

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA PEROVSKITE $BaSnO_3$ MELALUI METODE SOL-GEL UNTUK APLIKASI SEL SURYA

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF $BaSnO_3$ PEROVSKITE COMPOUND BY SOL-GEL METHOD FOR SOLAR CELL APPLICATION

Erna Warisman¹, Cahyorini Kusumawardani^{1,*}

¹Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta
*email korespondensi: cahyorini.k@uny.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi prekursor sintesis $BaSnO_3$ terhadap struktur dan karakter elektronik N-TiO₂ dan mengetahui efisiensi sel surya N-TiO₂ tersensitisasi $BaSnO_3$. Sintesis dilakukan menggunakan prekursor BaCl₂ dengan variasi 10; 7,5; 5; 2,5; dan 1 mmol dan SnCl₄. Selanjutnya masing-masing prekursor dilarutkan ke dalam 80 mL etanol absolut, kemudian larutan tersebut diaduk selama 1 jam agar homogen. Selanjutnya ditambahkan tetes demi tetes 20 mL H₂O₂ ke dalam larutan tersebut sambil dilakukan pengadukan selama 2 jam. NH₄OH pekat ditambahkan tetes demi tetes sampai pH campuran mencapai 10. Endapan dipisahkan dari filtratnya menggunakan kertas saring dan dicuci dengan air terdemineralisasi. Material putih hasil sintesis dikeringkan dalam oven pada temperatur 80°C selama 2 jam dan dikalsinasi pada temperatur 900°C selama 2 jam untuk menghasilkan padatan berwarna kuning. Hasil XRD menunjukkan bahwa senyawa $BaSnO_3$ yang disintesis berbentuk kubik dengan nilai parameter kisi antara 4.11651 Å dan 4.11342 Å. Hasil karakterisasi UV-Vis menghasilkan nilai energi celah pita senyawa $BaSnO_3$ antara 3,02 – 3,17 eV. Setelah material N-TiO₂ disensitisasi dengan $BaSnO_3$ 2,5 mmol energi celah pita mengalami penurunan dari 3,17 menjadi 2,98 eV. Aktivitas fotovoltaiik menunjukkan efisiensi konversi sel surya senyawa N-TiO₂/ $BaSnO_3$ berbagai variasi prekursor mmol BaCl₂ menghasilkan nilai antara 1,95 - 3,2%. Senyawa $BaSnO_3$ 5 mmol mempunyai nilai efisiensi konversi sel surya yang paling tinggi yaitu 3,2%. Hasil karakterisasi SEM EDX menunjukkan morfologi permukaan senyawa $BaSnO_3$ yang homogen dan perbandingan atom sebesar 0,242 : 0,136 : 0,018.

Kata Kunci: $BaSnO_3$, XRD, UV-Vis, Aktivitas Fotovoltaiik, SEM-EDX

Abstract

This research aimed to determine the effect of $BaSnO_3$ synthesis precursor concentration variations on N-TiO₂ structure and electronic character and to know the efficiency of sensitized N-TiO₂ solar cell $BaSnO_3$. Synthesis was performed using BaCl₂ precursors with variations of 10; 7.5; 5; 2.5; And 1 mmol and SnCl₄. Subsequently each precursor was dissolved into 80 mL of absolute ethanol, then the solution was stirred for 1 hr to be homogeneous. Next add 20 mL of H₂O₂ into the solution while stirring for 2 hours. Concentrated NH₄OH is added until the pH of the mixture reaches 10. The precipitate is separated from the filtrate using a filter paper and washed with demineralized water. The synthesized white material was dried in an oven at 80° C for 2 hours and calcined at 900° C for 2 hours to produce a yellow solid. The XRD results show that the synthesized $BaSnO_3$ compounds are cubic with lattice parameter values between 4.11651 Å and 4.11342 Å. The UV-Vis characterization results in a $BaSnO_3$ band gap energy value between 3.02 - 3.17 eV. After the N-TiO₂ material was sensitized with $BaSnO_3$ 2,5 mmol the band gap energy decreased from 3.17 to 2.98 eV. Photovoltaic activity showed the efficiency of solar cell conversion of N-TiO₂ / $BaSnO_3$ compounds of various BaCl₂ mmol precursors yield values between 1.95 - 3.2%. The $BaSnO_3$ 5 mmol compound has the highest solar cell conversion efficiency value of 3.2%. The result of SEM EDX characterization shows the homogeneous surface morphology of $BaSnO_3$ compounds and the atomic ratio of 0.242: 0.136: 0.018.

Keywords: $BaSnO_3$, XRD, UV-Vis, Activity Fotovoltaiik, SEM-EDX

Pendahuluan

Ketergantungan tingkat konsumsi energi terhadap bahan dasar fosil terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di dunia. Konsumsi energi dunia terdiri sekitar 87,7% bahan bakar fosil yaitu gas, batu bara, dan minyak, 6 % pembangkit listrik tenaga air, 6 % tenaga nuklir dan sebagian kecil dari biomassa dan sumber energi

lainnya [1]. Bahan bakar fosil, selain merupakan sumber energi tak terbarukan juga mengakibatkan terjadinya banyak masalah lingkungan selama proses penggunaannya, seperti efek rumah kaca dan pemanasan global yang semakin lama semakin memburuk. Jadi, perlu pengembangan sumber energi alternatif yang terbarukan dan ramah

lingkungan. Perkembangan sel surya sudah mencapai sel surya generasi ketiga. Pada tahun 1991, Michael Grätzel dan Brian O'Regan mengembangkan sel surya generasi baru yang dikenal dengan sel surya tersensitasi zat warna *Dye Sensitized solar cell* (DSSC) atau sel Gratzel.

Kemajuan teknologi dapat membuat sel menggunakan cahaya dimana sel surya dapat merespon cahaya matahari dengan memanfaatkan warna tertentu dengan bahan yang paling efisien yaitu warna hitam. Material sel surya tersensitisasi DSSC berbasis TiO_2 mempunyai keuntungan biaya rendah karena tidak memerlukan tingkat kemurnian tinggi, tersedia secara luas, tidak beracun, material biokompatibel, dan mempunyai efisiensi tertinggi yaitu 11 % [2]. Perkembangan sel surya menggunakan DSSC untuk aplikasi yang lebih luas mengalami masalah yaitu mudah terdegradasi sehingga dikembangkan teknologi baru untuk meningkatkan respon TiO_2 dengan penggunaan *quantum dot sensitized solar cell* (QDSSC) yang mempunyai efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan DSSC [3]. Penelitian terkini telah dikembangkan sel surya tersensitasi perovskite dalam sistem *perovskite Solar Cell* (PSC) untuk menggantikan material senyawa QDSSC yang mampu memberikan efisiensi hingga 15 % [4].

Senyawa BaSnO_3 adalah salah satu senyawa yang berstruktur kubus tipe perovskite [5] dan bahan semikonduktor yang memiliki energi celah pita sebesar 3,1 eV [6] yang bermanfaat dalam sistem sel surya. Sintesis BaSnO_3 dapat dilakukan dengan metode keramik [7], metode *solid state reaction* [8] dan metode sol-gel [9]. Setiap metode ini mempunyai kelebihan dan kekurangan. Dalam penelitian ini menggunakan metode sol-gel yang lebih sederhana dan menggunakan suhu rendah daripada kedua metode tersebut. Selain itu, metode sol-gel mudah dalam mengontrol parameter seperti komposisi bahan, jenis pelarut, prekursor, temperature, dan konsentrasi [10]. Pada penelitian ini, senyawa perovskite digunakan untuk meningkatkan sensitivitas TiO_2 yang bertujuan meningkatkan efisiensi dan kestabilan sistem dengan menurunkan biaya produksi, serta dapat digunakan secara lebih luas. Senyawa BaSnO_3 merupakan material perovskite sebagai sensitizer energi terbarukan dan ramah lingkungan.

Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan penelitian sintesis senyawa perovskite BaSnO_3 menggunakan metode sol-gel dan senyawa N- TiO_2 tersensitasi BaSnO_3 . Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) yang bertujuan mengetahui parameter kisi, ukuran kristal, dan struktur kristal, UV-Vis yang bertujuan

mengetahui aktivitas absorbansi dan menentukan energi celah pita (E_g), aktivitas fotovoltaiik yang bertujuan mengetahui efisiensi konversi sel surya dan *Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray* (SEM/EDX) yang bertujuan mengetahui spesifik morfologi permukaan kristal.

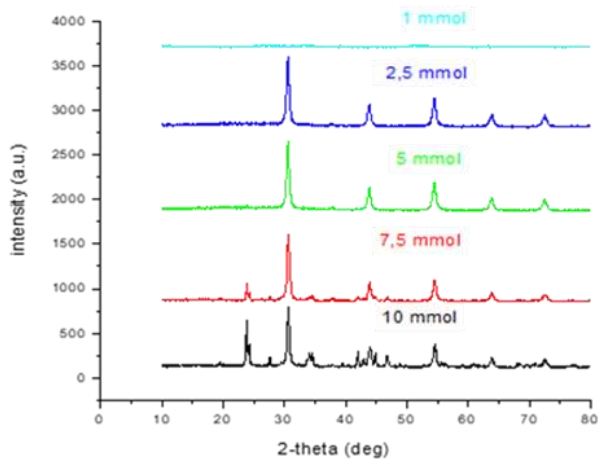
Metode Penelitian

Senyawa perovskite BaSnO_3 disintesis menggunakan prekursor BaCl_2 sebagai sumber Ba dan SnCl_4 sebagai sumber Sn. Sintesis BaSnO_3 dilakukan dengan metode sol-gel dengan variasi sumber Ba 10, 7,5, 5, 2,5, dan 1 mmol. Sintesis BaSnO_3 didahului dengan melarutkan setiap prekursor ke dalam 80 mL etanol absolut, kemudian larutan diaduk selama 1 jam agar homogen. Ditambahkan tetes demi tetes 20 mL H_2O_2 ke dalam larutan sambil dilakukan pengadukan selama 2 jam. NH_4OH pekat ditambahkan tetes demi tetes sampai pH campuran mencapai 10. Endapan dipisahkan dari filtratnya menggunakan kertas saring dan dicuci dengan air terdemineralisasi. Material putih hasil sintesis dikeringkan dalam oven pada temperatur 80°C selama 2 jam dan dikalsinasi pada temperatur 900°C selama 2 jam untuk menghasilkan padatan kuning. Padatan hasil sintesis dikarakterisasi dengan alat uji X-ray Diffraction, UV-Vis, dan SEM-EDX. Sensitiasi lapis tipis N- TiO_2 dengan senyawa BaSnO_3 menggunakan kaca ITO $2,5 \times 2,5$ cm. Material perovskite BaSnO_3 dicampur dengan material N- TiO_2 perbandingan 1:1, dan dibuat pasta yang ditambah satu tetes aseton dan satu tetes triton-X yang dan dideposisikan ke permukaan kaca ITO dengan teknik *doctor blade*, dikalsinasi pada temperature 400°C selama 2 jam dan dikarakterisasi dengan UV-Vis dan fotovoltaiik.

Hasil dan Diskusi

Uji XRD

Hasil sintesis material BaSnO_3 dengan variasi prekursor mmol BaCl_2 dihasilkan padatan berwarna kuning. Sampel yang diperoleh dikarakterisasi dengan Difraktometer sinar-X (XRD) menggunakan sumber radiasi Cu-K α , pada rentang 2θ yaitu 2° sampai 80° pada interval 0,02 dan laju 2.



Gambar 1. Difraktogram Senyawa BaSnO₃ Hasil Sintesis dengan Berbagai Variasi mmol BaCl₂

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan hasil yang berbeda. Pada difraktogram BaSnO₃ hasil sintesis dengan variasi 10; 7,5; 5 dan 2,5 mmol BaCl₂ terdapat adanya puncak-puncak khas material BaSnO₃ yaitu pada $2\theta = 31, 44, 54, 64,$ dan 73 [11] sedangkan pada BaCl₂ 1 mmol menunjukkan difraktogram puncak yang berbeda dan tidak khas. BaCl₂ sebanyak 1 mmol menghasilkan senyawa BaSnO₃ amorf, walaupun telah dikalsinasi pada temperatur 900°C. Kondisi 5 mmol dan 2,5 mmol cukup efektif untuk membentuk material BaSnO₃. Ukuran kristal material BaSnO₃ berbagai dihitung dengan menggunakan persamaan scherrer, yakni :

$$d = \frac{k \cdot \lambda}{\beta \cos \theta}$$

dengan d merupakan ukuran kristal atau ukuran partikel (nm), k merupakan konstanta material yang nilainya 0,9, λ merupakan panjang gelombang sinar-X yang digunakan pada waktu pengukuran (nm), β merupakan FWHM (*full width at half maximum*) puncak yang dipilih (3 puncak utama), dan θ merupakan sudut difraksi berasal dari grafik 2θ pada difraktogram.

Tabel 1. Perhitungan Ukuran Kristal Material BaSnO₃

Sampel BaSnO ₃	D (nm)
10 mmol	15,2136
7,5 mmol	24,4864
5,0 mmol	20,6086
2,5 mmol	16,7890

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa ukuran kristal berkisar antara 15-24 nm. Penurunan variasi prekursor sumber Ba dari 7,5-5 mmol menyebabkan penurunan ukuran kristal BaSnO₃. Namun pada konsentrasi 10 mmol ukuran kristal menjadi lebih kecil. Hal ini dapat diindikasikan bahwa pada BaSnO₃ 10 mmol sebagian material telah bereaksi dengan karbon dan oksigen menjadi BaCO₃. Karakterisasi menggunakan XRD dapat dianalisis lebih lanjut menggunakan program rietica yang bertujuan untuk mencocokkan antara XRD BaSnO₃ hasil sintesis berbagai variasi prekursor mmol BaCl₂ dengan data COD no 96-153-8371. Hasil pengolahan rietica didapatkan informasi output berupa struktur kristal, *space group*, parameter kisi, volum sel, Rwp, Rp, Gof, dan Bragg Factor yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Output Program Rietica BaSnO₃ Hasil Sintesis

Parameter	Senyawa BaSnO ₃ Berbagai Variasi Prekursor Sumber Ba				
	COD no 96-153-8371	10 mmol	7,5 mmol	5 mmol	2,5 mmol
Struktur Kristal	Kubik	Kubik	Kubik	Kubik	Kubik
Space Group	Pm3m	Pm3m	Pm3m	P M 3 M	P M 3 M
a = b = c (Å)	4.1085	4.1165	4.1135	4.1115	4.1134
$\alpha = \beta = \gamma$	90°	90°	90°	90°	90°
Volum Sel (Å ³)	69.35054	69.75695	69.60861	69.50663	69.59998
Rwp (%)	-	20.42	14.61	13.09	21.15
Rp (%)	-	15.62	15.87	14.74	19.32
GOF (%)	-	0,2857	0.1002	0.1134	0.1601
Bragg Factor	-	0.41	0.41	0.29	0.29

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai parameter kisi dari material BaSnO₃ berbagai variasi prekursor sumber Ba 10; 7,5; 5; dan 2,5 mmol yaitu 4.11651 Å; 4.11359 Å; 4.11158 Å, dan 4.11342Å mendekati nilai parameter kisi pada data

COD no 96-153-837 yaitu 4.10850 Å. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya variasi prekursor mmol BaCl₂ tidak berpengaruh terhadap peningkatan maupun penurunan nilai parameter kisi. Ketercapaian refinement (penghalusan) data

XRD senyawa BaSnO_3 hasil sintesis dapat dilihat pada nilai Gof . Gof adalah fungsi distribusi parameter yang tidak diketahui dan memiliki refinement yang dapat diterima apabila tingkat kecocokan kurang dari 4% (Puguh dan Hariyati, 2013). Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai Gof untuk variasi 10; 7,5; 5; dan 2,5 mmol kurang dari 4% yaitu 0.2857; 0.1002; 0.1134 dan 0.1601%. Hal ini dapat diterimanya proses refinement (penghalusan) untuk data BaSnO_3 hasil sintesis berbagai variasi.

Uji UV-Vis

Karakterisasi hasil sintesis menggunakan spektroskopi UV-Vis bertujuan untuk memperoleh informasi berupa aktivitas absorbansi dan energi celah pita (eV).

Tabel 3. Absorbansi material Senyawa BaSnO_3 Variasi mmol BaCl_2

Sampel BaSnO_3	$\lambda(\text{nm})$	
	UV	Vis
10 mmol	277 dan 322	
7,5 mmol	279 dan 344	571
5,0 mmol	303 dan 348	586
2,5 mmol	330	

Pada penelitian ini analisis UV-Vis juga digunakan untuk menentukan energi celah pita. Metode yang digunakan untuk mengetahui besarnya energi celah pita dari material BaSnO_3 diperoleh berdasarkan hasil analisis spektrofotometri UV-Vis *Diffuse Reflektansi*, dengan menggunakan metode kubelkammunk dan diperoleh grafik hubungan antara energi (eV) dengan $(F(R'_{\infty})/hv)^{1/2}$. Hubungan antara energi (eV) dengan $(F(R'_{\infty})/hv)^{1/2}$.

Tabel 4. Energi Celah Pita Material BaSnO_3 dengan Variasi mmol BaCl_2

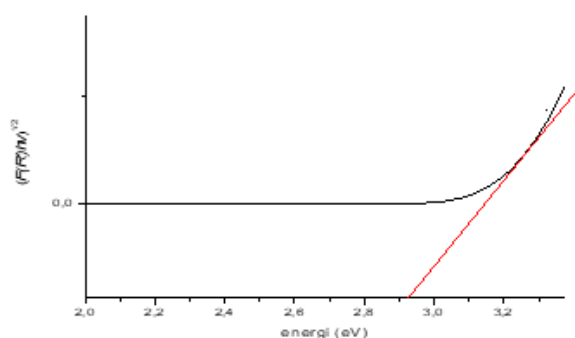
Sampel BaSnO_3	Energi Celah Pita
10 mmol	3,02 eV
7,5 mmol	3,12 eV
5,0 mmol	3,13 Ev
2,5 mmol	3,17 ev

Hasil energi celah pita Material BaSnO_3 menunjukkan semakin kecil mmol BaCl_2 maka semakin tinggi nilai energi celah pita. Karakterisasi ini juga dilakukan sensitisasi BaSnO_3 pada semi konduktor N-TiO₂. Sensitisasi dilakukan dengan cara mencampur material N-TiO₂ tersensitisasi BaSnO_3 perbandingan (1:1).

Tabel 5. Absorbansi material Senyawa N-TiO₂/ BaSnO_3

Sampel BaSnO_3	$\lambda(\text{nm})$	
	UV	Vis
10 mmol	323 dan 292	
7,5 mmol	333	
5,0 mmol	297	
2,5 mmol	314	
1,0 mmol	333	433

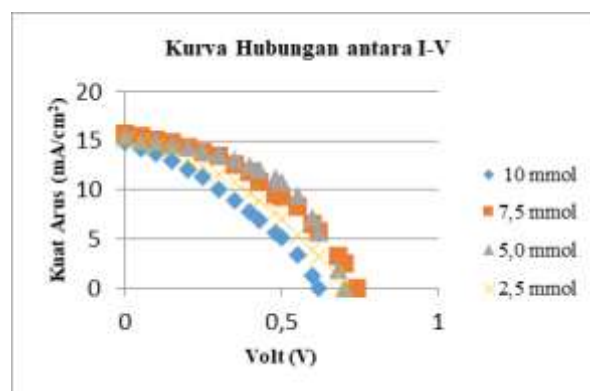
Hasil perhitungan energi celah pita BaSnO_3 dengan lapis tipis N-TiO₂/ BaSnO_3 variasi 2,5 mmol terjadi penurunan dari 3,17 eV menjadi 2,98 eV.



Gambar 2. Energi Celah Pita Material N-TiO₂ tersensitisasi BaSnO_3 2,5 mmol

Aktivitas Fotovoltaik

Lapis tipis N-TiO₂ tersensitisasi BaSnO_3 selanjutnya di uji aktivitas fotovoltaik yang bertujuan untuk mengetahui efisiensi konversi sel surya (I_p) yang ditentukan berdasarkan kurva rapat arus-votase (I-V).



Gambar 3. Kurva I-V N-TiO₂/ BaSnO_3 dengan Berbagai Variasi

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kurva I-V sensitisasi sumber Ba pada senyawa BaSnO_3 10; mmol diperoleh nilai voltase sirkuit rangkaian terbuka (V_{oc}) sebesar 0,62 V; arus pendek (I_{sc})

sebesar 14,8 mA/cm²; voltase maksimum (V_{pp}) sebesar 7,8 V; arus maksimum (I_{pp}) sebesar 0,4 mA/cm².

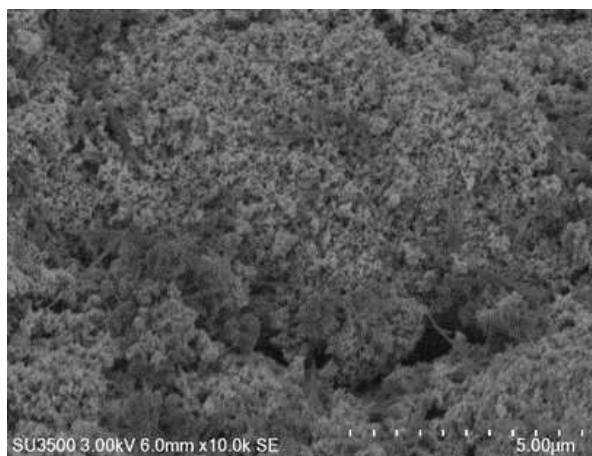
Tabel 6. Hasil Perhitungan Berbagai Variasi Prekursor sumber Ba

Sistem DSSC	I_{sc} (mA/cm ²)	V_{oc} (V)	FF	η (%)
N-TiO ₂ /BaSnO ₃ 10 mmol	14,8	0,62	0,34	1,95
N-TiO ₂ /BaSnO ₃ 7,5 mmol	15,7	0,74	0,40	2,9
N-TiO ₂ /BaSnO ₃ 5 mmol	15,4	1,9	0,18	3,2
N-TiO ₂ /BaSnO ₃ 2,5 mmol	15,1	0,7	0,36	2,3

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa senyawa BaSnO₃ menghasilkan nilai efisiensi konversi sel surya antara 1,95 - 3,2%. Senyawa N-TiO₂/BaSnO₃ 5 mmol mempunyai nilai efisiensi konversi sel surya yang paling tinggi yaitu 3,2%.

SEM-EDX

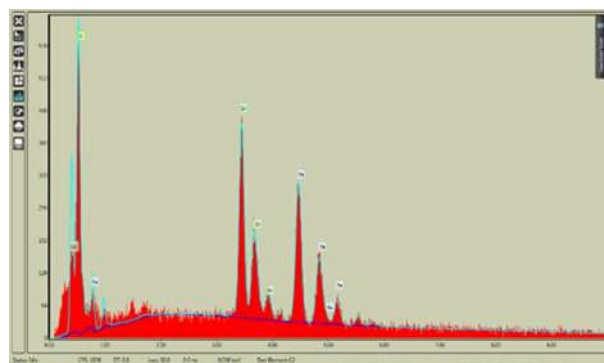
Scanning Electron Microscopy – Electron Dispersive X-Ray Analyser (SEM/EDX) digunakan untuk menganalisis morfologi permukaan dan juga komposisi senyawa dari suatu sampel. Sampel yang dianalisa yaitu material BaSnO₃ variasi 5 mmol. Dari hasil SEM terlihat kristal senyawa BaSnO₃ memiliki morfologi permukaan yang homogen.



Gambar 4. Hasil SEM Material BaSnO₃ perbesaran 10000x

Karakterisasi menggunakan EDX digunakan untuk mengetahui persentase unsur Ba, Sn, dan O yang ada di dalam senyawa

BaSnO₃. Keberadaan persentase puncak barium 53,72%, timah 35%, dan oksigen 11,28%. Komposisi tersebut sebanding dengan 0,242 : 0,136 : 0,018. Hal ini tidak sesuai dengan perhitungan awal yaitu 1 : 1 : 3 komposisi barium yang lebih besar daripada oksigen diindikasikan adanya sebagian material barium yang telah bereaksi dengan karbon dan oksigen membentuk barium karbonat (BaCO₃).



Gambar 5. Spektrum EDX Senyawa BaSnO₃ Variasi 5 mmol BaCl₂

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: 1) Variasi prekursor sumber Ba pada senyawa BaSnO₃ berpengaruh terhadap struktur molekul senyawa BaSnO₃. Semakin rendah konsentrasi prekursor sumber Ba, maka nilai energi celah pita semakin tinggi. Pengaruh N-TiO₂/BaSnO₃ 2,5 mmol mampu menurunkan energi celah pita dari 3,17 eV menjadi 2,98 eV. 2) Efisiensi konversi sel surya senyawa N-TiO₂/BaSnO₃ berbagai variasi Prekursor sumber Ba menghasilkan nilai antara 1,95 - 3,2%. Senyawa N-TiO₂/BaSnO₃ 5 mmol mempunyai nilai efisiensi konversi sel surya yang paling tinggi yaitu 3,2%.

Daftar Pustaka

- [1] Quan Vo. Anh. (2006). *Degradation of the Solar Cell Dye Sensitizer N719 Preliminary Building of Dye-Sensitized Solar Cell*. Thesis Master. Denmark: Roskilde University.
- [2] Gratzel, Michael. (2003). Review Dye-sensitized solar cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology C*, Vol. 4, pp. 145 – 153.
- [3] Hod idan, Gonz_alez-Pedro Victoria, Tachan Zion, Fabregat-Santiago Francisco, Mora-

- Ser_o Iv_an, Bisquert Juan, and Zaban Arie. (2011). *Dye versus Quantum Dots in Sensitized Solar Cells: Participation of Quantum Dot Absorber in the Recombination Process*. Departament de Física, Universitat Jaume I, 12071 Castell, Spain.
- [4] Surya Prakash Singh and P. Nagarjuna. (2014). Organometal Halide Perovskites as useful Material in Sensitized Solar Cells. *The Dalton Trans*, 43, 5247-5251
- [5] J. Cuervo Farhan, J. Arbey Rodriguez, F. Fajardo, E. Vera Lopez, D.A. Landinez Tellez. (2009) Structural Properties, electric response and electronic feature of BaSnO₃ Perovskite. *Physica B* 404 2720-2722.
- [6] Yasser Halil Ochoa Muñoz, Miguel Ponce, Jorge Enrique Rodríguez Páez. (2015). Comparative study of two wet chemical methods of BaSnO₃ synthesis: Mechanism of formation of mixed oxide. *Powder Technology* 279 86-95.
- [7] M. Pranjoto Utomo, Prodjosantoso, A.K., dan Titik Padmaningrum Regina. (2013). Sintesis dan karakterisasi senyawa Sr_xBa_{1-x}SnO₃ (x = 0,00; 0,10; 0,25; 0,50; 0,75; 0,90 dan 1,00) dengan metode keramik. Fmipa UNY. Yogyakarta.
- [8] Sujana Kumari U., Suresh P., and Prasada Rao A. V. (2013). Solid-State Metathetic Synthesis of Phase Pure BaSnO₃ and BaZrO₃. *International Research Journal of Pure & Applied Chemistry* 3(4): 347-356.
- [9] J. Cerda, J. Arbiol, R. Diaz, G. Dezanneau, J.R. Morante. (2002). *Synthesis of perovskite-type BaSnO₃ particles obtained by a new simple wet chemical route based on a sol-gel process*, *Materials Letters* 56; 131– 136.
- [10] Zeng, J., Sing, S., Wang, L., Zhang, M., Zheng, L. & Lin, C. (1999). Sol-Gel Preparation of PZT. *Am. Cer. Soc.* (82): 301-304
- [11] Shukla S.S. (2011). *Synthesis and Dispersion of Barium Stannate Nanopowders*. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Bachelor of Technology. Departement of Ceramic Engineering National Institute of Technology Rourkel.