

SINTESA *PRECIPITATED CALCIUM CARBONATE* (PCC) DARI CANGKANG KERANG DARAH (*Anadara granosa*) DENGAN VARIASI SUHU KALSINASI DAN VARIASI RASIO CaO/HNO_3

Paul Destin Purba¹⁾, Amun Amri²⁾, Zultiniar²⁾, Yelmida²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia

Laboratorium Material dan Korosi

Jurusan Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

*Email : paul_deztin@yahoo.co.id

ABSTRACT

Precipitated Calcium Carbonate (PCC) is a calcium based chemical product that recently has widely utilized in application. The purpose of this research is to obtain PCC at once as the waste problem solver. This research using carbonation method with tested variable were the calcinations temperature and ratio of calcium oxide by nitric acid. The crushed sample were calcined according to the temperature variations (700°C, 800°C, and 900°C). Furthermore, the formed calcium oxide was slacked into the nitric acid according to several calcium oxide by nitric acid ratio (14:300, 17:300, and 20:300 gr/ml). The formed nitric calcium then was added by ammonia to pH 12 to start the synthesis calcium hydroxide. Next subsequent was carbonation, in case flowing calcium hydroxide by carbon dioxide to form white precipitate (PCC). Based on the analysis, the best result of PCC obtained at calcinations temperature of 900°C with the ratio of 14 gr:300 ml that gained 84,88%. The X-Ray Diffraction (XRD) showed that the type of crystals formed were vaterit. The Scanning Electron Microscopy (SEM) showed that the shape of crystals were round (sphere-like) with a relatively uniform size.

Keywords: Calcination, carbonation, cockle shell, precipitated calcium carbonate.

1. Pendahuluan

Selain dikenal sebagai negara agraris dengan kekayaan alam berupa lahan pertanian yang subur, Indonesia juga dikenal sebagai negara maritim yang tersusun atas pulau dan kepulauan. Hal ini membuat Indonesia menjadi salah satu negara dengan luas wilayah laut terbesar serta garis pantai terpanjang didunia. Dengan luas wilayah perairan berupa laut yang mencapai 5,8 juta km^2 tentunya Indonesia relatif kaya akan flora dan fauna kelautan, serta hasil perairan laut yang sangat melimpah [Dirjen Kelautan dan Perikanan, 2013]. Salah satu hasil sumber daya perairan kelautan yang menjadi andalan Indonesia selain ikan dan udang adalah kerang.

Kerang merupakan hasil laut yang banyak dihasilkan di negara maritim

khususnya Indonesia. Namun dari keseluruhan berat kerang, hanya sebagian kecil yang benar benar dapat diolah dan dikonsumsi sebagai produk daging kerang. Sisa dari berat tersebut merupakan cangkang kerang yang tidak dapat diolah sebagai produk pangan. Selama ini, sebagian kecil cangkang kerang tersebut hanya dimanfaatkan menjadi barang hasil kerajinan dan kebanyakan dibuang dan menjadi limbah sehingga menjadi pencemar. Oleh karena itu, dianggap perlu dilakukan upaya sebagai peningkatan nilai mutu dari cangkang kerang.

Komponen utama dari cangkang kerang adalah kalsium dalam bentuk CaCO_3 yaitu mencapai 98% [Walendra, 2011]. Dengan komposisi tersebut, cangkang kerang dapat dimanfaatkan sebagai sumber kalsium. Kalsium karbonat

yang umumnya digunakan dalam industri diklasifikasikan berdasarkan metode sintesanya, yaitu GCC (*Ground Calcium Carbonate*) dan PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*). Secara umum sintesa kalsium karbonat dalam bentuk GCC relatif lebih murah karena menggunakan proses mekanis, jika dibandingkan dengan kalsium karbonat dalam bentuk PCC yang diperoleh dengan metode pengendapan. Namun untuk menghasilkan kalsium karbonat dalam bentuk GCC berukuran partikel kecil dalam skala besar tentunya akan membutuhkan energi proses mekanis yang besar pula dan hal ini akan berimplikasi terhadap biaya operasional suatu proses industri [Hu, 2009]. Atas dasar inilah, banyak industri lebih memilih kalsium karbonat dalam bentuk PCC.

PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*) adalah salah satu produk yang dapat disintesa dari CaO. PCC merupakan produk sintesa yang dapat diperoleh melalui hidrasi kalsium oksida (CaO) yang selanjutnya direaksikan dengan karbon dioksida (CO₂). PCC memiliki beberapa karakteristik yang tergolong istimewa, yaitu ukurannya mencapai partikel mikro sehingga sifatnya mudah diatur dan lebih homogen [Nurhepi, 2008]. Karena keistimewaan itulah, PCC dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang industri diantaranya sebagai pigmen dalam pembuatan kertas dan sebagai bahan pengisi (*filler*) pada cat [Rahmadhani, 2008]. Penggunaan PCC sebagai *filler* dalam kertas akan meningkatkan formasi lembaran untuk mengisi rongga kosong, meningkatkan opasitas, meningkatkan *printability*, serta menghemat penggunaan serat [Deslia, 2013].

Beberapa penelitian telah berhasil mendapatkan kalsium karbonat berupa PCC dengan penambahan berbagai macam zat aditif. Kelemahannya adalah kalsium karbonat (CaCO₃) yang merupakan bahan utama terbuat dari hasil sintesis yang umumnya dari material pro-analisis berupa *nitrat tetrahydrat* [Ca(NO₃)₂], kalsium hiroksida [Ca(OH)₂] dan kalsium klorida

(CaCl₂). Padahal di Indonesia terdapat banyak limbah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang tidak dimanfaatkan dengan kandungan kalsium yang cukup tinggi.

Beberapa peneliti terdahulu telah lebih dulu melakukan sintesa *precipitated calcium carbonate*. Nurhepi dkk [2008] telah melakukan sintesa PCC dari batu kapur yang dikalsinasi pada suhu 900 °C dengan variasi jenis asam yang digunakan (asam formiat, asam asetat dan asam propionat) serta variasi konsentrasi asam (0,5 M, 1 M, 1,5 M, 2 M, dan 2,5 M) yang digunakan. Jamarun [2007] juga telah melakukan sintesa PCC dari batu kapur dengan penggunaan asam nitrat dengan konsentrasi asam (1,00 M, 1,25 M, 1,50 M, 1,75 M, dan 2,00 M).

Oleh karena hal tersebut, maka penelitian yang dilakukan kali ini akan memusatkan perhatian pada pembentukan CaO pada sintesa PCC yang bersumber dari limbah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan variasi temperatur kalsinasi (700 °C, 800 °C, dan 900 °C). Variabel lain yang akan dianalisa pengaruhnya adalah rasio antara berat CaO dengan asam nitrat yang digunakan untuk proses *slacking* (14 gr : 300 ml, 17 gr : 300 ml, dan 20 gr : 300 ml). Produk berupa PCC hasil sintesis nantinya akan dianalisa dengan menggunakan beberapa metode pengujian diantaranya *X-ray Diffractometer* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan analisa kandungan kalsium dengan titrasi kompleksometri. Diharapkan sintesis dengan menggunakan metoda karbonasi dengan memvariasikan suhu kalsinasi dan rasio CaO/HNO₃ akan menghasilkan PCC yang memiliki perolehan kuantitas yang besar serta sesuai dengan karakteristik yang diinginkan.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan yang digunakan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cangkang kerang darah yang telah dikalsinasi. Bahan lain yang digunakan dalam sintesa PCC

pada penelitian ini adalah HNO_3 , NH_4OH , gas CO_2 , garam Na_2EDTA , ZnSO_4 , indikator EBT, buffer pH 10, kertas saring dan akuades.

2.2 Alat yang digunakan

Alat alat yang digunakan untuk mempersiapkan bahan penelitian adalah mortar dan lumpang, *tray screening*, dan furnace. Dalam sintesa PCC diperlukan wadah erlenmeyer, labu ukur, *heating and stirrer magnetic plate*, corong, buret, dan oven.

2.3 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini ukuran ayakan CaO yang digunakan adalah -100+120 mesh, konsentrasi asam nitrat 2 M, lama karbonasi 60 menit, laju alir CO_2 120 mL/menit. Variasi suhu kalsinasi adalah 700 °C, 800 °C dan 900 °C. Sedangkan variasi rasio CaO/HNO_3 adalah 14 gr : 300 mL; 17 gr : 300 mL dan 20 gr : 300 mL.

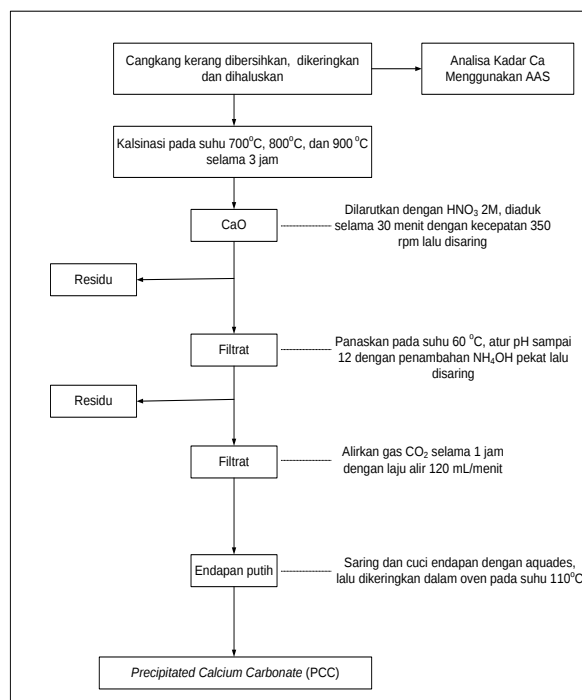
2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Persiapan Bahan

Tahap ini meliputi proses perlakuan awal terhadap sampel berupa pencucian cangkang kerang darah yang telah dibersihkan dari sisa daging yang masih menempel. Kemudian dilakukan pengecilan ukuran dengan cara ditumbuk/digiling dengan menggunakan lumpang, dan dihaluskan lagi dengan menggunakan *crusher*. Selanjutnya kulit kerang yang telah dihaluskan tersebut, diayak sesuai dengan ukuran yang diinginkan yaitu lewat pada saringan 100 mesh dan tertahan pada saringan 120 mesh. Langkah selanjutnya adalah proses kalsinasi pada temperatur yang telah ditentukan untuk melepaskan kadar air serta senyawa lain. Hasil akhir dari tahapan ini adalah CaO yang akan dijadikan sumber bahan baku kalsium untuk sintesa PCC. Tahap selanjutnya adalah pembuatan larutan asam nitrat (HNO_3) 2 M dengan volume 1000 mL.

2.4.2 Sintesa PCC

Tahap ini merupakan sintesa PCC yang dilakukan dengan metoda karbonasi. Sintesa PCC dilakukan dengan variasi temperatur kalsinasi (700°C, 800°C, dan 900°C) ; dan variasi penambahan CaO dalam HNO_3 (14:300, 17:300; 20:300) gram/mL asam nitrat. Prosedur sintesa PCC ini akan mengacu pada penelitian sebelumnya seperti yang telah dilakukan oleh Jamarun (2007) dan skemanya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Sintesa *Precipitated Calcium Carbonate*

2.4.3 Tahap Analisa PCC

Sampel berupa serbuk PCC akan dianalisa dengan menggunakan *X-Ray Diffractometry* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan analisa kandungan Ca^{+} dengan titrasi kompleksometri.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil dan Analisa Kadar Kalsium dalam Bahan Baku

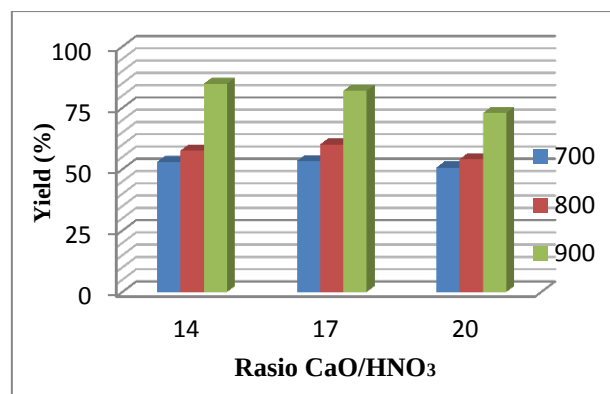
Langkah awal dalam penelitian ini adalah pengujian untuk mengetahui kandungan bahan baku. Pada penelitian ini, cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) digunakan sebagai bahan baku untuk

pembuatan PCC. Sebelumnya telah diketahui dari literatur diketahui bahwa cangkang kerang darah memiliki kandungan kalsium yang tinggi. Maka, untuk mengetahui kandungan kalsium yang terdapat pada bahan baku yang digunakan tersebut, dilakukanlah pengujian dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diketahui bahwa cangkang kerang darah yang digunakan sebagai bahan baku memiliki kandungan kalsium yang tinggi dalam bentuk kalsium karbonat (CaCO_3), yaitu sebesar 76,60 %. Dengan kadar kalsium yang cukup tinggi dalam cangkang kerang darah, maka bahan tersebut sangat potensial untuk digunakan sebagai sumber kalsium untuk bahan baku pada pembuatan PCC.

3.2 Pengaruh Suhu Kalsinasi dan Rasio CaO/HNO_3 pada Proses Pembentukan *Precipitated Calcium Carbonate*

Dalam penelitian ini, *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) disintesis dengan menggunakan metoda karbonasi yang dimodifikasi, yaitu dengan mereaksikan kalsium oksida dari serbuk cangkang kerang darah hasil kalsinasi dengan asam nitrat (HNO_3). Adapun modifikasi yang dimaksud pada penelitian yang dilakukan ini adalah mereaksikan kalsium oksida hasil kalsinasi dengan larutan asam anorganik (HNO_3) sebagai substitusi air yang terjadi pada proses *slaking*. Hal ini dilakukan karena proses *slaking* dengan air menghasilkan rendemen yang relatif rendah karena dibatasi oleh kelarutan Ca(OH)_2 yang kecil. Maka, penambahan asam nitrat pada proses *slaking* ini berguna untuk meningkatkan kelarutan CaO untuk membentuk larutan Ca(OH)_2 [Jamarun, 2007]. Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap cangkang kerang darah diperoleh hasil seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik pengaruh suhu kalsinasi dan rasio CaO/HNO_3 terhadap rendemen

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa perolehan produk tertinggi untuk seluruh variasi yang diteliti didapatkan pada produk dengan perlakuan suhu kalsinasi 900 °C dan rasio penambahan CaO/HNO_3 14 gr : 300 ml dengan perolehan produk yang didapatkan yaitu sebesar 84,88 %. Pada kondisi ini, dengan konsentrasi asam nitrat yang optimal sebesar 2 M [Jamarun, 2007] dianggap mampu melarutkan oksida kalsium (CaO) dan bereaksi dengan baik membentuk $\text{Ca(NO}_3)_2$. Disamping itu, kondisi operasi lainnya seperti kecepatan pengadukan, lama pengadukan, serta laju alir gas CO_2 diperlakukan konstan dalam kondisi terbaik sesuai dengan literatur penelitian sebelumnya. Maka dari hal itu, penelitian ini benar benar memusatkan perhatian pada pengaruh suhu kalsinasi dan rasio penambahan CaO/HNO_3 terhadap pembentukan PCC.

Proses kalsinasi melibatkan dekomposisi termal yang melepaskan air, gas, sehingga mengkonversi CaCO_3 pada bahan baku cangkang kerang menjadi CaO . Hasil terbaik yang ditunjukkan dengan persentasi perolehan tertinggi didapat pada suhu kalsinasi 900 °C. Pada kondisi ini, proses dekomposisi termal yang terjadi pada bahan baku berupa cangkang kerang telah berlangsung lebih baik dibandingkan suhu kalsinasi 700 °C dan 800 °C.

Pengaruh rasio penambahan CaO/HNO_3 ini pun dapat diamati secara kasat mata pada saat proses *slaking*, yaitu pelarutan CaO dalam HNO_3 . Pada penambahan CaO/HNO_3 sebesar 14 gr :

300 ml, butiran CaO dapat melarut dengan sempurna dalam waktu yang relatif singkat. Sementara untuk penambahan CaO/HNO₃ sebesar 17 gr : 300 ml dan 20 gr : 300 ml, pelarutan butiran CaO relatif lebih lama dibanding penambahan 14 gr : 300 ml. Dalam penambahan ini terlihat bahwa CaO betul betul larut sempurna dipenghujung proses pengadukan.

3.3 Analisa Kandungan Kalsium dalam Produk *Precipitated Calcium Carbonate* dengan Kompleksometri

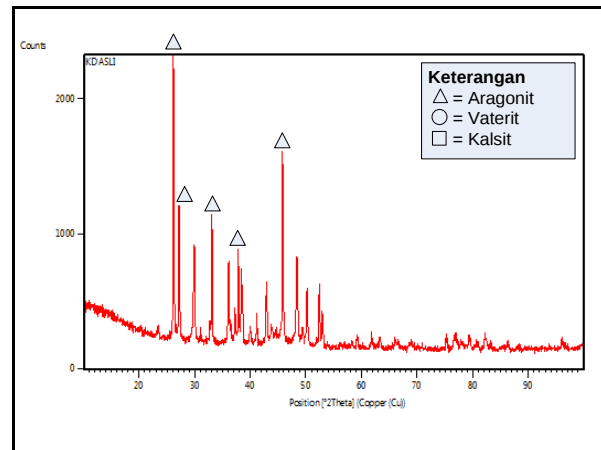
Kandungan kalsium dalam produk *Precipitated Calcium Carbonate* dapat diketahui dengan melakukan pengujian secara kualitatif, yaitu dengan titrasi kompleksometri. Kompleksometri merupakan jenis titrasi dimana titran dan titrat saling mengkompleks, membentuk hasil berupa kompleks. Titrasi ini dilakukan dengan mereaksikan sampel produk berupa PCC dengan Etil Diamin Tetra Asetat (EDTA) yang merupakan salah satu jenis asam amina polikarboksilat.

Dari pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini, diketahui bahwa pada produk *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) yang disintesa terdapat kandungan kalsium (Ca). Hal ini dibuktikan dengan terjadinya perubahan warna larutan dari larutan berwarna ungu muda menjadi biru muda, yang menandakan telah tercapainya titik ekuivalen titrasi pengkompleksan. Volume EDTA sebagai titran yang terpakai dalam kompleksometri adalah 2,5 ml sehingga diketahui kadar kalsium yang terkandung dalam PCC adalah 0,00235 gram.

3.4 Karakterisasi *Precipitated Calcium Carbonate* dengan X-ray Diffraction

Karakterisasi merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui dan menentukan jenis kristal yang menyusun material produk hasil sintesis. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan X-Ray Diffraction untuk menentukan jenis kristal dari produk. Secara umum, kalsium karbonat (CaCO₃) terdiri atas tiga jenis kristal (*polimorf*), yaitu aragonit, vaterit,

dan kalsit. Setiap polimorfik ini pada dasarnya memiliki sudut difraksi (2θ) dan indeks miller yang berbeda satu sama lain. Pola difraksi XRD dari bahan baku berupa cangkang kerang darah dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.

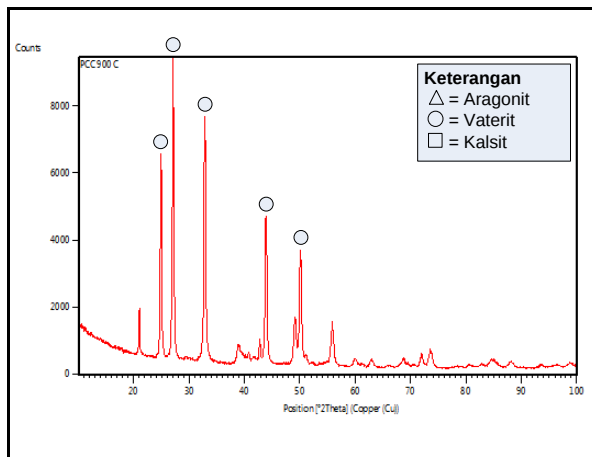


Gambar 3. Pola XRD Dari Bahan Baku Berupa Cangkang Kerang Darah

Berdasarkan Gambar 3 diatas terlihat bahwa puncak difraksi tertinggi yaitu intensitas maksimum pada sampel tersebut terjadi saat (2θ) pada 26,184°. Puncak tertinggi ini dapat menyimpulkan bahwa CaCO₃ pada cangkang kerang darah merupakan jenis kristal aragonit dengan indeks miller 221.

Aragonit adalah bentuk kristal dari PCC dengan struktur kristal *orthorombic* yang merupakan fase yang metastabil dan dapat bertransformasi ke fase stabil [Lailiyah, 2012]. Secara umum, batuan kalsium dan sumber kalsium lain yang terbentuk di alam didominasi dengan CaCO₃ dengan bentuk kristal aragonit ini [Apriliani, 2012].

Pola difraksi XRD untuk produk berupa *Precipitated Calcium Carbonate* yang diperoleh pada suhu kalsinasi 900°C dan rasio CaO/HNO₃ 14 gr : 300 ml dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pola XRD *Precipitated Calcium Carbonate* pada suhu kalsinasi 900°C dan rasio CaO/HNO₃ 14 gr : 300 ml

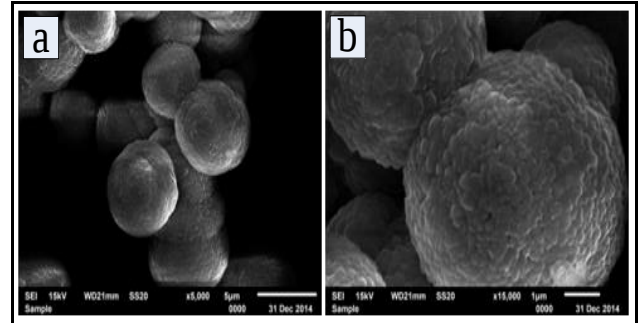
Pola difraksi pada Gambar 4 menunjukkan bahwa puncak difraksi tertinggi produk pada suhu kalsinasi 900°C dan rasio CaO/HNO₃ 14 gr : 300 ml yaitu intensitas maksimum pada sampel tersebut terjadi saat (20) pada 27,1039°. Hal ini menunjukkan bahwa kristal CaCO₃ pada *Precipitated Calcium Carbonate* adalah polimorf vaterit.

Berdasarkan hasil pengujian XRD terhadap sampel diatas terlihat bahwa jenis kristal yang menyusunnya didominasi oleh polimorf vaterit. Hal ini dapat terjadi dikarenakan beberapa hal, salah satunya yakni suhu reaksi karbonasi. Dalam penelitian ini, suhu reaksi karbonasi tidak diatur sehingga reaksi berlangsung pada suhu kamar. Reaksi karbonasi yang dilakukan pada suhu 30°C akan cenderung membentuk PCC dengan fase kalsit dan vaterit [Lailiyah, 2012].

3.5 Karakterisasi *Precipitated Calcium Carbonate* dengan *Scanning Electron Microscopy*

Untuk melihat dan mengetahui seperti apa morfologi produk *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) dilakukanlah pengujian dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan citra visual dari produk PCC baik dari segi bentuk maupun ukurannya, melalui mikroskop elektron dengan beberapa perbesaran. Bentuk

produk pada suhu kalsinasi 900°C dan rasio CaO/HNO₃ 14 gr : 300 ml dengan beberapa perbesaran gambar yaitu 5000 kali dan 15.000 kali, dapat dilihat pada Gambar 5. dibawah ini



Gambar 5. Hasil pencitraan SEM untuk morfologi PCC pada suhu kalsinasi 900°C dan CaO/HNO₃ 14 gr : 300 ml dalam beberapa perbesaran gambar : (a) 5.000 kali, (b) 15.000 kali

Dari Gambar 5 di atas dapat dilihat bahwa morfologi partikel partikel *Precipitated Calcium Carbonate* dari segi bentuknya adalah bulat (*sphere*) dan memiliki kesamaan bentuk antara satu dengan yang lain. Hasil foto SEM pada gambar diatas juga semakin memperkuat bahwa produk PCC yang diperoleh merupakan produk yang didominasi bentuk kristal vaterit, yaitu kristal yang ditandai dengan bentuk *sphere* [Yanti, 2012]. Begitu juga dengan ukurannya yang relatif sama antara satu dengan yang lainnya, yaitu berada dikisaran 2,5 µm - 4 µm. Berdasarkan hasil SEM tersebut, dengan adanya kemiripan baik dari segi bentuk maupun ukuran partikelnya, maka produk PCC pada suhu kalsinasi 900°C dan rasio CaO/HNO₃ 14 gr : 300 ml dapat dianggap homogen.

4. Kesimpulan

1. Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) merupakan limbah dengan kandungan kalsium yang besar dalam bentuk CaCO₃ dengan kadar pengujian 76,6%.
2. Suhu kalsinasi mempengaruhi dekomposisi termal bahan baku CaO.

- Semakin tinggi suhu kalsinasi, maka dekomposisi akan berlangsung maksimal sehingga rendemen produk semakin tinggi. Suhu kalsinasi terbaik yang diketahui dari penelitian ini adalah pada 900 °C.
3. Semakin besar rasio CaO/HNO₃ yang digunakan, maka rendemen produk semakin kecil dan perolehan *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) semakin sedikit. Rasio terbaik yang diketahui dari penelitian ini adalah pada 14 gr : 300 ml
 4. Kondisi operasi terbaik yang diperoleh dari penelitian ini adalah pada suhu kalsinasi 900°C dan rasio CaO/HNO₃ 14 gr : 300 ml dengan rendemen sebesar 84,88%. Jenis kristal yang didapat adalah vaterit dengan bentuk *sphere*.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriliani N.F, dkk. 2012. *Pengaruh Penambahan Larutan MgCl₂ Pada Sintesa Kalsium Karbonat Presipitat Berbahan Dasar Batu Kapur Dengan Metode Karbonasi*. Jurnal Sains dan Seni Institut Teknologi Sepuluh November Vol 1(1): 31-37
- Deslia, P. 2013. *Pengaruh Penambahan Filler Terhadap Kualitas Kertas. Laporan Kerja Praktek Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau*. Pekanbaru.
- Direktorat Jenderal Perikanan. 2011. *Statistika Perikanan Tangkap Indonesia 2010*. Kementrian Perikanan Dan Kelautan Indonesia. Jakarta. Indonesia.
- Hu, Z., 2009. *Synthesis of Needle Like Aragonite from Limestone in the Presence of Magnesium Chloride*. Journal of Material Processing Technology Vol 20(9): 1607-1611.
- Jamarun, N., Yulfitrin. 2007. *Pembuatan Precipitated Calcium Carbonate (PCC) dari Batu Kapur dengan Metoda Kaustik Soda*. Jurnal Riset Kimia, Vol 1 (1): 20-24.
- Lailiyah Q,dkk. 2012. *Pengaruh Temperatur dan Laju Alir Gas CO₂ Pada Sintesis Kalsium Karbonat Presipitat Dengan Metode Bubbling*. Jurnal Sains dan Seni Institut Teknologi Sepuluh November Vol 1(1): 53-59.
- Nurhepi. 2008. *Pengaruh CaO dan Penambahan Asam Organik terhadap pembentukan Precipitated Calcium Carbonat (PCC) Melalui Metoda Karbonasi*. Tesis Program Pascasarjana Universitas Andalas. Padang
- Ramadhani D,P. 2008. *Pengaruh Penambahan Surfaktan Pada Precipitated Calcium Carbonat (PCC) Melalui Metoda Solvay*. Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas. Padang
- Walendra, Y. 2011. *Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit Berpori dari Cangkang Kerang darah dengan Porogen lilin Lebah*. Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. Bogor.