

Penambahan nanosilika abu cangkang kelapa sawit pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap perbedaan kekerasan permukaan dan kekuatan impak: studi eksperimental laboratoris

Elisha Angela Br Sitepu¹ 
Siti Wahyuni² 

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 | 29 Mei 2024

Revisi | 6 Juli 2024

Penerimaan | 22 Agustus 2024

Publikasi Online | 30 Agustus 2024

DOI: [10.24198/jkg.v36i1.55884](https://doi.org/10.24198/jkg.v36i1.55884)

p-ISSN [0854-6002](https://doi.org/10.24198/jkg.v36i1.55884)

e-ISSN [2549-6514](https://doi.org/10.24198/jkg.v36i1.55884)

Sitasi | 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. J Ked Gi Univ Padj.
2024;36(2):223-232. DOI:
[10.24198/jkg.v36i1.55884](https://doi.org/10.24198/jkg.v36i1.55884)



Copyright: © 2024 oleh penulis, diserahkan ke
Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran
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 (RAPP) sering digunakan untuk membuat basis gigi tiruan, namun memiliki kekurangan dalam hal kekuatan dan kekerasan sehingga mudah fraktur. Hal ini dapat diatasi dengan menambahkan bahan penguat nanosilika abu cangkang kelapa sawit. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis penambahan nanosilika abu cangkang kelapa sawit pada basis gigi tiruan RAPP terhadap perbedaan kekerasan permukaan dan kekuatan impak. **Metode:** Rancangan penelitian ini adalah eksperimen laboratorium yang membagi 60 sampel berbentuk balok ($65 \times 10 \times 2,5 \pm 0,5$ mm) menjadi tiga kelompok: A (kontrol), B (nanosilika 5%), dan C (nanosilika 6%). Masing-masing 30 sampel diuji menggunakan Vickers Hardness Tester dengan satuan VHN (Vickers Hardness Number dan Charpy Impact Tester dengan satuan J/mm²). Uji statistik yang digunakan Kruskal-Wallis kekerasan permukaan dan uji Anova satu arah pada kekuatan impak. **Hasil:** Uji kekerasan permukaan kelompok A adalah $15,36 \pm 0,39$ VHN, kelompok B adalah $16,85 \pm 0,27$ VHN, dan kelompok C adalah $18,45 \pm 0,41$ VHN. Uji kekuatan impak kelompok A adalah $11,36 \pm 1,64$ J/mm², kelompok B adalah $5,61 \pm 1,50$ J/mm², dan kelompok C adalah $4,82 \pm 1,44$ J/mm². Ada perbedaan yang signifikan dengan $p=0,0001$. Ada perbedaan yang signifikan pada kekerasan permukaan antara kelompok A dengan kelompok B dan C dengan $p=0,0001$ ($p<0,05$), dan kelompok B dengan kelompok C dengan $p=0,0001$ ($p<0,05$), terdapat perbedaan yang signifikan terhadap kekuatan impak antara kelompok A dengan kelompok B dan C dengan $p=0,0001$ ($p<0,05$). **Simpulan:** Terdapat perbedaan kekerasan permukaan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas dengan penambahan nanosilika abu cangkang kelapa sawit 5 dan 6%, namun menurunkan kekuatan impak, tetapi nilai kekuatan impak yang diperoleh masih berada dalam standar ISO.

Kata kunci

resin akrilik polimerisasi panas, nanosilika, abu cangkang kelapa sawit, kekerasan permukaan, kekuatan impak

The effect of addition nanosilica palm kernel shell ash in heat-cured acrylic resin denture base on surface hardness and impact strength: a laboratory experimental study

ABSTRACT

Introduction: Heat-polymerized acrylic resin (HPAR) is commonly used for denture bases but is limited by its strength and hardness, which makes it prone to fractures. This limitation can be addressed by adding nanosilica derived from palm kernel shell ash as a reinforcing material. This study aims to analyze the effect of adding palm kernel shell ash nanosilica on HPAR dentures base on surface hardness and impact strength. **Methods:** This laboratory experiment involved 60 block-shaped samples ($65 \times 10 \times 2.5 \pm 0.5$ mm) divided into three groups: Group A (control), Group B (5% nanosilica), and Group C (6% nanosilica). Surface hardness for each group was tested using the Vickers Hardness Tester, with results in Vickers Hardness Number (VHN), and impact strength was tested using the Charpy Impact Tester, with results in J/mm². Statistical analysis was performed using Kruskal-Wallis test surface hardness and one-way ANOVA for impact strength. **Results:** Surface hardness for Group A was 15.36 ± 0.39 VHN, Group B was 16.85 ± 0.27 VHN, and Group C was 18.45 ± 0.41 VHN. Impact strength for Group A was 11.36 ± 1.64 J/mm², Group B was 5.61 ± 1.50 J/mm², and Group C was 4.82 ± 1.44 J/mm², with significant differences observed ($p=0.0001$). Significant differences in surface hardness were found between Group A and both Groups B and C ($p=0.0001$) as well as between Groups B and C ($p=0.0001$). Similarly, significant differences in impact strength were observed between Group A and both Groups B and C ($p=0.0001$). **Conclusion:** There is a difference in the surface hardness of heat-polymerized acrylic resin denture base with the addition of 5% and 6% from palm kernel shell ash; however, the impact strength decreases. Nevertheless, the impact strength values remain within ISO standards.

Keywords

heat cured acrylic resin, nanosilica, palm kernel shell ash, surface hardness, impact strength

PENDAHULUAN

Basis gigi tiruan merupakan bagian dari gigi tiruan yang bertumpu pada jaringan lunak rongga mulut dan tempat melekat anasir gigi tiruan.¹ Resin akrilik atau yang biasa disebut polimetil metakrilat ditemukan pada tahun 1937 oleh Dr. Walter Wright, resin akrilik merupakan bahan yang paling banyak digunakan untuk pembuatan basis gigi tiruan.^{2,3} Resin akrilik berdasarkan metode aktivasinya dibedakan menjadi resin akrilik swapolimerisasi, resin akrilik polimerisasi sinar, dan resin akrilik polimerisasi panas.⁴

Resin akrilik polimerisasi panas merupakan bahan yang polimerisasinya menggunakan energi termal yang diperoleh dari pemanasan air atau waterbath.² Resin akrilik polimerisasi panas menjadi jenis bahan yang paling sering digunakan dalam pembuatan basis gigi tiruan karena memiliki kelebihan antara lain tidak bersifat toksik, tidak mengiritasi jaringan, memenuhi syarat estetika, stabilitas warna yang baik, harga relatif murah, mudah cara manipulasi serta preparasi, dan memiliki nilai kekuatan impak dan kekerasan permukaan yang baik dengan nilai minimal kekuatan impak menurut ISO 1567, yaitu $2 \times 10^{-3} \text{ J/mm}^2$, sedangkan kekerasan permukaan menurut Lubis MDO, dkk nilai kekerasan permukaan adalah 15-18 VHN.^{1,5}

Selain memiliki kelebihan RAPP juga memiliki kekurangan dalam hal kekuatan dan kekerasan, sehingga lebih mudah fraktur setelah pemakaian dalam jangka waktu yang lama.⁴ Fraktur merupakan masalah yang sering ditemui sebanyak 63% dalam tiga tahun sejak pemakaian gigi tiruan.⁶ Hal ini dapat terjadi akibat gigi tiruan sering mengalami benturan dan tarikan secara berulang yang mengakibatkan RAPP lebih mudah fraktur.⁴

Salah satu upaya untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan dapat dilakukan penambahan bahan penguat ke dalam resin akrilik polimerisasi panas. Bahan penguat dapat terdiri dari bahan kimia, serat, dan logam.⁷ Bahan penguat jenis kimia yang dapat digunakan berupa *cross-linking agent*, *rubber particles*, dan *filler* kimia.⁸ Bahan penguat yang sering digunakan dalam bidang kedokteran gigi adalah silika. Silika sering digunakan sebagai bahan pengisi pada elastomer, resin komposit, dan resin akrilik.⁹ Silika dapat berasal dari makhluk hidup dan mineral alam. Silika yang berasal dari makhluk hidup didapati dari tumbuhan dan hewan.¹⁰

Silika alami dapat diperoleh dari beberapa tanaman, salah satunya adalah limbah dari tanaman kelapa sawit yaitu cangkang kelapa sawit. Cangkang kelapa sawit memiliki kandungan silika terbanyak dibandingkan limbah padat kelapa sawit lainnya. Berdasarkan penelitian Pausa, dkk¹¹ menyatakan bahwa kandungan silika dalam abu cangkang kelapa sawit mencapai 60% dari 2% berat abu yang diperoleh dari total berat cangkang kelapa sawit.

Silika yang diekstrak dengan metode *leaching* menggunakan larutan asam menghasilkan silika dengan tingkat kemurnian yang tinggi.¹¹ Silika dengan ukuran nanopartikel menjadi yang paling banyak digunakan sebagai bahan penguat dikarenakan memiliki ukuran partikel yang lebih kecil, sehingga memiliki homogenitas yang lebih baik ketika dicampurkan dengan polimer dan monomer akrilik.¹² Nanosilika dapat disintesis dengan memanfaatkan energi dari benturan dan gesekan antara bola baja dan bubuk silika yang umumnya disebut metode *ball mill*.¹³

Nanosilika merupakan bahan amorf yang terhubung dalam ikatan Si-O-Si yang tidak beraturan dengan kelompok silanol (Si-OH) yang ada di dalam dan di permukaan.¹⁴ Nanosilika memiliki sifat seperti luas permukaan tinggi, volume dan ukuran pori seragam, toksisitas rendah, biokompatibilitas yang baik, memiliki kemampuan enkapsulasi bahan hidrofobik maupun hidrofilik, dan lain sebagainya.¹⁵

Hasil penelitian Enamel, dkk⁹ menunjukkan bahwa kekerasan permukaan dapat ditingkatkan dengan penambahan nanosilika pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas dengan konsentrasi 3%, 5%, dan 7%. Selain itu, konsentrasi 3% dan 5% meningkatkan kekuatan impak dan kekuatan transversal, sedangkan konsentrasi 7%

menurunkan kekuatan impak dan kekuatan transversal.⁹ dari Konsentrasi Penelitian Elnamel ini maka akan dilakukan pengujian konsentrasi 6% apakah memiliki potensi yang lebih baik dari konsentrasi yang paling bagus yang sudah ditelitinya sebesar 5%. Penelitian ini memiliki pembaruan dari penelitian sebelumnya dengan membandingkan konsentrasi 5% dan 6% yang memiliki tujuan penelitian adalah untuk menganalisis penambahan nanosilika abu cangkang kelapa sawit pada basis gigi tiruan RAPP terhadap perbedaan kekerasan permukaan dan kekuatan impak.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimental laboratoris dengan rancangan penelitian adalah *posttest only control group*. Sampel penelitian adalah lempeng resin akrilik polimerisasi panas yang dibuat dari model induk dengan ukuran sesuai dengan *International Standard Organization* (ISO) No.1567 yang berukuran 65 x 10 x 2,5±0,5 mm untuk pengujian kekerasan permukaan dan kekuatan impak. Penelitian ini dilakukan dengan membagi menjadi tiga kelompok, yaitu kelompok A (kontrol), kelompok B (nanosilika dengan konsentrasi 5%), dan kelompok C (nanosilika dengan konsentrasi 6%) sebanyak 60 sampel. Setiap kelompok berjumlah 10 sampel dengan 30 sampel diuji menggunakan *Vickers Hardness Tester* dan 30 sampel diuji menggunakan *Charpy Impact Tester*. Jumlah sampel ditentukan dengan perhitungan menggunakan rumus *Federer*, sehingga didapatkan jumlah sampel setiap kelompok adalah 10 sampel dan total jumlah sampel adalah 60 sampel.

Pembuatan nanosilika abu cangkang kelapa sawit dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik FMIPA USU dan UPT Laboratorium Penelitian Terpadu USU. Cangkang kelapa sawit dicuci dan dijemur dibawah sinar matahari sampai mengering, kemudian digiling menggunakan grinder. Hasil gilingan direndam dengan HCl 10% selama 2 jam, disaring dengan kertas whatman no.42, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 150°C selama 1 jam. Kemudian sampel di tanur hingga menjadi arang pada suhu 350°C selama 3 jam, sampel di tanur kembali hingga menjadi abu pada suhu 900°C selama 2 jam, abu yang diperoleh dihaluskan dan dimasukkan ke dalam *beaker glass*. Tambahkan 100 mL NaOH 10% selama 24 jam, disaring sehingga menghasilkan filtrat NaSiO₃. Filtrat distirrer dan ditambahkan HCl 37% sedikit demi sedikit hingga pH=7, kemudian disaring sehingga menghasilkan endapan dan dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam. Silika yang dihasilkan disintesis kembali menggunakan metode *ball mill* dengan kecepatan 600 rpm selama 3 jam. Bubuk silika diayak dengan menggunakan ayakan 100 *mesh*, kemudian dilanjutkan dengan ayakan 400 *mesh* dan didapatkan ukuran partikel nanosilika <100 nm (96 nm).^{11,16}

Pembuatan *mould* dilakukan di UJI Dental FKG USU. Olesi kuvet dengan *vaseline*, kemudian buat adonan gips yang akan diisi pada kuvet bawah dengan perbandingan 300 gr gips keras: 90 ml air, aduk adonan gips hingga homogen, dan tuangkan adonan ke kuvet bawah sambil digetarkan dengan vibrator. Model induk yang sudah diolesi *vaseline* diletakkan diatas adonan gips pada kuvet dan diamkan hingga adonan gips mengeras selama ±30-45 menit, kemudian olesi permukaan gips dengan *vaseline*. Kuvet bawah dan kuvet atas disatukan dan diisi dengan adonan gips kemudian di *press*, diamkan hingga mengeras selama ±30-45 menit. Kuvet dibuka dan model induk dikeluarkan sehingga diperoleh *mould*.

Pembuatan sampel dilakukan pengisian dengan resin akrilik (QC-20) tanpa penambahan nanosilika dan dengan penambahan nanosilika pada *mould yang berukuran* 65 x 10 x 2,5±0,5 mm. Terlebih dahulu oleskan *could mould seal* pada mould dan seluruh permukaan gips. Kelompok A (kontrol) campurkan polimer dan monomer dengan perbandingan 2:1, yaitu 15 gr: 7,5 ml untuk mengisi 3 *mould* pada kuvet, kelompok B dilakukan penambahan 0,75 gr nanosilika, dan kelompok C dilakukan penambahan 0,9 gr nanosilika. Kemudian campurkan polimer dan nanosilika, tambahkan monomer, aduk

hingga homogen dan diamkan hingga mencapai *dough stage*. Kelompok A isi mould dengan adonan resin tanpa nanosilika, Kelompok B dan C isi mould dengan adonan resin yang sudah ditambahkan nanosilika yang sudah ditentukan, gunakan *plastic cellphone* untuk melapisi permukaannya. Kemudian kuvet ditutup dan ditekan perlahan-lahan dengan alat press hidrolik hingga mencapai 1000 psi, buka kuvet, keluarkan *plastic cellphone* dan bersihkan akrilik yang berlebih menggunakan lekron.

Tutup dan tekan kembali kuvet dengan tekanan 2200 psi. Untuk mempertahankan kuvet (atas dan bawah) pastikan baut kuvet terpasang dengan benar, alat dibiarkan selama 30 menit. Lakukan kuring pada kuvet, kuvet ditempatkan dalam *waterbath* dengan suhu 70°C selama 90 menit, kemudian atur suhu 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.

Pengujian kekerasan permukaan dilakukan di Laboratorium ATB (*Approved Training Body*) Politeknik Negeri Medan menggunakan *Vickers Hardness Tester* dengan indentasi dilakukan pada lima titik kemudian atur beban indentasi (*test load*) sebesar 25 gf dengan waktu indentasi (*dwel time*) selama 30 detik. Sampel diletakkan di atas meja objek, dengan posisi sampel tepat ditengah lensa objektif. Fokuskan lensa objek dengan memutar pegangan searah jarum jam. Setelah tampak fokus, tekan tombol start, lensa objek akan bergeser berganti dengan diamond indenter.

Ujung diamond indenter menekan sampel dengan beban 25 gf selama 30 detik. Kemudian tombol baca ditekan sehingga keluar hasil kekerasan permukaan dengan satuan *Vickers Hardness Number* (VHN) pada monitor yang terdapat pada alat dan diambil nilai reratanya. Setelah itu lakukan analisis data, yaitu uji analisis univariat untuk mengetahui rerata serta standar deviasi setiap kelompok. *Uji kruskal-Wallis* digunakan untuk menentukan jumlah penambahan nanosilika abu cangkang kelapa sawit 5% dan 6% pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekerasan permukaan, dan uji Mann-Whitney digunakan untuk menganalisis kelompok perlakuan yang memiliki perbedaan konsentrasi.

Pengujian kekuatan impact dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Harapan Medan menggunakan *Charpy Impact Tester* dengan sampel diletakkan dengan posisi horizontal dan sejajar dengan kedua ujung dudukan sampel. Posisikan lengan pemukul ke posisi awal, skala menunjukkan 150°. Kemudian lengan pemukul dilepaskan dan bergerak mengenai bagian tengah sampel dengan kecepatan 3,46 m/s hingga patah. Catat nilai kekuatan impact yang tertera pada alat pengukur. Satuan yang digunakan pada alat ini adalah J/mm². Sampel yang patah dapat disatukan kembali sesuai nomor yang sebelumnya telah diberikan.

Setelah itu lakukan analisis data, yaitu uji analisis univariat untuk mengetahui rerata serta standar deviasi setiap kelompok. *One-way analysis of variance* (Anova) digunakan untuk menentukan perbedaan penambahan nanosilika abu cangkang kelapa sawit 5% dan 6% pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan impact, dan uji LSD (*Least Significant Different*) digunakan untuk menganalisis kelompok perlakuan yang memiliki perbedaan konsentrasi.

HASIL

Berdasarkan hasil penelitian analisis univariat menunjukkan bahwa nilai kekerasan permukaan pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi dengan nilai terkecil pada kelompok A (kontrol) adalah 14,3 VHN, sedangkan nilai terbesar adalah 15,7 VHN dengan nilai rerata dan standar deviasi adalah $15,36 \pm 0,39$ VHN. Kelompok B (nanosilika 5%) memiliki nilai kekerasan permukaan terkecil adalah 16,5 VHN, sedangkan nilai terbesar adalah 17,4 VHN dengan nilai rerata dan standar deviasi adalah $16,85 \pm 0,27$ VHN. Kelompok C (nanosilika 6%) memiliki nilai kekerasan permukaan terkecil adalah 18 VHN,

sedangkan nilai terbesar adalah 19,4 VHN dengan nilai rerata dan standar deviasi adalah $18,45 \pm 0,41$ VHN (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai kekerasan permukaan resin akrilik polimerisasi panas pada kelompok A, B, dan C

No sampel	Kekerasan permukaan (VHN)		
	A	B	C
1	14,3*	16,8	18,7
2	15,4	16,7	18,0*
3	15,5	16,9	19,4**
4	15,5	16,5*	18,8
5	15,3	16,7	18,3
6	15,5	17,1	18,2
7	15,4	16,6	18,5
8	15,7**	17,4**	18,2
9	15,7**	16,7	18,2
10	15,3	17,1	18,2
$\bar{x} \pm SD$	$15,36 \pm 0,39$	$16,85 \pm 0,27$	$18,45 \pm 0,41$

Keterangan: (*) nilai terkecil, (**) nilai terbesar

Nilai kekuatan impact pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi pada kelompok A (kontrol) memiliki nilai terkecil adalah $7,67 \text{ J/mm}^2$, sedangkan nilai terbesar adalah $14,26 \text{ J/mm}^2$ dengan nilai rerata dan standar deviasi adalah $11,36 \pm 1,64 \text{ J/mm}^2$. Kelompok B (nanosilika 5%) memiliki nilai kekuatan impact terkecil adalah $3,46 \text{ J/mm}^2$, sedangkan nilai terbesar adalah $7,67 \text{ J/mm}^2$ dengan nilai rerata dan standar deviasi adalah $5,61 \pm 1,5 \text{ J/mm}^2$. Kelompok C (nanosilika 6%) nilai kekuatan impact terkecil adalah $3,04 \text{ J/mm}^2$, sedangkan nilai terbesar adalah $7,67 \text{ J/mm}^2$ dengan nilai rerata dan standar deviasi adalah $4,82 \pm 1,44 \text{ J/mm}^2$ (Tabel 2).

Tabel 2. Nilai kekuatan impact resin akrilik polimerisasi panas pada kelompok A, B, dan C

No sampel	Kekuatan impact (J/mm^2)		
	A	B	C
1	10,84	4,33	5,71
2	11,39	4,78	3,04*
3	11,39	3,46	4,78
4	12,52	6,19	5,24
5	7,67*	7,67**	3,89
6	11,39	3,46*	7,67**
7	10,84	6,19	3,04*
8	14,26**	6,19	4,33
9	11,39	6,67	6,19
10	11,95	7,17	4,33
$\bar{x} \pm SD$	$11,36 \pm 1,64$	$5,61 \pm 1,50$	$4,82 \pm 1,44$

Keterangan: (*) nilai terkecil; (**) nilai terbesar

Sebelum uji Kruskal-Wallis dilakukan uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk. Hasil uji normalitas data diperoleh tingkat signifikansi pada kelompok A (kontrol) dengan $p=0,001$, kelompok B (nanosilika 5%) dengan $p=0,382$, dan kelompok C (nanosilika 6%) dengan $p=0,048$. Hasil uji normalitas yang diperoleh pada keseluruhan data dengan tingkat signifikansi $p<0,05$, maka seluruh data tidak berdistribusi normal. Setelah itu, dilakukan uji homogenitas data dengan uji *Levene* diperoleh nilai homogenitas 0,48 dan tingkat

signifikansi $p=0,62>0,05$, menunjukkan bahwa data yang diperoleh homogen.

Penelitian dilanjutkan dengan uji Kruskal-Wallis diperoleh adanya perbedaan yang signifikan terhadap penambahan nanosilika abu cangkang kelapa sawit 5% dan 6% pada basis gigi tiruan terhadap kekerasan permukaan dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$) (Tabel 3). Analisis dilanjutkan dengan uji *Mann-Whitney*, hasil uji menunjukkan bahwa ada perbedaan penambahan yang signifikan antara kelompok A (kontrol) dengan B (nanosilika 5%) dimana $p=0,0001$ ($p<0,05$), antara kelompok A (kontrol) dengan C (nanosilika 6%) dimana $p=0,0001$ ($p<0,05$), antara kelompok B (nanosilika 5%) dengan C (nanosilika 6%) dimana $p=0,0001$ ($p<0,05$) (Tabel 4).

Tabel 3. Nilai kekerasan permukaan pada kelompok A, B, dan C berdasarkan uji Kruskal-Wallis

Kelompok	Kekerasan permukaan (VHN)		Nilai-p
	n	$\bar{x} \pm SD$	
A	10	15,36 $\pm$ 0,39	0,0001*
B	10	16,85 $\pm$ 0,27	
C	10	18,45 $\pm$ 0,41	

Keterangan: *signifikan ($p<0,05$)

Tabel 4. Nilai kekerasan permukaan pada kelompok A, B, dan C berdasarkan uji Mann-Whitney

Kelompok		Nilai-p
A	B	0,0001*
A	C	0,0001*
B	C	0,0001*

Keterangan: *signifikan ($p<0,05$)

Sebelum uji *one-way* Anova dilakukan uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk. Hasil uji normalitas data diperoleh tingkat signifikansi pada kelompok A dengan $p=0,079$, kelompok B dengan $p=0,294$, dan kelompok C dengan $p=0,691$. Hasil uji normalitas yang diperoleh pada keseluruhan data dengan tingkat signifikansi $p>0,05$, maka seluruh data berdistribusi normal. Setelah itu, dilakukan uji homogenitas data dengan uji *Levene* diperoleh nilai homogenitas 0,29 dan tingkat signifikansi $p=0,75>0,05$, menunjukkan bahwa data yang diperoleh homogen. Penelitian dilanjutkan dengan uji *one-way* Anova diperoleh adanya perbedaan yang signifikan terhadap penambahan nanosilika abu cangkang kelapa sawit 5% dan 6% pada basis gigi tiruan terhadap kekuatan impact dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$) (Tabel 5). Dilanjutkan dengan uji LSD (*Least Significant Different*), hasil uji menunjukkan bahwa ada perbedaan penambahan yang signifikan antara kelompok A dengan B dimana $p=0,0001$ ($p<0,05$), antara kelompok A dengan C dimana $p=0,0001$ ($p<0,05$) (Tabel 6).

Tabel 5. Nilai kekuatan impact pada kelompok A, B, dan C berdasarkan uji one-way Anova

Kelompok	Kekerasan permukaan (VHN)		Nilai p
	n	$\bar{x} \pm SD$	
A	10	11,36 $\pm$ 1,64	0,0001*
B	10	5,61 $\pm$ 1,50	
C	10	4,82 $\pm$ 1,44	

Keterangan: *signifikan ($p<0,05$)

Tabel 6. Nilai kekuatan impact pada kelompok A, B, dan C berdasarkan uji LSD

Kelompok		Nilai-p
A	B	0,0001*
A	C	0,0001*
B	C	0,260

Keterangan: *signifikan ($p < 0,05$)

PEMBAHASAN

Nilai kekerasan permukaan dan kekuatan impact resin akrilik polimerisasi panas (Tabel 1-2) memiliki nilai yang bervariasi disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya pencampuran antara polimer dan monomer RAPP yang tidak dilakukan secara bersamaan untuk semua sampel penelitian, teknik pengadukan secara manual menghasilkan campuran yang sulit homogen. Berdasarkan penelitian Ferasima R, dkk menyatakan bahwa teknik pengadukan secara manual dapat menyebabkan udara terperangkap dalam matriks basis gigi tiruan RAPP sehingga dapat terjadi porositas yang dapat memengaruhi kekerasan permukaan dan kekuatan impact basis gigi tiruan. Porositas disebabkan oleh penguapan monomer yang tidak bereaksi dan berat molekul polimer yang rendah. Nanosilika yang terbang pada saat proses pengepresan, sejumlah nanosilika akan menyebar ke arah *lateral* dan keluar melewati *mould* sehingga menyebabkan berkurangnya konsentrasi nanosilika. Hal ini menyebabkan distribusi nanosilika pada resin akrilik menjadi tidak merata, sehingga ketika diberikan tekanan maka nanosilika yang tidak terdistribusi merata akan mudah patah.¹⁶

Faktor lainnya adalah kesulitan dalam memegang dan menekan sampel pada saat pemakaian *rotary grinder* yang menyebabkan kekuatan penekanan pada saat pemolesan sampel berbeda-beda, sehingga mengakibatkan perbedaan kerataan permukaan pada setiap sisi sampel yang akan memengaruhi kekerasan permukaan dan kekuatan impact basis gigi tiruan RAPP yang dihasilkan. Perbedaan kerataan ini dapat mempengaruhi keakuratan proses pengujian indentasi, jika indenter bersentuhan dengan bagian yang cekung hasil kedalaman penetrasi akan lebih besar dan kekerasan yang terhitung akan lebih rendah. Begitu sebaliknya jika indenter bersentuhan dengan bagian yang cembung maka indenter akan mengenai bagian yang cembung terlebih dahulu dan tidak mengenai permukaan yang sebenarnya, sehingga kekerasan yang terhitung akan lebih besar dari seharusnya.¹⁷

Perbedaan penambahan nanosilika konsentrasi 5% dan 6% pada resin akrilik polimerisasi panas dapat meningkatkan kekerasan permukaan (Tabel 3-4) terjadi karena partikel nanosilika memiliki adhesi yang baik dan interaksi yang kuat terhadap polimer RAPP. Saat proses polimerisasi bahan, partikel nanosilika akan bereaksi secara kimia membentuk *crosslinking* dengan mengikat dua atom oksigen dari gugus $-COOR$ dari polimer RAPP dengan membentuk ikatan *hydrogen* dengan gugus *carbonyl* ($-C=O$) dan gugus *hydroxyl* ($-OH$) pada permukaan partikel silika, sehingga nanosilika akan mengisi celah matriks RAPP. Selain itu, nanosilika yang memiliki gaya kohesif yang kuat dengan polimer RAPP dapat memiliki ikatan interfasi. Ikatan interfasi yang kuat antara keduanya menciptakan lapisan interfasi berupa rantai makromolekul yang lentur. Dengan demikian, partikel-partikel nanosilika akan menyerap ion dan molekul dari polimer RAPP, sehingga dapat mencegah terjadinya *cracking* atau fraktur dan meningkatkan kekerasan permukaan bahan basis gigi tiruan RAPP.^{17,18}

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan nanosilika pada basis gigi tiruan RAPP dengan ukuran dan jumlah tertentu dapat meningkatkan kekerasan permukaan. Kelompok B dan C terlihat peningkatan kekerasan permukaan yang terjadi karena penambahan nanosilika dapat mengikat rantai polimer sehingga meningkatkan kekerasan bahan. Selain itu, nanosilika pada resin akrilik akan mengalami kemisorpsi. Kemisorpsi merupakan molekul, ion, atau atom yang menempel pada permukaan, kemisorpsi ini dapat terjadi dikarenakan nanosilika yang memiliki luas penampang yang besar dan energi

permukaan tinggi akan meningkatkan gaya tarik menarik di permukaan yang menyebabkan partikel nanosilika menyatu membentuk aglomerasi pada permukaan resin akrilik polimerisasi panas, sehingga hal ini dapat meningkatkan kekerasan permukaan.^{20,21} Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Elnamel, dkk⁹ menunjukkan bahwa kekerasan permukaan dapat ditingkatkan dengan penambahan nanosilika pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas dengan konsentrasi 3, 5, dan 7%.⁵

Kekuatan impak terlihat terjadi penurunan pada kelompok B dan C (Tabel 5-6), namun masih diatas nilai minimal standar ISO 1567, yaitu $2 \times 10^{-3} \text{ J/mm}^2$, hal ini terjadi karena penambahan nanosilika yang terlalu banyak dapat menyebabkan defek pada bahan dan menyebabkan gangguan dalam kontinuitas matriks resin karena sudah berada pada titik jenuh matriks resin. Selain itu, nanosilika yang memiliki sifat getas ketika di tambahkan ke resin akrilik polimerisasi panas yang bersifat *brittle* akan meningkatkan sifat mekanis salah satunya modulus elastisitas, dengan meningkatnya modulus elastisitas RAPP yang sudah berada di atas ambang batas *stress point* menyebabkan kekakuan basis gigi tiruan meningkat akibat deformasi permanen, sehingga basis gigi tiruan menjadi lebih mudah patah.^{16,19,21}

Faktor lainnya adalah Nanosilika pada resin akrilik akan mengalami kemisorpsi akibat nanosilika yang memiliki luas penampang yang besar dan energi permukaan tinggi akan meningkatkan gaya tarik menarik di permukaan, sehingga hal ini dapat mengakibatkan nanosilika menjadi tidak homogen dengan resin akrilik polimerisasi panas.¹⁹ Hasil penelitian terhadap kekuatan impak sejalan dengan dengan Balos *et al.*¹² menyatakan bahwa nanosilika konsentrasi rendah (0,023%, 0,041%, 0,091%) kekerasan dan ketangguhan retak meningkat dibandingkan pada konsentrasi tinggi. Namun peningkatan kandungan nanosilika mengakibatkan penurunan sifat mekanik.¹² Namun, hal ini bertentangan dengan Elnamel, *et al.*⁹ melakukan penelitian tentang perbedaan silikon dioksida nano-filler pada beberapa sifat basis gigi tiruan RAPP.

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 fleksural juga mengalami peningkatan, sedangkan pada konsentrasi 7% kekuatan impak dan fleksural mengalami penurunan.⁹

Oleh karena itu, nanosilika abu cangkang kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan penguat yang digunakan untuk basis gigi tiruan RAPP agar lebih tahan goresan dan abrasi yang terjadi pada resin akrilik polimerisasi panas yang terjadi akibat tekanan pada saat pemakaian atau pembersihan basis gigi tiruan secara berulang, namun kurang dapat menahan benturan yang terjadi tiba-tiba, tetapi nilai kekuatan impak yang diperoleh masih diatas nilai minimal standar ISO 1567.

Keterbatasan pada penelitian ini adalah pencampuran yang tidak homogen antara polimer resin akrilik polimerisasi panas dan partikel nanosilika yang disebabkan oleh teknik pengadukan manual menggunakan pot akrilik dan *spatel agate* sehingga menyebabkan porositas internal dan berpengaruh terhadap kekuatan impak.

Keterbatasan lain adalah distribusi bahan penguat pada tiap sampel tidak dapat dipastikan dalam jumlah yang sama karena ada kemungkinan bahan penguat tidak terdistribusi merata saat pengepresan dilakukan meskipun tekanan dikendalikan. Selain itu, ukuran partikel yang terlalu kecil memungkinkan untuk terjadi kemisorpsi akibat luas penampang yang besar dan energi permukaan tinggi akan meningkatkan gaya tarik menarik di permukaan, sehingga hal ini dapat mengakibatkan nanosilika tidak homogen dengan resin akrilik polimerisasi panas.

SIMPULAN

Terdapat perbedaan kekerasan permukaan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas dengan penambahan nanosilika abu cangkang kelapa sawit 5 dan 6%, namun menurunkan kekuatan impak, tetapi nilai kekuatan impak yang diperoleh masih berada dalam standar ISO. Implikasi penelitian ini memberikan informasi penting untuk dokter gigi dan laboran tentang kekerasan permukaan dan kekuatan impak resin akrilik polimerisasi panas dengan penambahan nanosilika abu cangkang kelapa sawit serta sebagai informasi bagi masyarakat untuk mengoptimalkan limbah cangkang kelapa sawit yang menumpuk sebagai limbah industri pabrik.

Kontribusi Penulis: S.E.A.B dan W.S.; metodologi, S.E.A.B dan W.S.; perangkat lunak, S.E.A.B dan W.S.; validasi, S.E.A.B dan W.S.; analisis formal, S.E.A.B dan W.S.; investigasi, S.E.A.B dan W.S.; sumber daya, S.E.A.B dan W.S.; kurasi data, S.E.A.B dan W.S.; penulisan penyusunan draft awal, S.E.A.B dan W.S.; penulisan tinjauan dan penyuntingan, S.E.A.B dan W.S.; visualisasi, S.E.A.B dan W.S.; supervisi, S.E.A.B dan W.S.; administrasi proyek, S.E.A.B dan W.S.; perolehan pendanaan, S.E.A.B dan W.S.; 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 Fakultas Kedokteran USU No. 115/KEPK/USU/2024

Pernyataan Persetujuan (Informed Consent Statement): Penelitian ini 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. Lubis MDO, Putranti, DT. Pengaruh penambahan aluminium oksida pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan. B-Dent 2019;6(1):1-8. <https://doi.org/10.33854/jbd.v6i1.202>
2. Dahar E, Handayani S. Pengaruh penambahan zirkonium oksida pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan impak dan transversal. PANNMED 2017;12(2):194-9. <http://ojs.poltekkes-medan.ac.id/pannmed/article/view/24>
3. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Phillips' science of dental materials. 12th Ed. Elsevier science Saunders; Missouri 2013: 71-5 ISBN: 978-1-4377-2418-9
4. Walls AWG, McCabe JF. Applied dental materials 9th ed. Munksgaard Blackwell, 2008; 110. ISBN: 978-1-4051-3961-8
5. Marsigid D, Tasrip, Rahmaniwati. Pengaruh perendaman resin akrilik dalam minuman berkarbonasi terhadap impact strength. J Pen didik dan Konseling 2022; 4(6): 1707-15. [Garuda - Garba Rujukan Digital \(kemdikbud.go.id\)](http://Garuda-GarbaRujukanDigital(kemdikbud.go.id))
6. Aljafery AMA, Basima MAH. Effect of addition ZrO₂-Al₂O₃ nanoparticles mixture on some properties and denture base adaptation of heat cured acrylic resin denture base material. J Bagh College Dent 2015; 27(3): 1-7. <https://doi.org/10.12816/0015028>
7. Hammed HK, Rahman HA. The effect of addition nanoparticle ZrO₂ on some properties of autoclave processed heat cured denture base material. J Bagh College Dent 2015; 27(1): 32-9. <https://doi.org/10.12816/0015262>
8. Alamel HA, Mudhaffer M. The effect of silicon dioxide nano-fillers reinforcement on some properties of heat cure polymethyl methacrylate denture base material. Bagh Collage Dent 2014;26(1):32-6. <https://www.jbcd.uobaghdad.edu.iq/index.php/jbcd/article/view/293>
9. Padang A, Nurlaila R, dkk. Analisa suhu dan waktu pembakaran abu sekam padi terhadap hasil silika dari proses ekstraksi menggunakan pelarut NaOH. CEJS 2023;3(2):216-25. <https://doi.org/10.29103/cejs.v3i2.9768>
10. Pausa Y, Malino MBA, Arman Y. Optimasi tingkat kemurnian silika, SiO₂, dari abu cangkang sawit berdasarkan konsentrasi pengasaman. Prisma Fisika 2015;3(1):1-4. <https://doi.org/10.24815/cdj.v15i2.26948>
11. Balos, S, Pilic B, Markovic D, Markovic D, Pavlicevic J, Luzanin O. Poly(methyl-methacrylate) nanocomposites with low silica addition. J Prosthet Dent 2014;111:327-34. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.06.021>
12. Piras CC, Prieto SF, Borggraeve WMD. Ball milling: a green technology for the preparation and functionalisation of nanocellulose derivatives. RSC 2019;1:937-47. <https://doi.org/10.1039/C8NA00238J>
13. Ulfa ZM, Manurung P, Karo P. Pengaruh variasi konsentrasi NaOH optimum pada pembuatan nanosilika dari batu apung. JTAF 2020; 8(1): 11-6. <https://doi.org/10.23960/jtaf.v8i1.2262>
14. Aminudin MR, Amaria A. Artikel review: sintesis dan karakterisasi nanosilika dari abu sekam padi (RHA). Prosiding Seminar Nasional Kimia (SNK), Surabaya. 2021 Oct 23.
15. 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>
16. Gustin A, Sedlacek M, Zuzek B, Podgornik B,

17. Varu`an Kevorkijan. Analysis of the surface-preparation effect on the hardness-measurement uncertainty of aluminium alloys. MTAEC 2020;54(6):845-52. <https://doi.org/10.17222/mit.2020.008>
18. Rangkuti AMS, Wahyuni S. Pengaruh penambahan silika dari abu cangkang kelapa sawit pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan transversal. CDJ 2023;15(2):117-22. <https://doi.org/10.24815/cdj.v15i2.26948>
19. Hasran MAR, Imam DNA, Sunendar B. Addition of rice husk nanocellulose to the impact strength of resin base heat cured. JVHS 2021;04:119-24. [10.20473/jvhs.V4.I3.2021.119-124](https://doi.org/10.20473/jvhs.V4.I3.2021.119-124)
20. Rahmawati SJ, Logamarta SW, Satrio R. Penambahan nanoselulosa sekam padi terhadap kekasaran permukaan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas. IDJ 2021;10(2):45-50. <https://doi.org/10.18196/di.v10i2.12309>
21. Marsigid D, Tasrip, Rahmaniwati. Pengaruh perendaman resin akrilik dalam minuman berkarbonasi terhadap impact strength. JPDK 2022;4(6):1707-15.