



Pengaruh Konsentrasi Larutan Elektrolit NaCl Terhadap Sintesis Nanopartikel SnO₂ Dari Plat Timah Menggunakan Metode Elektrokimia

Eka Febrianti^{*}), Widodo Budi Kurniawan, Herman Aldila

*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bangka Belitung
Jl. Kampus Peradaban, Kampus Terpadu Balunijuk Gd Dharma Penelitian, Bangka, Kepulauan
Bangka Belitung, Indonesia 33172*

*E-mail korespondensi: ekaghipari@gmail.com

Info Artikel:

Dikirim:
20 Mei 2025
Revisi:
5 Oktober 2025
Diterima:
12 Desember
2025

Kata Kunci:

Elektrokimia,
Nanopartikel
SnO₂, Timah

Abstract

Nanoparticles are particles with a nanometer size, which is around 1-100 nm. SnO₂ nanoparticles are nano-sized particles made from tin dioxide. SnO₂ (tin dioxide) has advantages such as good optical properties, non-toxicity, good photocatalytic activity, large surface area, good mechanical and thermal stability, high physical and chemical stability, high adsorption capacity and environmental friendliness. SnO₂ nanoparticles can be synthesized using electrochemical methods. Electrochemical methods can control particle size. Therefore, the aim of this research is to determine the effect of molarity concentration on particle size by varying the molarity of NaCl, namely 0.01M, 0.02M, 0.03M and 0.04M. Based on this research, the influence of NaCl molarity concentration produces different SnO₂ particle sizes. The smallest nanoparticle size was obtained at a variation of 0.01M, namely 4.08 nm. The purity of SnO₂ nanoparticles was obtained at 97.516% and the crystal phase formed was tetragonal.

PENDAHULUAN

Nanopartikel adalah salah satu pengembangan nanoteknologi yang saat ini sedang berkembang [1]. Secara umum nanopartikel merupakan suatu partikel yang berukuran nanometer yaitu pada kisaran 1-100 nm [2]. Nanopartikel telah banyak dikembangkan dengan berbagai macam metode. Salah satu metode dalam mensintesis nanopartikel yaitu metode elektrokimia. Hal ini dikarenakan metode elektrokimia memiliki kelebihan yaitu memiliki operasional yang mudah, peralatan yang digunakan sederhana dan dapat mengontrol ukuran partikel [3].

Elektrokimia adalah suatu metode gabungan dari reaksi redoks yang terjadi pada elektroda yang sama dalam suatu proses elektrokimia [4]. Metode elektrokimia dikembangkan secara luas untuk sintesis partikel berukuran nano. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran partikel dalam proses metode elektrokimia yaitu konsentrasi dan jenis larutan elektrolit, beda potensial, suhu, dan jarak antar elektroda [5]. Menurut penelitian terdahulu menyatakan bahwa semakin besar konsentrasi maka semakin besar ukuran partikel yang didapatkan [1].

Berdasarkan yang telah dipaparkan, peneliti tertarik melakukan sintesis nanopartikel SnO₂ dari plat timah menggunakan metode elektrokimia. Hal ini dikarenakan nanopartikel SnO₂ memiliki beberapa kelebihan yaitu seperti sifat optik yang baik, tidak beracun, aktivitas fotokatalitik yang baik, luas permukaan yang besar, stabilitas mekanik dan termal yang baik, stabilitas fisik dan kimia yang tinggi, kapasitas adsorpsi yang tinggi dan ramah lingkungan. sintesis nanopartikel SnO₂ dari plat timah menggunakan metode elektrokimia untuk mengamati pengaruh variasi konsentrasi larutan elektrolit NaCl terhadap ukuran nanopartikel.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, plat timah, NaCl dan aquades. Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, *power supply*, kabel jumper 2 buah, *magnetic stirrer*, *Magnetic stirrer* bar ukuran 2cm, timbangan analitik, gelas kimia ukuran 250 ml, gelas ukur ukuran 10 ml dan 50 ml, corong kaca ukuran 75 mm, botol sampel 10 buah, pipet tetes 2 buah, spatula 2 buah, oven, plastic sampel ukuran besar, sedang dan kecil. Ayakan ukuran 200 mesh, kertas saring, dan pengujian XRD, XRF dan PSA.

Pembuatan Larutan Elektrolit

Pembuatan elektrolit NaCl dilakukan dengan menghitung jumlah mol NaCl menggunakan rumus pada persamaan 1 dan menghitung massa NaCl menggunakan rumus pada persamaan 2.

Menghitung jumlah mol NaCl

$$\text{Mol NaCl} = M \times V \quad (1)$$

Menghitung massa NaCl

$$\text{Massa NaCl} = \text{mol} \times \text{Mr NaCl} \quad (2)$$

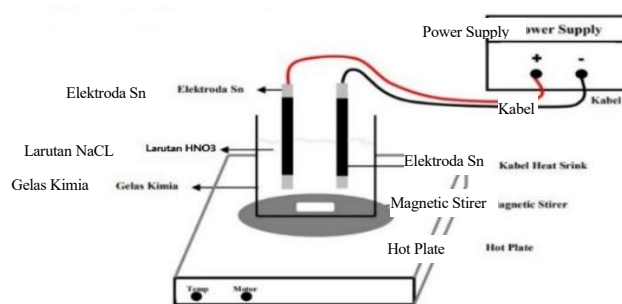
Massa NaCl berdasarkan hitungan untuk masing-masing variasi ditunjukkan pada lampiran 1. Selanjutnya massa NaCl masing-masing variasi dilakukan pencampuran kedalam aquades 100 mL dan diaduk hingga homogen. Larutan elektrolit NaCl untuk masing-masing variasi konsentrasi molaritas tersebut, Selanjutnya digunakan untuk perlakuan pada proses sintesis nanopartikel SnO₂ menggunakan metode elektrokimia dengan variasi perlakuan seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi dan kode sampel larutan elektrolit

No	Tegangan Potensial (Volt)	Larutan Elektrolit	Konsentrasi (M)	Kode Sampel
1	9 Volt	NaCl	0,01	Sn-1
2			0,02	Sn-2
3			0,03	Sn-3
4			0,04	Sn-4

Sintesis Nanopartikel SnO₂ Menggunakan Metode Elektrokimia

Sintesis nanopartikel SnO₂ dilakukan pada setiap variasi konsentrasi larutan elektrolit yang telah ditentukan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Tahap pertama dilakukan penimbangan plat timah sebelum dielektrokimia menggunakan timbangan analitik untuk mengetahui massa plat tersebut. Elektrokimia dilakukan pada plat timah sebagai katoda dan anoda dengan jarak yaitu 4 cm. proses elektrokimia diaplikasikan pada 100 ml larutan elektrolit selama 30 menit yang terhubung dengan *magnetic stirrer* dan *power supply* yang dialiri listrik arus serarah (DC) bertegangan 9 volt dengan skema seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Proses Elektrokimia

Setelah proses elektrokimia selesai, maka dilakukan penimbangan massa plat timah setelah dielektrokimia. Larutan elektrolit setelah proses elektrokimia, selanjutnya penyaringan menggunakan kertas saring whatman no.1 diperoleh filtrat berupa larutan dan residu. Kemudian residu dari hasil penyaringan elektrokimia dilakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu 100°C hingga kering. Residu yang sudah kering kemudian ditimbang massanya dan dilakukan pengayakan menggunakan saringan ukuran 200 mesh dan diperoleh serbuk. Kemudian dilakukan pengujian PSA, XRF dan XRD dan dianalisis data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Serbuk SnO_2 Menggunakan Metode Elektrokimia

Sintesis serbuk SnO_2 pada penelitian ini menggunakan metode elektrokimia dengan variasi konsentrasi larutan elektrolit yaitu 0,01M, 0,02M, 0,03M, dan 0,04M. Bahan-bahan pembuatan larutan elektrolit yang digunakan yaitu NaCl dan Aquades. Komposisi massa NaCl dihitung jumlah mol dan massa NaCl yang kemudian dilakukan pencampuran dengan aquades untuk mendapatkan larutan elektrolit. Proses elektrokimia diaplikasikan pada 100 ml tiap variasi larutan elektrolit dengan menggunakan plat timah, dimana plat timah sebagai elektroda pada anoda dan katoda. Proses elektrokimia dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Elektrokimia

Pada Gambar 2. proses elektrokimia menggunakan rangkaian elektroda anoda dan katoda. Anoda merupakan elektroda yang terpolarisasi jika listrik mengalir ke dalamnya. Sedangkan katoda merupakan elektroda yang terpolarisasi jika arus listrik mengalir keluar pada saat elektrolisis bekerja. Proses elektrokimia terjadi karena adanya tarik menarik antar plat anoda dan katoda, dimana pada plat katoda terjadinya pengikisan pada plat, sedangkan pada plat anoda menghasilkan gelembung gas dan flok yang menempel pada plat [2]. Kondisi Plat sebelum dan setelah proses elektrokimia selama 30 menit ditampilkan pada Gambar 3.



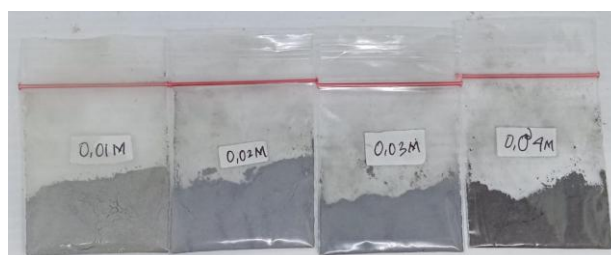
Gambar 3. Plat Timah (a) Plat timah sebelum elektrokimia (b) Plat timah setelah elektrokimia

Berdasarkan Gambar 3. dapat dilihat bahwa plat setelah dielektrokimia mengalami korosi, hal ini dapat menyebabkan pengurangan massa pada plat. Plat mengalami korosi disebabkan karena reaksi reduksi dan oksida (redoks) yang terjadi pada elektroda yang digunakan [4]. Berikut hasil karakteristik nilai massa plat timah plat timah sebelum dan setelah dielektrokimia pada setiap variasi sampel ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil penimbangan massa plat timah sebelum dan setelah dielektrokimia

No	Kode Sampel	M1 (Sebelum)	M2 (Sesudah)	ΔM (M1-M2)	
1.	Sn-1	Plat Katoda	36,69	36,11	0,58
		Plat Anoda	34,99	34,78	0,21
2.	Sn-2	Plat Katoda	36,67	35,66	1,01
		Plat Anoda	36,40	36,05	0,35
3.	Sn-3	Plat Katoda	35,50	34,01	1,49
		Plat Anoda	35,78	35,14	0,64
4.	Sn-4	Plat Katoda	33,98	31,52	2,46
		Plat Anoda	31,87	31,04	0,83

Tabel 2 menunjukkan bahwa massa plat setelah dielektrokimia mengalami pengurangan massa yang signifikan pada plat katoda dibandingkan massa plat anoda. Pengurangan massa terjadi dikarenakan massa yang hilang disebabkan oleh adanya pada proses reduksi yang terjadi pada katoda, dimana ion negatif akan melepaskan elektron, yang berarti bahwa massa elektroda pada katoda berkurang karena elektron dilepaskan. Sebaliknya, pada anoda, ion positif akan mengambil elektron, yang tidak signifikan mengurangi massa elektroda pada anoda [6]. Oleh sebab itu, bagian permukaan plat yang terkikis akan mengalami proses berkurangnya massa pada plat tersebut. Hasil menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi larutan elektrolit yang digunakan, maka logam timah yang terkikis semakin banyak [2]. Pada proses elektrokimia juga menghasilkan adanya flok yang dikeringkan dan disaring sehingga diperoleh serbuk seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Serbuk SnO₂ Menggunakan Metode Elektrokimia

Berdasarkan hasil serbuk SnO₂ dengan 4 variasi molaritas NaCl ditampilkan pada Gambar 4 mengalami perubahan warna pada setiap variasi molaritas NaCl. Serbuk SnO₂ dengan variasi NaCl 0,01M mengalami perubahan warna menjadi abu-abu pucat keputihan, pada variasi NaCl 0,02M mengalami perubahan warna abu-abu muda, kemudian pada variasi NaCl 0,03M mengalami perubahan warna abu-abu tua dan pada variasi NaCl 0,04M mengalami perubahan warna menjadi abu-abu tua sedikit kehitaman. Perubahan warna pada serbuk SnO₂ tersebut berbeda-beda, dikarenakan variasi konsentrasi molaritas NaCl yang digunakan berbeda-beda pada setiap sampel. Hal ini dikarenakan penambahan konsentrasi NaCl yang lebih tinggi dapat menghilangkan senyawa organik, dimana kandungan senyawa organik yang tinggi menyebabkan serbuk senyawa berwarna kusam. Jika jumlah molaritas NaCl yang ditambahkan sedikit maka senyawa yang dihasilkan berwarna abu-abu keputihan karena serbuk SnO₂ tersebut masih banyak mengandung senyawa anorganik [7]. Hasil menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi larutan elektrolit, warna yang didapatkan menjadi kusam. Hal ini karena adanya reaksi kimia (oksidasi- reduksi) yang terjadi antara partikel-partikel dalam larutan, sehingga mempengaruhi warna yang meningkat atau menjadi kusam.

Analisa PSA (*Paticle Size Analyzer*) Serbuk SnO₂

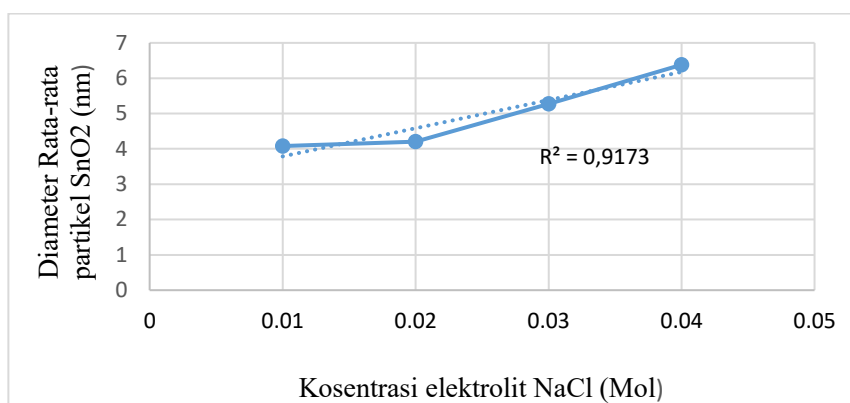
Analisis PSA (*Paticle Size Analyzer*) disajikan dalam bentuk distribusi ukuran partikel. Hal ini dapat menggambarkan keseluruhan kondisi pada sampel sehingga memungkinkan dapat menghitung distribusi ukuran partikel secara menyeluruh. Tabel diameter rata-rata (nm) yang telah dianalisis menggunakan PSA ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel diameter rata-rata serbuk SnO₂ menggunakan analisis PSA

Variasi Molaritas Larutan Elektrolit	Diameter Rata-rata (nm)	<i>Polydispersity Index</i> (PDI)
0,01M	4,08	0,0935
0,02M	4,20	0,0943
0,03M	5,27	0,1703
0,04M	6,38	0,2193

Berdasarkan Tabel 3. ukuran partikel SnO₂ terbesar diperoleh pada sampel 0,04M yaitu sebesar 6,38 nm dan ukuran partikel yang terkecil diperoleh pada sampel 0,01M yaitu sebesar 4,08 nm. Nilai *Polydispersity Index* (PDI) mengindikasikan homogenitas dari ukuran partikel SnO₂. Pada penelitian ini nilai PDI yang terkecil diperoleh pada sampel 0,01M yaitu sebesar 0,0935 dan nilai PDI yang terbesar 0,04M yaitu sebesar 0,2193. Jika nilai PDI yang dihasilkan semakin mendekati 0 maka ukuran partikel yang dihasilkan bersifat homogen (seragam), sedangkan jika nilai PDI yang dihasilkan mendekati 1 maka ukuran partikel yang dihasilkan masih bersifat heterogen (tidak seragam) [8]. Ukuran partikel pada penelitian ini telah sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Rahmi, 2016) yaitu ukuran partikel berada pada range 1-100 nm yang menandakan bahwa serbuk SnO₂ yang disintesis menggunakan metode elektrokimia sudah berukuran nano [2].

Hasil analisis PSA selanjutnya dilakukan membuat pola kurva antara konsentrasi dan diameter partikel, sehingga dapat mengetahui hubungan antara keterkaitan pengaruh variasi konsentrasi molaritas larutan elektrolit NaCl terhadap ukuran partikel yaitu berupa kurva yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola kurva konsentrasi terhadap diameter partikel serbuk SnO₂.

Berdasarkan pola kurva antara konsentrasi dan diameter partikel pada Gambar 5. menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi larutan elektrolit NaCl terhadap ukuran partikel tersebut mempunyai garis singgung yang linier, dimana terjadinya kenaikan konsentrasi elektrolit maka ukuran partikel yang dihasilkan semakin besar. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Rahmi, 2016; Ulum, 2018) yang menyatakan bahwa jika semakin tinggi konsentrasi molaritas elektrolit yang digunakan maka semakin besar ukuran partikel yang didapatkan [2,9]. Hal ini disebabkan terjadinya laju reaksi, dimana semakin besar konsentrasi elektrolit maka semakin besar pula laju reaksinya. Laju reaksi yang lebih cepat mengakibatkan partikel yang dihasilkan lebih besar [10]. Persamaan garis kurva tersebut diperoleh regresi linieritas hubungan antara ukuran partikel dan konsentrasi larutan elektrolit NaCl dengan didapatkan nilai koefisien korelasi (R^2) = 0,9173. Nilai koefisien yang diperoleh menunjukkan hasil yang akurat karena nilai yang didapatkan mendekati 1. Dengan nilai $R^2 > 0,9$ dan berarti mendekati 1 yaitu menunjukkan bahwa nilai diameter rata-rata ukuran partikel dan molaritas larutan elektrolit NaCl memiliki keakuratan [11]. Sehingga pola kurva antara konsentrasi dan diameter tersebut dapat dijadikan acuan penentuan ukuran partikel terhadap variasi molaritas larutan elektrolit. Adapun pada penelitian ini hasil yang paling optimum pada konsentrasi 0,01M dengan ukuran partikel yang diperoleh yaitu sebesar 4,08 nm.

Analisa XRF (X-Ray Fluorecence) Serbuk Nanopartikel SnO₂

Analisa XRF dari serbuk sampel Sn-1 (0,01M) yang telah diperoleh dari elektrokimia yaitu berupa analisis komposisi unsur seperti pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil analisis XRF dari serbuk elektrokimia

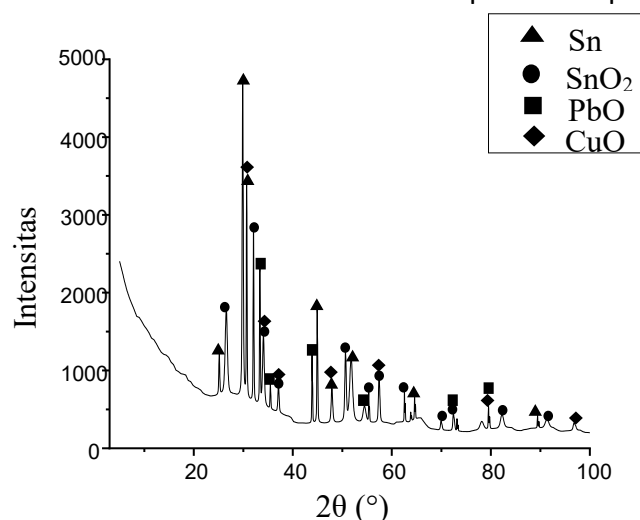
Unsur oksida	Konsentrasi (%)
SnO ₂	97,516
CuO	0,276
PbO	0,123
Unsur Lainnya	2,085
Total	100.00

Berdasarkan data XRF pada Tabel 4 menunjukkan bahwa serbuk hasil elektrokimia yang telah diperoleh didapatkan adanya terbentuknya unsur SnO₂ didalamnya yaitu sebesar 97,516 %. Adapun terbentuknya unsur pengotor dari nanopartikel plat timah yaitu seperti CuO, PbO dan unsur lainnya. Serbuk nanopartikel dari plat timah menggunakan metode elektrokimia yang didapatkan pada penelitian ini menunjukkan bahwa serbuk nanopartikel SnO₂ dari plat timah mengandung kadar SnO₂ dengan kemurnian yang sangat tinggi berkisar > 90 %. Tingginya kadar SnO₂ pada serbuk nanopartikel dari plat timah dimungkinkan berdasarkan pada penelitian Rettob (2019) yang menyatakan bahwa pengaruh konsentrasi molaritas larutan elektrolit yang digunakan, dimana semakin tinggi konsentrasi elektrolit maka mengakibatkan terjadinya

peningkatan kadar yang terbentuk [12]. Adapun adanya unsur CuO, PbO, dan unsur lainnya dikarenakan plat timah yang digunakan pada penelitian ini adalah plat komersial, dimana pada plat komersial umumnya tidak 100% murni, karena sering adanya pengaruh bahan tambahan pada proses perbaikan sifat mekanik ataupun pada proses pembuatan dan pencampuran pada plat timah [13]

Analisa XRD (X-Ray Diffraction) Serbuk Nanopartikel SnO₂

Analisis XRD pada sampel 0,01M dilakukan untuk mengidentifikasi fasa SnO₂ yang terbentuk dari serbuk hasil elektrokimia. analisis XRD pada serbuk plat timah diolah dengan menggunakan *software match 2* yang bertujuan untuk mencocokkan data pengujian dengan *database* yang berisi pola difraksi referensi. Analisis XRD dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pola puncak difraksi nanopartikel SnO₂

Berdasarkan Gambar 6. hasil analisis XRD didapatkan puncak-puncak pada grafik dengan intensitas yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk nanopartikel SnO₂ dari plat timah menggunakan metode elektrokimia telah terbentuk fasa kristal yang berbentuk tetragonal. Pada Gambar 6. pola difraksi menunjukkan puncak-puncak yang tajam dan intensitas yang tinggi, sehingga serbuk nanopartikel SnO₂ mengandung kristalin. Puncak-puncak kristal dengan intensitas yang tinggi dari serbuk nanopartikel SnO₂ terdapat pada sudut 2θ yaitu 26,60°; 33,95°; 37,94° dan 52,11°. Adapun terdapat puncak senyawa selain SnO₂ pada sudut 2θ yaitu unsur Sn sebesar 55,4%, CuO sebesar 9,9%, PbO sebesar 5,6% . Struktur SnO₂ yang dihasilkan dari serbuk nanopartikel SnO₂ adalah tetragonal dengan parameter kisinya adalah a= 4.7370, b= 4.7370, dan C= 3.1850. Adapun puncak 2θ SnO₂ telah sesuai berdasarkan literatur yang terdaftar dalam *Crystallography Open Database* (COD) dengan nomor 5000224 [14]. Puncak-puncak tertinggi ini telah sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmi (2016) yang mendapatkan tiga puncak tertinggi SnO₂ yaitu diperoleh pada sudut 26,58°, 33,39° dan 52,04° dan penelitian Hu (2015) puncak tertinggi didapatkan pada sudut 27,92°, 32,55°, dan 46,32° [2,7]. Adapun munculnya fasa pengotor (CuO 9,9%, PbO 5,6%) hal ini dikarenakan ketidakmurnian plat yang digunakan. Selain itu, menurut Malau (2020) masih munculnya fasa pengotor dapat disebabkan oleh pada proses sintesis dan pada proses pengujian sampel [15].

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa konsentrasi NaCl yang digunakan berpengaruh terhadap ukuran nanopartikel SnO₂ yang diperoleh semakin besar

konsentrasi yang digunakan maka ukuran nanopartikel didapatkan semakin besar. Berdasarkan pengujian PSA ukuran partikel yang terkecil didapatkan pada variasi 0.01M yaitu sebesar 4,08 nm dan yang terbesar didapatkan pada variasi 0.04M sebesar 6,38 nm. Analisa XRF serbuk nanopartikel SnO₂ hasil elektrokimia terbentuknya unsur oksida SnO₂ yaitu sebesar 97,516% dan analisa XRD mempunyai fasa kristalin berbentuk tetragonal dengan tiga puncak tertinggi terletak pada sudut 2θ: 26,60°, 33,95° dan 37,94°.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kolo, M. M., 2016. Sintesis Nanopartikel Aluminium Oksida Dengan Metode Elektrokimia, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Rahmi, 2016. Sintesis SnO₂ Nanopartikel Dari Logamnya Dengan Metode Elektrokimia, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Mawaris, E. R., 2021. Kimia Dasar II. Yogyakarta: Deepublish
- [4] Rahmawati. 2013, Elektrokimia Transformasi Energi Kimia-Listrik, Erlangga: Yogyakarta.
- [5] Oktaviani T.D, Danang. C. F, Aziz. A, 2015. Sintesis Nano Ag Dengan Metode Reduksi Kimia. Jurnal Sains Dan Teknologi, 13(2).
- [6] Rini Selly, S. R. H. I. N. R. A. S. a. M. Z., 2020. Electroplating Method on Copper (Cu) Substrate with Silver (Ag) Coating Applied. Indonesian Journal of Chemical Science and Technology , 03(2), pp. 38 - 41.
- [7] Hu, J., 2015 Biosynthesis of SnO₂ nanoparticles by Fig (Ficus Carica) Leaf Extract for Electrochemically Determining Hg(II) in Water Samples, Int. J. Electrochem/ Sci., 10668-10676.
- [8] Nurmilia ningsih, S. Y. S. Y., 2017. Sintesis nanopartikel ekstrak kulit manggis merah dan kajian sifat fungsional produk enkapsulasinya. Jurnal.ipb.ac.id.
- [9] Ulum, B., 2018. Sintesis Zn(OH)₂ Nanopartikel Dengan Metode Elektrokimia, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [10] Anwar, S., 2021. Analisis Tipe Dan Konsentrasi Jembatan Garam Pada Karakteristik Elektrik Pembangkit Listrik Berbahan Elektrolit Air Laut, Bandar Lampung: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
- [11] Morti, T., Destiarti, L. & Idiawati, N., 2018. Penentuan Kadar Besi (Fe) Pada Air Gambut Menggunakan Spektrofotometer Ultra Violet-Visible Dengan Perbandingan Pengompleks Fenantrolin Dan Alizarin Red S. Jurnal Kimia Khatulistiwa, 7(3), pp. 109-117.
- [12] Rettob, A. L., & Karbeka, M. (2019). Pengaruh Konsentrasi Larutan Hf Pada Proses Preparasi Terhadap Kadar Unsur Bahan Magnetik Pasir Besi. Walisongo Journal of Chemistry, 2(1), 6.
- [13] Mahendra, R. O., 2019. Analisis Pengaruh Bahan Pin Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Sambungan Plat Aluminium Pada Proses Friction Stir Welding, Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [14] Baur W. H., Uber die verfeinerung der kristal struktur bestimmung einiger vertreter des rutiltyps: TiO₂, SnO₂, GeO₂ und MgF₂. Acta Crystallographica 9, 515-520 (1956)
- [15] Malau., Azzahra., 2020. Pengaruh waktu kalsinasi terhadap karakteristik kristal CaO terhadap cangkang kepiting. Jurnal pendidikan, matematika dan SAINS, Volume 5, pp. 83-92.