

**PENGARUH CAMPURAN NANOPARTIKEL TITANIUM  
DIOKSIDA PADA PLAT AKRILIK TERHADAP  
PERTUMBUHAN *STREPTOCOCCUS SANGUINIS***

**SKRIPSI**



**Oleh :**

**YESA ROLISAH**

**04031281823035**

**BAGIAN KEDOKTERAN GIGI DAN MULUT  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
PALEMBANG**

**2023**

**PENGARUH CAMPURAN NANOPARTIKEL TITANIUM  
DIOKSIDA PADA PLAT AKRILIK TERHADAP  
PERTUMBUHAN *STREPTOCOCCUS SANGUINIS***

**Diajukan sebagai persyaratan untuk memperoleh Gelar  
Sarjana Kedokteran Gigi Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**

**YESA ROLISAH**

**04031281823035**

**BAGIAN KEDOKTERAN GIGI DAN MULUT  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
PALEMBANG  
2023**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul:

### **PENGARUH CAMPURAN NANOPARTIKEL TITANIUM DIOKSIDA PADA PLAT AKRILIK TERHADAP PERTUMBUHAN *STREPTOCOCCUS SANGUINIS***

Oleh :

**YESA ROLISAH**

**04031281823035**

Diajukan sebagai persyaratan untuk memperoleh Gelar  
Sarjana Kedokteran Gigi Universitas Sriwijaya

**Palembang, Maret 2023**

**Menyetujui**

**Pembimbing I**



**drg. Sekar Putri, Sp. Ort**  
**NIP. 991019022034201201**

**Pembimbing II**



**drg. Martha Mozartha, M. Si.**  
**NIP. 198104052012122003**

# HALAMAN PENGESAHAN

## SKRIPSI

### PENGARUH CAMPURAN NANOPARTIKEL TITANIUM DIOKSIDA PADA PLAT AKRILIK TERHADAP PERTUMBUHAN *STREPTOCOCCUS SANGUINIS*

Disusun oleh:  
**YESA ROLISAH**  
04031281823035

Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di depan Tim Penguji Program Studi  
Kedokteran Gigi  
Tanggal 16 Maret 2023  
Yang terdiri dari:

Pembimbing I



drg. Sekar Putri, Sp. Ort  
NIP. 991619022034201261

Pembimbing II



drg. Marsha Mozartha, M. Si  
NIP. 198104052012123003

Penguji I



drg. Arya Prasetya B., Sp. Ort  
NIP. 197406022005011001

Penguji II



drg. Bebbi Arisya K., M. Kes  
NIP. 199401122022032012



Mengetahui,  
Ketua Bagian Kedokteran Gigi dan Mulut  
Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya

drg. Siti Kuslana Puspa Dewl, M. Kes  
NIP. 198012022006042002

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*"Allah doesn't burden a soul beyond that it can be"*  
(2:286)

Skripsi ini aku persembahkan untuk kedua malaikat baik Ibu dan Ayah, serta untuk Saudara dan Keluargaku tersayang yang selalu memotivasiku untuk terus maju dan menjadi lebih baik lagi.

Tak lupa pula aku persembahkan kepada pendukung terbaik dalam hidupku, yaitu diriku sendiri

Terima kasih sudah berjuang

*You did it!*

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan:

1. Karya tulis saya, skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik (SKG), baik di Universitas Sriwijaya maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Isi pada karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pelaksanaan prosedur penelitian yang dilakukan dalam proses pembuatan karya tulis ini adalah sesuai dengan prosedur penelitian yang tercantum.
5. Hasil penelitian yang dicantumkan pada karya tulis adalah benar hasil yang didapatkan pada saat penelitian, dan bukan hasil rekayasa.
6. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar dan yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Palembang, 16 Maret 2023  
Yang membuat pernyataan,



Yesa Rolisah  
04031281823035

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh campuran nanopartikel titanium dioksida pada plat akrilik terhadap pertumbuhan *Streptococcus sanguinis*”**. Adapun skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Kedokteran Gigi pada Bagian Kedokteran Gigi dan Mulut Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang mendalam kepada semua pihak yang turut memberikan bantuan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Ibu Ciknuba dan Ayah Yuhanis yang selalu memberikan semangat dan doa yang tak pernah putus sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
3. Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaf, M. SCE selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
4. dr. H. Syarif Husin, M.S selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya.
5. drg. Siti Rusdiana Puspa Dewi, M. Kes selaku Ketua Bagian Kedokteran Gigi dan Mulut Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya.
6. drg. Sekar Putri, Sp. Ort selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan semangat pada penulis dari awal penulisan hingga tersusunnya skripsi ini.
7. drg. Martha Mozartha, M. Si selaku dosen pembimbing kedua yang senantiasa meluangkan waktunya untuk membimbing, dan memotivasi penulis dari awal penulisan skripsi hingga tersusunnya skripsi ini.
8. drg. Arya Prasetya Beumaputra, Sp. Ort selaku dosen penguji I atas kesediaannya menguji, membimbing, dan memberikan kritik serta saran kepada penulis dalam menyempurnakan skripsi ini
9. drg. Bebbi Arisya K, M. Kes selaku dosen penguji II atas kesediaannya menguji, membimbing, memberikan semangat, dan kritik serta saran kepada penulis dalam menyempurnakan skripsi ini.
10. drg. Danica Anastasia Sp. KG selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan dukungan dan masukan kepada penulis selama pendidikan preklinik.
11. Seluruh Dosen Pengajar Bagian Kedokteran Gigi dan Mulut Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya.
12. Seluruh Staf Tata Usaha dan Kepegawaian Bagian Kedokteran Gigi dan Mulut Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya.
13. Kepala dan seluruh Staf Balai Besar Laboratorium Kesehatan Palembang khususnya Ibu Riana dan Ibu Nellyana yang telah memberikan bantuan, arahan dan masukan selama penelitian.

14. Kakak-kakakku dr. Hajri Yansyah, Aril Juwanda, S. Pd dan Evta Yusniah A. Md. Keb. yang selalu jadi *role model* penulis dalam menggapai cita, serta keluarga besar yang selalu memotivasi penulis.
15. Kakak ipar Anita Sofyan dan Ita Safitri, serta keponakan yang lucu (Faiq, Yaya, Alia, Adel) yang memberikan dukungan dan menghibur penulis.
16. Seluruh rekan seperjuangan ORTHOGENZIA angkatan 2018, kakak dan adik tingkat yang saling mendukung dan kebersamai selama preklinik.
17. Sahabat terbaik penulis EW yang selalu menjadi penyemangat dan pendengar terbaik. Teman-teman Sekelik, NT, Sday, KKN, Kost Elit, dan Amanah Kost VIP tempat penulis berkeluh kesah yang memberikan semangat, doa, dan dukungan kepada penulis.
18. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan andil dan bantuan dalam bentuk apapun, mohon maaf jika tidak disebutkan namanya.
19. *Last but not least, I wanna thank me for believing in me, for doing all this hard work, for having no days off, for never quitting, for just being me at all times.*

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pihak yang membacanya.

Palembang, Maret 2023  
Penulis

Yesa Rolisah



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.4.1 Manfaat Teoritis.....	3
1.4.2 Manfaat Praktis .....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Telaah Pustaka .....	4
2.1.1 Alat ortodontik lepasan.....	4
2.1.2 Resin akrilik.....	6
2.1.3 Bakteri <i>Streptococcus sanguinis</i> .....	9
2.1.4 Nanopartikel titanium dioksida.....	11
2.2 Kerangka Teori.....	16
2.3 Hipotesis.....	16
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Jenis Penelitian.....	17
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	17
3.2.1 Waktu penelitian .....	17
3.2.2 Tempat penelitian .....	17
3.3 Sampel penelitian .....	17
3.3.1 Besar sampel penelitian .....	18
3.4 Variabel Penelitian .....	18
3.4.1 Variabel terikat .....	18

3.4.2	Variabel bebas.....	18
3.5	Kerangka Konsep.....	19
3.6	Definisi Operasional.....	19
3.7	Alat dan Bahan Penelitian.....	19
3.7.1	Alat.....	19
3.7.2	Bahan .....	21
3.8	Prosedur Penelitian dan Cara Kerja .....	21
3.8.1	Pembuatan plat akrilik .....	21
3.8.2	Pembuatan suspensi <i>Streptococcus sanguinis</i> .....	26
3.8.3	Perlakuan sampel .....	26
3.9	Cara pengolahan dan Analisis Data .....	27
3.10	Alur Penelitian.....	28
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>29</b>
4.1	Hasil .....	29
4.2	Pembahasan.....	31
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>35</b>
5.1	Kesimpulan .....	35
5.2	Saran.....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>36</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>40</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Definisi Operasional .....	19
Tabel 4. 1. Jumlah <i>Streptococcus sanguinis</i> pada plat akrilik dengan penambahan nanopartikel titanium dioksida konsentrasi 2%, 3%, dan 4% .....	29
Tabel 4. 2. Pengaruh penambahan nanopartikel titanium dioksida konsentrasi 2%, 3%, dan 4% terhadap jumlah <i>Streptococcus sanguinis</i> pada plat akrilik.....	30
Tabel 4. 3. Perbedaan pengaruh penambahan nanopartikel titanium dioksida konsentrasi 2%, 3% dan 4% terhadap jumlah <i>Streptococcus sanguinis</i> pada plat akrilik .....	31

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Alat Penelitian .....	40
Gambar 2. Bahan Penelitian .....	41
Gambar 3. Prosedur pembuatan plat akrilik.....	41
Gambar 4. Perlakuan sampel.....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Alat dan Bahan Penelitian .....	40
Lampiran 2. Gambar Prosedur Penelitian.....	41
Lampiran 3. Tabel jumlah pertumbuhan Streptococcus sanguinis .....	43
Lampiran 4. Tabel analisis statistik .....	43
Lampiran 5. Sertifikat Persetujuan Etik.....	49
Lampiran 6. Surat Izin Penelitian .....	50
Lampiran 7. Surat Selesai Penelitian .....	51
Lampiran 8. Lembar Bimbingan.....	52

# PENGARUH CAMPURAN NANOPARTIKEL TITANIUM DIOKSIDA PADA PLAT AKRILIK TERHADAP PERTUMBUHAN *STREPTOCOCCUS SANGUINIS*

Yesa Rolisah  
Bagian Kedokteran Gigi dan Mulut  
Fakultas Kedokteran, Universitas Sriwijaya

## Abstrak

**Latar belakang:** Alat ortodonti lepasan yang dipakai dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan RAS dengan *Streptococcus sanguinis* sebagai etiologi utama. Plat akrilik pada alat ortodonti lepasan dapat menjadi tempat penumpukan plak dan sisa makanan sehingga memudahkan mikroorganisme untuk berkembang biak. Penambahan nanopartikel TiO<sub>2</sub> pada plat akrilik dapat memberikan efek antibakteri. **Tujuan:** Untuk mengetahui pengaruh campuran nanopartikel TiO<sub>2</sub> pada plat akrilik terhadap pertumbuhan *Streptococcus sanguinis*. **Metode:** Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratoris menggunakan plat akrilik tanpa penambahan nanopartikel TiO<sub>2</sub> dan dengan penambahan nanopartikel TiO<sub>2</sub> konsentrasi 2%, 3%, dan 4% berukuran 10x10x1 mm. Sampel sebanyak 24 buah dikelompokkan dalam 4 kelompok yang masing-masing terdiri dari 6 sampel disterilisasi dengan alkohol, kemudian direndam saline selama 1 jam. Sampel dimasukkan ke dalam suspensi *Streptococcus sanguinis*, kemudian diinkubasi selama 24 jam. Sampel dipindahkan ke dalam tabung yang berisi PBS, kemudian cairan sebanyak 0,01 ml PBS dimasukkan kedalam cawan petri, lalu dituangkan MSA dan diinkubasi selama 24 jam. Jumlah koloni *Streptococcus sanguinis* yang tumbuh dihitung dalam satuan CFU/ml. Data dianalisis secara statistik dengan uji one *Kruskal Wallis* dan dilanjutkan dengan uji *Post-hoc test Mann Whitney*. **Hasil:** Terdapat perbedaan yang signifikan dari plat akrilik tanpa tambahan nanopartikel TiO<sub>2</sub> dan dengan tambahan nanopartikel TiO<sub>2</sub> 2%, 3%, dan 4% dalam menurunkan jumlah *Streptococcus sanguinis* (P<0,05). Konsentrasi nanopartikel TiO<sub>2</sub> 4% merupakan pilihan paling baik dalam menurunkan jumlah pertumbuhan *Streptococcus sanguinis*. **Kesimpulan:** Terdapat pengaruh penambahan nanopartikel TiO<sub>2</sub> pada plat akrilik terhadap pertumbuhan *Streptococcus sanguinis*.

**Kata kunci:** alat ortodonti lepasan, nanopartikel TiO<sub>2</sub>, plat akrilik, *Streptococcus sanguinis*.

# **EFFECT INCORPORATED NANOPARTICLE TITANIUM DIOXIDE ON ACRYLIC PLATE TO GROWTH OF STREPTOCOCCUS SANGUINIS**

Yesa Rolisah  
Dentistry Study Program  
Faculty of Medicine, Sriwijaya University

## *Abstract*

**Background:** Acrylic plates on removable orthodontic appliances can be a place for plaque and food scraps to facilitate *Streptococcus sanguinis* microorganisms to breed. Adding nanoparticle of titanium dioxide to acrylic plate may provide antibacterial activity. **Objective:** To see effect of TiO<sub>2</sub> nanoparticle on acrylic plate to growth of *Streptococcus sanguinis*. **Method:** This research is a laboratory experimental research used acrylic plates without the addition of TiO<sub>2</sub> nanoparticle and with the addition of TiO<sub>2</sub> nanoparticle of 2%, 3%, and 4% with a size 10x10x1 mm. There were 24 samples grouped in 4 groups, each consisted of 6 samples sterilized with alcohol, then soaked on saline. The sample was put in *Streptococcus sanguinis* suspension, and then transferred to a tube containing PBS and then seeded on MSA media. The number of growing *Streptococcus sanguinis* colonies is calculated in units of CFU/ml. Data were analyzed statistically by Kruskal-wallis test and followed by Post-hoc test Mann Whitney. **Result:** There were significant differences in acrylic plates without addition of TiO<sub>2</sub> nanoparticle and with the addition of TiO<sub>2</sub> nanoparticle of 2%, 3%, and 4% to reduce the growth of *Streptococcus sanguinis* ( $P < 0,05$ ). The concentration of TiO<sub>2</sub> nanoparticle 4% was the best to reduce the growth of *Streptococcus sanguinis*. **Conclusion:** TiO<sub>2</sub> nanoparticle addition acrylic plate have effect to reduce the growth of *Streptococcus sanguinis*.

**Key word:** removable orthodontic appliance, TiO<sub>2</sub> nanoparticle, acrylic plate, *Streptococcus sanguinis*.

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Alat ortodontik lepasan merupakan salah satu perawatan yang bertujuan untuk merawat maloklusi. Alat ortodontik lepasan juga digunakan dalam peran pasif sebagai *space maintainer* setelah pencabutan gigi dan sebagai penahan setelah perawatan alat cekat. Komponen dari alat ortodontik lepasan dihubungkan dengan menggunakan resin akrilik sebagai plat dasarnya.<sup>1</sup>

Penggunaan resin akrilik sebagai plat dasar mempunyai keuntungan dari segi estetik.<sup>2</sup> Namun, mempunyai kekurangan, yaitu bersifat porus. Porositas pada resin akrilik dan komponen-komponen yang tertanam pada resin akrilik meningkatkan risiko retensi partikel makanan dan mikroorganisme.<sup>2,3</sup>

Penggunaan alat ortodonti dalam jangka waktu yang lama memiliki risiko dan komplikasi. Salah satu risiko yang dialami oleh pengguna alat ortodonti adalah *Recurrent Aphthous Stomatitis* (RAS).<sup>3,4</sup> Beberapa penelitian mengatakan bahwa etiologi RAS adalah bakteri *Streptococcus sanguinis*.<sup>5</sup>

Pada penelitian terdahulu telah diteliti antibakteri berupa silver nanopartikel (NanoAg), berdasarkan hasil penelitian Farhadian *et al*(2016), penambahan nanosilver dengan ukuran 40 nm dan konsentrasi 500 ppm pada plat akrilik memiliki efek antimikrobial terhadap bakteri penyebab karies.<sup>6</sup> Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Bahador *et al* (2014), nanosilver efektif mengurangi bakteri kariogenik pada permukaan plat akrilik.<sup>7</sup> Namun, nanosilver ini memiliki



kekurangan, yaitu bersifat toksik dan memberikan warna yang tidak estetik pada plat akrilik.<sup>8</sup>

Pada penelitian Bahador *et al*(2014) yang lain, penambahan nanopartikel titanium dioksida (NanoTiO<sub>2</sub>) pada plat akrilik menunjukkan hasil antimikrobia terhadap bakteri penyebab karies. Selain itu, NanoTiO<sub>2</sub> mempunyai keunggulan, yaitu memberikan warna yang estetik, kestabilan tinggi, lebih murah dan tidak toksik.<sup>8</sup> Berdasarkan hasil penelitian Dwi TP (2018), penambahan NanoTiO<sub>2</sub> dengan konsentrasi 2%, 3%, dan 4% pada plat akrilik memberikan efek antimikrobia terhadap bakteri penyebab *denture stomatitis*.<sup>9</sup> Sejauh ini belum ada penelitian tentang pengaruh penambahan NanoTiO<sub>2</sub> terhadap bakteri penyebab *Recurrent Aphthous Stomatitis* (RAS). Oleh karena itu, pada penelitian ini peneliti ingin melihat pengaruh dari penambahan NanoTiO<sub>2</sub> dengan konsentrasi 2%, 3%, dan 4% pada plat akrilik terhadap *Streptococcus sanguinis*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Apakah penambahan nanopartikel titanium dioksida pada plat akrilik berpengaruh terhadap pertumbuhan *Streptococcus sanguinis*?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh campuran nanopartikel titanium dioksida dengan konsentrasi 2%, 3%, dan 4% pada plat akrilik terhadap pertumbuhan *Streptococcus sanguinis*.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

### **1.4.1 Manfaat Teoritis**

Menambah pengetahuan serta wawasan dan bahan dalam menerapkan metode penelitian, khususnya mengenai campuran nanopartikel titanium dioksida pada plat akrilik terhadap pertumbuhan *Streptococcus sanguinis*.

### **1.4.2 Manfaat Praktis**

1. Dapat digunakan sebagai dasar penelitian lebih lanjut bagi peneliti yang akan melakukan penelitian selanjutnya.
2. Dapat digunakan sebagai bahan kepustakaan dalam lingkungan Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Mitchell L, Littlewood SJ, Nelson-Moon ZL, Dyer F. *Introduction to Orthodontics*. 4th ed. United Kingdom: Oxford; 2013.
2. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' Science of Dental Materials*. 12th ed. Louis: Elsevier; 2012.
3. Topaloglu-Ak A, Ertugrul F, Eden E, Ates M, Bulut H. Effect of orthodontic appliances on oral microbiota-6 month follow-up. *J Clin Pediatr Dent*. 2011;35(4):433-436.
4. Alawiah T. Komplikasi dan resiko yang berhubungan dengan perawatan ortodonti. *J Ilm WIDYA*. 2017;4:256-261.
5. Chavan M, Jain H, Diwan N, Khedkar S, Shete A, Durkar S. Recurrent aphthous stomatitis: A review. *J Oral Pathol Med*. 2012;41(8):577-583.
6. Farhadian N, Mashoof RU, Khanizadeh S, Ghaderi E, Farhadian M, Miresmaeili A. *Streptococcus mutans* counts in patients wearing removable retainers with silver nanoparticles vs those wearing conventional retainers: A randomized clinical trial. 2016;149(2):155-160.
7. Bahador A, Ghorbanzadeh R, Kassaei MZ, Sodagar A. Anti-microbial activity of acrylic resins with in-situ generated nanosilver on cariogenic planktonic and biofilm bacteria. *Int Res J Biol Sci*. 2014;3(4):38-46.
8. Bahador A. Photocatalytic effects of acrylic resins incorporated with nano-titanium dioxide on planktonic and biofilm growth of four cariogenic bacteria. *Annu Res Rev Biol*. 2014;4(17):2695-2708.
9. Putranti DT, Fadilla A. Titanium dioxide addition to heat polymerized acrylic resin denture base effect on *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*. *J Indones Dent Association*. 2018;6183(1):21-27.
10. Phulari. Basavaraj Subhashchandra. *Orthodontics Principles and Practice*. 2nd ed. Jaypee Brothers Medical Publisher's; 1992.
11. Noort R Van. *Introduction to Dental Materials*. 2nd ed. London: Mosby Wolve; 2002.
12. Ireland R. *Kamus Kedokteran Gigi*. EGC; 2014. p 469.
13. Diansari V, Fitriyani S, Haridhi FM. Studi pelepasan monomer sisa dari

- resin akrilik heat cured setelah perendaman dalam aquades. *Cakradonya Dent J.* 2016;8(1):1-76.
14. McCabe JF, Walls AWG. *Applied Dental Materials*. 9th ed. UK: Blackwell; 2008.
  15. Lamont RJ, Hajishengallis GN, Jenkinson HF. *Oral Microbiology and Immunology*. 2nd ed. Washington: ASM Press; 2014.
  16. Samaranayake L. *Essential Microbiology for Dentistry*. 4th ed. China: Elsevier; 2012. p 265-6.
  17. Zakki M. Uji aktivitas antibakteri ekstrak cathechin teh putih terhadap *Streptococcus sanguinis*. *Odonto Dent J.* 2017;4(2):108-113.
  18. Zhu B, Macleod LC, Kitten T, Xu P. *Streptococcus sanguinis* biofilm formation & interaction with oral pathogens. *Future Microbiol.* 2018;13(8):915-932.
  19. Yusran A, Muhasbir M. Daya hambat minyak kelapa murni terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus sanguinis*. *Makassar Dent J.* 2018;7(3):146-150.
  20. Kemala D, Hendiani I, Satari MH. Uji daya antibakteri ekstrak etanol kulit buah manggis (*Garcinia mangostana L*) terhadap *Streptococcus sanguinis* ATCC 10556. *Padjadjaran J Dent Res Students.* 2018;2(2):137-140.
  21. Arlandi CB. Hubungan karies gigi dengan kejadian endokarditis. *J Med Hutama.* 2020;2(1):402-406.
  22. Subramani K, Ahmed W, Hartsfield JK. *Nanobiomaterials in Clinical Dentistry*. 1st ed.; 2013.
  23. Sutrisno H, Ariswan A, Purwaningsih D. The antibacterial activity of vanadium-and chromium doped TiO<sub>2</sub>-anatase. *ALCHEMY J Penelit Kim.* 2016;12(2):112-127.
  24. Wardiyati S, Adel F, Yusuf Saeful. Sintesis nanokatalis TiO<sub>2</sub> anatase dalam larutan elektrolit dengan metode sol-gel. *J Sains Mater Indones Akreditasi.* 2018;15(3):153-157.
  25. Sutrisno H. Electronic structure of vanadium-doped TiO<sub>2</sub> of both anatase and rutile based on density functional theory (DFT) approach. *ALCHEMY J*

- Penelit Kim.* 2018;14(1):60.
26. Dicastillo C lopez de. Antimicrobial effect of titanium dioxide nanoparticles. *Intech Open.* 2016;11:1-18.
  27. Verdier T, Coutand M, Bertron A, Roques C. Antibacterial activity of TiO<sub>2</sub> photocatalyst alone or in coatings on *E. coli*: The influence of methodological aspects. *Coatings.* 2014;4(3):670-686.
  28. Manik SD, Tarigan S. Penambahan nanopartikel titanium dioksida terhadap kekuatan fleksural dan kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas. *J Kedokt Gigi Univ Baiturrahman.* 2017;8(1):42-54.
  29. Gupta RR, Gupta M, Bhickta S. *Reactive oxygen species (ROS).* *Dent J Adv Stud.* 2013;01(03):152-158.
  30. Zharvan V, As NI, Daniyati R, Yudoyono G. Sintesis serbuk nano titanium dioksida dan identifikasi struktur kristalnya. *J Sains dan Pendidik Fis.* 2020;16(1):80-85.
  31. Listanti A, Taufiq A, Hidayat A, Sunaryono S. Investigasi struktur dan energi *band gap* partikel nano Tio<sub>2</sub> hasil sintesis menggunakan metode sol-gel. *JPSE (Journal Phys Sci Eng.* 2018;3(1):8-15.
  32. Gan YX, Jayatissa AH, Yu Z, Chen X, Li M. Hydrothermal synthesis of nanomaterials. *J Nanomater.* 2020.
  33. Sajidah HBN. Proses sintesis material anorganik menggunakan prekursor oksalat dalam metode kopresipitasi. *ResearchGate.* 2017:1-9.
  34. Panesa MR, Saputera D, Budiarti LY. Efektivitas daya hambat ekstrak etanol daun kersen dibandingkan klorheksidin glukonat 0,2% terhadap *Staphylococcus aureus.* *J Ked Gigi.* 2018;2(1):79-84.
  35. Abrantes PMDS, Africa CWJ. Measuring *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguinis* and *Candida albicans* biofilm formation using a real-time impedance-based system. *J Microbiol Methods.* 2020;169:1-5.
  36. Soo JZ, Chai LC, Ang BC, Ong BH. Enhancing the antibacterial performance of titanium dioxide nanofibers by coating with silver nanoparticles. *ACS Appl Nano Mater.* 2020;3(6):1-35.
  37. Imlay JA. The molecular mechanisms and physiological consequences of

- oxidative stress: Lessons from a model bacterium. *Nat Rev Microbiol.* 2013;11(7):443-454.
38. Widodo TT, Ayu M CS. The effect of photocatalyst effect of titanium dioxide anatase on heat polymerized acrylic resin plate towards the growth of *Candida albicans* colonies. *Makassar Dent J.* 2022;11(1):105-109.
  39. Karci M, Demir N, Yazman S. Evaluation of flexural strength of different denture base materials reinforced with different nanoparticles. *J Prosthodont.* 2019;28(5):572-579.
  40. Budiprasojo A, Erawantini F. Kekuatan mekanis antibakterial resin campuran titanium dioksida. *J Rekayasa Mesin.* 2021;12(1):227-233.
  41. Annete Juwita, Widyaningsih PBP. The difference of impact strength in acrylic resin self cured with the addition of zirconium dioxide nanoparticles. *Dent J Kedokt Gigi.* 2018;12(1):51-59.