

**EFEKTIVITAS NANOPARTIKEL TERHADAP KESEHATAN DAN
PERAWATAN PADA BIDANG KEDOKTERAN GIGI**

LITERATURE RIVIEW

SKRIPSI



*Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
untuk mencapai gelar Sarjana Kedokteran Gigi*

**DISUSUN OLEH :
MUH. YUSUF AQYLA
J011191076**

**DEPARTEMEN ORAL BIOLOGI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2022

**EFEKTIVITAS NANOPARTIKEL TERHADAP KESEHATAN DAN
PERAWATAN PADA BIDANG KEDOKTERAN GIGI**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
untuk mencapai gelar Sarjana Kedokteran Gigi*

**MUH. YUSUF AQYLA
J011191076**

**DEPARTEMEN ORAL BIOLOGI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Efektivitas Nanopartikel Terhadap Kesehatan Dan
Perawatan Pada Bidang Kedokteran Gigi

Oleh : MUH. YUSUF AQYLA/ J011 19 1076

Telah Diperiksa dan Disahkan
Pada Tanggal: 12 September 2022

Oleh:

Pembimbing



Prof. Dr. Irene Edith Rieuwpassa, drg., M.Si

NIP. 19711012 199903 2 001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi



Prof. Dr. Edy Machmud, drg., Sp.Prof (K)

NIP. 196311041994011001

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tercantum di bawah ini :

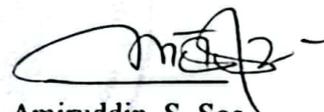
Nama : Muh. Yusuf Aqyla

NIM : J011 191 076

Judul : Efektivitas Nanopartikel Terhadap Kesehatan
Dan Perawatan Pada Bidang Kedokteran Gigi

Menyatakan bahwa judul skripsi yang diajukan adalah judul yang baru
dan tidak terdapat di Perpustakaan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas
Hasanuddin

Makassar, 23 September 2022
Koordinator Perpustakaan
FKG Unhas



Amiruddin, S. Sos
NIP. 19661121 199201 1 003

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Muh. Yusuf Aqyla

NIM : J011 19 1076

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “EFEKTIVITAS NANOPARTIKEL TERHADAP KESEHATAN DAN PERAWATAN PADA BIDANG KEDOKTERAN GIGI” adalah benar merupakan karya sendiri dan tidak melakukan tindakan plagiat dalam penyusunannya. Adapun kutipan yang adadalam penyusunan karya ini telah saya cantumkan sumber kutipannya dalam skripsi. Saya bersedia melakukan proses yang semestinya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku jika ternyata skripsi ini sebagian atau keseluruhan merupakan plagiat dari orang lain.

Demikian pernyataan ini dibuat untuk dipergunakan seperlunya

Makassar, 23 September 2022


METERAI
TEMPEL
08AKX060461564 JH. YUSUF AOYLA
J011 19 1076

KATA PENGATAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan dan penyusunan skripsi dengan judul **“EFEKTIVITAS NANOPARTIKEL TERHADAP KESEHATAN DAN PERAWATAN PADA BIDANG KEDOKTERAN GIGI”**. Salawat dan salam juga penulis haturkan kepada junjungan nabi besar Rasulullah Muhammad SAW sebagai teladan yang membawa manusia dari jalan yang gelap menuju jalan serba pengetahuan. Penulisan skripsi ini bertujuan sebagai salah satu syarat penyelesaian studi dalam mencapai gelar sarjana kedokteran gigi pada Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin. Selain itu, skripsi ini diharapkan dapat memberikan manfaat tidak hanya untuk penulis tetapi bagi pembaca dan peneliti lainnya.

Berbagai hambatan penulis alami selama penyusunan skripsi ini, tetapi berkat doa, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat terselesaikan dengan tepat waktu. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis pertama-tama ingin mengucapkan terima kasih serta penghormatan dan penghargaan kepada kedua orang tua penulis yakni, Ayahanda **Dr. Muhammad Nurjaya, S.Sos., M.Si.** dan Ibunda **Herlina Irad, S.Kom.** serta Saudara **Syifa Rezky Khaila** Karena doa dan restunya sehingga rahmat Allah tercurah, serta kasih sayang dan kesabarannya dalam memberikan dukungan baik material maupun moril sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Tak lupa pula penulis dengan segala kerendahan hati ingin menyampaikan ucapan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. **Allah Subhanahu Wa ta'ala** karena dengan izinnya dan keberkahan-Nya penulis diberikan kemudahan dalam penyusunan skripsi ini.
2. **Prof. Dr. Edy Machmud, drg., Sp.Pros (K)**, selaku dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin
3. **Prof. Muhammad Ruslin, drg. M.Kes. P.hd. Sp.Bm (K)**, selaku wakil rektor bidang akademik dan kemahasiswaan sekaligus mantan dekan fakultas kedokteran gigi yang memberikan motivasi kepada penulis.
4. **Prof. Dr. Irene Edith Rieuwpassa, drg., M.Si**, selaku pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, saran, dan motivasi kepada penulis selama penyusunan skripsi
5. **Prof. Dr. Asmawati, drg., M.Kes dan Rafikah Hasyim, drg, M.Biomed**, selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan berupa kritik dan saran yang membangun sehingga penyusunan skripsi literature review ini dapat selesai dengan tepat waktu.
6. **Dr. A.St. Asmidar Anas, drg., M.Kes**, selaku dosen penasihat akademik atas bimbingan, nasihat, dukungan dan motivasi yang tak henti-hentinya diberikan kepada penulis selama perkuliahan.
7. Teman teman **Alveolar 2019**, senior **Cingulum 2018**, **Obturasi 2017**, yang memberikan dukungan, semangat, menghibur, dan perhatiannya sehingga penulis dapat menempuh pendidikan maupun terselesaikannya

skripsi ini.

8. Teman-teman seperjuangan seperjuangan literature review di **Departemen Oral Biologi** yang telah berbagi banyak pendapat dan mendukung dalam penyusunan skripsi ini.
9. Saudara seperjuangan yang selalu membersamai nasib baik dan buruk, suka dan duka yang bertempat di Basecamp : **Muh. Ahsani Taqwim, A. Muh. Syawal, Haryadi Putra B, Andi Muh. Rafi Nur Imam, Aditya Reynaldi, Bagas Abrarian, Muh. Refal Akbar, Muh. Reza Syabani, Arif Aryadifa, M. Fadhlan Faisal T. Syarkawi** yang senantiasa mengingatkan, menemani, menghibur, dan memberikan pendapat baik dalam penyusunan skripsi ini maupun masa perkuliahan dengan baik.
10. Sahabat yang tergabung dalam Komisi Disiplin yang senantiasa memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis
11. Teman-teman dalam kepengurusan **Badan Eksekutif Mahasiswa, Himpunan Mahasiswa Islam, Majelis Permusyawaratan Mahasiswa**, yang tentu saja penulis tidak bisa sebutkan satu persatu, terima kasih atas segala dukungan dan semangat kepada penulis selama masa perkuliahan.
12. Segenap dosen, staf akademik, staf TU, dan staf perpustakaan FKG Unhas yang telah banyak membantu penulis.
13. Pihak-pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena kesempurnaan hanya milik Allah semata. Oleh karena itu, penulis memohon maaf bila ada kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Kritik dan saran kami hargai demi penyempurnaan penulisan serupa dimasa yang akan datang. Besar harapan penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat bernilai positif bagi semua pihak yang membutuhkan.

Makassar, 23 September 2022

Penulis

ABSTRAK

EFEKTIVITAS NANOPARTIKEL TERHADAP KESEHATAN DAN PERAWATAN PADA BIDANG KEDOKTERAN GIGI

Muh. Yusuf Aqyla¹

¹Mahasiswa S1 Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Hasanuddin, Indonesia

yusufaqilah02@gmail.com¹

Latar Belakang : Nanopartikel didefinisikan sebagai partikulat dispersi atau partikel padat dengan ukuran kisaran 10 - 1000 nm. Nanopartikel dapat menunjukkan sifat fisik dan kimia yang berbeda secara signifikan dengan material yang lebih besar. Nanopartikel dapat berperan sebagai Agen pencegah dan menyembuhkan beberapa penyakit mulut serta memelihara kesehatan mulut secara maksimal. **Tujuan :** Untuk Mengetahui efektivitas nanopartikel sebagai bahan dalam bidang kedokteran gigi. **Metode :** Metode penelitian ini merupakan observasional deskriptif melalui penelusuran pustaka secara sistematis dan terstruktur berdasarkan kaidah yang berlaku (*Literature review*). Penelitian ini diambil dari penelusuran jurnal-jurnal akademik SCOPUS seperti PubMed, Science Direct, *Google Scholar*. **Kesimpulan :** Sifat yang sangat unik dan berbagai keunggulan nanopartikel diantaranya sebagai bahan restorative, preventif, dental implant, periodeontal, endodontik hingga rekayasa jaringan terbukti efektif.

Kata Kunci : nanoparticles, nanoparticles in dentistry, nanoparticles as antimicrobial in dentistry, oral microbiota.

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF NANOPARTICLES ON HEALTH AND TREATMENT IN DENTAL FIELD

Muh. Yusuf Aqyla¹

¹Student of Faculty of Dentistry, Hasanuddin University , Indonesia

yusufaqlah02@gmail.com¹

Background : Nanoparticles are defined as particulate dispersions or solid particles with a size range of 10 - 1000 nm. Nanoparticles can exhibit significantly different physical and chemical properties with larger materials. Nanoparticles can act as agents for preventing and curing several oral diseases as well as maintaining optimal oral health. **Objective:** To determine the effectiveness of nanoparticles as an ingredient in dentistry. **Methods:** This research method is descriptive observational through a systematic and structured library search based on applicable rules (Literature review). This research was taken from a search of SCOPUS academic journals such as PubMed, Science Direct, Google Scholar. **Conclusion:** The very unique properties and various advantages of nanoparticles such as restorative, preventive, dental implants, periodontal, endodontic to tissue engineering have proven to be effective.

Keyword : nanoparticles, nanoparticles in dentistry, nanoparticles as antimicrobial in dentistry, oral microbiota.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penulisan	3
1.4 Manfaat Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Mikroorganisme Rongga Mulut	5
2.2 Nanopartikel	7
2.3 Jenis Nanopartikel	7
2.4 Nanopartikel Sebagai Agen Antimikroba	9

2.5 Nanopartikel Sebagai Bahan Restorasi.....	12
2.5.1 Resin Based Nanomposites	12
2.5.2 Dental inomer nanogalss system.....	14
2.6 Nanopartikel Sebagai Bahan Preventif.....	15
2.6.1 Preventive nanocomposites pelapis permukaan.....	15
2.6.2 Kasein fosfopeptida dan nanokompleks kalsium fosfat amorf.....	16
2.6.3 Pasta gigi nanohidroksil apatit.....	16
2.7 Nanopartikel Sebagai Bahan Dental Implants.....	17
2.7.1 Bahan nanozirkonia dan alumina.....	17
2.7.2 Titanium dan silika nanokomposit.....	17
2.7.3 Nanopartikel Kalsium Fosfor.....	17
2.7.4 Nanokristal Hidroksiapatit.....	18
2.7.5 Lapisan Nanodiamond.....	18
2.8 Nanopartikel Perawatan Endodontic.....	18
2.8.1 Sealer Endodontik Basis Nanopartikel.....	19
2.8.2 Nanohidroksiapatit gutta percha.....	19
2.9 Nanopartikel Perawatan Periodontitis.....	20
2.10 Rekayasa Jaringan.....	21
BAB III METODE PENULISAN.....	22
3.1 Jenis dan Pendekatan Penulisan.....	22
3.2 Sumber Data.....	22
3.3 Kreteria Penulisan.....	23

3.4 Waktu Penelusuran.....	23
3.5 Alat Penelusuran.....	24
3.6 Kerangka Teori.....	25
3.7 Kerangka Konsep.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Hasil.....	27
4.2 Pembahasan.....	28
BAB V PENUTUP.....	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penggunaan Nanopartikel pada Kedokteran Gigi	9
Tabel 2. Sintesa Jurnal	25
Tabel.3 Jumlah koloni bakteri rata rata setelah aplikasi nanopartikel	33
Table 4. Perbandingan kekuatan ikat geser (MPa) braket ortodontik yang direkatkan dengan konsentrasi NACP yang berbeda dalam komposit	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mikroorganisme Rongga Mulut	6
Gambar 2. Mekanisme nanopartikel perak (AgNPs) sebagai antibakteri	10
Gambar 2. Nanopartikel dalam Bahan Restoasi	12
Gambar 3. Nanopartikel pada Jaringan Periodontal	20
Gambar 4. Diagram Nilai rata-rata GIC untuk semua kelompok nanopartikel pada Streptokokus mutan & Streptokokus sobrinus	34
Gambar 5. Diagram Khasiat antibakteri larutan kalsium alginat yang mengandung IL-Met-Ag	35

BAB 1

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Mulut merupakan salah satu akses tubuh ke dunia luar dan sebagai salah satu yang paling penting dalam tubuh. Mulut juga merupakan tahap pertama proses pencernaan berlangsung sehingga, mulut kaya akan fungsi sensorik (rasa, bau, suhu dan tekstur).¹ Di rongga mulut, berbagai mikroorganisme dapat ditemukan seperti bakteri, archaea, jamur, protozoa, dan mungkin flora virus yang dapat bertahan dari waktu ke waktu.² sehingga Kesehatan mulut sangat erat kaitannya dengan kesehatan umum, penyakit gigi dan mulut di Indonesia yang bersumber dari mikroorganisme menyebabkan timbulnya penyakit umum.³

Mikroorganisme sendiri didefinisikan makhluk berukuran kecil dengan ukuran beberapa mikron.⁴ Berdasarkan penelitian sebelumnya bahwa mikroorganisme yang menghuni mulut memiliki fungsi penting dalam perkembangan normal fisiologi rongga mulut, dan berperan penting dalam menjaga kesehatan rongga mulut, namun ketika mikroorganisme tidak terkontrol, bakteri akan lebih mudah menginvasi yang dimana dicirikan sebagai mikroorganisme patogen.¹ Mikroorganisme patogen adalah bakteri yang berkontribusi terhadap perkembangan penyakit dan menyebabkan berbagai penyakit pada gigi dan mulut. Mikroorganisme patogen muncul dikarenakan adanya kolonisasi bakteri.^{1,5} Kolonisasi bakteri pada rongga mulut yang paling sering adalah kokus Gram-positif, yaitu *Streptococcus* yang membentuk plak.⁶ *Streptococcus mutans* dan *Lactobacillus* merupakan 2 dari 500 bakteri yang terdapat pada plak gigi. Plak adalah suatu massa padat yang merupakan kumpulan bakteri yang tidak terkalsifikasi, melekat erat pada permukaan gigi, tahan terhadap pelepasan dengan berkumur atau gerakan fisiologis jaringan lunak. Plak gigi merupakan faktor terbesar utama penyebab terjadinya penyakit mulut seperti karies gigi, gangguan jaringan periodontal, kegagalan perawatan endodonti dan penyakit mulut lainnya.⁷

Rongga mulut terus menerus menghadapi sejumlah besar mikroorganisme.⁸ Hal ini mengakibatkan penyakit pada gigi menjadi urutan tertinggi yang diderita oleh masyarakat Indonesia yaitu sebesar 45,68% dan termasuk dalam 10 besar penyakit yang paling sering dialami oleh masyarakat Indonesia.³ Tingginya angka penyakit gigi dan mulut saat ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang salah satunya adalah faktor perilaku masyarakat yang belum menyadari pentingnya pemeliharaan kesehatan gigi dan mulut. Hal ini terlihat dari 22,8% penduduk Indonesia tidak menyikat gigi dan dari 77,2% yang menyikat gigi hanya 8,1% yang menyikat gigi tepat waktu, hal tersebut menyebabkan buruknya oral hygiene dan mudahnya mikroorganisme menginvasi gigi dan keadaan rongga mulut.³

Berbagai nanopartikel telah digunakan dalam kedokteran gigi untuk mengobati penyakit yang dapat timbul pada mulut dan gigi, Pada bidang kedokteran gigi, nanopartikel memiliki fungsi yang sangat banyak seperti sebagai bahan restorasi, sebagai bahan preventif, dental implants, sebagai perawatan endodontic, perawatan periodontal serta rekayasa jaringan. Kandungan pada bahan perawatan gigi serta alat-alat yang digunakan melibatkan nanopartikel sehingga nanopartikel sangat berperan pada di bidang kedokteran gigi.⁹

Nanopartikel didefinisikan sebagai partikulat dispersi atau partikel padat dengan ukuran kisaran 10 - 1000 nm. Tidak dapat dilihat langsung oleh mata manusia, nanopartikel dapat menunjukkan sifat fisik dan kimia yang berbeda secara signifikan dengan material yang lebih besar. Kebanyakan nanopartikel terdiri dari beberapa ratus atom.¹⁰ Nanopartikel dapat berperan sebagai pencegah dan menyembuhkan beberapa penyakit mulut serta memelihara kesehatan mulut secara maksimal. Nanopartikel banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari termasuk penggunaannya dalam pengobatan.¹¹

Nanoteknologi adalah metode yang digunakan dalam memanipulasi nanopartikel sebagai bahan dalam perawatan di bidang kedokteran gigi, bertujuan untuk memudahkan dan menganalisis serta memanipulasi atom, ikatan kimia, dan molekul yang ada di antara berbagai senyawa. Beberapa nanopartikel digunakan

untuk obat pencegahan penyakit mulut. Nanopartikel lebih lanjut mencegah dan menyembuhkan beberapa penyakit mulut serta memelihara kesehatan mulut secara maksimal.¹¹

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat diperoleh rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana peran mikroorganisme sebagai penghuni rongga mulut?
2. Bagaimana peran nanopartikel sebagai agen antimikroba di rongga mulut?
3. Bagaimana efektivitas nanopartikel pada bidang kedokteran gigi?

Tujuan Penulisan

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan penulisan tersebut, maka systematic review ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui flora normal dan macam macam mikroorganisme pada rongga mulut yang dapat menyebabkan penyakit pada gigi
2. Mengetahui pengertian nanopartikel serta jenis jenis yang digunakan pada bidang kedokteran gigi sebagai agen antimikroba
3. Mengetahui peran nanopartikel pada permasalahan gigi dan mulut, seperti: sebagai bahan restorasi, sebagai bahan preventif, dental implants, sebagai perawatan endodontic, perawatan periodontal serta rekayasa jaringan.

Manfaat Penulisan

1. Manfaat terhadap masyarakat

Menambah wawasan masyarakat tentang definisi dan kegunaan nanopartikel dan juga menambah pengetahuan mengenai bakteri mikroorganisme pada rongga mulut.

2. Manfaat terhadap institusi

Mengembangkan penelitian-penelitian lebih lanjut yang berkaitan dengan topik dan permasalahan pada tulisan ini.

3. Manfaat terhadap profesi dokter gigi

Sebagai bahan pertimbangan untuk diteliti lebih lanjut, demi efektivitas nanopartikel dan penggunaan secara umum di bidang kedokteran gigi

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

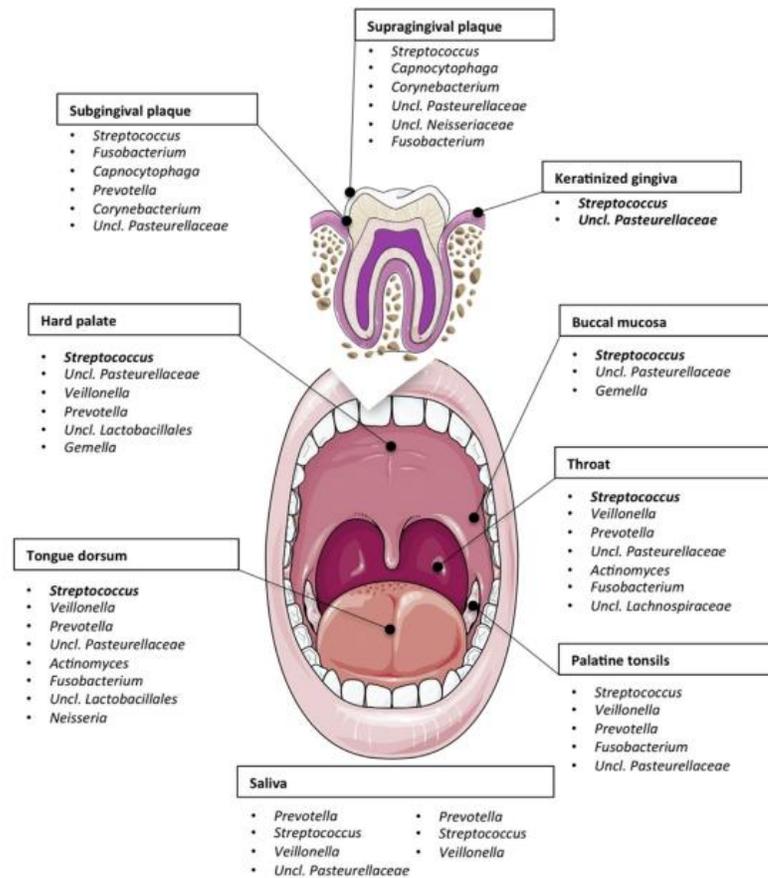
2.1 Mikroorganisme Rongga Mulut

Mikroorganisme adalah makhluk berukuran kecil dengan ukuran beberapa mikron, sehingga sulit dilihat dengan mata secara langsung. Mikroorganisme dapat ditemukan di setiap ekosistem terkhusus pada mulut maupun organ tubuh lainnya.¹²

Mikrobioma oral adalah mikroorganisme yang terdapat pada rongga mulut, mikrobioma oral memiliki peran penting dalam mulut seperti perannya dalam menjaga keseimbangan ekologi rongga mulut.¹² Rongga mulut merupakan ekosistem yang unik. Secara umum serupa pada setiap manusia, meskipun setiap individu memiliki karakteristik yang unik untuk dirinya sendiri.^{2,4} Sifat mulut sebagai habitat mikroorganisme adalah dinamis dan akan berubah sepanjang waktu. Sifat-sifat mulut membuat mikroorganisme dapat menjalankan perannya dalam menjaga keseimbangan ekologi mulut ataupun dapat membuat mikroorganisme berkolonisasi.^{1,12} Di rongga mulut, berbagai mikroorganisme dapat ditemukan, biasanya hidup berdampingan, seperti bakteri, archaea, jamur, mikoplasma, protozoa, dan mungkin flora virus yang dapat bertahan dari waktu ke waktu.²

Seperti disebutkan sebelumnya proses kolonisasi bakteri rongga mulut dimulai pada masa enam minggu sejak bayi lahir sampai organ-organ reproduksi kembali ke keadaan normal. Pada tahap ini, kolonisasi rongga mulut yang paling sering adalah kokus Gram-positif, yaitu *Streptococcus* yang membentuk plak.⁶ Kolonisasi mikroorganisme dapat mengakibatkan produksi senyawa beracun atau infeksi langsung, hal tersebut dicirikan sebagai mikroorganisme patogen. Mikroorganisme patogen didefinisikan sebagai mikroorganisme yang mampu menyebabkan penyakit.¹ Mikroorganisme patogen adalah bakteri yang berkontribusi terhadap perkembangan penyakit mulut seperti karies gigi, periodontitis, pulpitis, penyakit mukosa, atau halitosis melalui faktor virulensi dan metabolitnya..⁵

Menurut sebagian besar penelitian, *Streptococcus mutans* adalah penyebab utama dari segala penyakit gigi yang menyebabkan karies gigi. Sehingga karies yang berkelanjutan dapat menjadi tempat untuk bakteri berkoloni meningkatkan pertumbuhan spesies *Actinomyces* dan bakteri kapnofilik lainnya seperti *Aggregatibacter Actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella Intermedia*, dan *Spirochetes* menyebabkan komplikasi penyakit seperti gingivitis, periodontitis hingga dapat menyebabkan nekrosis pulpa.^{5,6}



Gambar 1. Mikroorganisme Rongga Mulut¹³

(Sumber : Caldas IM, Pereira ML. *The Oral Microbiome in Health and Its Implication in Oral and Systemic Diseases*. Vol 97. Elsevier Ltd; 2016.)

2.2 Nanopartikel

Nanopartikel didefinisikan sebagai partikulat dispersi atau partikel padat dengan ukuran kisaran 10 - 1000 nm. Tidak terdeteksi oleh mata manusia, nanopartikel dapat menunjukkan sifat fisik dan kimia yang berbeda secara signifikan dengan material yang lebih besar. Kebanyakan nanopartikel terdiri dari beberapa ratus atom.^{5,14} Kandungan nanopartikel pada bahan material dapat disebut dengan nanopartikel, nanopartikel yang di gunakan dalam kedokteran gigi dapat berperan sebagai pencegah dan menyembuhkan beberapa penyakit mulut serta memelihara kesehatan mulut secara maksimal. Nanopartikel banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari termasuk penggunaannya dalam pengobatan.^{15,16} Nanopartikel menunjukkan sifat yang alami, insidental, atau bahan material yang mengandung partikel dalam keadaan tidak terikat di mana 50% lebih kandungan material berasal dari partikel dalam jumlah ukuran, kisaran 1–100 nm. Nanopartikel memiliki warna dan sifat fisikokimia yang unik, seperti ukuran sangat kecil, luas permukaan/massa rasio besar, dan peningkatan reaktivitas kimia yang baik dibandingkan material tanpa nanopartikel, pada skala nano kandungan bahan material terdiri oleh atom sehingga dapat memudahkan reaktivitas serta meningkatkan sifat. Keuntungan ini dapat dimanfaatkan dalam membuat material yang sangat spesifik untuk berinteraksi dengan tingkat sub selular dan molekuler tubuh manusia untuk mencapai hasil maksimal pengobatan dengan efek samping minim. Diharapkan dengan kandungan ini dapat membantu mengembangkan teknologi untuk mencegah dan merawat permasalahan gigi pada tingkat nanometer. Rasio luas permukaan / volume besar berpengaruh pada reaktivitas dan sifat fisik. Interlocking mekanik yang baik karena luas permukaan yang tinggi, serta Resistensi yang baik.⁵

2.3 Jenis Nanopartikel

Nanopartikel yang digunakan sebagai bahan kedokteran gigi memiliki sifat fisikokimia dan biologi yang unik sehingga dapat digunakan untuk mengatasi komplikasi yang terkait dengan perawatan gigi yang lebih kompleks.⁷ Kedokteran gigi nano adalah seni mengobati penyakit mulut dan meningkatkan kesehatan mulut

dengan menggunakan bahan-bahan tingkat nanometer.⁶ Jaringan gigi yang rusak dapat menyebabkan karies gigi, penyakit periodontal, sensitivitas gigi, bau mulut, dan penyakit mulut kondisi prakanker dan kanker. Hal tersebut bisa disembuhkan dengan penggunaan biokompatibel sintetis atau penggabungan bahan. Berbagai jenis NP dan nanokomposit telah terbukti meniru dan memiliki sifat-sifat fleksibel, yang di anggap efektif dalam memberikan penanganan.¹⁶

Nanopartikel secara luas dibagi menjadi berbagai kategori yakni Morfologi : struktur nano, kristalografi: rincian susunan atom, struktur kimia: unsur-unsur yang ada dan kimia molekul, struktur elektronik: sifat ikatan dalam atom, sifat termal: reaksi terhadap perubahan terkait suhu, sifat mekanik: reaksi terhadap tekanan eksternal dan gaya yang diterapkan.^{14,16}

Nanopori, nanotube, nanosolutions, nanoshells, quantum dots, dendrimers, liposom, nanorods, fullerene, nanospheres, nanowires, nanorings, dan nanocapsules adalah semua contoh partikel dan fitur berukuran nanometer yang dapat digunakan untuk menghasilkan material baru atau memodifikasi yang sudah ada untuk meningkatkan efektifitasnya dalam praktik kedokteran gigi.⁵

Aplikasi spesifik dan penggunaan nanopartikel dalam berbagai spesialisasi gigi, misalnya kedokteran gigi restoratif, kedokteran gigi anak, kedokteran gigi preventif, ortodontik, prostodontik, periodontik, kedokteran gigi implan, kedokteran gigi regeneratif, dan endodontic terbukti efektif mengatasi permasalahan pada kesehatan gigi dan mulut.⁵

Tabel 1. Penggunaan Nanopartikel pada Kedokteran Gigi¹¹

Material	Tujuan Penggunaan	Kelebihan
<i>Carbon nanotube surface</i>	Sebagai tambalan gigi	Luas permukaan yang besar, membawa zat aktif ke sel hidup, mudah melekat pada permukaan gigi dan permukaan dentin dan sementum.
<i>Graphene</i>	Pelapis gigi, bahan implantasi, reduksi biofilm	Efektivitas biaya, tahan patah, kepadatan rendah membentuk kisi kristal seragam, mengobati bakteri biofilm

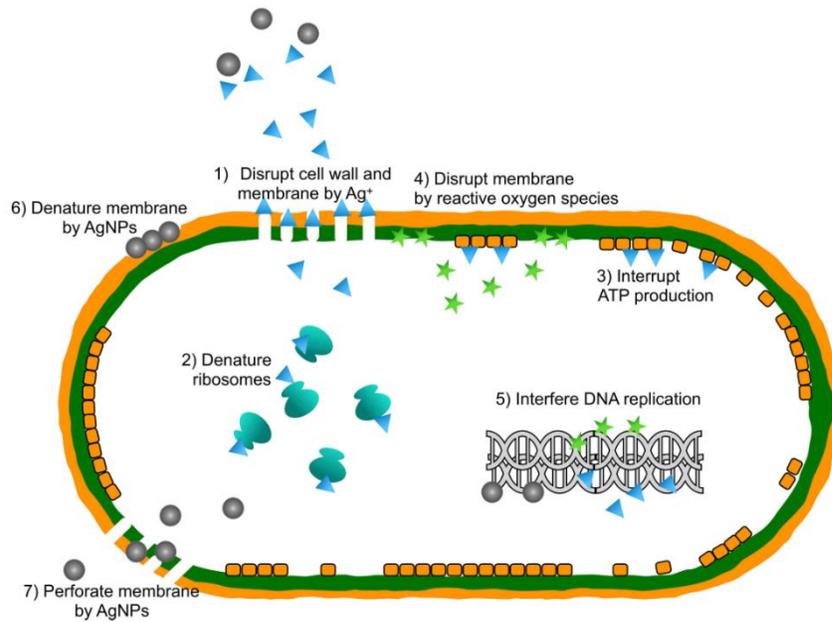
<i>Hydroxy apatite (HAP)</i>	Mengurangi hipersensitivitas gigi, bahan restoratif, hambat demineralisasi, perbaikan permukaan email.	Partikel HAP berukuran nano dapat dengan mudah diintegrasikan ke dalam tubulus gigi. Komposisi serupa dengan gigi dan tulang, biokompatibel, teradsorpsi pada email gigi, melindungi gigi dengan membuat enamel buatan di sekitar gigi, reformasi kekurangan periodontal.
<i>Zirconia</i>	Mengurangi adhesi bakteri pada permukaan gigi, memberikan perlindungan terhadap karies gigi.	Sifat mekanik dan warna yang mirip seperti a gigi, memiliki sitotoksisitas rendah, masuk akal biokompatibilitas, dan ketahanan patah yang tinggi.
<i>Silica</i>	Bahan pengisi gigi, pemoles gigi, mencegah karies gigi, dan agen antibakteri, untuk gigi hipersensitivitas	Biokompatibel, memiliki efek toksik rendah, kepadatan rendah dan kemampuan adsorpsi yang signifikan dan sebagian besar penting mereka hemat biaya. yang dikurangi kekasaran permukaan gigi bila digunakan sebagai agen pemoles.
<i>Titania</i>	Penggunaan pada implan gigi	Efek jangka panjang pada implan gigi, permukaan modifikasi memberikan lebih banyak keuntungan seperti lebih sedikit adhesi bakteri, meningkatkan kekerasan.
<i>Silver</i>	Agen antimikroba, gigi bahan restorasi, gigi prostetik, implan gigi	Dikenal untuk mengurangi kolonisasi bakteri dan meningkatkan kesehatan mulut, dapat dengan mudah menembus bakteri membran karena ukurannya yang lebih kecil. Dia biokompatibel memiliki toksisitas rendah dan jangka panjang aktivitas antibakteri.

(Sumber : Priyadarsini S, Mukherjee S, Mishra M. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research Nanoparticles used in dentistry: A review. J Oral Biol Craniofacial Res. Published online 2017*)

2.4 Nanopartikel Sebagai agen Antimikroba

Perak telah diadopsi sebagai bahan antimikroba dan desinfektan yang relatif bebas dari efek samping. Nanopartikel perak memiliki spektrum yang luas dari sifat antibakteri, antijamur dan antivirus. Nanopartikel perak memiliki kemampuan menembus dinding sel bakteri, mengubah struktur membran sel bahkan mengakibatkan kematian sel.¹⁷

Meskipun mekanisme yang tepat dari efek antibakteri nanopartikel perak belum sepenuhnya diklarifikasi, proses nanopartikel perak sebagai agen antibakteri.



Gambar 2. Mekanisme nanopartikel perak (AgNPs) sebagai antibakteri.

(Sumber : Yin IX, Zhao IS, Mei ML. Mechanism of Silver Nanoparticles Antibacterial and Its Application in Dentistry. *Int Nanomedicine*. Published online 2020:2555-2562)

1. Gangguan dinding sel dan membran sitoplasma: ion perak (Ag^+) yang dilepaskan oleh nanopartikel perak menempel atau melewati dinding sel dan membran sitoplasma.
2. Denaturasi ribosom: ion perak mendenaturasi ribosom dan menghambat sintesis protein.
3. Gangguan produksi adenosin trifosfat (ATP): Produksi ATP dihentikan karena ion perak menonaktifkan enzim pernapasan pada membran sitoplasma.
4. Gangguan membran oleh spesies oksigen reaktif: spesies oksigen reaktif yang dihasilkan oleh rantai transpor elektron yang rusak dapat menyebabkan gangguan membran.
5. Gangguan replikasi asam deoksiribonukleat (DNA): spesies perak dan oksigen reaktif mengikat asam deoksiribonukleat dan mencegah replikasi dan multiplikasi sel.
6. Denaturasi membran: nanopartikel perak menumpuk di lubang dinding sel dan menyebabkan denaturasi membran.

7. Perforasi membran: nanopartikel perak langsung bergerak melintasi membran sitoplasma, yang dapat melepaskan organel dari sel.^{18,19}

Nanopartikel perak dapat menyebabkan denaturasi membran sel. Nanopartikel perak juga memiliki kemampuan untuk menembus dinding sel bakteri dan selanjutnya mengubah struktur membran sel, karena ukurannya yang berskala nano. Denaturasi membran sitoplasma dapat merusak organel, dan bahkan mengakibatkan lisis sel. Selain itu, nanopartikel perak dapat terlibat dalam transduksi sinyal bakteri. Transduksi sinyal bakteri dipengaruhi oleh fosforilasi substrat protein, dan nanopartikel dapat mendefosforilasi residu tirosin pada substrat peptida. Gangguan transduksi sinyal dapat menyebabkan apoptosis sel dan penghentian multiplikasi sel.

Nanopartikel perak dapat disintesis dengan memediasi proses nukleasi dan pertumbuhannya, menggunakan reagen sintetik yang berbeda. Kedua, nanopartikel perak dapat secara khusus difungsikan dengan agen capping molekuler, seperti protein dan kelompok kimia. Ketiga, nanopartikel perak memiliki efek antibakteri yang kuat yang meningkatkan hasil pengobatan klinis.

Nanopartikel perak dapat ditambahkan ke resin akrilik untuk pembuatan gigi tiruan lepasan dalam perawatan prostetik, resin komposit untuk restorasi langsung, larutan irigasi dan bahan obturasi dalam perawatan endodontik, bahan perekat dalam perawatan ortodontik, membran untuk regenerasi jaringan terpandu dalam perawatan periodontal, dan pelapisan titanium dalam perawatan implan gigi

Nanopartikel perak dapat ditambahkan ke resin akrilik untuk menghambat pertumbuhan bakteri seperti: *Streptococcus Mutans*, *Escherichia Colidan*, *Stafilokokus Aureus*. Nanopartikel perak juga dapat meningkatkan sifat mekanik resin akrilik. Pengaruh nanopartikel perak terhadap sifat mekanik dipengaruhi oleh konsentrasi nanopartikel perak, Nanopartikel perak dapat meningkatkan kekuatan lentur dan modulus elastisitas resin akrilik. Selain itu, mereka dapat meningkatkan konduktivitas termal dan kekuatan tekan dasar akrilik.²⁰

2.5 Nanopartikel Sebagai Bahan Restorasi

Kavitas gigi terjadi karena demineralisasi jaringan keras gigi (enamel, dentin, dan sementum) oleh bakteri asidogenik yang terdapat pada plak gigi. Karies gigi dianggap sebagai proses yang dinamis di mana enamel, dentin, sementum, dan pulpa rusak karena ketidakseimbangan ion mineral yang ada dalam struktur gigi dan cairan plak gigi yang digambarkan oleh proses demineralisasi dan remineralisasi.



Gambar 2. Nanopartikel dalam Bahan Restoasi

(Sumber : Bapat RA, Joshi CP, Bapat P, et al. *The use of nanoparticles as biomaterials in dentistry. Drug Discov Today. 2019;24(1):85-98.*)

Demineralisasi dapat menyebabkan gigi kehilangan apatit kalsium dan fosfat dari email, dentin, dan sementum karena penurunan pH (<5,5). Pada proses demineralisasi merusak apatit kalsium dan fosfat dari redeposit email ke gigi permukaan dari cairan plak gigi atau air liur. Nanoartikel Fluoride adalah bahan utama yang mendorong remineralisasi dan mencegah gigi dari kerusakan.^{21,22}

2.5.1 Resin Based Nanomposites

Teknologi komposit berbasis resin diperkenalkan pada tahun 1960-an sebagai bahan yang konservatif dan melekat pada gigi.¹³ Komposit gigi yang digunakan secara tradisional (bahan restoratif) biasanya terdiri dari matriks oligomer berbasis resin (seperti bisphenol A-glycidyl methacrylate, urethane

dimethacrylate, atau semicrystalline polyceram), dan pengisi anorganik seperti silikon dioksida (silika).²³ Sejak penemuan komposit resin, Komposit adalah campuran dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabungkan untuk mencapai sifat yang lebih unggul dari masing-masing konstituen.²⁴ Berbagai modifikasi telah diperkenalkan ke bahan konvensional untuk meningkatkan sifat bahan nanokomposit dikembangkan untuk mengatasi kekurangan komposit resin konvensional dan untuk mendapatkan kinerja yang lebih baik dengan menggabungkan berbagai struktur nano (nanopartikel, nanofibers, dan nanocluster).⁵ Nanokomposit terdiri dari dua atau lebih bahan yang mencakup matriks bahan (polimerik biokompatibel, logam, atau keramik) dan partikel nano. Ukuran partikel filler 20-70 nm adalah ada di nanokomposit. Karbon nanotube diperkuat dalam nanokomposit untuk membantu mengurangi penyusutan polimerisasi dan meningkatkan sifat mekanik dan biologis. Nanopartikel ini membentuk unit nanocluster dan bertindak sebagai satu kesatuan mereka memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, ketahanan aus, mudah dipoles sehingga memberikan estetika yang baik.¹⁷ Penggabungan struktur nano menghasilkan sifat yang optimal secara signifikan komposit gigi karena berikut:²⁵

- Area permukaan yang lebih besar dan ketersediaan lebih banyak area untuk mengikat.
- Ukuran partikel nano lebih mendekati molekul polimer dan menghasilkan interaksi skala molekul dengan matriks resin polimer.
- Karena ukuran partikel lebih kecil dari panjang gelombang cahaya tampak (400-800 nm) dan bertanggung jawab untuk transparansi dan estetika yang lebih tinggi.
- Kehalusan yang lebih baik dan hasil akhir yang mengkilap
- Ketahanan aus yang sangat baik; sebagus enamel manusia alami dalam 3 dan 5 tahun klinis studi.

- Partikel nanozirkonia (5-7 nm) dapat membawa radiopasitas tanpa mempengaruhi properti yang lain.^{24,19,26}

2.5.2 Dental inomer nanoglass system

Semen glass-ionomers gigi (DGICs) telah memainkan peran penting dalam kedokteran gigi restoratif karena di antaranya memiliki sifat unik, seperti ikatan kimia langsung dengan struktur gigi alami, pelepasan fluoride, dan pengisian fluoride. Fluoride memperlihatkan fungsinya dengan baik sebagai bahan restoratif antikariogenik. Berbagai mekanisme terlibat dalam efek antikariogenik dari pelepasan fluoride dari ionomer kaca, termasuk pengurangan demineralisasi, peningkatan remineralisasi, gangguan pembentukan pelikel dan plak, dan penghambatan pertumbuhan mikroba dan metabolisme. Sifat-sifat ini menjadikan DGIC sebagai bahan pilihan untuk bahan luting, lining, dan filling.²⁷ Ionomer kaca yang digunakan secara tradisional adalah bahan restoratif yang memiliki berbagai sifat seperti ikatan kimia dengan struktur gigi, biokompatibilitas, dan pelepasan fluoride tetapi pada saat yang sama memiliki estetika yang buruk dan sifat mekanik rendah.¹⁷ Ionomer nanoglass, nanopartikel (nanomer) dan nanocluster dalam kaca fluoro alumino silikat dimasukkan. Misalnya, Ketac Nano 3M ESPE keuntungan dari nanopartikel Selain itu adalah peningkatan estetika dan kemampuan poles yang lebih baik. Nanopartikel baru lainnya yang disebut Sistem Equia telah tersedia di mana nanofillers silika anorganik (ukuran 40 nm) tersebar dalam cairan dan memperkuat matriks polimer yang dihasilkan. Bahan ini memiliki sifat optik, estetika, dan translusensi yang lebih baik dibandingkan dengan ionomer kaca konvensional. Ionomer kaca nanofill yang dimodifikasi menunjukkan mekanik yang lebih baik sifat-sifat seperti kekuatan tekan, tarik diametral kekuatan, dan kekuatan lentur biaksial.^{13,19,20}

2.6 Nanopartikel Sebagai Bahan Preventif

Ada beberapa cara di mana partikel berukuran nano dapat digunakan untuk mencegah kerusakan gigi. partikel nano telah terbukti menginduksi remineralisasi email. Contohnya nanokristal menunjukkan aktivitas antikaries in vivo dan in vitro. Selain itu, efek remineralisasi dari pembilasan dengan nanokristal nanokarbonat-hidroksiapatit pada dentin menghasilkan pengurangan sensitivitas dentin. Memang, analisis TEM menunjukkan bahwa nanocrystals ini dapat memblokir tubulus dentin hingga 10 menit, menggunakan pasta gigi yang mengandung nanokarbonat-hidroksiapatit dapat menghasilkan pengurangan yang signifikan secara statistik dalam hipersensitivitas dan ketidaknyamanan dentin bila dibandingkan dengan pasta gigi antisensitivitas konvensional. Remineralisasi biomimetik email dengan menggunakan pasta gigi yang digabungkan dengan kristal nanohidroksiapatit terbukti efektif.¹⁸

2.6.1 Preventive nanocomposites pelapis permukaan

Sebuah nanokomposit menggunakan multi-bahan padat di mana salah satu bahan memiliki satu, dua, atau tiga dimensi lebih kecil dari 100nm.²⁴ Lapisan permukaan nanokomposit disiapkan dengan penggabungan nanopartikel anorganik dalam matriks fluor polimer. Bahan-bahan ini memainkan peran yang bermanfaat dengan melepaskan pelikel dan plak bakteri di bawah pengaruh aktivitas fisiologis di rongga mulut dan mengurangi energi permukaan untuk menghambat perlekatan biofilm ke struktur gigi. Sehingga Nanokomposit memiliki finishing yang lebih baik, kemampuan pemolesan, kekuatan lentur, dan kekerasan yang baik dibandingkan dengan komposit konvensional.¹⁸ Manfaat utama termasuk yang berikut :

- Modifikasi permukaan gigi.
- Mudah dibersihkan saat digunakan sebagai pelapis atau fissure sealant.
- Tahan Air

- Biokompetibel
- Energi permukaan rendah yang membantu pelepasan bakteri dan biofilm.
- Dapat bermanfaat pada pasien dengan xerostomia, kebersihan mulut yang buruk, dan tingkat karies yang tinggi.^{24,19,26}

2.6.2 Kasein fosfopeptida dan nanokompleks kalsium fosfat amorf

Casein Phosphopeptide Amorphous Calcium Phosphate (CPP-ACP) merupakan bahan yang dapat memperkuat dan remineralisasi gigi serta membantu mencegah karies gigi. Casein phosphopeptide (CPP) memiliki kemampuan untuk menstabilkan ion kalsium, fosfat dan fluoride dalam keadaan Amorf Non Kristalin yang diperlukan pada enamel gigi.²⁸ Nanopartikel CPPACP (B2.12 nm) digunakan untuk pencegahan karies email, remineralisasi dan untuk pengelolaan biofilm oral. Nanokompleks dalam CPPACP secara signifikan lebih kecil ukurannya daripada mikroorganisme, oleh karena itu membentuk interaksi yang efektif dengan mikroorganisme mulut dan mengikat permukaan sel bakteri untuk mengganggu perlekatan mereka dengan gigi. Urutan ini menunda pembentukan biofilm menghambat demineralisasi, dan mendorong remineralisasi lesi karies awal. Selain itu, nanopartikel CPPACP digunakan dalam permen karet bebas gula karena perannya yang terbukti dalam mencegah karies proksimal.^{19,21}

2.6.3 Pasta gigi nanohidroksil apatit

Nanopartikel karbonat hidroksil apatit (20100 nm) digunakan untuk memperbaiki lesi karies berukuran mikro sebagai akibat dari deposisi hidroksil apatit ke dalam jaringan demineralisasi. Pasta gigi ini mengandung nanopartikel hidroksil apatit berbentuk bulat atau seperti jarum sebagai konstituen aktif. Manfaat utama termasuk kemudahan aplikasi sebagai media pengiriman pasta gigi dan deposisi nanopartikel apatit pada cacat.

Remineralisasi jaringan yang membusuk lebih baik dibandingkan dengan formulasi yang mengandung natrium fluoride.¹⁹

2.7 Nanopartikel Sebagai Bahan Dental Implants

Nanopartikel meningkatkan biokompatibilitas permukaan, hidrofilisitas, dan peningkatan osseointegrasi dengan tulang alveolar. Banyak penelitian sedang dilakukan pada modifikasi permukaan dari biomaterial gigi untuk mengatasi kekurangan tersebut. Bahan nano pelapis meningkatkan sifat mekanik dan biologi implant. Ada harapan tinggi dari bahan nano meningkatkan sifat dan untuk memproduksi bahan implan baru. Beberapa modifikasi permukaan implan yang melibatkan bahan nano adalah²¹

2.7.1 Bahan nanozirkonia dan alumina

Nanozirkonia memiliki efek yang signifikan sebagai pengisi untuk peningkatan sifat mekanik dan fisik. Ditemukan bahwa penambahan 3% berat nanozirkonia menghasilkan peningkatan kandungan rongga sebesar 21%, kekerasan sebesar 34%, kekuatan impak sebesar 32%, dan kekuatan lentur sebesar 9,6%.⁴ Bahan nanopartikel zirkonia tetragonal (ZrO_2) dan matriks alumina dan menunjukkan sifat mekanik yang optimal.^{19,29}

2.7.2 Titanium dan silika nanokomposit

Silika terkenal karena bioaktivitasnya untuk jaringan terkalsifikasi karena membantu pembentukan HA. Penambahan silika pada permukaan implant meningkatkan bioaktivitas dengan membentuk gugus Si OH di permukaan. Kandungan Titanium yang ditambahkan untuk meningkatkan sifat retensi. Nanokomposit ini memiliki kekerasan yang lebih baik dan memfasilitasi jaringan dan pertumbuhan tulang di pori-pori berukuran mikro dan makro yang ada di permukaannya.¹⁹

2.7.3 Nanopartikel Kalsium Fosfor

Permukaan implan titanium dapat dimodifikasi menggunakan kalsium fosfor (Ca P) nanopartikel. Nanopartikel Ca P (B20 nm) dapat diendapkan pada permukaan implan dengan teknik sol gel. Terjadi peningkatan pertumbuhan tulang di permukaan yang dimodifikasi Ca P dibandingkan dengan titanium murni komersial dan paduan titanium.²¹

2.7.4 Nanokristal Hidroksiapatit

HA nanocrystals/partikel telah digunakan untuk modifikasi permukaan gigi implan. Bubuk nanocrystals HA dapat dibuat menggunakan proses kimia basah, yang dapat digunakan untuk menghasilkan HA mikrokristalin atau nanokristalin HA. Serbuk HA yang diendapkan ke permukaan implan pada suhu kamar menghasilkan adhesi osteoblas yang lebih baik dan lebih banyak deposisi kalsium dalam kasus pelapisan HA nanokristalin dibandingkan dengan pelapisan HA tradisional.¹⁹

2.7.5 Lapisan Nanodiamond

Teknik silanisasi dan imobilisasi telah digunakan untuk melapisi gigi permukaan implan dengan nanodiamonds. berlian nano pelapis memiliki potensi untuk mengantarkan obat dan faktor pertumbuhan serta mengatasi kekurangan modifikasi permukaan. Lapisan nanodiamond mampu meningkatkan sifat mekanik dan biologis, oleh karena itu pelapisan nano permukaan dapat meningkatkan antarmuka jaringan bahan dan memberikan stabilitas yang lebih baik.¹⁹

2.8 Nanopartikel Perawatan Endodontic

Endodontik adalah ilmu yang mempelajari biologi, morfologi, fisiologi, etiologi, dan diagnosis patologi, dan perawatan pulpa gigi dan jaringan periradikular. Keberhasilan perawatan terutama tergantung pada ekspatriasi pulpa, membuat pulpa ruang dan saluran bebas dari mikroba, pembentukan saluran dan penyegelan yang baik (koronal dan apikal) dari saluran untuk mencegah kebocoran mikro. Bahan dan instrumen endodontik dapat secara luas dikategorikan sebagai: yang digunakan untuk

membersihkan dan membentuk saluran pulpa (reamers dan file), yang untuk menjaga vitalitas pulpa dan digunakan dalam terapi saluran pulpa untuk desinfeksi ruang pulpa dan pengisian saluran akar.¹³

2.8.1 Sealer Endodontik Basis Nanopartikel

Nanokeramik biologis terdiri dari komponen bioaktif, seperti kalsium hidroksida, kalsium fosfat, kalsium silikat, dan zirkonia, serta bahan pengental. digunakan untuk mengembangkan sealer Endodontik. Penambahan nanopartikel bioaktif bertujuan untuk memperbaiki manipulasi dan sifat fisik bahan. NS Sealer Endo Sequence BC menggunakan kelembapan yang tersedia di area apikal dan menghidrasi untuk membentuk nano-HA dan kalsium silikat. Sealer Endo Sequence BC memiliki sejumlah manfaat, misalnya: tersedia sebagai pasta injeksi premixed memberikan manfaat dari campuran homogen, nyaman untuk diterapkan, dan menghemat waktu, Selain itu, partikel berukuran nano memfasilitasi ekstrusi bahan dari jarum kapiler dan mengadopsi ketidakteraturan permukaan. Bahan ini membentuk struktur gigi ikatan dan bahan obturasi tanpa masalah sitotoksitas atau biokompatibilitas. Bahan ini menunjukkan stabilitas dimensi yang sangat baik dan sifat antimikroba karena pH basa.^{19,21}

2.8.2 Nanohidroksiapatit gutta percha

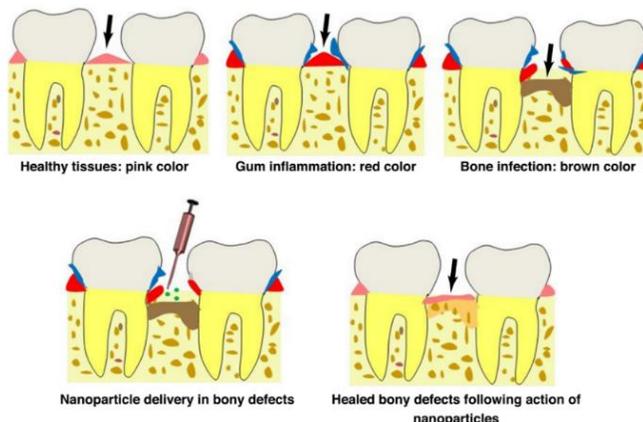
Gutta percha yang dimodifikasi nano-HA diperkenalkan dalam beberapa tahun terakhir. Sebagai tambahan nano-HA, sealer terdiri dari komponen bubuk, bismut Oksida (opacifier), Hexa Methyl Enetetramine (aktivator), dan komponen cair (Bisphenol-A-diglycidylether). Prekursor kalsium hidroksida dan asam fosfat digunakan untuk membuat nano-HA dalam kisaran 60 nm. Bahan-bahan ini menunjukkan kemampuan penyegelan yang sangat baik sebanding dengan AH 26 dan Penyegel epifani. Tidak ada efek yang tidak diinginkan selama obturasi saluran akar. Gutta percha yang

diperkuat nanopartikel berlian telah menunjukkan sifat mekanik dan antibakteri yang lebih baik.^{13,21}

2.9 Nanopartikel Perawatan Periodontitis

Lesi periodontal yang tidak terkontrol menyebabkan resorpsi tulang dan kehilangan gigi. Nanopartikel yang digunakan untuk penyembuhan penyakit periodontal telah menunjukkan hasil yang menjanjikan. Sistem penyembuhan berdasarkan nanopartikel sarat dengan triclosan dikembangkan untuk penyembuhan penyakit periodontal. Berbagai jumlah triclosan sebagai bahan nanopartikel aktif terbukti mengurangi peradangan.¹⁹ Agen yang memodulasi peradangan tampaknya lebih relevan daripada antibiotik, dalam hal efisiensi dan risiko resistensi antibiotik. Selain itu, nanopartikel poli (asam laktat-co-glikolat) atau obat-obatan yang digunakan sesuai dalam hal biokompatibilitas.³⁰

American Dental Association mendefinisikan periodontik sebagai spesialisasi kedokteran gigi yang meliputi pencegahan, diagnosis, dan pengobatan penyakit jaringan pendukung dan sekitarnya. Memberikan agen terapeutik ke dalam poket jaringan periodontal telah menjadi masalah besar karena anatominya yang kompleks, yang sering menyebabkan kesalahan penetrasi obat ke daerah tersebut. Namun nanoteknologi merevolusi terapi gigi dengan menggunakan nanopartikel, sehingga meningkatkan diagnosis, pencegahan, dan pengobatan berbagai penyakit periodontal.¹⁹



Gambar 3. Nanopartikel pada Jaringan Periodontal

(Sumber : Bapat RA, Joshi CP, Bapat P, et al. The use of nanoparticles as biomaterials in dentistry. Drug Discov Today. 2019;24(1):85-98.)

2.10 Rekayasa Jaringan

Rekayasa jaringan menerapkan prinsip-prinsip biologi dan rekayasa untuk pengembangan pengganti fungsional untuk jaringan yang rusak.¹⁷ Nanopartikel dapat digunakan sebagai bahan untuk TE tulang melalui berbagai metode, dari sistem penghantaran obat hingga pembuatan perancah untuk rekayasa jaringan.³¹ Tujuan utama dari strategi berbasis perancah adalah untuk mendapatkan implan untuk menggantikan jaringan asli sambil mendukung proses regenerasi tanpa komplikasi lebih lanjut. Perancah harus tiga dimensi dan sangat berpori, membentuk jaringan pori yang saling berhubungan. Ukuran nanopartikel serta sifatnya dapat menjadi bahan dalam rekayasa jaringan.³²

