

The effect of photocatalyst effect of titanium dioxide anatase on heat polymerized acrylic resin plate towards the growth of *Candida albicans* colonies

Pengaruh efek fotokatalis titanium dioxide anatase pada plat resin akrilik polimerisasi panas terhadap pertumbuhan koloni *Candida albicans*

Teguh Tri Widodo, Claudia Sekar Ayu M

Departemen Prostodonsia

Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Islam Sultan Agung Semarang
Semarang, Indonesia

Corresponding author: **Teguh Tri Widodo**, e-mail: teguh22sbyng@gmail.com

ABSTRACT

Background: In general, removable denture are made from polymethyl methacrylate (PMMA) resin as the base material. This material has a drawback, namely that it is often attached to micro-organisms such as the fungus *Candida albicans*. Nanoparticle materials such as titanium dioxide (TiO_2) have antimicrobial properties, especially against *C. albicans* because it has photocatalytic properties that can inhibit the growth of *C. albicans* colonies. **Objective:** To determine the effect of applying titanium dioxide to heat polymerized acrylic resin (HPAR) plates towards the growth of *C. albicans* colonies. **Methods:** A true experimental laboratory study using the HPAR plate as the object of research which was divided into the control group and the 1%, 2%, and 3% titanium dioxide-added groups. Data were analyzed using one-way Anova Welch. **Results:** There was an effect of adding titanium dioxide on the base of HPAR RD towards the growth of *C. albicans* colonies. Statistical tests showed significant results ($p=0.000; <0.05$). In the test between the titanium dioxide 1%, 2%3% and control groups, there were significant differences. **Conclusion:** The application of titanium dioxide to the base of HPAR RD reduced the growth of *C. albicans* colonies. **Keywords:** heat polymerized acrylic resin denture base, titanium dioxide, *Candida albicans*, antifungal

ABSTRAK

Latar belakang: Pada umumnya gigi tiruan lepasan dibuat dari bahan dasar resin *polymethyl metacrylate* (PMMA) yang memiliki kekurangan, yaitu sering dilengkapi organisme mikro seperti jamur *Candida albicans*. Bahan nanopartikel seperti titanium dioksida (TiO_2) memiliki sifat antimikroba khususnya terhadap *C. albicans* karena memiliki sifat fotokatalis yang mampu menghambat pertumbuhan koloni *C. albicans*. **Tujuan:** Mengetahui pengaruh pemberian titanium dioksida pada plat resin akrilik polimerisasi panas (RAPP) terhadap pertumbuhan koloni *C. albicans*. **Metode:** Penelitian *true experimental laboratory* menggunakan plat RAPP sebagai objek penelitian yang dibagi atas kelompok kontrol dan kelompok penambahan titanium dioksida 1%, 2%, dan 3%. Data diuji menggunakan *one-way Anova Welch*. **Hasil:** Terdapat pengaruh pemberian titanium dioksida pada basis GT lepasan RAPP terhadap pertumbuhan koloni *C. albicans*. Uji statistik menunjukkan hasil yang signifikan ($p=0,000; <0,05$). Pada uji antar kelompok titanium dioksida 1%, 2%3% dan kelompok kontrol, tampak perbedaan yang signifikan. **Simpulan:** Pemberian titanium dioksida pada basis GT lepasan RAPP menurunkan pertumbuhan koloni *C. albicans*.

Kata kunci: basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas, titanium dioksida, *Candida albicans*, antijamur

Received: 3 January 2022

Accepted: 25 February 2022

Published: 1 April 2022

PENDAHULUAN

Gigi tiruan (GT) lepasan merupakan salah satu perawatan untuk menggantikan kehilangan gigi pada rahang atas atau bawah, baik sebagian atau seluruhnya, yang dapat digunakan dan dilepas sendiri oleh pasien.¹ Kehilangan gigi menjadi salah satu penyebab perubahan jaringan keras atau lunak rongga mulut. Jika gigi hilang tidak segera diganti dapat menimbulkan kesulitan bagi pasien, seperti sulit mengunyah makanan dan gigi yang miring atau bergeser; penggantian dapat dilakukan dengan pembuatan GT cekat atau GT lepasan.¹

Selama beberapa dekade *polymethyl methacrylate* (PMMA) atau resin akrilik adalah salah satu bahan yang sering digunakan pada bidang kedokteran gigi sebagai bahan basis GTL maupun GTS. Bahan ini juga memiliki kelebihan harga lebih terjangkau, warna menyerupai gingiva, biokompatibel, dan mudah dikelola.² Selain itu bahan ini juga memiliki beberapa kekurangan, diantar-

nya adanya porositas pada basis GT lepasan dan cenderung menyerap atau cairan. Porositas tersebut dapat mengakibatkan terkumpulnya sisa makanan yang sulit dibersihkan yang meningkatkan jumlah organisme mikro pada rongga mulut seperti jamur *Candida albicans*.³

Mulut yang sehat adalah suatu keadaan rongga mulut termasuk gigi geligi serta jaringan-jaringan pendukungnya yang bebas dari penyakit dan jaringan pendukung berfungsi secara optimal. Banyak flora mikro normal ditemukan pada rongga mulut manusia karena muksa rongga mulut merupakan habitat organisme mikro yang baik karena memberi lingkungan yang mendukung kolonisasi organisme mikro. Organisme mikro seperti *C. albicans* dapat ditemukan pada rongga mulut tetapi sebagai komensal (flora normal). Belakangan ini terdapat penelitian mengemukakan bahwa pada dewasa sehat terdapat kolonisasi *C. albicans* yang hidup dalam rongga mulut yang sehat, sekitar 17,7%. Risiko infeksi atau

kolonisasi *C. albicans* cenderung meningkat karena faktor predisposisi seperti *oral hygiene* yang buruk, imuno-supresi, defisiensi nutrisi, penggunaan antibiotik jangka panjang, terapi radiasi, pemakai GT, penderita diabetes melitus, diet karbohidrat yang berat, serta perokok berat.³

C. albicans adalah flora normal dalam rongga mulut, saluran pencernaan dan vagina, namun dapat berubah menjadi patogen dan menyebabkan stomatitis pada pemakai GT lepasan yang dikenal dengan istilah *denture stomatitis* apabila terjadi perubahan pada rongga mulut baik dari kebersihan rongga mulut maupun pH rongga mulut itu sendiri.⁴ *Denture stomatitis* merupakan jenis penyakit yang sebagian besar menyerang mukosa derahtalatal pada pemakai GT.⁵ Selain itu *C. albicans* memiliki sifat cenderung melekat pada resin akrilik.⁶

Beberapa metode untuk meminimalkan terjadinya *denture stomatitis* pada pengguna GTSL atau GTL yaitu dengan membersihkan GT yang digunakan, baik metode mekanis, kimia, atau kombinasi dari keduanya. Salah satu metode yang dapat dilakukan yaitu dengan penambahan bahan nanopartikel, seperti titanium dioksida atau TiO₂ pada basis GT.⁷

Titanium dioksida baru-baru ini menjadi terkenal karena memiliki beberapa keuntungan diantaranya stabilitasnya yang tinggi, efek katalitik, ketersediaan warna putih, efisiensi, dan biaya rendah. Titanium dioksida ini tidak beracun, memiliki indeks bias dan ketahanan korosi serta kekerasan tinggi, dan aktivitas antimikroba di bawah spektrum konfigurasi yang luas.⁷ Titanium dioksida dikenal mampu menjadi nanopartikel antijamur karena memiliki sifat fotokatalisis.⁷ Pengaruh titanium dioksida pada sifat fisik dan mekanik dari basis GT resin akrilik telah diteliti, antara lain efeknya pada sifat fisik, mekanik, dan biologis dari matriks PMMA.²

Titanium dioksida memiliki 3 jenis struktur kristal yaitu *anatase*, *rutile* dan *brookite*. Untuk reaksi fotokatalitik, struktur anatase memberikan aktivitas yang lebih baik dibandingkan jenis kristal rutile yang lebih menonjol sifat mekaniknya.⁷ Kristal anatase memiliki aktivitas fotokatalis yang lebih baik dibandingkan jenis kristal lainnya karena energi *band-gap anatase* lebih besar, sehingga memiliki aktivitas fotokatalitik yang tinggi. Kedua bentuk kristal titanium dioksida yaitu anatase dan rutile dapat menyerap sinar UV; yang diserap oleh rutile lebih besar akan tetapi bentuk anatase memiliki aktivitas fotokatalitik yang lebih besar.⁷

Nanopartikel titanium dioksida memiliki karakteristik dengan spektrum antimikroba yang luas, biaya murah, tidak beracun, tidak berbau, tidak mengiritasi, tahan terhadap panas, dan resistensi kimia yang tinggi. Nanopartikel titanium dioksida mampu mengurangi kontaminan karena sifat fotokatalis akan aktif ketika terpapar UV sehingga mengganggu stabilitas dinding dan

membran sel yang akan menyebabkan kematian sel. Battin dkk melaporkan bahwa nanopartikel titanium dioksida memproduksi *reactive oxygen species* (ROS) di dalam sel yang menyebabkan efek menghancurkan sel mikroba, oksidasi pada intrasel coenzyme A dan peroksidasi dari beberapa lipid dapat menurunkan aktivitas pernapasan dan kemudian menyebabkan kematian sel.⁸

Menurut Song, dengan menambahkan bahan antimikroba untuk RAPP dapat mengurangi kerusakan gigi dan jaringan periodontal. Selain itu, dilaporkan adanya pengaruh antibakteri dengan fotokatalis titanium dioksida. Kultur bakteri dengan menggunakan radiasi sinar UV selama 60-120 menit memiliki reduksi signifikan dalam jumlah sel yang dikultur, menunjukkan bahwa penambahan nanopartikel titanium dioksida meningkatkan sifat antimikroba pada RAPP.⁷ Titanium dioksida menunjukkan aktivitas penghambatan bila dikombinasikan dengan RAPP, hasil terbaik pada konsentrasi 3%. Seperti hasil penelitian Ahmed *et al.* yang membuktikan bahwa penambahan bahan nanopartikel titanium dioksida konsentrasi 1% dan 5% dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan dari PMMA. Penelitian Putranti dan Fadilla didukung oleh penelitian ini yang membuktikan pengaruh dari penambahan nanopartikel titanium dioksida konsentrasi 1%, 2%, dan 3% dapat menghambat pertumbuhan *C. albicans*.⁹

Artikel ini melaporkan hasil penelitian tentang pengaruh pemberian titanium dioksida dengan fase kristal anatase pada basis GT lepasan RAPP setelah dipaparkan sinar UV terhadap pertumbuhan koloni *C. albicans*.

METODE

Penelitian dengan rancangan penelitian eksperimen laboratorium ini menggunakan sampel RAPP berbentuk silindris dengan diameter 50 mm dan tebal 0,5 mm (Gbr.1) sesuai dengan standard ADA No.12.¹⁰



Gambar 1 Sampel TiO₂.

Sebanyak 24 sampel dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu 3 kelompok perlakuan dan 1 kelompok kontrol. Masing-masing kelompok terdiri atas 6 sampel RAPP. Kelompok perlakuanya adalah kelompok 1 tanpa tambahan titanium dioksida, direndam pada saliva buatan lalu dikultur pada media kemudian diinkubasi selama 48 jam; kelompok 2 dengan tambahan titanium dioksida 1% lalu direndam pada saliva buatan kemudian dikultur pada media kemudian diinkubasi selama 48 jam; kelompok 3 dengan tambahan titanium dioksida 2% lalu direndam pada saliva buatan kemudian dikultur pada media, diinkubasi selama 48 jam; dan kelompok 4 dengan

tambahan titanium dioksida 3% lalu direndam pada saliva buatan, dikultur pada media kemudian diinkubasi selama 48 jam.

Nanopartikel titanium dioksida terlebih dahulu disilanisasi untuk meningkatkan adhesi antara titanium dioksida dan RAPP dengan cara 1) 30 g nanopartikel titanium dioksida dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer yang telah berisi 200 mL etanol murni sebagai pelarut; 2) tabung erlenmeyer dimasukkan ke dalam sonikator dalam suhu ruang selama 20 menit, lalu digetarkan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 20 menit dalam suhu ruang untuk mendapatkan campuran yang homogen; 3) 1,5 mL *silane coupling agent* 5% ditambahkan ke dalam campuran titanium dioksida dan etanol dengan menggunakan *syringe* steril, dan getarkan kembali dengan *magnetic stirrer* 250 rpm selama 60 menit; 4) campuran tersebut dituang pada wadah tertutup dan didiamkan selama 2 hari agar *silane coupling agent* dapat meresap sempurna pada permukaan titanium dioksida; 5) etanol yang tercampur dalam titanium dioksida diuapkan dengan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 60°C dan kecepatan 150 rpm/30 menit untuk memisahkan pelarut etanol dan *silane coupling agent* yang telah menyatu dengan titanium dioksida. Alat *vacuum Buchner* digunakan untuk menghilangkan sisa etanol dan *silane coupling agent* yang tersisa; 6) nanopartikel yang sudah disilanisasi lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 60°C selama 20 jam kemudian dikeluarkan dari oven; 7) akhirnya, partikel titanium dioksida diproses menggunakan alat sonikator dengan kecepatan 250 rpm selama 3 menit untuk memecahkan partikel yang menggumpal/mengalami aglomerasi.

Pengisian akrilik pada mold terdiri dari 6 tahap. Pertama, pengisian kuvet dengan RAPP tanpa dan dengan penambahan titanium dioksida yang telah dilakukan silanisasi dengan konsentrasi 1%, 2%, dan 3%. Kedua, nanopartikel titanium dioksida dicampurkan ke dalam monomer di dalam tabung erlenmeyer, kemudian dimasukkan ke dalam sonikator selama 30 menit. Setelah itu dicampurkan monomer yang mengandung nanopartikel titanium dioksida dengan polimer lalu diaduk perlahan dengan menggunakan spatula semen sampai tercampur baik dan homogen. Adonan didiamkan hingga *dough stage* dan tidak menempel pada dinding pot. Ketiga, adonan RAPP dimasukkan ke dalam mold lalu keempat, adonan ditutup dengan plastik selopan, kemudian kuvet atas dipasang dan ditekan perlahan dengan

pres hidrolik mencapai 1000 psi, dan kuvet dibuka. Akrilik yang berlebih dipotong menggunakan lekron. Kelima, kuvet ditutup kembali kemudian ditekan dengan tekanan 1500 psi, baut kuvet dipasang untuk mempertahankan kuvet atas dan kuvet bawah dan dibiarkan selama 15 menit. Kuvet kemudian dimasukkan ke dalam *waterbath*, mula-mula suhu dan waktu *curing* diatur yaitu 7°C dan dibiarkan selama 30 menit. Suhu dan waktu *curing* dinaikkan menjadi 10°C dibiarkan selama 90 menit. Kuvet dibiarkan di dalam *waterbath* selama 30 menit untuk proses pendinginan, lalu kuvet diletakkan di bawah air mengalir selama 15 menit dan dibiarkan dingin hingga mencapai suhu kamar. Sampel dikeluarkan dari kuvet, dirapikan menggunakan bur freezer kemudian sampel dihaluskan permukaanya dengan kertas pasir ukuran 500 dan 800. Terhadap sampel dilakukan penyinaran UV dengan panjang gelombang 366 nm dan jarak 15 cm selama 1 jam untuk mengaktifkan sifat fotokatalis dari titanium doksida.



Gambar 2 Penyinaran sinar UV

Penentuan jumlah *C. albicans*

Sampel dikontaminasi dengan *C. albicans* dengan cara dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer yang berisi suspensi *C. albicans*, kemudian diinkubasi selama 48 jam pada inkubator, lalu dilakukan pencucian sampel.

Dilakukan perontokan *C. albicans* yang melekat pada resin akrilik. Setelah itu dilakukan swab sampel resin akrilik menggunakan *cotton bud* steril, lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi PBS. Ambil sekitar 0,01 mL cairan dari tabung reaksi dengan menggunakan pipet lalu teteskan ke dalam cawan petri dengan media SDA yang telah dibuat. Saat melakukan prosedur harus dekat dengan api dan kebersihan tetap dijaga agar tidak terjadi kontaminasi organisme mikro yang lain. Tepi

Tabel 1 Perhitungan pertumbuhan *C. albicans*

Kelompok	Rerata (CFU/mL)	Standar deviasi
Kelompok Kontrol	272	47,43845
Resin akrilik TiO2 1%	199,667	5,95539
Resin akrilik TiO2 2%	186	8,69483
Resin akrilik TiO2 3%	154,667	29,04938

Tabel 2 Hasil uji normalitas dengan Shapiro-Wilk

Kelompok	N	Shapiro-Wilk		Ket
		Statistic	Sig	
Kontrol	6	0,903	0,392	Data Normal
RA heat cured + TiO2 1%	6	0,934	0,615	Data Normal
RA heat cured + TiO2 2%	6	0,793	0,051	Data Normal
RA heat cured + TiO2 3%	6	0,831	0,110	Data Normal

cawan petri dipanaskan secara melingkar pada bunsen agar steril. Setelah itu cawan petri dilapisi dengan kertas coklat dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam.

Setelah 48 jam dilakukan perhitungan koloni dengan *colony counter*. Penghitungan jumlah koloni dilakukan dalam satuan CFU/mL. Analisis data pada penelitian ini dilakukan menggunakan uji anova satu arah.

HASIL

Nilai rata-rata pertumbuhan koloni *C. albicans* 4 kelompok perlakuan resin akrilik dengan penambahan titanium dioksida dapat dilihat pada tabel 1. Tampak bahwa nilai rerata pertumbuhan koloni dari *C. albicans* pada RAPP dengan penambahan titanium dioksida 3% paling rendah dari 3 kelompok lainnya sedangkan kelompok RAPP dengan penambahan titanium dioksida 1% paling tinggi dari kelompok perlakuan lainnya sebesar 199,667 CFU/mL.

Data diuji dengan menggunakan uji Shapiro-Wilk untuk mengetahui normalitasnya (tabel 2). Tampak bahwa nilai signifikansi lebih dari 0,05; artinya data pada masing-masing kelompok uji terdistribusi normal. Data kemudian diuji homogenitas dengan uji *Levene* dengan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($p<0,05$) yang menunjukkan bahwa data jumlah koloni *C. albicans* tersebut tidak homogen. Karena data tersebut terdistribusi normal tetapi tidak homogen maka tahap selanjutnya dilakukan uji *one-way* Anova Welch untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan jumlah koloni *C. albicans* pada setiap kelompok (tabel 3); signifikansinya adalah 0,000 ($p<0,05$) sehingga disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna pada 4 kelompok uji.

Tabel 3 Hasil uji *one-way* Anova Welch

Jumlah koloni	Mean square	Sig	Ket
Between Groups	14762,153		
Within Groups	801,008	0,000	Signifikan

Tabel 4 Hasil uji post hoc

Jumlah koloni	Sig	Ket
Kelompok kontrol	TiO ₂ 1%	0,047
	TiO ₂ 2%	0,023
	TiO ₂ 3%	0,003
Kelompok TiO ₂ 1%	Kontrol	0,047
	TiO ₂ 2%	0,047
	TiO ₂ 3%	0,044
Kelompok TiO ₂ 2%	Kontrol	0,023
	TiO ₂ 1%	0,047
	TiO ₂ 3%	0,155
Kelompok TiO ₂ 3%	Kontrol	0,003
	TiO ₂ 1%	0,044
	TiO ₂ 2%	0,155

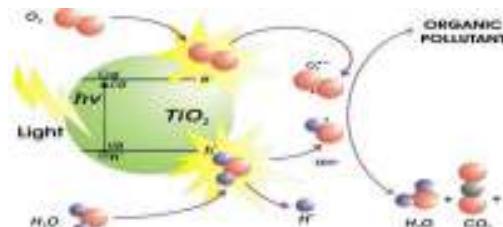
Untuk mengetahui kelompok yang memiliki perbedaan paling bermakna, maka dilakukan uji *post hoc* Games Howell karena data tidak homogen (tabel 4)

yang menunjukkan perbedaan jumlah koloni *C. albicans* yang signifikan ($p<0,05$) kecuali kelompok titanium oksida 3% pada kelompok titanium oksida 2% dan kelompok titanium oksida 2% pada kelompok titanium 3%. Dengan demikian membuktikan terdapat perbedaan jumlah koloni *C. albicans* pada keempat kelompok uji.

PEMBAHASAN

Terdapat pengaruh penambahan titanium dioksida 3% terhadap pertumbuhan jumlah koloni *C. albicans* pada plat RAPP. Kelompok penambahan titanium dioksida 3% merupakan kelompok positif dengan jumlah koloni paling rendah yaitu sebesar 154,667 CFU/mL. Dua kelompok lain yaitu kelompok RAPP dengan penambahan titanium dioksida 1% dan 2% merupakan kelompok negatif karena jumlah koloninya tinggi, masing-masing 199,667 CFU/mL dan 186 CFU/mL. Pengaruh paling efektif adalah sampel RAPP dengan penambahan titanium dioksida 3%. Hal ini selaras dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Putranti dan Fadilla.⁹ Hasil yang didapatkan Haghighi, mengalami penurunan jumlah koloni dari *C. albicans* karena nanopartikel titanium dioksida memiliki efek antimikroba dan anti-jamur karena memiliki sifat fotokatalisis.¹¹

Sifat nanopartikel titanium oksida adalah antimikroba spektrum luas, tidak beracun, tidak berbau, tidak mengiritasi, tahan terhadap panas, biaya murah dan resistensi kimia yang tinggi; juga mampu mengurangi kontaminan karena memiliki sifat fotokatalis yang akan aktif bila terpapar sinar UV. Jika permukaan titanium oksida dikenai energi foton dari sinar UV, energi gap titanium oksida anatase 3,26 eV dan rutile 3,0 eV, akan mengeksitasi dari pita valensi ke pita konduksi dan elektron tersebut akan melepas energi kemudian bereaksi dengan molekul air dan oksigen, selanjutnya memicu pembentukan ROS dan hidroksil radikal ($\cdot\text{OH}$), yang akan membentuk pasangan elektron (e^-) dan *hole* (h^+) yang dapat mereduksi dan atau mengoksidasi senyawasenawa (polutan) di sekitarnya. Adapun mekanisme fotokatalisis titanium oksida adalah organisme mikro akan mati setelah kontak dengan hidroksil radikal dan ROS yang dihasilkan setelah penyinaran titanium oksida. Hidroksil radikal dan radikal superoksida O_2^- berperan penting dalam menginaktivasi organisme mikro dengan cara mengoksidasi fosfolipid dalam membran sel; $\cdot\text{OH}$ radikal diketahui 1000 kali lebih efektif



Gambar 3 Skema mekanisme proses fotokatalis TiO₂.¹²

menginaktifkan organisme mikro dibanding disinfektan pada umumnya.¹³ Titanium oksida ketika digunakan sebagai *coating* mampu mempertahankan warna dan sifat mekanik bahan.²

C. albicans memiliki dinding sel yang tebal karena terdiri atas glukan dan kitin yang membuatnya lebih kuat dari bakteri. Titanium dioksida memproduksi ROS yang menginduksi efek destruktif pada sel jamur kemudian terjadi oksidasi koenzim-A intrasel dan peroksidasi lipid menyebabkan menurunnya aktivitas pernapasan sel sehingga mengalami kematian. Penelitian oleh Haghghi, menunjukkan bahwa titanium dioksida mampu membunuh *C. albicans* dengan meningkatkan konsentrasi.^{8,11} Jumlah pertumbuhan koloni *C. albicans* yang berbeda-beda pada setiap sampel yang diuji karena terdapat efek konsentrasi yang berbeda dari nanopartikel titanium dioksida yang ditambahkan pada RAPP.⁷ Pada penelitian lain terbukti bahwa penambahan titanium dioksida berbanding lurus antara konsentrasi dari titanium dioksida dan efek antimikroba dari titanium dioksida. Hasil penelitian oleh Alrahlah et al², menyatakan penambahan titanium dioksida dengan konsentrasi 1%, 2%, dan 3% pada basis GT resin akrilik memiliki sifat antimikroba tertinggi pada konsentrasi 3%. Serupa dengan

Putranti⁹ yang menambahkan titanium dioksida konsentrasi 2%, 3%, dan 4%, mendapatkan konsentrasi 3% lebih berpengaruh dibandingkan dengan konsentrasi paling tinggi yaitu 4%. Hal tersebut karena dalam penelitian sebelumnya tidak dilakukan proses silanisasi pada titanium dioksida yang menyebabkan kurang maksimalnya ikatan antara titanium dioksida dengan resin akrilik.^{2,7,9} Dalam penelitian ini, titanium dioksida disilanisasi dengan penambahan *silane coupling agent* untuk menyatukan nanopartikel titanium dioksida dengan RAPP. Proses silanisasi akan membentuk ikatan antiair pada *interface* kedua bahan, karena salah satu faktor yang memengaruhi adesi adalah perpindahan air ke permukaan hidrofilik yang akan merusak ikatan antara polimer resin akrilik dengan bahan titanium dioksida. Ikatan antiair merupakan ikatan yang memiliki sifat hidrofobik, yang dengan sifat tersebut permukaan resin akrilik menjadi lebih resisten terhadap penyerapan air.¹⁴

Berdasarkan hasil penelitian ini, disimpulkan bahwa penambahan nanopartikel titanium oksida 1%, 2%, dan 3% dapat menurunkan jumlah koloni *C. albicans* pada basis GT berbahan RAPP, dengan konsentrasi yang dapat menurunkan jumlah terbanyak adalah dengan penambahan nanopartikel titanium oksida 3%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Budiharjo A, Wahyuningtyas E, Sugianto E. Pengaruh lama pemanasan pasca polimerisasi dengan microwave terhadap monomer sisa dan kekuatan transversa pada reparasi plat gigi tiruan resin akrilik. *J Kedokteran Gigi UGM* 2014; 5(2):1-13
2. Alrahlah A, Fouad H, Hashem M, Niazy A, AlBadah A. Titanium oxide (TiO₂)/polymethylmethacrylate (PMMA) denture base nanocomposites: mechanical, viscoelastic and antibacterial behavior. *J Mater* 2018;11:1-15
3. Jaelani IM, Sari WP, Fadriyanti O. Pengaruh jumlah glass fiber non dental pada reinforced resin akrilik (polimetil metakrilat) terhadap perlekatan *Candida albicans*. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran* 2019; 31(2):155-9
4. Herawati E, Novani D. Penatalaksanaan kasus denture stomatitis. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran* 2017; 29(3): 22-30.
5. Aoun G, Berberi A. Prevalence of chronic erythematous candidiasis in lebanese denture wearers: a clinico-microbiological study. *J Materia Socio-Medica* 2017; 29 (1): 26-9.
6. Zainal M, Ahmad VN, Zain MN, Amin IM. The antimicrobial and antibiofilm properties of allicin against *Candida albicans* and *Staphylococcus aureus*-A therapeutic potential for denture stomatitis. *Saudi Dent J* 2021; 33: 105-11
7. Song R, Jiao X, Lin L. Improvement of mechanical and antimicrobial properties of denture base resin by nano-titanium dioxide and nano-silicon dioxide particles. *J Pigment Resin Technol* 2011; 40 (6) :31-9.
8. Battin TJ, Kammer F, Hofman T, Weilhartner A, Ottofuelling S. Nanostructured TiO₂: transport behavior and effects on aquatic microbial communities under environmental conditions. *J Environmental Sci Technol* 2009; 43: 51-62.
9. Putranti DT, Fadilla A. Titanium dioxide addition to heat polymerized acrylic resin denture base effect on *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*. *Journal of Indonesian Dental Association* 2018;1(1):21-7.
10. Zulkarnain M, Daniel J. Pengaruh perendaman basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas dalam larutan sodium hipoklorit dan vinegar cuka putih terhadap kekasaran permukaan dan stabilitas warna. *Jurnal Material Kedokteran Gigi* 2014; 3(1):22-32.
11. Haghghi F, Mohamadi SR, Hosseinkhani S, Shidpour R. Antifungal activity of TiO₂ nanoparticles and EDTA on *Candida albicans* biofilms. *J Infect Epidemiol Med* 2013; 1(1):33-8.
12. Ibhodon, Omo A, Fitzpatrick P. Heterogeneous photocatalysis: recent advances and applications. *Catalysts* 2013;3(1): 189-218
13. Naimah S, Ermawati R. Efek fotokatalisis nano TiO₂ terhadap mekanisme antimikroba *E. Coli* Dan *Salmonella*. *Journal Riset Industri* 2011; 5(2): 113-20.
14. 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 Baghdad Coll Dent* 2015; 27(3): 33-9.