

Kekuatan transversal resin akrilik polimerisasi panas dengan penambahan variasi konsentrasi nanoselulosa serat bambu betung (*Dendrocalamus asper*): studi eksperimental

Priskila Dewi Simanjuntak^{1*}
Eddy Dahar²

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

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

*Korespondensi
Email | Priskila@gmail.com

Submitted | 11 Juni 2025
Revised | 20 Juli 2025
Accepted | 16 Agustus 2025
Published | 30 August 2025
DOI: [10.24198/jkg.v37i2.62458](https://doi.org/10.24198/jkg.v37i2.62458)

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

Sitasi | Simanjuntak PD, Dahar E.
Pengaruh penambahan nanoselulosa
serat bambu betung terhadap kekuatan
transversal pada bahan basis gigi tiruan
resin akrilik polimerisasi panas. J Ked
Gi Univ Padj. 2025; 37(2):230-237.
DOI: [10.24198/jkg.v37i2.62458](https://doi.org/10.24198/jkg.v37i2.62458)



Copyright: © 2025 oleh penulis. diserahkan
ke Jurnal Kedokteran Gigi Universitas
Padjajaran 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: Resin akrilik polimerisasi panas mudah untuk mengalami retak atau patah pada kondisi klinis tertentu. Hal tersebut diatasi dengan alternatif penambahan bahan penguat, salah satunya nanoselulosa serat bambu betung. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan efek penambahan nanoselulosa serat bambu betung konsentrasi 0,5%, 0,75%, 1% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan transversal. **Metode:** Rancangan penelitian ini adalah eksperimental laboratoris. Penelitian ini dilakukan pada sampel bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas (Huge, China) tanpa dan dengan penambahan nanoselulosa serat bambu betung konsentrasi 0,5%, 0,75%, dan 1%. Sebanyak 32 sampel berukuran 65×10×2,5 mm diuji dengan *Universal Testing Machine* untuk mengetahui nilai kekuatan transversal. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan uji Univariat untuk mengetahui nilai rata-rata dan standar deviasi, uji ANOVA satu arah untuk mengetahui pengaruh, dan uji *post hoc* LSD (Least Significant Difference) untuk mengetahui perbedaan pengaruh. **Hasil:** Berdasarkan uji Univariat, nilai rata-rata dan standar deviasi kekuatan transversal pada kelompok kontrol adalah (66,02±2,141) MPa, kelompok konsentrasi 0,5% sebesar (84,07±3,156) MPa, kelompok 0,75% sebesar (89,69±5,354) MPa dan kelompok 1% sebesar (75,35±2,539) MPa. Uji Anova satu arah menunjukkan nilai signifikan dengan $p=0,0001$ ($p<0,05$). Uji *post hoc* LSD menunjukkan nilai signifikan dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$) dan $p=0,003$ ($p<0,05$). **Simpulan:** Terdapat perbedaan efek penambahan nanoselulosa serat bambu betung konsentrasi 0,5%, 0,75%, dan 1% dalam meningkatkan kekuatan transversal bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas.

Kata kunci

Resin akrilik polimerisasi panas, nanoselulosa, serat bambu betung, kekuatan transversal

Transverse strength of heat-cured acrylic resin with various concentrations of nanocellulose from Betung bamboo (*Dendrocalamus asper*) fiber: an experimental study

ABSTRACT

Introduction: Heat-cured acrylic resin is prone to cracking or breaking under certain clinical conditions. This issue can be addressed by adding alternative reinforcing materials, such as nanocellulose derived from Betung bamboo fibers (*Dendrocalamus asper*). This study aimed to analyze the effect of adding Betung bamboo fiber nanocellulose at different concentrations on the transverse strength of heat-cured acrylic resin denture base material. **Methods:** The research design was an experimental laboratory study. The study was conducted on samples of heat cured acrylic resin denture base material (Huge, China) both without and with Betung bamboo fiber nanocellulose at concentrations of 0.5%, 0.75%, and 1%. A total of 32 samples, each measuring 65×10×2.5 mm, were tested using a *Universal Testing Machine* to determine the transverse strength. The research data were analyzed using a univariate analysis to determine the mean values and standard deviations, one-way ANOVA test to determine the effect, and a *post hoc* LSD (Least Significant Difference) test to identify the differences between groups. **Results:** Based on Univariate analysis, the average transverse strength and its standard deviation for the control group were 66.02±2.141 MPa, for the 0.5% group were 84.07±3.156 MPa, for the 0.75% group were 89.69±5.354, and for the 1% group were 75.35±2.539 MPa. The one-way ANOVA test showed a statistically significant difference with p -value = 0.0001 ($p < 0.05$). The *post hoc* LSD test also showed significant results with p -value = 0.0001 ($p < 0.05$) and p -value = 0.003 ($p < 0.05$). **Conclusion:** There was a significant effect of adding Betung bamboo fiber nanocellulose at concentrations of 0.5%, 0.75%, and 1% on increasing the transverse strength of heat-cured acrylic resin denture base material.

Keywords

Heat cured acrylic resin, nanocellulose, betung bamboo fiber, transverse strength

PENDAHULUAN

Komponen gigi tiruan di antaranya adalah anasir gigi tiruan dan basis gigi tiruan. Basis gigi tiruan merupakan bagian dari gigi tiruan yang mendapat dukungan melalui adaptasi yang baik dengan jaringan mulut di bawahnya.¹ Basis gigi tiruan berperan dalam mengembalikan fungsi dan merangsang jaringan di bawah basis gigi tiruan.² Bahan basis gigi tiruan yang paling sering digunakan merupakan resin akrilik polimerisasi panas (RAPP).³ Bahan ini merupakan jenis basis non logam, yakni termoset, merupakan bahan yang dapat digunakan sekali dan mengalami perubahan kimia ketika dipanaskan.⁴ Bahan ini memiliki kelebihan, yakni estetik, tidak bersifat toksik, tidak mengiritasi jaringan, mudah dan murah untuk dimanipulasi, serta dapat direparasi.⁵ Bahan ini memiliki kemungkinan untuk mengalami retak atau patah akibat pemakaian. Faktor yang menyebabkan basis gigi tiruan lebih mudah retak atau patah dapat berupa keadaan kontak oklusi dan susunan anasir yang tidak tepat, frenulum yang tinggi serta torus besar.⁶ Hal ini berkaitan dengan sifat mekanis material yaitu kekuatan transversal. Kekuatan transversal merupakan penggabungan antara kekuatan tarik, geser dan tekan yang berlangsung selama proses pengunyahan yang dihitung dengan menggunakan mesin Universal Testing Machine (UTM).⁷ Kekuatan transversal bahan basis gigi tiruan resin akrilik yang ideal menurut spesifikasi ADA No.12 adalah minimal 65 MPa.⁸

Upaya yang dapat diterapkan untuk menangani kekurangan dari RAPP adalah dengan alternatif penambahan bahan penguat, seperti serat. Serat dapat terbagi menjadi serat terdiri dari serat sintesis dan serat alami. Serat sintesis memiliki kekurangan di antaranya, harga yang relatif mahal, tidak dapat terurai alami, dan berdampak pada kesehatan manusia seperti iritasi kulit dan masalah pernafasan, sedangkan serat alami memiliki ketersediaan yang melimpah di alam, murah dan tidak memiliki dampak yang berbahaya bagi kesehatan. Salah satu alami yang dapat dimanfaatkan, yaitu serat bambu. Di Indonesia, pemanfaatan bambu sudah banyak digunakan. Bambu dimanfaatkan sebagai sumber makanan, pulp dan kertas, serat penguat, bahan bangunan, metana, asam laktat dan bahan baku bioenergi.^{9,10} Bambu betung merupakan salah satu jenis bambu dengan kandungan selulosa yang tinggi yaitu sekitar 42,4%-53,6%.⁹

Saat ini selulosa dalam bentuk nanoselulosa semakin diminati karena sifat-sifat yang menarik seperti *biodegradable*, luas permukaan yang tinggi, ringan, dan kemampuan untuk membentuk ikatan hidrogen yang efektif di seluruh rantai selulosa atau di dalam matriks polimer lainnya.¹¹ Nanoselulosa berukuran nanometer sehingga dapat mengisi celah dan ikatan antar matriks RAPP. Kestabilan rantai polimer dan sifat aktif dari nanoselulosa akan meningkatkan kekuatan transversal basis gigi tiruan RAPP.¹²

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penambahan nanoselulosa dari bahan alami pada konsentrasi tertentu, seperti sekam padi, serat daun nenas, dan bambu mampu meningkatkan kekuatan transversal basis gigi tiruan RAPP.¹²⁻¹⁵ Penelitian Aupaphong A, pada tahun 2022 tentang penambahan selulosa nanokristal serat bambu konsentrasi 0,25%, 0,5%, 1%, 2% pada uji kekuatan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP menunjukkan bahwa peningkatan kekuatan transversal signifikan terjadi pada kelompok 0,5%, sedangkan penurunan kekuatan transversal pada kelompok 1% dan 2%.¹⁴ Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan efek penambahan nanoselulosa serat bambu betung konsentrasi 0,5%, 0,75%, 1% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan transversal.

METODE

Jenis penelitian ini adalah eksperimental laboratoris. Penelitian dilakukan pada Agustus hingga Desember tahun 2024 di Laboratorium Fitokimia Fakultas Farmasi USU dan Laboratorium Nanomedisin Fakultas Farmasi USU untuk pembuatan nanoselulosa

serat bambu betung, Laboratorium Integrasi FKG USU, Laboratorium Multipurpose FKG USU, Ruang Penelitian Departemen Prostodonsia FKG USU untuk pembuatan sampel, Laboratorium IFRC (Impact and Fracture Research Center) Teknik Mesin USU untuk pengujian kekuatan transversal. Desain penelitian ini merupakan jenis *post-test only control group design* pada bahan basis gigi tiruan RAPP dengan ukuran $65 \times 10 \times 2,5 \pm 0,5$ mm (spesifikasi ADA No. 12).⁸

Penelitian ini terdiri dari empat kelompok: bahan basis RAPP tanpa penambahan nanoselulosa serat bambu betung, penambahan nanoselulosa serat bambu betung konsentrasi 0,5%, 0,75% dan 1%. Jumlah besar sampel kelompok dihitung berdasarkan rumus Federer: $(t-1)(r-1) \geq 15$, didapatkan 6 sampel dengan penambahan 2 sampel tiap kelompok sehingga sebanyak 32 sampel digunakan pada penelitian ini.¹⁵

Pembuatan sampel diawali dengan memperoleh serat bambu betung yang dihancurkan dengan mesin pengetam bambu dicuci dan dikeringkan selama 24-48 jam pada lemari pengering. Sebanyak 50 gr serat bambu dipersiapkan untuk dilarutkan ke dalam 500 ml NaOH 2,5% dan dipanaskan selama 2 jam pada suhu 80°C dengan *hot plate thermostat*, dibilas kemudian dilakukan pemutihan/*bleaching* 10 gr pada 40 ml H_2O_2 24% dan dipanaskan selama 40 menit pada suhu 70°C . Hasil selulosa dibilas dengan akuades dan disaring berulang hingga pH netral dan dikeringkan di dalam lemari pengering selama 24 jam serta di-*chopper* dan disaring. Selulosa serat bambu betung digiling selama 2 jam dengan kecepatan 1200 rpm sehingga menghasilkan nanoselulosa berupa selulosa nanofibril serat bambu betung. (Gambar 1)



Gambar 1. Nanoselulosa

Gips tipe III dan air dicampur untuk pembuatan *mold* dengan perbandingan 300 gr gips berbanding 90 ml air untuk satu kuvet. Campuran dimasukkan ke dalam kuvet bawah sambil digetarkan, model induk dimasukkan ke dalam permukaan gips, didiamkan selama 45 menit hingga gips *setting*, permukaan gips diolesi dengan *vaseline*. Kuvet atas disatukan dengan kuvet bawah, diisi dengan perbandingan gips dan air yang sama dengan kuvet bawah dan didiamkan selama 45 menit. Setelah gips *setting*, kuvet dibuka dan model induk dikeluarkan dari kuvet. Permukaan gips diolesi dengan *cold mould seal* dan dibiarkan selama 20 menit.



Gambar 2. Sampel uji

Nanoselulosa serat bambu betung dicampur dengan polimer berdasarkan konsentrasinya menggunakan *magnetic stirrer mug*. Campuran polimer ditambahkan dengan monomer menggunakan perbandingan 2:1, dilakukan pengadukan teknik manual kemudian dimasukkan ke dalam *mold* setelah mencapai fase *dough*, ditutup dengan plastik

bening sebelum ditutup dengan kuvet. Pengepresan dilakukan dengan alat pres hidrolik dengan penekanan 1000 dan 2200 psi. Kuvet yang sudah terkunci rapat di-*curing* dalam *waterbath* pada suhu 70°C selama 90 menit dan suhu dinaikkan menjadi 100°C dan dibiarkan selama 30 menit. Jika kuvet mencapai suhu kamar, resin akrilik dapat dilakukan penghalusan dan pemolesan. (Gambar 2)

Sampel akhir direndam dalam akuades selama 48 jam pada suhu 37°C pada inkubator sebelum pengujian kekuatan transversal dengan alat Universal Testing Machine. Setiap sampel diberi nomor pada kedua ujungnya dan menggarisi bagian tengah sampel. Nilai *load* yang diperoleh dari hasil pengujian mesin akan ditampilkan pada monitor komputer dengan tampilan grafik serta dapat merekam hasil secara langsung sesuai dengan kelompok pengujian.

Hasil uji nilai kekuatan transversal dianalisis dengan uji Univariat untuk mengetahui nilai rata-rata dan standar deviasi kekuatan transversal; uji Anova satu arah untuk mengetahui pengaruh; uji *post hoc* LSD (Least Significant Difference) untuk mengetahui perbedaan pengaruh kekuatan transversal penambahan nanoselulosa serat bambu betung pada bahan basis gigi tiruan RAPP.

HASIL

Nilai rata-rata kekuatan transversal bahan basis gigi tiruan terendah adalah kelompok kontrol dengan nilai rata-rata 66,02 MPa, sedangkan nilai tertinggi adalah kelompok 0,75% dengan nilai rata-rata 89,69 MPa. (Tabel 1)

Tabel 1. Nilai rata-rata dan standar deviasi kekuatan transversal resin akrilik polimerisasi panas tanpa dan dengan penambahan nanoselulosa serat bambu betung

Nomor sampel	Kekuatan transversal (Mpa)			
	Kontrol	0,5%	0,75%	1%
1	63,32*	77,11*	94,86	72,73
2	64,58	85,04	87,90	78,16**
3	63,87	83,23	80,69*	78,04
4	67,75	86,81	91,27	72,28*
5	68,21	87,28**	85,23	72,30
6	68,88**	85,05	90,27	77,16
7	64,76	84,66	89,40	76,29
8	66,75	83,36	97,87**	75,84
$\bar{x} \pm SD$	66,02 \pm 2,141	84,07 \pm 3,156	89,69 \pm 5,354	75,35 \pm 2,539

Keterangan: *Nilai terkecil; **Nilai terbesar

Hasil uji Anova satu arah menunjukkan terdapat pengaruh penambahan nanoselulosa serat bambu betung konsentrasi 0,5%, 0,75%, dan 1% pada bahan basis gigi tiruan RAPP terhadap kekuatan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$). (Tabel 2)

Tabel 2. Perbedaan nilai kekuatan transversal berdasarkan uji Anova satu arah

Kelompok	Kekuatan Transversal (MPa)		
	n	$\bar{x} \pm SD$	P
Kontrol	8	66,02 \pm 2,141	0,0001*
0,5%	8	84,07 \pm 3,156	
0,75%	8	89,69 \pm 5,354	
1%	8	75,35 \pm 2,539	

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

Berdasarkan uji *post hoc* LSD (Least Significant Difference), ada perbedaan pengaruh yang signifikan antar semua perbandingan kelompok dengan nilai $p = 0,0001$ ($p < 0,05$) dan nilai $p = 0,003$ ($p < 0,05$) antar kelompok penambahan nanoselulosa serat bambu betung konsentrasi 0,5% dengan konsentrasi 0,75%. (Tabel 3)

Tabel 3. Nilai perbedaan pengaruh antar kelompok berdasarkan uji LSD

Kelompok	Kontrol	0,5%	0,75%	1%
Kontrol	-	0,0001*	0,0001*	0,0001*
0,5%	0,0001*	-	0,003*	0,0001*
0,75%	0,0001*	0,0001*	-	0,0001*
1%	0,0001*	0,0001*	0,0001*	-

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

PEMBAHASAN

Nilai rata-rata kekuatan transversal pada tanpa penambahan nanoselulosa serat bambu betung sudah mencapai nilai kekuatan transversal minimum yang ditetapkan oleh ADA No. 12. Dengan penambahan nanoselulosa serat bambu betung pada setiap kelompok, nilai rata-rata kekuatan transversal pada bahan basis gigi tiruan melebihi nilai minimum berdasarkan ADA No. 12 (65 MPa). Hal ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang mendapatkan peningkatan melampaui nilai minimum kekuatan transversal dengan penambahan nanoselulosa dari bahan seperti sekam padi dan daun nenas.^{12,13} Hal ini dapat dimanfaatkan untuk mengatasi basis gigi tiruan yang lebih mudah retak atau patah akibat suatu faktor besar yang memberikan beban yang berlebih pada basis, berupa keadaan kontak oklusi dan susunan anasir yang tidak tepat, frenulum yang tinggi serta torus besar.¹⁶

Masing-masing sampel dalam kelompoknya, nilai kekuatan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP bervariasi. Ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Tarsis JT bahwa terdapat perbedaan pengaruh penambahan nanoselulosa serat daun nanas 1%, 1,3%, 1,5% terhadap kekuatan transversal basis gigi tiruan RAPP.¹³ Hal ini memperlihatkan bahwa perlakuan yang sama pada masing-masing sampel tiap kelompok dapat menghasilkan nilai kekuatan transversal yang bervariasi. Perolehan hasil yang bervariasi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang memengaruhi selama penelitian berlangsung, diantaranya teknik pengadukan, mikroporositas dan kandungan monomer sisa.¹⁷

Teknik pengadukan menyebabkan perbedaan jumlah udara yang terperangkap di dalam matriks RAPP sehingga terjadi porositas internal yang tidak terlihat pada permukaan sampel yang dapat memengaruhi kekuatan transversal RAPP.¹⁸ Teknik *vacuum mixing* merupakan teknik pencampuran yang dapat digunakan mengurangi jumlah udara pada suatu campuran.¹⁹ Faktor lain yang memengaruhi variasi dari nilai kekuatan transversal yang dihasilkan adalah monomer sisa. Kandungan monomer sisa yang tertinggal pada setiap sampel dapat berbeda. Monomer sisa sebagai *plasticizer* dapat menurunkan kekuatan transversal.²⁰

Peningkatan kekuatan transversal yang paling besar adalah kelompok penambahan nanoselulosa serat bambu betung konsentrasi 0,75%. Nilai kekuatan transversal yang dihasilkan oleh kelompok dengan penambahan nanoselulosa serat bambu betung konsentrasi 0,5% lebih tinggi dibandingkan kelompok konsentrasi 1% dan tanpa penambahan nanoselulosa serat bambu betung. Nilai kekuatan transversal yang dihasilkan oleh kelompok dengan penambahan nanoselulosa serat bambu betung konsentrasi 1% lebih tinggi dibandingkan kelompok dengan tanpa penambahan nanoselulosa serat bambu betung. Hal ini tidak sejalan dengan penelitian Aupaphong V yang mendapatkan penurunan kekuatan transversal pada penambahan konsentrasi 1%.¹⁴ Peningkatan

kekuatan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP pada kelompok dengan penambahan nanoselulosa serat bambu betung terjadi akibat kemampuan dari selulosa serat bambu betung yang berukuran nano mampu mengisi celah dan membantu ikatan antar matriks.

Distribusi dan ukuran dari nanoselulosa serat bambu betung pada RAPP yang merata dapat mengisi ruang celah dan mengurangi porositas yang terjadi. Jenis ikatan polimer pada RAPP adalah ikatan lurus sehingga menyebabkan ikatan yang tidak stabil pada resin akrilik. Ikatan tersebut memengaruhi sifat mekanik dan membentuk radikal bebas. Senyawa -OH pada nanoselulosa akan membentuk ikatan hidrogen dengan senyawa dari resin akrilik yang dapat meningkatkan kestabilan rantai polimer dengan mengisi celah matriks PMMA. Stabilitas rantai polimer dan sifat aktif dari nanoselulosa akan meningkatkan kekuatan transversal basis gigi tiruan RAPP serta menghasilkan nilai kekuatan transversal yang lebih baik.¹² Penambahan nanoselulosa serat bambu betung meningkatkan ambang batas stress point sehingga membutuhkan tekanan yang lebih tinggi untuk memutuskan interfacial bonding suatu PMMA.²¹

Penelitian Tarsis J pada tahun 2023 tentang penambahan selulosa nanofibril yaitu nanoselulosa serat daun nanas pada konsentrasi 1%, 1,3%, 1,5% pada basis RAPP terhadap kekuatan transversal membuktikan terdapat pengaruh penambahan nanoselulosa serat daun nanas 1%, 1,3%, 1,5% terhadap kekuatan transversal basis gigi tiruan RAPP. Adhesi antara permukaan nanoselulosa serat daun nanas dengan matriks polimer bahan basis gigi tiruan RAPP meningkatkan transfer beban. Pembentukan *cross-link* atau ikatan supramolekular akan meningkatkan kekuatan pergeseran permukaan antara *filler* nanoselulosa dan matriks yang menutupi *filler* sehingga nanoselulosa menempati bagian *cracking* di bawah keadaan stres.¹³

Dengan menggunakan selulosa nanokristal, Aupaphong V pada tahun 2022 menambahkan nanoselulosa serat bambu konsentrasi 0,25%, 0,5%, 1%, 2% pada uji kekuatan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP. Peningkatan kekuatan transversal pada konsentrasi 0,25% dan 0,5% terjadi karena meningkatnya kekuatan *interfacial* di antara *filler* dan matriks karena pembentukan *cross-link*, sedangkan penurunan kekuatan transversal pada kelompok konsentrasi 1% dan 2% terjadi karena kelebihan ruang yang terbentuk akibat penumpukan matriks dan *filler* menghasilkan kekuatan *interfacial* yang buruk.¹⁴

Tabel 3 menunjukkan perbedaan signifikan antara masing-masing kelompok. Perbedaan signifikan antara kelompok tanpa penambahan nanoselulosa serat bambu betung dengan kelompok dengan penambahan nanoselulosa serat bambu betung konsentrasi 0,5% ini terjadi karena tidak terdapat ikatan tambahan yang dapat meningkatkan kekuatan transversal kelompok tanpa penambahan. Perbedaan signifikan nilai kekuatan transversal juga terjadi antara kelompok penambahan nanoselulosa serat bambu betung konsentrasi 0,75% dengan kelompok konsentrasi 0,5% dan kelompok tanpa penambahan. Hal ini sejalan dengan penelitian Oleiwi JK pada tahun 2019, peningkatan kekuatan tekan disebabkan oleh kemampuan serat bambu sebagai *filler* untuk meningkatkan kekuatan matriks dan memperbaiki ikatan mekanis matriks PMMA. Peningkatan sifat mekanis berkaitan dengan penambahan partikel alami sebagai *filler*.²²

Namun, penambahan nanoselulosa serat bambu betung konsentrasi 1% dalam suatu bahan basis gigi tiruan RAPP tidak memberikan nilai kekuatan transversal yang lebih tinggi daripada konsentrasi 0,5% dan 0,75%. Hal tersebut terlihat dari perbedaan signifikan nilai kekuatan transversal antara kelompok konsentrasi 1% dengan kelompok konsentrasi 0,75% dan 0,5%. Hal ini sejalan dengan penelitian Aupaphong V yang mendapatkan penurunan kekuatan transversal RAPP terhadap penambahan selulosa nanokristal serat bambu konsentrasi 1% dibandingkan konsentrasi 0,25% dan 0,5%.¹⁴ Ini terjadi karena peningkatan konsentrasi nanoselulosa dapat menurunkan distribusi nanoselulosa dan menurunkan homogenitas sehingga menyebabkan aglomerasi. Hal tersebut mengakibatkan pembentukan ikatan hidrogen dengan senyawa dari RAPP, yang mampu meningkatkan kestabilan rantai polimer, terganggu. Penambahan konsentrasi *filler* yang

berlebihan dapat mengakibatkan pencampuran yang tidak homogen sehingga meningkatkan porositas.¹⁵

Perbedaan signifikan antara kelompok 1% dengan kelompok tanpa penambahan terjadi karena nanoselulosa serat bambu sebagai *filler* akan meningkatkan ambang batas *stress point* sehingga membutuhkan tekanan yang lebih tinggi untuk memutuskan *interfacial bonding* suatu PMMA.²⁰ Namun, kelebihan ruang dapat terbentuk akibat penumpukan matriks dan *filler* sehingga menghasilkan kekuatan *interfacial* yang buruk. Kekuatan *interfacial* yang buruk menghasilkan retakan pada area tersebut jika diberikan beban sehingga kemungkinan dapat menurunkan kekuatan transversal.¹⁵

Distribusi nano yang baik menyebabkan selulosa nanofiber mengisi ruang antara rantai polimer sehingga membatasi rantai makromolekul bergerak, sedangkan peningkatan konsentrasi menyebabkan aglomerasi.²³ Konsentrasi maksimal nanoselulosa serat bambu betung yang digunakan sebagai bahan penguat bahan basis gigi tiruan RAPP adalah 0,75%. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Aupaphong V pada tahun 2022 yang menyatakan bahwa penambahan nanoselulosa serat bambu sebagai *filler* pada RAPP konsentrasi 1% dan 2% tidak meningkatkan nilai kekuatan transversal RAPP.¹⁴

Keterbatasan penelitian ini adalah pengadukan matriks RAPP yang dilakukan secara manual dan tidak adanya pemegang sampel saat penghalusan sampel. Teknik pengadukan manual memengaruhi kekuatan transversal, yakni menyebabkan perbedaan waktu dan kecepatan pengadukan yang berpengaruh pada perbedaan jumlah udara yang terperangkap pada saat pengadukan. Sementara itu, penghalusan tanpa pemegang sampel menyebabkan kesulitan dalam memperoleh tekanan yang merata pada saat menggunakan alat *rotary grinder*.

SIMPULAN

Terdapat perbedaan efek pengaruh signifikan peningkatan kekuatan transversal dengan penambahan nanoselulosa serat bambu betung konsentrasi 0,5%, 0,75%, dan 1% pada bahan basis gigi tiruan RAPP. Implikasi penelitian ini penurunan efektivitas pada konsentrasi 1% kemungkinan terjadi karena aglomerasi *filler*. Konsentrasi 0,75% merupakan konsentrasi paling baik sebagai bahan penguat basis gigi tiruan RAPP.

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

Pendanaan: Penelitian ini tidak menerima dana dari pihak luar

Persetujuan Etik: Penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan deklarasi Helsinki, dan telah disetujui oleh Komite Etik Penelitian Kesehatan USU No: 1383/KEPK/USU/2024

Pernyataan Persetujuan (Informed Consent Statement): Tidak berlaku (penelitian tidak melibatkan manusia).

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

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anusavice K, Shen C, Rawls HR. Phillips's science of dental materials. 12th ed. St. Louis: Elsevier; 2013. p. 92–100.
2. Wulandari S, Zulkarnain M. Pengaruh penambahan kitosan nano gel pada bahan basis gigi tiruan RAPP terhadap kekerasan: Eksperimental laboratoris. J Ked Gi Univ Padj. 2023;35(3):269–74. <https://doi.org/10.24198/jkg.v35i3.50414>
3. Hassan M, Asghar M, Din SU, Zafar MS. Chapter 8 - Thermoset polymethacrylate-based materials for dental applications. In: Grumezescu V, Grumezescu AM, editors. Materials for Biomedical Engineering. Romanisa: Elsevier; 2019. p. 273–308.
4. Manappallil JJ. Basic dental materials. 5th ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd; 2016. p. 538.
5. Prajwala N, Kumar R, Sujesh M, Chalapathi D, Pavani L. Denture base reinforcing materials - A review. IP Ann Prosthodont Restor Dent. 2022;6(2):52–9. <https://doi.org/10.18231/j.aprd.2020.014>

6. Iftikhar J, Saleem MN, Awais F, Naz A, Tuasene A, Saleem Z, et al. Frequency and causes of fracture of acrylic resin complete dentures in edentulous patients. *PJMHS*. 2022;16(07):160. <https://doi.org/10.53350/pjmhs22167160>
7. Risnasari I, Karolina R, Fathurrahman, Pulungan IH, Handinata O. Alat universal testing machine (UTM) dan pengoperasiannya. Banyumas: PT. Pena Persada Kerta Utama; 2022. p. 7.
8. Sitorus Z, Dahar E. Perbaikan sifat fisis dan mekanis resin akrilik polimerisasi panas dengan penambahan serat kaca. *Dentika Dent J*. 2012;17(1):24–9. <https://doi.org/10.32734/dentika.v17i1.1768>
9. Fatiasari W, Syafii W, Wistara N, Syamsu K, Prasetya B. Lignin and cellulose changes of betung bamboo (*Dendrocalamus asper*) pretreated Microwave Heating. *IJASEIT*. 2016;6(2):186–95. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.6.2.688>
10. Rahayu Y, Ervianti D, Nabila R. Bamboo in the area of Sumatra Institute of Technology and its potency in landscape gardens. *J Biologica Samudra*. 2020;2(2):79–86. <https://doi.org/10.33059/jbs.v2i2.2310>
11. Tayeb AH, Amini E, Ghasemi S, Tajvidi M. Cellulose nanomaterials - Binding properties and applications: A review. *Molecules*. 2018;23(10):2684. <https://doi.org/10.3390/molecules23102684>
12. Riyadi W, Purwasasmita BS, Imam DNA. Penambahan nanoselulosa sekam padi terhadap kekuatan fleksural basis gigi tiruan RAPP. *E-Prodentia J Dent*. 2020;4(2):336–42. <http://dx.doi.org/10.21776/ub.eprodenta.2020.004.02.5>
13. Tarsis JT, Wahyuni S. Pengaruh penambahan nanoselulosa serat daun nanas pada basis gigi tiruan RAPP. *J Ked Gi Univ Padj*. 2023;35(3):251–5. <https://doi.org/10.24198/jkg.v35i2>
14. Aupaphong V, Kraiwattanawong K, Thanathornwong B. Effects of nanocrystal cellulose from bamboo on the flexural strength of acrylic resin: In vitro. *Dent J (Basel)*. 2022;10(7):129. <https://doi.org/10.3390/dj10070129>
15. Putranti DT, Angelica A. Pengaruh penambahan nano hidroksiapatit cangkang kerang kepah pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas. *J Ked Gi Univ Padj*. 2024;36(1):28–37. <https://doi.org/10.24198/jkg.v36i1.51113>
16. Ariestania V, Teguh PB, Yusuf D. The difference of surface roughness in acrylic resin self-cured with addition of zirconium dioxide particles as a denture repaired materials. *Indo J Prosthodontics*. 2020;1(2):67–70. <https://doi.org/10.46934/ijp.v1i2.23>
17. Pantow FPCC, Siagian KV, Pangemanan DHC. Perbedaan kekuatan transversal basis resin akrilik polimerisasi panas pada perendaman minuman beralkohol dan aquades. *J e Gigi*. 2015;3(2):398–402. <https://doi.org/10.35790/eg.3.2.2015.9634>
18. Ferasima R, Zulkarnain M, Nasution H. Pengaruh penambahan serat kaca dan serat polietilen terhadap kekuatan impak dan transversal pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas. *IDJ*. 2013;2(1):27–37. <https://doi.org/10.18196/di.v2i1.555>
19. Dils J, Boel V, De Schutter G. Vacuum mixing technology to improve the mechanical properties of ultra-high performance concrete. *Mater Struct*. 2015;48(11):3485–501. <https://doi.org/10.1617/s11527-014-0416-2>
20. Sormin LTM, Rumampuk JF, Wowor VNS. Uji kekuatan transversal RAPP yang direndam dalam larutan cuka aren. *J e-Gigi*. 2017;5(1):30–4. <https://doi.org/10.35790/eg.5.1.2017.14771>
21. Verma YG, Singh AK, Paswa MK, Gurmaila PK. Preparation and characterization of bamboo based nanocellulose by ball milling and used as a filler for preparation of nanocomposite. *Polymer*. 2024;308:127396. <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2024.127396>
22. Oleiwi JK, Hamad QA, Abdul Rahman HJ. Studying the effect of natural bamboo and rice husk powders on compressive strength and hardness of acrylic resin. *Iraqi J Mech Mater Eng*. 2019;19(1):105–13. <http://dx.doi.org/10.32852/ijqfmme.v19i1.265>
23. Hameed TM, Al-Dabbagh BM, Jasim RK. Reinforcement of denture base materials with nano sisal fibers powder. *Mater Today Proc*. 2022;61:1015–22. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.10.287>