

**FORMULASI PASTA GIGI BERBAHAN NANOKALSIUM DARI LIMBAH  
CANGKANG TELUR AYAM KAMPUNG DAN DAYA HAMBATNYA TERHADAP  
BAKTERI *Streptococcus mutans***

**Amelia Andriani<sup>1,2\*</sup>, Widi Astuti<sup>2</sup>, Riwanon Pujiama<sup>1</sup>, Jesika Putri<sup>1</sup>, Mega Ayu Kusniawati<sup>1</sup>, Indah Ana Resti<sup>1</sup>, Yovita Endah Lestari<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Adila, Bandar Lampung, Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Riset Teknologi Pertambangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Lampung Selatan, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Farmasi Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Malahayati, Bandar Lampung, Indonesia

[\*Email Korespondensi: amelandriani04@gmail.com]

**Abstract: Formulation of Toothpaste Based Nanocalcium From Chicken Eggshell Waste and Its Inhibitory Power to *Streptococcus mutans* Bacteria.**

*Dental caries is a condition affecting teeth that arises due to the activity of *Streptococcus mutans* bacteria, which can ferment carbohydrates, accelerating the process of plaque or caries formation on the teeth. Although dental plaque can be avoided through regular tooth brushing, not all toothpaste provides a quick effect in triggering the remineralization process. Therefore, this research utilizes eggshell waste as a nano calcium substrate capable of restoring hydroxyapatite minerals damaged by the activity of *Streptococcus mutans* bacteria. The aim of this study is to compare the effects of conventional toothpaste and toothpaste containing nano calcium from eggshells. The toothpaste production process involves precipitation methods, nano-material evaluation with SEM-EDS and FT-IR, and concludes with testing the inhibitory power of toothpaste formulations containing nano calcium. SEM analysis results show that the produced material has a morphology of nanosheets oriented randomly, with a sheet thickness ranging from ~15-20 nm. EDS analysis results indicate the highest peak spectrum of Ca, confirming the formation of Ca nanoparticles (nano calcium). It can be concluded that the synthesis of nano calcium from eggshells has been successfully achieved. The toothpaste formulation containing 5% nano calcium from eggshell waste demonstrates inhibitory power against *Streptococcus mutans* bacteria with an average inhibition zone of 3.43 mm.*

**Keywords :** Caries; Eggshell; FT-IR; Nanocalcium; SEM; *S. Mutans*.

**Abstrak: Formulasi Pasta Gigi Berbahan Nanokalsium Dari Limbah Cangkang Telur Ayam Kampung Dan Daya Hambatnya Terhadap Bakteri *Streptococcus mutans*.**

Karies gigi merupakan suatu kondisi pada gigi yang muncul karena aktivitas bakteri *Streptococcus mutans* yang mampu melakukan fermentasi karbohidrat, mempercepat proses pembentukan plak atau karies pada gigi. Meskipun plak gigi dapat dihindari dengan kebiasaan menyikat gigi secara teratur, tidak semua pasta gigi memberikan efek yang cepat dalam memicu proses remineralisasi. Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan limbah cangkang telur sebagai substrat nanokalsium yang dapat mengembalikan mineral-mineral hidroksiapatit yang mengalami kerusakan akibat aktivitas bakteri *Streptococcus mutans*. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan efek antara pasta gigi konvensional dan pasta gigi yang mengandung nanokalsium dari cangkang telur. Proses pembuatan pasta gigi ini melibatkan metode presipitasi, evaluasi material nano dengan SEM-EDS dan FT-IR, serta diakhiri dengan pengujian daya hambat sediaan pasta gigi berbahan nanokalsium. Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa material yang dihasilkan

mempunyai morfologi berupa lembaran-lembaran yang saling bertumpuk yang terorientasi secara acak, dengan ketebalan lembaran berkisar ~15–20 nm. Hasil analisis EDS menunjukkan terdapat spektrum puncak Ca tertinggi, yang mengkonfirmasi adanya pembentukan nanopartikel Ca (nanokalsium). Dari hasil karakterisasi material yang diperoleh dapat dikatakan bahwa sintesis nanokalsium dari cangkang telur telah berhasil dilakukan. Adapun formulasi pasta gigi yang mengandung 5% nanokalsium dari limbah cangkang telur mempunyai kemampuan daya hambat terhadap bakteri *Streptococcus mutans* dengan daya hambat rata-rata sebesar 3,43 mm.

**Kata kunci:** Cangkang Telur; FT-IR; Karies; Nanokalsium; SEM; *S. Mutans*

## PENDAHULUAN

Karies gigi adalah suatu kondisi penyakit yang sering dijumpai di sekitar gigi dan dapat dimulai dari permukaan gigi, yang kemudian dapat berkembang hingga mencapai pulpa. Ini merupakan masalah kesehatan yang dapat mempengaruhi semua orang, dipicu oleh tiga faktor utama, yaitu karbohidrat, karakteristik permukaan dan bentuk gigi, serta mikroorganisme. Berdasarkan analisis data dari Riset Kesehatan Dasar, prevalensi karies gigi aktif di Indonesia pernah mencapai 88,8%, dengan tingkat prevalensi karies akar sebesar 56,6% pada tahun 2018. Karies gigi yang tidak diobati menjadi masalah umum di bidang kesehatan gigi dan mulut, memengaruhi sekitar 2,3 miliar penduduk dunia dan menyebabkan kehilangan 1.618.900 tahun produktif (YLD: *Year Life with Disability*). Lebih dari 531 juta penduduk dunia menderita karies gigi pada tingkat sulung, dengan dampak hilangnya 138.900 YLD. Di Indonesia, kondisi karies gigi tidak mengalami perbaikan seiring waktu, seperti yang terlihat dari peningkatan proporsi masyarakat yang mengalami karies aktif dari tahun 2007 hingga 2018. Data Riskesdas 2007–2018 menunjukkan bahwa peningkatan kasus karies gigi di Indonesia mengindikasikan kemungkinan tidak tercapainya target Indonesia Bebas Karies 2030, kecuali pemerintah segera menemukan strategi yang tepat untuk menyelenggarakan program pencegahan (Badrudin, 2021).

Karies gigi dapat diatasi dengan kebiasaan rajin menyikat gigi setidaknya dua kali sehari, setelah makan pagi dan sebelum tidur malam. Meskipun demikian, tingginya keinginan akan rasa

manis dalam masyarakat menyebabkan semakin berkurangnya motivasi untuk menjalankan kebiasaan ini. Para konsumen mungkin tidak menyadari bahwa rasa manis yang umumnya mengandung glukosa, sukrosa, dan fruktosa dari produk makanan dapat melekat pada permukaan gigi, membentuk lapisan lengket yang jika tidak dibersihkan dapat berubah menjadi plak. Situasi ini memicu kehadiran bakteri *Streptococcus mutans* yang melisiskan ion-ion basa dalam gigi dan menggantikannya dengan ion-ion asam melalui proses metabolisme, yang pada akhirnya mempercepat perkembangan karies.

Karena kehadiran *S. mutans* memicu terjadinya reaksi demineralisasi dibandingkan remineralisasi, mendorong penulis untuk mencari tahu kandungan hidroksiapatit di dalam cangkang telur yang diformulasikan ke dalam bentuk pasta gigi guna memperkuat enamel gigi. Untuk memperoleh senyawa hidroksiapatit, maka diperlukan teknologi sediaan nanokalsium ke dalam pasta gigi pepsodent. Cangkang telur, yang sering kali dianggap sebagai limbah dapur, memiliki potensi untuk digunakan sebagai substrat nanokalsium.

Menurut penelitian Forssten (Yadav, 2013), penggunaan nanokalsium sebanyak 1% dalam pasta gigi dapat menginduksi reaksi demineralisasi melalui transfer ion  $Ca^{2+}$  ke lapisan luar gigi yang mengalami lesi karies akibat aktivitas *Streptococcus mutans*. Studi ini dilakukan melalui sistem in-vitro dan berhasil mengurangi keberadaan plak gigi ketika diterapkan melalui kebiasaan

menggosok gigi dua kali sehari selama 20 hari. Sebuah penelitian serupa juga dilakukan oleh Vanichvatana dan Auychai (Vanichvatana, 2013) di Bangkok, yang mencoba membandingkan efek pasta gigi kalsium fosfat dan fluorida terhadap remineralisasi gigi secara in-situ. Meskipun demikian, penelitian mengenai pasta gigi yang mengandung tambahan karbonat hidroksiapatit dari cangkang telur ayam kampung yang diformulasikan dalam bentuk nano belum pernah dilakukan. Jikapun ada penelitian sebelumnya berfokus pada pertumbuhan tulang secara umum dan tidak secara khusus menyentuh aspek remineralisasi gigi.

## METODE

### Alat Penelitian

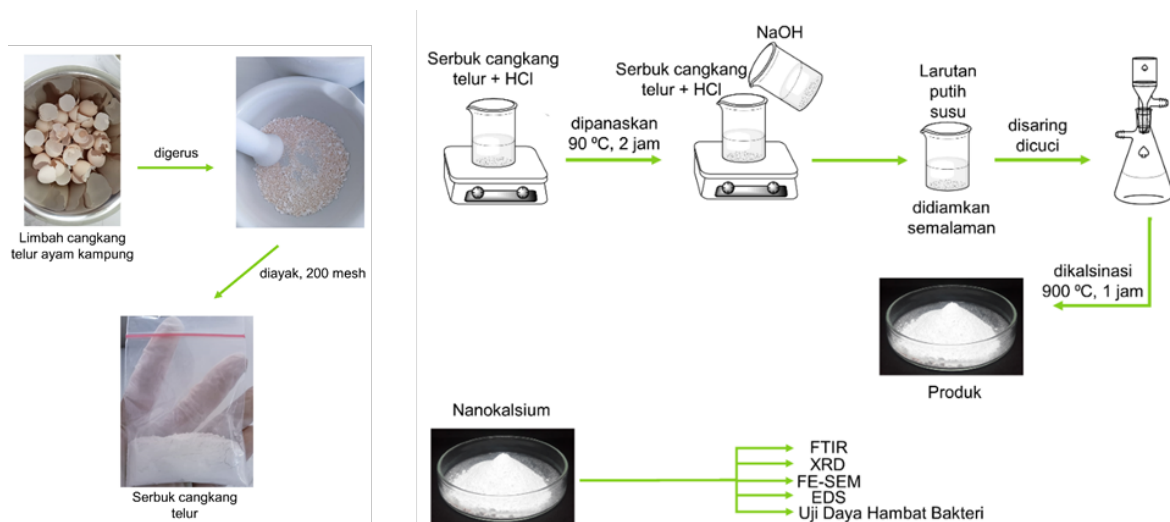
Peralatan yang digunakan meliputi peralatan gelas laboratorium, *hotplate stirrer*, neraca analitik, oven, dan *furnace*

serta beberapa alat instrumentasi seperti Fourier Transform Infrared (FTIR), dan *Field Emission Scanning Electron Microscope Energy Dispersion Spectroscopy* (FE-SEM EDS).

### Bahan Penelitian

Bahan kimia yang digunakan meliputi asam klorida (HCl), natrium hidroksida (NaOH), etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), aseton ((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO), dan aqua DM. Semua bahan berkualitas pro analisis diperoleh dari Merck dan digunakan langsung tanpa pemurnian lebih lanjut.

Bahan lain yang digunakan meliputi cangkang telur ayam kampung (dikumpulkan dari daerah setempat, dari restoran dan warung bubur di kota Bandar Lampung, Indonesia), pasta gigi Pepsodent White, bakteri *Streptococcus Mutans* (diperoleh dari UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Lampung), glukosa, dan Media Nutrient Agar.



**Gambar 1. Skema sintesis material nanokalsium**

## Prosedur Penelitian

### 1. Preparasi cangkang telur

Preparasi cangkang telur dilakukan dengan pencucian limbah cangkang telur ayam kampung dengan air hangat lalu dibilas dengan menggunakan akuades. Cangkang kemudian dikeringkan dalam oven

dengan suhu 120 °C selama 2 jam. Setelah itu, cangkang telur digerus dengan alat mortar sehingga menjadi tepung kemudian disaring dengan ayakan ukuran 75 µm dan dimasukkan ke dalam plastik polietilen untuk dijadikan prekursor material nanokalsium.

## 2. Sintesis material nanokalsium

Material nanokalsium disintesis dengan menggunakan metode presipitasi basa kuat natrium hidroksida. Dua puluh gram serbuk cangkang telur dicampur secara hati-hati dengan 250 mL asam klorida (1 M) dengan sambil dilakukan pengadukan pada suhu ruang menggunakan *magnetic stirrer*. Campuran yang terbentuk kemudian dipanaskan pada suhu 90 °C selama 2 jam dan selanjutnya ditambahkan tetes demi tetes larutan natrium hidroksida (1 M) sebanyak 250 mL sambil dilakukan pengadukan. Campuran yang terbentuk perlahan berubah warna menjadi putih susu, yang menegaskan bahwa logam hidroksida (M-OH) telah terbentuk. Setelah didiamkan pada suhu kamar hingga semalaman (sampai tidak lagi terbentuk endapan), padatan yang terbentuk disaring dan produk dicuci secara berturut-turut menggunakan etanol, air bebas ion dan aseton. Produk ini kemudian dikeringkan di oven selama 4 jam pada suhu 105 °C untuk selanjutnya dikalsinasi pada 900 °C selama 1 jam. Skema sintesis nanokalsium dari cangkang telur ayam kampung digambarkan pada Gambar 1.

## 3. Karakterisasi material nanokalsium

Material hasil sintesis dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui struktur dan morfologinya. Struktur material dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD. Pengukuran FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi pada produk hasil sintesis menggunakan mode ATR pada bilangan gelombang 400-4000  $\text{cm}^{-1}$ . Morfologi material dikarakterisasi menggunakan FE-SEM. Morfologi produk diamati menggunakan *operating voltage* 20 kV dan perbesaran 25.000, 50.000, 100.000, dan 150.000. Komposisi unsur dalam material dianalisis melalui penggunaan SEM-EDS dengan perangkat lunak EDS.

## 4. Formulasi sediaan pasta gigi berbahan nanokalsium

Pasta gigi dibuat menurut formula yang tertera pada Tabel I. Proses pencampuran dilakukan dalam mixing vat. Sebelum pasta dimasukkan ke dalam, tube telah dibersihkan di dalam kondisi aseptik dan vakum. Pasta gigi yang terbentuk selanjutnya dilakukan uji daya hambat terhadap bakteri *Streptococcus mutans*.

**Tabel 1. Formula pasta gigi berbahan nanokalsium**

Bahan	Basis	Produk
Pasta gigi Pepsodent White (gram)	1 gram	1 gram
Nanokalsium (gram)	-	0,1 gram
Akuades (mL)	2 mL	2 mL

## 5. Uji daya hambat sediaan pasta gigi berbahan nanokalsium

Semua alat dan bahan disterilkan dengan cara yang sesuai. Uji daya hambat dilakukan secara in vitro dengan metode difusi agar berlapis menggunakan pencadang. 17 mL Medium Glukosa Nutrient Agar steril didinginkan pada suhu 40-45

°C kemudian dituangkan ke dalam cawan petri dan dibiarkan memadat sebagai *base layer*. Setelah memadat, 1 mL suspensi bakteri *Streptococcus mutans* dituang ke atas *base layer* dan dibiarkan setengah padat sebagai *seed layer*. Kemudian, tiga buah pencadang direndam di dalam

sediaan nanokalsium selama 2 menit kemudian pencadang diletakkan di atas medium dengan jarak pencadang satu dengan yang lain sekitar 2-3 cm dari pinggir cawan petri. Medium dibiarkan memadat dan dibungkus rapat

dengan kertas coklat, selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Kemudian diukur diameter zona hambatan pertumbuhan bakteri di sekeliling pencadang dengan menggunakan jangka sorong.

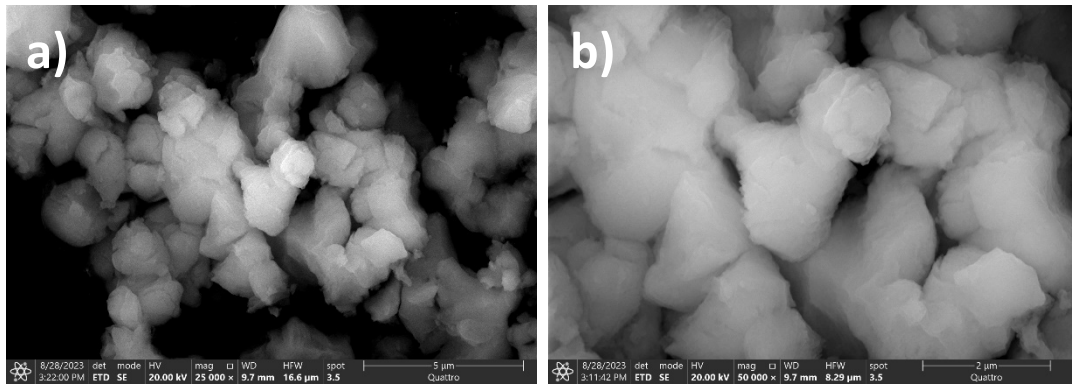
## HASIL

Sintesis nanokalsium yang digunakan untuk formulasi pasta gigi dilakukan dengan modifikasi metode yang mengacu pada artikel Khan (2020), yaitu dengan menggunakan metode presipitasi basa natrium hidroksida. Hasil sintesis nanokalsium dari cangkang telur berupa kristal yang berwarna putih

sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

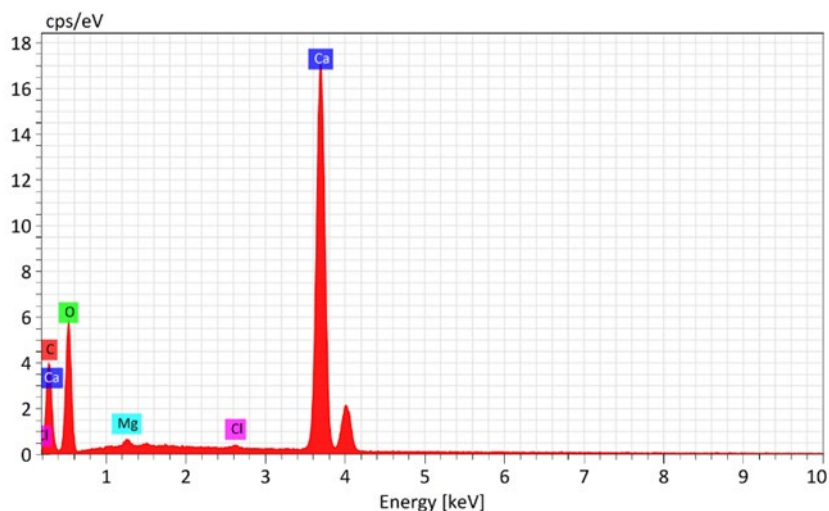
### 1. Morfologi Material

Pertumbuhan partikel dengan metode presipitasi menghasilkan morfologi berbentuk lembaran-lembaran seperti citra SEM yang ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Citra SEM Produk Hasil Sintesis dengan perbesaran a) 25.000x; b) 50.000x**

### 2. Komposisi Unsur Material

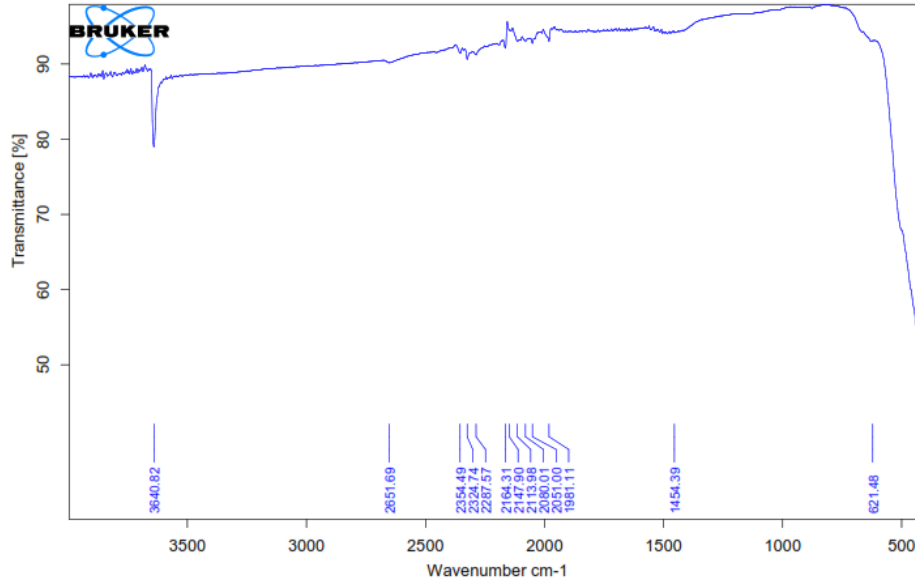


**Gambar 3. Analisis EDS dari Produk Hasil Sintesis**

Komposisi kimia dari unsur material hasil sintesis yang dianalisis dengan spektroskopi EDS terdapat pada Gambar 3.

Analisis struktur material hasil sintesis berbentuk lembaran menggunakan spektrofotometri FTIR ditunjukkan pada Gambar 4.

### 3. Struktur Material Nanokalsium Lembaran

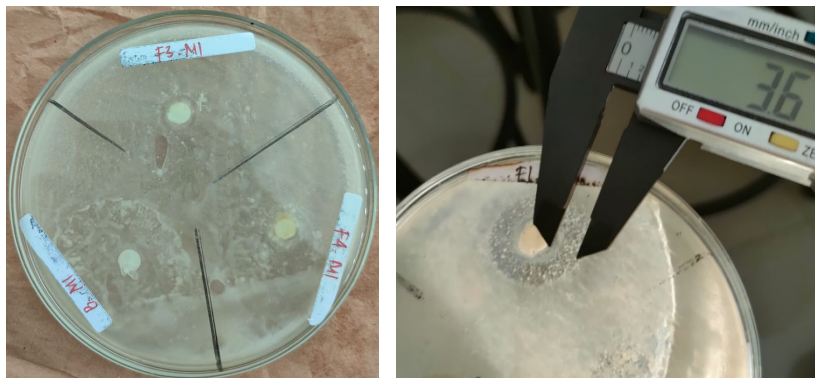


**Gambar 4. Spektrum FTIR Produk Hasil Sintesis**

### 4. Daya Hambat terhadap Bakteri

**Tabel 2. Hasil Uji Daya Hambat Pasta Gigi Berbahan Nanokalsium**

Bahan	Diameter daerah hambat (mm)
Basis (B.MI)	0
Sampel (F1.MI)	3,6
Sampel (F3.MI)	3,4
Sampel (F4.MI)	3,3



**Gambar 5. Hasil Uji Daya Hambat Pasta Gigi Berbahan Nanokalsium**

Hasil kemampuan hambat formula pasta gigi dapat ditemukan dalam Tabel II dan Gambar 5. Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat bahwa basis pasta gigi tidak memberikan daya hambat terhadap bakteri. Tetapi formula pasta gigi yang mengandung 5% nanokalsium mempunyai kemampuan daya hambat terhadap bakteri *Streptococcus mutans* dengan daya hambat rata-rata sebesar 3,43 mm.

## PEMBAHASAN

Pembentukan material nanokalsium diinisiasi dengan pembentukan larutan putih susu dalam campuran bahan-bahan seperti yang telah dijelaskan pada bagian metode, kemudian diikuti dengan reaksi hidrolisis untuk menghasilkan produk  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Serbuk cangkang telur akan menghasilkan  $\text{CaCl}_2$  ketika bereaksi dengan asam klorida. Ketika proses presipitasi dengan larutan basa  $\text{NaOH}$ , prekursor  $\text{Ca}^{2+}$  ( $\text{CaCl}_2$ ) akan terhidrolisis oleh molekul air dalam kondisi pH yang tinggi.  $\text{OH}^-$  dari natrium hidroksida akan meningkatkan pH di dalam larutan dan mempengaruhi kelarutan  $\text{Ca}$  yang mendukung proses pertumbuhan kristal nanokalsium. Ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dari prekursor  $\text{CaCl}_2$  akan berubah menjadi endapan putih kalsium hidroksida ( $\text{Ca}^{2+} + \text{OH}^- \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Setelah dikalsinasi pada suhu  $900\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  tersebut akan terdekomposisi menjadi  $\text{CaO}$ .

### 1. Morfologi Material

Hasil sintesis nanokalsium menunjukkan morfologi berbentuk lembaran-lembaran, sebagaimana terlihat pada hasil citra SEM (Gambar 2). Berdasarkan citra SEM tersebut terlihat bahwa partikel yang dihasilkan seolah-olah mempunyai morfologi berupa lembaran-lembaran yang saling bertumpuk yang terorientasi secara acak, dengan ketebalan lembaran berkisar  $\sim 15\text{--}20\text{ nm}$ . Antara satu partikel dan partikel lainnya mempunyai orientasi susunan lembaran-lembaran yang berbeda sehingga terlihat tidak

mempunyai keteraturan pada perbesaran rendah.

### 2. Komposisi Unsur Material

Analisis EDS pada Gambar 3 mengungkapkan komposisi unsur material hasil sintesis. Gambar 3 menunjukkan puncak  $\text{Ca}$  tertinggi, yang mengkonfirmasi pembentukan nanopartikel  $\text{Ca}$  (kalsium). Sedangkan terlihatnya puncak  $\text{C}$  dan  $\text{O}$  yang teramati mengkonfirmasi bahwa partikel yang terbentuk masih mengandung pengotor yaitu  $\text{CaCO}_3$  yang berasal dari cangkang telur. Kehadiran unsur tambahan ( $\text{Mg}$  dan  $\text{Cl}$ ) juga dapat dikaitkan dengan tingginya pengukuran *background* pada detektor EDS.

### 3. Struktur Material Nanokalsium Lembaran

Analisis struktur material menggunakan spektrofotometri FTIR (Gambar 4) menunjukkan bahwa puncak spektrum yang dihasilkan bersesuaian dengan puncak spektrum material  $\text{CaO}$  (kalsium oksida) (Roy, 2011). Spektrum tersebut menunjukkan puncak lebar pada  $1454,39\text{ cm}^{-1}$  dan  $621,48\text{ cm}^{-1}$  yang dianggap berasal dari ikatan  $\text{C-O}$  yang menunjukkan karbonasi material kalsium oksida (Roy, 2011; Liu, 2010; Salvadori, 2001). Puncak serapan pada  $3640,82\text{ cm}^{-1}$  juga disebabkan oleh adanya ikatan  $\text{O-H}$  dari sisa hidroksida (Roy, 2011; Liu, 2010; Salvadori, 2001) atau dari molekul air pada permukaan material (Liu, 2010; Mirghiasi, 2014). Puncak kecil pada  $2324,74\text{ cm}^{-1}$  diperkirakan disebabkan oleh  $\text{CO}_2$  dari atmosfer (Darezereshki, 2010).

### 4. Daya Hambat terhadap Bakteri

Bakteri yang terdapat dalam rongga mulut berhubungan dengan keadaan kesehatan gigi dan munculnya karies. Karies gigi, suatu penyakit umum di dalam rongga mulut, masih memiliki tingkat prevalensi yang signifikan

di Indonesia. Penyakit ini merupakan infeksi pada bagian keras gigi, termasuk email, dentin, dan sementum. Karies gigi muncul karena aktivitas mikroba yang melakukan fermentasi pada karbohidrat tertentu. Proses ini mengakibatkan demineralisasi pada jaringan keras gigi dan merusak bahan organiknya. Sebagai hasilnya, bakteri dapat menginvasi jaringan pulpa dan menyebar infeksi ke area periapikal. *Streptococcus mutans*, terutama dalam koloni biofilm di permukaan gigi, merupakan faktor utama penyebab karies gigi. Pembentukan biofilm ini bergantung pada karbohidrat dan enzim tertentu yang dihasilkan oleh *S. mutans*, yang pada akhirnya membuat lingkungan dalam mulut menjadi asam dan memicu proses demineralisasi pada gigi (Fatmawati, 2011).

Penggunaan pasta gigi memiliki efek membersihkan sisa-sisa makanan pada gigi. Jika suatu bahan yang dapat menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans* ditambahkan ke dalam formulasi pasta gigi, maka dapat mengurangi risiko terjadinya karies gigi. Pengujian daya hambat bakteri *S. mutans* pada formula pasta gigi dilakukan secara in vitro dengan metode difusi agar berlapis menggunakan pencadang. Metode ini dipilih karena pasta gigi berada dalam bentuk semisolid. Penelitian melibatkan pengujian daya hambat terhadap bakteri *Streptococcus mutans* pada formula pasta gigi berbahan nanokalsium. Formula pasta gigi yang mengandung 5% nanokalsium menunjukkan kemampuan daya hambat terhadap bakteri, dengan diameter daerah hambat rata-rata sebesar 3,43 mm, seperti yang terlihat pada Tabel II dan Gambar 5. Sebaliknya, basis pasta gigi tanpa

nanokalsium tidak memberikan daya hambat terhadap bakteri.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa nanokalsium dari limbah cangkang telur yang digunakan untuk formulasi pasta gigi yang disintesis dengan metode presipitasi berupa kristal berwarna putih dan memiliki morfologi berbentuk lembaran dengan ketebalan tepi berkisar ~15–20 nm. Hasil analisis EDS menunjukkan terdapat spektrum puncak Ca tertinggi, yang mengkonfirmasi adanya pembentukan nanopartikel Ca (nanokalsium). Dari hasil karakterisasi material yang diperoleh dapat dikatakan bahwa sintesis nanokalsium dari cangkang telur telah berhasil dilakukan. Berdasarkan uji daya hambat terhadap bakteri, nanokalsium hasil sintesis tersebut efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen *Streptococcus mutans*.

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Penelitian ini didanai dari hibah Program Penelitian Kompetitif Nasional Penelitian Dosen Pemula Kemenristek Dikti tahun 2023. Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dari Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Adila dan Magang Penelitian Kolaboratif Pusat Riset Teknologi Pertambangan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Lampung atas fasilitas laboratorium yang digunakan dalam penelitian.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Badruddin, I.A. 2021. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pengalaman karies di Indonesia berdasarkan siklus kehidupan (Analisis data Riskesdas 2018) [disertasi]. Depok: Universitas Indonesia.
- Darezereshki, E. 2010. Synthesis of Maghemetute Nanoparticles by Wet Chemical Method at Room Temperature. *Mater. Lett* 64:1471–1472.
- Fatmawati, D. W. A. 2011. Hubungan biofilm *Streptococcus mutans*



- terhadap resiko terjadinya karies gigi. *Stomatognatic* 8(3):127-130.
- Ghiasi, M., Malekzadeh, A. 2012. Synthesis of CaCO<sub>3</sub> Nanoparticles via Citrate Method and Sequential Preparation of CaO and Ca(OH)<sub>2</sub> Nanoparticles. *Crystal Research and Technology* 47:471-478.
- Habte, L., Shiferaw, N., Mulatu, D., Thenepalli, T., Chilakala, R., and Ahn, J. W. 2019. Synthesis of NanoCalcium Oxide from Waste Eggshell by Sol-Gel Method. *Sustainability* 11:3196-3206.
- Khan, M.D., Chottitipawong, T., Vu, H.H.T., Ahn, J.W., Kim, G.M. 2020. Removal of Phosphorus from an Aqueous Solution by Nanocalcium Hydroxide Derived from Waste Bivalve Seashells: Mechanism and Kinetics. *ACS Omega* 5: 12290-12301.
- Lagarde, P., Nerenberg, M.A.H., Farge Lagarde, Y. 1973. Ca(OH)<sub>2</sub> Infrared Vibrational Spectra around 3600 cm<sup>-1</sup>: Experimental and Theoretical Study on Microcrystals and Single Crystals. *Physical Review B* 8:1731-1746.
- Liu, T., Zhu, Y., Zhang, X., Zhang, T., Zhang, T., Li, X. 2010. Synthesis and Characterization of Calcium Hydroxide Nanoparticles by Hydrogen Plasma-Metal Reaction Method. *Mater. Lett* 64:2575-2577.
- Mirghiasi, Z., Bakhtiari, F., Darezereshki, E., Esmaeilzadeh, E. 2014. Preparation and Characterization of CaO Nanoparticles from Ca(OH)<sub>2</sub> by Direct Thermal Decomposition Method. *J. Ind. Eng. Chem* 20:113-117.
- Roy, A., Bhattacharya, J. 2010. Synthesis of Ca(OH)<sub>2</sub> Nanoparticles by Wet Chemical Method. *Micro & Nano Letters* 5: 131-134.
- Roy, A., Bhattacharya, J. 2011. Microwave-assisted Synthesis and Characterization of CaO Nanoparticles International. *Journal of Nanoscience* 10: 413-418.
- Salvadori, B., Dei, L. 2001. Synthesis of Ca(OH)<sub>2</sub> nanoparticles from diols. *Langmuir* 8:2371-2374.
- Vanichvatana, Somkamol, Auychai, Prim. 2013. Efficacy of two calcium phosphate pastes on the remineralization of artificial caries: a randomized controlled double-blind in situ study. *IJOS* 2013(5): 224-228.
- Yadav N.P., Meher J.G., Pandey N., Luqman S., Yadav K.S. and Chanda D. 2013. Enrichment, Development, and Assessment of Indian Basil Oil Based Antiseptic Cream Formulation Utilizing Hydrophilic-Lipophilic Balance Approach. *BioMed Research International* 2013:1-9.