

## SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOKALSIUM OKSIDA DARI CANGKANG KERANG HIJAU DENGAN METODE PRESIPITASI

Nafisa Tera Lintang Adji<sup>1)</sup>, Silvia Dyah Lucydasari<sup>2)</sup>, Suprihatin<sup>3)\*</sup>

Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur  
Jalan Raya Rungkut Madya No.1 Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60249, Indonesia

\* Penulis Korespondensi: suprihatin.tk@upnjatim.ac.id

### Abstrak

Kerang hijau merupakan jenis kerang yang cukup diminati dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Pemanfaatan kerang sebagai bahan konsumsi masyarakat ini yang menyebabkan adanya limbah cangkang yang belum dimanfaatkan secara efektif. Kandungan tertinggi pada cangkang kerang hijau adalah  $\text{CaCO}_3$  yaitu sebesar 95,67%. Hal tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber kalsium dalam pembuatan nanokalsium oksida. Teknologi nano dapat digunakan untuk memperkecil ukuran kalsium sehingga memiliki ukuran sebesar (10-100nm) atau yang disebut dengan nanokalsium. Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mensintesis nanokalsium oksida dari limbah cangkang kerang hijau dan mengetahui karakteristiknya dengan menggunakan metode presipitasi. Sintesis nanokalsium oksida dilakukan dengan mereaksikan serbuk cangkang kerang hijau dengan HCl konsentrasi 1N, 2N, 3N, 4N dan 5N selama waktu ekstraksi 0,5 jam, 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, dan 2,5 jam. Hasil reaksi kemudian dipresipitasi menggunakan KOH 3N, endapan yang diperoleh dilakukan proses furnace selama 1 jam pada suhu 600°C. Hasil analisa SSA diperoleh %kadar Ca tertinggi pada konsentrasi HCl 3N dengan waktu ekstraksi 2,5jam yaitu sebesar 93,93% Ca. Hasil analisa SEM-EDX diperoleh bahwa nanokalsium oksida pada konsentrasi 3N 2,5jam memiliki ukuran partikel dengan range 314-380nm.

**Kata kunci:** cangkang kerang hijau; nanokalsium oksida; presipitasi; sintesis

## SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF NANOCALCIUM OXIDE FROM GREEN MUSSEL SHELLS WITH PRECIPITATION METHOD

### Abstract

Green mussels are one type of shellfish that Indonesian people widely consume. Using shellfish as a material for public consumption causes shell waste that has not been used effectively. Green mussel shells have a high  $\text{CaCO}_3$  content of 95.67%. This can be used as a source of calcium in the manufacture of nanocalcium oxide. Nanotechnology can be used to reduce the size of calcium so that it has a size of (10-100nm). This study aims to synthesize and determine the characteristics of nanocalcium oxide from green mussel shell waste by precipitation method. Synthesis of nanocalcium oxide was carried out by reacting green mussel shell powder with HCl concentrations of 1N, 2N, 3N, 4N and 5N for extraction times of 0.5 hours, 1 hour, 1.5 hours, 2 hours and 2.5 hours. The reaction results were then precipitated using 3N KOH, the precipitate obtained was carried out in a furnace process at 600°C for 1 hour. The results of the SSA analysis obtained the highest % Ca content at 3N HCl concentration and an extraction time of 2.5 hours, which was 93.93% Ca. SEM-EDX analysis results showed that nanocalcium oxide at concentration of 3N 2.5 hours has a particle size in the range of 314-380nm.

**Key words:** green mussel shells; nanocalcium oxide; precipitation; synthesis

### PENDAHULUAN

Kalsium menjadi salah satu jenis mineral yang manfaatnya banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Mineral kalsium dapat diubah menjadi nanokalsium dengan menggunakan nanoteknologi.

Nanoteknologi digunakan untuk memperkecil ukuran kalsium hingga nanometer (10-1000 nm) (Suptijah, et al., 2012). Nanoteknologi di bidang material menarik pusat perhatian oleh berbagai peneliti. Hal ini dikarenakan material berukuran nanometer memiliki

sejumlah karakteristik yang lebih baik dari pada material berukuran besar (Putri & Ratnawulan, 2019).

Kerang hijau (*Perna Viridis L*) yakni termasuk kedalam jenis kerang yang cukup diminati dan banyak dikonsumsi karena dinilai ekonomis dan memiliki kandungan gizi yang sangat baik. Kerang hijau banyak dibudidayakan di sepanjang pesisir pantai Jawa Timur. Pemanfaatan kerang hijau hasil pembudidayaan dibidang pangan mengakibatkan terjadinya peningkatan jumlah limbah cangkang kerang. Cangkang kerang memiliki kandungan mineral utama berupa senyawa  $\text{CaCO}_3$ . Cangkang kerang hijau sendiri mengandung mineral  $\text{CaCO}_3$  sebesar 33,56% (Syamsidar, et al., 2017). Mineral  $\text{CaCO}_3$  inilah yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber kalsium pada proses pembuatan nanokalsium oksida. Kalsium oksida memiliki sifat mudah larut pada air dan akan membentuk senyawa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang bersifat basa. Berdasarkan sifat tersebut, salah satu contoh bahwa kalsium oksida dapat digunakan sebagai koagulan dalam proses penjernihan air (Prastowo, et al., 2017).

Nanopartikel dapat disintesis menggunakan dua metode antara lain metode top-down dan metode bottom-up. Metode top-down berguna mengubah partikel ukuran besar menjadi berukuran nanometer dengan dilakukan pemecahan atau penggilingan menggunakan alat milling. Penelitian tentang pembuatan nanopartikel dengan metode milling atau top-down menghasilkan nanopartikel dengan ukuran yang lebih homogen tetapi membutuhkan peralatan dengan biaya yang mahal (Mursal, 2018). Metode bottom-up yakni dengan reaksi antara bahan kimia dari sejumlah material awal. Metode bottom-up dapat dilakukan dengan menggunakan presipitasi, solgel, kopresipitasi, hidrotermal, dan spray pyrolysis (Putri & Ratnawulan, 2019).

Menurut (Sunardi, et al., 2020), penelitian nanokalsium oksida hasil sintesis dari cangkang telur dengan metode presipitasi didapatkan ukuran partikel sebesar  $12,41582 \pm 0,13961$  nm. Hasil penelitian First (2019) mengenai sintesis nanokalsium oksida dari limbah tulang ayam boiler dengan menggunakan metode presipitasi dihasilkan partikel berukuran nano <100 nm. Sedangkan menurut (Habte, et al., 2019) dalam penelitiannya mengenai nanokalsium oksida hasil sintesis dari cangkang telur dengan metode sol-gel diperoleh ukuran nanokalsium berukuran 50-198 nm. Metode presipitasi memiliki keunggulan diantaranya metode ini sangat mudah dalam pengoperasiannya dan sederhana.

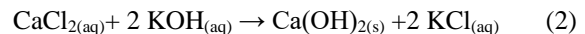
Presipitasi merupakan metode lama yang digunakan untuk pemisahan. Presipitasi dapat juga disebut metode pengendapan material dengan suatu reaktan. Hasil dari presipitasi berupa padatan kristalin berupa garam dan air yang didapatkan dari reaksi antara asam dan basa (Mubarak, et al., 2016). Reaksi presipitasi merupakan reaksi yang membentuk produk yang tidak dapat larut dan timbul endapan

dimana ketika dua larutan dicampur. Presipitan yang digunakan pada teknik presipitasi yaitu senyawa hidroksida, senyawa hidroksida memiliki sifat yang mudah digunakan untuk mengontrol pH. Disamping itu senyawa hidroksida juga sangat sederhana dan biaya yang diperlukan saat presipitasi relatif murah (Handoko, et al., 2013). Metode presipitasi dilakukan untuk preparasi nanokalsium dengan cara melarutkan zat aktif kedalam pelarut kemudian ditambahkan larutan anti-solvent. Larutan tersebut menjadi jenuh diakibatkan karena adanya penambahan anti-solvent sehingga terbentuk nanopartikel. Pembentukan nanopartikel terjadi disebabkan oleh adanya proses nukleasi yang cepat (Sunardi, et al., 2020).

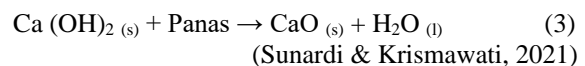
Sintesis nanokalsium oksida dilakukan dengan metode presipitasi melewati beberapa reaksi kimia. Kandungan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dalam cangkang kerang hijau akan dilarutkan dengan pelarut asam klorida (HCl) sehingga membentuk larutan  $\text{CaCl}_2$  dan melepaskan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) ke udara. Reaksi yang terjadi pada proses sintesis adalah



Filtrat yang dihasilkan berupa kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) dilakukan penambahan larutan kalium hidroksida (KOH) 3N 500 ml secara perlahan hingga terbentuk suatu endapan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan hasil samping larutan kalium klorida (KCl).



Padatan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang diperoleh dibakar pada furnace dengan suhu  $600^\circ\text{C}$  dengan tujuan menguapkan unsur  $\text{H}_2\text{O}$  dan menghasilkan padatan  $\text{CaO}$  murni. Hasil sintesis nanokalsium oksida ini menghasilkan kristal  $\text{CaO}$  berwarna putih.



Berdasarkan uraian diatas maka tujuan dari pelaksanaan penelitian ini yaitu untuk mensistesis dan mengetahui karakteristik nanokalsium oksida dengan bahan baku cangkang kerang hijau. Penelitian ini menerapkan metode presipitasi dengan variasi konsentrasi HCl dan waktu ekstraksi. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan nanokalsium oksida dengan karakteristitk yang baik.

## METODE PENELITIAN

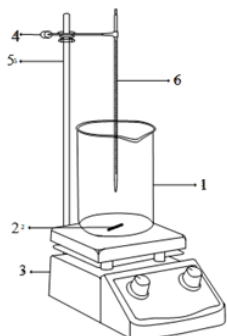
### Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan utama berupa cangkang kerang hijau yang didapat dari pesisir pantai Kenjeran, Surabaya. Bahan yang digunakan dalam proses presipitasi diantaranya asam klorida (HCl) dan kalium hidroksida (KOH) didapat

dari toko bahan kimia UD. Nirwana Abadi Rungkut, Surabaya.

**Alat**

Rangkaian alat yang digunakan selama penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Rangkaian alat proses presipitasi terdiri dari beaker glass (1) dan magnetic stirrer (2), stirrer bar (3), klem (4) dan statif (5), thermometer (6)



**Gambar 1.** Rangkaian Alat Proses Presipitasi

**Prosedur**

**Preparasi bahan baku**

Cangkang kerang hijau dibersihkan dan dijemur dibawah sinar matahari hingga berat konstan, kemudian dihaluskan dan diayak hingga diperoleh tepung cangkang kerang hijau ukuran 100 mesh. Kemudian tepung cangkang kerang hijau diambil 20 gram untuk dilakukan pengujian kadar kalsium karbonat yang terkandung didalamnya.

**Proses pembentukan kalsium klorida**

Tepung cangkang kerang hijau yang telah diayak sebanyak 25 gram direaksikan dengan larutan asam klorida (HCl) dengan variasi konsentrasi 1N, 2N, 3N, 4N, dan 5N 500 ml pada suhu 90°C selama waktu ekstraksi 0,5 jam; 1 jam; 1,5 jam; 2 jam; dan 2,5 jam. Hasil dari reaksi tersebut berupa larutan yang kemudian disaring dengan kertas saring sehingga diperoleh larutan CaCl<sub>2</sub>.

**Proses pembentukan nanokalsium oksida**

Filtrat CaCl<sub>2</sub> yang diperoleh kemudian dipresipitasi dengan dilakukan penambahan kalium hidroksida (KOH) 3N 500 ml serta dilakukan pengadukan dengan kecepatan 350 rpm hingga terbentuk endapan kalsium hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>). Setelah itu, penyaringan dilakukan menggunakan kertas saring sehingga diperoleh endapan Ca(OH)<sub>2</sub> yang kemudian dilakukan pencucian menggunakan aquadest. Kemudian padatan Ca(OH)<sub>2</sub> perlu dilakukan proses pengeringan pada suhu 100°C dengan menggunakan oven hingga diperoleh berat konstan. Setelah di oven padatan Ca(OH)<sub>2</sub> dilanjutkan dengan pembakaran dalam furnace yang dilakukan selama 1 jam pada suhu 600°C. Kemudian produk hasil furnace dilakukan uji SEM-EDX dan SSA untuk mengetahui karakteristiknya.

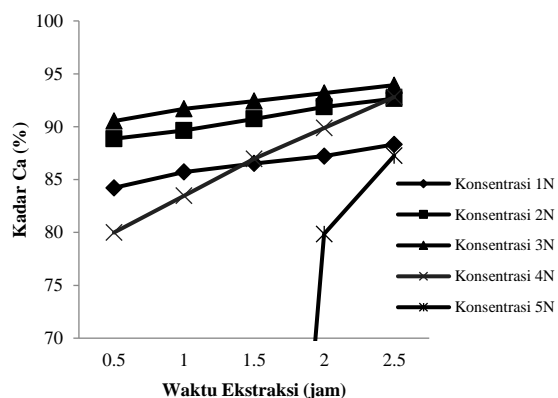
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisa Bahan Baku Cangkang Kerang Hijau**

Tepung cangkang kerang hijau yang telah diayak diambil 20 gram dianalisa kadar kalsium karbonat di Laboratorium Gizi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga. Kandungan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) pada cangkang kerang hijau didapatkan sangat tinggi yaitu 95,67%. Berdasarkan hasil analisa kadar CaCO<sub>3</sub> tersebut, menunjukkan bahwa cangkang kerang hijau dapat digunakan sebagai bahan baku dalam sintesis nanokalsium oksida. Hal ini selaras dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Handayani, dimana penelitian tersebut melakukan sintesis nanokalsium dari cangkang tiram yang mengandung CaCO<sub>3</sub> sebesar 80-95% (Handayani & Syahputra, 2017). Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Amri yang meneliti pengaruh derajat keasaman pada kalsium oksida hasil sintesis cangkang kerang dara, dimana memiliki kandungan CaCO<sub>3</sub> sebesar 97,25% (Amri, et al., 2022).

**Analisa SSA Nanokalsium Oksida**

Analisa SSA bertujuan untuk mengidentifikasi kadar Ca pada nanokalsium oksida hasil sintesis cangkang kerang hijau. Perolehan hasil analisa dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Hubungan antara Waktu Ekstraksi dengan %kadar Ca pada berbagai Konsentrasi HCl

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa tidak adanya pengaruh waktu ekstraksi dan konsentrasi HCl terhadap kadar Ca yang diperoleh pada produk nanokalsium oksida hasil sintesis cangkang kerang hijau. Gambar 2 menunjukkan bahwa hasil terbaik dalam memperoleh %kadar Ca berada pada konsentrasi HCl 3N dengan waktu ekstraksi 2,5jam yaitu diperoleh sebesar 93,93%. Pada konsentrasi

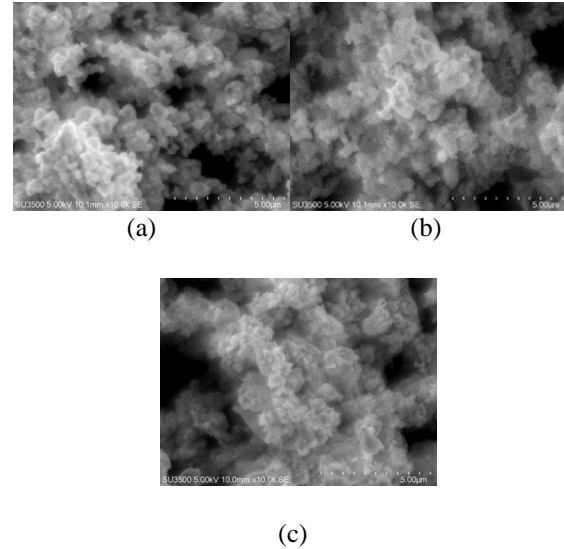
HCl 4N dan 5N terlihat bahwa %kadar Ca yang diperoleh mengalami penurunan. Metode presipitasi adalah metode yang mengendalikan kelarutan sebuah larutan dengan adanya perubahan pH suatu larutan. Derajat keasaman yang tinggi diperlukan untuk mendapatkan banyak produk CaO dengan nilai kadar Ca yang baik. Semakin tinggi pH yang didapatkan maka semakin banyak CaO yang dihasilkan (Amri, et al., 2022). Semakin banyak CaO yang dihasilkan maka semakin mempengaruhi %kadar Ca yang diperoleh. Menurut Wanta senyawa basa yang ditambahkan dalam larutan dapat meningkatkan konsentrasi ion OH<sup>-</sup>, sehingga menyebabkan adanya pembentukan senyawa logam hidroksida yang bersifat sukar larut dalam air (Wanta, et al., 2019). Pada konsentrasi HCl 4N dan 5N memiliki derajat keasaman rendah, sehingga proses presipitasi dengan KOH 3N tidak cukup jenuh untuk mengikat kandungan kalsium hasil sintesis. Hal ini yang mengakibatkan %kadar Ca pada konsentrasi HCl 4N dan 5N menurun.

#### Analisa Scanning Electron Microscopy (SEM)

Berdasarkan hasil analisa SEM (*Scanning Electron Microscopy*) pada Gambar 3(a) dan (b) terlihat bahwa kristal yang terbentuk pada hasil sintesis memiliki bentuk partikel sferis tidak beraturan. Produk hasil sintesis memiliki ukuran partikel dengan skala nanometer yaitu sebesar 314-500 nm. Partikel-partikel hasil sintesis terlihat saling menempel. Menurut Sunardi penggumpalan ini menunjukkan karakter polikristalin dari nanopartikel CaO (Sunardi, et al., 2020). Gambar 3(c) merupakan morfologi bentuk dari CaO murni komersial, terlihat memiliki bentuk kristal lebih tidak beraturan dan lebih saling menempel dibandingkan dengan hasil sintesis. Partikel-partikel pada CaO murni komersial memiliki ukuran partikel dengan range 453-513 nm. Ukuran ini terlihat jelas lebih besar dibandingkan dengan hasil sintesis.

Hasil analisa SEM diketahui memperoleh ukuran partikel sebesar 314-500 nm dimana ukuran tersebut masih terlalu besar jika dibandingkan dengan ukuran nanopartikel berdasarkan standar SNI ISO/TS 27687:2008. Ukuran nanopartikel menurut standar SNI ISO/TS 27687:2008 adalah berkisar sekitar 1 nm – 100 nm. Penelitian yang dilakukan oleh Sunardi tentang sintesis nanokalsium dari cangkang telur diperoleh ukuran sebesar 10-12 nm (Sunardi, et al., 2020) dan hasil penelitian oleh First tentang sintesis nanokalsium dari limbah tulang ayam diperoleh ukuran partikel <100 nm (First, et al., 2019) jika dibandingkan dengan ukuran partikel yang diperoleh hasil penelitian ini masih lebih besar ukuran partikel hasil sintesis dari cangkang kerang hijau. Perbedaan ukuran hasil penelitian ini disebabkan karena konsentrasi agen pengendap KOH yang kurang tinggi sehingga tidak mampu menghasilkan endapan CaO yang memiliki ukuran lebih kecil. Berdasarkan

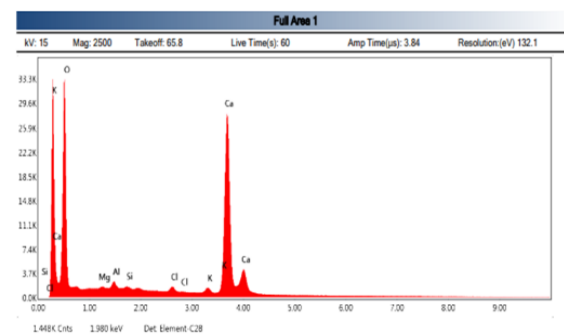
penelitian yang telah dilakukan oleh Safitri bahwa semakin besar konsentrasi agen pengendap yang digunakan maka akan menghasilkan ukuran kristal dan ukuran partikel yang semakin kecil (Safitri & Puryanti, 2020).



**Gambar 3.** Hasil Analisa SEM perbesaran 10.000x (a) CaO pada konsentrasi HCl 3N 2,5 jam, (b) CaO pada konsentrasi HCl 4N 2,5 jam, dan (c) CaO murni komersial.

#### Hasil Analisa EDX

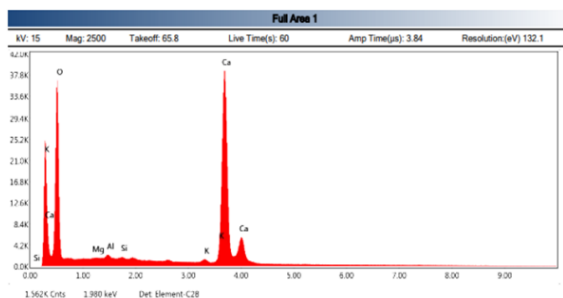
Hasil analisa EDX (*Energy Dispersive X-Ray*) digunakan untuk menentukan komposisi unsur dari suatu sampel. Hasil Analisa EDX nanokalsium oksida hasil sintesis dapat ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5. Gambar 4 menunjukkan puncak intens keberadaan unsur Ca dan O. Berdasarkan hasil analisa tersebut unsur-unsur pembentuk nanokalsium oksida pada konsentrasi HCl 3N 2,5 jam, yaitu O (56,93%), Mg (0,51%), Al (0,93%), Si (0,41%), Cl (0,64%), K (0,72%), dan Ca (39,86%).



**Gambar 4.** Spektrum EDX CaO hasil sintesis pada konsentrasi HCl 3N 2,5 jam

Pada Gambar 5 menunjukkan puncak intens keberadaan unsur Ca dan O. Berdasarkan hasil analisa tersebut unsur-unsur pembentuk nanokalsium oksida yang ditunjukkan pada konsentrasi HCl 4N 2,5 jam yaitu O (54,32%), Mg (0,41%), Al (0,64%), Si

(0,34%), K (0,38%), dan Ca (43,91%). Hal ini dapat membuktikan bahwa nanokalsium oksida dapat disintesis dari cangkang kerang hijau.



**Gambar 5.** Spektrum EDX CaO hasil sintesis pada konsentrasi HCl 4N 2,5 jam

### SIMPULAN

Pada sintesis dan karakterisasi nanokalsium oksida dari cangkang kerang hijau dengan metode presipitasi didapatkan % kadar Ca tertinggi sebesar 93,93% pada kondisi terbaik konsentrasi HCl 3N 2,5 jam. Hasil analisa SSA menunjukkan bahwa konsentrasi HCl dan waktu ekstraksi tidak berpengaruh terhadap % kadar Ca yang diperoleh. Hasil analisa SEM-EDX diperoleh nanokalsium oksida dengan ukuran partikel sebesar 314-500 nm. Nanokalsium oksida hasil sintesis juga memiliki ukuran partikel lebih besar dibandingkan dengan ukuran CaO murni komersial.

### SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu agar lebih memperhatikan konsentrasi dari agen pengendap (presipitan) dan derajat keasaman (pH) agar diperoleh ukuran partikel lebih kecil dan sesuai dengan SNI

### DAFTAR PUSTAKA

Amri, A. et al., 2022. Pengaruh Derajat Keasaman (pH) dalam Presipitasi Kalsium Oksida dari Cangkang Kerang Darah. *Seminar Nasional Soebardjo Brotohardjono*, Volume 18, pp. 94-97.

First, L. et al., 2019. Sintesis & Karakterisasi Nano Kalsium dari Limbah Tulang Ayam Broiler dengan Metode Presipitasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 3(2).

Habte, L. et al., 2019. Synthesis of Nano- Calcium Oxide from Waste Eggshell by Sol-Gel Method. *Sustainability*, 11(11), p. 3196.

Handayani, L. & Syahputra, F., 2017. Isolasi dan Karakterisasi Nanokalsium dari Cangkang Tiram (*Crassotrea gigas*). *JPHPI*, 20(3), pp. 515-523.

Handoko, C., Yanti, T., Syadiyah, H. & Marwati, S., 2013. Penggunaan Metode Presipitasi Untuk Menurunkan Kadar Cu dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede. *Jurnal Penelitian Saintek*, 18(2), pp. 51-58.

Mubarak, F., Ahmad, F. & Fajri, A., 2016. Kinetika Reaksi Sintesis Hidroksiapatit menggunakan Metode Presipitasi dengan Pencampuran Langsung. *Jurnal Teknik Kimia*, 3(1).

Mursal, I. L. P., 2018. Karakterisasi XRD dan SEM pada Material Nanopartikel serta Peran Material Nanopartikel dalam Drug Delivery System. *Pharma Xplore : Jurnal Sains dan Ilmu Farmasi*, 3(2).

Prastowo, P., Destiarti, L. & Zaharah, T. A., 2017. Penggunaan Kulit Kerang Darah sebagai Koagulan Air Gambut. *JKK*, 6(4), pp. 65-68.

Putri, A. & Ratnawulan, 2019. Analisis Teoristik Nanopartikel Zirkonium Dioksida ( $ZrO_2$ ). *Pillar of Physics*, 12(1), pp. 70-76.

Safitri, T. & Puryanti, D., 2020. Pengaruh Konsentrasi  $NH_4OH$  terhadap Ukuran Nanopartikel Nikel Ferit ( $NiFe_2O_4$ ) yang disintesis dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Fisika Unand*, 9(3), pp. 318-322.

Sunardi & Krismawati, E., 2021. Pengaruh Waktu Ekstraksi dan Konsentrasi HCL terhadap Rendemen dan Kadar Kalsium pada Sintesis Nanokalsium Oksida dari Cangkang Telur Ayam. *Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, pp. 605-612.

Sunardi, S., Krismawati, D. E. & Mahayana, A., 2020. Sintesis dan Karakterisasi Nanokalsium Oksida dari Cangkang Telur. *Jurnal Penelitian Kimia*, 16(2), pp. 250-259.

Suptijah, P., Agoes, M. & Deviyanti, N., 2012. Karakteristik dan Bioavailabilitas Nanokalsium Cangkang Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Akuatik*, 3(1), pp. 63-73.

Syamsidar, H., Ramayana, R. & Ramadani, K., 2017. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Hijau (*Perna Viridis*) menjadi Kitin sebagai Biokoagulan Air Sungai. *AI-Kimia*, 5(1), pp. 89-99.

Wanta, K. et al., 2019. Pengaruh Derajat Keasaman (pH) dalam Proses Presipitasi Hidroksida Selektif Ion Logam dari Larutan Ekstrak Spent Catalyst. *Jurnal Rekayasa Proses*, 13(2), pp. 94-105.