacity of cavity lining materials with human dental structures. J Conserv Dent 2010;13:65-70.
16. Dionysopoulos D, Tolidis K, Gerasimou P, Papadopoulos C. Effect of filler composition of dental composite restorative materials on radiopacity in digital radiographic images. Polymer Composites 2018; 39: E351-E357.
17. Yasa B, Kucukyilmaz E, Yasa E, Ertas ET. Comparative study of radiopacity of resin-based and glass ionomer-based bulk-fill restoratives using digital radiography. J Oral Sci 2015; 57(2): 79-85.
18. Dukic W, Delija B, DeRossi D, Dadic I. Radiopacity of composite dental materials using a digital X-ray system. Dent Mater J 2012; 31:47-53.
19. Mangset WE, Izang N. Locally fabricated metal step wedge for quality assurance in diagnostic radiology. Bayero J Pure Appl Sci 2010; 3(1): 156-63.
20. Pekkan G, Ozcan M. Radiopacity of different shades of resin-based restorative materials compared to human and bovine teeth. Gen Dent 2012; 60:e237-43.
21. Arita ES, Silveira GP, Cortes AR, Brucoli HC. Comparative study between the radiopacity levels of high viscosity and of flowable composite resins, using digital imaging. Eur J Esthet Dent 2012; 7:430-8.
22. Hitij T, Fidler A. Radiopacity of dental restorative materials. Clin Oral Investig 2013; 17: 1167-77.
23. Ilie N, Stark K. Effect of different curing protocols on the mechanical properties of low-viscosity bulk-fill composites. Clin Oral Invest 2015; 19(2):271-9. DOI: 10.1007/s00784-014-1262-x.