

PENGARUH PENAMBAHAN ZIRKONIUM OKSIDA DAN SERAT POLIPROPILEN TERHADAP KEKUATAN IMPAK DAN TRANSVERSAL BAHAN BASIS GIGI TIRUAN RESIN AKRILIK POLIMERISASI PANAS

Eddy Dahar, Raudhatul Husna

Departemen Prostodonsia
Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Sumatera Utara
Jl. Alumni No.2 Kampus USU Medan 20155
E-mail : raudhatulhusna35@yahoo.co.id

Abstract

Heat polymerized acrylic resin is the most common material used for making denture base because of its advantages. However, this material still hasn't fulfill all the ideal requirements as a denture base. Some disadvantages that need to be fixed are low impact and transverse strength causing an easy base of fracture. Several attempts were made to improve the mechanical properties of heat polymerized acrylic resin materials by adding reinforcing materials. Zirconium oxide is one of chemical group that can be used as a reinforcing material and polypropylene fiber which is including in fiber reinforcing groups. This study aims to determine whether there is a difference in the effect of the addition of 5% ZrO₂ nanoparticles and 2% chopped polypropylene fibers 6 mm in length on the impact and transverse strength of heat polymerized acrylic resin denture base material. The design of this study is a laboratory experimental and the number of samples in this study are 60 samples. The result of this study shows the mean value of the impact and transverse strength of heat polymerized acrylic resin with ZrO₂ nanoparticles reinforced is greater than the control group and heat polymerized acrylic resin group with polypropylene fiber reinforced with significant difference, and the mean value of impact and transverse strength of heat polymerized acrylic resin with polypropylene fibers reinforced is greater than the control group with significant difference.

Keywords : *heat polymerized acrylic resin, denture base, impact strength, transverse strength, zirconium oxide, polypropylene fiber*

PENDAHULUAN

Resin Akrilik Polimerisasi Panas (RAPP) adalah bahan yang paling umum digunakan untuk pembuatan gigi tiruan karena memiliki kombinasi karakteristik yang menguntungkan seperti mudah di manipulasi, ringan, harga relatif murah, stabilitas yang baik di dalam mulut, tidak larut dalam cairan mulut, biokompatibel, dan warna yang estetik karena menyerupai jaringan mulut. Walaupun demikian, bahan ini belum memenuhi seluruh syarat ideal sebagai basis gigi tiruan. Beberapa kelemahan yang perlu diperbaiki yaitu sifat mekanis yang rendah seperti kekuatan impak sehingga menyebabkan basis mudah fraktur ketika terbentur atau terjatuh pada permukaan yang keras, serta kekuatan transversal yang menyebabkan basis mudah fraktur ketika mengalami beban oklusal yang berlebih.^{1,2} Selain ditinjau dari segi bahan kedokteran gigi, fraktur basis gigi tiruan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor penunjang antara lain *frenal notch* yang terlalu tinggi, gigi tiruan dengan perluasan sayap yang kurang memadai, basis yang terlalu tipis, pasien dengan oklusi yang terkunci, desain gigi tiruan yang kurang tepat, dan

gigi tiruan yang sudah pernah di reparasi sehingga kekuatan bahan berkurang.³

Kekuatan impak yang diperlukan bahan basis gigi tiruan resin akrilik berdasarkan standar ISO 1567:1999 adalah 2×10^{-3} J/mm² dan kekuatan transversal yang diperlukan bahan basis gigi tiruan resin akrilik berdasarkan ISO 1567: 1999 adalah 662 kg/cm². Beberapa upaya telah dilakukan untuk meningkatkan kekuatan RAPP yaitu dengan cara modifikasi RAPP dengan penambahan berbagai polimer seperti kopolimer poliamida, resin epoxy, polistiren, vinil akrilik, polikarbonat dan nilon serta penguat RAPP dengan bahan lain, seperti serat karbon, serat kaca, serat polietilen, dan serat polipropilen.¹⁵ Nanopartikel juga telah berkembang dan dijadikan sebagai bahan yang ditambahkan pada RAPP, diantaranya TiO₂, SiO₂, Si₃N₄, Al₂O₃ dan ZrO₂ yang dapat meningkatkan sifat mekanis dari RAPP.^{4,6}

Nanopartikel zirkonium oksida (ZrO₂) dipilih sebagai bahan penguat yang ditambahkan pada RAPP karena memiliki sifat biokompatibel dan dapat meningkatkan ketahanan terhadap fraktur basis gigi tiruan oleh karena sifat mekanis yang baik dan ukuran partikel kecil yang dimiliki bahan memungkinkan distribusi nanopartikel ZrO₂

memasuki dan mengisi ruang antara rantai makromolekul linear dari polimer dan gerakan segmental makromolekul juga menjadi terbatas sehingga distribusi nanopartikel lebih efektif dan akhirnya kekuatan bahan dapat meningkat. Selain itu, dengan adanya transformasi ZrO_2 yang ditambahkan pada matriks dari fase tetragonal menjadi fase monoklinik ketika dalam keadaan tekanan yang besar, dimana hal itu menyerap energi untuk mencapai perluasan *cracking*.⁷⁻⁹ Neset V, dkk. (2013) dalam penelitiannya membandingkan kekuatan impak RAPP dengan perlakuan yang berbeda, yaitu tanpa penambahan nanopartikel sebagai kelompok kontrol, dengan penambahan nanopartikel TiO_2 2%, ZrO_2 2%, Al_2O_3 2%, serta pencampuran antara nanopartikel TiO_2 1% dan ZrO_2 1%. Hasil penelitian tersebut menunjukkan kekuatan impak tertinggi yaitu dengan penambahan nanopartikel ZrO_2 2% bertambah 40% dibanding kelompok kontrol.¹⁰

Salah satu jenis serat yang juga dijadikan sebagai bahan penguat basis gigi tiruan RAPP adalah serat polipropilen. Serat polipropilen dipilih karena memiliki beberapa kelebihan, diantaranya lebih ringan dibanding serat-serat lainnya, tidak rapuh, tahan terhadap air, tahan abrasi, warna yang natural, biokompatibel, dan memiliki kekuatan mekanis yang tinggi karena memiliki ikatan intramolekul yang sangat kuat dan derajat kristalisasi yang tinggi.¹¹⁻¹³ Dengan demikian, serat yang ditambahkan dapat menyerap sebagian beban yang diterima oleh basis gigi tiruan sehingga kekuatan impak dan transversal yang dihasilkan menjadi lebih tinggi dan basis gigi tiruan tidak mudah fraktur.^{2,11} Mowade, dkk. (2012) dalam penelitiannya membandingkan kekuatan impak basis gigi tiruan RAPP yang ditambahkan dengan serat polipropilen, serat kaca, dan serat polietilen masing-masing dengan panjang 6 mm dan konsentrasi 2%. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan impak tertinggi yaitu dengan penambahan serat polipropilen, diikuti dengan serat polietilen, dan serat kaca.²

Berdasarkan hal itu, perlu dilakukan penelitian untuk melihat perbedaan pengaruh penambahan nanopartikel ZrO_2 5% dan penambahan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm terhadap kekuatan impak dan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratoris dengan ukuran sampel 80 mm x 10 mm x 4 mm untuk sampel kekuatan impak dan 65 mm x 10 x 2,5 mm untuk sampel kekuatan transversal. Jumlah seluruh sampel pada penelitian ini sebanyak 60 sampel dimana jumlah sampel untuk uji kekuatan impak sebanyak 30 dan untuk uji kekuatan transversal sebanyak 30. Nanopartikel ZrO_2 yang akan dicampurkan ke dalam RAPP dilakukan silanisasi terlebih dahulu untuk meningkatkan adhesi terhadap matriks resin RAPP. 30 gram nanopartikel ZrO_2 dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer yang berisi 200 ml etanol murni, kemudian di sonikasi menggunakan sonikator selama 20 menit pada suhu ruang. Setelah itu

larutan ZrO_2 dan etanol tersebut digetarkan selama 20 menit menggunakan *magnetic stirrer*. Larutan *silane coupling agent* sebanyak 1,5 gram (5 % dari nanopartikel ZrO_2) ditambahkan ke dalam campuran nanopartikel ZrO_2 dan etanol menggunakan *syringe* steril dibawah getaran 250 rpm selama 60 menit. Campuran kemudian dibiarkan dalam wadah tertutup selama 2 hari pada suhu ruang. Etanol yang tercampur pada nanopartikel ZrO_2 diuapkan dengan menggunakan *rotary evaporator* dengan suhu 60°C dan kecepatan 150 rpm selama 30 menit sehingga yang tersisa hanya partikel ZrO_2 pekat yang telah tersilanisasi. Selanjutnya partikel ZrO_2 yang telah di silanisasi dikeringkan di dalam *oven* pada suhu 60°C selama 20 jam kemudian dikeluarkan dari oven. Nanopartikel ZrO_2 yang telah di silanisasi dicampurkan ke dalam monomer sesuai perbandingan yang telah ditentukan di dalam *beaker glass* dan di sonikasi menggunakan sonikator selama 3 menit untuk memecah partikel. Setelah itu, campuran dimasukkan ke dalam polimer yang sudah ditimbang menggunakan pipet ukur dan aduk menggunakan spatula semen hingga homogen.¹⁴ Setelah adonan mencapai *dough stage*, kemudian adonan dimasukkan ke dalam mold pada kuvet dan dilakukan *curing* didalam *waterbath* dengan suhu 70°C selama 90 menit dan dilanjutkan pada suhu 100°C selama 30 menit. Serat polipropilen yang akan dicampurkan ke dalam RAPP ditimbang dengan konsentrasi 2% dan direndam terlebih dahulu ke dalam monomer selama 10 menit dalam suatu wadah kemudian ditiriskan, dan dimasukkan ke dalam pot akrilik yang sudah berisi polimer dengan berat yang sudah ditentukan sebelumnya. Setelah itu, monomer ditambahkan ke dalam campuran polimer dan serat lalu diaduk perlahan hingga homogen sampai menjadi *dough stage* kemudian adonan dimasukkan ke dalam mold pada kuvet dan dilakukan *curing* didalam *waterbath* dengan suhu 70°C selama 90 menit dan dilanjutkan pada suhu 100°C selama 30 menit.²

Pengujian kekuatan impak dilakukan menggunakan alat uji impak *Amslerotto Walpret Werke GMBH, Germany* dan pengujian kekuatan transversal dilakukan menggunakan alat uji *Universal testing machine Torsee's Electronic System Universal Testing Machine, Japan*. Analisis data dilakukan dengan uji Univarian, uji ANOVA satu arah, dan uji LSD.

HASIL

Hasil penelitian melalui uji univarian menunjukkan nilai rerata kekuatan impak RAPP tanpa penambahan bahan penguat adalah $7,92 \times 10^{-3} \text{ J/mm}^2$ dengan nilai standar deviasi 0,95. Nilai rerata kekuatan impak dengan penambahan nanopartikel ZrO_2 5% adalah $11,90 \times 10^{-3} \text{ J/mm}^2$ dengan nilai standar deviasi 0,74. Nilai rerata kekuatan impak dengan penambahan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm adalah $10,07 \times 10^{-3} \text{ J/mm}^2$ dengan nilai standar deviasi 0,64. (Tabel 1)

Tabel 1. Nilai kekuatan impak bahan basis gigi tiruan RAPP tanpa penambahan bahan penguat, dengan penambahan nanopartikel zirkonium oksida 5%, dan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm

Sampel	Kekuatan Impak ($\times 10^{-3}$ J/mm ²)		
	Tanpa Penambahan Bahan Penguat	Penambahan Nanopartikel ZrO ₂ 5%	Penambahan Serat Polipropilen 2% Potongan Kecil Ukuran 12 mm
1	7,25	10,75*	9,25*
2	6,75*	11,00	10,75
3	9,00	12,75**	10,00
4	8,00	12,00	9,50
5	6,75*	11,50	10,50
6	9,00	11,25	10,00
7	9,25**	12,75**	11,00*
8	7,25	12,75**	9,25*
9	7,50	12,25	9,75
10	8,50	12,00	10,75
	$\bar{X} = 7,92$ SD = 0,95	$\bar{X} = 11,90$ SD = 0,74	$\bar{X} = 10,07$ SD = 0,64

Keterangan : * nilai terbesar
** nilai terkecil

Nilai rerata kekuatan transversal RAPP tanpa penambahan serat adalah 938,58 kg/cm² dengan standar deviasi 53,30. Nilai kekuatan transversal dengan penambahan ZrO₂ 5% adalah 1254,34 kg/cm² dengan standar deviasi 49,64. Nilai kekuatan transversal dengan penambahan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm adalah 1081 kg/cm² dengan nilai standar deviasi 73,72. (Tabel 2).

Tabel 2. Nilai kekuatan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP tanpa penambahan bahan penguat, dengan penambahan nanopartikel zirkonium oksida 5%, dan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm

Sampel	Kekuatan Transversal (kg/cm ²)		
	Tanpa Penambahan Bahan Penguat	Penambahan Nanopartikel ZrO ₂ 5%	Penambahan Serat Polipropilen 2% Potongan Kecil Ukuran 12 mm
1	936,2	1248,4	996,0*
2	936,2	1248,4	1020,0
3	960,0	1272,0	1068,0
4	888,0	1178,4	1104,0
5	1020,0**	1164,0*	1044,0
6	996,0	1260,0	1080,0
7	948,4	1320,2**	996,0
8	948,4	1296,0	1116,0
9	828,0*	1296,0	1164,0
10	924,6	1260,0	1224,4**
	$\bar{X} = 938,58$ SD = 53,30	$\bar{X} = 1254,34$ SD = 49,64	$\bar{X} = 1081$ SD = 73,72

Keterangan : * nilai terbesar
** nilai terkecil

Dari hasil uji ANOVA satu arah diperoleh nilai signifikan pada ketiga kelompok dengan nilai p = 0,0001

(p < 0,05) menunjukkan adanya pengaruh penambahan nanopartikel ZrO₂ 5% dan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm terhadap kekuatan impak bahan basis gigi tiruan RAPP. (Tabel 3)

Dari hasil uji ANOVA satu arah diperoleh nilai signifikan pada ketiga kelompok dengan nilai p = 0,0001 (p < 0,05) menunjukkan adanya pengaruh penambahan nanopartikel ZrO₂ 5% dan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm terhadap kekuatan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP. (Tabel 4).

Tabel 3. Pengaruh penambahan nanopartikel ZrO₂ 5% dan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm terhadap kekuatan impak bahan basis gigitiruan RAPP

Kelompok	Kekuatan Impak (J/mm ²)		
	n	$\bar{X} \pm SD$	P
Tanpa penambahan bahan penguat	10	7,92 ± 0,95	0,0001*
Penambahan nanopartikel ZrO ₂ 5%	10	11,90 ± 0,74	
Penambahan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm	10	10,07 ± 0,64	

Keterangan : * signifikan

Tabel 4. Pengaruh penambahan nanopartikel ZrO₂ 5% dan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm terhadap kekuatan impak bahan basis gigitiruan RAPP

Kelompok	Kekuatan Transversal (Kg/cm ²)		
	n	$\bar{X} \pm SD$	p
Tanpa penambahan bahan penguat	10	938,58 ± 53,30	0,0001*
Penambahan nanopartikel ZrO ₂ 5%	10	1254,34 ± 49,64	
Penambahan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm	10	1081 ± 73,72	

Keterangan : * signifikan

Untuk mengetahui kelompok mana yang memiliki perbedaan pengaruh antar kelompok perlakuan maka dilakukan uji LSD (*Least Significant Different*). Berdasarkan hasil uji LSD terdapat perbedaan pengaruh kekuatan impak antara kelompok kontrol dan kelompok RAPP dengan penambahan nanopartikel ZrO₂ 5% dengan nilai signifikan sebesar 0,0001 (p < 0,05). Terdapat perbedaan pengaruh kekuatan impak antara kelompok kontrol dan kelompok RAPP dengan penambahan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm dengan nilai signifikan 0,0001 (p < 0,05). Terdapat perbedaan pengaruh kekuatan impak antara kelompok RAPP dengan penambahan

nanopartikel ZrO₂ 5% dan kelompok RAPP dengan penambahan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm dengan nilai signifikan 0,0001 (p < 0,05). (Tabel 5).

Tabel 5. Perbedaan pengaruh penambahan nanopartikel ZrO₂ 5% dan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm terhadap kekuatan impact bahan basis gigi tiruan RAPP

Kelompok	p
Tanpa penambahan bahan penguat	p = 0,0001*
Penambahan nanopartikel ZrO ₂ 5%	p = 0,0001*
Penambahan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm	p = 0,0001*

Keterangan : * signifikan

Berdasarkan hasil uji LSD terdapat perbedaan pengaruh kekuatan transversal antara kelompok kontrol dan kelompok RAPP dengan penambahan nanopartikel ZrO₂ 5% dengan nilai signifikan sebesar 0,0001 (p < 0,05). Terdapat perbedaan pengaruh kekuatan transversal antara kelompok kontrol dan kelompok RAPP dengan penambahan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm dengan nilai signifikan 0,0001 (p < 0,05). Terdapat perbedaan pengaruh kekuatan transversal antara kelompok RAPP dengan penambahan nanopartikel ZrO₂ 5% dan kelompok RAPP dengan penambahan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm dengan nilai signifikan 0,0001 (p < 0,05). (Tabel 6).

Tabel 6. Perbedaan pengaruh penambahan nanopartikel ZrO₂ 5% dan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm terhadap kekuatan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP

Kelompok	p
Tanpa penambahan bahan penguat	p = 0,0001*
Penambahan nanopartikel ZrO ₂ 5%	p = 0,0001*
Penambahan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm	p = 0,0001*

Keterangan : * signifikan

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan nilai kekuatan impact dan transversal yang bervariasi pada setiap sampel, hal ini dapat disebabkan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi proses polimerisasi bahan basis gigi tiruan RAPP antara lain teknik pengadukan, kandungan monomer sisa, internal porositas pada matriks resin, dan teknik pemolesan.¹¹ Teknik pengadukan yang dilakukan pada penelitian ini adalah secara manual dikarenakan keterbatasan alat *vaccum*

mixer. Teknik pengadukan secara manual yang kecepatannya tidak dapat dikendalikan selama penelitian berlangsung menyebabkan terperangkapnya udara di dalam matriks RAPP sehingga terjadi porositas pada bahan yang dapat mempengaruhi kekuatan impact dan transversal RAPP.¹⁵ Selain itu faktor lain yang menyebabkan bervariasinya nilai kekuatan impact dan transversal yang dihasilkan setiap sampel pada penelitian ini adalah terbuangnya bahan RAPP yang berlebih dari mold pada saat pengepresan. Hal ini didukung oleh Alla, dkk (2012) yang menyatakan teknik *compression moulding* menyebabkan terbuangnya bahan RAPP yang berlebih dari mold dan distribusi serat pada setiap sampel dapat menjadi tidak homogen akibat pengepresan yang dilakukan.¹⁶ Walaupun hasil penelitian menunjukkan nilai yang bervariasi, nilai standar deviasi yang diperoleh dari perhitungan statistik masih dikategorikan dalam batas normal. Hal ini menunjukkan bahwa variasi nilai kekuatan memiliki rentang yang masih berdekatan.

Nilai rerata kekuatan impact dan transversal kelompok bahan basis gigi tiruan RAPP dengan penambahan nanopartikel ZrO₂ konsentrasi 5% lebih besar dibandingkan kelompok RAPP tanpa penambahan bahan penguat. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Ihab NS. dkk, (2011) menyatakan bahwa penambahan nanopartikel ZrO₂ konsentrasi 5% pada bahan basis gigi tiruan RAPP merk Spofa Dental Czecho Slovakia dapat meningkatkan kekuatan impact dan transversal dibandingkan dengan kelompok kontrol.⁵¹ Peningkatan kekuatan impact dan transversal bahan RAPP dengan penambahan nanopartikel ZrO₂ disebabkan karena sifat mekanis yang baik pada ZrO₂ dan adanya ikatan yang baik antara nanopartikel ZrO₂ dan matriks resin, dimana pada penelitian ini digunakan modifikasi permukaan nanopartikel ZrO₂ terlebih dahulu menggunakan bahan *silane coupling agent trimethoxysilyl propylmethacrylate TMPSM* untuk menyempurnakan adesi antara nanopartikel ZrO₂ dan matriks resin sehingga distribusi antar partikel menjadi lebih baik.^{16,18} Adhesi yang baik dan sifat mekanis yang baik pada ZrO₂ serta distribusi nanopartikel ZrO₂ memungkinkan partikel-partikel tersebut mengisi ruang antara rantai makromolekul linear dari polimer karena terbentuknya ikatan *cross-link* atau ikatan supra molekuler yang menutupi butiran nanopartikel menyebabkan gerakan segmental makromolekul menjadi terbatas sehingga distribusi nanopartikel lebih efektif dan meningkatkan kekuatan impact dan transversal pada bahan RAPP. Peningkatan kekuatan impact dan transversal ini juga dapat dijelaskan dalam dijelaskan dalam proses “transformasi kekuatan” atau “*transformation toughening*”. Ketika tekanan terjadi kemudian tekanan yang dihasilkan semakin besar, akan menyebabkan timbulnya perluasan *cracking*. Dalam hal ini, ZrO₂ yang telah ditambahkan pada matriks resin akan mengalami transformasi dari fase tetragonal menjadi fase monoklinik, dimana perubahan fase ini menyerap energi untuk terjadinya *cracking*.⁷⁻¹⁰

Nilai rerata kekuatan impact dan transversal kelompok bahan basis gigi tiruan RAPP dengan

penambahan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm lebih besar dibandingkan kelompok RAPP tanpa penambahan bahan penguat. Hal ini disebabkan karena sifat mekanis yang baik pada serat polipropilen dapat mengisi kekosongan ruang pada matriks RAPP. Saat beban diaplikasikan, beban yang diterima oleh matriks RAPP akan disalurkan ke serat polipropilen sehingga dapat meningkatkan kekuatan impact dan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP. Sifat mekanis yang baik pada serat polipropilen disebabkan karena struktur rantai kimianya yang lurus dan panjang serta gaya intramolekulnya yang kuat. Selain itu, kekuatan yang tinggi pada serat polipropilen dipengaruhi oleh derajat kristalisasinya. Serat polipropilen memiliki derajat kristalisasi sekitar 50-65%.^{11,19} Penggunaan monomer yang hanya berfungsi untuk membasahi serat polipropilen belum dapat meningkatkan kekuatan mekanis RAPP secara maksimal. Serat polipropilen memiliki energi permukaan yang rendah. Sifat ini disebabkan oleh karena adanya kelompok metil non-polar CH₃ yang terikat pada rantai karbon. Selain itu, serat polipropilen memiliki ikatan intramolekul yang kuat. Sifat inilah yang menyebabkan serat polipropilen sulit menyerap monomer. Penggunaan plasma pada serat polipropilen dapat meningkatkan energi permukaan serat polipropilen sehingga dapat memperkuat adhesi antara serat polipropilen dengan matriks polimer.²⁰ Dengan adanya adhesi yang baik, celah pada polimer resin akan berkurang sehingga akan meningkatkan kekuatan impact dan transversal resin bahan basis gigi tiruan RAPP secara maksimal. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Intishar dkk (2013) yang membandingkan kekuatan impact dan transversal RAPP yang di modifikasi dengan penggunaan plasma dan yang tanpa modifikasi dengan penggunaan plasma. Hasil penelitian menunjukkan baik kekuatan impact maupun transversal tertinggi yaitu pada kelompok perlakuan modifikasi plasma.²⁰

Besar nilai rerata kekuatan impact dan transversal bahan basis gigi tiruan RAPP dengan penambahan nanopartikel ZrO₂ 5% lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm dan kelompok tanpa penambahan bahan penguat. Hal tersebut disebabkan karena adanya pencampuran yang lebih homogen dan ikatan yang baik antara bahan nanopartikel ZrO₂ dan matriks RAPP. Dalam metode penelitian ini nanopartikel ZrO₂ yang telah di silanisasi tidak langsung dicampurkan ke dalam polimer. Nanopartikel ZrO₂ terlebih dahulu dicampurkan ke dalam monomer bahan RAPP kemudian di sonikasi menggunakan sonikator untuk memperoleh pencampuran yang lebih homogen dan memecah kembali partikel-partikel sehingga nanopartikel ZrO₂ sehingga memiliki distribusi yang merata dan ukuran yang sangat halus memudahkan pencampuran ke dalam polimer RAPP sehingga dapat meningkatkan kekuatan impact dan transversal bahan RAPP secara maksimal.^{8,9} Serat Polipropilen memiliki ukuran partikel yang lebih besar sehingga ketika dilakukan pengadukan secara manual akan menyebabkan distribusi serat yang kurang merata dalam matriks RAPP, sehingga distribusi beban dari bahan RAPP ke serat polipropilen juga kurang merata. Hal ini

menyebabkan peningkatan kekuatan impact dan transversal yang kurang maksimal.¹⁵

Berdasarkan penelitian ini terlihat bahwa nilai rerata kekuatan impact dan transversal RAPP dengan penambahan nanopartikel ZrO₂ 5% lebih besar dibanding kelompok kontrol dan kelompok RAPP dengan penambahan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm dengan perbedaan pengaruh yang signifikan, dan nilai rerata kekuatan impact dan transversal RAPP dengan penambahan serat polipropilen 2% potongan kecil ukuran 12 mm lebih besar dibanding kelompok kontrol dengan perbedaan pengaruh yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Carr AB, dkk. McCracken's removable partial prosthodontic. 12th ed. Saint Kohli S, Bhatia S. Polyamides in dentistry. *Int J of Sci Stud* 2013; 1(1): 20-5.
2. Mowade TK, Dange SP, Thakre MB, Kamble VD. Effect of fiber reinforcement on impact strength of heat polymerized polymethyl methacrylate denture base resin: in vitro study and SEM analysis. *J Adv Prost* 2012; 4: 30-6
3. El-Sheikh AM, Al-Zahrani SB. Causes of denture fracture: A Survey. *SDJ* 2006; 18(3): 150.
4. Salman TA, Khalaf HA. The influence of adding of modified ZrO₂ – TiO₂ nanoparticles on certain physical and mechanical properties of heat polymerized acrylic resin. *J Bagh Coll Dentistry* 2015; 27 (3).
5. Soodagar A, Bahador A, Khalil S. The effect of TiO₂ and SiO₂ nanoparticles on flexural strength of poly(methyl methacrylate) acrylic resins. *J Prosthodont Res* 2013; 57: 15-9.
6. Kul E, Aladag LI, Yesilda I. Evaluation of thermal conductivity and flexural strength properties of poly(methyl methacrylate) denture base material reinforced with different fillers. *J Prosthet Dent* 2016; 1-8.
7. Hameed HK, Rahman HA. The effect of addition nano particle ZrO₂ on some properties of autoclave processed heat cure acrylic denture base material. *J Bagh Coll Dentistry* 2015; 27(1): 32-9.
8. Ahmeed MA, Ebrahim MI. Effect of zirconium oxide nano-fillers addition on the flexural Strength, fracture toughness, and hardness of heat-polymerized acrylic resin. *WJNSE* 2014; 4: 50-7.
9. Gad M, ArRejaie AS, Rahoma A. The reinforcement effect of nano zirconia on the transverse strength of repaired acrylic denture base. Hindawi Publishing Corporation *Int J Dentistry* 2016;1-6.
10. Neset VA, Hamdi A. Influence of various metal oxides on mechanical and physical properties of heat cured polymethyl methacrylate denture base resins. *J Adv Prosthodont* 2013; 5: 241-7.
11. Mowade H. The effect of polypropilene fibers in different lengths on some properties of heat-cured

-
- acrylic resin processed by autoclave. MDJ 2014; 11(1): 57-61.
12. Madhavi TC, raju LS, Mathur D. Polypropylene fiber reinforced concrete- A review. IJETAE 2014; 4(4): 114-18.
 13. Mundra K, Chouksey G. A Comparative Study to Evaluate The Effect of Polyethylene And Polypropylene Fibers Reinforcement on The Flexural Strength of Denture Base Resin - An in vitro Study. GJRA 2016; 5(4): 129-32.
 14. Soodad A, Intisar J. A study the effect of addition of silanized zirconium oxide nanoparticles on some properties of high impact heat cured acrylic resin. J Bagh Coll Dentistry 2016; 28(2): 19-24.
 15. Vojvodic, D., Matejicek, F., Schauerl, Z., Mehulic, K. & Bagic-Cukovic. Flexural strength of e-glass fiber reinforced dental polymer and dental high impact strength resin. Strojarsstvo 2008; 50 (4): 221-230.
 16. Alla RK, et al. Influence of fiber reinforcement on the properties of denture base resins. JBND 2013; 4: 91-97.
 17. Ihab NS, Moudhaffar. Evaluation of the effect of modified nano-fillers addition on some properties of heat cured acrylic denture base material. J Bagh Coll Dentistry 2011; 23(3): 23-29.
 18. Asopa V, Suresh S. A comparative evaluation of properties of zirconia reinforced high impact acrylic resin with that of high impact acrylic resin. The Saudi Journal for dent Res 2015; 6: 146-151.
 19. Intisar J, Hasanain KA, Mustafa MJ. The effect of the addition of silanated polypropylene fiber to polymethylmethacrylate denture base material on some of its mechanical properties. J Bagh Coll Dentistry 2015; 27(1): 40-46.
 20. Waffaa IM, Intisar JI. The effect of addition of untreated and oxygen plasma treated polypropylene fibers on some properties of heat cured acrylic resin. J Bagh Coll Dentistry 2013; 25(4): 33-8.