******

**JURNAL INTEGRASI PROSES**

**Website: http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip**

 ***Submitted : xxxxx Revised : xxxxx Accepted : xxxxx***

**PENGARUH TEMPERATUR SINTESIS *PRECIPITATED CALCIUM CARBONATE* (PCC) DENGAN *MODIFIER* TERHADAP UKURAN DAN JENIS KRISTAL**

**Sri Wardhani1\*, Miralda Syakirah1, Darjito1, Danar Purwonugroho1**

1Kimia, FMIPA, Universitas Brawijaya

\*Email: wardhani@ub.ac.id

**Abstrak**

Batu kapur dapat ditingkatkan nilai dan kualitasnya melalui proses sintesis *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC). PCC banyak digunakan dalam industri kertas karena memiliki keunggulan ukuran partikel yang lebih seragam serta derajat kecerahan dan kemurnian yang lebih tinggi. Review artikel ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur sintesis PCC dengan *modifier* terhadap ukuran dan jenis kristal, mengetahui pengaruh penambahan *modifier* terhadap ukuran partikel PCC serta mengetahui kondisi sintesis yang menghasilkan PCC yang dapat diaplikasikan dalam industri kertas. Review artikel ini menggunakan metode kajian pustaka berdasarkan literatur jurnal ilmiah dengan menggunakan satu jurnal PCC tanpa *modifier* dan lima jurnal PCC dengan *modifier* yaitu *Sodium Deoxycholate* (SDC), asam oleat, *dodecyltrimethylammonium bromide* (DTAB), etilen glikol, dan *ethylenediaminetetraacetic acid* (EDTA). Metode sintesis yang digunakan dari jurnal yang diteliti adalah metode kaustik soda dan karbonasi. Penentuan jenis kristal PCC menggunakan data hasil *X-Ray Diffraction* (XRD) dan penentuan ukuran partikel menggunakan data hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Particle Size Analyzer* (PSA). Berdasarkan hasil review artikel terhadap jurnal penelitian yang digunakan, temperatur reaksi mempengaruhi ukuran dan jenis kristal PCC dengan *modifier*. Jenis kristal kalsit terbentuk pada temperatur rendah (≤30°C), vaterit umum terbentuk pada temperatur ≥40°C, dan aragonit terbentuk pada temperatur tinggi ≥60°C. Semakin tinggi temperatur, ukuran PCC yang dihasilkan cenderung meningkat. Penambahan *modifier* mempengaruhi ukuran kristal PCC dengan menghasilkan ukuran yang lebih kecil dibanding dengan PCC tanpa *modifier.* Ukuran partikel yang dihasilkan sebesar 0,6‒10 µm.

**Kata Kunci**: *PCC, modifier, temperatur, jenis kristal, ukuran partikel*

***Abstract***

Limestone can be increased in value and quality through the synthesis process of Precipitated Calcium Carbonate (PCC). PCC is widely used in the paper industry because it has the advantages of a more uniform particle size and a higher degree of brightness and purity. The purpose of this review article is to determine the effect of PCC synthesis temperature with a modifier on crystal size and crystal type, and to determine the effect of adding a modifier on the PCC particle size. In this review article, the method used is a literature review based on scientific journal literature using one PCC journal without a modifier and five PCC journals with a modifier, namely Sodium Deoxycholate (SDC), oleic acid, dodecyltrimethylammonium bromide (DTAB), ethylene glycol, and ethylenediaminetetraacetic acid ( EDTA). The PCC synthesis method from the journal is the caustic soda and carbonation method. Determination of the type of PCC crystals using data from X-Ray Diffraction (XRD) and particle size determination using data from the Scanning Electron Microscope (SEM) and Particle Size Analyzer (PSA). Based on the results of review articles on research journals used, the reaction temperature affects the size and type of PCC crystals with a modifier. Type of calcite crystals formed at low temperatures (≤30 ° C), common vaterite formed at temperatures ≥40 ° C, and aragonite formed at high temperatures ≥60 ° C. The higher the temperature, the resulting PCC size tends to increase. The addition of modifier affects the crystal size of the PCC by producing a smaller size than the PCC without the modifier. The resulting particle size was 0.6‒10 µm.

***Keywords****: PCC, modifier, temperature, crystal type, particle size*

1. **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan negara dengan kekayaan alam yang melimpah dan tersebar diseluruh wilayahnya. Salah satu sumber kekayaan alam yang tersebar luas dan merata adalah batu kapur. Batu kapur merupakan batuan sedimen yang mengandung kalsium karbonat (Lailiyah, 2012). Kelimpahan batu kapur di Indonesia mencapai 374,53 milyar ton dan tersebar dibeberapa daerah seperti Sumatera Barat, Jawa Timur, Kalimantan Timur, dan Kalimantan Tengah (Badan Geologi, 2011). Salah satu contoh daerah penghasil utama batu kapur di Jawa Timur adalah Tuban. Daerah di pesisir pulau Jawa ini memiliki potensi besar batu kapur untuk dimanfaatkan menjadi sebuah indutri dengan kelimpahan mencapai 196.924,45 ha (Masjid dan Sukojo, 2017).

Salah satu cara untuk memurnikan batu kapur adalah dengan proses yang menghasilkan *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC). PCC merupakan produk hasil olahan material alam dengan modifikasi batu kapur (CaCO3) yang mengandung endapan kalsium karbonat melalui reaksi kimia (Khaira, 2011). PCC memiliki keunggulan ukuran partikel yang lebih seragam serta derajat kecerahan dan kemurnian yang lebih tinggi dari batu kapur (Apriliani,2016). Oleh karena itu, PCC banyak dimanfaatkan dalam beragam jenis industri seperti industri kertas, cat, karet, makanan, kosmetik, dan farmasi. Pada industri kertas, PCC digunakan sebagai bahan pengisi *(filler)* kertas karena memiliki keunggulan yang tinggi dalam tingkat kecerahan, *highbulk,* tidak tembus cahaya, ukuran partikel yang kecil dan seragam, dapat menghamburkan sinar lebih banyak, serta memiliki nilai opasitas yang tinggi (Apriliani,2016). Komposisi *filler* didalam kertas mencapai 5‒30% dari jumlah massa dan disesuaikan dengan jenis kertas yang diproduksi (Hubbe dan Gill, 2016). Untuk meningkatkan kualitas PCC yang digunakan dalam industri kertas, dapat dilakukan modifikasi pada sintesis PCC.

Modifikasi PCC dapat dilakukan dengan penambahan surfaktan, polisakarida, polimer, protein, asam lemak, dan senyawa fosfat yang berperan sebagai penghambat laju pertumbuhan kristal, sehingga kristal PCC dapat diatur ukuran, jenis polimorfi, dan morfologinya (Li dkk., 2010). Penelitian Wu, dkk (Wu dkk., 2015), PCC berukuran 40-90 nm memiliki stabilitas yang lebih baik, kekasaran yang lebih rendah, dan sifat hidrofobisitas yang lebih tinggi. Hasil penelitian Tran, dkk (2010) menjelaskan PCC yang disintesis dengan penambahan NaTPP 1M memberikan hasil PCC dengan ukuran partikel 60 nm dan memiliki jenis kristal kalsit.

Temperatur reaksi pada proses karbonasi dapat mempengaruhi jenis polimorfi, ukuran partikel dan morfologi kristal PCC. Hal ini dapat diketahui dari kecenderungan jenis kristal yang terbentuk pada temperatur rendah adalah kalsit, aragonit pada temperatur tinggi dan vaterit pada tingkat saturasi tinggi (Apriliani,2016). Selain itu, berdasarkan penelitian Putkham, dkk (2018) adanya kenaikan temperatur reaksi cenderung meningkatkan ukuran partikel kristal PCC. Penambahan *modifier* dalam sintesis PCC juga memiliki pengaruh terhadap ukuran partikel PCC yang dihasilkan. Hasil penelitian Jiang, dkk (2011) menunjukkan ukuran partikel PCC dengan modifikasi asam oleat memiliki ukuran partikel yang lebih kecil (skala nano) dibanding dengan PCC tanpa asam oleat (skala mikro).

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian berbasis kajian pustaka ini akan mengkaji pengaruh temperatur terhadap ukuran dan jenis kristal PCC dengan *modifier*. Selain itu, akan dilakukan pengkajian pengaruh penambahan *modifier* dalam sintesis PCC terhadap ukuran partikel PCC dan kondisi sintesis yang menghasilkan PCC yang dapat diaplikasikan sebagai *filler* dalam industri kertas.

Review artikel ini dilakukan mencari referensi serta mengkaji konsep dan teori yang relevan dengan permasalahan yang ditemukan berdasarkan literatur yang tersedia, terutama dari artikel-artikel yang dipublikasikan dalam berbagai jurnal ilmiah.

1. **Sintesis *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC)**

PCC mempunyai tiga polimorfi kristal yaitu kalsit, aragonit, dan vaterit dengan struktur kristal berturut-turut *rhombohedral*, *orthorombic*, dan *hexagonal.* Kalsit merupakan fase yang stabil pada temperatur ruang dan terbentuk pada temperatur rendah, vaterit merupakan fase metastabil didalam suhu kamar dan terbentuk pada tingkat saturasi tinggi, serta aragonit merupakan fase metastabil dan terbentuk pada temperatur tinggi. Vaterit dan aragonit dapat mengalami perubahan menjadi kalsit (Apriliani,2016).

Sintesis PCC dapat dilakukan dengan metode kaustik soda dan karbonasi. Metode kaustik soda merupakan metode dengan menambahkan Na2CO3 untuk membentuk PCC. Metode kaustik soda memiliki beberapa keunggulan seperti proses yang lebih sederhana, mudah dilakukan, serta mudah dikontrol karena sumber karbonat berupa larutan Na2CO3 (Malia, 2018). Sementara, metode karbonasi merupakan metode dengan mengalirkan gas CO2 untuk membentuk PCC. Metode ini memiliki keunggulan seperti prosesnya yang cepat, mudah dikontrol, mudah dilakukan, biayanya murah, serta sumber gas CO2 hasil proses kalsinasi batuan kapur (Wardhani dkk., 2018).

Reaksi yang terjadi pada proses pembentukan PCC dengan metode kaustik soda ditunjukkan dengan persamaan reaksi 1‒ 4 (Azkiya dkk., 2016).

CaCO3(s)  🡪 CaO(s) + CO2(g)  (1)

CaO(s) + H2O(🡪 Ca(OH)2(aq) (2)

Ca(OH)2(aq)+2HNO3(aq)🡪 Ca(NO3)2(aq)+H2O (3)

Ca(NO3)2(aq)+Na2CO3(aq)🡪 CaCO3(s) +NaNO3(aq) (4)

Dari penelitian Azkiya, dkk (2016) yang melakukan sintesis PCC menggunakan metode kaustik soda dengan variasi konsentrasi HNO3, didapat hasil optimum pada konsentrasi HNO3 6M dan Na2CO3 1M dengan rendemen sebesar 64,7%. Struktur kristal PCC yang diperoleh adalah struktur kristal kalsit yang bersifat paling stabil. Pada penelitian ini dilakukan penambahan asam seperti HNO3 karena dapat meningkatkan kelarutan ion Ca2+ sehingga menghasilkan PCC dengan rendemen dan kemurnian yang lebih tinggi (Wiwit, 2011). Lalu, penelitian Wardhani, dkk (2018) juga melaporkan PCC yang disintesis menggunakan metode karbonasi dengan laju alir CO2 0,5 L/menit dan penambahan HNO3 6M menghasilkan rendemen sebesar 62,95% dengan jenis kristal PCC yang diperoleh adalah kalsit.

Ukuran dan jenis polimorfi kristal PCC dapat dikontrol dengan penambahan *modifier* seperti surfaktan, polisakarida, polimer, protein, asam lemak, dan senyawa fosfat yang berperan sebagai penghambat laju pertumbuhan kristal (Li dkk., 2010). Penelitian yang dilakukan Tran, dkk (2010) dengan melakukan penambahan Natrium Tripolifosfat (NaTPP) 1M sebelum menambahkan larutan Na2CO3 memberikan hasil berupa PCC dengan ukuran partikel sebesar 60 nm dan memiliki jenis kristal kalsit. Selain itu, Mantilaka, dkk (2014) juga melakukan penambahan surfaktan Triton X-100 pada Ca-Sucrate yang menghasilkan PCC dengan ukuran partikel 41 nm. Pembentukan PCC dalam ukuran yang lebih kecil akan meningkatkan luas permukaan, memiliki stabilitas yang lebih baik, kekasaran yang lebih rendah, dan sifat hidrofobisitas yang lebih tinggi dalam produk kertas yang dihasilkan (Wu dkk., 2015).

Partikel CaCO3 cenderung beraglomerasi membentuk agregat karena adanya gaya tarik elektrostatik yang kuat. *Modifier* akan terserap ke partikel CaCO3 dan berinteraksi membentuk *monolayer* serta menghambat aglomerasi dari partikel CaCO3 (Abeywardena dkk., 2020; Shimpi dkk., 2015) sehingga ukuran partikel yang dihasilkan oleh PCC dengan *modifier* menjadi lebih kecil. Pada surfaktan anionik, gugus karboksilat (-COO-) akan berikatan secara ionik dengan ion Ca2+ pada permukaan PCC. Sementara, pada surfaktan kationik seperti CTAB yang merupakan senyawa ammonium kuartener (NR4+Br-) hanya dapat berinteraksi dengan partikel CaCO3 melalui gaya van der Waals (Barhoum dkk., 2014).

1. **Pengaruh Temperatur Terhadap Jenis Kristal**

Temperatur saat proses karbonasi menjadi parameter yang diteliti pengaruhnya terhadap jenis kristal PCC tanpa dan dengan *modifier.* Penentuan jenis polimorfi kristal PCC dilakukan pengukuran dengan instrument XRD. instrumen XRD adalah untuk mengidentifikasi struktur kristal suatu padatan dengan cara membandingkan nilai jarak d (bidang kristal) dan intensitas puncak difraksi dengan data standar (Baghaskara, 2019). Data XRD berupa difraktogram yang berisi angka-angka (x,y) dimana x adalah sudut 2θ dan y adalah intensitas. Data yang diperoleh akan dicocokkan dengan salah satu rumus struktur kristal (indeks Miller) sehingga dapat diketahui jenis kristal pada material sampel sesuai karakteristik puncak. Kalsit memiliki karakteristik puncak 2θ 23°; 29,4°; 39,4°; 35,9°; dan 47,5°. Vaterit memiliki karakteristik puncak 2θ 20,9°; 24,9°; 27°; 32,8°; dan 43,8°. Sementara, aragonit memiliki karakteristik puncak 2θ 26,3°; 27,2°; 37,9°; dan 45,8° (Chong dkk., 2014).

Hasil penelitian PCC yang disintesis dengan penambahan beberapa jenis *modifier* dan pengaruh temperatur terhadap jenis kristal PCC dijelaskan pada Tabel 1. Pada Tabel 1, terdapat berbagai hasil penelitian sintesis PCC dengan penambahan *modifier* dan tanpa *modifier*. Pada penelitian Putkham, dkk (2018) yang melakukan sintesis PCC tanpa *modifier*, memberikan hasil pada variasi temperatur 30°C diperoleh jenis kristal kalsit dan vaterit. Lalu, pada temperatur 60°C diperoleh jenis kalsit dan sedikit vaterit. Pada temperatur 100 dan 160°C diperoleh jenis kristal kalsit dengan struktur kubik. Pada temperatur tinggi seperti 100 dan 160°C tidak ditemukan jenis aragonit yang dapat disebabkan karena telah terjadi perubahan fase menjadi fase yang lebih stabil yaitu kalsit.

 Hasil penelitian Chen, dkk (2013) menjelaskan adanya penambahan surfaktan sodium deoxycholate (SDC) dengan konsentrasi 1,25 mM. SDC merupakan surfaktan anionik. Hasil PCC yang diperoleh pada variasi temperatur 10°C dengan jenis polimorfi vaterit (dominan) dan kalsit, dan morfologi regular *wafer-like*. Pada temperatur 30°C dan 50°C, menghasilkan jenis kristal vaterit menghasilkan jenis polimorfi vaterit dengan morfologi wafer dan *partial sphere-flower like*. Pada temperatur 70°C memiliki 3 jenis kristal kalsit (dominan), vaterit, dan aragonit, dengan morfologi vaterit *spheres*, kubik calcite dan rod aragonit. Adanya pengaruh temperatur terhadap jenis kristal ditunjukkan dengan hasil karakterisasi XRD. Kalsit memiliki karakteristik puncak pada 2θ 29,4; 35,9; dan 39,5°. Lalu, vaterit dengan karakteristik puncak 2θ 24,92; 26,99 dan 32,78°, dan aragonit memiliki karakteristik puncak pada 26,3° dan 45,9°.

**Tabel 1** Pengaruh Temperatur terhadap Jenis Kristal pada PCC

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Modifier,**  | **Metode Sintesis** | **Suhu (°C)** | **Jenis Kristal** | **Ref** |
| Tanpa *Modifier*(XRD) | Kaustik soda | 3060100160 | Kalsit dan vateritKalsit dan vateritKalsitKalsit | Putkam, dkk.,2018  |
| SDC(1,25mM dan XRD) | Kaustik soda | 1030507090 | Vaterit dan kalsitVateritVateritKalsit, vaterit, aragonitAragonit | Chen dkk., 2013  |
| DTAB (12,5mM dan XRD; FTIR) | Kaustik soda | 256080 | KalsitAragonit dan kalsitAragonit | Li dkk., 2010  |
| EDTA (0,1 M dan XRD) | Kaustik soda | 60100 | Kalsit dan aragonitKalsit, vaterit, aragonit | Gopi dan Subramanian, 2012  |
| Asam Oleat (3,5% dan XRD) | Karbonasi |  525 | KalsitKalsit | Jiang dkk., 2011  |
| Etilen Glikol (80% dan XRD) | Kaustik Soda | 2570 | Vaterit Vaterit | Ercan dkk., 2019  |

 Li, dkk (2010) juga melaporkan bahwa penambahan 12,5 mM dodecyltrimethylammonium bromide (DTAB) dengan pH 11 mempengaruhi jenis kristal, ukuran dan morfologi dari PCC. DTAB merupakan jenis surfaktan kationik ammonium kuartener. Hasil yang diperoleh pada temperatur 25°C adalah jenis kristal kalsit dengan morfologi *multi petal flower*. Pada temperatur 60°C diperoleh jenis aragonit dan kalsit dengan morfologi *coral-shape* dan *cubic*. Sementara, temperatur 80°C terbentuk jenis kristal aragonit dengan morfologi *dendrit-shape*. Komposisi aragonit meningkat dengan meningkatnya temperatur 60-80°C dari 47,82% menjadi 93,23%. Dengan meningkatnya temperatur, dapat mengubah jenis kristal dan morfologi PCC yang dihasilkan.

Penelitian lain yang dilakukan Gopi dan Subramanian (2012) dengan modifikasi penambahan ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) 0,1 M menjelaskan PCC dengan variasi temperatur 60°C menghasilkan jenis kristal kalsit dan aragonit. Pada temperatur 100°C diperoleh ketiga jenis kristal kalsit, vaterit dan aragonit. EDTA merupakan agen pengompleks Ca2+ yang didalam larutan dapat menurunkan jumlah ion bebas sehingga mengurangi kekuatan menuju proses nukleasi.

Kemudian, Jiang, dkk (2011) juga menjelaskan penambahan asam oleat dengan konsentrasi 3,5% dalam sintesis PCC dengan variasi temperatur. Asam oleat merupakan asam lemak yang tersusun dari 18 atom C dengan satu ikatan rangkap diantara atom C ke-9 dan 10. Hasil yang diperoleh menunjukkan saat temperatur 5°C yang berada dibawah temperatur ruang menghasilkan jenis kristal kalsit dan pada temperatur 25°C jenis kristal yang sama yaitu kalsit. Dua variasi temperatur ini menunjukan struktur morfologi yang sama yaitu bentuk *ellipse-like*.

Penelitian yang dilakukan Ercan, dkk (2019) dengan menambahkan etilen glikol 80% untuk modifikasi PCC menunjukkan adanya pengaruh temperatur pada ukuran partikel PCC. Hal ini terlihat pada temperatur 25 dan 70°C diperoleh jenis kristal vaterit. Selain itu, terdapat perubahan morfologi dengan adanya kenaikan temperatur. Pada temperatur 25°C diperoleh struktur morfologi *ellipsoidal*. Sementara, temperatur 70°C memiliki morfologi *spheroidal*. Etilen glikol berperan sebagai *additive* dalam larutan prekursor yang dapat membatasi pembentukan kalsit.

Pada Tabel 1, dituliskan adanya pengaruh temperatur terhadap jenis kristal PCC tanpa dan dengan *modifier*. Pada temperatur rendah (5-30°C), jenis kristal yang terbentuk adalah kalsit. Hasil ini sesuai dengan laporan Apriliani (2016) yang menyatakan kalsit terbentuk pada temperatur rendah dan bersifat paling stabil terhadap temperatur ruang dan tekanan. Namun, penelitian lain memberikan hasil pada temperatur 10-30°C ditemukan jenis kristal vaterit (Putkam, dkk.,2018; Chen dkk., 2013). Hal ini dijelaskan oleh Chen, dkk (2013) karena dengan adanya penambahan *modifier* SDC, mengakibatkan transformasi dari jenis kalsit menjadi vaterit. Selanjutnya, pada temperatur 50°C ditemukan jenis kristal vaterit. Hasil ini sesuai dengan literatur yang menjelaskan bahwa vaterit terbentuk pada keadaan supersaturasi tinggi dan biasanya terbentuk pada temperatur diatas 40°C (Konopacka-Lyskawa, 2019).

Selanjutnya, temperatur ≥60°C ditemukan adanya kristal aragonit yang bersamaan dengan jenis kalsit dan vaterit. Aragonit terbentuk pada temperatur tinggi dan keadaan saturasi rendah. Hal ini disebabkan karena adanya vibrasi termal dimana ion Ca2+ akan mendapat energi untuk mengikat atom O. Semakin tinggi temperatur, semakin banyak atom O yang diikat maka jari-jari atom pun akan meningkat (Lailiyah, 2012). Selain itu, dengan adanya vibrasi termal memberikan pengaruh terhadap energi permukaan yang meningkat dan gerak *brown* yang lebih kuat. Kondisi energi permukaan yang tinggi menjadikan jenis kristal aragonit terbentuk (Jiang dkk., 2011). Hal ini karena aragonit memiliki struktur CaO9 yang mengikat 9 atom O sehingga membutuhkan energi yang lebih tinggi agar dapat terbentuk (Lailiyah, 2012).

Pada hasil penelitian Ercan, dkk (2019) diperoleh pada temperatur 25 dan 70°C hanya kristal vaterit saja. Hal ini dikarenakan penambahan etilen glikol yang memiliki gugus OH- dengan energi kohesif yang tinggi dan dapat menarik kation Ca2+. Penyerapan gugus OH- pada permukaan PCC akan mengubah energi permukaan vaterit mengarah ke stabilitas yang lebih tinggi dari kalsit. Sehingga, PCC dengan jenis vaterit akan lebih cenderung terbentuk.

Penelitian sintesis untuk senyawa selain PCC juga memberikan pengaruh temperature terhadap jenis kristal. Dulski, dkk (2020) menjelaskan sintesis nanokomposit Cu-Silika memberikan hasil pada temperatur 573 dan 873 K terbentuk jenis silika amorf. Pada saat temperatur 1173 K diperoleh jenis kristobalit dan tridimit yang kemudian bertransformasi seluruhnya menjadi tridimit pada temperatur 1473 K. Penelitian lain oleh Elgh dan Palmqvist (2015) yang melakukan sintesis nanopartikel TiO2 menunjukkan pada temperatur 40°C diperoleh komposisi utama jenis rutile dan sedikit jenis anatase. Pada temperatur 60 dan 70°C, komposisi anatase lebih banyak dari rutile dan terbentuk jenis kristal brookite.

Berdasarkan data dari berbagai jurnal penelitian tentang pengaruh temperature terhadap jenis kristal menunjukkan bahwa temperatur mempengaruhi jenis kristal yang terbentuk pada PCC yang dihasilkan. Pengaruhnya bisa berbeda kemungkinan juga dipengaruhi oleh jenis modifier yang digunakan pada sintesis PCC.

1. **Pengaruh Temperatur terhadap Ukuran Partikel PCC**

Hasil penelitian PCC yang disintesis dengan penambahan beberapa jenis *modifier* dan pengaruh temperatur karbonasi terhadap ukuran kristal PCC dijelaskan pada Tabel 2.

**Tabel 2** Pengaruh Temperatur terhadap Ukuran Partikel pada PCC

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Jenis *Modifier/*****metode** | **Suhu (°C)** | **Ukuran Partikel (µm)** | **Ref** |
| Tanpa *Modifier/*PSA | 3060100160 | 6,384,415,857,19 | Putkam, dkk.,2018 |
| SDC/SEM  | 10305090 | 0,81210 | Chen dkk., 2013 |
| DTAB/SEM | 2560 | 0,6-0,83 | Li dkk., 2010 |
| EDTA/SEM | 60100 | 26-7 | Gopi dan Subramanian, 2012 |
| Etilen Glikol/SEM | 2570 | 0,92 ± 0,171,92 ± 0,52 | Ercan dkk., 2019 |

PCC tanpa *modifier* dan dengan 4 jenis *modifier* yaitu SDC, DTAB, EDTA, dan etilen glikol menunjukkan secara keseluruhan terjadi peningkatan ukuran partikel PCC seiring dengan meningkatnya temperatur reaksi. PCC tanpa *modifier* menunjukkan hasil adanya kenaikan ukuran partikel seiring dengan meningkatnya temperatur. Namun, terjadi penurunan ukuran partikel ketika kenaikan temperatur pada 30°C menuju 60°C.

Pada *range* temperatur 20-70°C, PCC tanpa *modifier* memiliki ukuran partikel yang lebih besar dibanding 4 jenis *modifier* lainnya. Selanjutnya, pada *range* temperatur 20-70°C, PCC dengan SDC, etilen glikol, dan DTAB mengalami kenaikan ukuran partikel yang tidak jauh berbeda, dengan nilai untuk SDC sebesar 1 menjadi 2 µm, Etilen glikol sebesar 0,92 ± 0,17 ­menjadi 1,92 ± 0,52 µm, dan DTAB sebesar 0,6-0,8 menjadi 3 µm.

Kemudian, pada *range* temperatur 80-100°C PCC dengan *modifier* SDC memiliki ukuran yang paling besar dan mengalami peningkatan dari *range* temperatur sebelumnya 50-70°C yaitu sebesar 10 µm. Sama halnya PCC dengan EDTA, yang mengalami peningkatan ukuran partikel dari *range* temperatur sebelumnya 50-70°C menuju *range* 80-100°C dengan ukuran 6-7 µm. Lalu, PCC tanpa *modifier* mengalami peningkatan ukuran partikel dari 4,41 menjadi 5,85 µm dan menunjukkan ukuran yang paling kecil diantara PCC dengan *modifier* lainnya pada *range* temperatur 80-100°C. Pada temperatur 10°C, PCC dengan SDC menghasilkan ukuran 0,8 µm.

Semakin tinggi temperatur cenderung meningkatkan ukuran partikel. Hal ini sesuai dengan aturan *Ostwald ripening* yang menyatakan pada temperatur tinggi akan meningkatkan transportasi massa dari partikel kecil menuju partikel yang lebih besar (Putkam, dkk.,2018). Selain itu, peningkatan ukuran partikel seiring meningkatnya temperatur juga dapat dijelaskan dengan adanya kompetisi antara fase nukleasi dan fase pertumbuhan kristal yang terjadi selama kristalisasi CaCO3. Pada temperatur rendah (0-40°C), laju nukleasi lebih kuat daripada laju pertumbuhan kristal dan partikel yang dihasilkan berukuran kecil. Sementara, saat temperatur ditingkatkan (>40°C) laju pertumbuhan kristal yang lebih besar sehingga cenderung memproduksi partikel dengan ukuran yang lebih besar (Babou-Kammoe dkk., 2012).

Beberapa penelitian sintesis untuk senyawa selain PCC juga memberikan pengaruh terhadap ukuran kristal dengan adanya variasi temperatur. Seperti penelitian Elhendawi, dkk (2014) yang melakukan sintesis nano-hydroxyapatite dengan adanya variasi pada temperatur -10, 37, dan 60°Cmemberikan hasil kenaikan ukuran partikel nano-hydroxyapatite seiring meningkatnya temperatur reaksi yaitu ~15 nm, ~18 nm, dan ~21 nm. Lalu, penelitian Zainal, dkk (2013) yang melakukan sintesis nanopartikel silika dengan variasi temperatur memberikan hasil ukuran partikel yang semakin besar dengan meningkatnya temperatur rekasi. Oleh karena itu, temperatur mempengaruhi ukuran partikel PCC dengan semakin tinggi temperatur, maka ukuran partikel PCC yang dihasilkan semakin meningkat.

1. **Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Temperatur reaksi mempengaruhi jenis kristal PCC tanpa dan dengan *modifier*.
* Pada temperatur rendah (≤30°C), PCC yang dihasilkan adalah jenis kristal kalsit.
* Pada temperatur ≥40°C, umumnya diperoleh jenis vaterit.
* Pada temperatur tinggi (≥60°C), terbentuk jenis kristal aragonit disertai dengan adanya komposisi kalsit dan vaterit.
1. Temperatur mempengaruhi ukuran partikel PCC tanpa dan dengan *modifier*. Semakin tinggi temperatur, ukuran partikel akan cenderung meningkat dan menghasilkan ukuran yang lebih besar.
2. Penambahan *modifier* seperti SDC, DTAB, EDTA, dan etilen glikol mempengaruhi ukuran partikel PCC yang menghasilkan PCC pada temperatur ≤ 70°C dengan ukuran sebesar ≤ 3 µm lebih kecil dari hasil PCC tanpa penambahan *modifier* yang berukuran 4,41 dan 6,38 µm.
3. **Ucapan Terima Kasih**

Dengan selesainya artikel review jurnal ini penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulisan artilen ini. Ucapan terima kasih ditujukan kepada Jurusan Kimia UB dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya

1. **Daftar Pustaka**

Lailiyah, Q., Baqiya, M. A., & Hakim, J. A. R., Pengaruh Temperatur dan Laju Aliran Gas CO2 pada Sintesis Kalsium Karbonat Presipitat dengan Metode Bubbling, 2012, *1*(1), 5.

Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Laporan Tahunan Badan Geologi 2011. Jakarta.

Majid, D. A., & Sukojo, B. M., Pemetaan Potensi Batuan Kapur Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 di Kabupaten Tuban. *Jurnal Teknik ITS*, 2012, *6*(2), A692-697. https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.25051

Khaira, K., Pengaruh Temperatur Dan Waktu Kalsinasi Batu Kapur Terhadap Karakteristik Precipitated Calcium Carbonate (PCC), *Jurnal Sainstek*, 2011, *III*(I), 33–43.

Apriliani, N. F., Studi Literatur PCC (Precipitated Calcium Carbonate) Untuk Aplikasi Bidang Teknik, Jurnal Teknika, 2016, *8*(1), 4.

Hubbe, M. A., & Gill, R. A., Fillers for Papermaking: A Review of their Properties, Usage Practices, and their Mechanistic Role. *BioResources*, 2016, *11*(1), 2886–2963. https://doi.org/10.15376/biores.11.1.2886-2963

Li, S., Yu, L., Geng, F., Shi, L., Zheng, L., & Yuan, S. , Facile preparation of diversified patterns of calcium carbonate in the presence of DTAB. *Journal of Crystal Growth*,2010,*312*(10),1766–1773. https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2010.02.019

Wu, W. S., Queiroz, M. E., & Mohallem, N. D. S., The effect of precipitated calcium carbonate nanoparticles in coatings. *Journal of Coatings Technology and Research*, 2015, *13*(2), 277–286. https://doi.org/10.1007/s11998-015-9740-x

Tran, H. V., Tran, L. D., Vu, H. D., & Thai, H., Facile surface modification of nanoprecipitated calcium carbonate by adsorption of sodium stearate in aqueous solution. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2010, *366*(1–3),95–103. https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2010.05.029

Putkham, A. I., Ladhan, S., & Putkham, A., Factors Affecting the Particle Size of Bio-Calcium Carbonate Synthesized from Industrial Eggshell Waste. *Materials Transactions*, 2018, *59*(8), 1220–1224. https://doi.org/10.2320/matertrans.MF201708

Jiang, J., Liu, J., Liu, C., Zhang, G., Gong, X., & Liu, J. (2011). Roles of oleic acid during micropore dispersing preparation of nano-calcium carbonate particles. *Applied Surface Science*, *257*(16), 7047–7053. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.03.001

Malia, E. N., *Aplikasi Precipitated Calcium Carbonate Dari Batu Kapur Sebagai Campuran Bahan Baku Dalam Pembuatan Kertas* (Skripsi), Insititut Pertanian Bogor, Bogor, 2018

Wardhani, S., Prasetia, F., Khunur, M. M., Purwonugroho, D., & Prananto, Y. P., Effect of CO2 Flow Rate and Carbonation Temperature in the Synthesis of Crystalline Precipitated Calcium Carbonate (PCC) from Limestone. *Indonesian Journal of Chemistry*, 2018, *18*(4), 573. https://doi.org/10.22146/ijc.26608

Azkiya, N. I., Prasetia, F., Putri, E. D., Rosiana, A., & Wardhani, S., Synthesis of precipitated Calcium Carbonate (PCC) From Lime Rock Nature Methods Caustic Soda (Studies Concentration HNO3). *Jurnal Ilmu Dasar*, 2016, *17*(1), 31–34. https://doi.org/10.19184/jid.v17i1.2670

Wiwit, Pembentukan Preciptated Calcium carbonate (PCC) dengan penambahan HNO3 dalam proses slaking pada metode karbonasi. *Seminar dan Rapat Tahunan Bidang Ilmu MIPA Universitas Lambung Mangkurat*, *Banjarmasin*, 2016

Mantilaka, M., Wijesinghe, W., Pitawala, H., Rajapakse, R., & Karunaratne, D., Surfactant-assisted synthesis of pure calcium carbonate nanoparticles from Sri Lankan dolomite. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 2014, *42*(3),247. https://doi.org/10.4038/jnsfsr.v42i3.7398

Abeywardena, M. R., Elkaduwe, R. K. W. H. M. K., Karunarathne, D. G. G. P., Pitawala, H. M. T. G. A., Rajapakse, R. M. G., Manipura, A., & Mantilaka, M. M. M. G. P. G., Surfactant assisted synthesis of precipitated calcium carbonate nanoparticles using dolomite: Effect of pH on morphology and particle size. *Advanced Powder Technology*, 2020, *31*(1), 269–278. https://doi.org/10.1016/j.apt.2019.10.018

Shimpi, N., Mali, A., Hansora, D. P., & Mishra, S., Synthesis and Surface Modification of Calcium Carbonate Nanoparticles Using Ultrasound Cavitation Technique. *Nanoscience and Nanoengineering*, 2015, 6.

Barhoum, A., Rahier, H., Abou-Zaied, R. E., Rehan, M., Dufour, T., Hill, G., & Dufresne, A., Effect of Cationic and Anionic Surfactants on the Application of Calcium Carbonate Nanoparticles in Paper Coating. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2014, *6*(4), 2734–2744. https://doi.org/10.1021/am405278j

Baghaskara, R., *Sintesis TiO2-N/Zeolit-Kitosan dengan Metode Granulasi dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis untuk Degradasi Bakteri E.coli dalam Air* (Skripsi). Universitas Brawijaya, Malang, 2019

Chong, K.-Y., Chia, C.-H., & Zakaria, S., Polymorphs calcium carbonate on temperature reaction (pp. 52–56). Presented at the THE 2014 UKM FST Postgraduate Colloquium: Proceedings of the Universiti Kebangsaan Malaysia, Faculty of Science and Technology 2014 Postgraduate Colloquium, Selangor,Malaysia,2014 https://doi.org/10.1063/1.4895169

Chen, A., Ma, P., Fu, Z., Wu, Y., & Kong, W. , Crystallization and assembling behavior of calcium carbonate controlled by Ca-organic fibers. *Journal of Crystal Growth*, 2013, *377*, 136–142. https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2013.05.010

Gopi, S. P., & Subramanian, V. K., Polymorphism in CaCO3 — Effect of temperature under the influence of EDTA (di sodium salt). *Desalination*, 2012, *297*, 38–47. https://doi.org/10.1016/j.desal.2012.04.015

Ercan, B., Oral, Ç. M., & Kapusuz, D., Enhanced vaterite and aragonite crystallization at controlled ethylene glycol concentrations. *Sakarya University Journal of Science*, 2019, 1–1. https://doi.org/10.16984/saufenbilder.433985

Konopacka-Łyskawa, D. (2019). Synthesis Methods and Favorable Conditions for Spherical Vaterite Precipitation: A Review. *Crystals*, *9*(4), 223. https://doi.org/10.3390/cryst9040223

Dulski, M., Dudek, K., Podwórny, J., Sułowicz, S., Piotrowska-Seget, Z., Malarz, K., Nowak, A., Impact of temperature on the physicochemical, structural and biological features of copper-silica nanocomposites. *Materials Science and Engineering: C*,2020,*107*,110274. https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.110274

Elgh, B., & Palmqvist, A. E. C., A facile low-temperature synthesis of TiO2 nanoparticles with excellent polymorph control. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 2015, *76*(2), 395–401. https://doi.org/10.1007/s10971-015-3788-z

Babou-Kammoe, R., Hamoudi, S., Larachi, F., & Belkacemi, K., Synthesis of CaCO 3 nanoparticles by controlled precipitation of saturated carbonate and calcium nitrate aqueous solutions. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 2012, *90*(1), 26–33. https://doi.org/10.1002/cjce.20673

Elhendawi, H., Felfel, R. M., Abd El-Hady, B. M., & Reicha, F. M., Effect of Synthesis Temperature on the Crystallization and Growth of In Situ Prepared Nanohydroxyapatite in Chitosan Matrix. *ISRN Biomaterials*, *2014*, 1–8. https://doi.org/10.1155/2014/897468

Zainal, N. A., Shukor, S. R. A., Wab, H. A. Ab., & Razak, K. A., Study on the Effect of Synthesis Parameters of Silica Nanoparticles Entrapped with Rifampicin. *The Italian Association of Chemical Engineering*, 2013, *32*,2245–2250. https://doi.org/10.3303/CET1332375