

Pengaruh Penambahan Silika dari Abu Cangkang Kelapa Sawit pada Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas terhadap Kekuatan Transversal

The Effect of Silica Addition from Palm Kernel Shell Ash on *Heat-Cured* Acrylic Resin Denture Base to Transverse Strength

Ayu Mayang Sari Rangkuti, Siti Wahyuni

Departemen Prostodonsia, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Sumatera Utara, Indonesia
Correspondence email to: mayangrangkuti@gmail.com

Received: 15 July 2022; Revised: 12 October 2023; Accepted: 22 October 2023; Published: 27 October 2023

ABSTRAK

Meskipun resin akrilik polimerisasi panas (RAPP) sekarang menjadi resin akrilik paling populer yang digunakan untuk basis gigi tiruan, kualitas mekaniknya yang buruk membuatnya rentan terhadap retak. Untuk meningkatkan kekuatan mekanik terutama kekuatan transversal dapat digunakan abu cangkang sawit yang secara alami mengandung silika. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kekuatan transversal pada gigi tiruan RAPP yang dimodifikasi dengan penambahan silika 2% dan 5% dari abu cangkang sawit. Sampel penelitian resin akrilik polimerisasi panas dikelompokkan menjadi tiga kelompok (kelompok A tanpa penguat, kelompok B dengan silika 2%, dan kelompok C dengan silika 5%) dan berbentuk persegi panjang dengan ukuran 65x10x2,5 mm sebanyak 33 sampel dengan setiap kelompok berjumlah 11 sampel. Evaluasi kekuatan transversal menggunakan *Universal Testing Machine*. Tes ANOVA dan LSD digunakan untuk menilai data. Kekuatan transversal yang terukur adalah $74,13 \pm 7,40$ MPa tanpa penguat, $86,10 \pm 10,02$ MPa dengan silika 2%, dan $98,09 \pm 8,52$ MPa dengan silika 5%. Hasilnya, jelas bahwa basis gigi tiruan RAPP yang diperkuat dengan silika 5% dari abu cangkang sawit memiliki nilai kekuatan transversal yang lebih besar daripada basis yang diperkuat dengan silika 2%.

Kata kunci: akrilik polimerisasi panas, silika, abu cangkang kelapa sawit, kekuatan transversal

ABSTRACT

Although heat polymerized acrylic resin (*RAPP*) is currently the most popular acrylic resin used for denture bases, its poor mechanical qualities make it prone to cracking. Palm shell ash can be used to increase mechanical strength, especially the transverse strength, which naturally contains silica. This study aims to determine the effect of transverse strength on modified *RAPP* dentures by adding 2% and 5% silica from palm shell ash. The hot polymerized acrylic resin research samples were grouped into three groups (group A without reinforcement, group B with 2% silica, and group C with 5% silica) and were rectangular in shape with a size of 65x10x2.5 mm in a total of 33 samples with each group totalling 11 samples. The evaluation of transverse strength was using the *Universal Testing Machine*. ANOVA and LSD tests were used to assess the data. The measured transversal strengths of the sections were 74.13 ± 7.40 MPa without reinforcement, 86.10 ± 10.02 MPa with 2% silica, and 98.09 ± 8.52 MPa with 5% silica. As a result, the *RAPP* denture base reinforced with 5% silica from palm shell ash has a more excellent transverse strength value than the base reinforced with only 2% silica.

Keywords: hot polymerized acrylic, silica, palm shell ash, transverse strength

PENDAHULUAN

Gigi tiruan yang dapat dilepas dan dipasang kembali oleh pasien dikenal sebagai gigi tiruan lepasan, dan berfungsi untuk menggantikan satu gigi yang hilang atau seluruh gigi.¹ Basis adalah bagian dari gigi tiruan lepasan. Resin akrilik polimerisasi panas adalah bahan yang paling sering digunakan untuk basis gigi tiruan. Untuk menyelesaikan proses polimerisasi, resin akrilik polimerisasi panas harus dipanaskan.² Resin akrilik polimerisasi panas memiliki beberapa keunggulan, seperti estetika yang baik, memiliki daya serap air yang relatif rendah, mudah dalam manipulasi, relatif murah dan perubahan dimensi yang kecil.³ Selain kelebihan, beberapa kelemahan resin akrilik polimerisasi panas yaitu penyusutan dan ketahanan abrasi yang buruk.⁴ Resin akrilik polimerisasi panas sering mengalami porositas sehingga kekuatan dan kekerasannya berkurang, menyebabkan retak atau fraktur pada basis gigi tiruan setelah beberapa kali pemakaian.⁵

Upaya untuk mencegah terjadinya fraktur salah satunya dengan penambahan bahan penguat. Bahan penguat secara umum berasal dari kimia maupun dari alam.⁶ Salah satu bahan penguat dari alam yang banyak dari lingkungan sekitar berasal dari cangkang kelapa sawit. Cangkang kelapa sawit merupakan produk limbah padat yang kurang dimanfaatkan dari proses ekstraksi minyak sawit. Limbah dari produksi minyak sawit meningkat seiring dengan ekspansi industri.⁷

Produk sampingan dari pembakaran cangkang sawit, yang dikenal sebagai abu cangkang sawit, kaya akan silikat. Selanjutnya, abu sawit memiliki Kation Anorganik seperti Natrium dan Kalium.⁸ Abu yang dihasilkan dari pembakaran cangkang sawit memiliki konsentrasi silika hingga 60% berat, berdasarkan berat keseluruhan cangkang sawit.⁹ Berdasarkan hasil penelitian Song (2011) dengan penambahan 2% menyebabkan partikel SiO₂ akan bergabung dengan matriks polimer RAPP sehingga menyebabkan adanya adhesi antar nanopartikel SiO₂ dengan matriks polimer yang dapat meminimalkan terjadinya proses *cracking* dan meningkatkan kekuatan transversal.¹⁰

Menurut hasil penelitian Alname¹¹ kekuatan impak dan kekuatan transversal

dapat ditingkatkan ketika silika ditambahkan ke resin akrilik polimerisasi panas pada konsentrasi 3% dan 5%, untuk digunakan dalam basis gigi tiruan, sedangkan pada konsentrasi 7% kekuatan impak dan kekuatan transversal mengalami penurunan.¹¹ Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kekuatan transversal basis gigi tiruan RAPP dengan penambahan silika 2% dan 5% dari abu cangkang sawit.

METODE

Studi ini adalah eksperimen laboratorium terkontrol dimana hanya dinilai berdasarkan fakta. Sampel penelitian yang sesuai dengan ISO 1567:1999 adalah resin akrilik terpolimerisasi panas (QC-20) yang terbentuk dari stainless steel bentuk persegi panjang. Sebanyak 33 sampel dengan setiap kelompok berjumlah 11 sampel yang masing-masing berukuran 65 x 10 x 2,5 mm dibagi menjadi tiga kelompok untuk dianalisis. Kelompok A tanpa penambahan bahan penguat, Kelompok B yang ditambahkan silika dengan konsentrasi 2%, dan kelompok C yang ditambahkan silika dengan konsentrasi 5%.

Pembuatan sampel menggunakan model induk sebanyak 3 buah untuk 1 kuvet. Dimensi model utama adalah 65 mm x 10 mm x 2,5 mm dan terbuat dari stainless steel diolesi dengan *vaselin* lalu dibenamkan sampai permukaan model induk rata dengan adonan gips keras dengan perbandingan 300 gr: 90 mL pada kuvet bawah. Setelah gips mengering, kuvet bawah diolesi dengan *vaseline* lalu kuvet atas direkatkan dengan kuvet bawah dan kuvet atas diisi dengan adonan gips. Buka kuvet dan keluarkan model induk dari kuvet. Oles permukaan gips dan mold dengan *cold mold seal*. Kelompok A aduk bubuk dan cairan dengan perbandingan 3:1 dalam pot porselen hingga mencapai fase *dough stage*. Kelompok B dan C pengadukan bubuk dan cairan ditambahkan dengan partikel ekstrak silika abu cangkang kelapa sawit. Partikel ekstrak silika abu cangkang kelapa sawit dicampurkan ke dalam bubuk dan dilakukan sonikasi dengan menggunakan alat sonikator selama 3 menit dengan kecepatan 250 rpm untuk memecah partikel silika yang menggumpal. Kemudian bubuk yang sudah ditambahkan partikel silika diaduk bersama

cairan dengan perbandingan 3:1 sampai mencapai fase *dough stage*. Isi mold dengan resin ke dalam cetakan, kemudian plastik cellophane digunakan untuk melapisi permukaannya. Kuvet ditutup, ditekan perlahan-lahan dengan pres hidrolik mencapai 1000psi, lalu buka kuvet, keluarkan Plastik Cellophane dan bersihkan akrilik yang berlebihan dengan menggunakan lekron. Tutup kembali kuvet atas dan berikan tekanan hidrolik 2200 psi di atasnya. Untuk mempertahankan kuvet (atas dan bawah) setelah dipastikan baut kuvet terpasang dengan benar, alat dibiarkan selama 30 menit.

Proses Kuring

Kuvet ditempatkan dalam waterbath dengan suhu 74 °C selama 90 menit, kemudian menjadi 100 °C selama 30 menit. Sampel didinginkan pada suhu kamar, dirapikan bagian berlebih dengan bur *frasser* kemudian dihaluskan dengan *rotary grinder* dibawah air mengalir.

Prosedur Ekstrak Silika

Setelah dibilas, cangkang kelapa sawit dijemur. Hancurkan cangkang kelapa menggunakan blender lalu ayak dengan Ayakan 200 mesh. Lakukan pemurnian sampel cangkang kelapa sawit dengan proses *leaching*, dengan perendaman selama 2 jam dalam HCl 10%. Sampel disaring, kemudian dikeringkan selama satu jam pada suhu 150 °C. Lalu diarangkan pada tanur dengan suhu 350°C selama 3 jam. Kemudian diabukan 2 jam dalam tungku 900°C. Abu kemudian direndam selama 24 jam dalam 1,2 M HCl. Abu lalu disaring dan dikeringkan pada suhu 100°C kemudian direndam dengan NaOH 4M. Setelah direndam, abu ditanur pada suhu 500°C selama 3 jam. Lalu dilarutkan dengan aquadenim dan didiamkan selama 12 jam. Kemudian disaring untuk mendapatkan filtrat natrium silikat (Na_2SiO_3). Gel putih terbentuk setelah ditetaskan filtrat yang dihasilkan dengan HCL 1M sambil diaduk selama 24 jam. Serbuk silika dibuat dengan cara menyaring gel kemudian dikeringkan dalam oven panas selama 2 jam 120°C. Serbuk silika yang dihasilkan kemudian dihaluskan dengan ditanur pada suhu 600°C selama 3 jam. kemudian dihaluskan dengan ditanur pada suhu 600°C selama 3 jam.

Pengujian Kekuatan Transversal

Pengujian dijalankan pada *Universal Testing Machine* dengan kecepatan *crosshead* 5 mm/menit dan jarak tumpuan 50 mm. Garis tengah ditarik dan nomor diberikan untuk setiap sampel. Sampel kemudian diposisika secara vertikal, dengan ujungnya bertumpu pada pegangan yang kuat pada peralatan pengujian, dan alat tersebut digunakan untuk memberikan tekanan merata di sepanjang garis tengah sampel hingga sampel patah. Nilai yang ditentukan oleh tes akan ditampilkan di layar dan dicatat sesuai dengan kelompok tes. Setelah itu dilakukan perhitungan kekuatan transversal dengan satuan MPa. *One-way analysis of variance* (ANOVA) digunakan untuk menentukan apakah penambahan silika 2% atau 5% dari abu cangkang sawit ke basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas berpengaruh pada kekuatan transversal, dan uji LSD (*Least Significant Different*) digunakan untuk menentukan kelompok perlakuan mana yang memiliki perbedaan bermakna.

HASIL

Analisis univariat dilakukan pada rata-rata dan standar deviasi kekuatan transversal basis gigi tiruan dari resin akrilik polimerisasi panas. Kekuatan kelompok transversal (A): rata-rata dan standar deviasi adalah $74,13 \pm 7,40$ MPa, kelompok penambahan silika 2%(B) adalah $86,10 \pm 10,02$ Mpa, dan kelompok penambahan silika 5% (C) adalah $98,09 \pm 8,52$ Mpa.(Tabel 1)

Uji Shapiro-Wilk (dilakukan jika ukuran sampel kurang dari 50) digunakan untuk memeriksa normalitas data sebelum uji Anova digunakan untuk menguji pengaruh penambahan silika 2% dan 5% dari abu cangkang sawit pada akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan trasnversal. Tingkat signifikansi uji normalitas data untuk kelompok yang dilakukan uji kekuatan transversal tanpa penambahan bahan penguat pada basis gigi tiruan RAPP adalah $p = 0,052$, sedangkan kelompok yang ditambahkan silika 2% dan 5% pada basis gigi tiruan RAPP, menerima tingkat signifikansi masing-masing $p = 0,73$ dan $p = 0,59$. Hasil uji normalitas secara signifikan $p > 0,05$ menunjukkan bahwa data berdistribusi normal. Selanjutnya digunakan uji Levene untuk mengetahui data

homogen atau tidak, dan hasilnya $p = 0,43$ ($p > 0,05$), menunjukkan bahwa data homogen. Penelitian dilanjutkan dengan ANOVA satu

arah (Tabel 2). Tes LSD digunakan untuk mengetahui pasangan perlakuan mana antar kelompok yang berbeda bermakna (Tabel 3).

Tabel 1. Kekuatan transversal basis gigi tiruan RAPP sebelum dan sesudah penambahan 2% dan 5% silika abu cangkang kelapa sawit.

Nomor Sampel	Kekuatan transversal (MPa)		
	Kelompok A	Kelompok B	Kelompok C
1	75,26	85,72	88,08
2	74,16	86,58	102,96
3	66,91*	82,30	92,27
4	76,13	100,20	92,29
5	68,23	76,35	86,56*
6	67,83	79,55	103,75
7	68,87	91,63	97,17
8	90,84**	70,97*	111,95**
9	83,88	95,20	110,53
10	72,54	101,32**	99,78
11	70,73	77,28	93,67
$\bar{x} \pm SD$	$74,13 \pm 7,40$	$86,10 \pm 10,02$	$98,09 \pm 8,52$

Keterangan : * = nilai terkecil, ** = nilai terbesar

Tabel 2. Nilai kekuatan transversal basis gigi tiruan RAPP tanpa silika, silika 2% dan 5% dari abu cangkang kelapa sawit.

Kelompok	Kekuatan transversal basis gigi tiruan RAPP (MPa)			p
	N	$\bar{x}$	SD	
A (Tanpa penambahan silika)	11	74,13	7,40	
B (Silika 2%)	11	86,10	10,02	0,001*
C (Silika 5%)	11	98,09	8,52	

Tabel 3. Uji LSD kekuatan transversal basis gigi tiruan RAPP tanpa silika, silika 2% dan 5% dari abu cangkang kelapa sawit.

Kelompok	A (Tanpa silika)	B (Silika 2%)	C (Silika 5%)
A (Tanpa silika)	-	0,003*	0,001*
B (Silika 2%)	0,003*	-	0,003*
C (Silika 5%)	0,001*	0,003*	-

PEMBAHASAN

Nilai kekuatan transversal basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas (Tabel 1) dapat bervariasi disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya proses pembuatan sampel yang tidak dapat dikendalikan, salah satunya dikarenakan pencampuran antara monomer dan polimer bahan basis gigi tiruan RAPP tidak dilakukan secara bersamaan untuk semua sampel dan teknik pengadukan yang dilakukan secara manual menyebabkan kecepatan pengadukannya tidak dapat dikendalikan dengan sempurna. Ferasima R. dkk, (2013) menyatakan teknik pengadukan yang manual dapat menyebabkan terperangkapnya udara di dalam matriks bahan basis gigi tiruan RAPP sehingga dapat terjadi porositas yang dapat mempengaruhi kekuatan impak dan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP.¹⁰ Pada saat pemolesan sampel menggunakan *rotary grinder* kekuatan penekanan yang berbeda-beda juga dapat menyebabkan perbedaan kerataan permukaan pada setiap sisi sampel yang akan memengaruhi kekuatan transversal basis gigi tiruan RAPP yang dihasilkan sehingga diperlukan pembuatan pengunci pegangan agar lebih stabil.

Pengaruh penambahan silika konsentrasi 2% dan 5% pada bahan basis gigi tiruan RAPP terhadap kekuatan transversal terjadi karena partikel silika memiliki interaksi yang kuat dan adhesi yang baik terhadap polimer RAPP. Partikel silika dapat bereaksi secara kimia dengan gugus -COOR dari polimer RAPP saat proses polimerisasi bahan dengan gugus karbonil ($-C=O$) dan hidroksil ($-OH$), permukaan silika dapat membuat ikatan hidrogen, nanopartikel silika membentuk crosslinking dengan polimer RAPP dan Gugus COOR dari polimer RAPP. Partikel silika dan polimer RAPP dapat membentuk sambungan antarmuka karena gaya kohesif yang kuat. Lapisan antarmuka yang terdiri dari rantai makromolekul yang fleksibel terbentuk karena adanya interaksi yang kuat antara keduanya. Partikel silika dapat menyerap ion dan molekul dari polimer RAPP, dapat membantu menghindari retak dan meningkatkan kekuatan transversal bahan dasar gigi tiruan.¹²

Matriks polimer yang mengalami tekanan besar dari partikel pengisi dapat

menyebabkan menurunnya kekuatan transversal akibat perubahan modulus elastisitas dari resin. Tingginya persentase partikel pengisi mencegah terbentuknya udara dan kelembapan yang terperangkap, mengurangi kekuatan transversal karena matriks polimer berada dibawah, maka silikon dioksida berperan sebagai faktor pengganggu dalam integritas matriks polimer.¹³ Peningkatan sifat mekanik resin akrilik pada konsentrasi rendah dapat dikaitkan dengan penambahan silikon dioksida (SiO_2) nanopartikel pada konsentrasi rendah menyebabkan distribusi nanopartikel homogen dalam ruang matriks polimer sehingga nanopartikel dan matriks polimer saling berikatan, kekuatan fleksural meningkat dan meminimalkan keretakan.¹³ Menurut Hong¹⁴ bahwa menambahkan elemen penguat seperti nanopartikel SiO_2 ke bahan dasar resin akrilik polimerisasi panas akan meningkatkan kekuatan mekanik. Sekaligus peningkatan kekuatan impak, kekuatan fleksural, dan kekuatan transversal. Hal ini karena beban mendistribusikan nanopartikel silikon dioksida secara merata di seluruh dasar RAPP, meningkatkan kekakuan, kekuatan di satu tempat dan kemampuannya untuk menyerap energi.¹⁴

Partikel SiO_2 konsentrasi 5% ditambahkan pada bahan basis gigi tiruan RAPP, dan hasilnya menunjukkan peningkatan kekuatan transversal. Hal ini dikarenakan partikel SiO_2 memiliki distribusi yang baik dan ukuran yang sangat halus hingga memungkinkan partikel nano untuk masuk di antara rantai linier makromolekul polimer. "transformasi kekuatan" atau "penguatan transformasi" mengacu pada proses di mana kekuatan transversal ditingkatkan. Karena tekanan internal yang meningkat, keretakan akan terjadi saat tekanan meningkat. *Cracking* terjadi karena matriks resin yang telah ditambahkan partikel SiO_2 akan bertransisi dari fase tetragonal ke fase monoklinik, menyerap energi dan mencegah kerusakan dalam prosesnya. Karena pembuatan ikatan silang atau koneksi supra-molekul yang menutupi partikel nano, partikel nano sekarang menempati bagian retakan, berkontribusi pada peningkatan kekuatan secara keseluruhan.

Nanopartikel SiO₂ lebih efektif dalam mencegah retak karena didistribusikan sedemikian rupa sehingga mengisi kekosongan antara rantai makromolekul linier polimer, dan gerakan segmental makromolekul juga dibatasi. Akhirnya, kekakuan dan kekuatan material dapat ditingkatkan. Proses ini bertanggung jawab atas peningkatan daya tahan basis gigi tiruan terhadap tekanan ekstraoral dan tekanan pengunyahan.¹⁵

SIMPULAN

Basis gigi tiruan RAPP dengan penambahan konsentrasi silika 5% menunjukkan nilai kekuatan transversal tertinggi dibandingkan dengan penambahan konsentrasi silika 2% dan tanpa bahan penguat. Untuk mengurangi limbah cangkang kelapa sawit, silika yang diekstraksi dari abu cangkang dapat digunakan sebagai bahan penguat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wahjuni S, Mandanie SA. Pembuatan Protesa Kombinasi Dengan Castable Extracoronall Attachments (Prosedur Laboratorium). *Jour.Voc.HS* 2017; 1(2):75-81.
2. Khurshid z, Sheikh Z, Zafar MS. *Dental Materials (Principles and Applications)* 3rd ed. Pakistan: Paramount Books, 2018: 145.
3. Lubis AD, Putranti DT. Pengaruh penambahan aluminium oksida pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan. *B-Dent: JKGUBaith* 2019; 6(1): 1-8.
4. Pantow FP, Siagian KV, Pangemanan DH. Perbedaan Kekuatan Transversal Basis Resin Akrilik Polimerisasi Panas pada Perendaman Minuman Beralkohol dan Aquades. *J-eG* 2015; 3(2): 398-402.
5. Salim S. Various curing methods on transverse strength of acrylic resin. *Dent J* 2010; 43(1): 40-3.
6. Asroni, Handono SD. Kaji eksperimen variasi jenis serat batang pisang untuk bahan komposit terhadap kekuatan mekanik. *J Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*. 2018; 7(2); 214-21.
7. Perdana M, Nurzal. Pengaruh Fraksi Volume Komposit Serbuk Cangkang Kelapa Sawit/epoksi Terhadap Kekerasan dan Laju. *JIT* 2019; 13: 45-54.
8. Al-alang AM, Fadhillah. Analisis Pengaruh Pemberian Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Nilai Parameter Batubara. *J Bina Tam* 2020; 5(1): 190-99.
9. Pausa Y, Malino MB, Arman Y. Optimasi Tingkat Kemurnian Silika, SiO₂, Dari Abu Cangkang Sawit Berdasarkan Konsentrasi Pengasaman. *Prisma Fisika* 2015; 3(1): 1-4
10. Song R, Fiao X, Long L. Improvement of mechanical and antimicrobial properties of denture base resin by nano-titanium dioxide and nano-silicon dioxide particles. *Pigmen and Resin Technology* 2011; 40(6): 393-4.
11. Alnamel HA, Mudhaffer M. The effect of Silicon di oxide Nano -Fillers reinforcement on some properties of heat cure polymethyl methacrylate denture base material. *J Bagh Collage Dent* 2014; 26(1): 32-6.
12. Ferasima R, dkk. 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): 27-36.
13. Karci, M., Demir, N., Yazman, S. Evaluation of Flexural Strength of Different Denture Base Materials Reinforced with Different Nanoparticles. *J. Prosthodont*. 2019; 28 (5), 572–579.
14. Fu SY, et al. Effects of particle size, particle/matrix interface adhesion and particle loading on mechanical properties of particulate-polymer composites. *Elsevier Ltd* 2008; 933-61.
15. Ihab NS, Moudhaffar M. Evaluation the effect of modified nano-fillers addition on some properties of heat cured acrylic denture base material. *J Bagh College Dent*. 2011; 23(3): 23-9.