

Pengaruh penambahan nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan transversal: eksperimental laboratoris

Dwi Tjahyaning Putranti¹
Angelica Angelica¹

¹Departemen Prostodonsia, Fakultas
Kedokteran Gigi, Medan, Indonesia

*Korespondensi
Email | Angelicaamh29@gmail.com

Submisi | 16 November 2023
Revisi | 03 Mei 2024
Penerimaan | 19 April 2024
Publikasi Online | 30 April 2024
DOI: [10.24198/jkg.v36i1.51113](https://doi.org/10.24198/jkg.v36i1.51113)

Sitasi | Putranti DT, Angelica A. Pengaruh penambahan nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan transversal: eksperimental laboratoris. J Ked Gi Univ Padj.2024;36(1):28-37.
DOI:[10.24198/jkg.v36i1.51113](https://doi.org/10.24198/jkg.v36i1.51113)



Copyright: © 2024 oleh penulis. diserahkan ke Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran untuk open akses publikasi dibawah syarat dan ketentuan dari Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

ABSTRAK

Pendahuluan: Resin akrilik polimerisasi panas merupakan bahan yang sering digunakan dalam pembuatan basis gigi tiruan, namun bahan ini memiliki kekuatan transversal yang rendah sehingga mudah terjadi fraktur. Hal ini dapat diatasi dengan meningkatkan kekuatan resin akrilik salah satunya dengan penambahan nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah sebagai bahan penguat. Tujuan penelitian menganalisis perbedaan pengaruh penambahan hidroksiapatit dari cangkang kepah pada bahan basis gigi tiruan RAPP terhadap kekuatan transversal. **Metode:** Jenis penelitian eksperimental laboratoris dengan desain penelitian yang digunakan adalah *post test only control group design*. Penelitian ini dilakukan pada sampel basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas tanpa penambahan nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah dan dengan penambahan nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah 2%, 5% dan 8%. Jumlah sampel pada penelitian ini adalah 6 sampel. Rumus besar sampel yang digunakan adalah rumus federer. Analisis data menggunakan kruskal wallis dan mann – whitney. **Hasil:** Nilai kekuatan transversal tertinggi diperoleh pada penambahan nano hidroksiapatit sebanyak 5% dengan nilai rerata sebesar 125,862 Mpa. Nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah dapat berpengaruh tanpa atau adanya penambahan 2%, 5% dan 8% sebagai bahan penguat terhadap kekuatan transversal resin akrilik polimerisasi panas dengan nilai p 0,0006. **Simpulan:** Penambahan nano hidroksiapatit (HA) cangkang kerang kepah pada konsentrasi 2% dan 5% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas (RAPP) direkomendasikan sebagai bahan penguat karena menunjukkan nilai kekuatan transversal yang meningkat.

Kata kunci

basis gigi tiruan, resin akrilik polimerisasi panas, nano hidroksiapatit, cangkang kerang kepah, kekuatan transversal

Effect of addition of nano hydroxyapatite scallop shells to denture base hot polymerized acrylic resin on transverse strength: laboratory experimental

ABSTRACT

Introduction: Hot polymerized acrylic resin is a material that is often used in making denture bases, but this material has low transverse strength so it breaks easily. This can be overcome by increasing the strength of the acrylic resin, one of which is by adding nano hydroxyapatite from scallop shells as a reinforcing material. The aim of this study was to analyze the difference in the effect of adding hydroxyapatite from scallop shell to the RAPP denture base material on transverse strength. **Method:** This type of research is an experimental laboratory with the research design used as post test only control group design. This research carried out samples on hot polymerized acrylic resin denture bases without the addition of scallop clam shell nano hydroxyapatite and with the addition of 2%, 5% and 8% scallop clam shell nano hydroxyapatite. The number of samples in this study was 6 samples. The large sample formula used is the Federer formula. Data analysis using Kruskal Wallis and Mann - Whitney **Results:** The research results showed that the highest transverse strength value was obtained when adding 5% nano hydroxyapatite with an average value of 125.862 Mpa. Nano hydroxyapatite of scallop clam shells can have an effect without or with the addition of 2%, 5% and 8% as a reinforcing agent on the transverse strength of hot polymerized acrylic resin with a p value of 0.0006 **Conclusion:** Addition of nano hydroxyapatite (HA) of scallop clam shells at a concentration of 2% and 5% in denture base material hot polymerized acrylic resin (RAPP) is recommended as a reinforcing material because it shows increased transverse strength values.

Keywords

heat cured acrylic denture base resin, nano hydroxyapatite, scallop clam shells, transverse strength

PENDAHULUAN

Basis gigi tiruan adalah bagian dari suatu gigi tiruan yang bersandar di atas tulang di dalam rongga mulut yang ditutupi dengan jaringan lunak. Basis gigi tiruan merupakan tempat anasir gigi tiruan dilekatkan.¹ Bahan basis gigi tiruan yang ideal harus memiliki ciri-ciri fisik yang sesuai. Beberapa ciri-ciri fisik tersebut antara lain biokompatibilitas, estetik yang baik, radiopak, dan mudah di reparasi. Basis gigi tiruan harus cukup kuat agar dapat berfungsi pada beban pengunyahan yang maksimal.² Terdapat dua bahan basis gigi tiruan lepasan yang dapat dibedakan berdasarkan bahan basis gigi tiruannya yaitu: bahan logam dan bahan non logam. Berdasarkan kedua bahan tersebut yang paling sering digunakan yaitu basis gigi tiruan non logam.³ Berdasarkan sifat kimianya bahan basis gigi tiruan non logam yang terbuat dari resin akrilik terbagi menjadi 2 jenis, yaitu termoplastik dan termoset. Salah satu contoh bahan termoset adalah resin akrilik. Resin akrilik sering digunakan pada pembuatan basis gigi tiruan karena memiliki warna yang menyerupai gingiva, mudah diproses, memiliki perubahan dimensi yang cukup kecil, dan harga relatif terjangkau, sedangkan basis gigi tiruan berbahan logam jarang dipilih karena memiliki nilai estetis yang kurang baik.⁴

Berdasarkan proses polimerisasinya resin akrilik sebagai bahan basis gigi tiruan terbagi menjadi tiga jenis yaitu: resin akrilik polimerisasi panas (RAPP), resin akrilik swa polimerisasi, dan resin akrilik polimerisasi sinar. Bahan dasar basis gigi tiruan lepasan yang paling sering digunakan adalah jenis RAPP.⁴ Resin akrilik polimerisasi panas sebagai bahan basis gigi tiruan juga memiliki kekurangan dalam hal sifat mekanis yaitu mudah fraktur yang dapat disebabkan oleh aktivitas pengunyahan dari berbagai arah di rongga mulut atau pemakaian yang sudah lama sehingga terjadi tekanan konsisten beban pengunyahan pada basis gigi tiruan.⁵

Data statistik menunjukkan bahwa sering terjadi fraktur garis tengah gigi tiruan lepasan, yaitu sebesar 35% dari total 320 sampel, 71% terjadi pada gigi tiruan lengkap rahang atas dan 29% terjadi pada gigi tiruan lengkap rahang bawah. Fraktur dapat terjadi karena kurang adekuatnya kekuatan transversal dari bahan basis resin akrilik, oleh karena itu dibutuhkan penambahan bahan penguat yang diharapkan dapat meningkatkan kekuatan transversal dari basis gigi tiruan.⁶ Resin akrilik juga memiliki kelemahan seperti kadar monomer sisa dan tingkat porositas. Tingginya porositas dan jumlah monomer sisa pada RAPP yang tidak membentuk rantai polimer menurut Budiharjo⁷, akan mengurangi kekuatan mekanis salah satunya adalah kekuatan transversal dari RAPP, sehingga untuk meminimalisir terjadinya hal tersebut harus mengoptimalkan sifat mekanis RAPP khususnya pada kekuatan transversal.⁷

Bahan penguat yang sering menjadi pilihan untuk meningkatkan kekuatan transversal RAPP adalah Hidroksiapatit (HA). Biomaterial ini dapat berasal dari berbagai sumber baik alami maupun sintesis. Sumber alami hidroksiapatit dapat diperoleh dari tulang mamalia, cangkang kerang kepah, batu karang maupun cangkang telur.^{8,9} Bahan tersebut tersedia melimpah di Indonesia dan belum dimanfaatkan dengan baik. Hidroksiapatit berukuran nano dapat meningkatkan kemampuan mineralisasi sel secara in vivo. Partikel HA ukuran nano juga dapat membuat campuran antara HA dengan RAPP menjadi lebih homogen.^{10,11}

Salah satu bahan penguat kimia alami yang dapat ditambahkan pada RAPP dapat diperoleh dari cangkang kerang kepah. Cangkang kerang kepah memiliki kandungan kalsium karbonat yang sangat tinggi didalamnya jika dibandingkan dengan cangkang telur, batu gamping, dan bahan lainnya. Tingginya kadar kalsium karbonat dalam cangkang kerang kepah dapat dilihat pada tingkat kekerasannya. Semakin keras cangkang, maka semakin tinggi kadar kalsium karbonatnya.¹² Keunggulan dari pemanfaatan cangkang kerang kepah sebagai bahan penghasil nano HA adalah dapat menambah nilai jual kerang kepah, mudah diperoleh, mengurangi limbah padat pada lingkungan, dan pemanfaatan bahan alami sebagai bahan penguat RAPP sebagai bahan basis gigi tiruan.¹³ Kekuatan

resin akrilik dapat berkurang apabila terlalu banyak menyerap air karena partikel resin dapat larut dalam air. Salah satu sifat yang dimiliki HA adalah sukar larut dalam air sehingga penambahan HA ukuran nano dari cangkang kerang kepah diharapkan mampu meningkatkan kekuatan transversal basis gigi tiruan RAPP. Tingginya kadar kalsium dalam cangkang kerang kepah tersebut memberi potensi bagi cangkang kerang kepah untuk menggantikan peranan kalsium sintetis yang pada umumnya lebih mahal dalam segi ekonomi dan lebih sulit dalam hal penyediaannya.¹⁴

Sintesis nano HA dari cangkang kerang kepah dengan metode hidrotermal merupakan metode yang paling tepat untuk mendapatkan hasil dengan kualitas yang baik, kemurnian, aktivitasnya, dan perolehan yang tinggi. Metode ini juga tergolong sederhana dan murah dalam pengerjaannya. Kelebihan dari metode ini adalah prosesnya sederhana, murah, dan memberikan perolehan yang tinggi (>90%). Selain itu sintesis senyawa hidroksiapatit dengan metode hidrotermal menghasilkan partikel dengan kristalinitas tinggi, kemurnian tinggi dan distribusi partikel yang homogen.¹⁵

Kekuatan transversal adalah kekuatan bahan terhadap beban, tekanan, dorongan yang diterima secara konstan dan nilai dicatat ketika bahan patah. Kekuatan transversal yang baik tidak kurang dari 65 MPa, semakin tinggi nilai kekuatan transversal maka semakin rendah juga terjadinya fraktur pada resin akrilik polimerisasi panas. Modifikasi RAPP dengan penambahan bahan penguat sintetis dapat meningkatkan kekuatan transversal. Salah satu bahan penguat yang dapat memperkuat RAPP adalah dengan penambahan nanoHA.¹⁶

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hassan dkk¹⁰, ditemukan bahwa penambahan 2 atau 5% HA ke basis resin akrilik polimerisasi panas dapat meminimalisir monomer sisa dan menghasilkan tekstur yang lebih homogen tanpa reaksi kimia. Berkurangnya monomer sisa pada akrilik dapat meningkatkan sifat mekanik salah satunya kekuatan transversal pada RAPP.¹⁰ Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Chaterina Diyah Nanik Kusumawardani dkk¹³, juga diketahui bahwa penambahan HA 2 dan 5% pada RAPP dapat mengurangi tingkat porositas, tetapi pada penambahan HA dengan konsentrasi 10% terjadi peningkatan tingkat porositas yang dikarenakan penambahan partikel yang terlalu banyak dan menyebabkan pengendapan pada resin.¹³ Porositas yang terisi oleh ukuran nano partikel hidroksiapatit yang besar akan memadatkan sampel, yang pada akhirnya akan meningkatkan kekuatan transversal dari RAPP.

Berkurangnya tingkat porositas dan dengan diturunkannya persentase 10% menjadi 8% diharapkan mampu meningkatkan kekuatan transversal dari bahan RAPP, dipilihnya 8% dengan tujuan agar penambahan persentasenya lebih konsisten yaitu dengan penambahan masing-masing 3% yang dimulai dari penambahan nano HA sebanyak 2, 5, dan akhirnya 8%. Belum adanya penelitian mengenai penambahan nano HA yang disintesis dari cangkang kerang kepah pada RAPP terhadap kekuatan transversal, maka hal ini yang membuat peneliti tertarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai tanpa dan penambahan nano HA dengan konsentrasi 2, 5, dan 8% pada RAPP terhadap kekuatan transversal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah ada pengaruh penambahan nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah 2%, 5% dan 8% pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan transversal.

METODE

Jenis penelitian ini adalah eksperimental laboratoris. Suatu kegiatan percobaan yang bertujuan untuk mengungkapkan suatu pengaruh sebab akibat yang timbul sebagai akibat adanya pemberian perlakuan tertentu. Desain penelitian yang digunakan adalah jenis *post test only control group design*, desain sederhana dengan dua kelompok yang bertindak sebagai kontrol dan kelompok yang diberikan perlakuan. Setelah perlakuan selesai, maka dilakukan pengukuran terhadap kedua kelompok dan perbandingan hasil menunjukkan

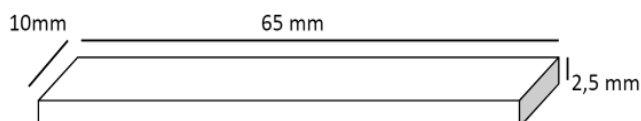
efek dari sebuah perlakuan. Sampel penelitian yang digunakan adalah RAPP. Pengukuran kekuatan transversal menggunakan model induk yang dibuat dari logam dengan ukuran $65 \times 10 \times 2,5 \pm 0,5$ mm (spesifikasi ADA no.12) (Gambar 1)

Penelitian ini jumlah sampel minimal diestimasi berdasarkan rumus *federer*. Penelitian ini menggunakan 4 kelompok perlakuan diantaranya, kelompok pertama yaitu kelompok tanpa perlakuan, kelompok kedua yaitu Penambahan 2% nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah pada RAPP, kelompok ketiga yaitu kelompok dengan penambahan 5% nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah pada RAPP, dan kelompok keempat yaitu kelompok dengan Penambahan 8% nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah pada RAPP. Dari hasil perhitungan jumlah sampel menggunakan rumus Federer, Jumlah sampel (n) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 6 sampel.

Perbandingan nano HA yaitu polimer dibagi monomer. Ukuran nano tanpa penambahan antara lain 0gr dibagi 10gr menjadi 4,5ml. Ukuran nano dengan konsentrasi 2% maka; 0,18gr dibagi 8,12gr menjadi 4,5ml. Ukuran nano dengan konsentrasi 5% maka; 0,45gr dibagi 8,55gr menjadi 4,5ml. Ukuran nano dengan konsentrasi 8% maka; 0,72gr dibagi 8,28gr menjadi 4,5ml.

Lokasi pembuatan sampel dilakukan di Unit Jasa Industri (UJI) Dental FKG USU, Ruang Penelitian Departemen Prostodonsia FKG USU, lokasi pembuatan bubuk cangkang kerang kepah dilakukan di Laboratorium Fitokimia Farmasi USU, Unit Pelaksanaan Teknis (UPT) Laboratorium Penelitian Terpadu USU dan lokasi pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Magister Teknik Mesin USU.

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan analisis univariat untuk mengetahui nilai rerata dan standar deviasi nilai kekuatan transversal permukaan masing-masing kelompok dilanjutkan dengan melakukan uji *Kruskal Wallis* dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan nanoHA cangkang kerang kepah terhadap kekuatan transversal dan uji *Mann-whitney* untuk mengetahui pasangan perlakuan yang mana yang bermakna antar kelompok yang diberi perlakuan dengan $\alpha=0,05$.



Gambar 1. Bentuk dan besar sampel¹²

Pembuatan sampel di mulai dari pengumpulan cangkang kerang kepah, lalu dibersihkan dengan sikat, sabun, dan air untuk membersihkan kotoran yang melekat pada cangkang kerang kepah. Cangkang kerang kepah kemudian dikeringkan di udara terbuka selama 24 jam, lalu dihaluskan dengan *blender* hingga berbentuk serbuk dan diayak dengan ayakan santan. Serbuk cangkang kerang kepah yang halus dikalsinasi dalam *furnace* pada suhu 1000°C dengan kenaikan suhu $5^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ selama 24 jam. Hasil *kasinasi* berupa serbuk kemudian diuji dengan AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometry*) di Unit Pelaksanaan Teknis (UPT) Laboratorium Penelitian Terpadu USU untuk mengetahui kadar kalsium.

Sintesis hidroksiapatit dilakukan dengan metode hidrotermal suhu rendah yang diawali dengan proses pencampuran 31,6 g CaO, amonium dihidrogen fosfat ($(\text{NH}_3)_2\text{H}_2\text{PO}_4$) dengan perbandingan rasio Ca/P 2,67 gram serta aquades sebanyak 600 mL. Lalu pH larutan dibuat hingga 9 dengan penambahan HNO_3 . Campuran tersebut kemudian dipanaskan pada suhu $70-90^{\circ}\text{C}$ sambil diaduk dengan kecepatan 200-300 rpm dalam oven pada suhu 120°C selama 15 jam. Sampel hasil pengeringan pada oven dihancurkan hingga halus dengan lumpang dan dikalsinasi pada suhu 900°C dengan laju pemanasan $10^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ selama 0,5- 1,5 jam. Proses kalsinasi dilakukan pada temperatur 700°C hingga 1000°C dengan waktu 60- 180 menit..

Pembuatan *mould* di mulai dengan mencampurkan bubuk *gypsum* dengan perbandingan 30 g : 900 ml air untuk pengisian kuvet bagian bawah, adonan gipsum di aduk hingga rata di dalam *rubber bowl*. Adonan gipsum dimasukkan ke dalam kuvet bawah sambil digetarkan di atas *vibrator*. Pola *wax* yang sudah dibuat sebelumnya dibenamkan ke dalam permukaan gipsum dan didiamkan hingga gipsum mengeras selama 45 menit. Permukaan gipsum yang telah mengeras kemudian dioleskan dengan Vaseline. Kuvet atas dilakukan pengisian dengan adonan gipsum dengan perbandingan yang sama dengan gipsum untuk pengisian kuvet atas. Kuvet bawah dan kuvet atas disatukan kemudian di press dan didiamkan selama 45 menit hingga gipsum mengeras. Setelah gipsum mengeras, kuvet dibuka dan model pola *wax* dikeluarkan dari kuvet. Permukaan *gypsum* yang sudah mengeras kemudian diolesi dengan *cold mold seal* dan dibiarkan selama 20 menit.

Bahan pengisi nano partikel cangkang kerang kepah yang telah disiapkan sebelumnya ditambahkan kedalam campuran bubuk polimer dan cairan monomer pada masing masing sampel yaitu sebanyak 0%, 2%, 5%, dan 8%. Perbandingan nano HA dengan polimer dan monomer sebagai berikut: tanpa penambahan yaitu 0gr: 10gr: 4,5ml, konsentrasi 2% yaitu 0,18gr: 8,12gr: 4,5ml, konsentrasi 5% yaitu 0,45gr: 8,55gr: 4,5ml dan konsentrasi 8% yaitu 0,72gr: 8,28gr: 4,5ml.

Tahap *dough stage*, adonan yang telah tercampur kemudian dimasukkan ke dalam mold. RAPP ditutup dengan plastik bening lalu kuvet ditutup. Kuvet di *press* dengan alat *Compression Molding* dengan tekanan 1000 psi lalu kuvet dibuka dan akrilik yang berlebihan dibersihkan dengan lekron. Kuvet ditutup dan ditekan kembali dengan tekanan 2000 psi kemudian kuvet dibuka dan dibersihkan kembali akrilik yang berlebihan dengan lekron. Kuvet ditutup kembali dan dikunci dengan baut yang terdapat pada kuvet tersebut, selanjutnya di diamkan selama 15 menit. Kuvet dimasukkan ke dalam *waterbath* dengan suhu dan waktu *curing* 70°C selama 90 menit, kemudian suhu dinaikkan menjadi 100°C dan dibiarkan selama 30 menit. Setelah itu, kuvet dibiarkan dingin pada suhu kamar. Lempong uji dikeluarkan dari kuvet dan dirapikan bagian-bagian yang tajam menggunakan bur *fraser*. Lempong uji kemudian dihaluskan dengan menggunakan kertas pasir dengan ukuran 400, 800, 1200 dengan menggunakan *rotary grinder*.



Gambar 2. Sampel uji

Nilai kekuatan transversal dari sampel diukur dengan menggunakan *Universal Testing Machine* dengan kelajuan 1/10mm per detik. Setiap sampel diberi nomor pada kedua ujungnya dan dibuat garis pada bagian tengah. Kemudian sampel diletakkan pada alat sehingga alat menekan sampel tepat pada garis tengah hingga fraktur. Monitor akan terlihat nilai yang didapat dari hasil uji, kemudian nilai tersebut dicatat sesuai dengan kelompok ujinya.

HASIL

Sebelum dilakukan pengujian Kruskal-wallis untuk mengetahui apakah ada pengaruh penambahan 2%, 5%, dan 8% nano HA cangkang kerang kepah sebagai bahan penguat basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan transversal, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas data dengan menggunakan uji Shapiro-Wilk untuk

mengetahui bahwa sebaran data berdistribusi normal. Hasil uji normalitas data diperoleh dengan nilai signifikansi $p=0.005$ untuk kelompok kontrol, nilai signifikansi $p = 0.796$ untuk kelompok dengan penambahan 2% nano HA cangkang kerang kepah sebagai bahan penguat, nilai signifikansi $p = 0.782$ untuk kelompok dengan penambahan 5% nano HA cangkang kerang kepah sebagai bahan penguat dan nilai signifikansi $p = 0.212$ untuk kelompok dengan penambahan 8% nano HA cangkang kerang kepah sebagai bahan penguat. Hal ini menunjukkan terdapat satu data yang tidak berdistribusi normal yaitu pada kelompok kontrol $p = 0.005$ ($p<0.05$), oleh karena itu bahwa data tidak berdistribusi normal.

Setelah itu, dilakukan uji homogenitas data dengan menggunakan uji Levene untuk mengetahui bahwa data benar-benar homogen. Hasil uji homogenitas dengan uji Levene didapatkan hasil signifikansi $p = 0.367$ ($p>0.05$), hal ini menunjukkan data homogen. Dikarenakan data penelitian ini memiliki data yang tidak berdistribusi normal tetapi memiliki data yang homogen, maka pengujian dilanjutkan dengan menggunakan uji statistik non parametric Kruskal-wallis.

Tabel 1. Nilai kekuatan transversal basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas tanpa dan dengan dilakukan penambahan 2, 5, dan 8% nano HA cangkang kerang kepah

No sampel	Kekuatan transversal (MPa)			
	Kontrol	Dengan penambahan nano hidroksiapatit		
		2%	5%	8%
1	106,129	119,2186	125,064	88,926*
2	104,891	117,4988	130,847	97,938
3	107,925**	128,5397**	145,978**	101,054
4	84,196*	122,7962	128,542	97,374
5	102,000	106,7989*	114,270	102,949**
6	106,103	109,1248	110,470*	100,144
$\bar{x} \pm SD$	101,874 $\pm$ 8,880	117,330 $\pm$ 8,214	125,862 $\pm$ 12,717	98,064 $\pm$ 4,922

Keterangan: * Nilai terkecil; ** Nilai terbesar

Hasil uji Kruskal-wallis diperoleh signifikansi dengan nilai $p = 0,0001$ ($p<0,05$). Hal ini menunjukkan terdapat pengaruh penambahan 2%, 5%, dan 8% nano HA cangkang kerang kepah pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan transversal.

Tabel 2. Pengaruh penambahan 2%, 5%, dan 8% nano hidroksiapatit cangkang kerang Kepah pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan transversal berdasarkan uji Kruskal-wallis.

Kelompok	Kekuatan Transversal (MPa)		
	n	$\bar{x} \pm SD$	p
Kontrol	6	101,874 $\pm$ 8,880	0,0001*
2%	6	117,330 $\pm$ 8,214	
5%	6	125,862 $\pm$ 12,717	
8%	6	98,064 $\pm$ 4,922	

Tabel 2 menunjukkan uji pengaruh antar kelompok digunakan uji Mann-whitney. Berdasarkan hasil uji Mann-whitney dapat terlihat perbedaan bermakna antara kelompok kontrol/ tanpa penambahan nano HA cangkang kerang kepah dengan kelompok penambahan 2% nano HA cangkang kerang kepah terhadap kekuatan transversal yaitu dengan nilai $p=0.006$ ($p<0.05$) menunjukkan signifikan. Kelompok kontrol dengan kelompok penambahan 5% nanoHA cangkang kerang kepah terhadap kekuatan transversal yaitu dengan nilai $p = 0.004$ ($p<0.05$) menunjukkan signifikan. Kelompok penambahan 2% nano HA cangkang kerang kepah dengan kelompok penambahan 8% nano HA cangkang kerang kepah terhadap kekuatan transversal yaitu dengan nilai $p =$

0.004 ($p < 0.05$)

Tabel 3. Perbedaan pengaruh penambahan 2, 5 dan 8% cangkang kerang kepah sebagai bahan penguat basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan transversal berdasarkan uji Mann-whitney.

	Kontrol	2%	5%	8%
Kontrol	-	0,006*	0,004*	0,078
2%	0,006*	-	0,150	0,004*
5%	0,004*	0,150	-	0,004*
8%	0,078	0,004*	0,004*	-

PEMBAHASAN

Nilai kekuatan transversal pada tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai yang terkecil pada kelompok kontrol adalah 84.196 MPa dan nilai kekuatan transversal tertinggi pada kelompok kontrol adalah 107.925 MPa. Nilai kekuatan transversal terkecil pada kelompok penambahan 2% nano HA cangkang kerang kepah adalah 106.798 MPa dan nilai kekuatan transversal tertinggi pada kelompok penambahan 2% nano HA cangkang kerang kepah adalah 128.539 MPa. Nilai kekuatan transversal terkecil pada kelompok penambahan 5% nano HA cangkang kerang kepah adalah 110.470 MPa dan nilai kekuatan transversal tertinggi pada kelompok penambahan 5% nano HA cangkang kerang kepah adalah 145.978 MPa. Nilai kekuatan transversal terkecil pada kelompok penambahan 8% nano HA cangkang kerang kepah adalah 88.926 MPa dan nilai kekuatan transversal tertinggi pada kelompok penambahan 8% nano HA cangkang kerang kepah adalah 102.949 MPa.

Hasil penelitian sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hepy yang menunjukkan bahwa hasil pengukuran uji tarik pada kandungan resin akrilik 100% (polimer 4,8 gr dan monomer 2 mL) memiliki kekuatan tarik 55,1782 Newton. Resin akrilik dengan penambahan hidroksiapatit 2% (polimer 4,704 gr + monomer 2 mL + hidroksiapatit tulang ikan cakalang 0,096 gr) memiliki kekuatan tarik 43,5968 Newton. Resin akrilik dengan penambahan hidroksiapatit 5% (polimer 4,56 gr + monomer 2mL + hidroksiapatit tulang ikan cakalang (0,24 gr) memiliki kekuatan tarik 40,8780 Newton. Hasil ini menunjukkan bahwa setiap sampel menghasilkan kekuatan yang berbeda-beda.¹⁷

Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan yang sama pada setiap sampel masing-masing kelompok dapat menghasilkan nilai kekuatan transversal yang berbeda-beda. Perolehan hasil yang berbeda-beda ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang tidak dapat dikendalikan selama penelitian berlangsung. Adanya teknik pengadukan yang manual dapat menyebabkan terperangkapnya udara di dalam matriks resin akrilik polimerisasi panas sehingga terjadi internal porosity yang dapat memengaruhi kekuatan transversal resin akrilik polimerisasi panas, hal ini didukung dengan penelitian oleh Ferasima R. dkk,¹⁶ menyatakan bahwa teknik pengadukan yang manual dapat menyebabkan terperangkapnya udara di dalam matriks bahan basis gigi tiruan RAPP sehingga dapat terjadi porositas yang dapat mempengaruhi kekuatan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP, seharusnya pengadukan bahan basis gigi tiruan dilakukan menggunakan alat vacuum mixer agar tidak ada udara yang terperangkap dalam matriks polimer.¹⁶

Setelah sampel ditambahkan dengan bahan penguat dan selesai pemolesan maka dilakukan pengukuran kekuatan transversal menggunakan Universal Testing Machine. Hasil menunjukkan nilai rerata kekuatan transversal yang paling tinggi terdapat pada kelompok penambahan 5% bahan penguat nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah yaitu dengan nilai rerata $125,862 \pm 12,717$ MPa, diikuti dengan kelompok penambahan 2% bahan penguat nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah yaitu dengan nilai rerata $117,330 \pm 8,214$ MPa, kemudian diikuti dengan kelompok kontrol yaitu dengan nilai rerata $101,874 \pm 8,880$ MPa.

Nilai kekuatan transversal terendah diperoleh pada penambahan nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah sebanyak 8% dengan nilai rerata $98,064 \pm 4,922$. Keempat kelompok nilai kekuatan transversal yang diperoleh sudah mencukupi nilai standar ISO

yaitu 65 Mpa. Nilai kekuatan penambahan 8% bahan penguat nano hidroksiapatit memiliki rerata nilai kekuatan transversal terendah karena dapat diakibatkan oleh penambahan nanopartikel hidroksiapatit yang terlalu banyak, sehingga dapat mengakibatkan diskontinuitas matriks resin, yang mengakibatkan kekuatan transversal menurun.¹²

Berdasarkan hasil uji Kruskal-wallis (Tabel 2) menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan penambahan nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah pada tiap kelompok dengan nilai $p=0.0001$ ($p<0.005$). Begitu pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Hepy menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,012 ($p<0,05$) yang berarti terdapat korelasi atau hubungan yang bermakna antara persentase penambahan hidroksiapatit tepung tulang ikan cakalang dengan kekuatan tarik resin akrilik *heat cured*.¹⁷ Peningkatan kekuatan transversal yang paling signifikan yaitu dengan penambahan nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah 5%.

Nilai kekuatan transversal dengan penambahan 2% dan 5% nano HA cangkang kerang kepah ini dapat meningkat karena nano HA berukuran nanometer sehingga mampu aktif mengisi celah dan membantu ikatan antar matriks polimer RAPP. Hasil diatas sejalan penelitian yang dilakukan Hepy yang menyebutkan nilai kekuatan korelasi pada tabel adalah sebesar - 0,479. Korelasi negatif berarti berlawanan arah dan koefisien korelasi sebesar 0,479 menunjukkan kekuatan hubungan yang kuat. Oleh sebab itu, nilai korelasi sebesar -0,479 dapat diartikan bahwa hubungan yang terjadi berlawanan arah, yaitu semakin tinggi persentase penambahan hidroksiapatit tepung tulang ikan cakalang maka akan semakin menurun kekuatan tariknya.¹⁷ Nano HA memiliki struktur kristalinitas, aspek rasio, dispersi, dan luas permukaan yang baik serta kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang tinggi. Ketidakstabilan ikatan RAPP akan memengaruhi sifat mekaniknya. Struktur HA yang terdiri dari gugus hidroksil, senyawa hidroksil (-OH) pada nano HA akan membentuk ikatan hidrogen dengan senyawa dari RAPP yang dapat meningkatkan kestabilan rantai polimer. Kestabilan rantai polimer dan sifat aktif dari nano HA akan meningkatkan kekuatan transversal basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas.

Penelitian Riyadi,dkk (2020) yang menyatakan bahwa kandungan gugus hidroksil (-OH) yang dimiliki nano selulosa membentuk ikatan hidrogen intra atau antar molekul satu sama lain karena sifat nanoHA yang memiliki luas penampang besar dan energi permukaan yang tinggi sehingga meningkatkan kestabilan rantai polimer resin, maka kekuatan transversal juga meningkat.¹⁷ Kelompok dengan penambahan 8% nano HA cangkang kerang kepah diperoleh nilai kekuatan transversal yang justru menurun karena penambahan konsentrasi nanoHA yang berlebihan dan mengakibatkan pencampuran yang tidak homogen sehingga diperoleh tingkat porositas meningkat, hal ini dapat mempengaruhi kekuatan transversal RAPP yaitu mengakibatkan aglomerasi.¹⁷

Aglomerasi dapat terjadi karena pencampuran yang tidak merata sehingga partikel hidroksiapatit tidak terdispersi secara merata dalam matriks RAPP dan menyebabkan gumpalan partikel HA. Gumpalan partikel ini dapat menyebabkan heterogenitas dalam distribusi bahan pengisi dan mempengaruhi ikatan antara partikel HA dan RAPP, apabila partikel HA tidak terdistribusi secara merata, maka dapat menyebabkan perbedaan konsentrasi HA pada bagian tertentu pada basis gigi tiruan RAPP.¹⁷

Hal tersebut dapat menyebabkan transfer beban tidak merata sehingga tingkat porositas meningkat pada bagian tertentu yang menjadikan basis gigi tiruan RAPP mudah fraktur dan kekuatan transversal menurun.^{18,19} Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Chaterina Diyah Nanik Kusuma wardani dkk (2020) yang melakukan penambahan HA pada RAPP dengan konsentrasi 2%, 5%, dan 10% terhadap tingkat porositas dengan perolehan nilai porositas terendah pada konsentrasi 5% dan nilai porositas tertinggi dengan konsentrasi 10% akibat penambahan HA yang berlebih. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan nano HA dengan konsentrasi 8% masih berlebihan.¹²

Resin akrilik polimerisasi panas memiliki kekurangan yakni adanya monomer sisa yaitu monomer yang tidak bereaksi menjadi polimer, mudah larut dalam saliva dan dapat terjadi

saat proses polimerisasi berlangsung secara tidak sempurna.¹⁰ Senyawa hidroksiapatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$) merupakan senyawa yang memiliki struktur sangat halus serta tidak larut dalam saliva, ini yang mengakibatkan penambahan hidroksiapatit pada RAPP mampu mengurangi monomer sisa. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Hassan dkk mengenai penambahan hidroksiapatit pada RAPP dengan konsentrasi 2% dan 5% terhadap monomer sisa dengan hasil kadar monomer sisa terendah berada pada konsentrasi 5%.¹⁰

Perbedaan nilai kekuatan transversal pada kelompok kontrol lebih rendah dibandingkan dengan kelompok penambahan 2% dan 5% nano HA cangkang kerang kepah. Begitu pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Hepy yang menunjukkan bahwa perbandingan kekuatan 2% dan 5% nano HA tepung tulang ikan cakalang lebih tinggi dibandingkan yang tidak diberi perlakuan karena pada kontrol tidak terdapat ikatan tambahan yang dapat meningkatkan kekuatan transversal, sedangkan pada kelompok penambahan nano HA terdapat ikatan supramolekular yang menyebabkan peningkatan pada kekuatan transversal.¹⁷ Nilai kekuatan penambahan 2% nano HA cangkang kerang kepah juga lebih rendah dibandingkan dengan penambahan nano HA cangkang kerang kepah 5%. Perbedaan ini terjadi akibat adanya gaya tarik menarik partikel nano HA pada penambahan nano HA cangkang kerang kepah 2% dengan polimetil metakrilat yang belum berikatan dengan sempurna karena kurangnya pasangan antara partikel nano HA dengan polimetil metakrilat. Hal ini menyebabkan polimer belum homogen secara struktur dan pada *level stress point* tertentu dapat terlepas dari *matriks* sehingga basis gigi tiruan akan lebih mudah patah pada kelompok penambahan nano HA cangkang kerang kepah 2%.

Adanya pengaruh penambahan nano HA cangkang kerang kepah di konsentrasi 5% pada bahan basis gigi tiruan RAPP terhadap peningkatan kekuatan transversal terjadi karena partikel nano HA lebih banyak berpasangan dengan partikel polimetil metakrilat dan terjadi adhesi yang maksimal, memiliki distribusi yang baik dan ukuran yang sangat halus sehingga memungkinkan nano HA memasuki antara nano molekuler rantai linear dari polimer. Begitu pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Hepy yang menunjukkan penambahan HA tepung tulang ikan cakalang 5% mengalami perubahan yang signifikan dari kelompok tanpa pemberian hidroksiapatit tepung tulang ikan cakalang.¹⁷ Nano HA akan membentuk ikatan hidrogen intra atau antar molekul satu sama lain karena sifat nanoHA yang memiliki luas penampang besar dan energi permukaan yang tinggi sehingga meningkatkan kestabilan rantai polimer resin. Akhirnya kekakuan dan kekuatan bahan dapat meningkat. Mekanisme tersebut yang menjadi landasan terjadinya perbaikan ketahanan terhadap fraktur basis gigi tiruan ketika mengalami tekanan diluar rongga mulut dan tekanan pengunyahan.^{18,20}

SIMPULAN

Penambahan nano HA cangkang kerang kepah pada konsentrasi 2 dan 5% pada bahan basis gigi tiruan RAPP direkomendasikan sebagai bahan penguat karena menunjukkan nilai kekuatan transversal yang meningkat. Kekuatan transversal yang meningkat diharapkan mampu lebih menahan beban yang diterima selama pengunyahan. Implikasi penelitian ini yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penambahan 2% dan 5% nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah pada bahan basis gigi tiruan RAPP terhadap kekuatan mekanis lainnya seperti kekuatan impak dan kekuatan kompresi.

Kontribusi Penulis: Konseptualisasi, DE dan SC; metodologi, DE dan SC.; perangkat lunak, SC.; validasi, DE dan SC.; analisis formal, DE dan SC.; investigasi, SC.; sumber daya, SC dan DE.; kurasi data, DE dan SC.; penulisan penyusunan draft awal, DE dan SC.; penulisan tinjauan dan penyuntingan, SC.; visualisasi, SC.; supervisi, DE.; administrasi proyek, SC.; perolehan pendanaan, SC. 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. Anusavice KJ, Chiayi Shen HRR. Philip's Science of Dental Materials. 12th ed.; 2016; 721-25. DOI: [10.24198/jkg.v32i2.26627](https://doi.org/10.24198/jkg.v32i2.26627)
2. Zulkarnain M, Jefferson DB. Pengaruh perendaman basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas dalam larutan sodium hipoklorit dan vinegar cuka putih terhadap kekasaran permukaan dan stabilitas warna. J Mater Ked Gi. 2014;3(1):22-32. DOI: [file:///D:/216-13-526-1-10-20180419%20\(1\).pdf](https://doi.org/10.13057/ijap.v4i02.4988)
3. Carr AB, Brown DT. McCracken's Removable Partial Prosthodontics. 13th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2016. p. 99
4. Margo A. Buku Ajar Ilmu Gigi Tiruan Sebagian Lepas. Volume 1 Edisi 2. EGC; 2016. p. 98.
5. Zarb G, Hobkirk JA, Eckert SE. Prosthodontic Treatment for Edentulous Patients: Complete Dentures and Implant-Supported Protheses. 13th Edition - January 26, 2012; 2013. p. 8-11.
6. Sitorus Z, Maghfirah A, Romania Y. Sifat mekanik gigi tiruan akrilik dengan penguat serat gelas. Indo J Appl Phys. 2017;4(02):183. DOI: [10.13057/ijap.v4i02.4988](https://doi.org/10.13057/ijap.v4i02.4988)
7. Budiharjo A, Wahyuningtyas E, Sugiatno E. Pengaruh lama pemanasan pasca polimerisasi dengan microwave terhadap monomer sisa dan kekuatan transversa pada reparasi plat gigi tiruan resin akrilik. J Ked Gi. 2014;5(2):1-13.
8. Nur A, Martasari DL, Nurwijayanti D, Affandi S, Widjaja A, Setyawan H. Sintesis hidroksiapatit berukuran nano dengan metode elektrokimia dibantu EDTA. J Tek Kim Indo. 2018;12(1):199. DOI: [10.5614/jtki.2013.12.1.4](https://doi.org/10.5614/jtki.2013.12.1.4)
9. Ardhiyanto HB, Yustisia ANY. Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Limbah Dental Gypsum Type 2 Sebagai Bahan Baku Bone Graft.; Proceedings Book FORKINAS VI FKG UNEJ 14th-15th 2016. 2016. h. 285-93.
10. Hassan Z, Hatim N, Taqa A. Study the FTIR of Hydroxyapatite Additive to Heat Cured Acrylic Resin. Al-Rafidain Dent J. 2014;14(1):32-36. DOI: [10.30649/denta.v14i2](https://doi.org/10.30649/denta.v14i2)
11. Jarboo'A NH, Alsarraf 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)
12. Khiri MZA, Matori KA, Zainuddin N, Abdullah CAC, Allasan ZN, Baharuddin NF, et al. The usability of ark clam shell (*Anadara granosa*) as calcium precursor to produce hydroxyapatite nanoparticle via wet chemical precipitate method in various sintering temperature. Springerplus. 2016;5(1). DOI: [10.1186/s40064-016-2824-y](https://doi.org/10.1186/s40064-016-2824-y)
13. Kusumawardani CDN, Chondro RT, Andrian I. 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)
14. Aris Aji Kurniawan, Dian Noviyanti Agus Imam, Helmi Hirawan. The Effect of Addition of Nano hydroxyapatite Powder of *Anadara granosa* Shells on Surface Roughness of Heat-cured Acrylic Resin. Denta. 2021;14(2):82-87. DOI: [10.30649/denta.v14i2](https://doi.org/10.30649/denta.v14i2)
15. Kadir AL, Permana D, Azis T. Sintesis dan karakteristik bionano hidroksiapatit (hap) secara insitu dengan metode hidrotermal. Cokroaminoto J Chemic Scie 2022;4(2):1-4.
16. Niek de Jager, Tijmen J.A.G. Munker LFG. The Relation Between Impact Strength and Flexural Strength of Dental Materials. J Mech Behav Biomed Mater. 2021;112. DOI: [10.1016/j.jmbbm.2021.104658](https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104658)
17. Rachel Ferasima, M. Zulkarnain HN. Pengaruh Penambahan Serat Kaca Dan Serat Polipropilen Terhadap Kekuatan Impak Dan Transversal Pada Bahan Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas. Dentika Dent J. 2013;2(1):33-34. DOI: [10.32734/dentika.v18i1.1916](https://doi.org/10.32734/dentika.v18i1.1916)
- 18.
19. Riyadi W, Purwasasmita BS, Imam DNA. Penambahan Nanoselulosa Sekam Padi Terhadap Kekuatan Fleksural Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas. 2020;4(2):336-342. DOI: [10.21776/ub.eprodenta.2020.004.02.5](https://doi.org/10.21776/ub.eprodenta.2020.004.02.5)
20. Hardita A, Amalia Kusuma H, Ismiyati T, Sugianto E. Gigi tiruan lengkap kerangka logam sebagai alternatif perawatan pasien dengan refleksi muntah. Cilinical Dent Journal UGM. 2018;4(1):20-25.
21. Hapsari DN, Wardani SC, Firdausya WA, Amaturrohman 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)
22. Melinda M, Sari SP, Rosalina D, Pertanian F, Biologi P. Kebiasaan Makan Kerang Kepah (*Polymesoda erosa*) di Kawasan Mangrove Pantai Pasir Padi. J OSEATEK. 2015;9(01):35-44.