



Sintesis dan Karakterisasi Nanokalsium Oksida dari Cangkang Telur

Sunardi Sunardi^{a*}, Erlynda Desy Krismawati^b, Argoto Mahayana^a

^aAnalisis Kimia Fakultas Teknik Universitas Setia Budi, Jl. Letjend Sutoyo Mojosongo Solo 57127

^bTeknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Setia Budi, Jl. Letjend Sutoyo Mojosongo Solo 57127

*Corresponding author: nardi_usb@yahoo.co.id

DOI: 10.20961/alchemy.16.2.40527.250-259

Received 06 March 2020, Accepted 03 August 2020, Published 18 September 2020

Kata kunci:

cangkang telur;
kalsium oksida;
karakterisasi nano;
sintesis.

ABSTRAK. Pencegahan osteoporosis dilakukan dengan mengkonsumsi kalsium. Pada umumnya kalsium yang dikonsumsi dalam bentuk mikrokalsium. Ukuran mikrokalsium hanya diserap tubuh sekitar 50%, sehingga sering menyebabkan defisiensi. Sehingga, teknologi untuk membuat ukuran nanokalsium telah dikembangkan agar penyerapan kalsium dalam tubuh lebih besar. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanokalsium dari cangkang telur yang merupakan limbah industri roti. Sintesis nanokalsium oksida dari cangkang telur dengan metode presipitasi. Sintesis dilakukan dengan mereaksikan cangkang telur yang telah bersih dan kering dengan HCl 2 N. Hasil reaksi dipisahkan dengan penyaringan sehingga diperoleh filtrat. Filtrat yang diperoleh direaksikan dengan NaOH sampai pengendapan tidak terbentuk lagi. Endapan yang diperoleh kemudian dipisahkan, dioven, dan dibakar dalam tanur pada suhu 600 °C selama 1 jam. Serbuk hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX), spektrometer *X-ray Diffraction* (XRD) dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa cangkang telur dapat disintesis menjadi nanokalsium oksida berupa kristal berwarna putih. Karakterisasi menggunakan SEM-EDX diperoleh hasil bahwa nanokalsium oksida dari cangkang telur berbentuk sferis, teraglomerasi dengan ukuran partikel $12,41582 \pm 0,13961$ nm, mengandung unsur yaitu O (55,83%), C (33,24%), dan Ca (10,94%). Karakterisasi dengan XRD menunjukkan bahwa ukuran kristal nanokalsium oksida diperoleh hasil sebesar 10,46 nm. Karakterisasi dengan FTIR diperoleh puncak pada bilangan gelombang $1477,54$ cm^{-1} , $1053,15$ cm^{-1} , $8863,68$ cm^{-1} dan ikatan Ca-O pada bilangan gelombang 512 cm^{-1} .

Keywords:

eggshell;
calcium oxide;
nano
characterization;
synthesis.

ABSTRACT. Synthesis and Characterization of Nano-Calcium Oxide from Eggshells. Consumption of calcium can prevent osteoporosis. Usually, calcium is consumed in the form of microcalcium. The micro size calcium is only absorbed by the body at around 50%, causing calcium deficiency. Therefore, technology to produce nano-size calcium has been developed to increase the amount of adsorption. This study aims to synthesize nanocalcium from eggshells as a solid waste of bread industries. The synthesis was conducted by precipitation method. The synthesis was carried out by reacting clean and dry eggshells with HCl 2 N, and then followed by filtering to obtain the filtrate. The filtrate obtained was reacted with NaOH until the calcium was precipitated. The precipitate obtained was then separated, roasted, and burned in a furnace at 600 °C for 1 hour. The synthesized powders were characterized using Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX), X-ray Diffraction (XRD) dan Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy. The results showed that eggshells could be synthesized into nano-calcium oxide in the form of white crystals. Characterization using SEM-EDX showed that nano-calcium oxide from spherical eggshells, agglomerated with the particle size of 12.41582 ± 0.13961 nm, with elemental content of O (55.83%), C (33.24%), and Ca (10.94%). Characterization with XRD shows that the size of nano-calcium oxide crystals was 10.46 nm. Characterization with FTIR shows peak at wavenumbers 1477.54 cm^{-1} , 1053.15 cm^{-1} , 8863.68 cm^{-1} , and the Ca-O bond reveals at 512 cm^{-1} .

PENDAHULUAN

Salah satu usaha pencegahan osteoporosis adalah mengkonsumsi suplemen kalsium (Setyorini *et al.*, 2016; Paschalis *et al.*, 2017; Lee *et al.*, 2017). Kalsium merupakan mineral esensial yang memiliki peranan penting di dalam tubuh untuk pembentukan tulang (Ahmad, 2017; Julianti, 2017). Kalsium umum dikonsumsi terdapat dalam bentuk mikro kalsium. Ukuran tersebut terkait dengan besarnya penyerapan kalsium oleh tubuh, biasanya hanya 50% sehingga sering menyebabkan defisiensi (Aminingsih *et al.*, 2018; Zufadhillah *et al.*, 2018; Ranjan *et al.*, 2019). Teknologi pembentukan ukuran kalsium yang lebih kecil telah dikembangkan untuk memperbesar penyerapan kalsium dalam tubuh (Jirimali *et al.*, 2018; Mosaddegh and Hassankhani, 2014; Ferraz *et al.*, 2018; Rivera *et al.*, 1999). Sintesis nanopartikel lebih banyak menarik perhatian karena kinerja yang lebih baik disebabkan terjadi peningkatan luas permukaan dan daya absorpsi. Nanokalsium mempunyai ukuran yang sangat

kecil yaitu 10^{-9} m yang menyebabkan reseptor cepat masuk ke dalam tubuh dengan sempurna, oleh karena itu nanokalsium dapat terabsorpsi oleh tubuh hampir 100% (Suptijah *et al.*, 2012; Salama *et al.*, 2019; Ranjan *et al.*, 2019).

Sintesis nanokalsium oksida dengan metode pemanasan/termal telah dilaporkan Ghiasi dan Malekzadeh (Ghiasi and Malekzadeh, 2012). Mereka mensintesis nanokalsium oksida memanaskan kalsit pada suhu $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 5 jam kemudian dihidrolisis dengan kapur. Nanokalsium oksida yang diperoleh mempunyai ukuran 50 nm. Penelitian lain dengan metode radiasi gelombang mikro pada suhu $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 5 menit dihasilkan nanokalsium oksida dengan ukuran partikel rata-rata 14 – 24 nm (Roy *et al.*, 2013). Sadeghi dan Hussein melakukan penelitian dengan metode kopresipitasi selama 12 jam pada suhu $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ menggunakan polivinilpirolidon (PVP) untuk mencegah aglomerasi diperoleh ukuran nanokalsium oksida rata-rata 100 nm (Sadeghi and Hussein 2013). Sintesis nanokalsium oksida dengan metode dekomposisi termal pada $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan dialiri gas argon diperoleh ukuran partikel rata-rata 91 – 94 nm (Mirghiasi *et al.*, 2014). Penelitian lain dengan metode kopresipitasi kimia selama 60 menit pada suhu $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan menggunakan polivinil alkohol untuk mencegah aglomerasi diperoleh ukuran partikel rata-rata 11 nm (Butt *et al.*, 2015). Sintesis nanokalsium oksida dari cangkang udang dengan metode proses dua langkah dihasilkan rata-rata ukuran partikel 40 – 130 nm (Gedda *et al.*, 2015). Ukuran kristal partikel nanokalsium oksida diperoleh dengan metode dekomposisi termal 2 langkah (Arul *et al.*, 2018). Penelitian Habte *et al.* dengan metode sol-gel yaitu kalsinasi pada suhu $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ waktu 1 jam diperoleh nanokalsium oksida dengan ukuran 50 – 198 nm (Habte *et al.*, 2019).

Sumber kalsium yang umum dikonsumsi masyarakat adalah susu, padahal ada sumber kalsium lain yang belum dieksplorasi yaitu sumber kalsium dari hewan. Salah satu sumber kalsium adalah cangkang telur lokal dari industri roti. Industri roti menggunakan telur sebagai bahan baku pada proses pembuatan roti. Telur diolah menjadi roti, sedangkan cangkangnya dibuang begitu saja. Apabila hal ini berlangsung terus menerus akan berdampak pada lingkungan (Setiawan, 2017). Cangkang telur termasuk limbah pangan yang selama ini masih belum banyak dimanfaatkan. Kandungan dari cangkang telur adalah 90% kalsium (Warsy *et al.*, 2016; Nurlaela *et al.*, 2014; Jirimali *et al.*, 2018; Habte *et al.*, 2019; Mosaddegh and Hassankhani, 2014; El-Shibiny *et al.*, 2018; Tizo *et al.*, 2018). Hal ini mengindikasikan cangkang telur bisa menjadi salah satu sumber kalsium yang potensial.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah HCl (E-Merck) dan NaOH (E-Merck) produksi Jerman. Cangkang telur diambil dari Industri Roti Brownies Cinta Karanganyar. Alat-alat yang digunakan SEM Hitachi S-3400N, XRD merk PANalytical, dan FTIR Merk Shimadzu, Type : IRPrestige 21.

Preparasi Nanokalsium

Preparasi cangkang telur dilakukan dengan pencucian cangkang. Cangkang kemudian dikeringkan dengan panas matahari. Cangkang yang telah kering selanjutnya dihancurkan dengan alat mortar sehingga menjadi tepung kemudian disaring dengan ayakan ukuran 100 mesh.

Tepung cangkang sebanyak 12,5 g diekstraksi dengan 250 mL HCl 2N pada suhu $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 2 jam (Habte *et al.*, 2019). Hasil ekstraksi selanjutnya disaring dengan kertas saring sehingga diperoleh cairan/filtrat. Filtrat dipresipitasi dengan penambahan 250 mL NaOH 3 N tetes demi tetes dan dilakukan pengadukan serta didiamkan sampai tidak terbentuk endapan lagi. Endapan yang diperoleh kemudian dipisahkan dengan cara dekantasi dan disaring. Endapan tersebut selanjutnya dilakukan proses netralisasi menggunakan akuades sampai pH 7. Tahap selanjutnya adalah tahap pengeringan endapan dengan oven pada suhu $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan diteruskan dengan pembakaran dalam tanur pada suhu $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam (Julianti, 2017). Sehingga terbentuk serbuk kalsium oksida. Senyawa hasil sintesis kemudian dikarakterisasi dengan SEM-EDX, XRD, dan FTIR.

Karakterisasi SEM diperoleh mikrograf, yang memperlihatkan morfologi permukaan sampel sehingga dapat teramati bentuk dan ukuran partikel (butiran). Berdasarkan skala pada mikrograf dapat diketahui ukuran partikelnya. Ukuran partikel ditentukan dengan menggunakan software ImageJ sehingga diperoleh sejumlah N data ukuran partikel. Dengan software Origin-8 dibuat distribusi ukuran partikel dalam bentuk diagram batang. Diagram dianalisis dengan pendekatan Gaussian sehingga diperoleh nilai ukuran partikel. Dalam menentukan ukuran partikel, juga dilakukan perhitungan rata-rata ukuran partikel dari seluruh titik x_i data ukuran partikel secara langsung dengan persamaan $\Sigma x_i/N$ (Sumadiyasa dan Manuaba, 2018).

Karakterisasi XRD untuk menentukan ukuran kristal, dilakukan perhitungan dengan formula Scherrer persamaan (1),

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

keterangan:

D = ukuran kristal

K = konstanta faktor bentuk dari kristal (0,9–1) pada umumnya digunakan 0,94

λ = panjang gelombang dari sinar-X

β = nilai dari *Full Width at Half Maximum* (FWHM) (deg)

θ = sudut difraksi (derajat)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi nanokalsium dengan metode presipitasi, yaitu dilakukan dengan cara zat aktif dilarutkan ke dalam pelarut lalu ditambahkan larutan lain yang bukan pelarut (*anti-solvent*). Hal ini menyebabkan larutan menjadi jenuh dan terjadi nukleasi yang cepat sehingga membentuk nanopartikel (Kenth, 2009). Metode ini memiliki empat proses yaitu pelarutan komponen kalsium cangkang telur menggunakan pelarut asam (HCl), presipitasi menggunakan larutan NaOH, netralisasi menggunakan aquades dan pembakaran kristal Ca(OH)₂. Adanya pencampuran asam-basa tersebut mengakibatkan larutan menjadi jenuh dan menghasilkan endapan kalsium yang halus dan berukuran nano. Isolasi kalsium dari cangkang telur menggunakan HCl. Proses ini merupakan proses melarutkan mineral yang terkandung dalam telur terutama mineral CaCO₃. Kalsium klorida (CaCl₂) yang terbentuk kemudian dipresipitasi dengan NaOH menghasilkan endapan berupa kalsium hidroksida (Ca(OH)₂) dan garam (NaCl). Garam NaCl sebagai produk samping berupa larutan dinetralisasi menggunakan aquades. Endapan Ca(OH)₂ yang terbentuk dibakar dalam tanur suhu 600 °C sehingga terbentuk kalsium oksida, CaO (Suptijah *et al.*, 2012; Julianti, 2017)

Hasil preparasi nanokalsium dari cangkang telur berupa kristal yang berwarna putih sebagaimana ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Kristal putih dari cangkang telur.

Hasil kristal berwarna putih ini sesuai dengan penelitian Arul *et al.* yang mensintesis CaO dari batu gamping yang diekstraksi dengan madu menggunakan metode dekomposisi termal (Arul *et al.*, 2018). Hasil penelitian ini juga selaras dengan penelitian Mirghiasi *et al.* yang mensintesis CaO dari Ca(OH)₂ menggunakan metode dekomposisi termal (Mirghiasi *et al.* 2014). Hasil penelitian ini juga mirip dengan penelitian Habte *et al.* yang mensintesis nanokalsium oksida dari cangkang telur menggunakan metode sol gel (Habte *et al.*, 2019).

Kristal berwarna putih yang terbentuk mengikuti persamaan reaksi (2 – 4) dalam beberapa tahapan.

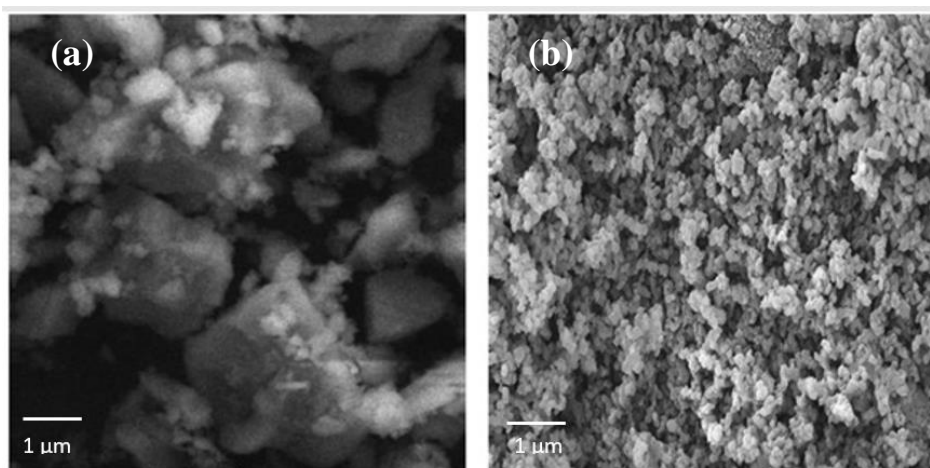
1. Cangkang telur yang mengandung CaCO₃ bereaksi dengan asam klorida, HCl

$$\text{CaCO}_{3(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{CaCl}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)} \quad (2)$$
2. CaCl_{2(aq)} + NaOH_(aq) → Ca(OH)_{2(s)} + NaCl_(aq) (3)
3. Ca(OH)_{2(s)} dipanaskan → CaO_(s) + H₂O_(l) (4)

(Habte *et al.*, 2019; Galván-Ruiz *et al.*, 2009; Ferraz *et al.*, 2019; Jirimali *et al.*, 2018; Araújo *et al.*, 2019).

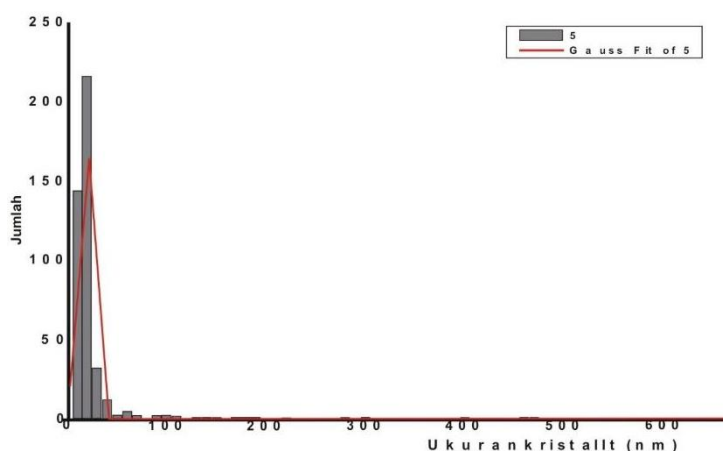
Morfologi Produk

Gambar 2(a-b) menunjukkan bentuk morfologi yang berbeda antara cangkang telur dan nanokalsium oksida dari cangkang telur. Serbuk cangkang telur mempunyai morfologi dan ukuran kristal yang tidak seragam, sedangkan nanokalsium oksida memiliki morfologi dan ukuran yang hampir seragam. Hal ini menunjukkan bahwa proses presipitasi dapat membuat struktur kristal nanokalsium oksida menjadi lebih baik dan lebih teratur (Abidi and Murtaza, 2014; Pramanik and Kar, 2013; Mosaddegh and Hassankhani, 2014; Prayitno *et al.*, 2020).



Gambar 2. Hasil analisis SEM (a) cangkang telur dan (b) nanokalsium hasil sintesis.

Gambar 2(b) memperlihatkan gambar morfologi nanokalsium hasil sintesis. Bentuk partikel nanokalsium oksida tampak terdiri atas butiran-butiran dengan ukuran kurang dari 100 nm. Butiran berbentuk memanjang posisi tidak teratur dan dengan ukuran tidak sama. Gambar 2(b) menunjukkan bahwa morfologi produk hasil sintesis, terdiri atas butiran-butiran yang berbentuk sferis dengan ukuran kurang dari 20 nm. Partikel-partikel nanokalsium ada yang menggumpal satu sama lain. Penggumpalan partikel ini menunjukkan karakter polikristalin dari nanopartikel CaO. Penelitian-penelitian lain juga membuktikan bahwa bentuk partikel nanokalsium oksida adalah bulat (Alavi *and* Morsali, 2010; Mirghiasi *et al.*, 2014). Distribusi ukuran partikel ditentukan menggunakan software Image-J pada hasil SEM (Sumadiyasa *and* Manuaba, 2018) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Ukuran rata-rata partikel ditentukan menggunakan pendekatan kurva Gauss sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.



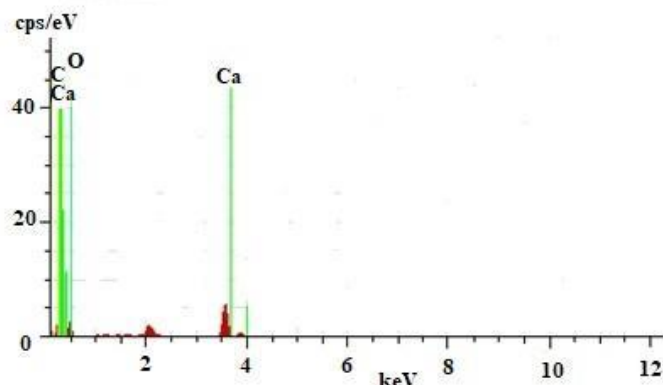
Gambar 3. Distribusi ukuran butiran dengan pendekatan Gauss.

Tabel 1. Data hasil analisis Gauss.

Parameters	Value	Standard Error
Y_0	0,20735	0,11205
X_c	14,73513	0,05769
W	12,41582	0,13961
A	3915,10615	29,26381
Sigma	6,20791	
FWHM	14,61851	
Height	251,59858	
Adj. R-Square		0,99251

Tabel 1 menunjukkan nilai pusat simetri kurva sebagai representasi dari rata-rata ukuran partikel, yaitu $D = 14,73513 \pm 0,05769$ nm. Hasil perhitungan rata-rata secara langsung dari seluruh titik data diperoleh ukuran partikel $D = 12,41582 \pm 0,13961$ nm.

Hasil analisis EDS nanokalsium oksida hasil sintesis ditunjukkan Gambar 4 dan Tabel 2.



Gambar 4. Spektrum EDS nanokalsium oksida hasil sintesis.

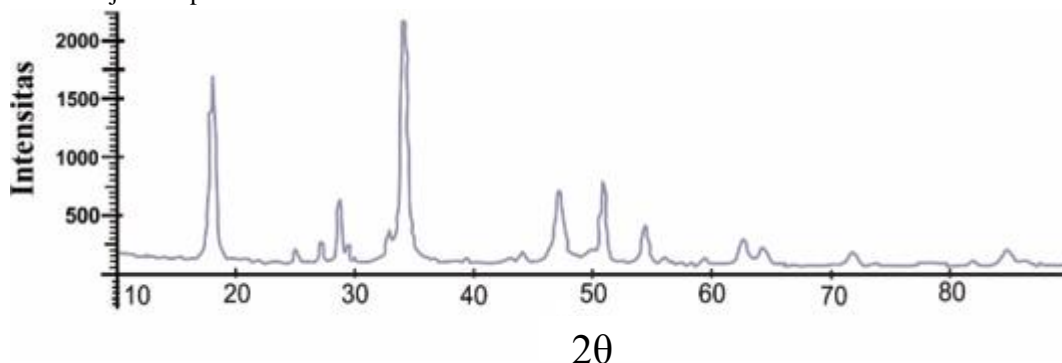
Tabel 2. Hasil uji kandungan unsur pada nanokalsium oksida hasil sintesis.

Unsur	Series	Mass %	Sigma
O	K-series	55,83	4,50
C	K-series	33,24	2,79
Ca	K-series	10,94	0,20
Total		100.00	

Pada Gambar 4 tampak puncak intens yang menunjukkan keberadaan Ca, C dan O. Unsur-unsur yang terlibat pada pembentukan nanokalsium oksida ditunjukkan pada Tabel 2, yaitu O (55,83%), C (33,24%), dan Ca (10,94%). Adanya unsur Ca, O dan C merupakan tanda yang menunjukkan nanokalsium oksida telah berhasil disintesis dari cangkang telur. Hasil ini mirip dengan penelitian yang telah dipublikasikan Habte *et al.* (2019), El-Shibiny *et al.* (2018), Cree and Rutter (2015), dan Jirmali *et al.* (2018).

Pola Difraksi Produk

Hasil data XRD berupa grafik hubungan antara intensitas dan sudut difraksi (2θ). Hasil analisis XRD produk hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar 5.



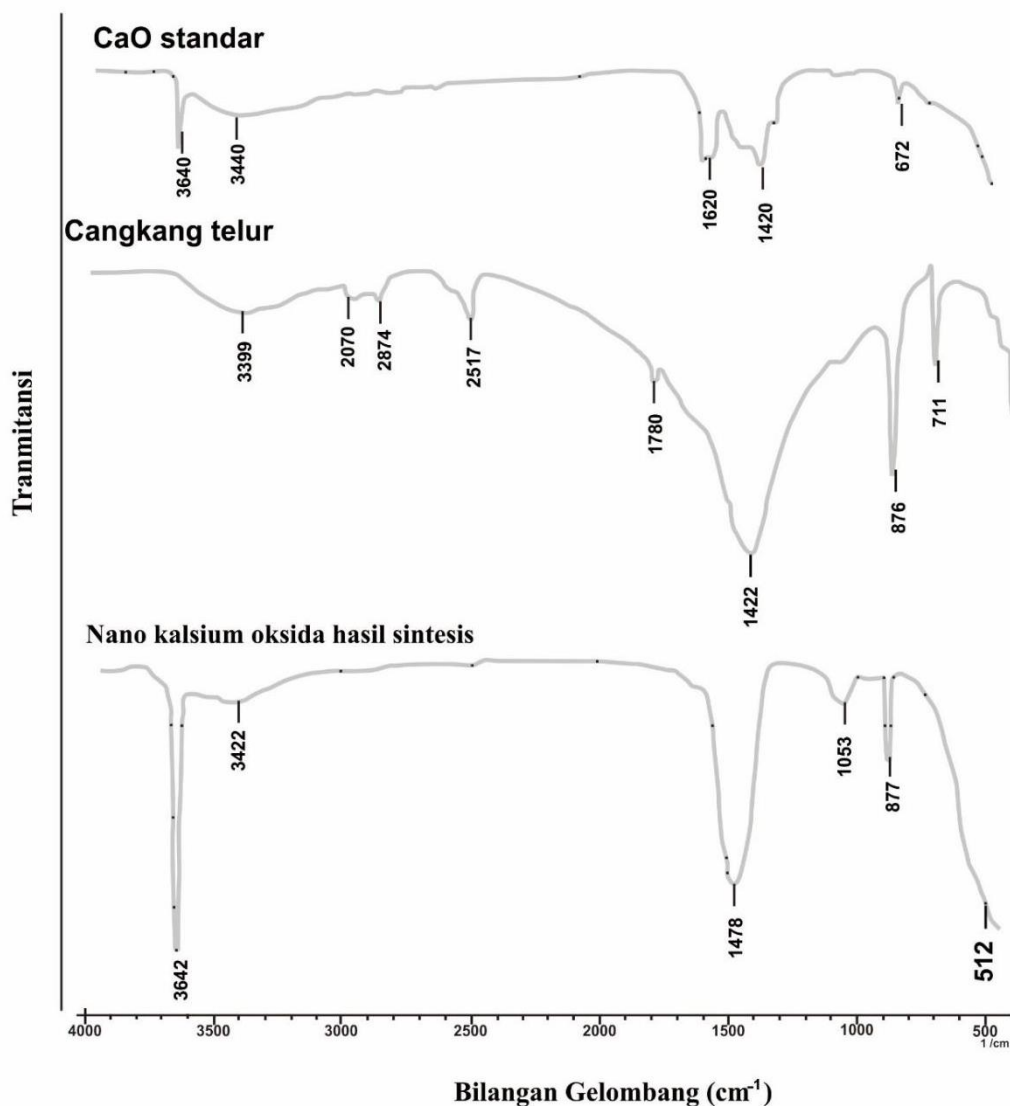
Gambar 5. Difraksi produk hasil sintesis.

Puncak-puncak yang muncul semua teridentifikasi dan terdapat kesesuaian dengan data standar dengan data base *International Centre for Diffraction Data* (ICDD) dari kalsium oksida (CaO) (PDF No. 99-0070). Puncak utama muncul pada $2\theta = 34,14$. Selain, beberapa puncak muncul di 18,06; 25,06; 27,21; 28,74; 29,42; 32,84; 35,25; 44,06; 44,06; 47,19; 49,93; 50,84; 54,35; 62,60; 64,28; 71,76 dan 84,70. Munculnya sebaran puncak kristal menunjukkan bahwa serbuk nanokalsium oksida yang dihasilkan memiliki struktur polikristalin (Habte *et al.*, 2019; Khan *et al.*, 2018). Penentuan ukuran kristal dihitung dengan menggunakan persamaan *Scherrer* (Sumadiyasa and Manuaba 2018; Masruroh *et al.*, 2013) dengan nilai panjang gelombang, intensitas, 2θ , dan *Full Width at Half Maximum* (FWHM) yang telah dihasilkan dari uji XRD.

Perhitungan ukuran kristal menggunakan SEM dan persamaan Scherrer diperoleh ukuran kristal yang berbeda. Ukuran partikel menggunakan SEM diperoleh $D = 12,41582 \pm 0,13961$ nm, sedangkan dengan persamaan Scherrer diperoleh ukuran kristal 10,46 nm. Perbedaan tersebut terjadi karena penggunaan pendekatan distribusi Gauss pada Gambar 3 yang pada dasarnya adalah memberikan probabilitas tertinggi (yang paling mungkin) dari ukuran kristal. Sedangkan dengan persamaan *Scherrer* ukuran kristal ditentukan pada intensitas yang paling tinggi. Menurut Sumadiyasa *and* Manuaba, dan Logeswari *et al.*, penggunaan persamaan *Scherrer* memberikan ukuran kristal yang lebih akurat (Sumadiyasa *and* Manuaba, 2018; Logeswari *et al.*, 2013).

Spektra Produk

Hasil analisis FTIR CaO standar, cangkang telur dan produk hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Spektrum FTIR CaO standar, cangkang telur, dan nanokalsium hasil sintesis

Gambar 6 menunjukkan spektrum FTIR dari CaO nanopartikel. Nano partikel CaO ditunjukkan puncak pada bilangan gelombang $1477,54 \text{ cm}^{-1}$, $1053,15 \text{ cm}^{-1}$, dan $8863,68 \text{ cm}^{-1}$ yang berasal dari ikatan C-O menunjukkan karbonasi menjadi nanokalsium oksida (Liu *et al.*, 2010; Mirghiasi *et al.*, 2014). Puncak absorpsi pada $3421,87 \text{ cm}^{-1}$ juga dihasilkan karena ikatan O-H dari molekul air pada permukaan nanopartikel. Puncak kecil pada $3421,87 \text{ cm}^{-1}$ disebabkan oleh CO_2 (Darezereshki, 2010). Tidak adanya penyerapan tajam di wilayah $1415,52 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan bahwa CaCO_3 sebagai komponen dasar kulit telur tidak ada lagi karena sudah dikonversi menjadi CaO. Pita kuat pada bilangan gelombang 512 cm^{-1} mengidentifikasi getaran pita Ca – O (Roy *and* Bhattacharya, 2011; Mirghiasi *et al.*, 2014).

Hasil penelitian ini dibandingkan penelitian sebagaimana pada dirangkum Tabel 2. Metode ini memiliki keunggulan karena sangat sederhana, murah, tidak membutuhkan peralatan mahal, hanya membutuhkan waktu singkat dan tidak memerlukan bahan tambahan. Selain itu, dalam proses sintesis menggunakan suhu yang membutuhkan energi lebih sedikit. Metode lain menggunakan suhu yang lebih tinggi, aditif polimer, peralatan mahal dan membutuhkan waktu lebih lama.

Tabel 2. Ringkasan metode sintesis nanokalsium oksida

Metode Sintesis	Ringkasan	Referensi
Pemanasan/termal	Sintesis nanokalsium oksida dilakukan dengan memanaskan kalsit pada suhu 900 °C selama 5 jam kemudian dihidrolisis dengan kapur. Nanokalsium oksida yang diperoleh mempunyai ukuran 50 nm.	Ghiasi <i>and</i> Malekzadeh, 2012
Radiasi gelombang mikro	Metode radiasi gelombang mikro pada suhu 160 °C selama 5 menit dihasilkan nanokalsium oksida dengan ukuran partikel rata-rata 14 – 24 nm.	Roy <i>et al.</i> , 2013
Kopresipitasi	Nano partikel CaO disintesis dengan metode kopresipitasi selama 12 jam pada suhu 40 °C menggunakan polivinilpirolidon (PVP) untuk mencegah aglomerasi diperoleh ukuran nanokalsium oksida rata-rata 100 nm.	Sadeghi <i>and</i> Husseini, 2013
Dekomposisi termal	Sintesis nanokalsium oksida dengan metode dekomposisi termal pada 80 °C dan dialiri gas argon diperoleh ukuran partikel rata-rata 91 – 94 nm.	Mirghiasi <i>et al.</i> , 2014
Kopresipitasi kimia	Sintesis nanokalsium dengan metode kopresipitasi kimia selama 60 menit pada suhu 80 °C dan menggunakan polivinil alkohol mencegah aglomerasi diperoleh ukuran partikel rata-rata 11 nm.	Butt <i>et al.</i> , 2015
Proses dua langkah	Sintesis nanokalsium oksida dari cangkang udang dengan metode dihasilkan rata-rata ukuran partikel 40 – 130 nm.	Gedda <i>et al.</i> 2015
Sol-gel	Sintesis nanokalsium dengan metode sol-gel yaitu kalsinasi pada suhu 900 °C waktu 1 jam diperoleh nanokalsium oksida dengan ukuran 50 – 198 nm.	Habte <i>et al.</i> , 2019
Presipitasi	Sintesis nanokalsium metode presipitasi dan tahap pembakaran endapan pada suhu 600 °C selama 1 jam di peroleh ukuran 10 – 12 nm.	Sunardi <i>et al.</i> , 2020

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah hasil preparasi menjadi nanokalsium oksida dari cangkang telur berupa kristal berwarna putih. Karakterisasi menggunakan SEM-EDX diperoleh hasil bahwa nanokalsium oksida dari cangkang telur berbentuk sferis, teraglomerasi dengan ukuran partikel $12,41582 \pm 0,13961$ nm, dan mengandung unsur yaitu O (55,83%), C (33,24%), dan Ca (10,94%). Hasil perhitungan ukuran kristal nanokalsium oksida dengan persamaan Scherrer diperoleh hasil sebesar 10,46 nm. Analisis FTIR diperoleh puncak pada bilangan gelombang $1477,54 \text{ cm}^{-1}$, $1053,15 \text{ cm}^{-1}$, $8863,68 \text{ cm}^{-1}$ dan ikatan Ca-O dapat diidentifikasi pada bilangan gelombang 512 cm^{-1} .

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Yayasan Pendidikan Setia Budi yang telah mendanai penelitian ini melalui Penelitian Terapan 2019 sehingga terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidi, S.S.A. and Murtaza, Q., 2014. Synthesis and Characterization of Nano-Hydroxyapatite Powder Using Wet Chemical Precipitation Reaction. *Journal of Materials Science and Technology* 30(4), 307–10. doi: 10.1016/j.jmst.2013.10.011.
- Ahmad, I., 2017. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) sebagai Bahan Abrasif dalam Pasta Gigi. *Jurnal Galung Tropika* 6 (1), 49–59. doi: 10.31850/JGT.V6I1.210.
- Alavi, M.A. and Morsali, A., 2010. Ultrasonic-Assisted Synthesis of Ca(OH)₂ and CaO Nanostructures. *Journal of Experimental Nanoscience* 5(2), 93–105. doi: 10.1080/17458080903305616.
- Aminingsih, T., Rahayu, S.Y.S., and Yulianita, Y., 2018. Formulation of Instant Granule Containing Nano Calcium from the Shell of Freshwater Mussels (*Anodonta Woodiana*) for Autism Children. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology* 1 (1), 49–56. doi: 10.24198/IJPST.VIII.16125.
- Arul, E., Raja, K., Krishnan, S., Sivaji, K., and Das, S.J., 2018. Bio-Directed Synthesis of Calcium Oxide (CaO) Nanoparticles Extracted from Limestone Using Honey. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 18 (8), 5790–93. doi: 10.1166/jnn.2018.15386.
- Roy, A., Gauri, S.S., Bhattacharya, M., and Bhattacharya, J., 2013. Antimicrobial Activity of CaO Nanoparticles. *Journal of Biomedical Nanotechnology* 9 (9), 1570–1578. doi: 10.1166/jbn.2013.1681.
- Butt, A. R., Ejaz, S., Baron, J.C., Ikram, M., and Ali, S., 2015. CaO Nanoparticles as a Potential Drug Delivery Agent for Biomedical Applications. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures* 10 (3), 799–809.
- Cree, D. and Rutter, A., 2015. Sustainable Bio-Inspired Limestone Eggshell Powder for Potential Industrialized Applications. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 3 (5), 941–49. doi: 10.1021/acssuschemeng.5b00035.
- Darezereshki, E., 2010. Synthesis of Maghemite (γ -Fe₂O₃) Nanoparticles by Wet Chemical Method at Room Temperature. *Materials Letters* 64 (13), 1471–72. doi: 10.1016/j.matlet.2010.03.064.
- El-Shibiny, S., El-Gawad, M.A.E.M.A., Assem, F.M., and El-Sayed, S.M., 2018. The Use of Nano-Sized Eggshell Powder for Calcium Fortification of Cow's and Buffalo's Milk Yogurts. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 17 (1), 37–49. doi: 10.17306/J.AFS.2018.0541.
- Ferraz, E., Gamelas, J. A., Coroado, J., Monteiro, C., and Rocha, F., 2018. Eggshell Waste to Produce Building Lime: Calcium Oxide Reactivity, Industrial, Environmental and Economic Implications. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions* 51 (5), 1–14. doi: 10.1617/s11527-018-1243-7.
- Ferraz, E., Gamelas, J. A., Coroado, J., Monteiro, C., and Rocha, F., 2019. Recycling Waste Seashells to Produce Calcitic Lime: Characterization and Wet Slaking Reactivity. *Waste and Biomass Valorization* 10 (8), 2397–2414. doi: 10.1007/s12649-018-0232-y.
- Galván-Ruiz, M., Hernández, J., Baños, L., Noriega-Montes, J., and Rodríguez-García, M. E., 2009. Characterization of Calcium Carbonate, Calcium Oxide, and Calcium Hydroxide as Starting Point to the Improvement of Lime for Their Use in Construction. *Journal of Materials in Civil Engineering* 21 (11): 694–698. doi: 10.1061/(ASCE)0899-1561(2009)21:11(694).
- Gedda, G., Pandey, S., Lin, Y. C., and Wu, H. F., 2015. Antibacterial Effect of Calcium Oxide Nano-Plates Fabricated from Shrimp Shells. *Gren Chemistry* 17 (6), 3276–80. doi: 10.1039/c5gc00615e.
- Ghiasi, M. and Malekzadeh, A., 2012. Synthesis of CaCO₃ Nanoparticles via Citrate Method and Sequential Preparation of CaO and Ca(OH)₂ Nanoparticles. *Crystal Research and Technology* 47 (4), 471–78. doi: 10.1002/crat.201100240.
- Habte, L., Shiferaw, N., Mulatu, D., Thenepalli, T., Chilakala, R., and Ahn, J. W., 2019. Synthesis of Nano-Calcium Oxide from Waste Eggshell by Sol-Gel Method. *Sustainability* 11 (11): 3196. doi: 10.3390/su11113196.
- Wisnuwardani, D.P., 2018. Jangan Dibuang, Cangkang Telur Punya Manfaat Tersembunyi - Health Liputan6.Com <<https://www.liputan6.com/health/read/3420767/jangan-dibuang-cangkang-telur-punya-manfaat-tersembunyi>> (diakses pada 5 November 2018).
- Jirimali, H. D., Chaudhari, B. C., Khanderay, J. C., Joshi, S. A., Singh, V., Patil, A. M., and Gite, V. V., 2018. Waste Eggshell-Derived Calcium Oxide and Nanohydroxyapatite Biomaterials for the Preparation of LLDPE Polymer Nanocomposite and Their Thermomechanical Study. *Polymer - Plastics Technology and*

- Engineering* 57 (8), 804–11. doi: 10.1080/03602559.2017.1354221.
- Julianti, S.R., 2017. Karakterisasi Fisikokimia Dan Bioavailabilitas Nanokalsium Hasil Ekstraksi Tulang Ikan Bandeng (Chanos Chanos) Menggunakan Larutan Basa < <http://repository.ub.ac.id/8034/>> (diakses pada December).
- Kenth, S., 2009. *Investigation of Femtosecond Laser Technology for the Fabrication of Drug Nanocrystals in Suspension*. Sciences Pharmaceutiques, Université de Montréal.
- Khan, M. D., Ahn, J. W., and Nam, G., 2018. Environmental Benign Synthesis, Characterization and Mechanism Studies of Green Calcium Hydroxide Nano-Plates Derived from Waste Oyster Shells. *Journal of Environmental Management* 223, 947–51. doi: 10.1016/j.jenvman.2018.07.011.
- Lee, Y. K., Jung, S. K., Chang, Y. H., and Kwak, H. S., 2017. Highly Bioavailable Nanocalcium from Oyster Shell for Preventing Osteoporosis in Rats. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 68 (8), 931–40. doi: 10.1080/09637486.2017.1307948.
- Liu, T., Zhu, Y., Zhang, X., Zhang, T., Zhang, T., and Li, X., 2010. Synthesis and Characterization of Calcium Hydroxide Nanoparticles by Hydrogen Plasma-Metal Reaction Method. *Materials Letters* 64 (23), 2575–77. doi: 10.1016/j.matlet.2010.08.050.
- Logeswari, P., Silambarasan, S., and Abraham, J., 2013. Ecofriendly Synthesis of Silver Nanoparticles from Commercially Available Plant Powders and Their Antibacterial Properties. *Scientia Iranica* 20 (3), 1049–54. doi: 10.1016/j.scient.2013.05.016.
- Masruroh, Manggara, A.B., Papolaka, T., and Tjahjanto, R.T., 2012. Penentuan ukuran Kristal (crystallite size) lapisan tipis PZT dengan metode XRD melalui pendekatan persamaan Debye Scherrer. *Erudio Journal of Educational Innovation* 1(2), 24–29. doi: 10.18551/erudio.1-2.4.
- Mirghiasi, Z., Bakhtiari, F., Darezereshki, E., and Esmaeilzadeh, E., 2014. Preparation and Characterization of CaO Nanoparticles from Ca(OH)₂ by Direct Thermal Decomposition Method. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 20 (1), 113–17. doi: 10.1016/j.jiec.2013.04.018.
- Mosaddegh, E. and Hassankhani, A., 2014. Preparation and Characterization of Nano-CaO Based on Eggshell Waste: Novel and Green Catalytic Approach to Highly Efficient Synthesis of Pyrano [4, 3-b]Pyrans. *Cuihua Xuebao/Chinese Journal of Catalysis* 35 (3), 351–56. doi: 10.1016/s1872-2067(12)60755-4.
- Nurlaela, A., Dewi, S. U., Dahlan, K., and Soejoko, D. S., 2014. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam Dan Bebek Sebagai Sumber Kalsium Untuk Sintesis Mineral Tulang. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 10 (1), 81-85. doi: 10.15294/jpfi.v10i1.3054.
- Paschalis, E. P., Gamsjaeger, S., Hassler, N., Fahrleitner-Pammer, A., Dobnig, H., Stepan, J. J., Pavo, I., Eriksen, E. F., and Klaushofer, K., 2017. Vitamin D and Calcium Supplementation for Three Years in Postmenopausal Osteoporosis Significantly Alters Bone Mineral and Organic Matrix Quality. *Bone* 95 (February), 41–46. doi: 10.1016/j.bone.2016.11.002.
- Pramanik, S. and Kar, K. K., 2013. Nanohydroxyapatite Synthesized from Calcium Oxide and Its Characterization. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 66 (5–8), 1181–89. doi: 10.1007/s00170-012-4401-z.
- Prayitno, A. H., Prasetyo, B., and Sutirtoadi, A., 2020. Synthesis and Characteristics of Nano Calcium Oxide from Duck Eggshells by Precipitation Method. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 411(1). SICFA 2019, 2–3 November 2019, Bali, Indonesia. IOP Publishing, Bristol, England, p. 012033. doi: 10.1088/1755-1315/411/1/012033.
- Ranjan, R., Sawal, R. K., Ranjan, A., and Patil, N. V. 2019. Comparison of Calcium Absorption from Nano- and Micro-Sized Calcium Salts Using Everted Gut Sac Technique. *Indian Journal of Animal Science* 89, 337–39.
- Rivera, E. M., Araiza, M., Brostow, W., Castano, V. M., Diaz-Estrada, J. R., Hernández, R., and Rodríguez, J. R., 1999. Synthesis of Hydroxyapatite from Eggshells. *Materials Letters* 41 (3), 128–34. doi: 10.1016/S0167-577X(99)00118-4.
- Roy, A. and Bhattacharya, J., 2011. Microwave Assisted Synthesis of CaO Nanoparticles and Use in Waste Water Treatment–TechConnect Briefs. *Nano Technol.* 3, 565–568.
- Roy, A., Gauri, S. S., Bhattacharya, M., and Bhattacharya, J., 2013. Antimicrobial Activity of CaO Nanoparticles. *Journal of Biomedical Nanotechnology* 9 (9), 1570–78. doi: 10.1166/jbn.2013.1681.
- Sadeghi, M., and Husseini, M. H., 2013. A Novel Method for the Synthesis of CaO Nanoparticle for the Decomposition of Sulfurous Pollutant. *Journal of Applied Chemical Research* 7 (4), 39–49.
- Salama, K. K., Ali, M. F., and El Sheikh, S. M., 2019. A Comparison Between Nano Calcium Carbonate , Natural

- Calcium Carbonate and Converted Calcium Hydroxide for Consolidation. *Scientific Culture* 5 (3), 35–40. doi: 10.5281/zenodo.3340107.
- Araújo, P. S., Belini, G. B., Mambrini, G. P., Yamaji, F. M., and Waldman, W. R., 2019. Thermal Degradation of Calcium and Sodium Alginate: A Greener Synthesis towards Calcium Oxide Micro/Nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules* 140 (November), 749–760. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.08.103.
- Setiawan, Y., 2017. Perbedaan Kekasaran Permukaan Basis Resin Akrilik Polimerisasi Panas Menggunakan Bahan Pumis, Cangkang Telur Dan Pasta Gigi Sebagai Bahan Poles. <<http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/1767>>.
- Setyorini, A., Suandi, I. K. G., Sidiartha, I. G. L., and Suryawan, W. B., 2016. Pencegahan Osteoporosis Dengan Suplementasi Kalsium Dan Vitamin D Pada Penggunaan Kortikosteroid Jangka Panjang. *Sari Pediatri* 11 (1), 32-38. doi: 10.14238/sp11.1.2009.32-8.
- Sumadiyasa, M. and Manuaba, I. B. S., 2018. Determining Crystallite Size Using Scherrer Formula, Williamson-Hull Plot, and Particle Size with SEM. *Buletin Fisika* 19 (1): 28-34. doi: 10.24843/bf.2018.v19.i01.p06.
- Suptijah, P., Agoes M., and Deviyanti, N., 2012. Karakterisasi dan Bioavailabilitas Nanokalsium Cangkang Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Akuatika* 3 (1), 63-73.
- Tizo, M. S., Blanco, L. A. V., Cagas, A. C. Q., Cruz, B. R. B. D., Encoy, J. C., Gunting, J. V., Renato O. A., and Mabayo, V. I. F., 2018. Efficiency of Calcium Carbonate from Eggshells as an Adsorbent for Cadmium Removal in Aqueous Solution. *Sustainable Environment Research* 28 (6), 326–32. doi: 10.1016/j.serj.2018.09.002.
- Warsy, W., Chadijah, S., and Rustiah, W. O., 2016. Optimalisasi Kalsium Karbonat dari Cangkang Telur untuk Produksi Pasta Komposit. *Al-Kimia* 4 (2), 86–97. doi: 10.24252/al-kimia.v4i2.1683.
- Zufadhillah, S., Thaib, A., and Handayani, L., 2018. Efektivitas Penambahan Nano CaO Cangkang Kepiting Bakau (*Scylla Serrata*) Kedalam Pakan Komersial terhadap Pertumbuhan dan Frekuensi Molting Udang Galah (*Macrobrachium Rosenbergii*). *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal* 5 (2), 69–74. doi: 10.29103/AA.V5I2.811.