

Pengaruh penambahan hidroksiapatit pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap penyerapan air: studi eksperimental laboratoris

Chintika Bernaditha
Siregar^{1*}
Eddy Dahar¹

¹Program Studi Sarjana Kedokteran
Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Sumatera Utara,
Indonesia

²Departemen Prostodonsia, Fakultas
Kedokteran Gigi Universitas
Sumatera Utara, Indonesia

*Korespondensi
Email | ditamysiregar@gmail.com

Submisi | 10 Agustus 2023
Revisi | 25 September 2023
Penerimaan | 25 Desember 2023
Publikasi Online | 30 Desember 2023
DOI: [10.24198/jkg.v35i3.48242](https://doi.org/10.24198/jkg.v35i3.48242)

p-ISSN [0854-6002](#)
e-ISSN [2549-6514](#)

Sitasi | Siregar CB, Dahar E. Pengaruh penambahan hidroksiapatit pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap penyerapan air: Eksperimental laboratoris. J Ked Gi. 2023; 35(3):245-250.
DOI: [10.24198/jkg.v35i3.48242](https://doi.org/10.24198/jkg.v35i3.48242)



Copyright: © 2023 oleh penulis, diserahkan ke Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran untuk open akses publikasi di bawah syarat dan ketentuan dari Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

ABSTRAK

Pendahuluan: Salah satu bahan pembuatan basis gigi tiruan yang sering digunakan adalah resin akrilik polimerisasi panas, karena memiliki estetis yang baik, tidak toksik serta pembuatan dan pemrosesan yang relatif murah, namun ketahanannya terhadap fraktur rendah. Kekuatan resin akrilik polimerisasi panas dapat ditingkatkan dengan penambahan bahan penguat seperti hidroksiapatit yang merupakan biokeramik dan memiliki kemiripan dengan mineral penyusun tulang dan gigi dan telah banyak digunakan di bidang biomedis. Penyerapan air merupakan salah satu sifat resin akrilik polimerisasi panas yang perlu diperhatikan. Penyerapan air dapat memengaruhi sifat-sifat resin akrilik lainnya, seperti perubahan fisis dan menurunkan sifat mekanis sehingga basis menjadi lebih mudah fraktur. Penambahan hidroksiapatit diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanis namun tidak meningkatkan penyerapan air resin akrilik. Penelitian eksperimental laboratoris ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan hidroksiapatit 3, 4, dan 6% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap penyerapan air. **Metode:** Sampel terbuat dari resin akrilik polimerisasi panas berbentuk disk dengan ukuran 50 x 0,5 mm. Sebanyak 28 sampel dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu kelompok kontrol dan kelompok penambahan hidroksiapatit 3, 4, dan 6%. Setiap kelompok sampel dihitung nilai penyerapan airnya sesuai prosedur ISO 1567:1999. **Hasil:** Hasil perhitungan penyerapan air dianalisis dengan uji *One-way ANOVA* dan uji *LSD (Least Significance Different)* dengan nilai $p < 0,0001$ ($p < 0,05$). Nilai penyerapan air semakin tinggi seiring dengan penambahan hidroksiapatit dibandingkan dengan kelompok kontrol. **Simpulan:** Penambahan hidroksiapatit pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas dapat memengaruhi nilai penyerapan air. Semakin banyak hidroksiapatit yang ditambahkan, semakin tinggi nilai penyerapan airnya.

Kata kunci

basis gigi tiruan, resin akrilik polimerisasi panas, bahan penguat, hidroksiapatit, penyerapan air

The effect of hydroxyapatite addition to denture base heat cured acrylic resin on water absorption: a laboratory experimental study

ABSTRACT

Introduction: Heat cured acrylic resin has been used as dental material for making denture bases as it is more aesthetical, has a non-toxic characteristic and relatively cheap to manufacture and polish, but resistant to fracture. Reinforcing agents such as hydroxyapatite can be added to increase the strength of heat cured acrylic resin as it is bioceramic and has similarities with minerals of bone and teeth and has been widely used in the biomedical field. Water absorption is one of the characteristics of heat cured acrylic resin that needs to be considered. Water absorption in acrylic resin can affect other characteristics of acrylic resin, such as physical changes and decreased mechanical properties causing the base to become easier to fracture. Addition of hydroxyapatite is expected to enhance the mechanical properties but not increase water absorption. This experimental laboratory study aimed to determine the effect of adding 3, 4, and 6% hydroxyapatite to heat cured acrylic resin denture based on water absorption. **Methods:** The samples were made of heat cured acrylic resin in disk-shape measuring 50 x 0.5 mm. A total of 28 samples were divided into 4 groups: a control group and group with the addition of hydroxyapatite in various concentrations (3, 4, and 6%). Each group of samples was calculated for water absorption value using the formula from the ISO 1567:1999. **Results:** The calculation results of water absorption were analyzed by *One-way ANOVA* and *LSD tests* with p value < 0.0001 ($p < 0.05$). The water absorption value became higher with the addition of hydroxyapatite compared to the control group. **Conclusion:** The addition of hydroxyapatite to denture base materials heat cured acrylic resin affects the water absorption value. The more hydroxyapatite was added, the higher the water absorption of heat cured acrylic resin.

Keywords

denture base, heat cured acrylic resin, reinforcement, hydroxyapatite, water absorption

PENDAHULUAN

Kehilangan gigi merupakan penyebab paling umum menurunnya fungsi pengunyahan. Kehilangan gigi dapat memengaruhi struktur orofasial, seperti jaringan tulang, persarafan, dan otot-otot sehingga fungsinya menjadi berkurang. Mukosa rongga mulut juga akan mengalami perubahan pada struktur, fungsi, dan elastisitas jaringan.¹ Gigi tiruan dibutuhkan untuk mengembalikan fungsi dan estetis akibat kehilangan gigi. Gigi tiruan memiliki fungsi meningkatkan kemampuan pengunyahan, berbicara, serta meningkatkan dukungan otot wajah sehingga penampilan wajah menjadi lebih baik.² Basis merupakan salah satu bagian dari gigi tiruan yang berfungsi untuk mendukung struktur rongga mulut.³ Salah satu bahan pilihan yang telah lama digunakan sebagai basis gigi tiruan adalah resin akrilik polimerisasi panas, karena memiliki beberapa keunggulan yaitu estetis, harga relatif murah, tidak mengiritasi, cara pengerjaannya mudah, tidak toksik, dan mudah di preparasi.⁴⁻⁶

Salah satu sifat resin akrilik yang perlu diperhatikan adalah penyerapan air. Resin akrilik memiliki nilai penyerapan air sebesar $32 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ (ISO 1567:1999). Diperkirakan, setiap 1% peningkatan berat disebabkan oleh adanya penyerapan air sehingga resin akrilik mengalami ekspansi linear sebesar 0,23%. Resin akrilik memiliki kecenderungan menyerap air, karena polaritas yang disebabkan gugus karboksil menyebabkan asam tersebut menyerap air. Penyerapan air terjadi pada basis gigi tiruan melalui proses difusi, dimana air berperan sebagai *plasticizer*, dengan cara molekul air yang masuk akan menempati bagian amorf pada rantai amida dan memisahkan ikatan rantai, kemudian menempati ruang antar molekul sehingga terjadi ekspansi dan menyebabkan ruang intermolekul merenggang dan tingkat penyerapan air menjadi semakin tinggi. Selain itu, nilai koefisien difusi air dalam resin akrilik polimerisasi panas adalah $0,011 \times 10^{-6} \text{ cm}^2$ pada suhu 37°C . Rendahnya nilai koefisien difusi air dalam basis resin akrilik polimerisasi panas membuat waktu yang dibutuhkan untuk basis mencapai kejenuhan terhadap air bisa sangat lama.^{4,7}

Resin akrilik menyerap air dalam jangka waktu yang lama karena sifat polar molekul resin, di mana tingkat penyerapan air ditentukan oleh molekul resin dengan polaritas tinggi yang membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air. Semakin tinggi tingkat penyerapan air suatu bahan basis gigi tiruan maka semakin tinggi pula jumlah air yang terserap ke rantai polimer bahan basis gigi tiruan tersebut. Penyerapan air yang terlalu tinggi pada bahan basis gigi tiruan memengaruhi sifat material dan mengakibatkan masa pakai gigi tiruan berkurang karena penyerapan air dari basis gigi tiruan menyebabkan perubahan dimensi pada resin akrilik yang dapat mempengaruhi stabilitas gigi tiruan terhadap jaringan lunak dan jaringan pendukung sekitarnya yang membuat penggunaan di dalam rongga mulut menjadi tidak nyaman. Selain itu, perubahan warna yang diakibatkan penyerapan air terus-menerus ataupun dari minuman berwarna dapat mempengaruhi estetika dari gigi tiruan.^{4,8,9} Air yang diserap masuk ke dalam polimer resin dan memicu kerusakan ikatan antar rantai molekul yang lemah, sehingga menyebabkan kerusakan sifat mekanik material, seperti kekerasan, kekuatan lentur, dan batas fatigue, serta stabilitas dimensi. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan penambahan bahan penguat. Beberapa jenis bahan penguat yang pernah ditambahkan ke dalam resin akrilik polimerisasi panas seperti, serat kaca, aluminium oksida, zirkonium oksida, titanium dioksida, dan hidroksiapatit.¹⁰⁻¹²

Hidroksiapatit merupakan biokeramik yang digunakan secara luas di bidang biomedis, karena memiliki kemiripan dengan mineral utama penyusun tulang dan gigi.¹³ Penelitian yang dilakukan oleh Hassan *et al*¹⁴ menyatakan pencampuran hidroksiapatit ke dalam resin akrilik polimerisasi panas (RAPP) dapat menghasilkan campuran yang homogen. Hidroksiapatit memiliki termodinamika yang stabil, biokompatibilitas yang sangat baik dan memiliki sifat osteokonduktif yang sama dengan mineral tulang alami sehingga hidroksiapatit diharapkan dapat memperbaiki sifat-sifat mekanik resin akrilik polimerisasi panas.¹⁵ Afrizal *et al*¹⁶ menyatakan bahwa hidroksiapatit dapat meningkatkan sifat-sifat mekanik material resin akrilik, karena partikel-partikel atom hidroksiapatit memiliki tingkat kerapatan yang tinggi dan halus dalam campuran bubuk resin akrilik dapat menghambat laju dislokasi atom resin akrilik. Laju dislokasi atom yang terhambat dapat meningkatkan beberapa sifat mekanik resin akrilik. Hal ini sejalan dengan penelitian Jarboo *et al*¹⁷ yang menyatakan penambahan 3 dan 4% hidroksiapatit ke dalam RAPP dapat meningkatkan kekuatan impak resin akrilik. Abdullah¹⁸ juga melakukan penelitian terhadap hidroksiapatit yang ditambahkan ke dalam RAPP menunjukkan hasil hidroksiapatit dapat meningkatkan kekuatan impak dan kekerasan dari resin akrilik.

Kusumawardani *et al*¹⁵ menyatakan hidroksiapatit dapat menurunkan tingkat porositas dan meningkatkan *compressive strength* pada RAPP. Penelitian yang dilakukan oleh Al-Bahar¹⁹ menunjukkan hasil tidak ada monomer sisa yang dihasilkan oleh pencampuran hidroksiapatit dengan RAPP. Hal ini dikarenakan hidroksiapatit dapat mengisi poros pada RAPP yang terbentuk selama proses polimerisasi. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, hidroksiapatit dapat meningkatkan sifat-sifat mekanis dari RAPP, namun masih sangat jarang diteliti mengenai penambahan hidroksiapatit terhadap penyerapan air, karena itu diharapkan penambahan hidroksiapatit tidak meningkatkan penyerapan air. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis pengaruh penambahan hidroksiapatit 3, 4, dan 6% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap penyerapan air.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian laboratoris dengan desain *posttest only group design*. Polimerisasi panas terhadap penyerapan air. Pembuatan sampel dilakukan di Unit Jasa Industri (UJI) Dental FKG USU. Penelitian berlangsung mulai dari bulan April sampai Juni 2023. Sampel yang digunakan berbentuk disk dengan diameter 50

mm dan tebal 0,5 mm (ISO No. 4049), sebanyak 28 sampel yang dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu Kelompok A sebagai kelompok kontrol (tanpa penambahan hidroksiapatit), Kelompok B (penambahan hidroksiapatit 3%), Kelompok C (penambahan hidroksiapatit 4%), dan Kelompok D (penambahan hidroksiapatit 6%).

Pembuatan cetakan *mold* dibuat dengan bantuan model induk logam yang ditanamkan di dalam adonan gips dalam kuwet hingga gips *setting*. Sebelum adonan resin akrilik dimasukkan ke dalam cetakan *mold*, hidroksiapatit ditambahkan sebanyak 3, 4, dan 6% dari massa bubuk resin akrilik polimerisasi panas berturut-turut untuk Kelompok B, C, dan D ke dalam monomer. Setelah hidroksiapatit tercampur merata, polimer dan monomer dicampurkan di dalam *mixing jar* yang tertutup dan ditunggu sampai mencapai fase *dough stage*. Kemudian, adonan diletakkan ke dalam *mold* yang telah diolesi CMS, dilakukan pengepresan dengan tekanan 1000 dan 2200 psi. Kuwet kemudian dikunci dengan rapat, dilakukan proses *curing* dengan menggunakan *waterbath* dengan suhu 70°C selama 90 menit dan suhu 100°C selama 30 menit. Setelah resin akrilik dibiarkan dingin pada suhu ruang, resin akrilik dapat dilakukan proses *finishing* dan *polishing*.

Sampel yang telah dipoles disimpan dalam sebuah wadah kedap udara (*desiccator*) yang berisi *silica gel* selama 24 jam untuk tujuan pengeringan yang menghindari sampel berkontak dengan kelembaban udara luar. Penyimpanan dilakukan berulang hingga sampel kering dan mengalami penurunan berat tidak melebihi 0,5 mg dalam periode 24 jam. Setelah itu, sampel dikeluarkan dan ditimbang dengan timbangan digital untuk mengetahui berat sampel sebelum direndam (w_1). Sampel direndam dalam aquades dan disimpan selama 7 hari di dalam inkubator pada suhu $37 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Setelah 7 hari, sampel dikeluarkan dari *aquades* dengan menggunakan pinset dan dibersihkan serta dikeringkan menggunakan kain bersih. Biarkan sampel mengering di udara terbuka. Timbang kembali sampel setelah 1 menit dikeluarkan dari *aquades* (w_2). Sampel dimasukkan kembali ke dalam *desiccator* sampai dicapai berat yang konstan. Setelah berat sampel konstan maka sampel ditimbang kembali (w_3). Nilai penyerapan air ditentukan berdasarkan *International Standards Organization* (ISO) 1567:1999, dengan berat W_2 dikurang dengan W_3 dibagi dengan volume sampel.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan uji univariat untuk mengetahui nilai rata-rata dan standar deviasi masing-masing kelompok, uji *one-way ANOVA* untuk menganalisis pengaruh penambahan hidroksiapatit pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap penyerapan air dan uji LSD (*Least Significance Different*) untuk menganalisis perbedaan pengaruh penambahan hidroksiapatit pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap penyerapan air.²⁰

HASIL

Hasil analisis menggunakan uji univariat menunjukkan bahwa rata-rata nilai penyerapan air setelah penambahan hidroksiapatit 3, 4, dan 6% lebih besar dari kelompok kontrol (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai penyerapan air basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas tanpa dan dengan penambahan hidroksiapatit 3, 4, dan 6%.

No sampel	Penyerapan air ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)			
	Kontrol (A)	Hidroksiapatit 3% (B)	Hidroksiapatit 4% (C)	Hidroksiapatit 6% (D)
1	27,21	31,29	32,20*	40,56**
2	28,13	33,02**	35,67**	38,52
3	29,86	31,80	34,85	37,20
4	28,33	31,90	34,14	37,30
5	30,47**	30,47*	32,61	38,22
6	27,01*	32,20	33,32	36,08
7	29,55	31,69	33,43	35,06*
$\bar{X} \pm \text{SD}$	28,65 $\pm$ 1,33	31,76 $\pm$ 0,78	33,74 $\pm$ 1,22	37,56 $\pm$ 1,77

Keterangan: *Nilai terkecil, **Nilai terbesar

Hasil uji *one-way ANOVA* pada masing-masing kelompok sampel menunjukkan nilai $p < 0,0001$ ($p < 0,05$) yang berarti ada pengaruh signifikan penambahan hidroksiapatit 3, 4, dan 6% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap penyerapan air (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh penambahan hidroksiapatit 3, 4, dan 6% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap penyerapan air.

Kelompok	Penyerapan air ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)		
	n	$\bar{x} \pm \text{SD}$	p-value
A (Tanpa penambahan)	7	28,65 $\pm$ 1,33	p < 0,0001*
B (3% Hidroksiapatit)	7	31,76 $\pm$ 0,78	
C (4% Hidroksiapatit)	7	33,74 $\pm$ 1,22	
D (6% Hidroksiapatit)	7	37,56 $\pm$ 1,77	

Keterangan: *Signifikan (p < 0,05)

Pengujian sampel dilanjutkan dengan uji LSD (*Least Significant Different*) untuk mengetahui perbedaan pengaruh antar kelompok. Hasil uji LSD didapatkan bahwa terdapat perbedaan pengaruh penambahan hidroksiapatit antar setiap kelompok perlakuan (Tabel 3).

Tabel 3. Perbedaan pengaruh penambahan hidroksiapatit 3, 4, dan 6% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap penyerapan air.

Kelompok	A	B	C	D
A	-	p < 0,0001*	p < 0,0001*	p < 0,0001*
B	p < 0,0001*	-	p = 0,010*	p < 0,0001*
C	p < 0,0001*	p = 0,010*	-	p < 0,0001*
D	p < 0,0001*	p < 0,0001*	p < 0,0001*	-

Keterangan: *Signifikan (p < 0,05)

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai penyerapan air bervariasi pada setiap kelompok (Tabel 1). Variasi nilai penyerapan air pada setiap sampel dapat disebabkan oleh karena keberadaan *internal porosity*. Porositas cenderung terjadi karena penguapan monomer yang tidak bereaksi, berat molekul polimer yang rendah dan tidak tercapainya titik didih monomer pada saat polimerisasi sehingga menyebabkan gas terperangkap. *Internal porosity* biasanya disebabkan oleh beberapa faktor seperti suhu polimerisasi yang melebihi titik didih, rasio antara polimer dan monomer tidak tepat, teknik pengadukan polimer dan monomer dan pengepresan kuvet yang tidak tepat.²⁰

Resin akrilik polimerisasi panas menyerap air dalam jumlah yang relatif kecil ketika ditempatkan di lingkungan berair karena polaritas molekul resin. Dengan memisahkan rantai polimer, air yang diserap ke dalam bahan melalui mekanisme difusi menyebabkan sedikit pemuaian yang dapat mengimbangi penyusutan yang terjadi selama proses polimerisasi. Air yang terserap dalam jaringan polimer dapat menurunkan sifat mekanis dan sifat fisik dari resin akrilik. Berdasarkan ISO 1567, batas nilai penyerapan air resin akrilik polimerisasi panas adalah <32 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$.²¹

Teknik pengadukan pada saat penelitian dilakukan secara manual, sehingga kekuatan dan kecepatan pengadukan yang tidak dapat dikendalikan pada setiap sampel menyebabkan terperangkapnya udara di dalam matriks resin, yang dapat memengaruhi penyerapan air. Pencampuran polimer, monomer, dan hidroksiapatit dapat dihomogenkan dengan bantuan *ultrasonic homogenizer*. Homogenisasi dengan menggunakan ultrasonik adalah proses mekanis untuk mengurangi ukuran partikel padat sehingga menjadi lebih seragam, kecil dan merata.

Hal lain yang dapat menyebabkan adanya variasi nilai penyerapan air adalah terjadinya penyebaran hidroksiapatit pada saat pengepresan. Pada saat pengepresan dilakukan, adonan campuran hidroksiapatit dan resin akrilik yang berlebih akan menyebar ke arah lateral dan keluar melewati *mold* sehingga kemungkinan akumulasi hidroksiapatit setiap sampel berbeda.

Variasi nilai penyerapan air pada setiap sampel juga dapat disebabkan oleh tekanan yang tidak merata pada permukaan saat dilakukan pemolesan dengan menggunakan alat *rotary grinder*. Tekanan tidak merata ini disebabkan oleh sulitnya mempertahankan distribusi tekanan yang merata sehingga setiap sampel mendapat tekanan yang berbeda. Hal ini terjadi karena adanya kesulitan saat memegang dan menekan sampel pada *rotary grinder* yang berputar dengan kecepatan 500 rpm, yang dapat memengaruhi ukuran dan juga nilai kekasaran. Kendala yang hampir serupa juga dialami oleh penelitian Simanjuntak dkk, yang menggunakan alat pemegang sampel yang terbuat dari bahan resin akrilik swapolimerisasi. Walaupun penggunaan alat pemegang digunakan, setiap sampel tetap mendapatkan tekanan yang berbeda selama pemolesan, sehingga menyebabkan terjadinya perbedaan tinggi puncak dan lembah dari alur yang terbentuk pada garis pemolesan. Hal ini mengakibatkan perbedaan nilai kekasaran pada setiap sampel dalam satu kelompok yang sama walaupun dilakukan dengan teknik, bahan pemoles, dan waktu yang sama.²² Nilai kekasaran permukaan yang berbeda pada setiap sampel dapat memengaruhi sifat penyerapan air pada sampel penelitian. Kaliper dapat digunakan secara berkala saat dilakukan pemolesan di *rotary grinder* untuk mencegah perbedaan ukuran pada sampel (50 $\pm$ 1 mm x 0,5 $\pm$ 0,1 mm). Hasil uji *one-way ANOVA* menunjukkan nilai p < 0,0001 (p < 0,005). Hasil ini menyatakan bahwa ada pengaruh penambahan

hidroksiapatit 3, 4, dan 6% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap penyerapan air, dan pengaruh yang ditimbulkan hidroksiapatit terhadap penyerapan air resin akrilik polimerisasi panas adalah peningkatan nilai penyerapan air (Tabel 2). Hasil penelitian ini serupa dengan penelitian Harahap dkk., yang mencari pengaruh serat batang pisang terhadap penyerapan air. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa terdapat perbedaan signifikan nilai penyerapan air ($p < 0,05$) dan terjadi peningkatan seiring dengan meningkatnya persentase serat batang pisang barangan yang ditambahkan dalam resin akrilik polimerisasi panas.²³ Penelitian Tham dkk.²⁴ penyerapan air juga dapat terjadi pada resin akrilik yang dicampurkan dengan hidroksiapatit. Hal ini disebabkan oleh gugus hidroksil bebas dan reaktif yang terdapat pada partikel hidroksiapatit menunjukkan afinitas yang baik terhadap molekul air. Keberadaan rongga mikro di antara matriks resin akrilik dan hidroksiapatit disebabkan oleh perbedaan sifat kimia dari kedua bahan. Perbedaan sifat kedua bahan ini menyebabkan lemahnya ikatan adhesi antar kedua bahan.²⁴

Peningkatan kekuatan antar resin akrilik dan hidroksiapatit dapat diberikan *coupling agent*, seperti *organofunctional silane*, dimana secara umum dapat meningkatkan ikatan adhesi antara hidroksiapatit dengan matriks polimer resin akrilik. *Silane coupling agent* yang mengandung gugus trialkoksisilan, mengandung dua gugus fungsi di ujung molekulnya yaitu $-(CH_2)_k-Si$ sebagai penghubung. Gugus fungsi ini dapat menghubungkan matriks resin yang tidak terpolimerisasi dengan filler hidroksiapatit. Ikatan adhesi yang meningkat dapat menghasilkan ikatan mekanik antar partikelnya yang semakin kuat dan tidak dapat diisi oleh molekul air.²⁵

Penelitian yang dilakukan oleh Tham dkk.²⁴ juga menunjukkan bahwa resin akrilik polimerisasi panas yang ditambahkan hidroksiapatit memiliki nilai penyerapan air yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok tanpa penambahan dan kelompok dengan penambahan hidroksiapatit yang diberikan bahan adhesif *silane coupling agent*. Hasil uji FESEM yang dilakukan oleh Tham dkk.²⁴ menunjukkan bahwa permukaan resin akrilik yang hanya ditambahkan hidroksiapatit memiliki rongga yang nyata diantara matriks resin akrilik dan hidroksiapatit sedangkan pada kelompok penambahan hidroksiapatit yang diberikan *silane coupling agent* memiliki ikatan antarmuka yang lebih baik. Rongga yang terdapat pada ikatan antarmuka hidroksiapatit dan resin akrilik dapat memfasilitasi pemisahan ikatan hidroksiapatit dan resin akrilik sehingga dapat diisi oleh molekul air.¹⁶ Penelitian ini tidak menggunakan penambahan bahan adhesif apapun sehingga terbentuknya ikatan adhesi yang lemah antara dua bahan sangat mungkin terjadi. Ikatan adhesi antar bahan yang lemah berkaitan dengan timbulnya rongga mikro yang dapat membuat molekul air mengisi matriks tersebut. Hal ini dapat mengakibatkan penyerapan air meningkat.

Hasil uji LSD menunjukkan terdapat perbedaan pengaruh penambahan hidroksiapatit 3, 4, dan 6% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap penyerapan air. Penelitian ini, kelompok tanpa penambahan hidroksiapatit (Kelompok A) memiliki nilai penyerapan air yang paling rendah dibandingkan dengan kelompok penambahan hidroksiapatit 3% (Kelompok B), 4% (Kelompok C) dan 6% (Kelompok D), hal ini disebabkan karena tidak terjadinya aglomerasi dalam proses polimerisasinya (Tabel 3). Penambahan nano hidroksiapatit dapat menjadi filler yang baik dengan adanya luas permukaan yang tinggi sehingga ikatan antar matriks menjadi lebih baik dan porositas yang ada dapat tertutupi hingga konsentrasi yang optimum.

Adanya peningkatan nilai penyerapan air pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas dengan penambahan bahan penguat hidroksiapatit dapat disebabkan karena penambahan bahan partikel hidroksiapatit yang terlalu banyak sehingga dapat menyebabkan defek pada bahan sehingga menyebabkan pengendapan partikel di dalam resin yang menyebabkan diskontinuitas matriks resin. Diskontinuitas yang terjadi pada matriks resin juga memengaruhi tingkat porositas pada resin yang juga menyebabkan peningkatan nilai penyerapan air. Hal ini sejalan dengan penelitian Kusumawardani., dkk pada tahun 2020 yang menyatakan semakin tinggi konsentrasi hidroksiapatit maka semakin tinggi juga tingkat porositasnya.¹⁵ Penelitian Hapsari, dkk pada tahun 2020 juga menyatakan bahwa penambahan hidroksiapatit dengan konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya aglomerasi partikel di dalam matriks sehingga memengaruhi sifat-sifat resin akrilik.²⁶

Nilai penyerapan air kelompok penambahan hidroksiapatit 3% (Kelompok B) lebih rendah dibandingkan dengan kelompok penambahan hidroksiapatit 4% (Kelompok C) dan 6% (Kelompok D), dikarenakan akumulasi penambahan hidroksiapatit pada kelompok 3% (Kelompok B) lebih sedikit dibandingkan dengan kelompok penambahan hidroksiapatit 4% (Kelompok C) dan 6% (Kelompok D). Hal ini menyebabkan aglomerasi yang terjadi pada hidroksiapatit dan bahan resin akrilik polimerisasi panas lebih sedikit, sehingga nilai penyerapan air kelompok penambahan 3% (Kelompok B) lebih rendah dibandingkan kelompok penambahan 4% (Kelompok C) dan 6% (Kelompok D). Hal ini juga berlaku pada nilai penyerapan air kelompok penambahan hidroksiapatit 4% (Kelompok C) yang lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai penyerapan air kelompok penambahan hidroksiapatit 6% (Kelompok D). Semakin banyak konsentrasi penambahan hidroksiapatit pada basis resin akrilik polimerisasi panas maka akan semakin banyak kemungkinan terjadinya aglomerasi. Hal ini akan membuat ikatan antar partikel semakin melemah dan meningkatkan penyerapan air pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas. Hal ini menjelaskan alasan peningkatan nilai penyerapan air di setiap kenaikan konsentrasi penambahan hidroksiapatit.

Keterbatasan pada penelitian ini adalah teknik pengadukan secara manual pada campuran polimer, monomer dan hidroksiapatit menghasilkan campuran yang kurang homogen sehingga dapat meningkatkan penyerapan air pada basis gigi tiruan. Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan *ultrasonic homogenizer* untuk mendapatkan campuran yang lebih baik. Selain itu, tekanan yang tidak merata pada permukaan saat dilakukan pemolesan dengan menggunakan alat *rotary grinder*, sehingga dapat menyebabkan variasi ukuran dan kekasaran permukaan yang memengaruhi penyerapan air pada setiap sampel. Keterbatasan lain pada penelitian ini adalah tidak digunakannya *silane coupling agent* sebagai bahan adesif yang dapat meningkatkan ikatan adhesi antar matriks resin akrilik dan filler hidroksiapatit, sehingga ikatan mekanik yang terbentuk tidak adekuat dan menciptakan rongga mikro yang dapat diisi oleh molekul air, sehingga menyebabkan nilai penyerapan air basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas yang ditambahkan hidroksiapatit meningkat.

SIMPULAN

Penambahan hidroksiapatit pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas mempengaruhi nilai penyerapan air. Semakin banyak hidroksiapatit yang ditambahkan, semakin tinggi nilai penyerapan air resin akrilik polimerisasi panas.

Kontribusi Penulis: Konseptualisasi, DE dan BC.; metodologi, DE dan BC.; perangkat lunak, BC.; validasi, DE dan BC.; analisis formal, DE dan BC.; investigasi, BC.; sumber daya, BC dan DE.; kurasi data, DE dan BC.; penulisan penyusunan draft awal, DE dan BC.; penulisan tinjauan dan penyuntingan, BC.; visualisasi, BC.; supervisi, DE.; administrasi proyek, BC.; perolehan pendanaan, BC. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang diterbitkan.

Pendanaan: Penelitian ini dibiayai secara mandiri oleh penulis

Persetujuan Etik: Penelitian ini dilaksanakan pada sampel penelitian yang tidak melibatkan manusia atau hewan.

Pernyataan Persetujuan (*Informed Consent Statement*): Penelitian ini tidak melibatkan manusia atau hewan.

Pernyataan Ketersediaan Data: Ketersediaan data penelitian akan diberikan seizin semua peneliti melalui korespondensi dengan memerhatikan etika dalam penelitian.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wahyuni LA, Nurilawaty V, Widiyastuti R, Purnama T. Pengetahuan tentang penyebab dan dampak kehilangan gigi terhadap kejadian kehilangan gigi pada lansia. *JDHT J Dent Hyg Ther*. 2021; 2(2): 52–7. DOI: [10.36082/jdht.v2i2.335](https://doi.org/10.36082/jdht.v2i2.335)
2. Marsigid D, Tirta H, Tasrip. The effect of heating acrylic resin of various types with different temperatures on impact strength. *SANITAS J Teknol DAN SENI Kesehat*. 2021;12(2):141–8. DOI: [10.36525/sanitas.2021.13](https://doi.org/10.36525/sanitas.2021.13)
3. Carr AB, Brown DT. *McCracken's Removable Partial Prosthodontics*. 13th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2016. p. 99
4. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' Science of Dental Materials*. St. Louis, Missouri: Elsevier Science; 2013. p. 106-10, 489
5. Putranti DT, Fadilla A. Titanium dioxide addition to heat polymerized acrylic resin denture base effect on *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*. *J Indones Dent Assoc*. 2018;1(1):21–7. DOI: [10.32793/jida.v1i1.286](https://doi.org/10.32793/jida.v1i1.286)
6. Sundari I, Rahmayani L, Serpita D. Studi kekasaran permukaan antara resin akrilik heat cured dan termoplastik nilon yang direndam dalam kopi Ulee Kareng (*Coffea robusta*). *Cakradonya Dent J*. 2019; 11(1): 67–73.
7. Wanzura A, Wahyuni S. Perbedaan penyerapan air dan stabilitas warna basis gigi tiruan poliamida 6 dan poliamida mikrokristalin setelah perendaman teh. *B-Dent, J Kedokt Gigi Univ Baiturrahmah*. 6(1):9–16. DOI: [10.33854/jbd.v6i1.203.q174](https://doi.org/10.33854/jbd.v6i1.203.q174)
8. Jang DE, Lee JY, Jang HS, Lee JJ, Son MK. Color stability, water sorption and cytotoxicity of thermoplastic acrylic resin for non metal clasp denture. *J Adv Prosthodont*. 2015;7(4):278–87. DOI: [10.4047/jap.2015.7.4.278](https://doi.org/10.4047/jap.2015.7.4.278)
9. Aryani Harahap S, Yudhit A, Chintya Andri F. Pengaruh serat batang pisang barang terhadap penyerapan air resin akrilik heat cured. *J Mater Kedokt Gigi*. 2021;10(2):73–8. DOI: [10.32793/jmkg.v10i2.982](https://doi.org/10.32793/jmkg.v10i2.982)
10. Ferasima R, Zulkarnain M, Nasution H. Pengaruh penambahan serat kaca dan serat polipropilen terhadap kekuatan impak dan transversal pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas. *Insisiva Dent J*. 2013;2(1):27–37. DOI: [10.32734/dentika.v18i1.1916](https://doi.org/10.32734/dentika.v18i1.1916)
11. Tandra E, Wahyuningtyas E, Sugiatno E. The effect of nanoparticles TiO₂ on the flexural strength of acrylic resin denture plate. *Padjadjaran J Dent*. 2018; 30(1): 35. DOI: [10.32734/dentika.v18i1.1916](https://doi.org/10.32734/dentika.v18i1.1916)
12. Dahar E, Husna R. Pengaruh penambahan zirkonium oksida dan serat polipropilen terhadap kekuatan impak dan transversal bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas. *J Ilm PANNMED (Pharmacist, Anal Nurse, Nutr Midwifery, Environ Dent*. 2018; 12(2): 177–82. DOI: [10.36911/pannmed.v12i2.21](https://doi.org/10.36911/pannmed.v12i2.21)
13. Mozartha M. Hidroksiapatit dan aplikasinya di bidang kedokteran gigi. *Cakradonya Dent J*. 2015; 7(2)(2): 807–68.
14. Hassan Z, Hatim N, Taqa A. Study the FTIR of hydroxyapatite additive to heat cured acrylic resin. *Al-Rafidain Dent J*. 2014; 14(1): 32–6. DOI: [10.33899/rden.2014.89250](https://doi.org/10.33899/rden.2014.89250)
15. Kusumawardani CDN, Chondro RT, Andrian I, Sari RP. Pengaruh penambahan hidroksiapatit terhadap porositas dan compressive strength basis resin akrilik heat-cured. *J Kedokt Gigi Univ Padjadjaran*. 2020;32(2):91. DOI: [10.24198/jkg.v32i2.26627](https://doi.org/10.24198/jkg.v32i2.26627)
16. Afrizal, Gunawarman. Analisa struktur mikro material substitusi hidroksiapatit cangkang kerang darah dan resin akrilik bahan pembuat gigi untuk aplikasi gigi tiruan. *J Surya Tek*. 2016;2(04):1–9. DOI: [10.37859/jst.v2i04.17](https://doi.org/10.37859/jst.v2i04.17)
17. Jarboo'A NH, Alsarrar AR. Influence of adding nano/micro hydroxyapatite (HA) particles on tribological characteristics of polymethyl methacrylate (PMMA). *AIP Conf Proc*. 2020;2307. DOI: [10.1063/5.0032990](https://doi.org/10.1063/5.0032990)
18. Abdullah ZS. The Effect of addition of hydroxyapatite microscopic fillers on surface roughness and some mechanical properties of heat cured acrylic resin. *J Baghdad Coll Dent*. 2015;27(3):50–4. DOI: [10.12816/0015034](https://doi.org/10.12816/0015034)
19. AL-Bahar ZJH. Evaluation the effect of incorporated hydroxyapatite prepared from dried egg shell on some properties of relined denture base. *Int J Sci Basic Appl Res*. 2014;5:1–90.
20. Felycia, Tarigan S. Pengaruh pelapisan kitosan pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap penyerapan air dan kekuatan transversal. *Padjadjaran J Dent Res Students*. 2021;5(1):57–63. DOI: [10.24198/pjdrs.v4i1.29423](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v4i1.29423)
21. Asar NV, Albayrak H, Korkmaz T, Turkiilmaz I. Influence of various metal oxides on mechanical and physical properties of heat-cured polymethyl methacrylate denture base resins. *J Adv Prosthodont*. 2013;5(3):241–7. DOI: [10.4047/jap.2013.5.3.241](https://doi.org/10.4047/jap.2013.5.3.241)
22. Simanjuntak WL, Syafrinani. Perbedaan kekasaran permukaan basis nilon termoplastik menggunakan bahan pumis, cangkang telur, dan pasta gigi sebagai bahan poles. *J Kedokt Gigi Univ Padjadjaran*. 2019;31(3):186–91. DOI: [10.24198/jkg.v31i3.18736](https://doi.org/10.24198/jkg.v31i3.18736)
23. Harahap SA, Yudhit A, Andri FC. Pengaruh Serat Batang Pisang Barang Terhadap Penyerapan Air Resin Akrilik Heat Cured. *Jurnal Material Kedokteran Gigi (JMKG)*. 2021;10(2):73–8. DOI: [10.32793/jmkg.v10i2.982](https://doi.org/10.32793/jmkg.v10i2.982)
24. Tham WL, Chow WS, Ishak ZAM. Simulated body fluid and water absorption effects on poly(methyl methacrylate)/hydroxyapatite denture base composites. *Express Polym Lett*. 2010;4(9):517–28. DOI: [10.3144/expresspolymlett.2010.66](https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2010.66)
25. Matinlinna JP, Lung CYK, Tsoi JKH. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dent Mater*. 2018;34(1):13–28. DOI: [10.1016/j.dental.2017.09.002](https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.002)
26. Hapsari DN, Wardani SC, Firdausya WA, Amaturohman K, Wiratama HP. The effect of addition of hydroxyapatite from skipjack tuna (*katsuwonus pelamis*) fish bone flour to the transverse, impact, and tensile strength of heat cured acrylic resin. *J Dentomaxillofacial Sci*. 2020; 5(2): 94. DOI: [10.15562/jdmfs.v5i2.1016](https://doi.org/10.15562/jdmfs.v5i2.1016)