

## Effect of nanoparticle addition on antimicrobial properties for acrylic removable orthodontic appliance

Pengaruh penambahan nanopartikel terhadap sifat antimikroba pada resin akrilik peranti ortodontik lepasan

<sup>1</sup>Nur Masita Silviana, <sup>2</sup>Dinda Aprilla Salsabila, <sup>2</sup>Annissa'a Ulfah Faujiyyah, <sup>2</sup>Hayu Cahyaning Azizah, <sup>2</sup>Shebili Rahman Emasyahputra, <sup>2</sup>Kintan Damar Jati

<sup>1</sup>Department of Orthodontics

<sup>2</sup>Clinical Student

Faculty of Dentistry, Universitas Brawijaya

Malang, Indonesia

Corresponding author: Nur Masita Silviana, e-mail: nurmasita.fk@ub.ac.id

### ABSTRACT

Removable orthodontic appliances have acrylic resin-based plate components that often result in plaque retention and bacterial build-up, leading to dental and periodontal problems. Several studies have tried adding nanoparticles to acrylic resins to overcome these problems. This review discusses the effect of nanoparticle addition on the antimicrobial properties of orthodontic removable acrylic resin. A literature review was conducted on 10 articles obtained from PubMed, ScienceDirect, and Google Scholar by determining inclusion, exclusion and keyword criteria. Literature search using boolean search based on inclusion criteria obtained data that the addition of various nanoparticle materials such as zinc oxide, titanium dioxide, magnesium oxide produces good antimicrobial properties, especially in the process of inhibiting microbial adhesion. It is concluded that the addition of nanoparticles to acrylic resin orthodontic appliances provides effective antimicrobial properties so that it can be applied clinically to prevent diseases in the oral cavity such as gingivitis and dental caries.

**Keywords:** removable orthodontics appliance, acrylic resin, nanoparticles, antimicrobial

### ABSTRAK

Peranti ortodontik lepasan memiliki komponen plat berbahan dasar resin akrilik yang sering mengakibatkan retensi plak dan penumpukan bakteri sehingga menimbulkan masalah gigi dan periodontal. Beberapa studi mencoba menambahkan nanopartikel pada resin akrilik untuk mengatasi masalah tersebut. Kajian ini membahas pengaruh dari penambahan nanopartikel terhadap sifat antimikroba pada resin akrilik peranti lepasan ortodonti. Dilakukan kajian pustaka dilakukan terhadap 10 artikel yang diperoleh dari PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar dengan menentukan kriteria inklusi, eksklusi dan kata kunci. Pencarian pustaka menggunakan boolean search berdasarkan kriteria inklusi mendapatkan data bahwa penambahan berbagai bahan nanopartikel seperti zinc oxide, titanium dioxide, magnesium oxide menghasilkan sifat antimikroba yang baik, terutama dalam proses menghambat adesi mikroba. Disimpulkan bahwa penambahan nanopartikel pada resin akrilik peranti ortodonti memberikan sifat antimikroba yang efektif sehingga dapat diterapkan secara klinis untuk mencegah terjadinya penyakit pada rongga mulut seperti gingivitis dan karies gigi.

**Kata kunci:** peranti ortodontik lepasan, resin akrilik, nanopartikel, antimikroba

Received: 10 December 2022

Accepted: 1 April 2023

Published: 1 August 2023

### PENDAHULUAN

Perawatan ortodontik merupakan perawatan untuk meningkatkan dan mempertahankan kesehatan gigi dan mulut yang baik, serta menciptakan senyum yang menarik sehingga dapat memberikan kontribusi untuk pengembangan kepercayaan diri.<sup>1</sup> Perawatan ortodontik dapat dibagi menjadi perawatan ortodontik menggunakan peranti cekat dan peranti lepasan. Walaupun beberapa studi menyebutkan bahwa pemakaian peranti cekat lebih menguntungkan terhadap kesehatan jaringan periodontal dibandingkan peranti lepasan,<sup>2</sup> namun keunggulan peranti lepasan yaitu biayanya lebih murah dan dapat digunakan pada masa tumbuh kembang, menjadikannya masih menjadi pilihan.<sup>3</sup> Peranti ortodonti lepasan dapat digunakan untuk menangani kasus maloklusi ringan. Peranti ortodonti lepasan juga dapat digunakan sebagai peranti fungsional pada perawatan interseptif.<sup>4</sup> Peranti ortodonti lepasan terdiri atas beberapa

komponen yaitu aktif, retentif, penjangkar dan lempeng akrilik.<sup>5</sup>

Plat akrilik merupakan basis peranti lepasan yang memiliki fungsi utama sebagai penahan komponen lainnya, menghalangi pergeseran gigi yang tidak diinginkan, meneruskan kekuatan dari komponen aktif ke penjangkaran, melindungi pegas palatal serta perluasan lempeng akriliknya dapat digunakan sebagai peninggian gigi anterior maupun posterior. Pada umumnya lempeng akrilik peranti ortodonti dibuat dari bahan akrilik *cold cured* yang memiliki keunggulan dari segi harga yang lebih ekonomis dan dalam proses pembuatannya membutuhkan waktu yang lebih singkat jika dibandingkan dengan akrilik *heat cured*. Dalam bidang kedokteran gigi, akrilik *cold cured* terdiri bubuk polimer dan cairan monomer. Bahan dasar bubuk polimer berupa *polymethyl methacrylate* (PMMA). Sedangkan komposisi cairan monomer berupa *methyl methacrylate* (MMA).<sup>5</sup>

Proses pemakaian peranti ortodonti dalam jangka waktu lama dapat memicu peningkatan akumulasi plak gigi dan akhirnya menimbulkan risiko karies yang lebih tinggi. Perkembangan karies berkaitan dengan aktivitas bakterikariogen akibat akumulasi plak gigi yang berkepanjangan pada permukaan gigi. Akumulasi organisme mikro pada resin akrilik saat pemakaian peranti ortodonti lepasan merupakan salah satu kekurangan dalam penggunaan bahan tersebut. *Oral hygiene* pasien yang buruk dapat menyebabkan akumulasi sisa makanan dan organisme mikro seperti *Streptococcus mutans* dan *Candida albicans* pada resin akrilik yang dapat menimbulkan berbagai penyakit di mulut nantinya.<sup>6,7</sup>

Beberapa cara dilakukan untuk mengurangi akumulasi organisme mikro pada plat akrilik. Pengembangan metode pembersihan dengan cara mekanik maupun kimia merupakan salah satu usaha untuk mengatasi masalah tersebut. Saat ini, berbagai bahan kimia seperti larutan desinfektan telah digunakan untuk menghilangkan organisme mikro oral dari resin akrilik meskipun beberapa penelitian menunjukkan bahwa desinfektan ini memberikan efek negatif pada sifat mekanik dan fisik resin akrilik. Selain itu metode mekanik yang digunakan yaitu penyikatan manual dengan sikat gigi, keefektifannya juga bergantung pada pasien itu sendiri.<sup>8</sup>

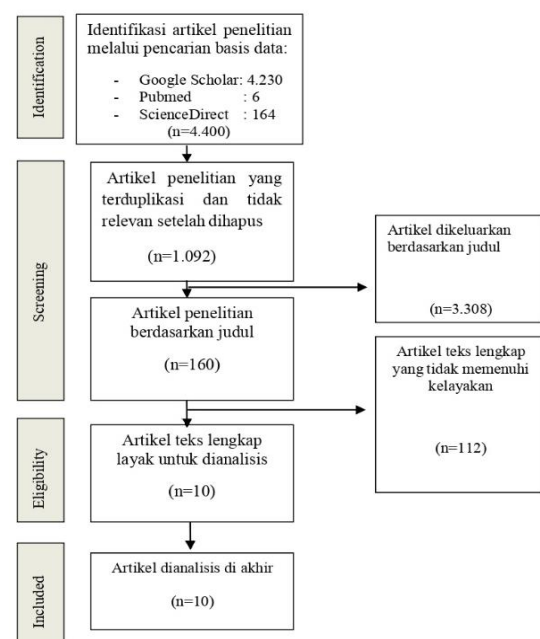
Nanoteknologi telah digunakan secara luas dalam kedokteran gigi modern. Dalam kedokteran gigi restoratif, nanopartikel aditif yang memiliki sifat remineralisasi digunakan dalam resin komposit, *adhesive dental*, dan berbagai produk perawatan mulut. Selain itu, dalam pengendalian biofilm bakteri, nanopartikel berperan sebagai antibakteri dan antimineralisasi seperti yang digunakan dalam pasta gigi, obat kumur, dan resin komposit. Perkembangan teknologi memberikan peluang yang lebih baik bagi pasien dalam perawatan ortodontik. Adanya sifat fisikokimia, mekanik, dan antibakteri baru dari bahan berukuran nano ini, pada perkembangannya mulai diujicoba untuk melapisi *orthodontic wires*, ligatur elastomer, braket, dan resin akrilik, menghasilkan *shape memory polymer* dan *orthodontic bonding material*.<sup>6,9-11</sup>

Beberapa studi telah menguji sifat antimikroba dari berbagai jenis nanopartikel yang ditambahkan pada resin akrilik. Jenis nanopartikel yang berbeda mungkin memberikan hasil yang berbeda pula sehingga tujuan dari kajian pustaka ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan suatu bahan nanopartikel terhadap sifat antimikroba pada resin akrilik.

## METODE

Pencarian pustaka untuk memperoleh informasi pada beberapa online database menggunakan metode *boolean search* dengan kata kunci "*nanoparticles*" AND "*antimicrobial*" AND "*acrylic resins*" AND "*remova-*

*ble appliance*" NOT "*fixed appliance*". Database yang digunakan adalah *PubMed*, *ScienceDirect*, dan *Google Scholar*. Kriteria inklusi dalam pencarian pustaka yaitu *original article* yang menggunakan bahasa Inggris, tahun publikasi 2012-2022, artikel ilmiah *full access, full text*, skala internasional, memiliki hasil terkait penambahan bahan nanopartikel terhadap sifat antimikroba dan terfokus pada kata kunci. Sedangkan kriteria eksklusi yaitu artikel ilmiah kajian pustaka, *systematic review*, memiliki variabel dan penjelasan yang tidak terkait. Beberapa artikel yang dikeluarkan dengan pertimbangan tertentu yaitu artikel yang tidak masuk dalam kriteria inklusi serta tidak membahas secara spesifik penambahan bahan nanopartikel yang mempengaruhi sifat antimikroba pada resin akrilik. Setelah dikaji, terdapat 10 artikel yang memenuhi kriteria (Gbr.1).



Gambar 1 Flowchart metode penelusuran artikel

## HASIL

Berbagai nanopartikel telah ditambahkan ke resin akrilik untuk memberikan fitur *self-sterilizing* dan mengurangi pembentukan biofilm di permukaan plat peranti ortodontik. Sifat antibakteri yang didapat dari penambahan nanopartikel berperan penting untuk menghindari serta mencegah munculnya masalah pada rongga mulut seperti karies ataupun akumulasi plak dan kalkulus yang dapat menyebabkan gingivitis maupun periodontitis. Nanopartikel yang ditambahkan sebagian besar berasal dari ion logam, sedangkan satu artikel menggunakan bahan alami organik Curcumin-Nisin-poly(l-lactic acid) nanopartikel (CurNisNp) sebagai bahan yang ditambahkan pada resin akrilik.

## Nanopartikel kaca bioaktif (*bioactive glass*)

Nanopartikel kaca bioaktif dianggap sebagai bahan

yang lebih efektif karena efek antibakteri jangka panjangnya dengan beberapa pertimbangan pada biokompatibilitasnya. Telah diusulkan bahan yang menjanjikan digunakan pada rongga mulut dan medis, karena memiliki sifat antiadesi dan efek penghambatan pada biofilm bakteri. Hasil penelitian Özer dan Özcan, menunjukkan bahwa penambahan nanopartikel kaca bioaktif pada resin akrilik peranti ortodontik meningkatkan efektivitas sifat antibakteri.<sup>12</sup>

#### **Nanopartikel silikon dioksida dan titanium dioksida**

Partikel nano silikon dioksida memiliki keuntungan salah satunya adalah aktivitas permukaan, yang dapat menyerap berbagai molekul dan ion dengan baik, dengan penggabungan terhadap resin akrilik dapat menghasilkan sifat fotokatalitik dan *self-sterilizing* pada akrilik peranti lepasan. Terlihat pada penurunan persentase bakteri (CFU/ml) yang disinari selama 90 menit dalam 3 kondisi yang berbeda. Aktivitas antibakteri pada PMMA yang mengandung nanopartikel dengan konsentrasi partikel nano titanium oksida 0,5% dan silikon dioksida 1% terhadap kultur bakteri *L. acidophilus* dan *S. mutans* terbukti dapat menghambat perkembangan bakteri jika disinari selama 15-90 menit.<sup>13</sup>

#### **Nanopartikel zinc oksida dan titanium dioksida**

Pemberian 2wt% dan 4wt% nanopartikel oksida (ZnO/4A, TiO<sub>2</sub>/4A, dan ZnO/TiO<sub>2</sub>/4A) dan titanium dioksida pada resin akrilik PMMA yang didukung dengan partikel 4A Zeolite peranti lepasan ortodontik terhadap perkembangan bakteri *S. mutans*, *Klebsiella pneumoniae*, dan *E. coli*, melalui sampel bakteri yang diukur menggunakan profilometer menunjukkan penurunan koloni bakteri hampir 100% pada jenis 3 strain bakteri tersebut.<sup>14</sup>

#### **Nanopartikel nano-graphene oxide**

*Nano-graphene oxide* (nGO) sebagai aditif baru pada PMMA dapat menginduksi efek adesif antimikroba melalui peningkatan hidrofilitas. Gabungan PMMA dengan nGO menunjukkan efek antiadesif berkelanjutan yang lebih baik terhadap spesies mikroba hingga 28 hari daripada yang ditunjukkan oleh PMMA murni melalui peningkatan hidrofilitas; semakin meningkatkan kandungan nGO maka semakin kuat efek antiadesifnya. Sehingga gabungan PMMA dengan nGO dapat digunakan secara efektif dalam peranti ortodontik lepasan.<sup>15</sup>

#### **Nanopartikel perak (nanosilver)**

Partikel perak telah diperkenalkan sebagai agen antimikroba yang digunakan dalam agen pembalut luka, prosthesis tulang, prosthesis jantung, dan resin komposit-gigi. Partikel *nanosilver* dalam bentuk Ag1, menghancurkan membran bakteri melalui kontak langsung. Be-

berapa penelitian telah dilakukan di bidang ini, dan sebagian besar telah melaporkan bahwa faktor-faktor seperti ukuran dan bentuk partikel, dan yang paling penting konsentrasi ion perak yang dilepaskan adalah faktor utama yang memengaruhi toksisitas perak. Sitotoksitas nanopartikel perak yang lebih kecil dari 20 nm meningkat secara signifikan untuk fibroblas periodontal manusia. Perak metalik tampaknya menimbulkan risiko kesehatan yang minimal, sedangkan senyawa perak yang larut lebih mudah diserap dan dapat menghasilkan efek buruk. *American Biotech Labs* telah melaporkan bahwa paparan oral larutan nanopartikel perak komersial 10 ppm selama 14 hari tidak menyebabkan perubahan yang berpengaruh secara klinis pada parameter metabolik dan hematologi dan pada urinalisis. Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat mengizinkan asupan perak 5 mg/kg/hari untuk manusia.<sup>16</sup>

#### **Nanopartikel zinc oksida (ZnONP)**

Ada banyak penelitian yang mengevaluasi efek antibakteri dari penambahan partikel nano ZnO ke bahan resin gigi. Dalam beberapa penelitian, ZnONP telah ditambahkan ke perekat komersial; pada beberapa riset lain telah ditambahkan ke komposit ortodontik komersial dan di beberapa lainnya telah diintegrasikan ke dalam perekat dentin atau formulasi komposit. Sifat antibakteri ZnO dihipotesiskan muncul dari ion Zn<sup>2+</sup> yang dilepaskan dari lysozyme atau dari ZnO ketika berinteraksi dengan air, yang dapat mengganggu aktivitas enzim biofilm bakteri melalui penggantian ion Mg<sup>2+</sup> yang merupakan bagian integral dari metabolismenya. Selain itu, ZnO dapat menghasilkan peroksida aktif yang dapat menembus membran bakteri dan sabotase pada molekul fosfolipid. Selanjutnya dapat menembus matriks seluler sel bakteri dan berinteraksi dengan kelompok-SH enzim vital, menghasilkan denaturasi protein dan kerusakan DNA.<sup>17</sup>

#### **Nanopartikel magnesium oxide**

Pada pengujian dengan Anova menunjukkan bahwa rerata kelompok kontrol memiliki jumlah *C. albicans* menempel pada akrilik murni (akrilik *cold-cured* tanpa aditif MgO NPs), sedangkan rerata tiga kelompok lain yang mengandung nanopartikel MgO sebesar 1,25%, 2,5% dan 5% menunjukkan penurunan jumlah *C. albicans* yang menempel pada spesimen akrilik dengan penurunan tertinggi pada kelompok dengan konsentrasi 5% diikuti oleh 2,5% kemudian 1,25%, yang menunjukkan bahwa dengan peningkatan konsentrasi, efek antikandida nanopartikel MgO juga meningkat.

Uji rentang analisis multipel Duncan menunjukkan bahwa semua kelompok yang dimodifikasi dengan NP MgO menunjukkan penurunan yang signifikan dalam jumlah koloni yang menempel pada resin akrilik *cold-*

*cured* dibandingkan dengan kelompok kontrol, juga ditemukan perbedaan yang signifikan antara semua kelompok; kelompok termodifikasi (1,25%, 2,5% dan 5%) dari partikel nano MgO.<sup>18</sup>

### Nanopartikel Carbon nanotubes

*Carbonnanotubes* (CNT) memiliki efek antimikroba bawaan berupa pencegahan adesi terhadap mikroba. Sifat antimikroba dari CNT akan tetap ada ketika bahan ini dimasukkan ke dalam biomaterial dengan menggabungkan CNT yang telah dikarboksilasi (-COOH) ke dalam PMMA untuk menginduksi efek yang mencegah adesi mikroba tanpa obat antimikroba; efek antiadesif ditingkatkan dengan meningkatnya penggabungan CNT. Permukaan PMMA yang kasar lebih rentan terhadap adesi mikroba daripada permukaan yang halus. Ketika CNT digabungkan pada PMMA dan permukaannya tergores atau menjadi kasar oleh penggunaan klinis, spesimen yang tergabung dengan CNT menunjukkan lebih banyak pengurangan adesi hingga 70% dari peningkatan jumlah CNT. Pada permukaan kasar, terjadi penurunan adesi *C. albicans* secara signifikan hingga ~60% untuk spesimen CNT 1%, selain itu juga terjadi penurunan masing-masing ~95% dan ~30% terhadap adesi oleh *S. aureus* dan *S. Mutans*.<sup>19</sup>

### Nanopartikel N\_TiO2

Efektivitas antibakteri penambahan N\_TiO<sub>2</sub> pada resin perekat gigi terhadap biofilm *S. mutans* yang tumbuh pada permukaan spesimen *dental adhesive* yang umum digunakan dan eksperimental di bawah radiasi cahaya gelap ditentukan menggunakan jumlah koloni yang layak dan disajikan dalam grafik yang cukup jelas dari nilai rerata dan standar deviasi (CFU/mL). Hasil yang disajikan menunjukkan bahwa terlepas dari kelompok eksperimen yang diuji atau periode waktu yang dipilih (baik 3 jam atau 24 jam), biofilm tumbuh di bawah kondisi iradiasi cahaya kontinyu (410±10 nm, iradiasi 3 jam = 38,75 J/cm<sup>2</sup>, iradiasi 24 jam = 310,07 J/cm<sup>2</sup>) menunjukkan tingkat viabilitas yang lebih rendah bila dibandingkan dengan biofilm yang berkaitan dengan kelompok kontrol atau kelompok eksperimen jika biofilm tanpa radiasi cahaya. Selain itu, hasil tingkat viabilitas biofilm yang ditumbuhkan dalam kondisi gelap menunjukkan bahwa resin perekat uji mungkin juga memiliki sifat antibakteri yang tidak bergantung pada penyinaran cahaya.<sup>20</sup>

### Nanopartikel curcumin-nisin-poly(l-lactic acid)

Resin akrilik termodifikasi yang mengandung 5% CurNisNps secara signifikan mengurangi populasi mikroba dan aktivitas metabolisme *S. mutans* dan *C. albicans* setelah penambahan 60 hari. Hingga 30 hari penambahan waktu, biofilm mikroba *S. mutans* dan *C. albi-*

*cans* tidak terbentuk pada cakram akrilik yang mengandung 5% CurNisNps. Gen virulensi terkait pembentukan biofilm profiling ekspresi *gtfB* dan *HWP* diturunkan regulasinya dalam sel *S. mutans* dan *C. albicans*, masing-masing mengikuti pengobatan dengan 5% CurNisNps. Hasil studi menunjukkan bahwa 5% (b/b) CurNisNps dapat berfungsi sebagai aditif resin akrilik ortodontik terhadap *S. mutans* dan *C. albicans* biofilm yang terbaik dengan potensi aplikasi klinis untuk pencegahan karies gigi, penyakit periodontal, dan kandidiasis dalam perawatan ortodontik lepasan tanpa efek samping pada sifat mekaniknya.<sup>21</sup>

### PEMBAHASAN

Perantilepasan ortodontik yang biasanya menggunakan PMMA umumnya digunakan untuk pergerakan gigi minor, modifikasi pertumbuhan, serta sebagai *retainer* setelah akhir perawatan ortodontik cekat.<sup>22</sup> Struktur peranti ini biasanya terbuat dari resin akrilik *cold cure* yang memiliki lebih banyak porositas dibandingkan bahan untuk membuat gigi tiruan lepasan berbahan *heat cure*. Permukaan berpori dari piranti lepasan ortodontik menciptakan celah bagi organisme mikro sehingga menyebabkan lebih mudah terjadi kolonisasi plak, dan meningkatkan bakteri kariogenik seperti *S. mutans* dan *lactobacilli*.<sup>23</sup>

Pembentukan bakteri dan biofilm jamur, khususnya *C. albicans*, yang melekat di sekeliling plat akrilik dikarenakan permukaannya yang tidak beraturan dan terbatasnya proses *selfsterilizing* mekanis yang dihasilkan oleh air liur. Hal ini menyebabkan beberapa komplikasi seperti karies gigi, penyakit periodontal, dan kandidiasis pada pasien yang rentan.<sup>24</sup> Meskipun pembersihan secara mekanis lebih mudah karena peranti mudah dilepas, namun tidak dapat mengeliminasi semua organisme mikro yang menembus basis akrilik 1-2 mm.<sup>16</sup>

Efek *antimicrobial adhesive* dari *dental biomaterials* -termasuk resin akrilik dan PMMA- biasanya dihasilkan oleh salah satu dari dua strategi, yaitu dengan permukaan hidrofilik atau *zwitterionik*, yang menghasilkan lapisan hidrasi pada permukaan, lapisan air yang terikat erat ini menciptakan *physical barrier* atau *energetic barrier* yang mencegah adesi mikroba.<sup>15</sup> Permukaan PMMA yang kasar menjadi lebih rentan terhadap adesi mikroba daripada permukaan yang halus. Peningkatan kekasaran permukaan dan penurunan afinitas air juga dianggap berkorelasi dengan peningkatan adesi mikroba pada biomaterial termasuk PMMA.<sup>19</sup>

Berbagai penelitian yang memanfaatkan nanopartikel sebagai bahan yang digunakan untuk meningkatkan sifat antimikroba pada resin akrilik peranti ortodonti menunjukkan terdapat penurunan jumlah bakteri patogen di dalam rongga mulut seperti *S. mutans*, *C. albicans* yang signifikan.<sup>18</sup> Menurut Ajami *et al.*, penggunaan na-

**Tabel 1** Analisis artikel pengaruh penambahan nanopartikel terhadap sifat antimikroba pada resin akrilik peranti ortodontik lepasan

No	Penulis (Tahun)	Judul	Hasil
1	Özer H, Özcan M (2022). <sup>12</sup>	Antibacterial effect of bioactive glass incorporated in acrylic resins against <i>S.mutans</i> and <i>L.acidophilus</i> activity in biofilm	Penambahan nanopartikel kaca bioaktif pada resin akrilik meningkatkan efek antibakteri terhadap bakteri kariogenik.
2	Sodagar A, Khalil S, Kassae MZ, et al (2016). <sup>13</sup>	Antimicrobial properties of PMMA acrylic resins incorporated with silicon dioxide and titanium dioxide nanoparticles on cariogenic bacteria	Penambahan nanopartikel silikon dioksida dan titanium dioksida pada PMMA dengan pemberian sinar UV sebagai proses fotokatalitik untuk <i>self-sterilization</i> , dan terbukti efektif mencegah perkembangan bakteri yang berkembang pada rongga mulut.
3	Esmailzadeh M, Divband B, Ranjkesh B, et al (2022). <sup>14</sup>	Antimicrobial and mechanical properties of orthodontic acrylic resin containing zinc oxide and titanium dioxide nanoparticles supported on 4A zeolite	Penambahan nanopartikel zinc oksida dan titanium dioksida dengan konsentrasi 2wt% dan 4wt% (ZnO/4A, TiO <sub>2</sub> /4A, ZnO/TiO <sub>2</sub> /4A) pada resin <i>cold-curing</i> PMMA menunjukkan pencegahan perkembangan pada <i>E.coli</i> , <i>K.pneumonia</i> , <i>S.mutans</i> .
4	Lee J, Jo J, Kim D, et al (2018). <sup>15</sup>	Nano-graphene oxide incorporated into PMMA resin to prevent microbial adhesion	NGO dalam PMMA dapat menginduksi efek adesif antimikroba melalui peningkatan hidrofilisitas dan menunjukkan efek antiadesif yang lebih baik terhadap spesies mikroba daripada yang ditunjukkan oleh PMMA murni melalui peningkatan hidrofilisitas; semakin meningkat kandungan nGO maka semakin kuat efek antiadesifnya
5	Farhadian N, Mashoof RU, Khanizadeh S, et al (2016). <sup>16</sup>	<i>S.mutans</i> counts in patients wearing removable retainers with silver nanoparticles vs those wearing conventional retainers: A randomized clinical trial	Menambahkan nanopartikel perak ke retainer pelat akrilik memiliki efek antimikroba yang kuat terhadap <i>S.mutans</i> dalam kondisi klinis.
6	Behnaz M, Fahiminejad N, Amdjadi P, et al (2022). <sup>17</sup>	Evaluation and comparison of antibacterial and physicochemical properties of synthesized zinc oxide-nano particle containing adhesive with commercial adhesive: An experimental study	Penerapan fraksi massa 1,3% partikel nano seng oksida dalam perekat yang disintesis dapat menambah karakteristik antibakteri yang signifikan dan mencegah pembentukan biofilm tanpa memengaruhi sifat struktur, mekanik, dan kimia perekat.
7	Nooralhuda TW, Ahmed AA (2022). <sup>18</sup>	The effect of adding magnesium oxide nanoparticles to the cold cured acrylic resin on <i>C.albicans</i> adhesion	Penggunaan nanopartikel magnesium oksida menunjukkan penurunan jumlah <i>C.albicans</i> yang menempel pada akrilik cold-cured secara signifikan dan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi nanopartikel magnesium oksida.
8	Kim K, Kim D, Patel K, et al (2019). <sup>19</sup>	Carbon nanotube incorporation in PMMA to prevent microbial adhesion	CNT memiliki efek antimikroba bawaan berupa pencegahan adesi terhadap mikroba. Sifat antimikroba dari CNT akan tetap ada ketika dimasukkan ke dalam biomaterial dengan menggabungkan CNT yang telah dikarboksilasi (-COOH) ke dalam PMMA untuk menginduksi efek yang mencegah adesi mikroba tanpa obat antimikroba
9	Florez FLE, Hiers RD, Larson P, et al (2018). <sup>20</sup>	Antibacterial dental adhesive resins containing nitrogen-doped titanium T dioxide nanoparticles	Resin akrilik yang mengandung nitrogen-doped titanium T dioxide 80% terbukti memiliki perilaku antibakteri yang kuat; kondisi radiasi gelap maupun terang, bila dibandingkan dengan perilaku antibakteri dari <i>dental adhesive</i> yang biasa. Hal ini menunjukkan nitrogen-doped titanium T dioxide adalah agen antibakteri yang layak melawan biofilm kariogenik oral. Optimalisasi NP nitrogen-doped titanium T dioxide untuk menghasilkan bahan yang mampu mencegah karies sekunder.
10	Pourhajibagher M, Noroozian M, Akhondi MSA, et al (2022). <sup>21</sup>	Antimicrobial effects and mechanical properties of PMMA as an orthodontic acrylic resin containing curcumin-nisin-poly(l-lactic acid) nanoparticle: an in vitro study.	CurNisNps sebagai bahan alami organik antimikroba ditambahkan pada resin akrilik ortodontik menunjukkan hasil yang sangat baik. Aktivitas terhadap <i>S.mutans</i> dan <i>C.albicans</i> dapat bertahan sampai 60 hari. Hasil uji crystal violet menunjukkan <i>S.mutans</i> dan <i>C.albicans</i> tidak tumbuh pada permukaan resin akrilik modifikasi yang mengandung CurNisNps hingga 30 hari dan kadar <i>S.mutans</i> dan <i>C.albicans</i> berkurang hingga 60 hari kemudian.

nanopartikel dapat memiliki efek antibakteri yang kuat terhadap *S.mutans* dan dapat menstabilkan resin akrilik serta meningkatkan ketahanan terhadap kekuatan lentur dan aktivitas bakteri itu sendiri.<sup>25</sup> Nanopartikel juga dapat melawan biofilm kariogenik oral dan perlu dilakukan optimalisasi penggunaannya untuk melawan bakteri pada oral.<sup>20</sup> Hal ini juga didukung oleh Özer dan Özcan, yang menyebutkan bahwa penambahan NP kaca bioaktif pada resin akrilik meningkatkan efek antibak-

teri kariogenik.<sup>12</sup> Penambahan NP jenis lainnya pada resin akrilik dijelaskan oleh Esmailzadeh *et al.*, yaitu pemberian NP zinc oksida dan titanium oksida pada resin yang didukung oleh 4A Zeolite, cukup efektif dalam menurunkan strain bakteri *S.mutans* yang merupakan mikrobiota flora oral penyebab karies gigi.<sup>14</sup>

Peranti ortodontik lepasan merupakan tempat yang cocok untuk pertumbuhan koloni bakteri sebab selama proses pemolesan, permukaan yang kurang baik atau lebih

kasar dan mikroporositas dapat menjadi retensi makanan pada plat akrilik sehingga menjadi tempat berkembangnya organisme mikro. Pemberian NP, seperti titanium dioksida dan zinc oksida lebih direkomendasikan karena bahan nano tersebut lebih aman digunakan pada rongga mulut dan tidak berisiko terjadi diskolorisasi gigi. Pemberian sinar UV terhadap NP juga dapat menghambat aktivitas bakteri, yang dijelaskan melalui studi oleh Sodagar *et al.*<sup>13</sup> Terjadi penurunan pertumbuhan *L. acidophilus* secara signifikan pada spesimen akrilik yang mengandung nano-titanium dioksida 1% dan nanosilikon dioksida yang disinari UV selama 90 menit (98,6±0,4%), dan *S. mutans* (97,9±0,3%).<sup>13</sup> Studi oleh Fujishima *et al.*, menunjukkan bahwa intensitas paparan UVA berkaitan dengan aktivitas fotokatalitik nanopartikel, yaitu intensitas paparan sinar yang tinggi akan membentuk formasi reaktivasi oksigen spesies. Aktivitas fotokatalitik terlihat pada pemberian na-

notitanium dioksida, sehingga penghambatan pertumbuhan bakteri lebih prominen jika disinari UVA. Untuk itu, disarankan pasien untuk menaruh peranti lepasan ortodonti yang mengandung NP titanium dioksida dan silikon dioksida di bawah sinar matahari selama 1 jam atau di bawah lampu UVA dengan intensitas 1 mW/cm<sup>2</sup>, untuk menghambat pertumbuhan bakteri pada peranti lepasan ortodonti, sehingga dapat mencegah terjadinya penyakit rongga mulut seperti gingivitis dan karies.<sup>26</sup>

Disimpulkan bahwa penambahan NP pada resin akrilik peranti ortodontik lepasan mampu memberikan efek antimikroba yang baik, terutama dalam proses adesi mikroba. Sangat penting untuk mengembangkan strategi guna mencegah meningkatnya jumlah mikroba patogen di dalam rongga mulut secara efektif selama menggunakan peranti ortodonti lepasan. Bahan campuran ini dapat diterapkan secara klinis untuk biomaterial gigi tiruan lepasan ataupun peranti ortodontik lepasan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Arifin R, Sunnati, Siregar RK. Dampak maloklusi gigi anterior protrusif terhadap status psikososial remaja usia 15-17 tahun menggunakan Indeks Pidaq (studi pada 4 SMAN Banda Aceh). *Cakradonya Dent J* 2016;8(2): 132-8.
2. Habar ID, Anisa WN. Efek penggunaan peranti ortodonti cekat terhadap kesehatan jaringan periodontal: Kajian pustaka. *Makassar Dent J* 2022;11(3): 344-7.
3. Prathap M, Nikhilmitha TA, Padmavati R. Removable orthodontic appliance – review article. *EJMCM* 2020;7(2): 6423-31.
4. Nahusona DR, Patabang ECT. Kebutuhan perawatan maloklusi dan pola perawatannya pada anak usia dini: Kajian literatur. *Makassar Dent J* 2022;11(3): 264-269.
5. Goenharto S, Rusdiana E. Jumlah dan lama paparan debu akrilik pada pembuatan peranti ortodonti lepasan. *J Tech Dent* 2016;5(2):21-9.
6. Zakrzewski W, Dobrzynski M, Dobrzynski W. Nanomaterials application in orthodontics. *Nanomater* 2021;11:337.
7. Yun Z, Qin D, Wei F. Application of antibacterial nanoparticles in orthodontic materials. *Nano Rev* 2022;11(1):2433-50.
8. Shahabi M, Fazel SM, Rangrazi A. Incorporation of chitosan nanoparticles into a cold-cure orthodontic acrylic resin: effects on mechanical properties. *Biomimetics* 2021;6(1):7.
9. Salehi P, Babanouri N, Roein-Peikar M. Long-term antimicrobial assessment of orthodontic brackets coated with nitrogen-doped titanium dioxide against *Streptococcus mutans*. *Prog Orthod* 2018;19(1):35.
10. Sapata DM, Ramos AL, Sábio S. Evaluation of biofilm accumulation on and deactivation force of orthodontic Ni-Ti archwires before and after exposure to an oral medium: A prospective clinical study. *JODDD* 2020;14(1):41-7.
11. Zhang M, Liu X, Xie Y. Biological safe gold nanoparticle-modified dental aligner prevents the *Porphyromonas gingivalis* biofilm formation. *ACS Omega* 2020;5(30): 18685-92.
12. Özer H, Özcan M. Antibacterial effect of bioactive glass incorporated in acrylic resins against *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus acidophilus* activity in biofilm. *Braz Dent Sci* 2022;25(4):1-7.
13. Sodagar A, Khalil S, Kassaei MZ. Antimicrobial properties of poly(methyl methacrylate) acrylic resins incorporated with silicon dioxide and titanium dioxide nanoparticles on cariogenic bacteria. *J Orthod Sci* 2016;5(1):7-13.
14. Esmaeilzadeh M, Divband B, Ranjesh B. Antimicrobial and mechanical properties of orthodontic acrylic resin containing zinc oxide and titanium dioxide nanoparticles supported on 4A zeolite. *Int J Dent* 2022(2):1-11.
15. Lee J, Jo J, Kim D. Nano-graphene oxide incorporated into PMMA resin to prevent microbial adhesion. *Dent Mater* 2018; 34(4):e63-72.
16. Farhadian N, Mashoof RU, Khanizadeh S. *Streptococcus mutans* counts in patients wearing removable retainers with silver nanoparticles vs those wearing conventional retainers: A Randomized Clinical Trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;149(2):155-60.
17. Behnaz M, Fahiminejad N, Amdjadi P. Evaluation and comparison of antibacterial and physicochemical properties of synthesized zinc oxide-nano particle containing adhesive with commercial adhesive: An experimental study. *Int Orthod* 2022;20(1):100613.
18. Nooralhuda TW, Ahmed AA. The effect of adding magnesium oxide nanoparticles to the cold cured acrylic resin on *Candida albicans* adhesion. *Rdent mosuljournal* 2022;22(1): 89-100.
19. Kim K, Kim D, Patel K. Carbon nanotube incorporation in PMMA to prevent microbial adhesion. *Scientific Reports* 2019; 9(1).
20. Florez FLE, Hiers RD, Larson P. Antibacterial dental adhesive resins containing nitrogen-doped titanium dioxide nanoparticles. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* 2018;93:931-43.
21. Pourhajibagher M, Noroozian M, Akhondi MSA. Antimicrobial effects and mechanical properties of poly(methyl methacrylate) as an orthodontic acrylic resin containing Curcumin-Nisin-poly(l-lactic acid) nanoparticle: an in vitro study. *BMC Oral Health* 2022;22:158.
22. Dogramaci EJ, Littlewood SJ. Removable orthodontic retainers: practical considerations. *Br Dent J* 2021;230(11):723-30.
23. Lessa FC, Enoki C, Ito IY, Faria G, Matsumoto MA, Nelson-Filho P. In-vivo evaluation of the bacterial contamination and disinfection of acrylic baseplates of removable orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131(6):705-11.
24. Hibino K, Wong RW, Haegg U, Samaranyake LP. The effects of orthodontic appliances on *Candida* in the human mouth. *Int J Paediatr Dent* 2009;19(5):301-8.
25. Ajami S, Habibagahi R, Khashei R. Evaluation of flexural strength and antibacterial effect of orthodontic acrylic resins containing gallic acid extract. *Dent Press J Orthodont* 2020; 25(6):43-8.
26. Fujishima A, Rao TN, Tryk DA. Titanium Dioxide Photocatalysis. *J Photoch Photobio C* 2000;1(1):1-21.