

Submitted : 28 September 2020

Revised : 21 November 2020

Accepted : 18 Desember 2020

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

Sri Wardhani*, Miralda Syakirah, Darjito, Danar Purwonugroho

Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya

Jl. Veteran, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia

*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. 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 ($\leq 30^\circ\text{C}$), vaterit umum terbentuk pada temperatur $\geq 40^\circ\text{C}$, dan aragonit terbentuk pada temperatur tinggi $\geq 60^\circ\text{C}$. 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: Jenis Kristal, Modifier, PCC, Temperatur, Ukuran Partikel

Abstract

The value and quality of limestones can be improved through the synthesis process of *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC). PCC is widely used in the paper industry because it has 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. 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 review articles on research journals used, the reaction temperature affects the size and type of PCC crystals with a modifier. Calcite crystals formed at low temperatures ($\leq 30^\circ\text{C}$), common vaterite formed at temperatures $\geq 40^\circ\text{C}$, and aragonite formed at high temperatures $\geq 60^\circ\text{C}$. The higher the temperature, the resulting PCC size tends to increase. A modifier's addition affects the PCC's crystal size by producing a smaller size than the PCC without the modifier. The resulting particle size was 0.6–10 μm .

Keywords: Crystal Type, Modifier, Particle Size, PCC, Temperature

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan kekayaan alam yang melimpah dan tersebar di seluruh 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 di beberapa 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 industri 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 (CaCO_3) 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). 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* di dalam 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 (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 Natrium Tri Poli Phosphat (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). Jenis Modifier yang digunakan mempengaruhi ukuran partikel yang dihasilkan. Beberapa penelitian menggunakan jenis modifier yang berbeda seperti *sodium deoxycholate* (SDC), *dodecyltrimethylammonium bromide* (DTAB), *ethylenediaminetetraacetic acid* (EDTA), asam oleat, etilen glikol menghasilkan ukuran partikel yang berbeda.

Berdasarkan latar belakang di atas, 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.

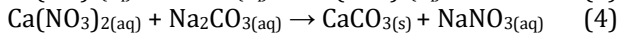
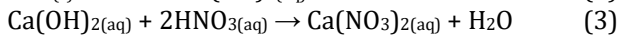
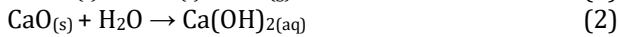
Review artikel ini dilakukan mencari referensi serta mengkaji konsep dan teori yang relevan dengan permasalahan yang ditemukan berdasarkan literatur yang tersedia, terutama dari artikel-artikel yang dipublikasikan dalam berbagai jurnal ilmiah.

2. SINTESIS PRECIPITATED CALCIUM CARBONATE (PCC)

PCC mempunyai tiga polimorfi kristal yaitu kalsit, aragonit, dan vaterit dengan struktur kristal berturut-turut *rhombohedral*, *orthorombic*, dan heksagonal. Kalsit merupakan fase yang stabil pada temperatur ruang dan terbentuk pada temperatur rendah, vaterit merupakan fase metastabil di dalam 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 Na_2CO_3 untuk membentuk PCC. Metode kaustik soda memiliki beberapa keunggulan seperti proses yang lebih sederhana, mudah dilakukan, serta mudah dikontrol karena sumber karbonat berupa larutan Na_2CO_3 (Malia, 2018). Sementara, metode karbonasi merupakan metode dengan mengalirkan gas CO_2 untuk membentuk PCC. Metode ini memiliki keunggulan seperti prosesnya yang cepat, mudah dikontrol, mudah dilakukan, biayanya murah, serta sumber gas CO_2 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).



Dari penelitian Azkiya, dkk (2016) yang melakukan sintesis PCC menggunakan metode kaustik soda dengan variasi konsentrasi HNO_3 , didapat hasil optimum pada konsentrasi HNO_3 6M dan Na_2CO_3 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 HNO_3 karena dapat meningkatkan kelarutan ion Ca^{2+} sehingga menghasilkan PCC dengan rendemen dan kemurnian yang lebih tinggi (Wiwit, 2011). Penelitian Wardhani, dkk (2018) juga melaporkan PCC yang disintesis menggunakan metode karbonasi dengan laju alir CO_2 0,5 L/menit dan penambahan HNO_3 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).

Partikel CaCO_3 cenderung beraglomerasi membentuk agregat karena adanya gaya tarik elektrostatis yang kuat. *Modifier* akan terserap ke partikel CaCO_3 dan berinteraksi membentuk *monolayer* serta menghambat aglomerasi dari partikel CaCO_3 (Abeywardena dkk., 2020; Shimpi dkk., 2015) sehingga ukuran partikel yang dihasilkan oleh PCC dengan *modifier* menjadi lebih kecil. Pada surfaktan anionik, gugus karboksilat ($-\text{COO}^-$) akan berikatan secara ionik dengan ion Ca^{2+} pada permukaan PCC. Sementara, pada surfaktan kationik seperti *cetyl trimethyl ammonium bromide* (CTAB) yang merupakan senyawa amonium kuarterner (NR_4^+Br^-) hanya dapat berinteraksi dengan partikel CaCO_3 melalui gaya Van der Waals (Barhoum dkk., 2014).

3. 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 instrumen XRD. 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).

Penelitian yang dilakukan Tran, dkk (2010) dengan melakukan penambahan natrium tripolifosfat

(NaTPP) 1 M sebelum menambahkan larutan Na_2CO_3 memberikan hasil berupa PCC dengan ukuran partikel sebesar 60 nm dan memiliki jenis kristal kalsit. 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 hidrofobitas yang lebih tinggi dalam produk kertas yang dihasilkan (Wu dkk., 2015).

Hasil penelitian PCC yang disintesis dengan penambahan beberapa jenis *modifier* dan pengaruh temperatur terhadap jenis kristal PCC dijelaskan pada Tabel 1. 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°C dan 160°C diperoleh jenis kristal kalsit dengan struktur kubik. Pada temperatur tinggi seperti 100°C dan 160°C tidak ditemukan jenis aragonit yang dapat disebabkan karena telah terjadi perubahan fase menjadi fase yang lebih stabil yaitu kalsit.

Li, dkk (2010) juga melaporkan bahwa penambahan 12,5 mM *dodecyl trimethyl ammonium bromide* (DTAB) dengan pH 11 mempengaruhi jenis kristal, ukuran, dan morfologi dari PCC. DTAB merupakan jenis surfaktan kationik amonium kuarterner. Hasil yang diperoleh pada temperatur 25°C adalah jenis kristal kalsit dengan morfologi *multi petal flower* (tumpukan seperti kelopak bunga). Pada temperatur 60°C diperoleh jenis aragonit dan kalsit dengan morfologi *coral-shape* (bentuk seperti karang) dan *cubic* (kubus). Sementara, temperatur 80°C terbentuk jenis kristal aragonit dengan morfologi *dendrit-shape* (bentuk serabut). 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 *ethylene diamine tetra acetic 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 Ca^{2+} yang di dalam larutan dapat menurunkan jumlah ion bebas sehingga mengurangi kekuatan menuju proses nukleasi.

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 dan 25°C menghasilkan jenis kristal yang sama yaitu kalsit. Dua variasi temperatur ini menunjukkan struktur morfologi yang sama yaitu bentuk *ellipse-like* (bundar lonjong).

Tabel 1. Pengaruh temperatur terhadap jenis kristal pada PCC

Modifier	Metode Sintesis	Suhu (°C)	Jenis Kristal	Ref
Tanpa Modifier (XRD)	Kaustik soda	30	Kalsit dan vaterit	Putkam, dkk.,2018
		60	dan vaterit	
		100	Kalsit	
		160	Kalsit	
SDC (1,25 mM dan XRD)	Kaustik soda	10	Vaterit dan kalsit	Chen dkk., 2013
		30	Vaterit	
		50	Vaterit	
		70	Kalsit, vaterit, aragonit	
		90	Aragonit	
DTAB (12,5 mM dan XRD; FTIR)	Kaustik soda	25	Kalsit	Li dkk., 2010
		60	Aragonit dan kalsit	
		80	Aragonit	
EDTA (0,1 M dan XRD)	Kaustik soda	60	Kalsit dan aragonit	Gopi dan Subramanian, 2012
		100	Kalsit, vaterit, aragonit	
Asam Oleat (3,5% dan XRD)	Karbon asi	5	Kalsit	Jiang dkk., 2011
		25	Kalsit	
Etilen Glikol (80% dan XRD)	Kaustik Soda	25	Vaterit	Ercan dkk., 2019
		70	Vaterit	

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 *ellipse-like* (bundar lonjong). Sementara, temperatur 70°C memiliki morfologi *spheres* (bola). Etilen glikol berperan sebagai aditif 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 di atas 40°C (Konopacka-Lyskawa, 2019).

Selanjutnya, temperatur $\geq 60^\circ\text{C}$ 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 Ca^{2+} 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 CaO_9 yang mengikat 9 atom O sehingga membutuhkan energi yang lebih tinggi agar dapat terbentuk (Lailiyah, 2012).

Pada hasil penelitian Ercan, dkk (2019) diperoleh hanya kristal vaterit saja pada temperatur 25 dan 70°C. Hal ini dikarenakan penambahan etilen glikol yang memiliki gugus OH^- dengan energi kohesif yang tinggi dan dapat menarik kation Ca^{2+} . 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.

Berdasarkan data dari berbagai jurnal penelitian tentang pengaruh temperatur 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.

4. 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.

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. Menurut Wardhani (2018) kenaikan temperatur sintesis PCC tanpa *modifier* pada rentang 50-100°C ukuran partikel menjadi lebih kecil.

Tabel 2. Pengaruh Temperatur terhadap Ukuran Partikel pada PCC

Jenis <i>Modifier</i> / metode	Suhu (°C)	Ukuran Partikel (µm)	Ref
Tanpa <i>Modifier</i> /PSA	30	6,38	Putkam, dkk.,2018
	60	4,41	
	100	5,85	
	160	7,19	
SDC/SEM	10	0,8	Chen dkk., 2013
	30	1	
	50	2	
	90	10	
DTAB/SEM	25	0,6-0,8	Li dkk., 2010
	60	3	
EDTA/SEM	60	2	Gopi dan Subramanian, 2012
	100	6-7	
Etilen Glikol/SEM	25	0,92 ± 0,17	Ercan dkk., 2019
	70	1,92 ± 0,52	

Pada rentang temperatur 20-70°C, PCC tanpa *modifier* memiliki ukuran partikel yang lebih besar dibanding 4 jenis *modifier* lainnya. Selanjutnya, pada rentang 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.

Pada rentang temperatur 80-100°C PCC dengan *modifier* SDC memiliki ukuran yang paling besar dan mengalami peningkatan dari rentang temperatur sebelumnya 50-70°C yaitu sebesar 10 µm. Sama halnya PCC dengan EDTA, yang mengalami peningkatan ukuran partikel dari rentang temperatur sebelumnya 50-70°C menuju rentang 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 rentang 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).

5. KESIMPULAN

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. Temperatur mempengaruhi ukuran partikel PCC tanpa dan dengan *modifier*. Semakin tinggi temperatur, ukuran partikel akan cenderung meningkat dan menghasilkan ukuran yang lebih besar.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

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

7. 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. 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.
- Apriliani, N. F. (2017). Studi Literatur PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*) Untuk Aplikasi Bidang Teknik. *Jurnal Teknik*, 8(1), 4.

- Azkiya, N. I., Prasetia, F., Putri, E. D., Rosiana, A., & Wardhani, S. (2017). Synthesis of precipitated Calcium Carbonate (PCC) From Lime Rock Nature Methods Caustic Soda (Studies Concentration HNO₃). *Jurnal Ilmu Dasar*, 17(1), 31-34.
- Babou-Kammoe, R., Hamoudi, S., Larachi, F., & Belkacemi, K. (2012). Synthesis of CaCO₃ nanoparticles by controlled precipitation of saturated carbonate and calcium nitrate aqueous solutions. *The Canadian journal of chemical engineering*, 90(1), 26-33.
- Badan Geologi, (2011). Laporan Tahunan Badan Geologi. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral: Jakarta.
- Baghaskara, R. (2019). Sintesis TiO₂-N/Zeolit-Kitosan dengan Metode Granulasi dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis untuk Degradasi Bakteri E. Coli dalam Air (Skripsi, Universitas Brawijaya).
- Barhoum, A., Rahier, H., Abou-Zaied, R. E., Rehan, M., Dufour, T., Hill, G., & Dufresne, A. (2014). Effect of cationic and anionic surfactants on the application of calcium carbonate nanoparticles in paper coating. *ACS applied materials & interfaces*, 6(4), 2734-2744.
- Chen, A., Ma, P., Fu, Z., Wu, Y., & Kong, W. (2013). Crystallization and assembling behavior of calcium carbonate controlled by Ca-organic fibers. *Journal of crystal growth*, 377, 136-142.
- Chong, K. Y., Chia, C. H., & Zakaria, S. (2014, September). Polymorphs calcium carbonate on temperature reaction. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1614, No. 1, pp. 52-56). American Institute of Physics.
- Gopi, S. P., & Subramanian, V. K. (2012). Polymorphism in CaCO₃—Effect of temperature under the influence of EDTA (di sodium salt). *Desalination*, 297, 38-47.
- Hubbe, M. A., & Gill, R. A. (2016). Fillers for papermaking: a review of their properties, usage practices, and their mechanistic role. *BioResources*, 11(1), 2886-2963.
- 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.
- Khaira, K. (2016). Pengaruh Temperatur dan Waktu Kalsinasi Batu Kapur terhadap Karakteristik Precipitated Calcium Carbonate (PCC). *Sainstek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(1), 33-43.
- 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>
- Lailiyah, Q., Baqiya, M. A., & Darminto, D. (2012). Pengaruh Temperatur dan Laju Aliran Gas CO₂ pada Sintesis Kalsium Karbonat Presipitat dengan Metode Bubbling. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), B6-B10.
- Li, S., Yu, L., Geng, F., Shi, L., Zheng, L., & Yuan, S. (2010). Facile preparation of diversified patterns of calcium carbonate in the presence of DTAB. *Journal of crystal growth*, 312(10), 1766-1773. <https://doi.org/10.1016/j.jcrysgr.2010.02.019>
- Al Majid, D., & Sukojo, B. M. (2017). Pemetaan potensi batuan kapur menggunakan citra satelit landsat 8 di kabupaten tuban. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), A692-A697. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.25051>
- Malia, E. N., (2018). Aplikasi Precipitated Calcium Carbonate Dari Batu Kapur Sebagai Campuran Bahan Baku Dalam Pembuatan Kertas (Skripsi - Insitut Pertanian Bogor).
- Mantilaka, M. M. M. G. P. G., Wijesinghe, W. P. S. L., Pitawala, H. M. T. G. A., Rajapakse, R. M. G., & Karunaratne, D. G. G. P. (2014). Surfactant-assisted synthesis of pure calcium carbonate nanoparticles from Sri Lankan dolomite. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 42(3).
- Oral, Ç. M., Kapusuz, D., & Ercan, B. (2019). Enhanced vaterite and aragonite crystallization at controlled ethylene glycol concentrations. *Sakarya University Journal of Science*, 23(2), 129-138.
- Putkham, A. I., Ladhan, S., & Putkham, A. (2018). Factors Affecting the Particle Size of Bio-Calcium Carbonate Synthesized from Industrial Eggshell Waste. *Materials Transactions*, 59(8), 1220-1224.
- Shimpi, N. G., Mali, A. D., Hansora, D. P., & Mishra, S. (2015). Synthesis and surface modification of calcium carbonate nanoparticles using ultrasound cavitation technique. *Nanoscience and Nanoengineering*, 3(1), 8-12.
- Tran, H. V., Dai Tran, L., Vu, H. D., & Thai, H. (2010). Facile surface modification of nanoprecipitated calcium carbonate by adsorption of sodium stearate in aqueous solution. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 366(1-3), 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2010.05.029>
- Wardhani, S., Prasetia, F., Khunur, M. M., Purwonugroho, D., & Prananto, Y. P. (2018). Effect of CO₂ Flow Rate and Carbonation Temperature in the Synthesis of Crystalline Precipitated Calcium Carbonate (PCC) from Limestone. *Indonesian Journal of Chemistry*, 18(4), 573-579.
- Wiwit. (2016). Pembentukan Precipitated Calcium carbonate (PCC) dengan penambahan HNO₃ dalam proses slaking pada metode karbonasi. (In Seminar dan Rapat Tahunan Bidang Ilmu MIPA Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin).
- Wu, W. S., Queiroz, M. E., & Mohallem, N. D. S. (2016). The effect of precipitated calcium carbonate nanoparticles in coatings. *Journal of Coatings Technology and Research*, 13(2), 277-286.