

Pengaruh penambahan hidroksiapatit terhadap porositas dan *compressive strength* basis resin akrilik *heat-cured*

Chaterina Diah Nanik Kusumawardani^{1*}, Ronaldo Triputra Chondro¹, Ivan Andrian¹, Rima Parwati Sari²

¹Departemen Prostodonsia, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hang Tuah, Indonesia

²Departemen Biologi Oral, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hang Tuah, Indonesia

*Korespondensi: chaterina.nanik@hangtuah.ac.id

Submisi: 12 Maret 2020; Penerimaan: 16 Agustus 2020; Publikasi online: 31 Agustus 2020

DOI: [10.24198/jkg.v32i2.26627](https://doi.org/10.24198/jkg.v32i2.26627)

ABSTRAK

Pendahuluan: Resin akrilik *heat cured* (HC) merupakan pilihan utama bahan sebagai basis gigi tiruan. Hidroksiapatit (HAP) adalah molekul kristalin yang sudah banyak digunakan di kedokteran gigi. Penelitian terdahulu membuktikan bahwa HAP mampu mengurangi monomer sisa pada resin akrilik HC, yang akan mengurangi juga porositas resin akrilik tersebut. Berkurangnya porositas resin akrilik, diharapkan akan meningkatkan kekuatan mekanik resin akrilik tersebut. Tujuan penelitian menganalisis pengaruh penambahan hidroksiapatit terhadap porositas dan *compressive strength* resin akrilik HC. **Metode:** Jenis penelitian eksperimental laboratoris. Sampel penelitian 20 resin akrilik HC berbentuk silindris (6x3mm), dibagi menjadi 4 kelompok. Kelompok kontrol (tanpa penambahan HAP), kelompok HAP 2%, kelompok HAP 5%, dan kelompok HAP 10%. Permukaan sampel diteliti menggunakan SEM untuk porositasnya. Penghitungan *compressive strength* sampel menggunakan *Universal Testing Machine* (load cell 300kg/mm²). **Hasil:** Uji *one-way ANOVA* dan Tukey-HSD menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$) antara kelompok kontrol ($90 \pm 13,5$ MPa) dengan 5%HAP ($105 \pm 4,3$ MPa) dan 10%HAP ($113 \pm 10,2$ MPa), begitu pula antara 2%HAP ($96 \pm 8,4$ MPa) dengan 10%HAP. Uji SEM menunjukkan tidak adanya reaksi kimia antara HAP dan resin akrilik HC. Tampak pula bercak putih tersebar tidak merata pada permukaan sampel akrilik di kelompok-kelompok perlakuan. Bercak putih ditemukan meningkat sebanding dengan peningkatan konsentrasi HAP, dengan diameter yang semakin besar. **Simpulan:** Penambahan HAP pada basis resin akrilik HC mampu menurunkan tingkat porositas dan meningkatkan nilai *compressive strength*. Penurunan tingkat porositas meningkat seiring dengan penambahan HAP. *Compressive strength* yang paling tinggi didapatkan pada basis resin akrilik *heat cured* dengan penambahan 10% hidroksiapatit.

Kata kunci: *Compressive strength*, uji SEM, resin akrilik *heat cured*, hidroksiapatit.

Effect of hydroxyapatite addition towards porosity level and compressive strength of heat-cured acrylic resin base

ABSTRACT

Introduction: Heat-cured acrylic resin has been commonly used as a denture base, whereas hydroxyapatite (HAP) is a crystalline molecule widely used in the field of dentistry. Previous research has been proofed that HAP could reduce the residual monomer of heat-cured acrylic resin, which will reduce the porosity level in advance, so it was expected for better mechanical properties. This research was aimed to analyse the effect of HAP addition towards the porosity level and compressive strength of heat-cured acrylic resin. **Methods:** An experimental laboratory research was conducted towards 20 cylindrical samples (6 x 3 mm) of heat-cured acrylic resins, which were divided into four groups: Control group (without HAP addition), 2% HAP addition group, 5% HAP addition group, and 10% HAP addition group. Compressive strength was tested using *Universal Testing Machine* (load cell of 300kg / mm²). Each sample surface porosity was observed using the scanning electron microscope (SEM). **Results:** One-way ANOVA and Tukey-HSD tests results showed significant differences ($p < 0.05$) between compressive strength in the control group (90 ± 13.5 MPa) compared to 5% (105 ± 4.3 MPa) and 10% HAP addition group (113 ± 10.2 MPa), significant differences were also shown between the 2% (96 ± 8.4 MPa) and 10% HAP addition group. SEM imaging showed that there was no chemical reaction between HAP and heat-cured acrylic resin. It showed uneven white spots in acrylic sample's surface in all treatment groups. Those white spots were likely to be found more in the higher concentration of HAP, so did the diameter of white spots was also found more in the higher concentration. **Conclusion:** The addition of hydroxyapatite to the base of heat-cured acrylic resin can reduce the level of porosity and increase the compressive strength value. The decrease in the porosity level increases with the addition of hydroxyapatite. The highest compressive strength is obtained with the addition of 10% hydroxyapatite.

Keywords: *Compressive strength*, SEM imaging, heat-cured acrylic resin, hydroxyapatite.

PENDAHULUAN

Bahan dasar basis gigi tiruan lepasan yang paling sering dipakai adalah resin akrilik polimetil metakrilat jenis *heat cured*.¹ Hingga saat ini, resin akrilik *heat cured* masih menjadi pilihan utama sebagai bahan pembuat basis gigi tiruan lepasan karena bahan ini memiliki sejumlah keunggulan diantaranya mudah dimanipulasi, ekonomis, estetik yang memuaskan, penyerapan air yang rendah, memiliki konduktivitas termal yang baik.² Namun resin akrilik juga memiliki kekurangan antara lain adanya mikroporositas yang dapat mempengaruhi kekasaran permukaan basis gigi tiruan resin akrilik *heat cured*.³ Prevalensi penggunaan resin akrilik *heat cured* sebagai bahan basis gigi tiruan dari tahun 1940-an hingga saat ini adalah 95%.¹

Resin akrilik sebagai bahan basis gigi tiruan juga memiliki kelemahan yaitu sifat mudah fraktur yang dapat disebabkan karena pemakaian yang lama sehingga terjadi tekanan konsisten beban pengunyahan pada basis gigi tiruan, maupun bisa disebabkan dari faktor ekstra oral. Data statistik menunjukkan bahwa sering terjadi kepatahan pada garis tengah gigi tiruan lepasan, yaitu sebesar 35% dari total 320 sampel, 71% terjadi pada gigi tiruan lengkap RA dan 29% terjadi pada gigi tiruan lengkap RB.⁴ Fraktur dapat terjadi karena tidak adekuatnya kekuatan mekanik dari bahan resin akrilik, karena itu dibutuhkan penambahan material tertentu yang diharapkan dapat meningkatkan kekuatan mekanik dari basis gigi tiruan.⁵ Sifat mekanik yang tinggi dari sebuah basis gigi tiruan akan meningkatkan sifat fisik gigi tiruan tersebut.⁶

Penelitian oleh Lahama *et al*,⁷ sebanyak 83,95% dari 81 pengguna gigi tiruan terkena *denture stomatitis*. Mikroporositas pada akrilik dan adanya saliva di dalam rongga mulut dapat membentuk pelikel yang menyebabkan sisa makanan, plak, mikroorganisme, dan *Candida* terutama *Candida albicans* mudah menempel pada permukaan basis gigi tiruan.⁸

Pengurangan mikroporositas basis diharapkan mengurangi pelikel yang terbentuk sehingga jamur *Candida albicans* yang berpenetrasi ke dalam basis gigi tiruan menjadi berkurang dan akan menurunkan prevalensi terjadinya *denture stomatitis*.⁹ Porositas yang terjadi pada resin akrilik ada dua jenis yaitu *gaseous porosity* atau *internal porosity* dan *contraction porosity*. *Gaseous*

porosity adalah rongga udara yang terjadi akibat polimerisasi dengan suhu terlalu tinggi (>100°C), sehingga ada penguapan monomer sisa yang tidak bereaksi. Rongga udara yang terbentuk pada *gaseous porosity* disebut juga mikroporositas. *Contraction porosity* terjadi karena adanya monomer yang berkontraksi saat polimerisasi, sehingga volumenya meningkat 20% dibandingkan volume sebenarnya. Hal ini dapat dihindari dengan memberikan tekanan yang cukup saat proses polimerisasi akrilik.¹⁰ *Gaseous porosity* terjadi pada bagian dalam dari resin akrilik *heat cured*, sedangkan *contraction porosity* terjadi hanya pada permukaan luar resin akrilik *heat cured*. Oleh karena itu, dalam penelitian ini yang hendak ditelaah adalah *gaseous porosity* yang terjadi pada resin akrilik *heat cured*.

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah jenis mikroskop elektron yang menghasilkan gambaran sebuah objek dengan melihat permukaan objek melalui sinar elektron yang difokuskan pada objek. Elektron-elektron bereaksi dengan molekul pada objek dan menghasilkan sinyal yang menggambarkan topografi permukaan dan komposisi dari objek.⁸ Berdasarkan hasil uji SEM dari sampel dapat diketahui bagaimana gambaran porositas *gaseous* resin akrilik *heat cured* dengan penambahan hidroksiapatit, selain itu reaksi antara molekul hidroksiapatit dengan resin akrilik *heat cured* juga dapat ditelaah.

Penelitian yang dilakukan oleh Hassan *et al*.¹¹ ditemukan bahwa penambahan 2 atau 5% hidroksiapatit ke plat resin akrilik *heat cured* meminimalisir monomer sisa dan menghasilkan tekstur yang lebih homogen tanpa reaksi kimia. Hidroksiapatit berikatan secara mekanis dengan struktur resin akrilik *heat cured*. Kandungan monomer sisa yang larut dalam saliva dengan konsentrasi tinggi dapat menyebabkan iritasi atau alergi terhadap jaringan rongga mulut.¹² Berdasarkan penelitian Hassan tersebut, digunakan penambahan hidroksiapatit dengan konsentrasi sebesar 2, 5 dan 10%.

Hidroksiapatit sebagai molekul yang memiliki sifat osteokonduktif yang sama dengan mineral tulang alami, diharapkan dapat memodifikasi sifat-sifat mekanis dari resin akrilik *heat cured*. Hidroksiapatit digunakan pada basis resin akrilik karena memiliki termodinamik yang stabil, biokompatibilitas yang sangat baik, dan

menjadi 65-70% komponen tulang sehingga tidak menyebabkan reaksi alergi.¹³

Sampai saat ini belum ada penelitian tentang pengaruh penambahan hidroksiapatit terhadap tingkat porositas *gaseous* (dilihat dengan uji SEM) dan *compressive strength* pada resin akrilik *heat cured* sehingga peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penambahan hidroksiapatit terhadap porositas *compressive strength* resin akrilik *heat cured*.

METODE

Jenis penelitian ini adalah *true experimental* dengan rancangan penelitian *randomized post-test only control group design*. Bubuk dan cairan akrilik merk *SR Triplex Hot Ivoclar®* ditimbang dengan berat yang sama (20gr) kemudian dibagi menjadi 4 kelompok secara random, masing-masing kelompok terdiri dari 5 sampel. Dimana 1 kelompok merupakan kelompok kontrol dan 3 kelompok sisanya merupakan kelompok yang diberi perlakuan. Satu kelompok dipolimerisasi tanpa penambahan hidroksiapatit (K) dan dijadikan sebagai kelompok kontrol, kelompok perlakuan pertama diberi penambahan hidroksiapatit 2% (P1) kemudian dipolimerisasikan, kelompok perlakuan kedua diberi penambahan hidroksiapatit 5% (P2) kemudian dipolimerisasikan, dan kelompok perlakuan ketiga diberi penambahan hidroksiapatit 10% (P3) kemudian dipolimerisasikan.

Unit eksperimen penelitian ini menggunakan spesimen resin akrilik *heat cured* berbentuk silindris dengan ukuran $\pm 6 \times 3 \text{ mm}$ (ADA no.12)¹⁴ setelah dipersiapkan dengan dipulas pada kedua sisinya, kemudian ditambahkan hidroksiapatit pada kelompok P1, P2 dan P3. Bubuk hidroksiapatit didapatkan dari Xinglu Co. di China dengan nomor serial 17071606. Bubuk kemudian diuji *XRD* dan menunjukkan hasil konsentrasi hidroksiapatit sebanyak 99%. Perhitungan persentase hidroksiapatit (HAP) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut: Massa hidroksiapatit (gram) dibagi dengan massa bubuk dan cairan akrilik (gram) kemudian dikalikan dengan 99%, sehingga didapatkan prosentase hidroksiapatit.¹¹

Penambahan hidroksiapatit sebanyak 0,4gr pada campuran bubuk dan cairan dari resin akrilik *heat cured* yang sudah ditakar 20gr

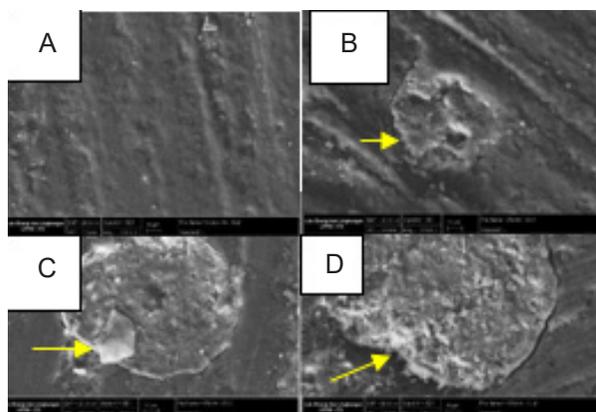
akan menghasilkan adonan dengan konsentrasi 2% (P1). Penambahan hidroksiapatit sebanyak 1gr pada campuran bubuk dan cairan dari resin akrilik *heat cured* yang sudah ditakar 20gr akan menghasilkan adonan dengan konsentrasi 5% (P2). Penambahan hidroksiapatit sebanyak 2gr pada campuran bubuk dan cairan dari resin akrilik *heat cured* yang sudah ditakar 20gr akan menghasilkan adonan dengan konsentrasi 10% (P3). Penimbangan kadar hidroksiapatit dilakukan menggunakan timbangan elektrik.

Adonan *heat cured acrylic* resin pada kelompok K, P1, P2, P3 dimanipulasi dengan diaduk manual menggunakan tangan, dipacking dan dimasukkan ke dalam mold berukuran 6mm x 3mm. Kemudian dilakukan polimerisasi dengan suhu 100°C selama 20 menit. Setelah polimerisasi selesai, sampel dipoles dengan kertas amplas ukuran 1000 di bawah air mengalir selama 3 menit pada tiap permukaan sampel hingga didapatkan ukuran sampel 6mmx3mm. Sampel kemudian dipersiapkan untuk uji SEM.

Sampel yang ada dipersiapkan kemudian ditempel di atas SEM *specimen holder* dengan menggunakan *conducting glue*. Lalu dilakukan proses *coating* agar sampel tidak rusak saat *discanning*. Sampel disimpan di ruang vakum untuk kemudian siap dianalisis. Tahap berikutnya adalah pengujian porositas dengan uji SEM. Sampel diobservasi dengan perbesaran SEM 100x, 500x, 1000x, dan 1500x. Gambaran SEM dari sampel penelitian kemudian dideskripsikan.

Perhitungan *compressive strength* menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Sampel diletakkan pada tempatnya. Menyalakan *power supply* dan *set up* UTM. Mengatur jarak maksimum, kecepatan pembebanan yaitu 5mm/menit, *range* beban/gaya yaitu 300kN. Menurunkan *load cell* perlahan-lahan dengan menekan tombol *start (down)* hingga menyentuh bahan uji hingga bahan uji patah dan terakhir mencatat besar gaya. *Compressive strength* dihitung dengan menggunakan rumus, yaitu gaya dibagi dengan luas permukaan.⁶ Gaya didapatkan dari hasil pembacaan alat UTM (*Universal Testing Machine*). Perhitungan *compressive strength* didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut :

Compressive strength (MPa) adalah gaya (Newton) dibagi dengan luas permukaan (cm²). Hasil *compressive strength* kemudian dianalisis

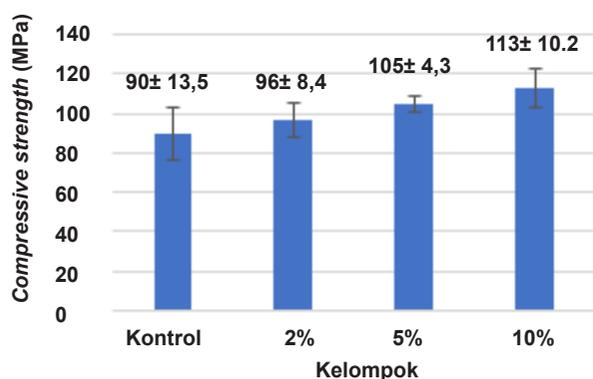


Gambar 4. Gambaran morfologi permukaan akrilik pada pembesaran 1500x. Tanda panah menunjukkan gambaran hidroksiapatit. A=kelompok kontrol (K); B= kelompok dengan pemberian HA 2% (P1); C= kelompok dengan pemberian HA 5% (P2); D= kelompok dengan pemberian HA 10% (P3).

Tabel 1. Hasil *compressive strength* (MPa)

Kelompok	Jumlah sampel	Rerata± SD
Kontrol (K)	5	90 ± 13,5
2% (P1)	5	96 ± 8,4
5% (P2)	5	105 ± 4,3
10% (P3)	5	113 ± 10,2

Nilai rata-rata *compressive strength* pada kelompok kontrol menunjukkan nilai paling rendah sedangkan pada kelompok P3 menunjukkan nilai paling tinggi dibandingkan dengan kelompok lainnya (Tabel 1). Hasil tiap kelompok penelitian menunjukkan nilai rata-rata *compressive strength* semakin meningkat setelah diberikan penambahan bubuk hidroksiapatit dengan variasi konsentrasi.



Gambar 5. Diagram batang *compressive strength* (MPa)

Setelah itu, dilakukan uji normalitas data menggunakan Shapiro-Wilk didapatkan hasil tiap kelompok perlakuan terdistribusi normal ($p > 0,05$).

Uji *one-way* ANOVA menghasilkan signifikansi 0,002 ($p < 0,05$) sehingga dapat disimpulkan ada perbedaan bermakna antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil uji ANOVA

	df	F	p-value
Antar kelompok	3	7,475	,002
Dalam kelompok	16		
Total	19		

Tabel 3. Hasil Uji Levene

Levene statistic	df1	df2	p-value
,782	3	16	,521

Penentuan uji *post hoc* dilakukan dengan uji homogenitas varians (Levene test). Pada uji ini, didapatkan hasil data antar kelompok homogen ($p > 0,05$) (Tabel 3). Data yang terbukti signifikan dan homogen, dilanjutkan dengan uji *post hoc* menggunakan Tukey HSD.

Tabel 4. Hasil Tukey HSD

Kelompok	2% (P1)	5% (P2)	10% (P3)
Kontrol (K)	0,618	0,049*	0,002*
2% (P1)		0,387	0,025*
5% (P2)			0,422

Ket: *signifikan

Hasil uji Tukey HSD menunjukkan bahwa terdapat perbedaan *compressive strength* yang signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan (K-P2, K-P3). Perbedaan signifikan juga tampak antar kelompok perlakuan P1 dan P3 (P1-P3). Sedangkan perbedaan yang tidak signifikan terdapat antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan 2% (K-P1) dan antara kelompok perlakuan (P1-P2, P2-P3) (Tabel 4).

PEMBAHASAN

Resin akrilik *heat-cured* memiliki kekurangan yakni adanya porositas yang terjadi saat proses polimerisasi sehingga meninggalkan monomer sisa yang larut pada saliva saat digunakan oleh pasien.¹⁴ Senyawa hidroksiapatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$) merupakan senyawa yang memiliki struktur sangat halus serta tidak larut dalam saliva sehingga akan meninggalkan rongga udara karena partikel

hidroksiapatit tidak larut pada saliva. Penelitian Hassan *et al.*¹¹ menyatakan bahwa hidroksiapatit dengan konsentrasi 2%, dan 5% dapat menurunkan monomer sisa pada plat resin akrilik *heat cured*.

Berkurangnya monomer sisa pada akrilik tentunya akan mempengaruhi sifat fisik dan mekanik pada resin akrilik *heat cured*. Kekuatan mekanik resin akrilik *heat cured* dengan penambahan bubuk hidroksiapatit perlu di uji terlebih dahulu untuk mengetahui apakah bahan tersebut dapat berhasil atau memenuhi syarat sebagai bahan basis gigi tiruan. Salah satu kekuatan mekanik yang perlu diuji adalah *compressive strength*.¹⁵

Uji *compressive strength* adalah uji kemampuan suatu bahan yang dapat menahan beban atau tekanan yang ada ketika bahan atau material tersebut diberikan suatu tekanan.¹⁴ *Compressive strength* merupakan salah satu jenis kekuatan mekanik yang paling berguna dalam membandingkan material atau bahan yang secara umum rapuh dan lemah bila diberikan tekanan.¹⁶ Tujuan pengujian *compressive strength* pada suatu bahan adalah untuk mengetahui tingkat kekuatan atau ketahanan bahan yang akan digunakan sebagai bahan alternatif. Ukuran partikel juga berpengaruh pada *compressive strength*, dimana ukuran partikel yang besar menghasilkan nilai *compressive strength* suatu bahan semakin kecil.¹⁷ Nilai rerata *compressive strength* pada resin akrilik *heat cured* berkisar antara 102-108 MPa.¹⁸

Penelitian ini menggunakan uji SEM (*scanning electron microscope*) untuk melihat gambaran porositas *gaseous* dari resin akrilik *heat cured* yang telah ditambahkan bubuk hidroksiapatit. Penelitian Triputra *et al.*¹⁹ menunjukkan adanya penurunan tingkat porositas resin akrilik *heat cured* sejalan dengan peningkatan konsentrasi hidroksiapatit yang ditambahkan. Tingkat porositas paling rendah didapatkan pada penambahan konsentrasi hidroksiapatit sebanyak 5%. Penambahan konsentrasi hidroksiapatit sebanyak 10%, tingkat porositas justru lebih tinggi dibandingkan 5%, hal ini mungkin disebabkan karena penambahan partikel yang terlalu banyak dapat menyebabkan defek pada bahan sehingga menyebabkan pengendapan partikel di dalam resin, dan penambahan partikel yang berlebih ketika telah mencapai titik jenuh matriks akan menyebabkan diskontinuitas matriks resin.²⁰ Hasil pemeriksaan SEM dengan pembesaran 100x

menunjukkan lempeng akrilik pada kelompok perlakuan terlihat adanya bercak-bercak putih yang menyebar. Bercak-bercak putih ini terlihat semakin banyak dan semakin besar pada kelompok dengan konsentrasi yang semakin besar. Sedangkan hasil pemeriksaan SEM dengan pembesaran 500x, 1000x, 1500x menunjukkan lempeng akrilik pada kelompok perlakuan memiliki bercak-bercak putih yang diameternya cukup besar. Diameter ini semakin besar pada kelompok perlakuan dengan penambahan HA dengan konsentrasi yang semakin besar. Hal ini sejalan dengan penelitian Hassan *et al.*¹¹ yang menyatakan bahwa penambahan 2% atau 5% hidroksiapatit ke plat resin akrilik *heat cured* meminimalisir monomer sisa dan menghasilkan tekstur yang homogen namun tanpa reaksi kimia, pada penambahan hidroksiapatit 10% (P3), tampak tekstur yang semakin padat dengan semakin banyak dan semakin besarnya hidroksiapatit yang terlihat.

Hasil penelitian pengukuran *compressive strength* pada penambahan hidroksiapatit dengan konsentrasi 2%, 5% dan 10% menunjukkan adanya peningkatan *compressive strength* sebanding dengan peningkatan konsentrasi hidroksiapatit. *Compressive strength* paling tinggi didapatkan pada kelompok P3, sedangkan pada kelompok K, didapatkan *compressive strength* paling rendah, yaitu 90 MPa. Nilai ini di bawah rentang nilai rerata *compressive strength* resin akrilik *heat cured* yaitu antara 102-108 MPa.¹⁸ Nilai *compressive strength* yang masih di bawah rentang nilai rerata tersebut dalam penelitian ini kemungkinan dipengaruhi oleh beberapa faktor luar, seperti proses *packing* akrilik, proses *polishing* dan pembentukan sampel yang tidak bisa sama persis dalam tiap kelompok.

Hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan *compressive strength* yang signifikan pada setiap kelompok perlakuan ($p=0,002$). Perbedaan *compressive strength* ini dapat dipengaruhi oleh perbedaan ukuran partikel hidroksiapatit pada kelompok perlakuan P1, P2, dan P3. Ukuran partikel hidroksiapatit pada penelitian ini tampak pada gambaran hasil uji SEM. Terlihat bahwa partikel hidroksiapatit semakin besar dengan konsentrasi hidroksiapatit yang semakin besar. Ukuran partikel terbesar tampak pada kelompok P3. Semakin besar konsentrasi hidroksiapatit, semakin besar ukuran partikel hidroksiapatit dan semakin besar pula nilai *compressive strength*.

Hal ini tidak sejalan dengan penelitian Zahara *et. al*²¹ bahwa ukuran partikel yang semakin kecil akan menyebabkan *compressive strength* menjadi semakin besar. Dalam penelitian ini dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi konsentrasi hidroksiapatit (P3), ukuran partikel hidroksiapatitnya semakin besar, sehingga lebih mampu mengisi porositas *gaseous* yang terbentuk. Porositas yang terisi oleh ukuran partikel hidroksiapatit yang besar akan memadatkan sampel, pada akhirnya akan meningkatkan *compressive strength* dari sampel.

Hasil uji Tukey HSD menunjukkan bahwa terdapat perbedaan *compressive strength* yang signifikan antara kelompok kontrol dengan P2 dan P3 (K-P2, K-P3). Perbedaan signifikan juga tampak antar kelompok perlakuan P1-P3. Perbedaan konsentrasi hidroksiapatit menyebabkan ukuran partikel hidroksiapatit yang berbeda, sehingga bila ditambahkan pada resin akrilik *heat-cured* akan mempengaruhi nilai *compressive strength*. Semakin banyak konsentrasi hidroksiapatit yang ditambahkan dalam campuran, membuat partikel hidroksiapatit lebih homogen dalam mengisi porositas resin akrilik *heat-cured*, dibandingkan dengan tanpa penambahan hidroksiapatit (K), hal ini menjelaskan adanya perbedaan signifikan antara K dengan P2 (K-P2), maupun K dengan P3 (K-P3).

Kelompok P1-P3 juga menunjukkan perbedaan *compressive strength* yang signifikan, hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi hidroksiapatit yang ditambahkan pada resin akrilik, ukuran partikelnya semakin besar. Ukuran partikel yang semakin besar akan mengisi porositas *gaseous* semakin baik pada resin akrilik, sehingga struktur resin akrilik menjadi lebih homogen. Struktur yang homogen akan meningkatkan *compressive strength* resin akrilik.

Perbedaan yang tidak signifikan tampak antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan 2% (K-P1) dan antar kelompok perlakuan (P1-P2, P2-P3). Pada kelompok K dengan P1 (K-P1) tidak didapatkan perbedaan signifikan, hal ini bisa disebabkan karena konsentrasi hidroksiapatit 2% yang ditambahkan ke dalam resin akrilik belum cukup bermakna untuk mengisi porositas resin akrilik, sehingga *compressive strength* yang didapatkan tidak berbeda jauh nilainya dibandingkan kelompok kontrol. Demikian pula halnya yang terjadi pada kelompok P1-P2, dan P2-P3, penambahan konsentrasi hidroksiapatit

tidak terlalu jauh berbeda, sehingga tidak tampak perbedaan yang signifikan pada hasil *compressive strength* yang didapatkan. Diperlukan penelitian berikutnya menggunakan rentang konsentrasi hidroksiapatit yang lebih besar untuk melihat pengaruhnya terhadap peningkatan *compressive strength* resin akrilik *heat cured*.

Compressive strength suatu bahan dapat dipengaruhi beberapa hal, antara lain: cara manipulasi, reaksi resin akrilik dengan asam serta cara polimerisasi bahan.²² Dalam penelitian ini, manipulasi bahan yang manual, menyebabkan kurangnya konsistensi peneliti saat memanipulasi bahan penelitian, sehingga menyebabkan hasil dari uji *compressive strength* menjadi tidak bermakna.

SIMPULAN

Penambahan HAP pada basis resin akrilik HC mampu menurunkan tingkat porositas dan meningkatkan nilai *compressive strength*. Penurunan tingkat porositas meningkat seiring dengan penambahan HAP. *Compressive strength* yang paling tinggi didapatkan pada basis resin akrilik *heat-cured* dengan penambahan 10% hidroksiapatit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Universitas Hang Tuah Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sheejith M, Swapna C, George Roshy, S Niveditha. Evolution of denture base material: from past to new era. IOSR J Dent Medic Sci 2018;17(11):23-7. DOI:[10.9790/0853-1711112327](https://doi.org/10.9790/0853-1711112327).
2. Carr A. McCracken's removable partial prosthodontics. London: Elsevier; 2010. p. 103.
3. Fakhriyana E, Rostini, Salim S. Efektivitas minyak kayu manis dalam menghambat pertumbuhan koloni *candida albicans* pada resin akrilik. J Prosthodont 2010;1(2):19-23.
4. Khasawneh SF, Arab JM. A clinical study of complete denture fractures at four military hospitals in Jordan. J Royal Med Serv 2003;10(2):27-31 [cited 10 Agustus 2018].
5. Fitriawan M. Sintesis hidroksiapatit berbahan

- dasar tulang sapi dengan metode wet process sebagai material pengganti graft sintesis hidroksiapatit berbahan dasar tulang sapi dengan metode presipitasi sebagai kandidat pengganti graft berdasarkan compressive strength. Prosiding Snmf. 2014. DOI: [10.13140/RG.2.1.4571.3449](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4571.3449)
6. Sitorus Z, Maghfirah A, Romania Y, Humaidi, S. Sifat mekanik gigi tiruan akrilik dengan penguat serat gelas. *Indo J Applied Physics* 2014;4(2):183-91. DOI:[10.13057/ijap.v4i02.4988](https://doi.org/10.13057/ijap.v4i02.4988)
 7. Lahama L, Wowor VNS, Waworuntu OA. Angka kejadian stomatitis yang diduga sebagai denture stomatitis pada pengguna gigi tiruan di Kelurahan Batu Kota Manado. *Pharmacon* 2015;4(4):71. DOI: [10.35799/pha.4.2015.10195](https://doi.org/10.35799/pha.4.2015.10195)
 8. Lie FW, Salim S, Rostini. Pengaruh sinamat aldehid minyak kayu manis terhadap kekuatan impak resin akrilik. *J Prostho* 2010;1(2):14-8.
 9. Gaib Z. Faktor–faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya kandidiasis eritematosa pada pengguna gigitiruan lengkap. *e GIGI* 2013;1(2):1-14. DOI: [10.35790/eg.1.2.2013.3228](https://doi.org/10.35790/eg.1.2.2013.3228)
 10. Andrian D. Perubahan warna pada lempeng resin akrilik polimerisasi panas setelah perendaman dalam ekstrak daun jambu biji 30%. Skripsi. Medan: USU. 2015.
 11. Hassan ZJ, Hatim NA, Taqa AA. 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).
 12. Diansari V, Fitriyani S, Haridhi FM. Studi pelepasan monomer sisa dari resin akrilik heat cured. *Cakradonya Dent J*. 2016;8(1):1-76.
 13. Sadat-Shojai M, Khorasani MT, Dinpanah-Khoshdargi E & Jamshidi A. Synthesis methods for nanosized hydroxyapatite with diverse structures. *Acta Biomaterialia*. 2013;9:7591-621. DOI:[10.1016/j.actbio.2013.04.012](https://doi.org/10.1016/j.actbio.2013.04.012)
 14. Annusavice KJ. Phillips: Buku ajar ilmu bahan kedokteran gigi edisi 10. Michigan: Universitas Michigan. 1996. h. 94-108.
 15. Anwar SA, Solechan. Analisa karakteristik dan sifat mekanik scaffold rekonstruksi mandibula dari material bhipasis calcium phosphate dengan penguat cangkang kerang srimping dan gelatin menggunakan metode functionally graded material. Prosiding Snatif. 2014. h. 137-44.
 16. Sakaguchi RL, Powers JM. *Craig's restorative dental materials* 13th ed. Houston (Texas): Elsevier. 2012. h. 52-65.
 17. Wardhani AS. Pengaruh ukuran partikel terhadap kuat tekan dan resistivitas keramik porselen sebagai isolator listrik. Skripsi. Malang: Program studi fisika jurusan fisika, FMIPA Universitas Negeri Malang. 2012.
 18. Parihar AS, Maheshwari R. A comparative evaluation of impact strength, compressive strength, tensile strength, hardness and dimensional accuracy of autopolymerized, postpolymerized microwave exposed autopolymerized and heat cured denture base resin – an in vitro study. *Saudi J Oral Dent Res (SJODR)*. 2018;3(5):164-70. DOI:[10.21276/sjodr.2018.3.5.7](https://doi.org/10.21276/sjodr.2018.3.5.7)
 19. Triputra R, Diyah C, Sari RP. Efektivitas penambahan hidroksiapatit terhadap penurunan porositas basis resin akrilik heat cured. *Denta J Ked Gi* 2019;13(2):37-42.
 20. Handayani S, Dahar E. Pengaruh penambahan zirkonium oksida pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan impak dan transversal. *J Ilm PANNMED* 2017;12(2):194-99.
 21. Zahara Y, Ratnawulan, Ramli, Fauzi A. Pengaruh waktu milling terhadap ukuran butir quartz dari Nagari Saruaso Kabupaten Tanah Datar. *Pillar Of Physics*. 2016;8:113-20. DOI:[10.24036/2498171074](https://doi.org/10.24036/2498171074)
 22. Attin, T. Weiss, K. Becker, K. Buchala, W. Wiegand, A. Impact of modified acidic soft drink on enamel erosion. *J Oral Disease*. 2005;11:7-12. DOI:[10.1111/j.1601-0825.2004.01056.x](https://doi.org/10.1111/j.1601-0825.2004.01056.x)