

Perbedaan efek penambahan hidroksiapatit pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekerasan permukaan: studi eksperimental laboratoris

Rasbina Anggriani Sembiring^{1*}
Eddy Dahar²

¹Program Studi Sarjana
Kedokteran Gigi, Fakultas
Kedokteran Gigi Universitas
Sumatera Utara, Indonesia
²Departemen Prostodonsia,
Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Sumatera Utara,
Indonesia

*Korespondensi
Email |
rasbnasembiring09@gmail.com

Submisi | 29 Desember 2024
Revisi | 20 Februari 2025
Penerimaan | 19 April 2025
Publikasi Online | 31 April 2025
DOI: [10.24198/jkg.v37i1.60110](https://doi.org/10.24198/jkg.v37i1.60110)

p-ISSN 0854-6002
e-ISSN 2549-6514

Sitasi | Sembiring RA, Dahar E.
Perbedaan efek penambahan
hidroksiapatit pada bahan basis gigi
tiruan resin akrilik polimerisasi panas
terhadap kekerasan permukaan. J Ked
Gi Univ Padj. 2025;37(1):84-91. DOI:
[10.24198/jkg.v37i1.60110](https://doi.org/10.24198/jkg.v37i1.60110)



Copyright: © 2025 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: Bahan basis gigi tiruan yang paling sering digunakan adalah resin akrilik polimerisasi panas (RAPP), namun RAPP memiliki kekerasan permukaan yang rendah sehingga mudah terjadinya abrasi. Abrasi dapat menjadi tempat penumpukan debris dan mikroorganisme. Kekerasan permukaan dapat ditingkatkan dengan menambahkan hidroksiapatit. Hidroksiapatit berikatan secara mekanis dan mengisi celah dalam matriks polimer. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis perbedaan efek penambahan hidroksiapatit pada bahan basis gigi tiruan RAPP terhadap kekerasan permukaan. **Metode:** Rancangan penelitian ini adalah eksperimental laboratoris dengan desain *posttest-only control group design*. Sampel yang digunakan yaitu RAPP berukuran 30x5 mm (ISO 1567:1999) sebanyak 45 sampel yang terdiri dari 5 kelompok yaitu kelompok kontrol, kelompok penambahan hidroksiapatit 2%, 3%, 4% dan 5%. Setiap sampel diuji dengan *Vicker Hardness Tester* untuk mengetahui nilai kekerasan permukaan. **Hasil:** Hasil uji *oneway-ANOVA* menunjukkan adanya pengaruh penambahan hidroksiapatit 2%, 3%, 4% dan 5% pada bahan basis gigi tiruan RAPP terhadap kekerasan permukaan dengan nilai $p=0,001$ ($p<0,05$). Pada hasil uji LSD terlihat perbedaan bermakna terhadap kekerasan permukaan antara kelompok kontrol dengan kelompok penambahan hidroksiapatit 2%, 3%, 4% dan 5% serta pada setiap kelompok penambahan hidroksiapatit 2%, 3%, 4% dan 5% dengan nilai $p=0,001$ ($p<0,05$). **Simpulan:** Basis gigi tiruan RAPP dengan penambahan hidroksiapatit 2%, 3%, 4% dan 5% memiliki nilai diatas nilai standar kekerasan permukaan RAPP (15-18 VHN) dengan nilai tertinggi pada penambahan hidroksiapatit 5% sehingga hidroksiapatit dapat dimanfaatkan sebagai bahan penguat pada basis gigi tiruan RAPP untuk mencegah terjadinya abrasi yang dapat menjadi tempat perlekatan mikroorganisme.

Kata kunci

resin akrilik, polimerisasi panas, hidroksiapatit, kekerasan permukaan, basis gigi tiruan,

The Effect of hydroxyapatite addition on surface hardness in heat-cured acrylic resin denture base material: a experimental laboratory

ABSTRACT

Introduction: The most prevalent denture base material is heat-polymerized acrylic resin (HCAR), however, HCAR exhibits low surface hardness and is susceptible to abrasion. Abrasion facilitates the accumulation of debris and microorganisms. The surface hardness can be enhanced through the addition of hydroxyapatite. Hydroxyapatite Mechanically binds in the polymer matrix. The purpose of this study was to analyze the effect of adding hydroxyapatite to HCAR denture base material on surface hardness. **Method:** The design of this study was an experimental laboratory with post-test only control group design. The samples used were 45 HCAR samples-sized 30x5 mm (ISO 1567:1999) consisting of 5 groups: control group, hydroxyapatite addition of 2%, 3%, 4% and 5%. Each sample tested using Vicker Hardness Tester to determine the surface hardness value. **Results:** The results of oneway-ANOVA test showed the effect of adding 2%, 3%, 4% and 5% hydroxyapatite to the HCAR denture base material on surface hardness with value $p=0.001$ ($p<0.05$). The LSD test showed significant differences in surface hardness between the control group and the 2%, 3%, 4% and 5% hydroxyapatite addition groups and in each group of 2%, 3%, 4% and 5% hydroxyapatite addition with value $p=0.001$ ($p<0.05$). **Conclusion:** The HCAR denture base with the addition of 2%, 3%, 4% and 5% hydroxyapatite has values above standard value of HCAR surface hardness (15-18 VHN) with the highest value at 5% hydroxyapatite so hydroxyapatite can be utilized as reinforcing material of HCAR denture base to prevent abrasion which which causes microorganism attachment.

Keywords

acrylic resin, heat-polymerized, hydroxyapatite, surface hardness, denture base

PENDAHULUAN

Gigi tiruan mempunyai peran penting untuk mengembalikan sistem stomatognasi pada pasien yang mengalami kehilangan sebagian atau seluruh gigi aslinya. Gigi tiruan terdiri dari dua jenis yaitu gigi tiruan cekat dan gigi tiruan lepasan. Gigi tiruan cekat adalah gigi tiruan sebagian yang menggantikan satu atau lebih gigi asli yang hilang dan dilekatkan secara tetap ke gigi yang masih ada yang bertindak sebagai gigi penyangga, sedangkan gigi tiruan lepasan yaitu gigi tiruan yang dapat dilepas pasang oleh penggunanya. Gigi tiruan lepasan dapat dibagi atas dua kelompok, yaitu gigi tiruan penuh adalah gigi tiruan yang dibuat untuk pasien yang mengalami kehilangan seluruh gigi baik di rahang atas dan atau di rahang bawah dan gigi tiruan sebagian lepasan dimana gigi tiruan yang dibuatkan untuk menggantikan kehilangan beberapa gigi dalam satu lengkung rahang.¹⁻³

Basis adalah bagian dari gigi tiruan yang bersandar pada jaringan pendukung dan sebagai tempat melekatnya gigi tiruan yang menerima dukungan dari gigi pendukung atau jaringan sisa tulang alveolar, mendistribusikan tekanan fungsional dari oklusal ke jaringan struktur pendukung, menyediakan retensi dan dukungan pada gigi tiruan.^{1,4} Bahan basis gigi tiruan yang paling banyak digunakan saat ini di bidang kedokteran gigi adalah resin akrilik polimerisasi panas (RAPP) yang terdiri dari bubuk dan cairan.^{5,6} Keunggulan RAPP yaitu mudah diproses dan dipoles, biaya terjangkau, dan toksisitas yang rendah, tidak larut dalam cairan mulut, estetik baik, mudah dimanipulasi, reparasinya mudah dan perubahan dimensinya kecil⁷, tetapi, RAPP juga memiliki kekurangan seperti mudah menyerap cairan, porositas dan memiliki kekerasan permukaan yang rendah sehingga mudah terjadinya abrasi.

Abrasi yang terjadi pada RAPP dapat menjadi tempat penumpukan debris juga mikroorganisme. Sifat RAPP yang *porous* cenderung meningkatkan daya penyerapan air dan dapat memengaruhi kekerasan permukaan akrilik dengan cara memisah rantai polimer. Kekerasan permukaan resin akrilik akan mengalami perubahan nilai karena pemisahan rantai polimer.^{8,9} Selain itu, RAPP memiliki porositas yang dapat meningkatkan kekasaran permukaan dan menaikkan daya penyerapan air sehingga menyebabkan molekul larutan atau air di sekitar bahan tersebut menempati posisi di antara rantai polimer, dan akhirnya akan memengaruhi kekerasan permukaan pada resin akrilik.⁹⁻¹¹

Kekerasan merupakan pengukuran untuk mengukur ketahanan material terhadap lekukan permanen. Pengujian kekerasan permukaan digunakan untuk meninggalkan lekukan kecil (<150 µm) dan terbukti dapat diterapkan pada polimer.¹² Kekerasan permukaan digunakan untuk menyatakan kemampuan menahan goresan, tekanan dan ketahanan terhadap abrasi suatu bahan. Resin akrilik memiliki nilai standar kekerasan permukaan sebesar 15-18 VHN (Hatrack).^{8,13} Kekerasan permukaan dapat ditingkatkan dengan menambahkan hidroksiapatit.

Hidroksiapatit merupakan molekul kristalin yang sudah banyak digunakan di kedokteran gigi. Hidroksiapatit berbahan dasar kalsium fosfat memiliki senyawa kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$.^{14,15} Partikel hidroksiapatit yang disintesis dapat digunakan sebagai pengisi penguat dalam komposit resin akrilik gigi. Hidroksiapatit meningkatkan kemanjuran penguat dengan panjang dan rasio aspek, keseragaman, dan monodispersitas. Oleh karena itu, resin akrilik dapat diperkuat dengan partikel pengisi HA monodispersi yang disintesis.¹⁶ Kehadiran partikel pengisi dalam komposit memiliki efek yang nyata pada sifat mekanis bahan gigi. Hidroksiapatit membentuk komposisi utama tulang dan gigi, sehingga banyak digunakan dalam ortopedi dalam perbaikan tulang dan implan, sebagai bahan pengganti dalam kedokteran gigi dan sebagai pengisi dalam komposit untuk aplikasi medis.¹⁶⁻¹⁸

Hidroksiapatit memiliki biokompatibilitas yang baik, bersifat osteokonduksi dan osseointegrasi sehingga sering dimanfaatkan dalam bidang kedokteran gigi. Hidroksiapatit digunakan sebagai bahan pengisi mikro agar dapat meningkatkan sifat mekanik dari resin akrilik karena dapat memperkuat matriks polimer dan mengisi mikro porus. Salah satu sifat

mekanik yang dapat ditingkatkan oleh hidroksiapatit adalah kekerasan permukaan.^{19,20}

Penelitian yang dilakukan oleh Afrizal dan Gunawarman (2016) untuk mengetahui pengaruh campuran serbuk hidroksiapatit dengan serbuk akrilik menghasilkan material yang memiliki sifat mekanik lebih baik.²¹ Penelitian Chondro (2019) mengatakan bahwa penambahan hidroksiapatit 2%, 5% dan 10% dapat menurunkan monomer sisa pada plat resin akrilik polimerisasi panas. Berkurangnya monomer sisa pada akrilik tentunya akan mempengaruhi sifat fisik dan mekanik pada RAPP salah satunya kekerasan permukaan RAPP.¹⁹

Abdullah, menambahkan HA 5% namun tidak terlihat perbedaan yang signifikan sedangkan pada konsentrasi 10% dan 15% menunjukkan perbedaan kenaikan kekerasan permukaan yang signifikan dibandingkan dengan kelompok kontrol.¹⁴ Penelitian Karadi menggunakan hidroksiapatit 2% dapat meningkatkan kekerasan permukaan.²² Penelitian Kusumawardani mengatakan semakin tinggi konsentrasi HA maka semakin banyak pula ditemukan bercak putih dari HA dengan diameter yang semakin besar dan semakin banyak ruang *porous* yang tertutupi dengan partikel.²³ Berdasarkan semua penjelasan yang tepat dipaparkan sebelumnya, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis efek penambahan hidroksiapatit terhadap kekerasan permukaan resin akrilik polimerisasi panas.

METODE

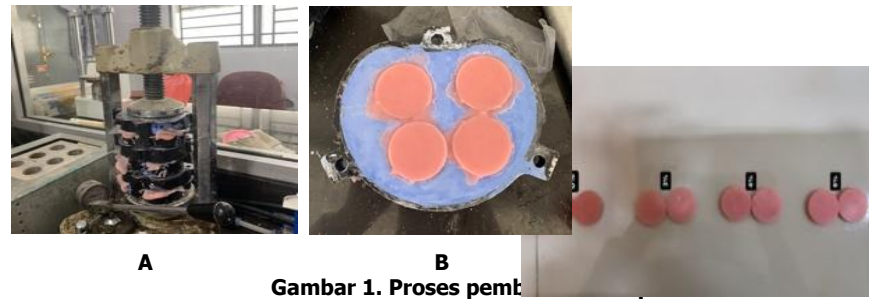
Jenis penelitian ini adalah eksperimental laboratoris dengan desain penelitian *post-test only control group design*. Pembuatan sampel dilakukan di Unit Jasa Industri (UJI) Dental FKG USU. Penelitian berlangsung selama bulan Februari sampai Maret 2023. Besar sampel dihitung dengan menggunakan rumus Steel dan Torrie dan didapatkan hasil jumlah total sampel sebesar 45 sampel dengan 1 kelompok kontrol dan 4 kelompok yang diberi perlakuan, masing-masing kelompok berjumlah 9 sampel.

Sampel pada penelitian ini terdapat 5 kelompok yaitu 1 kelompok kontrol dan 4 kelompok yang diberi perlakuan, masing-masing kelompok terdiri dari 9 sampel. Satu kelompok (A) sebagai kontrol diproses tanpa penambahan hidroksiapatit, kelompok perlakuan pertama diberi penambahan hidroksiapatit 2% (B), kelompok perlakuan kedua diberi penambahan hidroksiapatit 3% (C), kelompok perlakuan ketiga diberi penambahan hidroksiapatit 4% (D) dan kelompok perlakuan keempat diberi penambahan hidroksiapatit 5% (E). Sampel pada penelitian ini menggunakan resin akrilik polimerisasi panas berbentuk silindris dengan ukuran 30 x 5 mm (ISO 1567:1999).

Bubuk dan cairan akrilik merk QC-20, *England* ditimbang sebanyak 5 gram untuk masing-masing sampel, dan dimanipulasi dengan teknik manual. Hidroksiapatit merk Song Yuan Feng, UK berukuran 60 nm ditambahkan sebagai bahan penguat pada kelompok perlakuan. Perhitungan persentase hidroksiapatit (HA) dihitung berdasarkan berat polimer.

Pembuatan cetakan mold dibuat dengan bantuan model induk logam yang ditanamkan di dalam adonan gips dalam kuvet hingga gips setting. Sebelum adonan resin akrilik dimasukkan ke dalam cetakan mold, hidroksiapatit ditambahkan sebanyak 2%, 3%, 4% dan 5%. Adonan RAPP pada kelompok A, B, C dan E dimanipulasi dan diaduk manual menggunakan spatula dan semen spatel, adonan dimasukkan ke dalam mold saat memasuki fase *dough-stage*. Kemudian, adonan diletakkan ke dalam mold yang telah diolesi CMS, kemudian kuvet di pres dengan tekanan 1000 psi dan 2200 psi, kemudian, dilakukan proses curing pada suhu 70°C selama 90 menit, kemudian suhu dinaikkan menjadi 100°C dan dibiarkan selama 30 menit. Setelah polimerisasi selesai, sampel dirapikan bagian-bagian yang tajam menggunakan bur fraser dan poles menggunakan kertas pasir ukuran 240, 400, 800, 1000 dengan menggunakan *rotary grinder* dibawah air mengalir dengan kecepatan 500 rpm. Setelah sampel dipoles, maka sampel akan di uji kekerasan permukaannya menggunakan alat *vicker hardness tester*. Hasil kekerasan permukaan kemudian dianalisis menggunakan uji *oneway-ANOVA* dan dilanjutkan uji *post-*

hoc Tukey-HSD



HASIL

Tabel 1 menunjukkan nilai kekerasan permukaan RAPP pada kelompok A adalah 17,07 VHN. Kelompok B adalah 18,89 VHN, kelompok C adalah 20,96 VHN, kelompok D adalah 22,22 VHN dan kelompok E adalah 24,19 VHN. Hasil uji *one way* ANOVA, menunjukkan ada perbedaan efek penambahan hidroksiapatit pada bahan basis gigi tiruan RAPP terhadap kekerasan permukaan dengan nilai $p=0,001$ ($p<0,05$).

Tabel 1. Efek penambahan hidroksiapatit 2%, 3%, 4% dan 5% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekerasan permukaan berdasarkan uji *oneway*- Anova

Kelompok	Kekerasan permukaan (VHN)		
	n	$\bar{X} \pm SD$	p-value
A (Tanpa penambahan)	9	17,07 $\pm$ 0,36	p < 0,0001*
B (2% Hidroksiapatit)	9	18,89 $\pm$ 0,46	
C (3% Hidroksiapatit)	9	20,96 $\pm$ 0,41	
D (4% Hidroksiapatit)	9	22,22 $\pm$ 0,37	
E (5% Hidroksiapatit)	9	24,19 $\pm$ 0,47	

Keterangan : *Signifikan ($p<0,05$)

Tabel 2 Hasil uji LSD menunjukkan terdapat perbedaan bermakna pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekerasan permukaan antara kelompok A dengan kelompok B, kelompok A dengan kelompok C, kelompok A dengan kelompok D, dan kelompok A dengan kelompok E, kelompok B dengan kelompok C, kelompok B dengan kelompok D, kelompok B dengan kelompok E, kelompok C dengan kelompok D, kelompok C dengan kelompok E dan kelompok D dengan kelompok E dengan nilai $p = 0,001$ ($p<0,05$).

Tabel 2. Perbedaan bermakna tanpa dan setelah penambahan hidroksiapatit 2%, 3%, 4% dan 5% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekerasan permukaan berdasarkan uji LSD. Kelompok

Kelompok	A	B	C	D	E
A (Tanpa Penambahan)	-	p<0,0001*	p<0,0001*	p<0,0001*	p<0,0001*
B (2% Hidroksiapatit)	p<0,0001*	-	p<0,0001*	p<0,0001*	p<0,0001*
C (3% Hidroksiapatit)	p<0,0001*	p<0,0001*	-	p<0,0001*	p<0,0001*
D (4% Hidroksiapatit)	p<0,0001*	p<0,0001*	p<0,0001*	-	p<0,0001*
E (5% Hidroksiapatit)	p<0,0001*	p<0,0001*	p<0,0001*	p<0,0001*	-

Keterangan: *Signifikan ($p < 0,05$)

PEMBAHASAN

Perolehan hasil nilai kekerasan permukaan yang bervariasi dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang tidak dapat dikendalikan selama penelitian berlangsung seperti saat

pengepresan memungkinkan terjadinya penyebaran hidroksiapatit yang bergerak ke arah lateral dan keluar dari mold sehingga menyebabkan akumulasi hidroksiapatit yang tidak sama dalam tiap mold. Penelitian ini sejalan dengan Abdullah yang menambahkan hidroksiapatit ke dalam resin akrilik polimerisasi panas yang memiliki variasi nilai kekerasan permukaan dalam tiap kelompok perlakuan.¹⁴ Sebaran hidroksiapatit yang tidak sama tersebut akan menyebabkan variasi data. Selain itu, teknik pengadukan yang dilakukan secara manual menyebabkan kecepatan pengadukan tiap sampel tidak dapat dikendali dengan sempurna sehingga memungkinkan terperangkap udara dan terdapat *void* atau rongga kosong dan dapat terjadi *internal porosity* yang dapat memengaruhi nilai kekerasan permukaan resin akrilik polimerisasi panas. Menurut Miftahulla dan Ronaldo, porositas berhubungan dengan struktur matriks polimer dan terlihat dari adanya rongga-rongga udara pada matriks yang memengaruhi nilai kekerasan permukaan.^{8,19}

Hasil penelitian menunjukkan penambahan hidroksiapatit dapat meningkatkan kekerasan permukaan RAPP. Hasil penelitian ini sesuai dengan Abdullah¹⁴ yang menambahkan hidroksiapatit cangkang telur 5%, 10% dan 15% ke dalam RAPP dapat meningkatkan kekerasan permukaan dan secara signifikan pada penambahan 10% serta 15%. Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya peningkatan bahan akumulasi dari hidroksiapatit serta dapat memperkuat matriks polimer sehingga dapat meningkatkan kekerasan permukaan.

Hidroksiapatit juga dapat menurunkan monomer sisa serta menghasilkan struktur yang homogen dalam RAPP. Penurunan monomer sisa dan penambahan bahan penguat dengan hasil struktur yang homogen dalam RAPP dapat meningkatkan nilai kekerasan permukaan. Kandungan monomer residu dalam matriks polimer akan bertindak sebagai *plasticizer* yang menyebabkan kekuatan resin akrilik polimerisasi panas menurun. Hidroksiapatit yang dapat tersebar secara homogen pada matriks polimer ini juga dapat menutup mikro porus lebih baik dan terdapat pengaruh penambahan hidroksiapatit terhadap peningkatan kekerasan permukaan dikarenakan penurunan monomer residu oleh hidroksiapatit.¹⁹

Ukuran partikel juga dapat memengaruhi dispersi bahan dalam matriks polimer. Partikel berukuran nano lebih dapat terdispersi dengan baik dalam matriks polimer. Selain itu, hidroksiapatit berukuran nano memiliki luas permukaan lebih tinggi sehingga ikatan permukaan antarmuka yang dihasilkan lebih baik. Penelitian yang dilakukan oleh Imam dkk.,²³ mengatakan partikel nano hidroksiapatit yang memiliki ukuran kecil dan butiran yang halus akan mengisi ruang di antara atom RAPP dan menghambat dislokasi atom-atom RAPP sehingga dapat meningkatkan kepadatan dan sifat mekanis RAPP salah satunya yaitu kekerasan permukaan.^{23,24}

Nilai kekerasan permukaan meningkat setelah penambahan hidroksiapatit karena adanya ikatan mekanis antara hidroksiapatit yang terdistribusi merata dengan polimer metakrilat. Proses yang terjadi antara hidroksiapatit dengan polimer metakrilat tidak mengubah struktur dasar polimer metakrilat, namun hidroksiapatit akan mengisi celah hingga menutup ruang kosong dan menghasilkan ikatan antarmuka yang tinggi antara hidroksiapatit dengan matriks polimer serta membentuk permukaan yang baru yang dapat menaikkan kekerasan permukaan resin akrilik. Peningkatan kekerasan permukaan juga sejalan dengan peningkatan akumulasi pengisi dalam matriks. Hidroksiapatit yang merupakan komponen mineral utama dari jaringan keras gigi juga memiliki peran dalam kekerasan permukaan.²⁴

Hasil uji LSD (Least Significant Different) menunjukkan terdapat perbedaan bermakna terhadap kekerasan permukaan antara kelompok A dengan kelompok B dengan nilai $p=0,001$ ($p<0,05$). Pada penelitian ini, perbedaan nilai kekerasan permukaan pada kelompok A lebih rendah dibandingkan dengan kelompok penambahan hidroksiapatit karena pada kelompok tanpa penambahan hidroksiapatit (kontrol) tidak terdapat ikatan mekanis tambahan yang diperoleh dari antara hidroksiapatit dan matriks polimer yang dapat menutup gap atau mikro porus. Kelompok B (penambahan hidroksiapatit 2%) lebih

rendah dibandingkan kelompok C, D dan E karena pada kelompok B, meskipun terdispersi baik dalam matriks akan tetapi akumulasi yang bertambah hanya sedikit sehingga hanya menutup sebagian kecil mikro porus, membentuk ikatan antarmuka yang sedikit, sedikit memperkuat ikatan antar matriks, menurunkan sedikit monomer residu dan hanya mampu sedikit mencegah dislokasi atom dalam matriks sehingga nilai kekerasan permukaan hanya sedikit meningkat dari kelompok kontrol. Nilai kekerasan kelompok C (penambahan hidroksiapatit 3%) lebih rendah dibandingkan dengan kelompok D dan E karena akumulasi partikel yang bertambah dalam matriks belum sebanyak dengan kelompok D dan E, dalam kelompok ini hidroksiapatit juga dapat terdispersi dengan baik namun hanya sedikit meningkat dalam menutup mikro porus, menurunkan monomer residu, membentuk ikatan antarmuka dan memperkuat ikatan antar matriks serta mencegah dislokasi atom dalam matriks dibandingkan dengan kelompok B. Kelompok D (penambahan hidroksiapatit 4%) lebih rendah dibandingkan dengan kelompok E karena meskipun akumulasi partikel sudah meningkat jauh di atas kelompok tanpa penambahan hidroksiapatit (kontrol) namun belum sebanyak dengan kelompok E.

Kemampuan untuk menutup mikro porus sudah bertambah dalam jumlah banyak, menurunkan banyak monomer residu, dapat membentuk semakin banyak ikatan antarmuka baru pada matriks polimer, menyebabkan ikatan antar matriks semakin kuat serta mencegah dislokasi atom dalam matriks semakin kuat. Hasil pada penelitian ini, pada kelompok E (penambahan hidroksiapatit 5%) memiliki nilai kekerasan permukaan paling tinggi. Konsentrasi penambahan hidroksiapatit yang berukuran nanofiller ini tetap terdispersi dengan baik dalam matriks.

Peningkatan akumulasi pengisi dalam RAPP bertambah sangat banyak sehingga pada kelompok ini dapat menutup mikro porus sangat banyak, sangat banyak membentuk ikatan antarmuka dalam matriks, sangat memperkuat ikatan dalam matriks sehingga sangat mampu mencegah dislokasi atom dalam matriks, mengurangi monomer sisa. Hal ini mampu membuat kekerasan permukaan semakin meningkat sehingga basis gigi tiruan lebih keras dan diharapkan lebih tahan terhadap terjadinya abrasi saat pemakaian.

Perbedaan nilai kekerasan permukaan antara kelompok tanpa penambahan hidroksiapatit yang memiliki nilai kekerasan permukaan lebih rendah dibandingkan dengan kelompok penambahan hidroksiapatit karena pada kelompok tanpa penambahan hidroksiapatit (kontrol) tidak terdapat ikatan mekanis tambahan yang diperoleh dari antara hidroksiapatit dan matriks polimer yang dapat menutup *gap* atau mikro porus sehingga dapat mencegah terjadinya abrasi yang dapat menjadi tempat perlekatan mikroorganisme yang dapat menyebabkan *denture stomatitis*^{25,26} Keterbatasan pada penelitian ini adalah teknik pengadukan yang manual sehingga memungkinkan terperangkapnya udara dan dapat terjadi internal porosity. Selain itu, pada penelitian ini juga memiliki keterbatasan yaitu hanya meneliti dalam satu sifat mekanik RAPP saja.

SIMPULAN

Penambahan hidroksiapatit pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas mempengaruhi nilai kekerasan permukaan. Implikasi penelitian ini secara klinis yaitu penambahan hidroksiapatit dapat mencegah terjadinya abrasi yang dapat menjadi tempat perlekatan mikroorganisme dan dapat meningkatkan terjadinya *denture stomatitis*. Secara akademik, hasil ini menjadi dasar bagi penelitian lanjutan serta berkontribusi dalam pengembangan ilmu dan kolaborasi lintas bidang dalam studi bahan prostodonsia.

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. Nugrahini S. Perubahan warna pada plat gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas setelah perendaman dalam larutan desinfektan. *SONDE (Sound of Dentistry)*. 2020;5(1):24.
2. Adytha A. Rangkuman Materi Prostodonsia untuk calon dokter gigi. Yogyakarta: Deepublish Publisher. 2020. p. 7.
3. Setyowati O, Wahjuni S, Sujati. pattern of demand for making dentures at dental laboratory In Surabaya City, Indonesia. *J Vocational Health Studies*. 2019;3(1):1-5. <https://doi.org/10.20473/jvhs.V3.I1.2019.1-5>
4. Carr AB, Brown DT. McCracken's Removable Partial Prosthodontic. 13TH ed. Canada; Elsevier; 2016. p. 103-14.
5. Hadianito E, Firdausy MD. Non-dental glass fiber impact on tensile strength of fiber reinforced acrylic resin in denture base. *Media Dent Intelektual J*. 2022;4(1):91-6. <https://doi.org/10.30659/medali.4.3.41-44>
6. Manappallil JJ. Basic Dental Materials. 4th ed. John J Manappallil, editor. Basic Dental Materials. New Delhi: Reprint Jaypee Brothers MedicalPublishers (P) Ltd; 2024. p. 531–568.
7. Kenneth J. Anusavice, Chiayi Shen HRR. Phillips' Science of Dental Materials. 13th ed. Elsevier, editor. 2021. p. 73–103, 143-170, 721–758.
8. Miftahullaila M, Sinamo S, Setiawan S. Pengaruh perendaman basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas dalam perasan murni bawang putih (*Allium sativum* L.) terhadap kekerasan permukaan. *Prima J Oral Dental Scie*. 2021;4(2):45-8. <https://doi.org/10.34012/primajods.v4i2.2478>
9. McCabe JF, Walls AW. Applied Dental Materials. 9th ed. Jakarta: EGC; 2017.
10. Porwal A, Khandelwal M, Punia V, Sharma V. Effect of denture cleansers on color stability, surface roughness, and hardness of different denture base resins. *J Indian Prosthodont Soc*. 2017;17(1):61–7. <https://doi.org/10.4103/0972-4052.197940>
11. Duymus ZY, Ozdogan A, Ulu H, Ozbayram O. Evaluation the Vickers Hardness of Denture Base Materials. *Open J Stomatol*. 2016;06(04):114–9. <https://doi.org/10.4236/ojst.2016.64014>
12. Wu H, Dave F, Mokhtari M, Ali MM, Sherlock R, McIlhagger A, et al. On the application of vickers micro hardness testing to isotactic polypropylene. *Polymers (Basel)*. 2022;14(9):1804. DOI : [10.3390/polym14091804](https://doi.org/10.3390/polym14091804)
13. Ory MD, Putranti DT. Pengaruh penambahan aluminium oksida pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekerasan dan kekerasan permukaan. B-dent: *J Ked Gigi Univ Baiturrahmah*. 2019;6(1):1-6. <https://doi.org/10.33854/jbd.v6i1.202>
14. Abdullah ZS. The effect of addition of hydroxyapatite microscopic fillers on surface roughness and some mechanical properties of heat cured acrylic resin. *J Bagh Coll Dentistry*. 2015;27(3):50-4.
15. Sawada M, Sridhar K, Kanda Y. Pure hydroxyapatite synthesis originating from amorphous calcium carbonate. *Sci Rep*. 2021 ; 1 – 2. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91064-y>
16. Akhtar K, Pervez C, Zubair N, Khalid H. Calcium hydroxyapatite nanoparticles as a reinforcement filler in dental resin nanocomposite. *J Mater Sci Mater Med*. 2021;32(10). <https://doi.org/10.1007/s10856-021-06599-3>
17. Dorozhkin, Sergey V. Calcium orthophosphates (CaPO₄): occurrence and properties. *Progress in biomaterials*. 2016;(5):9-70. <https://doi.org/10.1007/s40204-015-0045-z>
18. Nikolaev AL, Gopin AV, Severin AV, Rudin VN, Mironov MA, Dezhkunov NV. Ultrasonic synthesis of hydroxyapatite in non-cavitation and cavitation modes. *Ultrason Sonochem*. 2018 Jun;44:390-397. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.02.047>
19. Chondro RT, Kusumawardani CDN, Sari RP. Effectivity of adding hydroxyapatite for reducing porosity on heat cured acrylic resin base. *Denta*. 2019;13(2):37–42.
20. Abduljabbar. Evaluation of the impact of nano and micro-hydroxyapatite particles on the transverse strength and hardness of PMMA material. *AIP Conference Proceedings*. 2024;3097(1). <https://doi.org/10.1063/5.0209493>
21. Afrizal. Analisa struktur mikro material substitusi hidroksiapatit cangkang kerang darah dan resin akrilik bahan pembuat gigi untuk aplikasi gigi tiruan. *Surya Tenika J*. 2016;1(4):1-9. <https://doi.org/10.37859/jst.v2i04.17>
22. Karadi RH, Hussein BMA. Effect of modified nanohydroxyapatite fillers addition on some properties of heat cured acrylic denture base materials. 2017;29(2):49-54. <https://doi.org/10.12816/0038749>
23. Kusumawardani CDN, Chondro RT, Andrian I, Sari RP. Pengaruh penambahan hidroksiapatit terhadap porositas dan compressive strength basis resin akrilik heat-cured. Effect of hydroxyapatite addition towards porosity level and compressive strength of heat-cured acrylic resin base. *Jurnal Kedokteran Gigi Unpad*. 2020;91-7. <https://doi.org/10.24198/jkg.v32i2.26627>
24. Imam DNA, Purnama NB, Kurniawan. The Effect of Addition of Blood Cockles (*Anadara granosa*) Shell Nano-hydroxyapatite on Hardness of Heat Cured Acrylic Resin. *Jenderal Soedirman Internat Medic Conference 2020*:237-39. <https://doi.org/10.5220/0010490602370240>
25. Kiran. of Processing Techniques on Microhardness and Impact Strength of Conventional and Reinforced Heat Cured Acrylic Resin: A Comparative Study. *MATERIALE PLASTICE*. 2021;58:239-246. <https://doi.org/10.37358/MP.21.3.5521>
26. Bajunaid SO. How Effective Are Antimicrobial Agents on Preventing the Adhesion of Candida albicans to Denture Base Acrylic Resin Materials? A Systematic Review. *Polymers (Basel)*. 2022;14(5):908. <https://doi.org/10.3390/polym14050908>