

Perbedaan modulus elastisitas basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas tanpa dan dengan penambahan nanoselulosa serat daun nanas: studi eksperimental laboratoris

Zefanya Cornelia
Simorangkir¹
Siti Wahyuni^{2*}

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

*Korespondensi
Email | siti.wahyuni@usu.ac.id

Submisi | 22 Juni 2023
Revisi | 08 Agustus 2023
Penerimaan | 30 Agustus 2023
Publikasi Online | 30 Desember 2023
DOI: [10.24198/jkg.v35i2.47746](https://doi.org/10.24198/jkg.v35i2.47746)

p-ISSN [0854-6002](https://doi.org/10.24198/jkg.v35i2.47746)
e-ISSN [2549-6514](https://doi.org/10.24198/jkg.v35i2.47746)

Sitasi | Simorangkir ZC, Wahyuni S.
Pengaruh nanoselulosa serat daun nanas terhadap modulus elastisitas basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas: Studi eksperimental laboratoris. J Ked G. 2023;35(3):223-229. DOI: [10.24198/jkg.v35i2.47746](https://doi.org/10.24198/jkg.v35i2.47746)



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

ABSTRAK

Pendahuluan: Basis gigi tiruan pada umumnya dibuat menggunakan bahan resin akrilik polimerisasi panas. Resin akrilik polimerisasi panas memiliki kekurangan yaitu salah satunya mudah mengalami fraktur. Hal ini dapat diatasi dengan meningkatkan modulus elastisitas resin akrilik dengan penambahan nanoselulosa serat daun nanas sebagai bahan penguat. Keunggulan yang dimiliki nanoselulosa serat daun nanas yaitu mempunyai kekuatan mekanik yang baik, non-sitotoksik, non-inflamasi, ramah lingkungan, kelimpahan yang banyak, dan tidak mahal. Tujuan penelitian menganalisis pengaruh penambahan nanoselulosa serat daun nanas pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap modulus elastisitas. **Metode:** Penelitian ini adalah eksperimental laboratoris dengan sampel berukuran 65×10×2,5 mm sebanyak 27 sampel. Sampel dibuat dari daun nanas yang dihaluskan hingga menjadi bubuk dan dilakukan delignifikasi untuk menghilangkan lignin serta bleaching. Kemudian keringkan dengan oven dan ball-mill untuk mengubah ukuran menjadi nano. Setiap sampel diuji dengan *Universal Testing Machine* untuk mengetahui nilai modulus elastisitas. **Hasil:** Berdasarkan uji univariat nilai rerata dan standar deviasi modulus elastisitas basis resin akrilik polimerisasi panas tanpa penambahan sebesar 5168,31 ± 560,49 MPa, dengan penambahan nanoselulosa serat daun nanas konsentrasi 1% sebesar 6016,26 ± 374,11 MPa, dan dengan penambahan nanoselulosa serat daun nanas konsentrasi 1,5% sebesar 8536,37 ± 406,58 MPa. Uji Anova satu arah didapatkan hasil yang signifikan dengan nilai $p=0,001$ ($p<0,05$) dan uji LSD yang signifikan dengan nilai $p=0,001$ ($p<0,05$) dan $p=0,0001$ ($p<0,05$). **Simpulan:** Terdapat perbedaan modulus elastisitas tanpa dan dengan penambahan nanoselulosa serat daun nanas.

Kata kunci:

basis gigi tiruan, resin akrilik polimerisasi panas, nanoselulosa, serat daun nanas, modulus elastisitas

Differences in modulus elasticity of heat polymerized acrylic resin denture base without and with the addition of pineapple leaf fiber nanocellulose: a laboratory experimental study

ABSTRACT

Introduction: Resin base heat cured has disadvantages, one of which is easy to fracture. This problem can be prevented by increasing the modulus elasticity of acrylic resin, by adding nanocellulose fiber of pineapple leaves as a reinforcing material. The advantages of pineapple leaf fiber nanocellulose are good mechanical strength, non-cytotoxic, non-inflammatory, environmentally friendly, abundant, and inexpensive. The purpose of this study was to analyze whether there was an effect of adding pineapple leaf fiber nanocellulose at concentrations of 1% and 1.5% on denture base heat cured acrylic resin on modulus elasticity. **Methods:** The design of this research was laboratory experimental with a sample size of 65×10×2.5mm 27 samples. Samples were made from pineapple leaves that were pulverized into powder and delignified to remove lignin and bleaching. Then oven-dried and ball-milled to change the size to nano. Each sample was tested with a Universal Testing Machine to determine the modulus of elasticity. **Results:** Analyzed by univariate test to determine the average value and standard deviation, the results of the average without additions were 5168,31±560,49 MPa; with the addition of nanocellulose pineapple leaf fiber concentration 1 %, it was 6016,26±374,11 MPa, and with the addition of nanocellulose fiber from pineapple leaves at a concentration of 1.5%, it was 8536,37±406,58 MPa. ANOVA test was carried out with the result of a significant effect with a value of $p=0.001$, and LSD test; there was a significant effect with the value of $p=0,001$ ($p<0,05$) and $p=0,0001$ ($p<0,05$). **Conclusion:** There is a difference in modulus elasticity without and with the addition of pineapple leaf fiber nanocellulose. The results of the one-way ANOVA test showed that there was a significant difference in pineapple leaf fiber nanocellulose concentrations of 1% and 1.5% in the heat polymerized acrylic resin denture base on the elastic modulus with a value of $p=0.001$ ($p<0.05$).

Keywords

denture base, heat cured acrylic resin, nanocellulose, pineapple leaf fiber, modulus of elasticity

PENDAHULUAN

Basis gigi tiruan adalah bagian gigi tiruan yang bersandar pada jaringan pendukung dan tempat anasir gigi tiruan dilekatkan.¹ Gigi tiruan lepasan yang paling banyak digunakan terbuat dari bahan polimetil metakrilat (PMMA) atau sering disebut resin akrilik.² Resin akrilik telah dikenal sejak lama sebagai bahan pembuatan gigi tiruan dalam bidang kedokteran gigi. Resin akrilik polimerisasi panas (RAPP) adalah bahan basis gigi tiruan yang proses polimerisasinya membutuhkan energi termal atau energi panas.³ Resin akrilik jenis polimetil metakrilat sering digunakan sebagai basis gigi tiruan karena beberapa kelebihan yang dimiliki antara lain estetis terpenuhi, dapat memperbaiki kemampuan pengunyahan, dan harga relatif murah, serta dapat direparasi.⁴ Meskipun demikian RAPP memiliki kelemahan yaitu mudah fraktur. Frakturnya basis gigi tiruan disebabkan adanya deformasi permanen (*compressive yield strength*) akibat modulus elastisitas resin akrilik polimerisasi panas yang sudah berada di atas ambang batas *stress point*.^{5,6}

Upaya dalam mengatasi kelemahan RAPP adalah dengan meningkatkan modulus elastisitasnya. Salah satu caranya yaitu dengan memberikan penambahan bahan penguat nanoselulosa dari serat daun nanas. Serat daun nanas mengandung 69,5-71,5% selulosa. Berdasarkan data pertanian dari Badan Pusat Statistik Indonesia 2019, Sumatera Utara memasuki urutan ke-7 penghasil nanas di Indonesia. Kemudian Berdasarkan data dari badan pusat statistik Provinsi Sumatera Utara, penghasil nanas yang paling banyak dihasilkan tahun 2019, oleh daerah Tapanuli Utara.⁷ Pemanfaatan tanaman nanas selama ini hanya sebatas pada buahnya saja sedangkan daun nanas relatif belum banyak dimanfaatkan. Saat panen, tanaman ini harus diganti dengan tanaman nanas yang baru sedangkan daunnya hanya dibuang sebagai limbah dari petani nanas.

Daun nanas merupakan limbah pertanian yang cukup melimpah dengan potensi limbah mencapai 66.456 ton per tahun. Tanaman nanas akan dibongkar setelah dua atau tiga kali panen untuk diganti tanaman baru, yang mengakibatkan limbah daun nanas terus bertambah.⁸ Daun nanas biasanya akan selalu digunakan lagi untuk kebutuhan pertanian. Daun tersebut atau disebut mahkotanya dan juga tunas, akan dibuat sebagai bibit yang nantinya akan tumbuh dan menghasilkan buah nanas kembali. Namun selain itu terkait dengan penelitian ini, dan komposisi kimia yang terkandung di dalamnya, daun nanas dapat dijadikan sebagai bahan untuk penguat basis gigi tiruan.

Selulosa dapat disintesis menjadi nanoselulosa dengan cara menghilangkan matriks hemiselulosa dan lignin sehingga memiliki kestabilan termal serta peningkatan kristalin, struktur, dan morfologi permukaan. Nanoselulosa memiliki diameter 1-100 nm dan panjang 500-2000 nm⁹, sedangkan diameter selulosa yaitu 4,28-3,12 µm. Semakin kecil partikel bahan yang ditambahkan, maka semakin baik homogenitasnya, sehingga permukaan akrilik lebih halus, dan kekuatan mekanik akrilik meningkat.^{10,11} Kestabilan rantai polimer dan sifat aktif dari nanoselulosa akan meningkatkan modulus elastisitas basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas.¹²

Daun nanas yang memiliki kandungan selulosa tinggi ternyata bisa dimanfaatkan sebagai bahan penguat untuk material kedokteran gigi. Peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan selulosa serat daun nanas dengan konsentrasi 0, 1,5, 1,8 dan 2% terhadap kekuatan fleksural RAPP, menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna antar kelompok perlakuan. Kebaruan dalam penelitian disini adalah penggunaan nanoselulosa sebagai bahan penguat RAPP. Jadi, selulosa yang terkandung pada daun nanas disintesis untuk mendapatkan ukuran nano. Tujuan penelitian adalah menganalisis perbedaan modulus elastisitas basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas tanpa dan dengan penambahan nanoselulosa serat daun nanas.

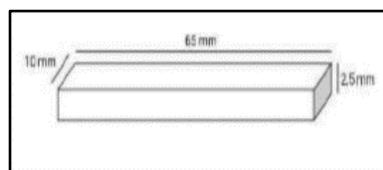
METODE

Metode penelitian ini adalah eksperimental laboratoris. Penelitian eksperimen adalah penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan, kondisi yang terkendalikan dimaksud adalah adanya hasil dari penelitian dikonsversikan ke dalam angka-angka, untuk analisis yang digunakan adalah dengan menggunakan analisis statistik.

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.

Lokasi pembuatan sampel di uji dental FKG USU dan ruang penelitian prostodonsia. Lokasi pembuatan nanoselulosa serat daun nanas di Laboratorium Fitokimia Farmasi USU dan Laboratorium Terpadu USU. Lokasi mengukur besar partikel nanoselulosa dengan alat SEM UPT Laboratorium Terpadu USU. Tempat pengujian sampel Laboratorium Impact and Fracture Research Center (IFRC) Departemen Teknik Mesin USU. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari–Maret 2023.

Sampel penelitian yang digunakan adalah resin akrilik polimerisasi panas. Pengukuran modulus elastisitas menggunakan model induk yang dibuat dari logam kuningan dengan ukuran 65×10×2,5±0,5 mm sesuai *International Standard Organization* No 1567 sebanyak 27 sampel. Penelitian ini menggunakan 3 kelompok yaitu kelompok kontrol (Kelompok A), kelompok dengan penambahan nanoselulosa serat daun nanas 1% (Kelompok B), dan kelompok dengan penambahan nanoselulosa serat daun nanas 1,5% (Kelompok C).



Gambar 1. Bentuk dan ukuran sampel¹³

Penelitian diawali dengan pembuatan nanoselulosa serat daun nanas. Pertama, ekstraksi selulosa dengan membersihkan daun nanas, dikeringkan lalu dipotong-potong dengan ukuran ± 1 cm. Daun nanas yang sudah kering dihancurkan dengan *blender* dan disaring dengan *mesh* 40. Serat daun nanas direndam ke dalam 300 ml larutan NaOH 2% selama 2 jam menggunakan *hot plate thermostat*. Tahap ini disebut delignifikasi untuk menghilangkan lignin. Setelah itu bilas dan campuran di *bleaching* menggunakan NaOCl 10% (larutkan 200 ml NaOCl dengan 100 ml Aquades) selama 30 menit pada *hot plate thermostat*. Bilas untuk menghilangkan bau hipoklorit, dan keringkan dengan *oven* pada suhu 60°C , sehingga, didapatkan selulosa kering. Nanoselulosa dihasilkan dengan metode mekanik yaitu menggunakan alat *ball-mill*. Selulosa serat daun nanas dimasukkan ke dalam *ball-mill* selama satu jam dengan kecepatan putaran 1200 rpm, maka akan didapatkan nanoselulosa serat daun nanas.

Pembuatan mold dengan mencampur gips 30 g dan 900 ml air, aduk hingga homogen lalu tuang ke dalam kuvet bawah. Aplikasikan *vaseline* pada kuvet dan gips yang sudah mengeras. Model induk dari logam kuningan berukuran $65 \times 10 \times 2,5$ mm ditanam ke dalam kuvet. Kemudian isi kuvet bagian atas, *pres* dan diamkan selama 45 menit hingga mengeras. Setelah gips mengeras, model induk dapat dikeluarkan dari kuvet.

Pembuatan sampel basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas adalah polimer resin dan nanoselulosa dicampurkan ke dalam pot akrilik hingga homogen kemudian ditambahkan monomer dengan perbandingan 2g:1ml. Aduk secara perlahan hingga homogen dan tunggu adonan mencapai *dough stage*. Penambahan konsentrasi 1% dengan berat nanoselulosa adalah 0,05 gram, polymer resin 4,95 gram, dan 3 ml monomer. Penambahan konsentrasi 1,5% dengan berat nanoselulosa adalah 0,75 gram, polymer resin 4,25 gram, dan 3 ml monomer.

Resin akrilik diletakkan ke dalam cetakan kuvet yang telah diaplikasikan *could mould seal*. *Pres* Kuvet dengan alat *pres* hidrolik pada tekanan 1000 psi lalu buka kuvet dan bersihkan akrilik yang berlebih dengan *lecron*. Tutup kuvet dan *pres* kembali dengan tekanan 2200 psi, kemudian kunci kuvet. Setelah itu, masukkan kuvet ke dalam *waterbath* dengan suhu dan waktu kuring 70°C selama 90 menit, kemudian dinaikkan suhu menjadi 100°C dan biarkan selama 30 menit. Kemudian, biarkan kuvet dingin hingga mencapai suhu ruangan. Keluarkan sampel dari kuvet dan rapikan bagian yang tajam menggunakan bur *fraser*. Sampel kemudian dibersihkan dan dihaluskan dengan menggunakan kertas pasir dengan ukuran 150, 400, 800, 1000, 1200 dengan menggunakan *rotary grinder*, dan dipoles dengan bur *polish*.

Sampel diuji dengan alat *Universal Testing Machine* dengan gaya tertentu hingga terjadi perubahan panjang pada setiap sampel. Data yang langsung diperoleh dari *Universal Testing Machine* ini adalah perubahan panjang sampel terhadap setiap besar gaya yang diberikan. Hasil ini akan dikonversikan ke dalam bentuk grafik strain-strength. Data awal inilah yang kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan komputer untuk mendapatkan parameter-parameter yang telah disebutkan di atas.

Setelah itu dilakukan analisis data yaitu analisis univariat untuk mengetahui nilai rata-rata dan standar deviasi serta nilai minimum, maksimum, dan median modulus elastisitas masing-masing kelompok. Uji Anova satu arah untuk mengetahui adanya perbedaan modulus elastisitas basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas tanpa dan dengan penambahan nanoselulosa serat daun nanas Selanjutnya dilakukan Uji LSD (*Least Significance Different*) untuk mengetahui adanya perbedaan modulus elastisitas basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas tanpa dan dengan penambahan nanoselulosa serat daun nanas dengan konsentrasi 1 dan 1,5%.

HASIL

Hasil penelitian ini berdasarkan uji univariat nilai rerata dan standar deviasi modulus elastisitas basis resin akrilik polimerisasi panas tanpa nanoselulosa adalah $5168,31 \pm 560,49$ MPa, dengan nanoselulosa serat daun nanas konsentrasi 1% adalah $6016,26 \pm 374,11$ MPa, dan dengan nanoselulosa serat daun nanas konsentrasi 1,5% adalah $8536,37 \pm 406,58$ MPa. Uji normalitas data dengan menggunakan uji Shapiro-Wilk untuk mengetahui data seluruh kelompok adalah normal. Hasil uji normalitas data pada kelompok kontrol diperoleh tingkat signifikansi $p=0,32$, kelompok konsentrasi 1% diperoleh tingkat signifikansi $p=0,5$, dan kelompok konsentrasi 1,5% diperoleh tingkat signifikansi $p=0,61$. Berdasarkan hasil uji normalitas tersebut, seluruh nilai diperoleh $p>0,05$ hal ini menunjukkan seluruh data berdistribusi normal. Uji homogenitas data diperoleh menggunakan uji Levene, dengan nilai homogenitas 1,33 dan tingkat signifikansi $p=0,28$ ($p>0,05$). Hal ini menunjukkan data yang diperoleh homogen. Dikarenakan data penelitian ini normal dan homogen, maka pengujian dilanjutkan dengan menggunakan uji statistik Anova satu arah.

Tabel 1. Nilai modulus elastisitas resin akrilik polimerisasi panas tanpa dan dengan penambahan nanoselulosa serat daun nenas 1 dan 1,5%

No sampel	Modulus elastisitas (MPa)		
	Tanpa penambahan nanoselulosa	Dengan penambahan nanoselulosa	
		1%	1,5%
1	4634.6	5809.4	7893.2*
2	4668	6127.4	9100.4**
3	4481.8*	5897.6	8707.4
4	5085	5826	8730
5	5119	5439.6*	8644.8
6	4968.6	6144	8214.2
7	6007.8**	6782.8**	8285.2
8	5866.2	6252.2	8220.4
9	5683.8	5867.4	9031.8
$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} = 5168,31$ SD = 560,49	$\bar{X} = 6016,26$ SD = 374,11	$\bar{X} = 8536,37$ SD = 406,58

Selanjutnya, hasil uji ANOVA satu arah adalah adanya pengaruh yang signifikan nanoselulosa serat daun nenas konsentrasi 1% dan 1,5% pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap modulus elastisitas dengan nilai $p=0,001$ ($p<0,05$). Kemudian hasil uji LSD, ada perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok nanoselulosa 1% dengan $p=0,001$ ($p<0,05$), kelompok kontrol dengan kelompok penambahan nanoselulosa 1,5% dengan $p=0,0001$ ($p<0,05$), dan kelompok nanoselulosa 1% dengan kelompok nanoselulosa 1,5% dengan $p=0,0001$ ($p<0,05$).

Tabel 2. Perbedaan modulus elastisitas basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas tanpa dan dengan penambahan nanoselulosa serat daun nenas 1% pada 1,5% berdasarkan uji Anova satu arah

Kelompok	Modulus elastisitas (MPa)		
	n	$\bar{X} \pm SD$	p-value
A	9	5168,31 ± 560,49	0,001*
B	9	6016,26 ± 374,11	
C	9	8536,37 ± 406,58	

Keterangan: * = Signifikan ($p<0,05$); A: tanpa nanoselulosa; B: nanoselulosa serat daun nenas 1%; C: nanoselulosa serat daun nenas 1,5%

Perbedaan nanoselulosa serat daun nenas 1% dan 1,5% pada bahan basis gigi tiruan RAPP terhadap modulus elastisitas dapat dievaluasi dengan uji LSD (*Least Significant Different*). Berdasarkan uji LSD dapat terlihat perbedaan pengaruh antara kelompok tanpa nanoselulosa serat daun nenas dengan kelompok nanoselulosa serat daun nenas 1% terhadap modulus elastisitas dengan nilai $p=0,001$ ($p<0,05$). Kelompok tanpa nanoselulosa serat daun nenas dengan kelompok nanoselulosa serat daun nenas 1,5% terhadap modulus elastisitas dengan nilai $p = 0,0001$ ($p<0,05$), dan kelompok nanoselulosa serat daun nenas 1% dengan kelompok nanoselulosa serat daun nenas 1,5% terhadap modulus elastisitas dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$).

Tabel 3. Nilai perbedaan pengaruh tanpa dan setelah nanoselulosa serat daun nenas 1 dan 1,5% pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap modulus elastisitas berdasarkan uji LSD.

Kelompok	Modulus elastisita (MPa)	
	Selisih rerata	p-value
A-B	847,95	0,001*
A-C	3368,06	0,0001*
B-C	2520,11	0,0001*

Keterangan : * = Signifikan ($p<0,05$); A: tanpa nanoselulosa; B: nanoselulosa serat daun nenas 1%; C: nanoselulosa serat daun nenas 1,5%.

PEMBAHASAN

Nilai rerata \pm SD modulus elastisitas kelompok tanpa penambahan nanoselulosa adalah 5168,31 \pm 560,49 MPa. Nilai rerata \pm SD modulus elastisitas kelompok penambahan nanoselulosa 1% adalah 6016,26 \pm 374,11 MPa. Nilai rerata \pm SD modulus elastisitas kelompok penambahan nanoselulosa 1,5% adalah 8536,37 \pm 406,58 MPa (Tabel 1). Perbedaan nilai rerata modulus elastisitas yang terbesar terdapat pada kelompok penambahan nanoselulosa 1,5% dan nilai terkecil pada kelompok tanpa penambahan nanoselulosa.

Hasil uji modulus elastisitas menggunakan *Universal Testing Machine* didapatkan nilai modulus elastisitas yang bervariasi pada setiap sampel dalam kelompok. Perbedaan kekuatan fleksural pada resin akrilik yang diberi perlakuan berbeda pada penelitian sebelumnya juga menghasilkan nilai yang bervariasi.¹⁶ Variasi nilai ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang tidak dapat dikendalikan selama penelitian yang memengaruhi proses polimerisasi bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas, antara lain pencampuran antara polimer dan monomer RAPP yang tidak dilakukan secara bersamaan untuk semua sampel dan teknik pengadukan manual yang menyebabkan kecepatan dan kekuatannya tidak dapat dikendalikan secara sempurna. Ferasima R. dkk⁵ menyatakan teknik pengadukan yang manual dapat menyebabkan terperangkapnya udara di dalam matriks bahan basis gigi tiruan RAPP sehingga dapat terjadi porositas yang dapat memengaruhi sampel lebih mudah retak dan fraktur.⁵ Fransisca dkk¹⁴ menyarankan penggunaan alat vacum mixer saat pengadukan bahan basis gigi tiruan RAPP agar tidak ada udara yang terperangkap dalam matriks polimer.¹⁴

Hasil uji ANOVA satu arah menunjukkan signifikansi dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$) (Tabel 1). Hal ini berarti ada pengaruh penambahan nanoselulosa serat daun nanas 1% dan 1,5% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap modulus elastisitas. Hasil penelitiannya menunjukkan modulus elastisitas memiliki nilai yang lebih besar pada nanoselulosa konsentrasi 1,5% yang artinya bahan semakin mudah mengikuti tekanan yang diberikan dan tidak *brittle*, sehingga bahan tidak mudah retak maupun fraktur.¹⁷ Berdasarkan data yang diperoleh, hasil uji ANOVA satu arah menunjukkan signifikansi dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$). Sama halnya dengan penelitian sebelumnya oleh Shafira, menunjukkan signifikansi dengan nilai $p<0,05$.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bahan basis gigi tiruan RAPP yang ditambahkan dengan nanoselulosa 1% dan 1,5% memiliki perbedaan yang signifikan dalam peningkatan modulus elastisitas. Jenis ikatan polimer pada resin akrilik atau Poly Methyl Methacrylate (PMMA) merupakan ikatan lurus dan memiliki ketidakstabilan ikatan. Ikatan polimer yang tidak stabil akan membentuk radikal bebas dan memengaruhi kekuatan mekanik RAPP. Senyawa -OH pada nanoselulosa akan membentuk ikatan hidrogen dengan senyawa dari PMMA yang dapat meningkatkan kestabilan rantai polimer tersebut. Ikatan hidrogen antara PMMA dan nanoselulosa ini dapat mengisi celah matriks PMMA sehingga permukaan resin akrilik polimerisasi panas menjadi lebih halus dan rata. Kestabilan rantai polimer dan sifat aktif dari nanoselulosa akan meningkatkan kekuatan fleksural basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas.¹¹ Kekuatan fleksural/transversal dipengaruhi oleh modulus elastisitas, sehingga kekuatan transversal yang tinggi didapat dari modulus elastisitas yang tinggi juga.¹⁶

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Shafira¹⁷ tentang selulosa serat daun nanas konsentrasi 0%, 1,5%, 1,8% dan 2% dengan hasil kekuatan transversal paling baik di konsentrasi 1,5%¹⁷ dan penelitian oleh Ni kadek¹⁹ tentang penambahan serat daun nanas dengan konsentrasi 0%, 5%, 10% dan 15% dengan hasil kekuatan transversal setelah penambahan terjadi penurunan.¹⁹ Nilai kekuatan mekanis RAPP semakin rendah dapat dihubungkan dengan konsentrasi pengisi pada matriks yang terlalu tinggi atau melebihi batas penambahan pengisian ideal. Konsentrasi bahan pengisi yang semakin tinggi dapat memperbesar interaksi di antara partikel pengisi tersebut yang mengakibatkan adanya pembentukan aglomerat. Aglomerasi yang terjadi dikarenakan konsentrasi pengisi yang terlalu tinggi menyebabkan polimer tidak homogen secara struktur dan pada level stress point tertentu dapat terlepas dari matriks.²⁰ Sehingga berdasarkan penelitian tersebut penelitian ini menggunakan konsentrasi nanoselulosa tidak lebih dari 1,5%.

Hasil uji LSD (*Least Significant Difference*) pada Tabel 2 menunjukkan adanya perbedaan pengaruh modulus elastisitas yang signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok penambahan nanoselulosa 1% terhadap modulus elastisitas dengan rerata 847,95 MPa dan nilai $p=0,001$. Kelompok kontrol dengan kelompok penambahan nanoselulosa 1,5% terhadap modulus elastisitas dengan rerata 3368,06 MPa dan nilai $p=0,0001$. Kelompok penambahan nanoselulosa 1% dengan kelompok penambahan nanoselulosa 1,5% terhadap modulus elastisitas dengan rerata 2520,11 MPa dan nilai $p=0,0001$. Jika dibandingkan dengan penelitian lainnya mengenai penambahan selulosa serat daun nanas dan pengaruhnya terhadap kekuatan transversal, bahwa pada uji Post Hoc HSD kekuatan transversal resin akrilik dan serat daun nanas dengan konsentrasi 0%, 1,5%, 1,8% dan 2% menunjukkan terdapat perbedaan bermakna antar kelompok spesimen perlakuan.¹⁷ Adanya perbedaan nilai modulus elastisitas yang cukup jauh berbeda antara kedua konsentrasi yaitu pada konsentrasi 1% sebesar 6016,26 MPa dan konsentrasi 1,5% sebesar 8536,37 MPa. Perbedaan ini terjadi akibat adanya gaya tarik menarik partikel pada penambahan 1% nanoselulosa dengan polimetil metakrilat yang belum berikatan dengan sempurna karena kurangnya pasangan antara partikel nanoselulosa dengan polimetil metakrilat.²¹ Hal ini menyebabkan polimer belum homogenitas secara struktur dan pada level stress point tertentu dapat terlepas dari matriks sehingga basis gigi tiruan akan lebih mudah fraktur pada kelompok bahan penguat 1% nanoselulosa.

Saat penambahan bahan penguat 1,5% nano selulosa, partikel berikatan dengan polimetil metakrilat lebih baik dibandingkan pada penambahan 1% nanoselulosa serat daun nanas. Partikel polimetil metakrilat lebih banyak berpasangan dan terjadi adhesi yang maksimal. Saat beban diletakkan pada basis gigi tiruan dengan penambahan bahan penguat 1% nanoselulosa akan berbeda kekuatan frakturnya dengan penambahan bahan penguat 1,5% karena memiliki perbedaan jumlah pasangan yang saling berikatan satu sama lain.²²

Penelitian ini menghasilkan nilai modulus elastisitas yang meningkat dengan peningkatan konsentrasi bahan penguat nanoselulosa. Hasil penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian sebelumnya yaitu sama-sama memiliki pengaruh yang signifikan karena adanya perbedaan hasil dari setiap sampel yang telah di uji modulus elastisitas. Namun, terdapat perbedaan dari jenis bahan yang ditambahkan pada sampel. Penelitian sebelumnya memakai ekstrak selulosa nanas, sedangkan penelitian ini menggunakan nanoselulosa nanas yang ditambahkan pada sampel. Peningkatan nilai modulus elastisitas didapat karena nilai regangan yang semakin kecil dibandingkan dengan nilai tegangan yang diberikan. Semakin besar nilai modulus elastisitas, maka semakin besar tegangan/ gaya yang akan ditransmisikan dibawah basis gigi tiruan dan regangan akan semakin kecil, artinya elastisitas semakin

kecil dan ketangguhan semakin besar. Ketangguhan atau kekerasan pada basis akan sulit menyerap gaya yang diberikan, sehingga basis gigi tiruan tidak mudah berubah bentuk atau deformasi permanen yang berperan penting dalam menerima beban pengunyahan dan akan memiliki ambang batas *stress point* yang tinggi sampai basis tersebut fraktur.

Aplikasi klinis dari hasil penelitian ini adalah pada kasus yang membutuhkan basis gigi tiruan RAPP yang kuat, maka dapat menambahkan nanoselulosa 1,5% sebagai bahan penguat, sehingga basis gigi tiruan akan lebih tahan terhadap fraktur dan dapat menahan beban benturan yang terjadi secara berulang. Implikasi dari hasil penelitian ini adalah dapat memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu kedokteran gigi khususnya di bidang prostodonsia, Sebagai dasar penelitian lebih lanjut untuk mengatasi penurunan modulus elastisitas dengan penambahan nanoselulosa dari serat daun nanas pada resin akrilik polimerisasi panas, Sebagai usaha untuk mengoptimisasi limbah daun nanas yang hanya dibiarkan menumpuk sebagai limbah pertanian, dan Hasil penelitian dapat menjadi masukan informasi untuk dokter gigi dan laboran tentang modulus elastisitas resin akrilik polimerisasi panas dengan penambahan nanoselulosa dari serat daun nanas.

Beberapa kelemahan dari penelitian ini yang yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perbedaan modulus elastisitas basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas tanpa dan dengan penambahan nanoselulosa serat daun nanas. Penambahan nanoselulosa serat daun nanas dengan menggunakan teknik pengadukan dengan alat *vacuum mixers* supaya menghasilkan pencampuran yang homogen antara polimer resin akrilik polimerisasi panas dan partikel nanoselulosa sehingga porositas internal dapat diminimalkan dan berpengaruh terhadap nilai modulus elastisitas resin nantinya. Kemudian perlu dilakukan kembali penelitian lebih lanjut mengenai penambahan nanoselulosa serat daun nanas dengan memperhatikan tahap pengepresan. Pastikan banyaknya bahan resin yang dimanipulasi sesuai dengan kebutuhan, sehingga saat pengepresan tidak banyak resin yang terbuang dan nanoselulosa dapat terdistribusi merata pada seluruh sampel. Terakhir yaitu untuk memperkuat hasil penelitian ini, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh penambahan nanoselulosa serat daun nanas 1% dan 1,5% pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap sifat lainnya seperti kekuatan impak, porositas dan kekasaran permukaan.

SIMPULAN

Terdapat perbedaan modulus elastisitas basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas tanpa dan dengan penambahan nanoselulosa serat daun nanas 1% dan 1,5%. Modulus elastisitas pada kelompok penambahan nanoselulosa 1,5% memiliki nilai yang lebih besar daripada konsentrasi 1% dan perbedaan nilai yang cukup jauh berbeda antara keduanya. Konsentrasi 1,5% merupakan tingkat konsentrasi paling baik yang ditambahkan pada bahan basis gigi tiruan RAPP terhadap modulus elastisitas.

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

Pendanaan: Penelitian ini tidak menerima dana dari luar.

Persetujuan Etik: Penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan deklarasi Helsinki, dan telah disetujui oleh Komite Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran USU No. 259/KEPK/USU/2023

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

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

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Jannah MK, Zulkarnain M. Pengaruh perendaman cuka sari apel terhadap stabilitas warna dan kekuatan fleksural basis gigi tiruan nilon termoplastik The effect of apple cider vinegar immersion on the colour stability and flexural strength of the thermoplastic nylon denture base. *Padj J Dent Res Stud* 2022;6(1): 28-36. DOI: [10.24198/pjdrs.v6i1.33156](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v6i1.33156)
- Nallaswamy D. *Textbook Of Prosthodontics*. 2nd Ed . India : Jaypee Brother Medical 2017. p. 100
- Dahar E, Handayani S. Pengaruh penambahan zirkonium oksida pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan impak dan transversal. *J Ilm Pann (Pharmacist, Analyst, Nurse, Nutrition, Midwifery, Environment, Dentist)*. 2017;12(2):194–9. DOI: [10.36911/panmed.v12i2.19](https://doi.org/10.36911/panmed.v12i2.19)
- Sundari I, Sofya PA, Hanifa M. Studi kekuatan fleksural antara resin akrilik heat cured dan termoplastik nilon setelah direndam dalam minuman kopi Ulee Kareng (*Coffea robusta*). *J Sjah Kuala Dentistry Society*, 2016;1(1):51-58.
- Ferasima R, Zulkarnain M, Nasution H. Pengaruh penambahan serat kaca dan serat polietilen terhadap kekuatan impak dan transversal pada bahan basis gigitiruan resin akrilik polimerisasi panas. *Insisiva Dent J: Maj Kedok Gigi Insisiva*. 2013;2(1). DOI : [10.18196/di.v2i1.555](https://doi.org/10.18196/di.v2i1.555)
- Ali Sabri B, Satgunam M, Abreeza N, N. Abed A. A Review On Enhancements Of Pmma Denture Base Material With Different Nano-Fillers. *Cogent Eng*. 1 Januari 2021;8(1). DOI: [10.1080/23311916.2021.1875968](https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1875968)
- Pantow Fpcc, Siagian K V, Pangemanan Dh. Perbedaan Kekuatan Transversal Basis Resin Akrilik Polimerisasi Panas Pada Perendaman Munuman Beralkohol Dan Aquades. *E-Gigi*. 2015;3(2). DOI: [10.35790/eq.3.2.2015.9634](https://doi.org/10.35790/eq.3.2.2015.9634)
- Casdimin, C., Sjaf, S., & Kolopaking, L. M. (2020). Strategy for Agricultural Development of Pineapple Horticulture through Rural Youth Empowerment. *Sodality: J Sosiologi Pedesaan*, 8(3), 110-130. DOI: [10.22500/8202033179](https://doi.org/10.22500/8202033179)
- Ningtyas Kr, Muslihudin M. Sintesis Nanoselulosa Dari Limbah Hasil Pertanian Dengan Menggunakan Variasi Konsentrasi Asam. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 2020;20(2):142–7. DOI : [10.25181/jppt.v20i2.1631](https://doi.org/10.25181/jppt.v20i2.1631)
- Putranti DT, Razalie LP. Pengaruh Penambahan Aluminium Oksida terhadap Kekuatan Fleksural dan Impak Pada Bahan Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi

- Panas. J Ilmiah PANNMED Vol. 13(1) Mei -Agustus 2018: 71-74 Available from: <http://ojs.poltekkes-medan.ac.id/pannmed/article/view/185/158>
11. Riyadi W, Purwasasmita BS, Imam DNA. Penambahan nanoselulosa sekam padi (*oryza sativa* L) terhadap kekuatan fleksural basis gigitiruan resin akrilik polimerisasi panas. E-Prodentia J Dentis. 2020;4(2):336-42. DOI: [10.21776/ub.eprodenta.2020.004.02.5](https://doi.org/10.21776/ub.eprodenta.2020.004.02.5)
 12. Evelyn A, Prakusya N, Suprana DJD, Ariswari AN, Purwasasmita BS. Sintesis dan karakterisasi nanoselulosa berbahan serat nanas sebagai komponen penguat material kedokteran gigi. J Mater Ked Gi (JMKG). 2019;8(2):60-64. DOI: [10.32793/jmkg.v8i2.453](https://doi.org/10.32793/jmkg.v8i2.453)
 13. Daramola O, Taiwo AS, Oladele IO, Olajide JL, Adeleke SA, Adewuyi BO, et al. Mechanical properties of high density polyethylene matrix composites reinforced with chitosan particles. Proceedings Elsevier Ltd; 2021: 682–687. DOI: [10.1016/j.matpr.2020.03.695](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.695)
 14. Fransisca W, Nasution ID. Pengaruh penambahan serat kaca dan serat poliester terhadap kekuatan impak bahan basis gigitiruan resin akrilik polimerisasi panas. B-Dent: J Ked Gi Univ Baiturrah. 2015;2(1):16-22. DOI: [10.33854/JBDjbd.10](https://doi.org/10.33854/JBDjbd.10)
 15. Rahmadita A, Putranti Dt. Pengaruh penambahan aluminium oksida terhadap kekuatan tarik dan tekan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas & the effect of addition of aluminium oxide on the tensile and compressive strength of a heat polymerised acrylic resin denture. J Ked Gi Univ Padj. 31 Desember 2018;30(3):189. DOI: [10.24198/ikg.v30i3.18994](https://doi.org/10.24198/ikg.v30i3.18994)
 16. Syafrinani S, Setiawan Y. Perbedaan kekasaran permukaan basis resin akrilik polimerisasi panas menggunakan bahan pumis, cangkang telur dan pasta gigi sebagai bahan poles. J Ilm PANNMED (Pharmacist, Analyst, Nurse, Nutrition, Midwifery, Environment, Dentist). 2017;12(2):200-203. DOI : [10.36911/pannmed.v12i2.25](https://doi.org/10.36911/pannmed.v12i2.25)
 17. Aidina Sr. Pengaruh Konsentrasi Serat Daun Nanas Terhadap Kekuatan Fleksural Basis Gigi Tiruan Resin Aklirik. Universitas Islam Sultan Agung. 2019. h. 52.
 18. Syafiar L, Harahap Sa, Salim R. Kekuatan transversal termoplastik nilon, dan campuran resin akrilik polimerisasi panas dan serat kaca. J Mater Ked Gi. 2020;9(1):24–8. DOI: [10.32793/jmkg.v9i1.436](https://doi.org/10.32793/jmkg.v9i1.436)
 19. Sugianitri Nk. Addition of the leaf fiber of pineapple (*ananas comosus* (L) merr) to the impact strength test of heat cured acrylic resin. Makassar Dent J. 2021;10(3):209–11. DOI : <https://doi.org/10.35856/mdj.v10i3.449>
 20. Hasran Mar, Imam Dna, Sunendar B. Addition of rice husk nanocellulose to the impact strength of resin base heat cured. J Vocation Healt Stud. 2021:119-24. DOI: [10.21776/ub.eprodenta.2020.004.02.5](https://doi.org/10.21776/ub.eprodenta.2020.004.02.5)
 21. Mishra RK, Ha SK, Verma K, Tiwari SK. Recent progress in selected bio-nanomaterials and their engineering applications: An overview. Journal of Science: Advanced Materials and Devices 2018;3(3):263-88. DOI : [10.1016/j.jsamd.2018.05.003](https://doi.org/10.1016/j.jsamd.2018.05.003)
 22. Etikaningrum N, Hermanianto J, Iriani ES, Syarief R, Permana AW. Pengaruh penambahan berbagai modifikasi serat tandan kosong sawit pada sifat fungsional biodegradable foam. Indonesian J Agricultural Postharvest Research, 13(3), 146-55. DOI: [10.21082/jipasca.v13n3.2016.146-155](https://doi.org/10.21082/jipasca.v13n3.2016.146-155)