

EFFECT OF SILANIZED TITANIUM DIOXIDE ON TENSILE STRENGTH OF SELF-CURED ACRYLIC RESIN

Helmi Fathurrahman*, Teguh Tri Widodo*, Wirda Yunita Darwis**

* Departemen Prosthodontia Universitas Islam Sultan Agung

** Program Pendidikan Dokter Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung

Correspondence: helmi_f@unissula.ac.id

Keywords:

Titanium Dioxide (TiO₂),
self-cured acrylic resin,
tensile strength

ABSTRACT

Background: Self-curing acrylic resin is a material used to make artificial tooth bases as well as reparate it when there is a fracture on the tooth bases. Titanium dioxide is one of the metal oxides that can be added to acrylic resins as an addition materials. This study aims to determine the effect of adding silanized titanium dioxide filler (TiO₂) on tensile strength of self-cured acrylic resin.

Methods: This study is a true experimental laboratory study with the design post test only group design, using self-cured acrylic resin plates amounting to 24 plates measuring 165mm x 13mm x 3mm divided into groups of 4 with adding and without adding silanized TiO₂. The self-cured acrylic resin plate mixed with silanized TiO₂ was tested for tensile strength with a Universal Testing Machine. The data obtained were analyzed with Kruskal-Wallis test.

Results: There is an effect of adding titanium dioxide filler (TiO₂) to the tensile strength of self-cured acrylic resin with the highest tensile strength value at 26,1327 MPa ± 2,29608.

Conclusion: 5% titanium dioxide filler showed the highest tensile strength than other groups.

PENDAHULUAN

Berbagai macam masalah pada kesehatan gigi dapat mengganggu fungsi maupun estetik, masalah yang dapat terjadi adalah kehilangan gigi.¹ Perawatan kasus kehilangan gigi adalah mengganti gigi yang hilang menggunakan gigi tiruan. Berdasarkan cara penggunaannya gigi tiruan dibedakan menjadi 2, yaitu gigi tiruan cekat dan gigi tiruan lepasan.²

Resin akrilik *self-curing* adalah bahan yang dapat digunakan untuk

membuat gigi tiruan, sama seperti resin akrilik *heat-cured*, tetapi sifat yang lebih rapuh dan mudah rusak membuat bahan ini tidak menjadi pilihan yang utama dalam membuat gigi tiruan walaupun pembuatannya mudah dan cepat, sifat nya yang mudah dimanipulasi dan mempunyai waktu kerja yang singkat menjadikan bahan ini sebagai pilihan dalam memperbaiki gigi tiruan yang rusak serta dapat digunakan untuk mereparasi gigi

tiruan yang mengalami fraktur walaupun memiliki sifat mekanik yang rendah, maka dari itu diperlukan bahan tambahan untuk meningkatkan sifat mekaniknya.³

Bahan yang dapat digunakan untuk memperkuat basis gigi tiruan adalah *metal-oxide* salah satunya adalah titanium dioksida (TiO₂), bahan ini memiliki sifat antimikroba, non toksik, memiliki resistensi terhadap korosi, dapat meningkatkan *microhardness* serta memiliki harga yang murah. titanium dioksida (TiO₂) dapat diaplikasikan sebagai *coating* ataupun *filler* pada basis gigi tiruan, saat digunakan sebagai *coating*, titanium dioksida (TiO₂) dapat meningkatkan stabilitas warna pada basis gigi tiruan sedangkan jika digunakan sebagai *filler*, titanium dioksida (TiO₂) dapat meningkatkan sifat mekanik..⁴

Hasil penelitian dengan menggunakan titanium dioksida (TiO₂) sebanyak 1% hingga 5% dimana pada penggunaan 1% titanium dioksida (TiO₂) sudah dapat meningkatkan sifat mekanik pada basis gigi tiruan dan sifat mekanik akan meningkat saat kadar titanium dioksida (TiO₂) semakin ditingkatkan (4). TiO₂ yang akan digunakan sebagai bahan tambahan perlu di silanisasi agar TiO₂ dapat terikat pada matrix resin akrilik, silanisasi tersebut menggunakan *silane coupling agent* yang merupakan *organosilicon surface treatment agent* yang memiliki berat molekul yang rendah dan dapat berinteraksi dengan material inorganic seperti grup hidroksil dan rantai molekul organik panjang seperti polimer,

maka dari itu dengan penggunaan *silane coupling agent* maka suatu “*molecular bridge*” dapat dibuat antara bahan inorganic dan organik yang akan meningkatkan ikatan diantara keduanya.⁵

BAHAN DAN METODE

Penelitian yang digunakan adalah penelitian jenis eksperimental laboratorium nyata menggunakan desain grup pasca tes saja. Sampel yang digunakan akan diperoleh dari plat resin akrilik *self-cured* dengan standar ASTM D638 tipe 1 untuk uji *Tensile* dengan ukuran 165mm x 13mm x 3mm berjumlah 24 sampel. Sampel akan dibagi menjadi 4 kelompok yaitu kelompok kontrol resin akrilik *self-cured* tanpa penambahan *filler* TiO₂, kelompok 1 dengan penambahan *filler* TiO₂ sebanyak 1%, kelompok 2 dengan penambahan *filler* TiO₂ sebanyak 3%, kelompok 3 dengan penambahan *filler* TiO₂ sebanyak 5%

Sebelum digunakan nanopartikel TiO₂ terlebih dahulu di silanisasi dengan *silane coupling agent*. Pertama masukan nanopartikel TiO₂ sebanyak 30gr kedalam tabung erlenmeyer yang telah berisi etanol murni sebanyak 200 ml sebagai pelarut. Setelah itu kedalam sonikator masukan tabung erlenmeyer selama 20 menit dengan temperatur ruang. Lalu campur nanopartikel TiO₂ dan etanol hingga homogeny dengan menggetarkan *magnetic stirrer* selama 20 menit. Setelah itu tambahkan 1,5 ml *silane coupling agent* atau sebanyak 5% dari jumlah nanopartikel TiO₂ yang digunakan menggunakan

syringe steril kedalam campuran antara nanopartikel TiO_2 dan etanol. Lalu getarkan selama 60 menit menggunakan getaran secepat 250 rpm. Lalu tuangkan campuran kedalam wadah tertutup setelah itu biarkan selama 2 hari di suhu ruang hingga *silane coupling agent* teresap sempurna pada permukaan TiO_2 .

Selanjutnya uapkan pada suhu 60°C etanol pada nanopartikel TiO_2 dengan menggunakan *rotary evaporator* dalam waktu 30 menit dengan kecepatan 150 rpm agar campuran *silane coupling agent* dan pelarut etanol yang menyatu dengan TiO_2 dapat terpisah. Lalu hilangkan sisa etanol dan *silane coupling agent* menggunakan *vacuum buchner*. Lalu keringkan nanopartikel TiO_2 yang telah di silanisasi didalam oven menggunakan suhu 60°C dalam waktu 20 jam, lalu keluarkan dari oven. Kemudian gunakan sonikator dengan getaran secepat 250 rpm dalam waktu 3 menit untuk memecah nanopartikel TiO_2 agar tidak menggumpal.

Selanjutnya dilakukan pembuatan sambel dengan membuat cetakan dengan model induk menggunakan wax merah dengan cara memotong wax merah sesuai dengan ukuran sampel yang telah ditentukan yaitu 165mm x 13mm x 3mm (ASTM D638 tipe 1). Pembuatan sampel pertama tanpa penambahan TiO_2 menggunakan perbandingan polimer : monomer yaitu 4gr : 2ml campurkan hingga polimer teresap oleh monomer. Aduk adonan dengan spatula semen hingga

adonan homogen yaitu saat polimer dan monomer sudah tercampur rata dan tidak menyisakan serbuk polimer. Diamkan adonan hingga fase *dough stage* yaitu saat adonan sudah dapat dimanipulasi dan tidak lengket saat di sentuh dan tidak menempel pada dinding akrilik. Untuk penambahan konsentrasi Titanium dioksida dilakukan perhitungan massa konsentrasi zat. Penambahan dengan konsentrasi sebanyak 1%, didapatkan perbandingan TiO_2 : Polimer : Monomer didapatkan perbandingan 0,06 gr : 3,84 gr : 2ml, untuk penambahan Titanium dioksida dengan konsentrasi 3%, didapatkan perbandingan TiO_2 : Polimer : Monomer didapatkan perbandingan 0,18 gr : 3,82 gr : 2ml, untuk penambahan dengan konsentrasi sebanyak 5%, maka perbandingan TiO_2 : Polimer : Monomer didapatkan perbandingan 0,30 gr : 3,70 gr : 2ml. Aduk adonan yang telah ditambahkan dengan konsentrasi TiO_2 1%, 3%, dan 5% pada *ceramic pot* hingga homogen lalu tutup dan tunggu hingga mencapai *fase dough*.

Olesi permukaan gips dengan CMS menggunakan kuas pada seluruh bagian hingga merata lalu diisi dengan adonan resin akrilik *self-cure*. Letakan plastik atau kertas cellophane pada kuvet lalu di *press*, kemudian buang kelebihan adonan akrilik, setelah itu di *press* lagi hingga adonan sudah sesuai model sampel dan tidak ada kelebihan adonan akrilik. Setelah itu *press* kuvet selama 5 menit lalu keluarkan kuvet dari *press* dan buka kuvet. Setelah itu

keluarkan dan ukur kembali sampel, apabila ada kelebihan dapat dikurangi dan dirapikan dengan menggunakan bur.

Sampel yang telah jadi lalu dilakuakn uji *tensile strength* menggunakan *Universal Testing Machine*. Beri nomor pada kedua ujung sampel untuk mengetahui urutan pengujian sampel, lalu letakan sampel resin akrilik *self-cure* pada *Universal Testing Machine*. Lakukan pengujian sampel hingga terjadi elongasi dan terlihat fraktur pada sampel. Ukur waktu dari awal sampel di uji hingga terjadi fraktur.

Data yang diperoleh, dari uji *tensile strength* akan dianalisis menggunakan uji Saphiro-Wilk lalu

dilakukan uji Levene Statistic untuk mengetahui homogenitas. Setelah itu digunakan uji *Kruskal-Wallis* untuk melihat apakah terdapat perbedaan yang bermakna pada uji *tensile strength* yang telah dilakukan.

HASIL

Hasil uji *tensile strength* yang dilakukan dengan *Universal Testing Machine* pada penelitian ini menunjukkan nilai rata – rata *tensile strength* dari 4 kelompok yang terdiri dari satu kelompok kontrol tanpa penamahan TiO₂ dan 3 kelompok resin akrilik *self-cured* dengan penambahan TiO₂ dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1 Nilai rata-rata *tensile strength*

Kelompok	Rata-rata (MPa)	Standar Deviasi (S)
Kontrol	24,0345 MPa	±8,31461
TiO ₂ 1%	24,6298 MPa	±2,23693
TiO ₂ 3%	25,7714 MPa	±4,63002
TiO ₂ 5%	26,1327 MPa	±2,29608

Rata-rata *tensile strength* terbesar terdapat pada kelompok penambahan konsentrasi sebanyak 5% yang menunjukkan nilai setinggi 26,13257 MPa, dibandingkan dengan kelompok kontrol dan kelompok dengan penambahan TiO₂ dengan konsentrasi 1% dan 3%

Tabel 2 Hasil uji *Saphiro-Wilk*

Kelompok	Sig.
Kontrol	0,234
TiO ₂ 1%	0,345
TiO ₂ 3%	0,914
TiO ₂ 5%	0,534

Hasil uji normalitas data menggunakan uji *Saphiro-Wilk* kelompok didapatkan nilai $p > 0,05$ dari semua kelompok sehingga dapat disimpulkan bahwa sebaran data terdistribusi normal. Berikutnya akan dilakukan uji uji *Levene Statistic* untuk mengetahui homogenitas dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 3 Hasil uji *Levene Statistic*

	Sig.
<i>Tensile strength</i>	0,001

Hasil uji homogenitas data menggunakan uji *Levene Statistic* didapatkan nilai $p = 0,001$ ($p < 0,05$) yang menunjukkan bahwa varian data tidak homogen. Kemudian akan dilanjutkan menggunakan uji hipotesis *Kruskal Wallis* untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan *tensile strength* pada keseluruhan kelompok. Hasil dari uji *Kruskal Wallis* karena data tidak homogen. Hasil uji dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4 *Kruskal Wallis*

Antar Kelompok	Sig.
	0,733

Hasil uji *Kruskal Wallis* didapatkan nilai signifikansi yaitu 0,733 ($p > 0,05$) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang bermakna pada *tensile strength* antar kelompok karena dari uji *Kruskal Wallis* didapatkan bahwa terdapat nilai yang tidak signifikan maka tidak dilanjutkan dengan uji *Post-Hoc*.

PEMBAHASAN

Penambahan nanopartikel titanium dioksida yang tersilanisasi sebagai *filler* dengan konsentrasi 1%, 3%, dan 5% pada penelitian ini menunjukkan hasil yang tidak bermakna. Peningkatan *tensile strength* yang tidak bermakna dapat disebabkan oleh penyampuran bahan secara manual pada sampel, hal ini menyebabkan bubuk polimer dan bahan tambahan pada sampel tidak tercampur secara homogen yang akan membuat distribusi *filler* titanium dioksida pada sampel tidak rata.⁶

Peningkatan *tensile strength* dari resin akrilik pada kelompok yang diberikan penambahan *filler* titanium dioksida dengan konsentrasi 1% memiliki peningkatan lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol, hal ini terjadi karena porositas yang berkurang dari resin akrilik yang diberikan penambahan *filler* titanium dioksida, pada penelitian tersebut titanium dioksida yang digunakan adalah titanium dioksida dalam fase *anatase* (7). Pada penelitian yang dilakukan dengan menggunakan konsentrasi titanium

dioksida sebesar 3% didapatkan peningkatan kekuatan mekanik yang terjadi karena penyaluran kekuatan dari matriks polimer yang fleksibel ke matriks dengan modulus yang lebih tinggi (8). Peningkatan *tensile strength* juga terjadi pada penelitian yang menggunakan *filler* titanium dioksida dengan konsentrasi 5% dan 15%, peningkatan terjadi karena beban yang diterima oleh sampel akan disalurkan pada nanopartikel Titanium dioksida.⁹

Peningkatan *tensile strength* dari resin akrilik disebabkan karena *filler* titanium dioksida yang tersebar pada matriks resin akrilik menghalangi pergerakan *chain polymer* akibat adhesi yang kuat antara *filler* titanium dioksida dengan matriks resin akrilik.¹⁰ Adhesi kuat terjadi karena silanisasi yang dilakukan pada nanopartikel Titanium dioksida dengan menggunakan silane coupling agent dan akan membentuk *molecular bridge* yang meningkatkan ikatan antara resin akrilik dengan *filler* titanium dioksida.⁵

Reaksi yang terjadi antara *filler* titanium dioksida dengan resin akrilik merupakan reaksi *cross-link*. Reaksi tersebut akan mengikat senyawa yang terdapat pada titanium dioksida dan resin akrilik reaksi ini meningkatkan kekuatan mekanik yaitu *tensile strength* dari resin akrilik.¹⁰

Selain dari reaksi ikatan, peningkatan sifat mekanik juga dapat terjadi dengan silanisasi *filler* titanium dioksida yang meningkatkan adesi antara nanopartikel titanium dioksida dengan matriks dari polimer resin akrilik, distribusi tekanan juga mempengaruhi peningkatan sifat mekanik, hal ini dapat menghindari perambatan retak ke seluruh permukaan dari plat resin akrilik dengan mendistribusikan tekanan secara menyeluruh.¹¹ Bentuk, ukuran serta tingkat distribusi *filler* juga berperan penting dalam meningkatkan sifat mekanik dari resin akrilik, dengan ukuran yang kecil *filler* dapat memasuki ruang antara polimer dan akan tercampur dengan rata sehingga tidak terdapat *displacement* pada rantai polimer.¹²

Peningkatan *tensile strength* pada penambahan konsentrasi *filler* yang rendah terjadi karena penyebaran *filler* yang merata pada sampel yang telah diberikan penambahan, hal ini membuat jalur perambatan retak lebih panjang yang membuat penyerapan tekanannya lebih luas dan meningkatkan kekuatan dari resin akrilik yang diuji sehingga meningkatkan deformasi bentuk. Peningkatan sifat dari

resin akrilik akan terus terjadi seiring bertambahnya *filler* yang digunakan.¹³

Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi *filler* titanium dioksida maka akan semakin tinggi juga *tensile strength* nya walaupun tidak signifikan. Peningkatan *tensile strength* terjadi karena distribusi tekanan secara menyeluruh ke matriks dari plat resin akrilik, hal ini juga dapat menghindari perambatan retak ke seluruh permukaan dari plat resin akrilik.¹¹ Pada penelitian yang dilakukan dengan penyampuran antara bahan tambahan dengan bubuk polimer secara manual akan menghasilkan campuran yang tidak homogen dan akan menghasilkan nilai *tensile strength* yang bervariasi sehingga terjadi peningkatan yang tidak signifikan.⁶

KESIMPULAN

Terdapat pengaruh penambahan *filler* titanium dioksida pada tersilanisasi pada *tensile strength* resin akrilik *self-cured*. Penambahan *tensile strength* tertinggi didapatkan pada penambahan *filler* titanium dioksida dengan konsentrasi 5% dibandingkan pada kelompok kontrol serta kelompok dengan penambahan *filler* titanium dioksida sebanyak 1% dan 3%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Srivastava V, Dutt P, Chand P. Factors related to tooth loss among population: A cross sectional study. *Int J Appl Dent Sci*. 2018;4(3):31–3.
2. Campbell SD, Cooper L, Craddock H, Nattress B, Pavitt SH, Seymour DW. Removable partial dentures: The clinical need for innovation. *J Prosthet Dent*

- [Internet]. 2017;118(3):273–80. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.01.008>
3. Mohammad A, Aljafery A, Sayhood A, Abdulridha WM, Yousif AM. Evaluation the Tensile Strength of Cold-Cured Acrylic Resin Denture Base Material by Adding Silver Nanoparticles. *Indian J Public Heal Res Dev.* 2018;9(10):951–5.
 4. Ahmed MA, Althomali YM, Omar AA. Effect of Titanium Dioxide Nano Particles Incorporation on Mechanical and Physical Properties on Two Different Types of Acrylic Resin Denture Base. *World J Nano Sci Eng.* 2016;6(September):111–9.
 5. Chen S, Yang J, Jia Y, Lu B. TiO₂ and PEEK Reinforced 3D Printing PMMA Composite Resin for Dental Denture Base Applications. *Nanomaterial.* 2019;9:1–18.
 6. Fransisca W, Nasution ID. Pengaruh Penambahan Serat Kaca Dan Serat Poliester Terhadap Kekuatan Impak Bahan Basis Gigitiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas. *B-Dent, J Kedokt Gigi Univ Baiturrahmah.* 2018;2(1):16–22.
 7. Srikavand S, Moslehifard E. Effect of TiO₂ Nanoparticles on Tensile Strength of Dental Acrylic Resins. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2014;8(4):197–203.
 8. Alwan SA, Alameer SS. The Effect of the Addition of Silanized Nano Titania Fillers on Some Physical and Mechanical Properties of Heat Cured Acrylic Denture Base Materials. *J Baghdad Coll Dent.* 2015;27(1):86–91.
 9. Chatterjee A. Properties improvement of PMMA using nano TiO₂. *J Appl Polym Sci.* 2010;118(5).
 10. Gad MM, Abualsaud R. Behavior of PMMA Denture Base Materials Containing Titanium Dioxide Nanoparticles : *A Literature Review. Hindawi Int J Biomater.* 2019;(January).
 11. Tandra E, Wahyuningtyas E, Sugiarno E. The effect of nanoparticles TiO₂ on the flexural strength of acrylic resin denture plate. *Padjadjaran J Dent.* 2018;30(1):35–40.
 12. Asar NV, Albayrak H, Korkmaz T, Turkyilmaz I. Influence of various metal oxides on mechanical and physical properties of heat-cured polymethyl methacrylate denture base resins. *J Adv Prosthodont.* 2013;5(3):241–7.
 13. Aldabib JM, Ishak ZAM. Effect of hydroxyapatite filler concentration on mechanical properties of poly (methyl methacrylate) denture base. *SN Appl Sci* [Internet]. 2020;2(4):1–14. Available from: <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2546-1>