

SINTESIS NANO-PRECIPIATED CALSIUM CARBONATE DARI CANGKANG BEKICOT DENGAN PENAMBAHAN POLIMER PEG 400

Lely Paramitha, Rendi Adi Pratama, Ely Kurniati*

Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur Jalan Raya Rungkut Madya No. 1, Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294, Indonesia

*Penulis korespondensi: elysentot@gmail.com

Abstrak

Cangkang bekicot adalah sebuah hasil sisa dari konsumsi olahan masyarakat yang belum banyak dimanfaatkan karena memiliki tekstur yang keras. Cangkang bekicot sendiri memiliki kandungan CaO mencapai 96% berdasarkan hasil analisa XRF. Pada Penelitian sintesis nano-precipitated calcium carbonate memiliki tujuan untuk mempelajari dan mengetahui pengaruh suhu dan kecepatan pengadukan pada nano precipitated calcium carbonate dari limbah cangkang bekicot dengan menggunakan metode koapresipitasi. Rencana penelitian menggunakan alat heating plate stirrer dengan dengan variabel peubah yang ditetapkan meliputi berat sampel awal 30 gram, perbandingan mol CaCl 1:16 pH 10, dan waktu pengadukan 4 jam. Untuk variabel peubah yang dijalankan dengan suhu reaksi kopresipitas ($^{\circ}\text{C}$) = 50, 60, 70, 80, dan 90 serta untuk Kecepatan pengadukan (rpm) = 550, 700, 850, 1000, dan 1150. Hasil terbaik pada penelitian ini didapatkan ukuran Nano-PCC sebesar 54,83 nm dengan Analisa PSA, 50,09 nm dengan persamaan Scherrer, dan 56,81 nm dengan SEM serta yield yang diperoleh sebesar 70,112%. Hasil ini didapatkan pada suhu sebesar 90°C dengan kecepatan pengadukan sebesar 1150 rpm.

Kata kunci: cangkang bekicot; nano precipitated calcium carbonate; koapresipitasi

Abstract (Bahasa Inggris)

Snail shells are a by-product of processed people's consumption that has not been widely used because they have a hard texture. The snail shell itself has a CaO content of up to 96% based on the results of XRF analysis. The research on the synthesis of nano-precipitated calcium carbonate has the objective to study and determine the effect of temperature and stirring speed on nano-precipitated calcium carbonate from snail shell waste by using the co-precipitation method. The research plan used a heating plate stirrer with the specified variables, including an initial sample weight of 30 grams, a CaCl mole ratio of 1:16, pH 10, and a stirring time of 4 hours. For the variables carried out with coprecipitation reaction temperatures ($^{\circ}\text{C}$) = 50, 60, 70, 80, and 90 and for stirring speed (rpm) = 550, 700, 850, 1000, and 1150. The best results in this study were obtained: Nano size -PCC is 54.83 nm with PSA analysis, 50.09 nm with Scherrer equation, and 56.81 nm with SEM, and the yield obtained is 70.112%. These results were obtained at a temperature of 90°C with a stirring speed of 1150 rpm.

Keywords: snail shell; nano-precipitated calcium carbonate; coprecipitation

PENDAHULUAN

Cangkang merupakan sisa dari konsumsi masyarakat yang belum dimanfaatkan secara maksimal karena memiliki tekstur permukaan yang keras. Cangkang sendiri biasanya banyak dimanfaatkan sebatas pada kerajinan tangan. Banyak sekali cangkang yang kurang

dimanfaatkan, seperti cangkang bekicot yang banyak dihasilkan dari hasil konsumsi masyarakat. Banyaknya sisa cangkang bekicot yang dihasilkan oleh masyarakat, maka perlu adanya pemanfaatan untuk dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan serta menambah nilai ekonomis dari cangkang bekicot itu sendiri.

Pemanfaatan cangkang sangat perlu untuk dilakukan mengingat banyak sekali sisa dari berbagai cangkang yang berserakan tanpa adanya pemanfaatan lebih lanjut terlebih kandungan kalsium yang tinggi dalam cangkang bekicot. Menurut penelitian yang telah dilakukan (Muqitaa & Dony, 2019) cangkang bekicot sendiri mempunyai kandungan CaO yang cukup tinggi yaitu sebesar 99,18%. kandungan pada cangkang bekicot yang terdapat kalsium oksida yang cukup tinggi dapat dimanfaatkan sebagai sumber kalsium dalam pembuatan suatu senyawa contohnya kalsium fosfat. Dengan tingginya kandungan kalsium, sehingga cangkang bekicot dapat sebagai sumber bahan potensial dalam pembuatan PCC (Precipitated Calcium Carbonate). Precipitated Calcium Carbonate sendiri banyak dimanfaatkan pada berbagai bidang, yaitu pada bidang kesehatan, bidang makanan, dan sampai bidang industri. Pada bidang industri. PCC banyak dimanfaatkan dalam bidang industri contohnya adalah dalam industri pembuatan kertas, mantel, plastik, tinta, dan pipa polimer. PCC dengan kualitas karakteristik khusus dapat dikembangkan sebagai bahan dalam pembuatan kosmetik, bahan bioaktif, hingga dapat sebagai suplemen nutrisi. Umumnya PCC yang dihasilkan memiliki ukuran partikel dari 0,1 sampai dengan 3 μm .

Nano PCC adalah PCC yang memiliki ukuran di bawah 0,1 μm . Beberapa tahun terakhir partikel nano mendapat perhatian penting dan mulai dikembangkan sebagai material maju. Penelitian tentang partikel nano sendiri sangat sering dilakukan karena dapat diaplikasikan diberbagai bidang kehidupan diantaranya adalah material maju, katalis, obat-obatan, elektronik, keramik, kosmetik, dan lain-lain. Sintesis partikel nano dapat mengubah sifat maupun fungsi dari suatu bahan, termasuk Nano PCC. Dalam penelitian Wang, dkk (2008) penambahan Nano PCC dapat menaikkan kuat tarik dan ketahanan suatu komposit. Aplikasi dari Nano PCC sendiri dapat mengontrol suatu viskositas dan sag pada perekat konstruksi dan otomotif diantaranya meliputi plastisol, PVC, polisulfida, dan silikon. Berdasarkan penelitian Rahmawati, dkk. (2012) tentang sintesis nano CaO menggunakan beberapa larutan polimer seperti air, PEG 400, etilen glikol, dietilen glikol, dan gliserol, ukuran terkecil didapatkan dengan menggunakan etilen

glikol yaitu sebesar 67,59 nm. Proses percobaan dilakukan dengan melakukan pengadukan selama 12 jam dengan memperhatikan suhu kamar dan dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Karena pengadukan terlalu lama dengan kecepatan pengadukan yang rendah, maka penelitian ini mencoba untuk mempersingkat waktu pengadukan dengan meningkatkan kecepatan pengadukan. Dengan meningkatnya intensitas tumbukan antar partikel maka dapat menyebabkan proses aglomerisasi antara partikel sulit terjadi. Berdasarkan penelitian wintari, dkk, (2017), melakukan penelitian tentang cara melakukan optimasi kecepatan serta lama pengadukan untuk mengetahui ukuran suatu partikel kitosan. Pada penelitian tersebut menggunakan kecepatan pengadukan pada pengadukan 500 rpm, 1000 rpm, dan 1500 rpm dimana waktu yang digunakan adalah 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Pada kecepatan pengadukan 1000 rpm didapatkan ukuran nanopartikel kitosan terkecil adalah pada waktu 3 jam dengan ukuran nano partikel 85,3 nm. Maka dari itu, peneliti menggunakan waktu 4 jam dengan variasi kecepatan pengadukan pada interval 150 rpm dimulai dari kecepatan pengadukan 550 rpm sesuai pada hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Berdasarkan penelitian Mishra, dkk, (2004), sintesis CaCO_3 dengan penambahan PEG dengan rasio mol CaCl_2 :PEG yang terbaik yaitu 1:16 menghasilkan ukuran partikel 15 nm dan yield sebesar 87%.

Berdasarkan penelitian Deno, dkk (2019). Ukuran Diameter Kristal Hidroksiapatit Hasil Sintesis dengan pengaturan pH dan suhu dimana suhu yang digunakan adalah 30 °C, 50 °C, dan 70 °C dan pH yang digunakan adalah 8, 9 dan 10 didapatkan pH optimal untuk membentuk diameter ukuran hidroksiapatit yang terkecil adalah di suhu 70 °C dan pH 10 dengan ukuran 18,02 nm. Menurut Harunda, dkk (2016) semakin besar pH (basa) yang digunakan maka ukuran diameter hidroksiapatit akan semakin kecil namun jika pH semakin tinggi akan mempengaruhi juga kemurnian hidroksiapatit. Sehingga penelitian ini mengambil interval pada suhu (°C):50, 60, 70, 80, dan 90 yaitu mengambil dua data ke bawah dan dua data ke atas dari suhu terbaik penelitian sebelumnya untuk mengetahui

ukuran terbaik Nano Precipitated Calcium Carbonate (NPCC).

Mekanisme penelitian dilakukan dengan melakukan kalsinasi cangkang bekicot untuk menghilangkan CO_2 . Setelah itu, sampel ditimbang sebanyak 30 gram dan dilarutkan dalam HCl 2 M 500 ml. Campuran tersebut diaduk menggunakan heating plate stirer selama 30 menit dengan kecepatan pengadukan 550 rpm setelah itu disaring. Filtrat yang didapat dari pencampuran tersebut ditambah larutan polimer PEG 400 dengan perbandingan mol CaCl_2 : PEG 400 (1:16) dan diaduk selama 4 jam dengan kecepatan pengadukan sesuai kondisi yang dijalankan (550, 700, 850, 1000, 1150) rpm. Setelah itu diatur pHnya yaitu sebesar 10 dengan menambahkan NaOH 2M. Kemudian dilakukan proses pengendapan dengan menambahkan Na_2CO_3 1,12 M 250 ml secara perlahan dan diaduk selama 4 jam dengan kecepatan pengadukan (550, 700, 850, 1000, 1150) rpm sehingga terlihat endapan kalsium karbonat yang berwarna putih susu. Endapan yang didapatkan didiamkan semalam (12 jam). Setelah itu campuran tersebut disaring dan endapan dikeringkan (8 jam) dalam oven pada suhu 130°C untuk menghilangkan sisa air dan pelarut lain dari proses pengendapan. Penelitian ini memiliki tujuan dalam mempelajari dan mengetahui pengaruh suhu dan kecepatan pengadukan pada Nano Precipitated Calcium Carbonate dari limbah cangkang bekicot dengan menggunakan metode koopresipitasi.

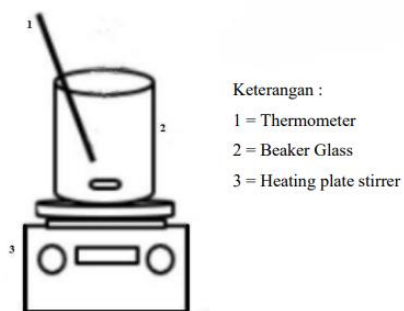
METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Cangkang Bekicot Sebagai sumber Ca dalam proses pembentukan nano Precipitated Calcium Carbonate, Asam Klorida berperan sebagai pelarut atau pengikat ion Ca^{2+} , Natrium Karbonat digunakan untuk pembentukan endapan kalsium karbonat, PEG 400 sebagai pengikat ion Ca^{2+} , dan Aquadest sebagai pelarut.

Alat

Rangkaian peralatan dalam proses Sintesis Nano-PCC terdapat pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Sintesis Nano-PCC
Prosedur

Sampel limbah cangkang bekicot sebelum diproses dianalisis menggunakan XRF. Menimbang sampel sebanyak 30 gram dan dilarutkan dalam HCl 2 M 500 ml. Campuran diaduk menggunakan heating plate stirer selama 30 menit dengan kecepatan pengadukan 550 rpm setelah itu disaring. Filtrat yang didapat ditambah larutan polimer PEG 400 dengan perbandingan mol CaCl_2 : PEG 400 (1:16) dan diaduk selama 4 jam dengan kecepatan pengadukan sesuai kondisi yang dijalankan (550, 700, 850, 1000, 1150) rpm. Setelah itu diatur pHnya yaitu sebesar 10 dengan menambahkan NaOH 2M. Kemudian dilakukan proses pengendapan dengan menambahkan Na_2CO_3 1,12 M 250 ml secara perlahan dan diaduk selama 4 jam dengan kecepatan pengadukan (550, 700, 850, 1000, 1150) rpm sehingga terlihat endapan kalsium karbonat yang berwarna putih susu. Endapan didiamkan semalam (12 jam). Campuran disaring dan endapan dikeringkan (8 jam) dalam oven pada suhu 130°C untuk menghilangkan sisa air dan pelarut lain dari proses pengendapan. Hasil akhir ditimbang dan dilakukan Analisa ukuran partikel (PSA), XRD, dan SEM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisa XRF Cangkang Bekicot Sebagai Bahan Baku Pembuatan Nano-PCC Penelitian pada Nano-Precipitated Calcium Carbonat dari cangkang bekicot, dilakukan Analisa XRF (X-Ray Fluorescence) terhadap cangkang bekicot untuk mengetahui kandungan Ca^{2+} . untuk analisa awal bahan baku sebelum proses penelitian lebih lanjut terdapat pada table 1.

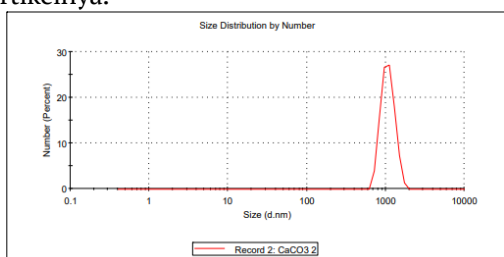
Tabel 1. Hasil Analisa XRF Cangkang Bekicot

Senyawa	Kadar	Senyawa	Kadar
CaO	96,00%	Co ₃ O ₄	0,23%
Fe ₂ O ₃	0,78%	SrO	0,8%
Lu ₂ O ₃	0,51%	Er ₂ O ₃	0,23%
CuO	1,45%		

Dari hasil Analisa tersebut terlihat bahwa cangkang bekicot yang nantinya akan digunakan sebagai bahan baku utama untuk memperoleh nano-PCC memiliki kandungan kalsium sebesar 96,00%. Dari hasil analisa XRF yang telah dilakukan didapatkan perbedaan persentase kalsium dimana menurut penelitian yang telah dilakukan Muqitaa & Dony, (2019), dari hasil analisa XRF cangkang bekicot sendiri mempunyai kandungan CaO didapatkan sebesar 99,18%. Dimana hal ini menandakan kandungan cangkang bekicot yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan nano-PCC memiliki persen kalsium lebih rendah yaitu sebesar 3,11% dari penelitian sebelumnya.

Hasil Analisa PSA Nano-PCC Tanpa Penambahan Larutan Polimer

Sebelum dilakukan penelitian, dilakukan uji terhadap PCC untuk mengetahui ukuran partikelnya.



Gambar 3. Hasil Analisa PSA PCC Tanpa Larutan Polimer

Hasil analisa pada gambar 3 menunjukkan bahwa ukuran partikel PCC sebesar 1095 nanometer. Karena batas ukuran untuk menjadi nano PCC adalah dibawah 100 nanometer, maka partikel PCC tanpa penambahan polimer ini masih belum bisa dikatakan sebagai ukuran nano partikel. Sehingga dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mereduksi ukuran partikel PCC dengan penambahan polimer. Hal ini berbanding terbalik

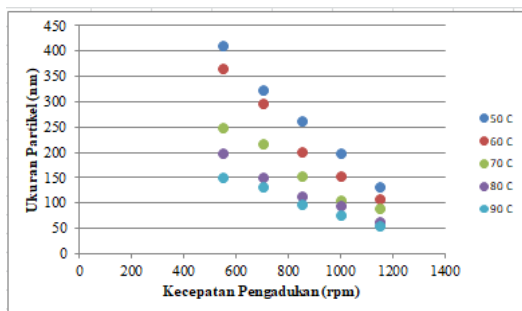
dengan penelitian Mishra, dkk, (2004), dimana sintesis CaCO₃ dengan penambahan PEG dengan rasio mol CaCl₂: PEG yang terbaik yaitu 1:16 menghasilkan ukuran partikel 15 nm dan yield sebesar 87%.

Hasil Analisa Nano-PCC Menggunakan PSA Terhadap Variabel Suhu dan Pengadukan.

Pada penelitian Sintesis Nano-PCC dari cangkang bekicot menggunakan larutan polimer dengan variabel kecepatan pengadukan dan suhu didapatkan hasil analisa PSA (Particle Size Analyzer) dengan penambahan polimer sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Analisa PSA Nano-PCC dengan Larutan Polimer

Suhu (°C)	Pengadukan (rpm)	Ukuran Partikel (nm)
50	550	412.3
	700	323.5
	850	261.4
	1000	198.8
	1150	131.86
60	550	366.1
	700	297.5
	850	201.6
	1000	153.1
	1150	108.9
70	550	250.3
	700	217.6
	850	152.86
	1000	104.8
	1150	90.8
80	550	198.1
	700	151.7
	850	113.2
	1000	95.4
	1150	63.04
90	550	150.8
	700	133.1
	850	97.3
	1000	76.7
	1150	54.83



Gambar 4. Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Suhu Terhadap Hasil Ukuran Partikel Nano-PCC

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 2 menjelaskan bahwa semakin tinggi suhu dan kecepatan pengadukan maka berpengaruh kepada ukuran partikel nano PCC yang semakin kecil. Hal ini diperjelas dengan gambar 4 dimana pada waktu suhu 80oC dan 90oC dengan kecepatan pengadukan 1000 dan 1150 rpm ukuran nano PCC semakin kecil, sedangkan pada suhu 50°C, 60°C dan 70°C dengan kecepatan pengadukan 550, 700 dan 850 rpm ukuran nano PCC mengalami pembesaran. Kejadian tersebut dapat membuktikan bahwa dengan semakin besarnya kecepatan pengadukan dan semakin tingginya suhu yang dipakai, maka ukuran nano PCC yang dihasilkan juga semakin kecil.

Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Deno, dkk (2019) yang menyebutkan jika semakin tinggi suhu dan kecepatan pengadukan yang dipakai maka akan berdampak pada ukuran partikel yang didapatkan menjadi kecil. Pada penelitian tersebut menggunakan suhu 70 oC dan didapatkan ukuran partikel sebesar 18,02 nm. Sedangkan pada penelitian kami dengan suhu 90oC didapatkan ukuran terkecil dengan kecepatan pengadukan 550 rpm, 700 rpm, 850 rpm, 1000 rpm dan 1150 rpm yaitu sebesar 54,83 nm; 63,04 nm; 90,8 nm; 108,9 nm dan 131,86 nm. Pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa pada kecepatan pengadukan 550 sampai dengan 1150 rpm, ukuran partikel cenderung mengalami penurunan di semua variable. Hal ini terjadi karena dengan meningkatnya kecepatan pengadukan, intensitas pada molekul akan dapat menyebabkan molekul sering terjadi tumbukan sehingga peristiwa aglomerasi partikel akan sulit terjadi. Aglomerasi sendiri dapat diartikan sebagai pembentukan kumpulan partikel dalam larutan dan merupakan salah satu mekanisme yang menyebabkan penggumpalan. Waktu pengadukan yang lama akan berdampak pada

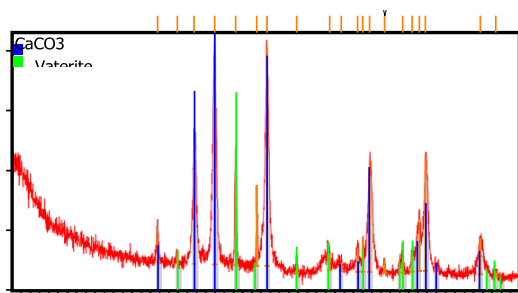
ukuran partikel dimana jika dengan meningkatnya lama pengadukan maka ukuran partikel yang dihasilkan akan kecil. Hal ini dikarenakan semakin banyak partikel yang terpecah menjadi partikel berukuran nano. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian Taurina, dkk., (2017) dimana menyatakan jika kecepatan pengadukan semakin tinggi maka akan berdampak pada ukuran pengadukan yang semakin mengalami pengecilan.

Hasil Analisa Nano-PCC Menggunakan XRD (X-Ray Diffraction)

Analisa XRD sendiri digunakan untuk mengetahui struktural kristal yang terdapat dalam produk untuk mengetahui kadar kalsium karbonat dalam produk.

Tabel 3. Hasil Analisa XRD

Pos. [°2Th.]	FWHM Left [°2Th.]	Rel. Int. [%]
23.8745	0.1338	16.11
23.9024	0.1676	4.84
24.7406	0.2676	50.61
26.976	0.2676	100.00
29.2548	0.1506	52.80
31.5124	0.0502	36.86
32.6211	0.2676	99.78
35.8607	0.1338	8.41
39.4323	0.1038	7.79
40.6574	0.6022	3.71
42.4356	0.2007	10.61
43.0173	0.1004	14.79
43.7607	0.2676	50.69
45.3602	0.2007	5.35
47.3422	0.2007	7.29
48.3475	0.2676	8.99
49.1219	0.3346	23.83
49.7913	0.1171	51.70
55.7315	0.4015	16.45
58.4056	0.4015	2.47



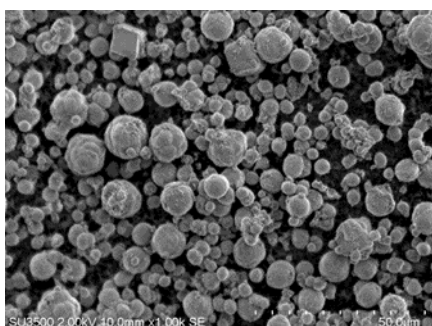
Gambar 5. Hasil Analisa XRD Nano-PCC pada Suhu 90 °C dan kecepatan pengadukan 1150 °C

Analisa XRD dilakukan pada hasil terbaik Nano-PCC yaitu pada Ukuran 54,83 nm. Hasil Analisa XRD dapat dilihat pada tabel 3. Untuk ukuran pada Kristal sendiri dapat diperkirakan formula pada Scherrer (1),

$$D = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

Untuk nilai λ = Panjang gelombang sinar-X yang digunakan pada analisis XRD, dan θ = sudut difraksi yang digunakan pada analisis XRD, K = adalah konstanta dimana untuk konstatanya sendiri tergantung pada factor bentuk Kristal, untuk bidang (hkl) difraksi serta definisi besaran β yang dipakai, diaman sudah memenuhi atau belum makan dapat dipakai sebagai Full Width at Half Maximum (FWHM) atau Integral Breadth dari puncak.

Hasil Analisa Nano-PCC Menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy) Analisa SEM dipakai dalam mengetahui bentuk Kristal dan ukuran Nano-PCC serta keseragaman dari bentuk kristal yang terbentuk. Hasil dari analisis SEM dengan sampel Nano-PCC terdapat pada Sintesis Nano-PCC terdapat pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil Analisa SEM Nano-PCC pada Suhu 90 °C dan kecepatan pengadukan 1150 °C.

Berdasarkan hasil uji SEM diatas menunjukkan bahwa kristal yang terbentuk dari penelitian kami yaitu vaterit, karena kristal vaterit

memiliki sistem kristal hexagonal dimana kristal ini cenderung akan berbentuk seperti bola. Ada beberapa kristal kalsit yang terdapat pada hasil penelitian kami (berbentuk seperti kubus), hal ini bisa terjadi karena sifat kristal vaterit yang metastabil dimana saat kristal vaterit terkena air dan pada suhu rendah dapat berubah bentuk menjadi kristal kalsit sedangkan jika pada suhu tinggi kristal vaterit akan berubah menjadi kristal aragonit. Kristal vaterit juga memiliki diameter yang kecil berkisar 0,05-5µm. Sehingga pada penelitian kami Nano-PCC sangat memungkinkan kristal yang terbentuk adalah kristal vaterit. Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan ukuran partikel sebesar 56,81 nm. Hasil tersebut hampir sama dengan 2 analisa sebelumnya dengan menggunakan PSA dan XRD, dimana dengan PSA ukuran partikel didapatkan 54,83 nm dan dengan XRD sebesar 50,09 nm.

SIMPULAN

Hasil terbaik pada penelitian ini didapatkan ukuran Nano-PCC sebesar 54,83 nm dengan Analisa PSA, 50,09 nm dengan persamaan Scherrer, dan 56,81 nm dengan SEM serta yield yang diperoleh sebesar 70,112%. Hasil ini didapatkan pada suhu sebesar 90°C dengan kecepatan pengadukan sebesar 1150 rpm.

SARAN

Untuk menghasilkan nano-PCC dengan ukuran dan kualitas yang optimal dapat dilakukan dengan melakukan pre-treatment pada bahan baku dan menggunakan variabel suhu dan kecepatan pengadukan yang lebih tinggi dan untuk mengetahui kualitas PCC yang didapatkan perlu dilakukan analisa lebih lanjut sesuai kriteria yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Fadli, D., dkk. 2019, 'Pengaruh Suhu Dan pH Terhadap Bentuk Partikel Hidroksiapatit Dari Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Kulit Telur Itik Melalui Metode Presipitasi', *Jurnal Fakultas Teknik*, Vol.6, No.1, Hh. 1-8.
- Harunda, M., dkk. 2016, 'Pengaruh Ph Dan Waktu Reaksi Pada Sintesis Hidroksiapatit Dari Tulang Sapi Dengan Metode

- Presipitasi', *Jurnal Fakultas Teknik*, Vol.3, No.1, Hh.1-7.
- Mishra, S, Sonawane, SH & Singh, RP 2004, 'Studies on characterization of nano CaCO₃ prepared by the in situ deposition technique and its application in PPnano CaCO₃ composites', *Journal of Polymer Science: Part B*, vol. 43, hh. 107-113.
- Muqiitaa, S, & Dony, A 2019, 'Karakterisasi Precipitated Calcium Carbonate (Pcc) Dari Berbagai Cangkang Dengan Metode Karbonasi Sebagai Biomaterial', Surabaya: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- Rahmawati, S, Didik, P, & Ratna, E 2012, 'Sintesis Partikel Nano Cao Dengan Metode Kopesipitasi Dan Karakterisasinya', *Prosiding Tugas Akhir: ITS*, Hh. 1-11.
- Taurina, W, et al. 2017, 'Optimasi Kecepatan Dan Lama Pengadukan Terhadap Ukuran Nanopartikel Kitosan-Ekstrak Etanol 70% Kulit Jeruk Siam (*Citrusnobilis* L.var *Microcarpa*)', *Traditional Medicine Journal*, vol. 22, no. 1, hh. 18-19.
- Wang, J, et al. 2010, 'Calcium Carbonate/Carboxymethyl Chitosan Hybrid Microspheres and Nanospheres For Drug Delivery', *J. Phys. Chem. C*, vol. 114, no. 44, hh.18940-18944.