

Laporan Penelitian

Perbedaan pengaruh penambahan silika dari abu cangkang kelapa sawit pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan impak: studi eksperimental

Benny Pradana Kembaren¹
Siti Wahyuni²

¹Program Studi Sarjana Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

²Departemen Prostodonsia, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

*Korespondensi

bennypradana89@gmail.com

Submission: 3 Januari 2025

Revised: 25 Januari 2025

Accepted: 22 Februari 2025

Published: 28 Februari 2025

DOI: [10.24198/pjdrs.v8i3.60516](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v8i3.60516)

ABSTRAK

Pendahuluan: Resin akrilik polimerisasi panas merupakan bahan basis gigi tiruan yang sering digunakan karena memiliki nilai estetika yang baik, namun bahan ini memiliki kekurangan dalam hal kekuatan impak sehingga bahan ini mudah mengalami retak atau fraktur setelah beberapa pemakaian akibat benturan yang dialami bahan secara berulang. Penambahan bahan penguat, salah satunya berupa silika dari abu cangkang kelapa sawit yang diharapkan dapat meningkatkan kekuatan impak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan pengaruh penambahan silika 2% dan 5% dari abu cangkang kelapa sawit pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan impak. **Metode:** Jenis Penelitian ini adalah eksperimental laboratoris, menggunakan sampel dengan ukuran (65x10x2,5) mm berdasarkan ISO 1567. Total sampel sebanyak 30 buah dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu kelompok A tanpa bahan penguat (kelompok kontrol) dan kelompok B, C; kelompok dengan penambahan silika dengan konsentrasi 2% dan 5%. Uji kekuatan impak menggunakan *Izod Impact Testing*. Uji *one-way ANOVA* digunakan untuk menganalisis perbedaan pengaruh penambahan silika 2% dan 5% dari abu cangkang kelapa sawit pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan impak. **Hasil:** Hasil rerata dan standar deviasi kekuatan impak pada kelompok dengan konsentrasi 5% (kelompok C), menghasilkan nilai tertinggi dibandingkan kelompok lainnya yaitu sebesar $13,47 \pm 1,50 \times 10^{-3}$ J/mm². Berdasarkan hasil uji *one-way ANOVA* didapatkan nilai $p=0,001$ sehingga dinyatakan ada pengaruh yang signifikan penambahan silika pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan impak. **Simpulan:** Penggunaan silika sebagai bahan penguat pada bahan basis gigi tiruan akrilik polimerisasi panas dapat memengaruhi kekuatan impak, dan kelompok dengan konsentrasi 5% yang memiliki kekuatan impak paling tinggi.

KATA KUNCI: Resin akrilik polimerisasi panas, silika, abu cangkang kelapa sawit, kekuatan impak.

The effect of silica addition from palm shell ash on the impact strength of heat-polymerized acrylic resin denture base: experimental study

ABSTRACT

Introduction: Heat-polymerized acrylic resin is a denture base material that is often used due to its good aesthetic properties. However, it has a drawback in terms of impact strength, making it prone to cracking or fracturing after repeated impacts over time. The addition of reinforcing materials, such as silica derived from palm shell ash, is expected to enhance its impact strength. This study aims to analyze the effect of adding silica from palm shell ash at concentration of 2% and 5% on the impact strength of heat-polymerized acrylic resin denture base. **Methods:** This study was a laboratory experiment using samples measuring 65x10x2.5 mm; in accordance with ISO 1567. A total of 30 samples were divided into three groups: Group A (control, without silica addition), Group B (2% silica addition) and Group C (5% silica addition). The sample size was determined using the Federer formula, and the impact strength test was conducted using the Izod Impact Testing method. A one-way ANOVA test was performed to analyze the effect of silica addition from palm shell ash on the impact strength of heat-polymerized acrylic resin denture base. **Results:** The mean and standard deviation of impact strength in the 5% concentration group (Group C) showed the highest value compared to other groups, with a result of $13.47 \pm 1.50 \times 10^{-3}$ J/mm². Based on the one-way ANOVA test, a p-value of 0.001 was obtained, indicating a significant effect of silica addition on the impact strength of heat-polymerized acrylic resin denture base. **Conclusion:** The addition of silica as a reinforcing material significantly influenced the impact strength of heat-polymerized acrylic resin denture bases. The 5% silica concentration group exhibited the highest impact strength values.

KEY WORDS: heat-polymerized acrylic resin, silica, palm shell ash, impact strength.

PENDAHULUAN

Basis gigi tiruan adalah bagian dari gigi tiruan yang berkontak dengan mukosa rongga mulut dan sebagai tempat melekatnya anasir gigi tiruan. Bahan yang paling banyak digunakan untuk basis gigi tiruan, terbuat dari bahan polimetil metakrilat (PMMA) atau sering disebut resin akrilik.¹ Dalam bidang kedokteran gigi, resin akrilik umumnya dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu, resin akrilik swapolimerisasi, polimerisasi sinar dan polimerisasi panas (RAPP). Basis gigi tiruan RAPP masih memiliki kekurangan terutama dalam hal kekuatan dan kekerasan sehingga bahan ini mudah mengalami retak atau fraktur setelah beberapa lama waktu pemakaian akibat benturan yang dialami bahan secara berulang. Salah satu kekurangan yang dimiliki resin akrilik polimerisasi panas yaitu mudah fraktur.^{2,3} Ketahanan terhadap fraktur tergantung dari sifat mekanis bahan yaitu kekuatan fleksural dan kekuatan impak. Sebanyak 30% kasus perbaikan gigi tiruan yang dilakukan oleh laboratorium dental adalah masalah fraktur midline, dan paling sering terjadi pada gigi tiruan rahang atas.⁴

Kekuatan impak merupakan kemampuan dari suatu bahan untuk menerima beban benturan sampai bahan tersebut patah. Dalam kehidupan sehari-hari kekuatan impak pada penggunaan gigi tiruan sangat erat kaitannya dengan gaya tiba-tiba saat gigi tiruan terjatuh atau mengalami benturan pada permukaan yang keras.⁵ Sebuah basis gigi tiruan RAPP harus memiliki kekuatan impak yang sangat tinggi untuk mencegah terjadinya fraktur secara tidak sengaja seperti saat gigi tiruan lepasan jatuh. Semakin tinggi kekuatan impak bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas maka semakin kecil kemungkinan terjadinya fraktur tidak sengaja saat gigi tiruan terjatuh.⁶ Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam meningkatkan kekuatan mekanis suatu bahan adalah dengan cara menambahkan bahan penguat ke dalam resin akrilik polimerisasi panas.⁵ Beberapa jenis bahan penguat yang dapat digunakan pada basis gigi tiruan adalah Al_2O_3 , ZrO_2 , TiO_2 dan SiO_2 . Dalam bidang kedokteran gigi, silika merupakan bahan yang sering digunakan sebagai pengisi pada elastomer, resin komposit, dan resin akrilik. Salah satu partikel yang banyak digunakan adalah silika (SiO_2) dalam ukuran nanopartikel.⁷

Silika (SiO_2) adalah unsur yang memiliki banyak kegunaan di berbagai bidang seperti, Bioteknologi, lingkungan, industri semen, komposit, dan medis. Hal ini karena silika memiliki sifat stabilitas yang tinggi, fleksibilitas kimia, dan biokompatibel; yang berperan penting bagi berbagai ruang lingkup.⁸ Silika alami dapat diperoleh dari beberapa tanaman yang ada di alam, Salah satunya adalah limbah tanaman kelapa sawit berupa cangkang kelapa sawit. Kandungan silika dalam abu cangkang kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan untuk meningkatkan daya tahan terhadap keretakan RAPP.⁹ Cangkang kelapa sawit memiliki struktur kulit yang keras dan tebal serta banyak mengandung silika (SiO_2).⁹ Pembakaran cangkang sawit lebih lanjut menunjukkan bahwa kandungan silika (SiO_2) mencapai 60% dari 2% berat abu yang diperoleh dari total berat cangkang kelapa sawit.^{10,11}

Sintesis silika dengan metode ekstraksi merupakan proses pemisahan suatu bahan dari campurannya dengan menggunakan pelarut yang sesuai. Sudah banyak peneliti yang melakukan penelitian tentang ekstraksi silika dengan melakukan proses ekstraksi menggunakan pelarut alkali dan pengendapan silika dengan asam.¹² Penambahan bahan pengisi silika pada RAPP dapat dilakukan dengan silanisasi terlebih dahulu menggunakan *silane coupling agent* yang bertujuan untuk meningkatkan adhesi antar nanopartikel silika (SiO_2) dengan polimer resin akrilik polimerisasi panas serta menghambat proses *leaching* dengan cara mencegah air untuk berpenetrasi menembus ikatan antarmuka nanopartikel dengan resin.⁵ Alamel dkk.,⁷ melakukan penelitian tentang pengaruh silikon dioksida nano *filler* pada beberapa sifat basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan kekerasan permukaan pada konsentrasi 3%, 5%, dan 7%. Selain kekerasan permukaan yang mengalami peningkatan, pada konsentrasi 3% dan 5%, kekuatan impak dan kekuatan transversal juga mengalami peningkatan sedangkan pada konsentrasi 7% kekuatan impak dan kekuatan transversal mengalami penurunan.⁷ Balos dkk.,¹³ menyatakan bahwa kekerasan dan ketangguhan retak meningkat pada konsentrasi relatif rendah. Namun peningkatan kandungan SiO_2 nanopartikel mengakibatkan penurunan sifat mekanik. Karci dkk.,¹⁴ menyatakan bahwa peningkatan sifat mekanik resin akrilik pada SiO_2 dengan konsentrasi rendah dapat dikaitkan dengan distribusi nanopartikel yang lebih homogen dalam ruang matriks polimer sehingga nanopartikel dan matriks polimer saling berikatan lebih kuat menyebabkan kekuatan lentur meningkat dan meminimalkan terjadinya keretakan.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, kebaruan dalam penelitian ini adalah penggunaan unsur silika dari abu cangkang kelapa sawit dengan konsentrasi penambahan yaitu 2% dan 5%. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan silika 2% dan 5% dari abu cangkang kelapa sawit pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan impak dan mencari konsentrasi

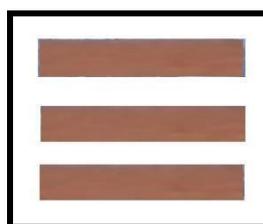
yang mana dapat dijadikan sebagai bahan penguat RAPP, namun dapat diterima secara klinis.

METODE

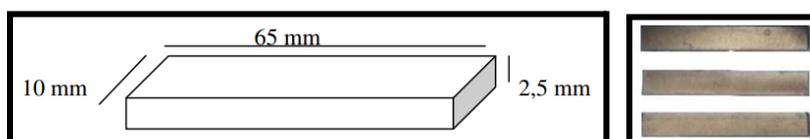
Prosedur penelitian ini dilakukan di ruang penelitian Prostodonsia FKG USU. Jenis penelitian ini adalah eksperimental laboratoris. Berdasarkan ISO 1567, sampel penelitian ini menggunakan RAPP berbentuk lempeng dengan ukuran Panjang 65 mm, lebar 10 mm dan tinggi 2,5 mm seperti gambar 1. Pembuatan sampel dilakukan dengan menggunakan model induk dari logam dengan ukuran 65 mm x 10 mm x 2,5 mm seperti gambar 2.

Pembuatan ekstark silika dari abu cangkang kelapa sawit, diawali dengan pencucian dan penjemuran cangkang kelapa sawit dibawah sinar matahari lalu digiling menggunakan blender dan kemudian dihaluskan menggunakan *ballmill* serta diayak dengan ayakan 200 mesh. Bubuk cangkang kelapa sawit direndam dengan larutan HCl 10% selama 2 jam kemudian disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 150°C selama 1 jam. Bubuk diarangkan di dalam tanur pada suhu 350°C selama 3 jam lalu bubuk hasil pentanuran diabukan pada suhu 900°C selama 2 jam kemudian direndam dengan HCl 1,2 M selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan penyaringan lalu pengeringan dalam oven pada suhu 100°C selama 3 jam; lalu sampel direndam kembali dengan larutan NaOH 4 M selama 2 jam sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*. Tanur kembali pada suhu 500°C selama 3 jam lalu bubuk hasil pentanuran ke-3 dilarutkan dengan aquademin selama 12 jam kemudian disaring untuk mendapatkan filtrat NaSiO_2 . Statif dan klem disiapkan untuk mentitrasi filtrat NaSiO_2 dengan HCl 1 M sambil diaduk, dan didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya disaring dan dikeringkan didalam oven pada suhu 120°C selama 3 jam, kemudian ditanur kembali dengan suhu 600°C selama 3 jam hingga terbentuk bubuk silika.

Jumlah sampel minimal dihitung berdasarkan rumus Federer. Pada penelitian ini terdapat 3 kelompok, yaitu resin akrilik polimerisasi panas tanpa penambahan silika dari cangkang kelapa sawit sebagai kelompok kontrol (A), dan kelompok perlakuan terdiri dari kelompok resin akrilik polimerisasi panas dengan penambahan silika 2% berat yang disintesis dari cangkang kelapa sawit (B), dan resin akrilik polimerisasi panas dengan penambahan silika 5% berat yang disintesis dari cangkang kelapa sawit (C). Jumlah sampel (*r*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10 sampel. Lakukan pencampuran bahan silika pada kelompok konsentrasi 2% dan 5%. Setelah didapatkan sampel pada masing masing kelompok, pengujian kekuatan impak dilakukan dengan alat *izod impact testing*. Pengujian kekuatan impak dilakukan dengan meletakkan sampel RAPP dengan posisi vertikal dan dijepit pada salah satu ujungnya. Kemudian lengan pemukul diatur pada sudut 20° dengan bobot pemukul 5,5 KgF lalu pemukul dilepaskan dan bergerak dengan kecepatan 3,46 m/s untuk membentur sampel hingga patah. Monitor atau layar alat uji *izod impact testing* akan menunjukkan nilai pada sampel yang diukur seperti gambar 3.



Gambar 1. Bentuk sampel resin akrilik polimerisasi panas



Gambar 2. Ukuran sampel dari model induk



Gambar 3. Pengukuran Resin akrilik polimerisasi panas

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah Analisis Univarian untuk mengetahui rerata dan standar deviasi kekuatan impact pada masing-masing kelompok. Uji *one-way* ANOVA dilakukan untuk mengetahui signifikansi kekuatan impact setiap kelompok dengan penambahan silika abu cangkang kelapa sawit pada resin akrilik polimerisasi panas dengan konsentrasi 2% dan 5%, dengan $p < 0,05$ serta Uji *Least Significant Different* (LSD) untuk mengetahui signifikansi perbedaan selisih nilai kekuatan impact dengan nilai $p < 0,05$

HASIL

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 1. terlihat bahwa nilai kekuatan impact terkecil (dengan satuan ($\times 10^{-3} \text{ J/mm}^2$) pada kelompok kontrol (kelompok A) yaitu sebesar 6,97, sedangkan nilai terbesar adalah 8,87. Nilai kekuatan impact terkecil pada kelompok B adalah 9,27, sedangkan nilai terbesar adalah 10,87. Nilai kekuatan impact terkecil pada kelompok C adalah 11,55, sedangkan nilai terbesar adalah 15,14. Nilai rerata dan SD kelompok A adalah $8,16 \pm 0,63$. Nilai rerata dan SD kelompok B adalah $10,01 \pm 0,74$. Nilai rerata dan SD kelompok C adalah $13,47 \pm 1,50$. Hasil analisis *One-way* ANOVA untuk kelompok dengan konsentrasi 2% dan 5% diperoleh nilai $p = 0,0001$ ($p < 0,05$) (dapat dilihat pada Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan setelah bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas ditambah dengan silika dari abu cangkang kelapa sawit dengan konsentrasi 2% dan 5%.

Tabel 1. Nilai kekuatan impact resin akrilik polimerisasi panas tanpa penambahan silika dan dengan penambahan silika 2% dan 5% dari abu cangkang kelapa sawit

Kelompok Perlakuan	n	Kekuatan impact ($\times 10^{-3} \text{ J/mm}^2$)	$\bar{X} \pm \text{SD}$
A	10	6,97*	$8,16 \pm 0,63$
		8,87**	
B	10	9,27*	$10,01 \pm 0,74$
		10,87**	
C	10	11,55*	$13,47 \pm 1,50$
		15,14**	

Keterangan: *terkecil, **terbesar

Tabel 2. Pengaruh Penambahan Silika 2% dan 5% dari Abu Cangkang Kelapa Sawit Pada Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas Terhadap Kekuatan Impact.

Kelompok Perlakuan	n	$\bar{X} \pm \text{SD}$	<i>P value</i>
A	10	$8,16 \pm 0,63$	0,0001*
B	10	$10,01 \pm 0,74$	0,0001*
C	10	$13,47 \pm 1,50$	0,0001*

Keterangan: *signifikan

Uji LSD (*Least Significant Difference*) dilakukan untuk mengetahui kelompok perlakuan mana yang memiliki perbedaan pengaruh terhadap kekuatan impact bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3. Kelompok-kelompok yang saling berpengaruh setelah penambahan silika dari abu cangkang kelapa sawit terhadap kekuatan impact bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas adalah kelompok A terhadap kelompok B, dengan $p = 0,0001$ ($p < 0,05$); kelompok A terhadap kelompok C, dengan $p = 0,0001$ ($p < 0,05$); dan kelompok B terhadap kelompok C, dengan $p = 0,0001$ ($p < 0,05$).

Tabel 3. Perbedaan pengaruh penambahan silika 2% dan 5% dari abu cangkang kelapa sawit pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan dampak.

Kelompok perlakuan	Terhadap kelompok	P value
A	B	0,0001*
	C	0,0001*
B	C	0,0001*

Keterangan: *signifikan

PEMBAHASAN

Nilai kekuatan dampak yang bervariasi pada masing-masing sampel di setiap kelompok pada Tabel 1, sejalan dengan penelitian Ferasima R. dkk.; yang menunjukkan adanya perbedaan nilai pada setiap kelompok berdasarkan konsentrasi penambahan silika dari abu cangkang kelapa sawit pada bahan resin akrilik polimerisasi panas.⁷ Gad MM *et al.*,¹⁵ menyatakan bahwa metode yang paling efektif untuk mendapatkan campuran yang homogen antara polimer RAPP dan bubuk parikel silikon dioksida (SiO₂) adalah dengan menggunakan metode *high-energy ball milling*. Hal ini disebabkan karena teknik pengadukan yang digunakan secara manual, sehingga kemungkinan besar dapat menyebabkan terperangkapnya udara di dalam matriks bahan basis gigi tiruan RAPP. Udara yang terperangkap dapat menyebabkan terjadinya porositas yang dapat memengaruhi kekuatan dampak dan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP. Adanya porositas internal yang tidak dapat dilihat dapat memengaruhi kekuatan dampak dan transversal yang dihasilkan.⁷ Hal ini disebabkan oleh masuknya udara selama prosedur pengadukan yang dilakukan secara manual, dan semakin banyak porositas internal yang terjadi maka dapat menurunkan kekuatan dampak dan transversal. Untuk menghindari hal tersebut, pengadukan bahan basis gigi tiruan sebaiknya menggunakan alat *vacuum mixer*. Vojvodic D. dkk (2008) menyarankan penggunaan alat *vacuum mixer* saat pengadukan bahan basis gigi tiruan RAPP agar tidak ada udara yang terperangkap dalam matriks polimer.¹⁶

Kekuatan dampak bahan basis gigi tiruan RAPP yang ditambahkan silika (SiO₂) 5% memiliki nilai yang lebih besar daripada konsentrasi 2% dengan perbedaan nilai yang jauh berbeda antara keduanya. Hasil penelitian tersebut didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Alamel HA, dkk (2014) dengan menambahkan nanopartikel (SiO₂) konsentrasi 3%, 5% dan 7% ke dalam bahan basis gigi tiruan RAPP. Hasil penelitiannya menunjukkan kekuatan dampak memiliki nilai yang lebih besar pada penambahan nanopartikel (SiO₂) konsentrasi 3% dan 5% dan nilai paling besar terdapat pada konsentrasi 5%.⁶ Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Fatihallah AA (2015) dengan penambahan nanopartikel (SiO₂) 5% memiliki nilai kekuatan dampak basis gigi tiruan RAPP yang lebih besar daripada kelompok kontrol (kelompok yang tidak diberi perlakuan).¹⁷

Partikel silika (SiO₂) memiliki sifat adhesi yang baik dan interaksi yang kuat terhadap polimer RAPP karena partikel (SiO₂) dapat bereaksi secara kimia dengan gugus -COOR dari polimer RAPP pada saat proses polimerisasi bahan yaitu dengan membentuk ikatan hidrogen antara gugus karbonyl (-C=O) dan gugus hydroxyl (-OH) pada permukaan partikel silika (SiO₂). Partikel silika (SiO₂) juga dapat berikatan dengan dua atom oksigen dari gugus -COOR dari polimer RAPP dan membentuk crosslinking dengan dengan polimer RAPP. Pada permukaan partikel silika (SiO₂) terdapat sejumlah besar silikon dioksida dengan kekuatan gaya kohesif diantaranya, sedangkan antara partikel silika (SiO₂) dengan polimer RAPP dapat memiliki ikatan interfisial. Ikatan interfisial yang kuat menciptakan lapisan interfisial berupa rantai makromolekul yang lentur sehingga mencegah terjadinya *cracking* dan meningkatkan kekuatan dampak bahan basis gigi tiruan RAPP.¹⁸

Hasil analisis *one-way ANOVA* untuk kelompok bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas setelah dilakukan penambahan silika dari abu cangkang kelapa sawit dengan konsentrasi 2% dan 5% diperoleh nilai $p = 0,0001$ ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa silika dari abu cangkang kelapa sawit dengan konsentrasi 5% memiliki pengaruh terbesar terhadap kekuatan dampak bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas. Hasil penelitian ini juga didukung dengan penelitian yang dilakukan Alamel HA, dkk.,⁷ yang menunjukkan konsentrasi 5% memiliki nilai kekuatan dampak paling besar. Hal tersebut dihubungkan dengan meratanya distribusi nanopartikel silikon dioksida dalam bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas, sehingga memberikan kekuatan dan kekakuan basis RAPP pada satu titik; dan akibatnya penyerapan energi menjadi lebih besar.¹⁹ Selain itu, adanya pengaruh penambahan partikel SiO₂ pada bahan basis gigi tiruan RAPP terhadap peningkatan kekuatan dampak terjadi karena partikel SiO₂ memiliki distribusi yang baik dan ukuran sangat halus sehingga memungkinkan

nanopartikel memasuki ruang antara makromolekular rantai linear dari polimer. Peningkatan kekuatan dampak terjadi dalam proses "transformasi kekuatan" atau "*transformation toughening*". Distribusi partikel SiO₂ memungkinkan partikel-partikel tersebut memasuki dan mengisi ruang antara rantai makromolekul linear dari polimer, menyebabkan gerakan segmental makromolekul menjadi terbatas sehingga distribusi nanopartikel lebih efektif dan mencegah terjadinya *cracking*. Akhirnya kekuatan dan kekakuan bahan dapat meningkat. mekanisme tersebut yang menjadi landasan terjadinya perbaikan ketahanan terhadap fraktur basis gigi tiruan ketika mengalami benturan dan tekanan diluar rongga mulut.⁴

Berdasarkan hasil uji LSD (*Least Significant Difference*) pada Tabel 3, terlihat adanya perbedaan pengaruh penambahan silika dari abu cangkang kelapa sawit yang signifikan terhadap kekuatan dampak antar kelompok, yaitu kelompok A terhadap kelompok B, dengan $p = 0,0001$ ($p < 0,05$), kelompok A terhadap kelompok C, dengan $p = 0,0001$ ($p < 0,05$), dan kelompok B terhadap kelompok C, dengan $p = 0,0001$ ($p < 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan adanya, perbedaan pengaruh penambahan silika dari abu cangkang kelapa sawit yang signifikan terhadap kekuatan dampak antara kelompok kontrol (A) dan kelompok perlakuan (B dan C). Berdasarkan hasil penelitian ini dapat dilihat secara statistik bahwa terdapat perbedaan pengaruh penambahan silika dari abu cangkang kelapa sawit yang signifikan terhadap kekuatan dampak antara kelompok kontrol (A) dan konsentrasi 2% (B) dan 5% (C). Karci, *et al.*,¹² menyatakan bahwa peningkatan sifat mekanik resin akrilik pada SiO₂ dengan konsentrasi rendah dapat dikaitkan dengan distribusi nanopartikel yang lebih homogen dalam ruang matriks polimer sehingga nanopartikel dan matriks polimer saling berikatan lebih kuat menyebabkan kekuatan lentur meningkat dan meminimalkan terjadinya keretakan.

penelitian ini memiliki keterbatasan yaitu sulit terjadinya pencampuran yang homogen antara polimer resin akrilik polimerisasi panas dan partikel silika (SiO₂) yang disebabkan oleh teknik pengadukan manual menggunakan pot akrilik dan *spatle agate* sehingga menyebabkan porositas internal dan berpengaruh pada nilai kekuatan dampak yang dihasilkan. Kelemahan lain adalah distribusi bahan penguat pada tiap sampel tidak dapat dipastikan dalam jumlah yang sama karena bahan penguat mungkin terbuang pada saat pengepresan dilakukan meskipun tekanan pengepresan telah dikendalikan.²⁰

SIMPULAN

Penggunaan silika dari abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan penguat dapat mempengaruhi kekuatan dampak bahan resin akrilik polimerisasi panas, dan kelompok dengan konsentrasi 5% memiliki nilai kekuatan dampak yang paling tinggi dibandingkan dengan kelompok lainnya. Hal ini bila dikaitkan dengan aspek klinis, maka bahan basis gigi tiruan RAPP akan lebih tahan terhadap fraktur dan dapat menahan beban benturan yang terjadi secara berulang. Implikasi penelitian adalah hasil dapat menjadi solusi alternatif atas dampak negatif yang ditimbulkan oleh limbah abu cangkang kelapa sawit yang hanya dibiarkan menumpuk sebagai limbah industri pabrik agar dapat dimanfaatkan serta dapat memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu kedokteran gigi khususnya di bidang prostodonsia.

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

Pendanaan: Pendanaan penelitian ini merupakan pendanaan secara pribadi

Persetujuan Etik: Penelitian ini telah mendapatkan izin penelitian, dan pembebasan etik dari Komisi Etik Penelitian Universitas Sumatera Utara dengan nomor 92/KEPK/USU/2022.

Pernyataan Persetujuan Data: Ketersediaan data penelitian akan diberikan izin oleh peneliti melalui email korespondensi dengan memperhatikan etika dalam penelitian

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian

DAFTAR PUSTAKA

1. Shen C, Rawis HR, Esquivel-Upshaw JF. Philips' science of dental material, 13th ed. E-book; Elsevier: 2022. p. 233-42
2. Fransisca W, Nasution ID. Pengaruh Penambahan Serat Kaca dan Serat Poliester Terhadap Kekuatan Dampak Bahan Basis Gigi Tiruan Polimerisasi Panas. B-Dent Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah, 2015; 2(1): 16-22. <https://doi.org/10.33854/JBDjbd.10>
3. Pantow FP, Siagian KV, Pangemanan DH. Perbedaan Kekuatan Transversal Basis Resin Akrilik Polimerisasi Panas Pada Perendaman Munuman Beralkohol Dan Aquades. e-GiGi, 2015; 3(2) 398-402. DOI: <https://doi.org/10.35790/eg.3.2.2015.9634>
4. Sitepu EA, Wahyuni S. Penambahan nanosilika abu cangkang kelapa sawit pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas

- terhadap perbedaan kekerasan permukaan dan kekuatan impak: studi eksperimental laboratoris. *J Ked Gigi Univ Padj*. 2024; 36(2):223-232.
5. Dahar E, Handayani S. Pengaruh Penambahan Zirkonium Oksida Pada Bahan Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas Terhadap Kekuatan Impak Dan Transversal. *Jurnal Ilmiah PANNMED (Pharmacist, Analyst, Nurse, Nutrition, Midwifery, Environment, Dentist)*, 2018;12(2), 194–199. <https://doi.org/10.36911/pannmed.v12i2.24>
 6. Putranti DT, Ulibasa LP. Pengaruh Pemendaman Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas dalam Minuman Tuak Aren Terhadap Kekasaran Permukaan dan Kekuatan Impak. *J Mat Ked Gigi*, 2015; 4(2), 43-53.
 7. Rangkuti AMS, Wahyuni S. Pengaruh penambahan silika dari abu cangkang kelapa sawit pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan transversal. *Cakradonya Dent J*, 2023; 15(2), 117-122.
 8. Wardhani GAPK. Karakterisasi Silika Pada Tongkol Jagung Dengan Spektroskopi Infra Merah Dan Difraksi Sinar-X. *Jurnal Kimia Riset*, 2017; 2(1), 37-42.
 9. Munawarah F, Sulaiman AR, Fitri G. Substitusi Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Material Pengisi Pada Campuran AC-WC. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2019; 3(1): 37-41.
 10. 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.
 11. Wahyudi R., Junaidi, R., & Dewi, E. Pembuatan Nanosilikon dari Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Katalis untuk Proses Hidrogenasi Air. *Innovative: J Soc Sci Res*, 2023; 3(5), 901-912.
 12. Jayanti RT, Ramzi AAF, Alfitra MH. Karakterisasi Kelarutan Silika dari Fly Ash Kelapa Sawit Dalam Larutan Basa Kuat (NaOH) dan Asam Lemah (C₆H₈O₇). *Equilibrium J Chemical Engineering*, 2022; 6(2): 98-104. <https://doi.org/10.20961/equilibrium.v6i2.67249>
 13. Giovani S, Saragih YA, Tumara HN, Miftahullaila M, Sinamo S. Pengaruh penambahan bubuk silika terhadap fracture toughness bahan restorasi sementara bis-acrylic resin. *Prima J Oral Dent Sci*, 2022; 5(1), 7-10.
 14. Karci, M., Demir, N., Yazman, S., 2019. Evaluation of Flexural Strength of Different Denture Base Materials Reinforced with Different Nanoparticles. *J. Prosthodont*. 28 (5), 572–579. <https://doi.org/10.1111/jopr.12974>
 15. Gad M, Abualsaud R. Behavior of PMMA denture base materials containing titanium dioxide nanoparticles: a literature review. *International J Biomater*. 2019; 1-14.
 16. Yuliharsini S, Nasution ID, Agusnar H, Ritonga PWU. Effect of E-glass fiber addition on mechanical properties of heat polymerized acrylic resin denture base. *J Evolution Medl Dent Sci*, 2019; 8(12), 872-878.
 17. Fatihallah AA. Comparison of some mechanical properties of silanated SiO₂ and polyester fiber incorporation into heat cured acrylic resin. *Iraqi Dent J*. 2015; 7(3): 90-6. <https://doi.org/10.26477/idi.v37i3.55>
 18. Tarsis JT, Wahyuni S. Pengaruh Penambahan Nanoselulosa Serat Daun Nenas Terhadap Kekuatan Transversal Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas: Studi Eksperimental. *J Ked Gigi Univ Padj*, 2023; 35(3): 251-5.
 19. 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. <https://doi.org/10.1111/jopr.12974>
 20. Riadi H, Danil D. Pemanfaatan Bahan Limbah Cangkang Sawit sebagai Bahan Pengisi Agregat Kasar pada Beton. *Al-Ard: J Teknik Lingkungan*, 2016;1(2), 80–85. <https://doi.org/10.29080/alard.v1i2.119>