

Pengaruh Penambahan Silika Dari Abu Cangkang Kelapa Sawit Pada Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas Terhadap Kekasaran Permukaan

Rahel Stevani Nainggolan*, Haslinda Z Tamin

Universitas Sumatera Utara, Indonesia

Email: rahel.stevani15@gmail.com*

Abstrak

Resin akrilik polimerisasi panas (RAPP) merupakan bahan basis gigi tiruan yang paling banyak digunakan karena memiliki sifat estetik, mudah dimanipulasi, serta biokompatibel. Namun, RAPP memiliki kelemahan berupa kekuatan mekanis yang rendah dan kekasaran permukaan yang dapat memengaruhi retensi plak serta kenyamanan pasien. Penambahan bahan penguat seperti silika (SiO_2) dari abu cangkang kelapa sawit berpotensi meningkatkan sifat fisis bahan ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan silika dengan konsentrasi 2% dan 5% terhadap kekasaran permukaan basis gigi tiruan RAPP. Penelitian eksperimental laboratoris dilakukan dengan membagi sampel menjadi tiga kelompok: tanpa penambahan silika, dengan silika 2%, dan dengan silika 5%. Kekasaran permukaan diukur menggunakan *Profilometer* dan dianalisis dengan uji ANOVA serta uji LSD. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata nilai kekasaran permukaan pada kelompok kontrol sebesar $0,0405 \mu\text{m}$, pada penambahan silika 2% sebesar $0,0643 \mu\text{m}$, dan pada penambahan silika 5% sebesar $0,0972 \mu\text{m}$. Uji statistik menunjukkan adanya pengaruh signifikan penambahan silika terhadap kekasaran permukaan ($p=0,001$; $p<0,05$). Terdapat pula perbedaan bermakna antar ketiga kelompok. Meskipun terjadi peningkatan kekasaran seiring penambahan silika, nilai tersebut masih berada di bawah ambang batas klinis ISO ($0,2 \mu\text{m}$). Dengan demikian, silika dari abu cangkang kelapa sawit berpotensi digunakan sebagai bahan penguat RAPP tanpa menimbulkan kekasaran permukaan yang melebihi standar klinis.

Kata Kunci: Resin Akrilik Polimerisasi Panas, Silika, Abu Cangkang Kelapa Sawit, Kekasaran Permukaan, Gigi Tiruan

Abstract

*Heat-polymerized acrylic resin (HPAR) is the most widely used denture base material due to its esthetics, ease of manipulation, and biocompatibility. However, HPAR has disadvantages such as low mechanical strength and surface roughness, which may affect plaque retention and patient comfort. Reinforcement using silica (SiO_2) derived from palm shell ash has potential to improve its physical properties. This study aimed to evaluate the effect of adding silica at 2% and 5% concentrations on the surface roughness of HPAR denture base material. An experimental laboratory design was conducted with three groups of samples: without silica, with 2% silica, and with 5% silica. Surface roughness was measured using a *Profilometer* and analyzed with ANOVA and LSD tests. The results showed mean surface roughness values of $0.0405 \mu\text{m}$ in the control group, $0.0643 \mu\text{m}$ in the 2% silica group, and $0.0972 \mu\text{m}$ in the 5% silica group. Statistical analysis revealed a significant effect of silica addition on surface roughness ($p=0.001$; $p<0.05$), with significant differences observed among all groups. Although surface roughness increased with higher silica concentration, the values remained below the ISO clinical threshold of $0.2 \mu\text{m}$. Therefore, silica from palm shell ash can be considered as a reinforcement material for HPAR denture bases without exceeding acceptable clinical surface roughness limits.*

Keywords: Heat-Polymerized Acrylic Resin, Silica, Palm Shell Ash, Surface Roughness, Denture Base

*Correspondence Author: Rahel Stevani Nainggolan

Email: rahel.stevani15@gmail.com



PENDAHULUAN

Basis gigi tiruan merupakan salah satu elemen dari gigi tiruan lepasan yang berhadapan langsung dengan jaringan lunak mulut dibawahnya dan sebagai tempat melekatnya anasir gigi tiruan (Choirina, 2023). Basis gigi tiruan mempunyai fungsi yaitu, memperbaiki kontur jaringan mulut sehingga dapat kembali menjadi seperti semula (Naini, 2012). Beberapa syarat yang harus dipenuhi dari bahan basis gigi tiruan yaitu, antara lain memiliki kekuatan dan daya tahan yang baik, mempunyai sifat estetis yang baik, bahan tidak toksik dan mengiritasi, tidak larut dan tidak mengabsorpsi cairan mulut (Suguh et al., 2010). Bahan basis gigi tiruan terbagi menjadi dua kelompok yaitu logam dan non logam. Berdasarkan sifat thermalnya, bahan non logam terbagi lagi atas dua jenis yaitu termoplastis dan termoset. Resin akrilik merupakan kelompok yang tergolong dari bahan termoset (Manappallil, 2010).

Resin akrilik merupakan bahan yang paling sering digunakan di bidang Kedokteran Gigi terutama pada bidang Prostodonsia. Pada umumnya resin akrilik yang digunakan terbagi menjadi 3 jenis yaitu, resin akrilik polimerisasi panas (RAPP), resin akrilik swapolimerisasi, dan resin akrilik polimerisasi sinar (Rickman et al., 2012). Resin akrilik polimerisasi panas (RAPP) memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai bahan basis gigi tiruan. Beberapa kelebihan dari RAPP ini adalah, memiliki hasil akhir yang estetis, mudah dimanipulasi, biokompatibel serta harganya yang terjangkau. Namun RAPP memiliki kekurangan dalam hal kekuatan dan tekanan yang rendah sehingga akan mudah fraktur atau patah apabila terbentur dan digunakan dalam jangka panjang, mudah terjadinya porus. Sifat porus inilah yang merupakan tempat ideal untuk pengendapan sisa makanan sehingga mikroorganisme dapat tumbuh dan berkembang biak (Naini, 2012; Raszewski & Nowakowska, 2013; Gunadi et al., 2012).

RAPP memiliki sifat mekanis dan sifat fisis yang rendah untuk pemakaian jangka waktu yang lama karena bahan ini akan mudah mengalami retak atau fraktur apabila dipakai secara berulang. Salah satu cara yang dapat dilakukan agar bisa mengatasi beberapa kekurangan diatas maka perlu dilakukan penambahan bahan penguat (Sitorus & Dahar, 2012). Menurut penelitian Ferasima et al. (2013), penambahan bahan penguat seperti serat polietilen memiliki kelebihan yaitu, tidak mengakibatkan peningkatan kekasaran permukaan pada RAPP. Menurut penelitian Lubis dan Putranti (2019), penambahan salah satu bahan penguat seperti Al_2O_3 terjadi perubahan tingkat terhadap kekasaran permukaan basis gigi tiruan tergantung seberapa besar konsentrasi Al_2O_3 yang ditambahkan. Semakin besar tingkat konsentrasi yang digunakan maka akan semakin tinggi nilai kekasaran permukaan yang didapatkan pada RAPP.

Kekasaran permukaan merupakan salah satu sifat fisis yang sangat perlu diperhatikan dalam penggunaan RAPP sebagai bahan dari basis gigi tiruan. Disebut sebagai salah satu sifat fisis yang penting karena akan berpengaruh langsung terhadap retensi plak, bakteri, stain serta kenyamanan pasien (Syafirinani & Hasibuan, 2014). Terdapat korelasi langsung antara nilai kekasaran permukaan dengan kebersihan basis gigi tiruan, semakin tinggi nilai kekasaran permukaan yang dimiliki oleh suatu basis gigi tiruan maka akan semakin banyak mikroorganisme yang tertinggal pada basis (Al Rifaiy, 2010). Menurut penelitian Bollen et al. (2015), nilai kekasaran suatu permukaan yang ideal pada suatu basis gigi tiruan adalah $0,2 \mu m$. Pada penelitian Ariyani (2016), penyerapan air pada basis gigi tiruan RAPP dipengaruhi oleh kondisi permukaan basis, semakin kasar permukaannya maka penyerapan air semakin besar.

Penyerapan air juga bergantung pada jenis bahan yang digunakan, struktur rantai polimer, porositas dan monomer sisa dan teknik pemolesan terhadap bahan basis.

Seiring dengan berkembangnya teknologi, telah diciptakan bahan-bahan penguat alami, kimia, maupun buatan yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi basis gigi tiruan resin akrilik. Beberapa bahan penguat yang sering digunakan dalam bidang kedokteran gigi yaitu, serat kaca, serat polietilen, serat karbon, Al_2O_3 , ZrO_2 , $BaTiO_3$, TiO_2 , SiO_2 (Sitorus & Dahar, 2012; Ferasima et al., 2013; Lubis & Putranti, 2019). Salah satu bahan penguat yang berasal dari alam dapat yang digunakan pada resin akrilik adalah silika yang terkandung dalam abu cangkang kelapa sawit.

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan salah satu tanaman yang menduduki posisi tertinggi pada sektor perkebunan dan pertanian. Produksi kelapa sawit semakin meningkat setiap tahunnya, maka akan terjadi pula peningkatan volume limbahnya. Limbah kelapa sawit merupakan sisa dari produk utama yang dihasilkan dan merupakan hasil ikutan dari proses pengolahan kelapa sawit yang berupa limbah padat ataupun cair. Limbah cangkang kelapa sawit yang termasuk dalam limbah padat (Haryanti et al., 2014).

Cangkang kelapa sawit memiliki kandungan utama 60% Silika (SiO_2) dari berat abu total cangkang kelapa sawit (Al Rifaiy, 2010). Cangkang kelapa sawit membutuhkan waktu yang cukup lama untuk terurai secara alami karena tekstur dari cangkang kelapa sawit ini merupakan bagian yang paling keras dari semua komponen yang ada pada kelapa sawit (Ariyani, 2016). Bagian dari cangkang kelapa sawit ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pabrik (biomassa), bahan pembuat pupuk cair kalsium sulfat, pengawet alami tahu serta briket arang. Umumnya limbah padat dari industri kelapa sawit mengandung bahan organik yang tinggi sehingga akan memberikan dampak yang buruk terhadap pencemaran lingkungan (Syafrinani & Hasibuan, 2014). Abu cangkang kelapa sawit merupakan salah satu dari hasil pengolahan limbah padat dari cangkang kelapa sawit dengan pembakaran dalam dapur atau tungku pembakaran dengan suhu $700^{\circ}C$ - $800^{\circ}C$ (Al Rifaiy, 2010). Pembakaran pada cangkang sawit yang lebih lanjut akan menunjukkan bahwa kandungan silika (SiO_2) mencapai 60% dari 2% berat abu yang diperoleh dari total berat cangkang kelapa sawit. Selain itu abu cangkang kelapa sawit juga mengandung kation anorganik seperti Kalium dan Natrium. Kandungan silika yang terdapat pada cangkang kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan penguat basis gigi tiruan (Al Rifaiy, 2010).

Dalam bidang kedokteran gigi, silika merupakan bahan yang sering dipakai sebagai bahan pengisi pada elastomer, resin komposit, dan resin akrilik. Salah satu partikel yang banyak digunakan adalah silika (SiO_2) dalam bentuk nanopartikel. Pada penelitian Hadi et al. (2011), aplikasi silika kristalin ini bisa dilakukan juga pada pembuatan gigi tiruan nanokomposit sebagai bahan bioaktif untuk aplikasi perbaikan jaringan tulang. Penelitian yang dilakukan oleh Alamel dan Mudhaffer (2014) menyatakan bahwa penambahan nanopartikel SiO_2 dengan konsentrasi 3% dan 5% dapat meningkatkan kekuatan impak dan fleksural, tetapi mengalami penurunan kekuatan pada penambahan nanopartikel SiO_2 7%. Pada penelitian Cevik dan Yildirim-Bicer (2016), penambahan nanopartikel silika pada resin akrilik polimerisasi panas dengan konsentrasi 5% akan menunjukkan adanya perbedaan kenaikan nilai secara signifikan terhadap kekasaran permukaan dibandingkan dengan nanopartikel silika konsentrasi 1%. Pada penelitian yang dilakukan Gad et al. (2020), penambahan nanopartikel dari 3 jenis bahan yang berbeda yaitu, zirconium dioxide, silicon dioxide dan diamond dalam

jumlah banyak yaitu 1%, 2,5%, dan 5% dapat meningkatkan kekasaran permukaan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas. Penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati et al. (2021) dengan melakukan penambahan silika dari sekam padi dengan konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% menyatakan terjadinya peningkatan kekasaran permukaan seiring dengan penambahan konsentrasi silika yang ditambahkan pada bahan basis. Penelitian Chladek et al. (2015) dilakukan penambahan silika dengan konsentrasi 2%, 5%, dan 10% pada resin akrilik polimerisasi panas akan dapat mempengaruhi kekuatan fleksural dan kekerasan dari basis tersebut. Nilai dari modulus fleksural dan kekerasan dari resin akrilik polimerisasi panas akan semakin meningkat apabila konsentrasi silika (SiO_2) yang ditambahkan juga lebih tinggi.

Penelitian sebelumnya mengenai bahan penguat pada resin akrilik untuk basis gigi tiruan menunjukkan adanya peningkatan kekuatan dan sifat fisis lainnya dengan penambahan berbagai material, termasuk silika. Penelitian Hadi et al. (2011) menekankan potensi aplikasi silika kristalin dalam pembuatan gigi tiruan nanokomposit sebagai bahan bioaktif, sementara Alamel dan Mudhaffer (2014) menemukan bahwa penambahan nanopartikel SiO_2 dapat meningkatkan kekuatan impak dan fleksural pada resin akrilik, meskipun ada penurunan kekuatan pada konsentrasi yang lebih tinggi. Namun, meskipun kedua studi ini menyoroti manfaat penggunaan silika, tidak ada yang secara spesifik membahas dampak penambahan silika dari limbah cangkang kelapa sawit sebagai bahan penguat pada resin akrilik untuk basis gigi tiruan. Selain itu, penelitian Gad et al. (2020) menunjukkan peningkatan kekasaran permukaan dengan penambahan nanopartikel, namun tidak mempertimbangkan sumber bahan silika yang ramah lingkungan, seperti limbah kelapa sawit.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penggunaan silika dari abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan penguat pada resin akrilik untuk basis gigi tiruan, serta untuk menganalisis dampaknya terhadap kekasaran permukaan dan sifat mekanis lainnya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan bahan berbasis limbah yang ramah lingkungan dalam kedokteran gigi, serta meningkatkan kualitas dan daya tahan gigi tiruan. Manfaat penelitian ini juga dapat membuka peluang baru dalam pemanfaatan limbah pertanian, khususnya cangkang kelapa sawit, untuk aplikasi di bidang kedokteran gigi, serta memberikan alternatif penguatan yang lebih murah dan lebih berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan rancangan eksperimental laboratoris dengan desain *post only with control group*. Sampel berupa basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas (RAPP) dibuat dalam tiga kelompok, yaitu tanpa penambahan silika, dengan penambahan silika 2%, dan dengan penambahan silika 5% dari abu cangkang kelapa sawit, masing-masing 10 sampel (total 30 sampel). Silika diperoleh melalui proses ekstraksi (*leaching*) dan dicampurkan secara manual dengan polimer sebelum ditambahkan monomer hingga mencapai fase *dough*. Sampel dibuat berukuran 65 mm × 10 mm × 2,5 mm sesuai standar ISO 1567.

Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan dengan alat *Profilometer* pada tiga titik setiap sampel, lalu hasilnya dirata-ratakan. Data dianalisis menggunakan uji normalitas Shapiro-Wilk, uji homogenitas Levene, kemudian uji ANOVA satu arah untuk mengetahui pengaruh penambahan silika terhadap kekasaran permukaan, dilanjutkan dengan uji LSD (*Least Significant Difference*) untuk melihat perbedaan antar kelompok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Kekasaran Permukaan Pada Bahan Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas Tanpa dan dengan Penambahan Silika dari Abu Cangkang Kelapa Sawit Konsentrasi 2% dan 5%

Nilai kekasaran permukaan bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas pada permukaan ini diperoleh dengan menggunakan alat Profilometer yang hasilnya dinyatakan dengan satuan μm . Hasil penelitian ini menunjukkan nilai kekasaran permukaan terkecil pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas tanpa penambahan silika adalah $0,03\mu\text{m}$ dan nilai yang terbesar adalah $0,059 \mu\text{m}$. Nilai kekasaran permukaan yang terkecil pada kelompok dengan penambahan silika 2% adalah $0,06 \mu\text{m}$ dan nilai yang terbesar adalah $0,082$ (Tabel 6). Nilai kekasaran permukaan yang terkecil pada 5% adalah $0,79 \mu\text{m}$ dan nilai yang terbesar adalah $0,0123 \mu\text{m}$ (Tabel 6).

Nilai rerata kekasaran permukaan dianalisis dengan menggunakan uji univarian. Nilai rerata dan standar deviasi kekasaran permukaan pada kelompok kontrol adalah $0,0405 \pm 0,0339$. Nilai rerata dan standar deviasi kekasaran permukaan pada kelompok dengan penambahan silika 2% adalah $0,0643 \pm 0,0127$. Nilai rerata dan standar kekasaran permukaan pada kelompok dengan penambahan silika 2% adalah $0,0643 \pm 0,0127$ (Tabel 6). Nilai rerata dan standar kekasaran permukaan pada kelompok 5% adalah $0,0972 \pm 0,1216$ (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai Kekasaran Permukaan Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas Tanpa dan dengan Penambahan Silika 2%

| No Sampel | Kekasaran Permukaan (μm) | | |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | Kontrol | 2% | 5% |
| 1 | 0,041 | 0,057 | 0,087 |
| 2 | 0,021 | 0,082** | 0,099 |
| 3 | 0,057 | 0,07* | 0,101 |
| 4 | 0,059** | 0,077 | 0,096 |
| 5 | 0,025 | 0,063 | 0,123** |
| 6 | 0,048 | 0,078 | 0,079* |
| 7 | 0,053 | 0,063 | 0,105 |
| 8 | 0,036 | 0,052 | 0,102 |
| 9 | 0,035 | 0,06 | 0,093 |
| 10 | 0,03* | 0,042 | 0,087 |
| | $X \pm SD = 0,0405 \pm 0,0339$ | $X \pm SD = 0,0643 \pm 0,0127$ | $X \pm SD = 0,0972 \pm 0,1216$ |

Keterangan : * Nilai Terkecil ** Nilai Terbesar

Pengaruh Penambahan Silika dengan Konsentrasi 2% dan 5% Pada Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas Terhadap Kekasaran Permukaan

Pengaruh kekasaran permukaan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas tanpa dan dengan penambahan aluminium oksida 2% dan 5% dapat dianalisis dengan menggunakan uji Anova satu arah. Sebelum pengujian Anova satu arah, dilakukan uji normalitas data menggunakan uji Saphiro-Wilk untuk mengetahui bahwa data seluruh kelompok adalah normal. Hasil uji normalitas data pada kelompok kontrol diperoleh tingkat signifikansi $p=0,585$. Hasil uji normalitas kelompok bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas dengan penambahan silika konsentrasi 2% diperoleh tingkat signifikansi $p=0,861$. Hasil uji

normalitas kelompok bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas dengan penambahan silika konsentrasi 5% diperoleh tingkat signifikansi $p=0,601$. Uji normalitas yang dilakukan terhadap nilai kekasaran permukaan yang diperoleh menunjukkan data terdistribusi normal ($p>0,05$).

Uji homogenitas data diperoleh dengan menggunakan uji Levene, dengan nilai homogenitas 0,255 dan tingkat signifikansi $p=0,777 > 0,05$. Hal ini menunjukkan signifikansi dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$), maka H_0 ditolak dan H_a diterima, hal ini berarti ada pengaruh yang signifikan dalam penambahan silika dengan konsentrasi 2% dan 5% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekasaran permukaan. (Tabel 2)

Tabel 2. Pengaruh penambahan silika dengan konsentrasi 2% dan 5% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekasaran permukaan.

| Kelompok | Nilai Kekasaran Permukaan (μm) | | p |
|-----------|---|-------------------------|---------|
| | N | $\bar{X} \pm \text{SD}$ | |
| Kontrol | 10 | $0,0405 \pm 0,0339$ | 0,0001* |
| Silika 2% | 10 | $0,0643 \pm 0,0127$ | |
| Silika 5% | 10 | $0,0972 \pm 0,1216$ | |

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

Perbedaan Pengaruh Penambahan Silika 2% dan 5% dari Abu Cangkang Kelapa Sawit Pada Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas Terhadap Kekasaran Permukaan

Untuk mengetahui kelompok mana yang memiliki perbedaan pengaruh maka dilakukan uji LSD (Least Significant Different). Berdasarkan hasil uji LSD dapat terlihat perbedaan pengaruh kekasaran permukaan antara kelompok kontrol dengan kelompok penambahan silika konsentrasi 2% ($p=0,0001$), kelompok kontrol dengan kelompok penambahan silika konsentrasi 5% ($p=0,0001$), kelompok penambahan silika konsentrasi 2% dengan kelompok penambahan silika 5% ($p=0,0001$) (Tabel 3)

Tabel 3. Perbedaan Pengaruh Penambahan Silika dengan Konsentrasi 2% dan 5% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekasaran permukaan (uji LSD)

| Kelompok | | Mean | p |
|-----------|-----------|------------|--------|
| | | Difference | |
| Kontrol | Silika 2% | 0,024 | 0,0001 |
| Kontrol | Silika 5% | 0,058 | 0,0001 |
| Silika 2% | Silika 5% | 0,032 | 0,0001 |

Rancangan penelitian yang digunakan di dalam penelitian ini adalah eksperimental laboratoris. Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah post only with control group design. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemungkinan adanya pengaruh antara beberapa kelompok eksperimen dengan cara memberikan perlakuan kepada satu atau beberapa kelompok eksperimen, kemudian hasil dari kelompok-kelompok yang diberikan perlakuan tersebut dibandingkan dengan kelompok kontrol yang merupakan kelompok yang tidak diberi perlakuan.

Nilai Kekasaran Permukaan Resin Akrilik Polimerisasi Panas Tanpa dan dengan Penambahan Silika 2% dan 5%

Pada tabel terlihat bahwa hasil penelitian menunjukkan nilai kekasaran permukaan yang bervariasi pada setiap sampel dalam satu kelompok, namun cakupan data masih homogen berdasarkan uji homogenitas (uji Levene). Hal ini disebabkan karena proses pengadukan dilakukan secara manual yaitu dengan menggunakan semen spatel dan pot porselen, sehingga kecepatan dan jumlah pengadukan tidak dapat dikendalikan dengan sempurna. Ferasima et al. (2013) menyatakan teknik pengadukan yang dilakukan secara manual akan dapat menyebabkan terperangkapnya udara di dalam matriks bahan basis gigi tiruan RAPP sehingga terjadinya internal porosity yang akan dapat berpengaruh terhadap penurunan sifat kekuatan impak dan peningkatan kekasaran permukaan. Internal porosity biasanya terdapat pada bagian dalam RAPP yang terjadi akibat panas yang tidak dapat keluar dan menyebabkan temperatur resin semakin meningkat diatas titik didih monomer sehingga molekul monomer menguap dan terbentuk gelembung-gelembung. Hal tersebut yang bisa meningkatkan sifat penyerapan air (Kusdarjanti et al., 2019). Pada penelitian Ariyani (2016) menyatakan sifat penyerapan air pada bahan basis gigi tiruan RAPP dipengaruhi oleh kondisi permukaan basis, semakin kasar permukaannya maka penyerapan air yang terjadi juga semakin besar. Pada penelitian Gad (2019) menyatakan bahwa metode yang paling efektif agar mendapatkan pencampuran yang homogen antara polimer RAPP dengan bubuk partikel silikon dioksida (SiO_2) adalah dengan menggunakan metode high-energy ball milling. Nilai kekasaran permukaan yang bervariasi pada setiap sampel itu juga dikarenakan oleh penekanan sampel pada saat penghalusan dan pemolesan dengan alat rotary grinder. Setiap sampel mendapat tekanan yang berbeda saat dilakukan pemolesan karena dilakukan secara manual dengan menggunakan tangan operator. Sehingga menyebabkan perbedaan tinggi puncak, dan lembah dari alur yang terbentuk pada garis pemolesan. Apabila tekanan yang diberikan sedikit, maka pengikisan pada permukaan bahan terjadi tidak secara menyeluruh, akan tetapi apabila tekanan yang diberikan terlalu besar maka semakin banyak bagian dari puncak dan lembah alur yang terbuang sehingga rerata kekasaran permukaan yang dihasilkan akan semakin kecil bahkan dapat menyebabkan pengikisan yang terlalu berlebihan pada permukaan bahan.

Nilai ambang batas kekasaran permukaan bahan basis gigi tiruan RAPP adalah $0,2\mu\text{m}$. Nilai dan standar deviasi kekasaran permukaan bahan basis gigi tiruan RAPP pada kelompok kontrol $0,0405 \pm 0,0339 \mu\text{m}$. Kelompok penambahan SiO_2 konsentrasi 2% memiliki nilai rerata dan standar deviasi kekasaran permukaan sebesar $0,0643 \pm 0,0127 \mu\text{m}$. Pada kelompok penambahan SiO_2 5% memiliki nilai rerata dan standar deviasi sebesar $0,0972 \pm 0,1216 \mu\text{m}$. Pada penelitian ini, penambahan SiO_2 konsentrasi 2% dan 5% sama-sama memiliki nilai yang masih dibawah ambang batas kekasaran permukaan.

Pada penelitian ini terlihat bahwa penambahan SiO_2 dengan konsentrasi 2% dan 5% dapat meningkatkan nilai kekasaran permukaan apabila dibandingkan dengan kelompok kontrol. Kekasaran permukaan pada kelompok penambahan SiO_2 konsentrasi 2% dan 5% memiliki nilai yang lebih besar daripada kelompok kontrol dengan perbedaan nilai yang tidak jauh berbeda. Hasil penelitian tersebut sesuai dengan penelitian Gad et al. (2020) yang menyebutkan penambahan SiO_2 pada bahan basis resin akrilik polimerisasi panas dengan konsentrasi 1%, 2%, dan 5% memiliki peningkatan nilai kekasaran permukaan dibandingkan kelompok kontrol. Peningkatan nilai kekasaran permukaan pada konsentrasi 2% dan 5%

dipengaruhi oleh adanya kecenderungan aglomerasi silika yang lebih tinggi dipermukaan dan adanya distribusi partikel silika dengan matriks RAPP, serta adanya aglomerasi yang longgar terlepas saat proses finishing dan polishing. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Cevik dan Yildirim-Bicer (2016) juga menyatakan bahwa terjadi peningkatan nilai kekasaran permukaan pada basis RAPP dengan penambahan silika konsentrasi 1% dan 5% dibandingkan dengan kelompok kontrol.

Pengaruh Penambahan Silika dengan Konsentrasi 2% dan 5% Pada Bahan Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas Terhadap Kekasaran Permukaan

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 9, hasil uji ANOVA satu arah menunjukkan signifikansi dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$). Hal ini berarti ada pengaruh yang signifikansi dalam penambahan silika dengan konsentrasi 2%, dan 5% pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekasaran permukaan.

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa bahan basis gigi tiruan RAPP yang ditambahkan dengan silika konsentrasi 2% memiliki pengaruh yang signifikan dalam kekasaran permukaan. Peningkatan kekasaran permukaan yang terjadi dipengaruhi oleh terjadinya aglomerasi. Aglomerasi terbentuk karena sifat aktif dari interaksi ikatan hidrogen intra atau antar silika dengan matriks polimer RAPP. Ikatan hidrogen yang terbentuk akan dapat mengisi celah matriks sehingga permukaan RAPP dapat menjadi lebih padat karena terjadinya penurunan absorpsi air dari resin akrilik.⁵⁴ Penambahan silika dengan konsentrasi yang rendah pada bahan basis RAPP akan dapat mengurangi dan mencegah terjadinya proses aglomerasi dan juga akan dapat meningkatkan sifat mekanis dari basis RAPP. Hal inilah yang dapat meningkatkan kekasaran permukaan RAPP.¹⁶

Kelompok penambahan silika dengan konsentrasi 5% menunjukkan pengaruh yang signifikan dalam kenaikan nilai kekasaran permukaan bahan basis RAPP tetapi nilainya lebih besar dari kelompok kontrol. Peningkatan kekasaran permukaan ini dipengaruhi oleh adanya aglomerasi yang terjadi secara berlebihan didalam matriks polimer dalam jumlah banyak yang akan mengakibatkan tidak menyatunya partikel karena perbedaan energi yang terdapat di permukaan sehingga partikel yang terdistribusi tidak homogen. Partikel yang tidak di distribusi tidak homogen akan menyebabkan porositas atau adanya celah antar partikel dengan matriks polimer dan akan dapat meningkatkan kekasaran permukaan bahan basis RAPP.¹⁶

Silika dapat bereaksi secara kimia dengan gugus $-COOR$ dari rantai polimer RAPP pada saat proses polimerisasi bahan yaitu dengan membentuk ikatan hidrogen antara gugus carbonyl ($C=O$) dan gugus hydroxyl ($-OH$) pada permukaan silika. Hal inilah yang berpengaruh terhadap peningkatan kekasaran permukaan basis gigi tiruan RAPP. Selain itu, silika juga dapat berikatan dengan dua atom oksigen dari gugus $-COOR$ dari polimer RAPP sehingga dapat membentuk crosslinking dengan polimer RAPP. Adanya gaya kohesif yang kuat antara silika dengan RAPP dapat menciptakan ikatan interfasiial berupa rantai makromolekul yang lentur. Partikel-partikel SiO_2 akan menyerap ion dan molekul dari polimer RAPP sehingga mencegah terjadinya cracking dan meningkatkan kekuatan impak bahan basis gigi tiruan RAPP.⁶⁶ Standar nilai kekuatan impak yang diperlukan oleh bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas berdasarkan ISO 1567:1997 adalah $2 \times 10^{-3} J/mm^2$.⁶⁸ Hasil penelitian yang dilakukan oleh Benny (2022) diketahui bahwa nilai rerata dan standar deviasi kekuatan impak bahan basis gigi tiruan RAPP pada kelompok kontrol adalah $8,16 \pm 0,63 J/mm^2$. Kelompok

penambahan silika 2% dan 5% memiliki nilai rerata dan standar deviasi kekuatan impak masing-masing sebesar $10,01 \pm 0,74$ J/mm² dan $11,55 \pm 1,50$ J/mm². Hasil analisis statistik tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan terhadap penambahan silika dengan antara kelompok kontrol dengan penambahan silika konsentrasi 2% dan 5% terhadap kekuatan impak bahan basis gigi tiruan RAPP.⁶⁹

Adanya penambahan partikel silika dengan konsentrasi 2% dan 5% pada bahan basis gigi tiruan RAPP juga berpengaruh terhadap kekuatan transversal. Hal ini terjadi karena partikel silika memiliki distribusi yang baik dan ukuran yang sangat halus sehingga memungkinkan partikel silika memasuki antar makromolekular rantai linear dari polimer. Peningkatan kekuatan transversal terjadi pada proses “transformation toughening”. Ketika tekanan terjadi akan menyebabkan tekanan yang dihasilkan semakin besar sehingga terjadinya cracking. Cracking terjadi karena matriks resin yang telah ditambahkan dari fase tetragonal menjadi fase monoklinik, dimana perubahan fase ini menyerap energy dan menghambat terjadinya cracking. Akhirnya kekakuan dan kekuatan bahan dapat meningkat. Mekanisme tersebut yang menjadi landasan terjadinya perbaikan ketahanan terhadap fraktur basis gigi tiruan ketika mengalami tekanan diluar rongga mulut dan tekanan pengunyahan.⁶⁷ Standar nilai kekuatan transversal yang diperlukan oleh bahan basis gigi tiruan RAPP berdasarkan ISO 1567:1999 adalah 662 kg/cm² dan menurut standar ISO 20795-1 (2013) bahan basis gigi tiruan RAPP memiliki nilai kekuatan transversal tidak boleh kurang 65 MPa.³⁶ Hasil penelitian yang dilakukan oleh Mayang (2022) diketahui bahwa nilai rerata dan standar deviasi kekuatan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP pada kelompok kontrol adalah $74,13 \pm 7,40$ MPa. Kelompok penambahan silika 2% dan 5% memiliki nilai rerata dan standar deviasi kekuatan impak masing-masing sebesar $86,10 \pm 10,02$ MPa dan $98,09 \pm 8,52$ MPa. Hasil statistik tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan terhadap penambahan silika dengan antara kelompok kontrol dengan penambahan silika konsentrasi 2% dan 5% terhadap kekuatan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP.⁷⁰ Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Alnamel, dkk (2014) menyatakan adanya pengaruh silika dalam memperkuat sifat mekanis basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan kekuatan impak dan kekuatan transversal seiring dengan penambahan konsentrasi silika pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas.¹⁴ Penelitian oleh Gad, dkk (2020) melakukan penambahan silika nanopartikel konsentrasi 1%, 2,5% dan 5% pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas akan dapat meningkatkan kekasaran permukaan secara signifikan.¹⁶ Penelitian oleh Rahmawati, dkk (2021) dengan melakukan penambahan silika dari sekam padi dengan konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa terjadinya peningkatan kekasaran permukaan pada basis tiruan seiring dengan peningkatan konsentrasi silika yang ditambahkan.¹⁷

Perbedaan Pengaruh Penambahan Silika dengan Konsentrasi 2% dan 5% Pada Bahan Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas Terhadap Kekasaran Permukaan

Hasil uji LSD (Least Significant Different) pada tabel menunjukkan adanya perbedaan pengaruh kekasaran permukaan yang signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok penambahan silika konsentrasi 2% ($p=0,0001$), kelompok kontrol dengan kelompok penambahan silika konsentrasi 5% ($p=0,0001$), kelompok penambahan silika konsentrasi 2% dengan kelompok penambahan silika konsentrasi 5% ($p=0,0001$).

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan terhadap penambahan silika dengan konsentrasi 2% dan 5% memiliki pengaruh yang signifikan dalam kekasaran permukaan. Kelompok penambahan silika (SiO_2) konsentrasi 5% menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan 2% dengan perbedaan nilai yang tidak jauh berbeda. Adanya interaksi antar molekul RAPP dengan silika akan mempengaruhi nilai kekasaran permukaan, kandungan gugus hidroksil (-OH) yang terdapat pada silika akan membentuk ikatan hidrogen antar molekul satu sama lain yang akan mengakibatkan partikel menyatu membentuk aglomerasi. Aglomerasi permukaan dapat menyebabkan permukaan tidak rata dan akan menghasilkan permukaan baru. Energi permukaan yang berlebih juga akan dapat menyebabkan pemutusan ikatan antar molekul sehingga terbentuk molekul baru dan akan meningkatkan kekasaran permukaan.^{49,56}

Peningkatan konsentrasi silika yang berlebih juga dapat merusak ikatan antar matriks sehingga dapat menurunkan distribusi silika serta menurunkan homogenitas. Pemupukan partikel silika pada beberapa bagian sampel dan partikel yang terdistribusi secara tidak homogen dapat menghasilkan aglomerasi. Aglomerasi yang terjadi bertindak sebagai pusat konsentrasi tekanan di dalam matriks polimer RAPP dan akan mengganggu proses polimerisasi.⁵⁵ Aglomerasi di dalam matriks polimer yang akan membentuk celah antar partikel di permukaan. Celah antar partikel disebabkan ukuran partikel silika yang cukup besar sehingga akan kemampuan mengisi celah matriks berkurang dan ikatan antar matriks polimer dengan silika menurun. Hal tersebut yang akan meningkatkan nilai kekasaran permukaan. Penambahan silika dengan konsentrasi 2% dan 5% pada bahan basis gigi tiruan RAPP tidak memberikan pengaruh yang terlalu besar terhadap kekasaran permukaan. Diketahui bahwa terjadinya peningkatan nilai kekasaran permukaan namun masih dapat diterima. Sesuai dengan standar ISO bahwa ambang batas nilai kekasaran permukaan bahan kedokteran gigi yang ideal adalah $0,2 \mu\text{m}$. Sehingga dapat direkomendasikan penggunaan silika sebagai bahan penguat bahan basis gigi tiruan RAPP.

Nilai kekasaran permukaan pada bahan kedokteran gigi yang dapat diterima secara klinis yaitu $0,2 \mu\text{m}$. Gigi tiruan dengan permukaan yang kasar dapat menyebabkan perlekatan plak bakteri. Perlekatan mikroorganisme dapat menyebabkan terjadinya bau mulut, denture stomatitis, dan berbagai keluhan yang berhubungan dengan gigi tiruan. Kekasaran permukaan juga memengaruhi estetis, stabilitas warna, dan pembentukan biofilm. Peningkatan kekasaran permukaan akan memberikan efek yang merugikan pada estetis gigi tiruan, permukaan RAPP yang halus dapat membantu mencegah pembentukan plak, debris, dan stain.^{43, 62}

Kelemahan pada penelitian ini adalah sulit terjadinya pencampuran yang homogen antara polimer resin akrilik polimerisasi panas dan partikel silika (SiO_2) yang disebabkan oleh teknik pengadukan manual menggunakan pot akrilik dan spatle agate sehingga akan memengaruhi aglomerasi di dalam matriks polimer yang akan mempengaruhi nilai kekasaran permukaan. Kelemahan lain pada penelitian ini adalah perbedaan tekanan yang tidak bisa dikendalikan selama proses pemolesan saat menggunakan kertas pasir dan rotary grinder. Hal ini dapat mempengaruhi nilai kekasaran permukaan setiap sampel pada kelompok yang sama oleh karena perbedaan jumlah pengikisan yang terjadi pada permukaan bahan setelah pemolesan dengan teknik dan waktu yang sama. Kelemahan dari penelitian ini juga terdapat pada Profilometer, dimana profilometer kontak hanya menghasilkan nilai kekasaran diatas

permukaan, sehingga peneliti tidak mengetahui tampilan dalam permukaan dari sampel yang diuji, oleh karena itu perlu penggunaan mikroskop electron (scanning electron microscope).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa nilai rerata kekasaran permukaan pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas (RAPP) tanpa penambahan silika (SiO_2) adalah $0,0405 \mu\text{m}$, dengan penambahan silika konsentrasi 2% meningkat menjadi $0,0643 \mu\text{m}$, dan dengan konsentrasi 5% meningkat lebih lanjut menjadi $0,0972 \mu\text{m}$. Penambahan partikel silika berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan bahan basis gigi tiruan RAPP, baik pada konsentrasi 2% maupun 5%, dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$), serta terdapat perbedaan signifikan antara kelompok kontrol, kelompok dengan penambahan silika 2%, dan kelompok dengan penambahan silika 5%. Hasil ini menunjukkan bahwa kekasaran permukaan resin akrilik polimerisasi panas meningkat seiring bertambahnya konsentrasi silika, namun nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan masih berada di bawah standar ISO, yaitu tidak melebihi $0,2 \mu\text{m}$, sehingga penambahan silika 2% maupun 5% tetap layak digunakan sebagai bahan penguat basis gigi tiruan RAPP.

DAFTAR PUSTAKA

- Alnamel, H. A., & Mudhaffer, M. (2014). The effect of silicon dioxide nanofillers reinforcement on some properties of heat cure polymethyl methacrylate denture base material. *Journal of Baghdad College of Dentistry*, 26(1), 32–38.
- Ariyani, T. (2016). Pengaruh penambahan serat kaca terhadap kekasaran permukaan dan penyerapan air bahan basis gigi tiruan nilon termoplastik. *Dentika Dental Journal*, 19(1), 71–77.
- Cevik, P., & Yildirim-Bicer, A. Z. (2016). The effect of silica and prepolymer nanoparticles on the mechanical properties of denture base materials. *Journal of Prosthodontics*, 27(8), 763–770. <https://doi.org/10.1111/jopr.12573>
- Chladek, G., Źmudzki, J., & Basa, K. (2015). Effect of silica filler on properties of PMMA resin. *Archives of Materials Science and Engineering*, 71(2), 63–72.
- Choirina, S. (2023). *Pembuatan Gigi Tiruan Sebagian Lepas Akrilik Kehilangan Gigi 26, 27, 36, 37, 46 Dengan Kasus Mesioversi Pada Gigi 28 Dan 38*. Poltekkes Kemenkes Tanjungkarang.
- Ferasima, R., Zulkarnain, M., & Nasution, H. (2013). Pengaruh penambahan serat kaca dan serat polietilen terhadap kekuatan impak dan transversal pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas. *Indonesian Dental Journal*, 2(1), 27–37.
- Gad, M. M. (2019). Behaviour of PMMA denture base materials containing titanium dioxide nanoparticles: A literature review. *International Journal of Biomaterials*, 2019, Article 6190610. <https://doi.org/10.1155/2019/6190610>
- Gad, M. M., Abualsaud, R., Al-Thobity, A. M., Baba, N. Z., & Al-Harbi, F. A. (2020). Influence of addition of different nanoparticles on the surface properties of poly(methylmethacrylate) denture base material. *Journal of Prosthodontics*, 29(5), 422–428. <https://doi.org/10.1111/jopr.13161>
- Gunadi, H. A., et al. (2012). *Buku ajar ilmu geligi tiruan sebagian lepasan* (Edisi 1). EGC.
- Hadi, F. H., et al. (2011). Silica-based nanocomposites for dental applications: Impact on flexural strength and bioactivity. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 98(1), 158–164. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.31841>
- Haryanti, A., et al. (2014). Studi pemanfaatan limbah padat kelapa sawit. *Jurnal Teknik Kimia*,

3(2), 20–29.

- Kusdarjanti, E., et al. (2019). The immersion of acrylic resin with injection moulding technique on loose dentures dimensional change. *Journal of Vocational Health Studies*, 3(1), 6–10. <https://doi.org/10.20473/jvhs.v3.i1.2019.6-10>
- Lubis, M. D. O., & Putranti, D. T. (2019). Pengaruh penambahan aluminium oksida pada bahan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah*, 6(1), 1–8.
- Manappallil, J. J. (2010). *Basic dental materials* (3rd ed.). Jaypee Brothers Medical Publishers.
- Naini, A. (2012). Perbedaan stabilitas warna bahan basis gigi tiruan resin akrilik dengan resin nilon termoplastis terhadap penyerapan cairan. *Stomatognatic (J.K.G Unej)*, 9(1), 28–32.
- Rahmawati, S. J., et al. (2021). Penambahan nanoselulosa sekam padi terhadap kekasaran permukaan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas. *Insisiva Dental Journal*, 10(2), 45–50.
- Raszewski, Z., & Nowakowska, D. (2013). Mechanical properties of hot curing acrylic resin after reinforced with different kinds of fibers. *International Journal of Biomedical Materials Research*, 1(1), 9–13.
- Rickman, L. J., Padipatvuthikul, P., & Satterthwaite, J. D. (2012). Contemporary denture base resins: Part 1. *Dental Update*, 39(1), 25–30. <https://doi.org/10.12968/denu.2012.39.1.25>
- Rifaiy, M. Q. A. (2010). The effect of mechanical and chemical polishing techniques on the surface roughness of denture base acrylic resins. *Saudi Dental Journal*, 22(1), 13–17. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2009.12.006>
- Sitorus, Z., & Dahar, E. (2012). Improvement of physical and mechanical properties of the hot polymeric acrylic resin by adding glass fibre. *Dentika Dental Journal*, 17(1), 24–29.
- Suguh, B. P., Yogihartono, M., & Agustantina, T. H. (2010). Perubahan kekuatan impak resin akrilik polimerisasi panas dalam perendaman larutan cuka apel. *Dentofacial*, 9(1), 13–20.
- Syafrinani, & Hasibuan, S. P. (2014). Pengaruh asap rokok terhadap kekasaran permukaan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas dan nilon termoplastik. *Cakradonya Dental Journal*, 10(1), 50–64.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).