

Pengaruh Waktu Ekstraksi dan Konsentrasi HCL Terhadap Rendemen dan Kadar Kalsium pada Sintesis Nanokalsium Oksida dari Cangkang Telur Ayam

Sunardi^{1,*}, Erlynda Desy Krismawati²

^{1,2} Program Studi Analisis Kimia Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi, Jl. Let. Jen. Sutoyo Mojosongo, Surakarta 57127, Indonesia

¹sunardi@setiabudi.ac.id

ABSTRACT

Chicken egg shells are waste that can pollute the environment. The content of egg shells is almost 95.1%, mainly organic salts, especially calcium carbonate (CaCO₃). Calcium is a mineral that is needed by the body. Egg shells can be used as a source of calcium for osteoporosis prevention. Calcium is consumed, generally in the form of micro calcium which is absorbed by the body about 50%, so it often causes deficiency. In order for absorption in the body to be greater, it is necessary to develop technology to make the size to be nano. If in nano, calcium can be directly absorbed by the body perfectly, almost 100%. The purpose of this study was to synthesize nano calcium from eggshell shells and to determine the effect of extraction time and concentration of HCl on the yield and calcium concentration on the synthesis of nanocalcium from chicken egg shells. The method used to synthesize nanocalcium from chicken egg shells is the precipitation method. In this method, the calcium component of eggshell is extracted with hydrochloric acid (HCl) as a solvent. NaOH solution is added to the HCl solution which already contains calcium. This reaction of an acid with a base causes the solution to become saturated and produces a fine, nano-sized precipitate of calcium. Analysis of calcium levels using the Atomic Absorption Spectrophotometer method. The results showed that the extraction time and concentration of HCl affected the yield but did not affect the levels of nanocalcium oxide. The longer the extraction time, the greater the yield of nanocalcium oxide from egg shells. The conclusion of this research is that the extraction time and the concentration of HCl affect the yield of nanocalcium oxide. The longer the extraction time and the higher the concentration of HCl, the higher the yield, which is 2 hours and the concentration of HCl 2N is 44.22%. Extraction time and concentration of HCl had no effect on calcium levels in nanocalcium from chicken egg shells. The highest calcium content was obtained at 1 hour extraction time and 1 N HCl concentration of 56.25%.

Keywords: *chicken egg shells, extraction time, hcl concentration, nanocalcium oxide, synthesis*

ABSTRAK

Cangkang telur ayam merupakan limbah yang bisa mencemari lingkungan. Kandungan cangkang telur hampir 95,1% terutama garam organik, khususnya kalsium karbonat (CaCO₃). Kalsium adalah mineral yang sangat dibutuhkan tubuh. Cangkang telur dapat dimanfaatkan sebagai sumber kalsium untuk pencegahan osteoporosis. Kalsium yang dikonsumsi, pada umumnya dalam bentuk mikro kalsium yang diserap tubuh sekitar 50%, sehingga sering menyebabkan defisiensi. Agar penyerapan dalam tubuh menjadi lebih besar, perlu dikembangkan teknologi untuk membuat ukuran menjadi nano. Jika dalam nano, kalsium dapat langsung terserap oleh tubuh dengan sempurna, hampir 100%. Tujuan penelitian ini adalah mensintesis nano kalsium dari cangkang telur dan mengetahui pengaruh waktu ekstraksi dan konsentrasi HCl terhadap rendemen dan kadar kalsium pada sintesis nanokalsium dari cangkang telur ayam. Metode yang digunakan untuk mensintesis nanokalsium dari cangkang telur ayam adalah metode presipitasi. Pada metode ini, komponen kalsium cangkang telur diekstraksi dengan pelarut asam klorida (HCl). Larutan NaOH ditambahkan ke dalam

larutan HCl yang telah mengandung kalsium. Reaksi asam dengan basa ini mengakibatkan larutan menjadi jenuh dan menghasilkan endapan kalsium yang halus dan berukuran nano. Analisis kadar kalsium menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Waktu ekstraksi dan konsentrasi HCl berpengaruh terhadap rendemen tetapi tidak berpengaruh terhadap kadar nanokalsium oksida. Waktu ekstraksi makin lama semakin besar rendemennya nanokalsium oksida dari cangkang telur. Kesimpulan penelitian adalah waktu ekstraksi dan konsentrasi HCl mempengaruhi rendemen nanokalsium oksida. Semakin lama waktu ekstraksi dan semakin tinggi konsentrasi HCl akan menghasilkan rendemen yang tinggi, yaitu pada saat waktu 2 jam dan konsentrasi HCl 2N sebesar 44,22%. Waktu ekstraksi dan konsentrasi HCl tidak berpengaruh terhadap kadar kalsium pada nanokalsium dari cangkang telur ayam. Kadar kalsium tertinggi diperoleh pada waktu ekstraksi 1 jam dan konsentrasi HCl 1 N sebesar 56,25%.

Kata kunci : cangkang telur ayam, konsentrasi hcl, nanokalsium oksida, sintesis, waktu ekstraksi

PENDAHULUAN

Telur merupakan bahan baku pada proses pembuatan roti di industri roti. Cangkang atau kulit telur merupakan limbah yang sudah tidak terpakai lagi. Pada umumnya limbah cangkang kulit hanya dibuang begitu saja tanpa memanfaatkannya terlebih dahulu (Setiawan, 2017). Kandungan dari cangkang telur adalah 90% kalsium. Kandungan kalsium yang tinggi ini menunjukkan bahwa cangkang telur bisa menjadi salah satu sumber kalsium yang potensial (Cree & Rutter, 2015).

Ekstraksi adalah cara pemisahan kimia agar komponen atau senyawa-senyawa (analit) dari suatu sampel dapat dipisahkan atau diambil satu atau lebih dengan pelarut yang sesuai (Leba, 2017). Faktor-faktor yang mempengaruhi ekstraksi antara lain suhu, luas permukaan, perbandingan sampel dengan pelarut, waktu kontak, kecepatan dan lama pengadukan, jenis pelarut, dan konsentrasi pelarut. Besaran yang menunjukkan kepekatannya suatu larutan melalui perbandingan antara pelarut dan zat terlarut. Jika zat terlarutnya banyak, maka larutan yang dibentuk memiliki konsentrasi tinggi (pekat). Sebaliknya, jika zat terlarutnya sedikit, larutan yang dibentuk memiliki konsentrasi rendah (encer) disebut konsentrasi larutan adalah.

Cangkang telur ayam tidak dapat diurai oleh mikroba, sehingga berpotensi mencemari lingkungan (Wadu dkk., 2018). Limbah cangkang telur yang tidak terolah semakin lama dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Hal ini

dikarenakan kandungan cangkang telur yang bisa menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh adanya aktivitas mikroba. Kandungan cangkang telur hampir 95,1% terdiri atas garam organik, bahan organik, terutama protein 3,3%, dan air 1,6%. Bahan organik terdiri atas sekitar 98,5% persenyawaan kalsium karbonat (CaCO_3) dan sekitar 0,85% magnesium karbonat (MgCO_3). Di dalam cangkang telur terdapat mineral yang beratnya 2,25 gram terdiri dari 2,21 gram kalsium, 0,02 gram magnesium, 0,02 gram fosfor serta sedikit besi dan sulfur (El-Shibiny *et al.*, 2018; Habte *et al.*, 2019; Jirimali *et al.*, 2018; Mosaddegh and Hassankhani, 2014; Nurlaela dkk., 2014; Tizo *et al.*, 2018; Warsy dkk., 2016).

Kalsium adalah mineral esensial yang memiliki peranan penting di dalam tubuh (Ahmad, 2017; Julianti, 2017). Pada umumnya, kalsium dikonsumsi dalam ukuran mikro. Dalam ukuran mikro, kalsium diserap oleh tubuh hanya 50% yang dapat menyebabkan defisiensi. Untuk memperbesar penyerapan kalsium dalam tubuh diperlukan teknologi agar ukuran menjadi nano (Houtkooper & Farrell, 2011). Teknologi untuk kalsium yang telah dikembangkan adalah nanokalsium (Roy & Bhattacharya, 2011; Sandewi, 2017).

Nanokalsium adalah kalsium dengan ukuran yang sangat kecil (10-1000 nm). Nanokalsium dapat diserap oleh tubuh dengan sempurna. Hal ini menjadikan lebih efisien dibandingkan dengan kalsium yang biasa dikonsumsi masyarakat yang berukuran mikro. Ukuran kalsium dalam bentuk nano sangat bermanfaat dalam

memenuhi kalsium tubuh yang optimal dan dapat dikonsumsi untuk segala usia. Kalsium mempunyai ukuran yang sangat kecil yaitu 10^{-9} m mengakibatkan reseptor cepat masuk ke dalam tubuh dengan sempurna dan dapat terserap oleh tubuh hampir 100% (Suptijah dkk., 2012; El-Shibiny *et al.*, 2018). Pada umumnya, susu adalah sumber kalsium yang biasanya dikonsumsi masyarakat. Padahal ada sumber kalsium lain yang belum dieksplorasi yaitu sumber kalsium dari limbah hewan ternak. Salah satu limbah hewan ternak sebagai sumber kalsium yang digunakan pada penelitian ini adalah cangkang telur ayam (Sunardi dkk., 2020). Cangkang telur ayam berpotensi sebagai sumber penyedia nanokalsium yang bisa dimanfaatkan sebagai suplemen untuk pencegahan osteoporosis.

Sintesis pembentukan nanokalsium dengan metode pengendapan dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya konsentrasi, suhu, waktu kontak, dan rasio cairan terhadap padatan. Pada penelitian ini, sintesis nanokalsium oksida dilakukan proses pengolahan cangkang telur ayam menggunakan larutan asam klorida untuk mengekstrak logam kalsium. Semakin besar konsentrasi asam klorida dan semakin lama waktu kontak maka akan semakin rendemen dan kadar kalsium yang terambil.

Berdasarkan latar belakang diatas, peneliti tertarik untuk mensintesis cangkang telur ayam menjadi nanokalsium oksida, mengetahui pengaruh waktu ekstraksi dan konsentrasi HCl terhadap rendemen dan kadar kalsium pada sintesis nanokalsium dari cangkang telur ayam. Manfaat penelitian ini diharapkan dapat mengurangi jumlah cangkang telur yang berdampak negatif pada lingkungan, sintesis material nanokalsium yang bermanfaat bagi kesehatan untuk pencegahan osteoporosis.

METODE PENELITIAN

1. Preparasi Cangkang Telur

Preparasi cangkang telur ayam dilakukan dengan mencuci cangkang, kemudian dikeringkan dengan panas

matahari. Cangkang yang telah kering dihancurkan dengan mortir sehingga diperoleh tepung (Khoerunnisa, 2011; Sunardi dkk., 2020).

2. Sintesis Nanokalsium Oksida

Tepung cangkang diekstraksi dengan pelarut HCl konsentrasi 0.5, 1, 2 N pada suhu 90°C dan waktu ekstraksi selama 1, 1.5, dan 2 jam. Hasil ekstraksi disaring dengan kertas saring. Cairan/filtrat dipresipitasi dengan penambahan NaOH 3 N, diaduk lalu didiamkan sampai endapan tidak terbentuk lagi. Endapan dipisahkan dengan cara dekantasi. Kemudian endapan dinetralkan menggunakan akuades sampai pH 7. Endapan dikeringkan dalam oven suhu 100°C kemudian dibakar dalam tanur suhu 600°C sehingga terbentuk serbuk nanokalsium oksida (Kosa *et al.*, 2009; Habte *et al.*, 2019; Sunardi dkk., 2020). Hasil pembakaran dihitung Rendemennya dengan rumus:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{a}{b} \times 100 \% \quad (1)$$

keterangan:

a = berat nanokalsium oksida

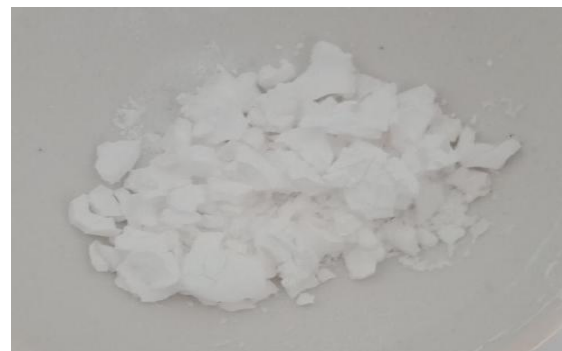
b = berat cangkang telur ayam

Penentuan kadar Ca dilakukan metode Spektrofometri Serapan Atom (SSA) (Khoerunnisa, 2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sintesis Nanokalsium Oksida

Sintesis nanokalsium oksida dari cangkang telur ayam dihasilkan kristal putih sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1. Kristal putih nanokalsium oksida dari cangkang telur ayam

Sintesis nanokalsium dilakukan dengan perlakuan perbedaan waktu ekstraksi, yaitu 1, 1,5, dan 2 jam serta konsentrasi HCl 0,5; 1 dan 2 N diperoleh hasil rata-rata rendemen dan kadar kalsium sebagaimana tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Sintesis Nanokalsium dari Cangkang Telur Ayam

Waktu ekstraksi (jam)	Konsentrasi HCl (N)	Warna Kristal	Rata-rata Rendemen (%)	Rata-rata Kadar Ca (%)
1	0,5	Putih	12,75	47,01
	1	Putih	16,44	56,25
	2	Putih	20,33	50,14
1,5	0,5	Putih	33,32	44,32
	1	Putih	34,27	44,50
	2	Putih	35,74	41,77
2	0,5	Putih	40,26	47,16
	1	Putih	41,60	44,90
	2	Putih	44,26	44,50

Hasil kristal berwarna putih ini sesuai dengan penelitian Arul *et al.* tahun 2018 yang mensintesis CaO dengan batu gamping yang diekstraksi dengan madu menggunakan metode dekomposisi termal, Mirghiasi *et al.* tahun 2014 yang mensintesis CaO dari Ca(OH)₂ menggunakan metode dekomposisi termal, dan Habte *et al.* tahun 2019 yang mensintesis nanokalsium oksida dari cangkang telur menggunakan metode sol gel. Kristal berwarna putih yang terbentuk, sesuai dengan persamaan reaksi sebagai berikut:

- Cangkang telur yang mengandung CaCO₃ bereaksi/diekstraksi dengan asam klorida, HCl

$$\text{CaCO}_{3(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{CaCl}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)}$$
- Larutan CaCl₂ yang dihasilkan diendapkan dengan larutan NaOH

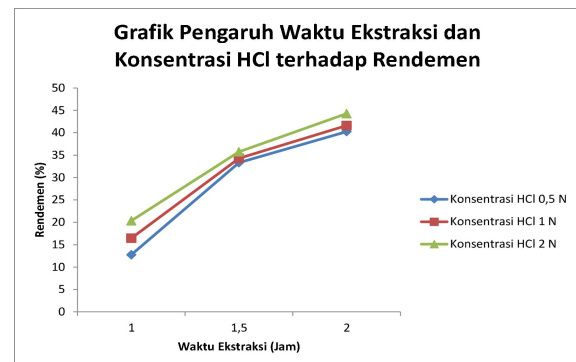
$$\text{CaCl}_{2(aq)} + \text{NaOH}_{(aq)} \rightarrow \text{Ca(OH)}_{2(s)} + \text{NaCl}_{(aq)}$$
 Pada tahap ini, larutan NaCl sebagai produk samping dibersihkan dengan aquades sampai netral.
- Pengeringan dan pembakaran dalam tanur

$$\text{Ca(OH)}_{2(s)} \text{ dipanaskan} \rightarrow \text{CaO}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$$

(Habte *et al.*, 2014.; Galvan-Ruiz *et al.*, 2009; Ferraz *et al.*, 2019; Jirimali *et al.*, 2018; Santos Araújo *et al.*, 2019).

2. Pengaruh waktu ekstraksi dan konsentrasi HCl terhadap rendemen

Data pengaruh waktu ekstraksi dan konsentrasi HCl terhadap rendemen nanokalsium oksida secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 1. Pengaruh waktu ekstraksi dan konsentrasi HCl terhadap rendemen nanokalsium oksida dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Waktu Ekstraksi dan Konsentrasi HCl Terhadap Rendemen

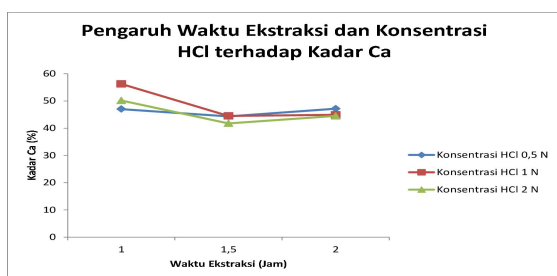
Gambar 2 tampak bahwa waktu ekstraksi dan konsentrasi HCl berpengaruh terhadap rendemen nanokalsium oksida. Waktu ekstraksi makin lama semakin besar rendemennya. Rendemen terbesar diperoleh pada waktu ekstraksi 2 jam sebesar 44,26%. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang telah dipublikasikan First dkk., pada tahun 2019 (First dkk., 2019). Hal ini disebabkan semakin lama semakin banyak kalsium yang terekstrak dari cangkang telur ayam. Konsentrasi HCl juga berpengaruh terhadap rendemen. Hal ini terlihat dari Gambar 2 bahwa setiap kenaikan konsentrasi HCl maka rendemennya juga mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan semakin besar konsentrasi HCl semakin banyak kalsium yang terekstrak dari cangkang telur (Wijayanti dkk., 2018).

Dari Gambar 2 tersebut, dapat dilihat bahwa peningkatan konsentrasi dari 0,5 M HCl ke 2 M HCl dan waktu ekstraksi 1 jam ke 2 jam mampu meningkatkan rendemen nanokalsium oksida yang terekstrak. Pada waktu proses ekstraksi 1 jam, konsentrasi HCl 0,5 N ke HCl 2 N terjadi

kenaikan rendemen dari 12,75 % menjadi 20,33 %, selama waktu proses ekstraksi 1,5 jam dari 33,32 % menjadi 35,74 %, dan waktu proses ekstraksi 2 jam terjadi kenaikan rendemen dari 40,26% menjadi 44,26%. Peningkatan rendemen nanokalsium yang terekstrak disebabkan karena semakin banyaknya ion-ion H⁺ yang bereaksi pada konsentrasi yang lebih besar. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian pelarutan dolomit sebelumnya (Royani, 2016). Hasil yang sama juga didapat pada pelarutan dolomit dari Nigeria (Baba et al., 2014). Hasil pelarutan dolomit Nigeria yang dilakukan dengan variasi konsentrasi HCl sebesar 0,1 mol/L sampai 4 mol/L menyatakan bahwa laju reaksi pelarutan dolomit meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi HCl. Di samping itu, dalam penelitiannya juga mencatat bahwa laju pelarutan dolomit menurun pada konsentrasi HCl sebesar 4 mol/L (Baba et al., 2014; Royani dan Subagja, 2019).

3. Pengaruh Waktu Ekstraksi dan Konsentrasi terhadap Kadar Kalsium

Data pengaruh waktu ekstraksi dan konsentrasi HCl terhadap kadar kalsium pada nanokalsium oksida secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 1. Untuk mengetahui pengaruh waktu ekstraksi dan konsentrasi HCl terhadap kadar kalsium oksida dapat ditunjukkan pada Gambar 3.



Berdasarkan pada Tabel 1 dan Gambar 3 dapat diketahui bahwa waktu ekstraksi dan konsentrasi HCl tidak berpengaruh terhadap kadar Ca pada nanokalsium oksida dari cangkang telur ayam.

Dari Gambar 2 tersebut, dapat dilihat bahwa pada waktu ekstraksi 1 jam, peningkatan konsentrasi dari 0,5 M HCl ke 1 M HCl mampu meningkatkan kadar kalsium pada nanokalsium oksida yang

terekstrak dari 47,01% menjadi 56,25% tetapi dari konsentrasi 1 N ke 2 N mengalami penurunan kadar Ca dari 56,25% menjadi 50,14%. Demikian juga pada waktu ekstraksi 1,5 jam dan 2 jam terjadi hal yang sama yaitu mengalami kenaikan kemudian menurun lagi. Hal ini menunjukkan bahwa waktu ekstraksi dan konsentrasi tidak begitu berpengaruh terhadap kadar kalsium pada nanokalsium oksida dari cangkang telur ayam. Dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kalsium kalsium terekstrak pada konsentrasi 2 M HCl jika waktu proses semakin lama. Penurunan kadar kalsium terekstrak pada konsentrasi yang tinggi seiring dengan lamanya waktu proses disebabkan karena terbentuknya lapisan pada permukaan partikel yang mengakibatkan penurunan laju reaksi pelarutan dolomit (Raza et al., 2015).

SIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah cangkang telur ayam dapat disintesis menjadi nanokalsium oksida. Waktu ekstraksi dan konsentrasi HCl mempengaruhi rendemen nanokalsium oksida yang terekstrak. Semakin lama waktu ekstraksi dan semakin tinggi konsentrasi HCl akan menghasilkan rendemen yang tinggi, yaitu pada saat waktu 2 jam dan konsentrasi HCl 2N yaitu 44,26% dan waktu ekstraksi dan konsentrasi HCl tidak mempengaruhi kadar kalsium oksida yang terekstrak.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai proses pengendapan sehingga didapat padatan kalsium yang dapat diaplikasikan pada industri dan dapat dikonsumsi untuk pencegahan osteoporosis.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, I. (2017). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Bahan Abrasif Dalam Pasta Gigi. *Jurnal Galung Tropika*, 6(1), 49–59. <https://doi.org/10.31850/JGT.V6I1.210>.
- 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.
- Cree, Duncan, and Allison Rutter. (2015). 'Sustainable Bio-Inspired Limestone Eggshell Powder for Potential Industrialized Applications'. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 3 (5): 941–49. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.5b00035>.
- El-Shibiny, Safinaze, Mona Abd El Kader Mohamed Abd El-Gawad, Fayza Mohamed Assem, and Samah Mosbah El-Sayed. (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. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2018.0541>.
- Ferraz, Eduardo, José A.F. Gamelas, João Coroado, Carlos Monteiro, and Fernando Rocha. (2019). 'Recycling Waste Seashells to Produce Calcitic Lime: Characterization and Wet Slaking Reactivity'. *Waste and Biomass Valorization* 10 (8): 2397–2414. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0232-y>.
- First, L., Septaningrum, LRD., Pangestuti, K., Jufrinaldi, Hidayat, R., Khosilawati, D. (2019). Sintesis & Karakterisasi Nano Kalsium dari Limbah Tulang Ayam Broiler dengan Metode Presipitasi. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 3 (2). 69-73.
- Galvan-Ruiz, Miguel, Juan Hernández, Leticia Baños, Joaquín Noriega-Montes, and Mario E. Rodríguez-García. (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): 694–98. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2009\)21:11\(694\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2009)21:11(694)).
- Habte, Lulit, Natnael Shiferaw, Dure Mulatu, and Thriveni Thenepalli., (2014). 'Synthesis of Nano-Calcium Oxide from Waste Eggshell by Sol-Gel Method', 1–10.
- Habte, Lulit, Natnael Shiferaw, Dure Mulatu, Thriveni Thenepalli, Ramakrishna Chilakala, and Ji Ahn. (2019). 'Synthesis of Nano-Calcium Oxide from Waste Eggshell by Sol-Gel Method'. *Sustainability* 11 (11): 3196. <https://doi.org/10.3390/su11113196>.
- Houtkooper L and Farrell VA. (2011). Calcium Supplement Guidelines. College of Agriculture & Life Sciences, The University of Arizona.
- Jirimali, Harishchandra D., Bhushan C. Chaudhari, Jitendra C. Khanderao, Sachin A. Joshi, Vijay Singh, Amardip M. Patil, and Vikas V. Gite. (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. <https://doi.org/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 Desember).
- Khoerunnisa. (2011). Isolasi dan Karakterisasi Nano Kalsium dari Cangkang Kijing Lokal (*Pilsbryconcha Exilis*) dengan Metode Presipitasi. *SKRIPSI Jurusan Teknologi Hasil Perairan - Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan*.
- Kosa IN, Nagy DC, Posfai M. (2009). Size and Shape Control of Precipitated Magnetite Nanoparticle. *Eur. J. Mineral* 21: 293-302.
- Leba, M., A., U. (2017). Ekstraksi dan Real Kromatografi. Penerbit Deepublish. Yogyakarta.
- Mirghiasi, Zahra, Fereshteh Bakhtiari, Esmaeel Darezereshki, and Esmat Esmaeilzadeh. (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. <https://doi.org/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.
- Raza, N., Zafar, Z. I., Najam-ul-Haq and Kumar, R. V. (2015) 'Leaching of natural magnesite ore in succinic acid solutions', *International Journal of Mineral Processing*, 139, pp. 25–30. doi: 10.1016/j.minpro.2015.04.008.
- Roy, A., and J Bhattacharya. (2011). 'Microwave Assisted Synthesis of CaO Nanoparticles and Use in Waste Water Treatment – TechConnect Briefs'. *Nano Technol.* 3: 565–68. <https://briefs.techconnect.org/papers/microwave-assisted-synthesis-of-cao-nanoparticles-and-use-in-waste-water-treatment-2/>.
- Muhammadiyah Jakarta, pp. TK006-1-TK006-5. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/711>.
- Royani, A. dan Subagja, R. (2019). Ekstraksi Kalsium dari Bijih Dolomit Terkalsinasi menggunakan Pelarutan Asam Klorida. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. Vol 15, No. 1, Januari 2019 : 13 - 22
- Sandewi, N. (2017). Karakterisasi Nanohidroksiapatit dari Cangkang Telur Menggunakan Uji SEM dan XRD. Makassar.
- Santos Araújo, Patrícia dos, Gabriela Bertoni Belini, Giovanni Pimenta Mambrini, Fabio Minoru Yamaji, and Walter Ruggeri Waldman. (2019). 'Thermal Degradation of Calcium and Sodium Alginate: A Greener Synthesis towards Calcium Oxide Micro/Nanoparticles'. *International Journal of Biological Macromolecules* 140 (November): 749–60. <https://doi.org/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. Retrieved from <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/1767>.
- Sunardi, Erynda Desy Krismawati, dan Argoto M., (2020). Sintesis dan Karakterisasi Nanokalsium Oksida dari Cangkang Telur. *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia*. Vol 16 (2): 99-108.
- Suptijah, P., Jacobeb, A. M., & Deviyanti, N. (2012). Karakterisasi dan Bioavailabilitas Nanokalsium Cangkang Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Akuatika*, 3(1). Retrieved from <http://jurnal.unpad.ac.id/akuatika/article/view/481>.
- 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.
- Wadu, I., Soetjipto, H., & Cahyanti, M. N. (2018). Sintesa dan Penentuan Kadar Kalsium-Fosfat Hidroksiapatit (HAp) dari Kerabang Telur Ayam. Surakarta.
- 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.

Wijayanti I, Rianingsih L, Amalia U. (2018). Karakteristik fisikokimia mikrokalsium dari tulang nila (*Oreochromis niloticus*) dengan perendaman belimbing wuluh. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(2): 336-344.