

Potensi Aktivitas Antibakteri *Precipitated Calcium Carbonate (PCC)* dari Batu Kapur Termodifikasi Surfaktan

Nuni Widiarti¹, Maysa Artissiani¹, Sri Wahyuni¹, Endah Widhiastuti², Neli Syahida Ni'ma²

¹Prodi Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

²Prodi Farmasi, FK, Universitas Negeri Semarang

nuni-kimia@mail.unnes.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.15294/ka.v5i1.596>

P-ISSN 2961-7448

ABSTRAK

Penggunaan PCC sebagai agen antibakteri menawarkan peluang besar karena termasuk bahan yang kompatibel, mudah terurai secara hayati, dan ukuran partikel yang kecil. Sintesis PCC yang dikombinasikan dengan surfaktan diharapkan dapat menghasilkan PCC dengan ukuran nanokristal dan mempunyai aktivitas antibakteri yang baik terhadap bakteri *Escherichia coli*. PCC termodifikasi surfaktan PEG, sukrosa dan lerak disintesis menggunakan metode hidrotermal dan dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, PSA, SEM-EDX, serta duji aktivitas antibakteri dengan metode sumuran terhadap bakteri *Escherichia coli*. Hasil FTIR menunjukkan adanya gugus karbonat dari PCC pada bilangan gelombang 875 dan 713 cm⁻¹. Krisnalinitas PCC termodifikasi surfaktan kisaran 34-37% dengan ukuran kristal antara 400-1800 nm. PCC yang terbentuk berupa fasa *calcite* dengan struktur rhombohedral. Hasil uji aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa PCC-sukrosa memiliki aktivitas antibakteri terbaik yaitu 11,91 mm seiring dengan semakin kecil kristalinitas dan ukuran kristal yang dihasilkan.

Kata Kunci: PCC, surfaktan, antibakteri

PENDAHULUAN

Kemunculan mikroba resisten dan infeksi bakteri yang persisten merupakan salah satu masalah kesehatan masyarakat yang serius dan dapat mempengaruhi populasi di negara berkembang serta negara berpenghasilan menengah atau rendah (Khan *et al.*, 2020). Salah satu bakteri yang rentan terhadap kesehatan manusia adalah bakteri *Escherichia coli*. Bakteri *Escherichia coli* merupakan kelompok bakteri patogen yang mempunyai kemampuan untuk mengkolonisasi usus kecil, memproduksi dan mengirimkan enterotoksin yang bersifat labil terhadap panas (*heat-labile*) dan stabil terhadap panas (*heat-stable*) yang dikodekan oleh *plasmid* (Fleckenstein *et al.*, 2010). Bakteri ini termasuk bakteri patogen yang umumnya ditemukan pada usus manusia menyebabkan penyakit diare baik pada anak-anak maupun orang dewasa (Puteri & Milanda, 2016). Dalam hal ini, penelitian antibakteri berbasis nanomaterial menjadi topik yang menarik karena memiliki sifat antibakteri yang menguntungkan. Nanomaterial mempunyai karakteristik yang menarik seperti ukuran partikel yang kecil, rasio permukaan terhadap volume yang besar, serta kemampuannya sebagai antibakteri yang efektif dibandingkan dengan material berukuran mikron (Khan *et al.*, 2021).

Kalsium karbonat (CaCO_3) merupakan bahan yang banyak dimanfaatkan dalam industri kimia contohnya sebagai bahan pelapis, pengisi kertas, pasta gigi, cat dan sebagainya (Ariono, 2008). Selain itu, CaCO_3 memiliki banyak pengaplikasian dalam bidang obat-obatan misalnya sebagai antasida lambung, penambah kalsium yang bergizi dan bertindak sebagai pengikat fosfat untuk mengatasi hipofosfatemia (Kumar *et al.*, 2021). Akan tetapi, penelitian terkait pemanfaatan kalsium karbonat sebagai antibakteri belum banyak dilaporkan. Umumnya, antibakteri berbasis CaO dikombinasikan dengan beberapa oksida logam, seperti CaO yang dikombinasikan dengan Ag memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* (Khan *et al.*, 2020). CaCO_3 yang dikombinasikan dengan ZnO dalam skala nano menunjukkan aktivitas antibakteri yang baik terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* (Kumar *et al.*, 2021). *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) merupakan endapan

kalsium karbonat yang dihasilkan dari reaksi bahan-bahan alami seperti: dolomit, *calcite*, batu kapur, batu gamping dan marmer (Abeywardena *et al.*, 2020). Penggunaan PCC sebagai agen antibakteri menawarkan peluang besar karena termasuk bahan yang kompatibel, mudah terurai secara hayati dan ukuran partikel yang kecil. Sintesis PCC yang dikombinasikan dengan surfaktan diharapkan dapat menghasilkan PCC dengan ukuran nanokristal dan mempunyai aktivitas antibakteri yang baik terhadap bakteri *Escherichia coli*. Surfaktan PEG dipilih karena efektif dalam menghasilkan material berukuran nanokristal (Somarathna *et al.*, 2016) sedangkan sukrosa dan lerak (*Sapindus rarak*) merupakan surfaktan alami yang juga dapat menghasilkan material nanokristal yang baik pada sintesis CaO dan ZnO (Somarathna *et al.*, 2016; Maryanti *et al.*, 2014).

METODE

Pada bab ini akan dibahas mengenai sintesis dan karakterisasi PCC dari dolomit Madura dengan modifikasi surfaktan PEG, sukrosa dan rarasaponin dari lerak untuk menghasilkan PCC berukuran nanokristal yang kemudian dilakukan uji aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli*.

PEMBAHASAN

ANTIBAKTERI

Antibakteri merupakan suatu zat yang dapat mengganggu pertumbuhan serta metabolisme pada bakteri. Zat antibakteri dapat digunakan jika mempunyai difat beracun yang selektif sehingga dapat membunuh bakteri tanpa meracuni penderitanya. Aktivitas zat antibakteri bergantung pada beberapa faktor seperti aktivitas metabolisme bakteri, jumlah bakteri yang ada, pH, lamanya inkubasi dan suhu stabilitas senyawa (Tuntun, 2016).

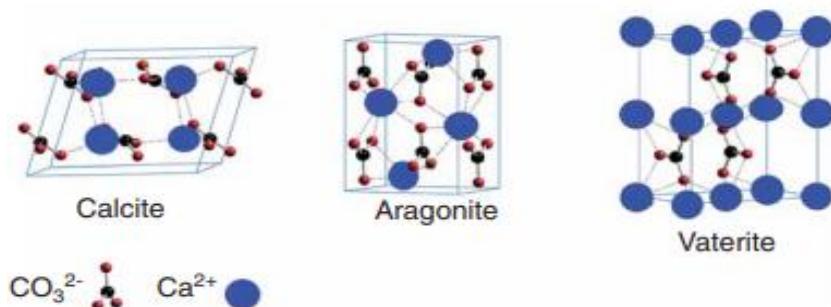
Berdasarkan cara kerjanya, antibakteri dibagi menjadi dua yaitu bakteriostatik dan bakterisidal. Antibakteri bakteriostatik merupakan senyawa yang bekerja dengan cara mengganggu pertumbuhan bakteri sedangkan antibakteri bakterisidal merupakan senyawa yang bekerja dengan cara

mematikan bakteri. Mekanisme kerja antibakteri dibagi menjadi lima antara lain mengganggu kerja enzim, mengganggu sintesis dinding sel, mengganggu sintesis asam nukleat dan protein, serta melakukan perubahan permeabilitas sel dan molekul asam nukleat (Wilapangga & Syaputra, 2018).

Senyawa oksida logam maupun mineral anorganik dalam skala nanometer berpotensi sebagai agen antibakteri, Dalam skala nano, senyawa tersebut memiliki luas permukaan partikel yang lebih besar daripada skala mikro. Luas permukaan yang besar dapat meningkatkan permeabilitas senyawa partikel nano sehingga meningkatkan aktivitas antibakteri (Ningsih, 2015).

PRECIPITATED CALCIUM CARBONATE (PCC)

Kalsium karbonat (CaCO_3) merupakan salah satu biomineral anorganik yang memiliki sejarah panjang pemanfaatan di berbagai bidang. CaCO_3 telah digunakan sebagai agen perekat di banyak bidang industri seperti: karet, plastik, cat, kertas, tinta dan makanan. Karena ketersediaan, toksisitas yang rendah dan biodegradabilitas yang lambat dari CaCO_3 , senyawa ini telah digunakan dalam pengendalian pengiriman obat, biosensing dan enkapsulasi protein dalam farmasi (Dizaj *et al.*, 2015).



Gambar 1. Polimorf yang berbeda dari CaCO_3
(Dizaj *et al.*, 2015)

Terdapat dua sumber kalsium karbonat yaitu *Ground Calcium Carbonate* (GCC) dan *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC). GCC dan PCC mempunyai komposisi kimia yang sama dengan morfologi serta ukuran yang berbeda. PCC lebih murni daripada GCC. GCC memiliki bentuk rhombohedral yang tidak beraturan. Morfologi kristal PCC bergantung pada produk

akhir dan sebagian besar partikelnya teratur dan seragam dibandingkan dengan GCC (Jimoh *et al.*, 2018). GCC diekstraksi dari bumi yang selanjutnya digiling baik dalam kondisi kering maupun basah bergantung pada produk akhir persyaratannya. GCC tersedia dalam jumlah yang bervariasi dalam bentuk *calcite*, *aragonite*, *vaterite*, batu kapur, kapur, marmer, maupun *travertine*. Di sisi lain, PCC memiliki tiga jenis fasa kristal meliputi: *calcite*, *vaterite* dan *aragonite*. *Calcite* merupakan fasa kristal yang stabil secara termodinamika pada temperatur ruang. *Aragonite* lebih padat dan lebih mudah larut daripada *calcite*. *Aragonite* bersifat metastabil dan berubah secara perlahan menjadi *calcite*. *Vaterite* merupakan *polimorf* yang paling tidak stabil secara termodinamika (Erdogan & Eken, 2017).

Kalsium karbonat tersedia sebagai tiga *polimorf* kristal *anhidrat*. *Calcite* berbentuk belah ketupat, *aragonite* seperti: jarum dan *vaterite* berbentuk seperti bola. Bentuk morfologi CaCO₃ berbeda-beda berhubungan dengan kondisi sintesis seperti: konsentrasi reaktan, suhu dan sifat aditifnya. Kristal *calcite* memiliki bentuk *rhombohedral*. Kristal *aragonite* berbeda dari *calcite* yaitu berbentuk ortorombik dengan asikular kristal. Bentuk *aragonite* ada secara alami hampir di semua cangkang moluska dan di endoskeleton karang air. *Vaterite* memiliki bentuk kristal heksagonal dan terjadi secara alami di mata air mineral, jaringan organik, batu empedu dan batu saluran kemih (Dizaj *et al.*, 2015).

SURFAKTAN

Surfaktan merupakan senyawa kimia yang memiliki sifat ampfilik di mana dalam satu molekul surfaktan terdapat sifat hidrofobik dan hidrofilik. Struktur kimia dari gugus hidrofobik dan hidrofilik yang menyusun surfaktan menjadi penentu sifat surfaktan. Molekul surfaktan terdiri dari dua gugus yaitu gugus hidrofilik (kepala) dan gugus hidrofobik (ekor). Sifat hidrofobik dan hidrofilik dalam satu molekul ini mengakibatkan surfaktan bisa berinteraksi dengan komponen baik yang bersifat hidrofobik maupun yang bersifat hidrofilik (Reningtyas & Mahreni, 2015).



Gambar 2. Skema molekul surfaktan
(Syukri & Masyithah, 2018)

Surfaktan termasuk senyawa yang dapat digunakan dalam mengontrol ukuran partikel skala nanometer. Surfaktan mengandung gugus polar yang dapat membentuk ikatan kovalen dengan nanopartikel anorganik dan dapat berinteraksi dengan situs kationik nanopartikel anorganik melalui interaksi elektrostatik. Interaksi ini membantu dalam mencegah pertumbuhan kristal sehingga memperketat ukuran partikel anorganik agar tetap dalam skala nano. Di samping itu, surfaktan dapat berperan dalam menurunkan energi permukaan sehingga mencegah terjadinya proses aglomerasi pada nanopartikel (Somaratna *et al.*, 2016).

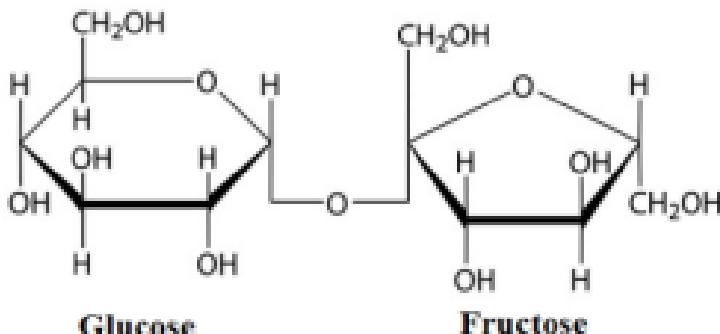
Surfaktan merupakan senyawa aktif permukaan dengan potensi yang signifikan dalam industri makanan, minuman, obat-obatan dan industri farmasi. Dalam pembuatan surfaktan, dapat disintesis secara kimiawi maupun ditemukan secara alami (Wisetkomolmat *et al.*, 2020). Surfaktan alami merupakan jenis surfaktan yang diperoleh dari bahan alami. Sumber surfaktan alami berasal dari hewan maupun tanaman yang diproduksi melalui beberapa tahapan pemisahan seperti presipitasi, ekstraksi dan distilasi (Syukri & Masyithah, 2018). Contoh dari surfaktan alami yaitu sukrosa dan lerak (*Sapindus rarak*) sedangkan surfaktan sintetik yaitu PEG.



Gambar 3. Struktur Kimia PEG
(Wang *et al.*, 2014)

Poly(ethylene glycol) atau PEG merupakan surfaktan non ionik yang tidak beracun, terdiri dari gugus hidrofobik (-CH₂-CH₂-) dan gugus hidrofilik (-OH dan -O-). PEG memiliki struktur linier atau bercabang. PEG dapat membentuk kompleks logam

dengan berbagai konformasi dikarenakan adanya gugus hidrofilik. Gugus ini bertindak sebagai donor ion logam dalam membentuk kompleks logam. Pada saat yang bersamaan, PEG dapat memberikan penghalang sterik karena volume eksklusi yang besar dalam larutan air sehingga dapat menghambat agregasi partikel (Wang *et al.*, 2014 ; Somarathna *et al.*, 2016).



Gambar 4. Struktur Kimia Sukrosa
(Chaouqi *et al.*, 2018)

Sukrosa merupakan jenis surfaktan non ionik yang diperoleh dari minyak nabati dengan cara disintesis. Sukrosa memiliki sifat yang sangat baik sebagai *emulsifying* (pengemulsi), *foaming* (pembusaan), *detergenty* (detergen) dan *silibizing* (pelarutan). Sukrosa diperoleh melalui proses interesterifikasi ester minyak nabati atau asam lemak dengan sukrosa menggunakan pelarut atau tanpa pelarut pada kondisi tertentu (Sukmawati *et al.*, 2023).



Gambar 5. Buah lerak (*Sapindus rarak*)
(Wisetkomolmat *et al.*, 2019)

Lerak atau *Sapindus rarak* merupakan salah satu tanaman sebagai sumber surfaktan alami yang menunjukkan sifat berbusa. Ekstrak metanol dari tanaman ini mengandung berbagai saponin seperti saponin triterpen tipe oleanane terasilasi, rarasaponin dan hederagenin. Ekstrak metanol dari tanaman ini menunjukkan efek penghambatan pada aktivitas lipase pankreas dan pada kulit yang iritasi. Selain itu, buah dari tanaman ini biasanya digunakan untuk membersihkan dan mencuci pakaian karena dapat dijadikan sebagai detergen alami. Surfaktan alami seperti saponin memiliki berbagai manfaat dikarenakan aman bagi lingkungan, tidak beracun, biodegradabilitas yang baik dan terbarukan (Wisetkomolmat *et al.*, 2019).

SINTESIS PCC TERMODIFIKASI SURFAKTAN

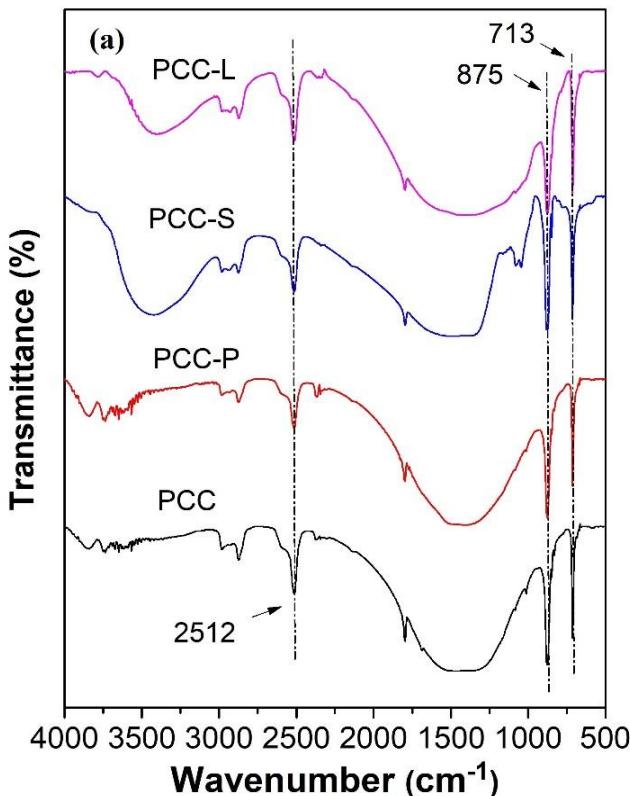
Sintesis PCC berdasarkan penelitian Abeywardena *et al.*, (2020) dengan modifikasi menggunakan metode hidrotermal. Bahan yang digunakan meliputi: batu kapur Madura, surfaktan PEG, sukrosa dan rara saponin, Na_2CO_3 , HCl, dan akuades. Batu kapur yang telah dikalsinasi kemudian ditambahkan ke dalam larutan surfaktan dengan perbandingan massa 1:3. Selanjutnya diaduk selama 2 jam pada suhu 60°C dengan kecepatan 600 rpm. Campuran disaring kemudian filtrat yang diperoleh ditambahkan dengan larutan HCl hingga pH 6. Lalu ditambahkan larutan Na_3CO_3 hingga pH 13. Campuran dimasukkan ke dalam reaktor hidrotermal dan dioven pada suhu 110°C selama 72 jam. Endapan putih yang diperoleh kemudian disaring dan dicuci dengan akuades hingga filtrat netral. Selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 12 jam. Karakterisasi padatan PCC dilakukan menggunakan XRD untuk penentuan fasa dan kristalinitas, PSA untuk analisis ukuran kristal, FTIR untuk analisis gugus fungsi dan SEM untuk analisis morfologi. Uji aktivitas antibakteri PCC dilakukan dengan metode sumuran terhadap bakteri *Escherichia coli*.

KARAKTERISASI PCC TERMODIFIKASI SURFAKTAN

Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

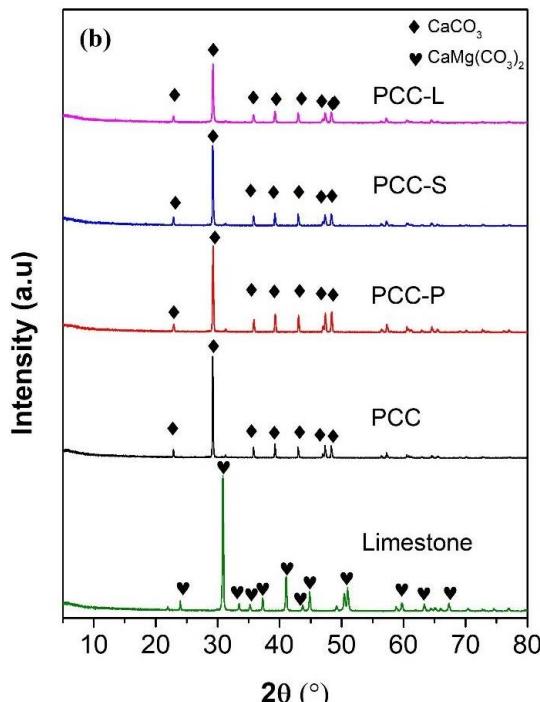
digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsional dari PCC termodifikasi surfaktan secara kualitatif. Analisis FTIR dilakukan pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} . Hasil analisis FTIR pada Gambar 6. menunjukkan pita serapan terkait vibrasi peregangan ikatan C-O dari gugus karbonat yaitu peregangan simetris, teukan di luar bidang, peregangan asimetris degenerasi ganda yang sangat luas dan teukan bidang degenerasi ganda yang merupakan pita serapan yang lemah (Abeywardena *et al.*, 2020). Pita serapan pada bilangan gelombang 875 dan 713 cm^{-1} merupakan karakteristik dari gugus fungsi karbonat senyawa CaCO_3 (Somaratna *et al.*, 2016). Pita pada 2512 cm^{-1} merupakan puncak kombinasi vibrasi asimetris karbonat dari *calcite* dan *valerite*. Pita pada bilangan gelombang 3500 cm^{-1} adalah getaran regangan dari -OH dalam H_2O yang hanya diamati pada PCC-S dan PCC-L. Hal ini menunjukkan bahwa sukrosa dan lerak menghasilkan PCC yang lebih mudah menyerap air/ H_2O .



Gambar 6. Spektrum FTIR PCC, PCC-PEG, PCC-sukrosa, dan PCC-lerak

Analisis Fasa Kristal dan Kristalinitas menggunakan XRD (*X-ray Diffraction*)

Analisis *X-ray Diffraction* (XRD) digunakan untuk menganalisis fasa kristal dan kristalinitas dari PCC termodifikasi surfaktan. Analisis XRD dilakukan pada kisaran sudut (2θ) antara $5-80^\circ$. Difraktogram dari PCC tanpa surfaktan dan dengan modifikasi surfaktan dapat dilihat pada Gambar 7. Hasil analisis PCC menggunakan XRD selanjutnya dicocokkan dengan data *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS) sebagai pembanding. Dari hasil analisis difraksi sinar-X, dapat dilihat bahwa batu kapur memberikan karakteristik dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Penggunaan bahan aktif permukaan seperti surfaktan dalam proses pemisahan menghasilkan pembentukan PCC (CaCO_3). Puncak karakteristik CaCO_3 pada $2\theta = 23; 29,35; 31,39; 35,94; 39,39; 43,13; 47,48; 48,49^\circ$ sesuai dengan JCPDS 47-1743 yang merupakan fasa *calcite* dengan sistem kristal rhombohedral (Widianto *et al.*, 2017).



Gambar 7, Difraktogram PCC, PCC-PEG, PCC-sukrosa, dan PCC-lerak

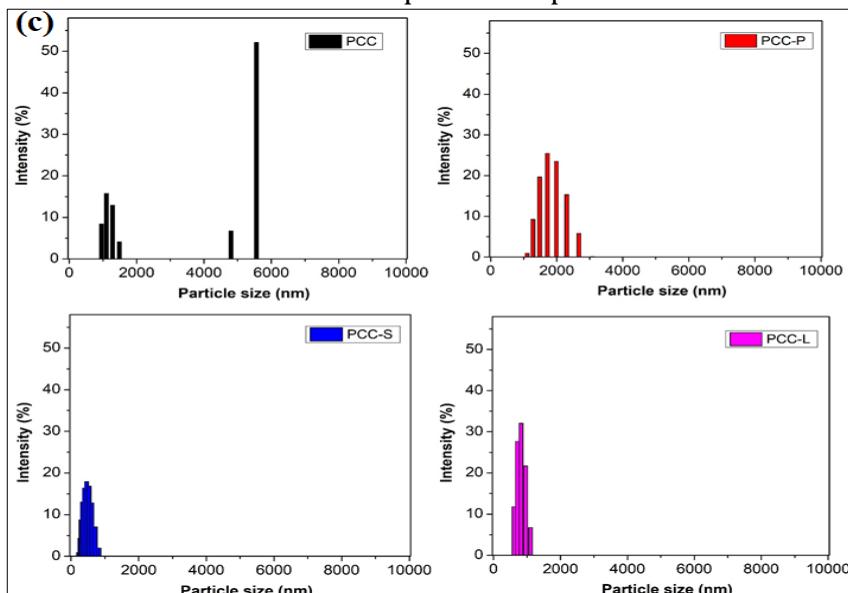
Jenis surfaktan tidak mempengaruhi jenis CaCO₃ yang dihasilkan, akan tetapi mempengaruhi kristalinitas yang dapat dilihat pada Tabel 1. Penggunaan surfaktan secara umum mengurangi kristalinitas PCC. Penggunaan surfaktan PEG dan sukrosa memberikan kristalinitas tertinggi yaitu 37,7 dan 38,9 % sedangkan penggunaan lerak pada PCC memberikan kristalinitas yang lebih rendah yaitu 34,7%.

Tabel 1. Perhitungan Kristalinitas

Sampel	Kristalinitas (%)
PCC	69,2
PCC-P	37,7
PCC-S	38,9
PCC-L	34,7

Analisis PSA (*Particle Size Analyzer*)

Analisis menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) bertujuan untuk menentukan efek dari bahan aktif permukaan terhadap ukuran partikel PCC yang berasal dari dolomit Madura. Hasil analisis PSA dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Analisis Distribusi Ukuran Partikel PCC, PCC-PEG, PCC-sukrosa, dan PCC-lerak

Hasil analisis menggunakan PSA menunjukkan bahwa kehadiran surfaktan PEG, sukrosa, dan lerak dapat mengurangi ukuran partikel rata-rata PCC sebesar 3,7; 1,8; 0,45; dan 0,82

µm. Kehadiran bahan aktif permukaan efektif dalam mengurangi ukuran partikel dengan mengubah partikel besar menjadi partikel yang lebih kecil dan seragam (Widiarti *et al.*, 2021). Seperti yang telah dikonfirmasi oleh hasil XRD, penurunan ukuran partikel dari partikel besar menjadi partikel kecil sejalan dengan berkurangnya kristalinitas pada PCC-P, PCC-S, dan PCC-L jika dibandingkan dengan PCC tanpa penambahan surfaktan. Berdasarkan hasil analisis XRD dan PSA, menunjukkan hasil bahwa pada penambahan surfaktan seperti: PEG, sukrosa dan lerak ke dalam PCC mengakibatkan bahan menjadi lebih kecil dan kristalinitas semakin berkurang.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Ukuran Partikel

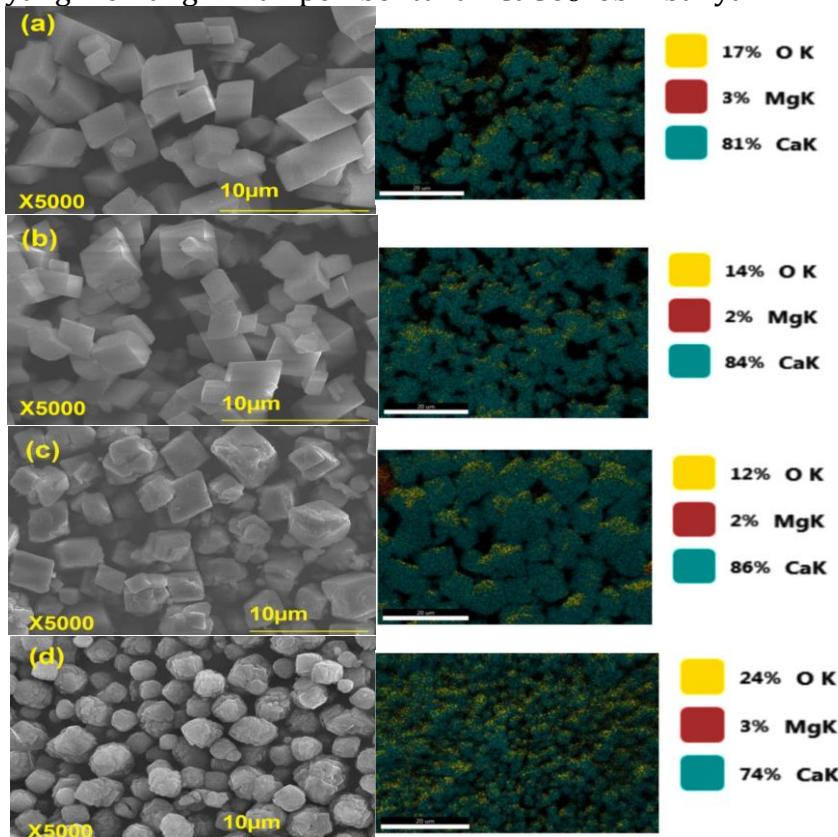
Sampel	Ukuran Partikel (nm)
PCC	3699,5
PCC-P	1836,2
PCC-S	465,7
PCC-L	816,4

ANALISIS SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Analisis menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) bertujuan untuk menentukan morfologi permukaan dari PCC tanpa surfaktan dan dengan modifikasi surfaktan. Morfologi permukaan PCC hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 9. Berdasarkan hasil analisis menggunakan SEM, dapat dilihat bahwa total PCC yang berasal dari dolomit merupakan kubik atau heksagonal yang khas dari *calcite* (López-Periago *et al.*, 2010). Morfologi permukaan pada PCC tanpa surfaktan dan PCC dengan surfaktan PEG adalah kubus yang terlihat utuh, halus, dan memiliki struktur kristal yang baik. Penggunaan PEG menghasilkan PCC yang lebih kecil dibandingkan pada PCC tanpa surfaktan. Penggunaan surfaktan alami seperti sukrosa dan lerak menghasilkan PCC dengan kristalinitas yang berkurang. Morfologi PCC terlihat seperti kubus yang retak dan beberapa PCC membentuk lapisan dan aglomerasi.

Analisis menggunakan *Energy Dispersive X-ray* (EDX) digunakan untuk mengetahui kandungan unsur yang ada dalam PCC. Hasil analisis menggunakan EDX menunjukkan bahwa komposisi Ca dalam setiap sampel kisaran 74-86%. Penggunaan surfaktan PEG dan sukrosa mampu meningkatkan

kemurnian Ca hingga 85% sedangkan lerak hanya mampu meningkatkan kemurniannya dari dolomit sebesar 74%. Namun, semua surfaktan mampu secara efektif mengurangi Mg sampai komposisi Mg hanya sebesar 3%. Penggunaan surfaktan lerak meningkatkan komposisi oksigen hingga 24% yang memungkinkan pembentukan CaCO_3 lebih banyak.



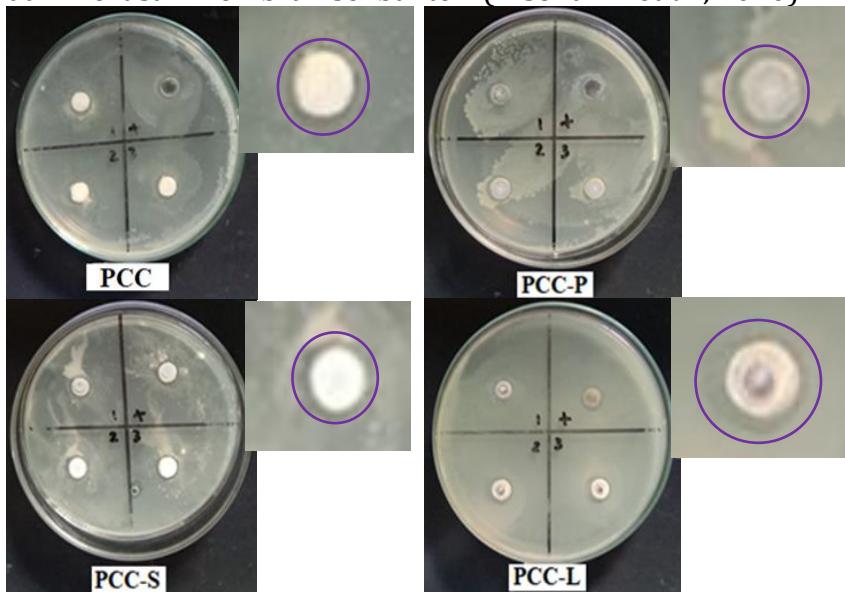
Gambar 9. Hasil SEM dari PCC (a), PCC-PEG (b), PCC-S (c), dan PCC-L (d)

UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI

Pengujian aktivitas antibakteri PCC tanpa surfaktan dan dengan surfaktan PEG, sukrosa dan lerak menggunakan metode sumuran terhadap bakteri *Escherichia coli*. Metode difusi sumuran merupakan salah satu metode pengujian aktivitas antibakteri dengan cara membuat lubang pada media *nutrient agar* yang berisi bakteri uji. Prinsip dari metode ini ialah terdifusinya senyawa antibakteri ke dalam media agar yang telah diinokulasi dengan bakteri uji (*Nurhayati et al.*,

2020).

Berdasarkan hasil uji aktivitas antibakteri pada Gambar 10., dapat dilihat bahwa PCC tanpa surfaktan dan dengan surfaktan PEG, sukrosa, serta lerak mempunyai kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif yaitu *Escherichia coli*. Hasil uji antibakteri (Tabel 3.) menunjukkan bahwa PCC dengan penambahan surfaktan PEG, sukrosa dan lerak memberikan aktivitas antibakteri yang lebih baik jika dibandingkan dengan PCC tanpa surfaktan. Aktivitas antibakteri pada PCC dimungkinkan karena pembentukan superokksida dan *Reactive Oxygen Species* (ROS) seperti H_2O dan H_2O_2 dari permukaan $CaCO_3$ yang menghasilkan radikal bebas dan merusak membran sel bakteri (Alsohaimi *et al.*, 2020).



Gambar 10. Hasil Uji Antibakteri PCC, PCC-PEG, PCC-S, dan PCC-L

Aktivitas penghambatan PCC tanpa surfaktan dan dengan surfaktan berhubungan dengan struktur dinding sel pada bakteri *Escherichia coli*. Bakteri ini termasuk ke dalam kelompok bakteri gram negatif yang tersusun atas lapisan peptidoglikan yang tipis. Selain itu, bakteri gram negatif memiliki membran luar yang terdiri atas lipopolisakarida (LPS) yang penting untuk integrasi struktur bakteri. Meskipun demikian, surfaktan memiliki kemampuan untuk melonggarkan lapisan lipopolisakarida serta memfasilitasi

penetrasi ion logam Ca^{2+} sehingga mudah masuk ke dalam sel bakteri dan menyebabkan kerusakan pada sel bakteri (Salama *et al.*, 2016).

Tabel 3. Diameter Zona Hambat PCC, PCC-PEG, PCC-S, dan PCC-L terhadap Bakteri *Escherichia coli*

Sampel	Diameter Zona Hambat (mm)
PCC	8,99
PCC-P	9,76
PCC-S	11,91
PCC-L	10,73

Aktivitas antibakteri yang dihasilkan juga memiliki keterkaitan dengan ukuran kristal yang dihasilkan. Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa aktivitas antibakteri PCC dengan penambahan surfaktan semakin meningkat seiring dengan semakin kecilnya ukuran kristal yang dihasilkan. Ukuran kristal yang kecil memungkinkan untuk menembus dan merusak membran sel pada bakteri. Mekanisme PCC termodifikasi surfaktan sebagai antibakteri yaitu berinteraksi dengan membran bakteri yang menyebabkan terjadinya perubahan permeabilitas serta kerusakan membran sel sehingga menghambat pertumbuhan bakteri (Notriawan *et al.*, 2020).

PENUTUP

Precipitated Calcium Carbonate (PCC) dari dolomit Madura dengan modifikasi surfaktan PEG, sukrosa dan lerak berhasil disintesis menggunakan metode hidrotermal. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan serapan gugus karbonat pada bilangan gelombang 875 dan 713 cm^{-1} . Hasil analisis XRD menunjukkan PCC dengan surfaktan membentuk fasa *calcite* dengan struktur rhombohedral. Krisnalinitas PCC dengan surfaktan kisaran 34-37% dengan ukuran kristal antara 400-1800 nm. Hasil uji antibakteri menunjukkan bahwa PCC dengan surfaktan sukrosa memiliki aktivitas penghambatan paling baik yaitu 11,91 mm terhadap bakteri *Escherichia coli*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abeywardena, M. R., Elkaduwe, R. K. W. H. M. K., Karunaratne, D. G. G. P., Pitawala, H. M. T. G. A., Rajapakse, R. M. G., Manipura, A., & Mantilaka, M. M. M. G. P. G. (2020). Surfactant assisted synthesis of precipitated calcium carbonate nanoparticles using dolomite: Effect of pH on morphology and particle size. *Advanced Powder Technology*, 31 (1), 269–278. <https://doi.org/10.1016/j.apt.2019.10.018>
- Alsohaimi, I. H., Nassar, A. M., Seaf Elnasr, T. A., & Cheba, B. amar. (2020). A novel composite silver nanoparticles loaded calcium oxide stemming from egg shell recycling: A potent photocatalytic and antibacterial activities. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119274. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119274>
- Ariono, C. D. (2008). Sintesis Kalsium Karbonat Presipitat. *EKSERGI*, 9 (1), 11–15.
- Chaouqi, S., Khiraoui, A., & Benhmimou, A. (2018). Effect of Stevia rebaudiana, sucrose and aspartame on human health: A comprehensive review. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 6 (1), 102–108.
- Dizaj, S. M., Barzegar-Jalali, M., Zarrintan, M. H., Adibkia, K., & Lotfipour, F. (2015). Calcium carbonate nanoparticles as cancer drug delivery system. *Expert Opinion on Drug Delivery*, 12 (10), 1649–1660. <https://doi.org/10.1517/17425247.2015.1049530>
- Erdogan, N., & Eken, H. A. (2017). Precipitated Calcium carbonate production, synthesis and properties. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 53 (1), 57–68. <https://doi.org/10.5277/ppmp170105>
- Fleckenstein, J. M., Hardwidge, P. R., Munson, G. P., Rasko, D. A., Sommerfelt, H., & Steinsland, H. (2010). Molecular mechanisms of enterotoxigenic Escherichia coli infection. *Microbes and Infection*, 12 (2), 89–98. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2009.10.002>
- Jimoh, O. A., Ariffin, K. S., Hussin, H. Bin, & Temitope, A. E. (2018). Synthesis of precipitated calcium carbonate: a review. *Carbonates and Evaporites*, 33 (2), 331–346. <https://doi.org/10.1007/s13146-017-0341-x>
- Khan, Khan, Q. U., Tahur, K., Ullah, S., Arooj, A., Li, B., ... Ullah, I.

- (2021). A Tagetes minuta based Eco-benign Synthesis of Multifunctional Au/MgO Nanocomposite with Enhanced Photocatalytic, antibacterial and DPPH Scavenging Activities. *Materials Science and Engineering C*, 126, 112146. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2021.112146>
- Khan, Mazumdar, A., Pathak, S., Paul, P., Behera, S. K., Tamhankar, A. J., & K., T. S. (2020). Biointerfaces Biogenic Ag/CaO Nanocomposites Kill Staphylococcus aureus with Educed Toxicity Towards Mammalian Cells. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 189 (November 2019), 110846. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2020.110846>
- Kumar, L. S., Shantha, V., Naik, C., Singh, C. R., & Hariharan, P. (2021). Synthesis , characterization and antibacterial studies of calcite-zincite nanoparticles. *Materials Today: Proceedings*, 46, 2520–2527. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.644>
- López-Periago, A. M., Pacciani, R., García-González, C., Vega, L. F., & Domingo, C. (2010). A breakthrough technique for the preparation of high-yield precipitated calcium carbonate. *Journal of Supercritical Fluids*, 52 (3), 298–305. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2009.11.014>
- Maryanti, E., Damayanti, D., Gustian, I., & Yudha S, S. (2014). Synthesis of ZnO nanoparticles by hydrothermal method in aqueous rinds extracts of Sapindus rarak DC. *Materials Letters*, 118, 96–98. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2013.12.044>
- Ningsih, S. K. W. (2015). Effect of Various Solvent on the Synthesis of NiO Nanopowders by Simple Sol-gel Methods and Its Characterization. *Indones. J. Chem.*, 15 (1), 50–55.
- Notriawan, D., Ernis, G., Wibowo, R. H., Pertiwi, R., & Malau, T. R. (2020). Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Perak Hasil Green Synthesis Menggunakan Ektrak Kulit Buah Kemuning (Murraya Paniculata (L) Jack). *BIOEDUSAINS:Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 3 (2), 140–144. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v3i2.1850>
- Nurhayati, L. S., Yahdiyani, N., & Hidayatulloh, A. (2020). Perbandingan Pengujian Aktivitas Antibakteri Starter Yogurt dengan Metode Difusi Sumuran dan Metode Difusi

- Cakram. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 1(September), 41–46.
<https://doi.org/10.24198/jthp.v1i2.27537>
- Puteri, T., & Milanda, T. (2016). Uji Daya Hambat Ekstrak Daun Lidah Buaya (*Aloe Vera L.*) terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*: Review. *Farmaka*, 14 (2), 9–17.
<https://doi.org/https://doi.org/10.24198/jf.v14i2.10784.g5147>
- Reningtyas, R., & Mahreni. (2015). Biosurfactant. *Eksbergi*, 12 (2), 12–22. <https://doi.org/10.31315/e.v12i2.1354>
- Salama, T. M., Ali, I. O., Gumaa, H. A., Lateef, M. A., & Bakr, M. F. (2016). Novel Synthesis of Nay Zeolite from Rice Husk Silica: Modification with Zno and Zns for Antibacterial Application. *Chemical Sciences Journal*, 07 (01). <https://doi.org/10.4172/2150-3494.1000118>
- Somarathna, Y. R., Mantilaka, M. M. M. G. P. G., Karunaratne, D. G. G. P., Rajapakse, R. M. G., Pitawala, H. M. T. G. A., & Wijayantha, K. G. U. (2016). Synthesis of high purity calcium carbonate micro- and nano-structures on polyethylene glycol templates using dolomite. *Crystal Research and Technology*, 51 (3), 207–214. <https://doi.org/10.1002/crat.201500190>
- Sukmawati, Lestari, P. P., & Yusnita, E. (2023). Optimasi Waktu Pengoperasian Dan Volume Pelarut Pada Pembuatan Sukrosa Ester Dari Metil Ester. *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, 7 (1), 73–78.
- Syukri, M., & Masyithah, Z. (2018). Sintesis Stearamida dari Asam Stearat dan Urea Menggunakan Pelarut Campuran: Pengaruh Temperatur dan Waktu Reaksi. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 7 (1), 5–8.
- Tuntun, M. (2016). Uji Efektivitas Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya L.*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Kesehatan*, 7 (3), 497. <https://doi.org/10.26630/jk.v7i3.235>
- Wang, Y., Cai, L.-Q., Nugraha, B., Gao, Y., & Leo, H. L. (2014). Current Hydrogel Solutions for Repairing and Regeneration of Complex Tissues. *Current Medicinal Chemistry*, 21 (22), 2480–2496. <https://doi.org/10.2174/09298673216661312121518>

55

- Widianto, E., Kardiman, Bayuseno, A. P., & Muryanto, S. (2017). Identifikasi Struktur Kristal dan Morfologi Endapan Kalsium Karbonat (CaCO_3) pada Pipa Tembaga. *Barometer*, 2 (2), 60–63.
- Widiarti, N., Bahruji, H., Holilah, H., Ni'mah, Y. L., Ediati, R., Santoso, E., ... Prasetyoko, D. (2021). Upgrading catalytic activity of $\text{NiO}/\text{CaO}/\text{MgO}$ from natural limestone as catalysts for transesterification of coconut oil to biodiesel. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13 (4), 3001–3015. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01373-5>
- Wilapangga, A., & Syaputra, S. (2018). Analisis Antibakteri Metode Agar Cakram dan Uji Toksisitas Menggunakan Bslt (Brine Shrimp Lethality Test) dari Ekstrak Metanol Daun Salam (*Eugenia polyantha*). *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 2, 50.
- Wisetkomolmat, J., Suksathan, R., Puangpradab, R., Kunasakdakul, K., Jantanasakulwong, K., Rachtanapun, P., & Sommano, S. R. (2020). Natural surfactant saponin from tissue of *litsea glutinosa* and its alternative sustainable production. *Plants*, 9 (11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/plants9111521>
- Wisetkomolmat, J., Suppakittpaisarn, P., & Sommano, S. R. (2019). Detergent plants of Northern Thailand: Potential sources of natural saponins. *Resources*, 8 (1), 1–14. <https://doi.org/10.3390/resources8010010>