MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

Terindeks: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v5i2.5112

PENGARUH PENAMBAHAN DOPING VANADIUM TERHADAP NANOPARTIKEL SnO_2 MENGGUNAKAN METODE SOL-GEL

The Influence of Vanadium Doping on SnO_2 Nanoparticles Using the Sol-Gel Method

Nadhilah Amsyar[1], Hary Sanjaya[2], Miftah Patriela[3]
Universitas Negeri Padang
nadhilah.pulutan@gmail.com; hary.s@fmipa.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Feb 3, 2025	Feb 18, 2025	Mar 1, 2025	Mar 6, 2025

Abstract

Semiconductors are materials used to conduct electricity for a certain period of time. SnO2 is an n-type semiconductor that has a wide band gap and is most widely used in technology such as solar cells, batteries, and catalysts. This study aims to analyze the effect of vanadium doping on the properties of SnO2 nanoparticles using the sol-gel method. The sol-gel method can produce a stable vanadium-doped SnO2 surface and has a high surface area. Determination of the band gap energy value in SnO2 was carried out by characterization using UV-DRS. The results of SnO2 doped with vanadium obtained the optimum bandgap value at the addition of vanadium with a concentration of 0.25 mmol, which is 2.25 eV and SnO2 without the addition of vanadium doping has a bandgap value of 3.41 eV. This shows that the addition of vanadium doping can affect the bandgap value of SnO2 nanoparticles. This decrease in the bandgap value is caused by the interaction

Masaliq Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

between the electron band and the delocalization of electrons in the transition ions causing metal ion substitution, which results in a decrease in the bandgap value.

Keywords: Doping; Sol-gel; SnO2; Vanadium; Bandgap

Abstrak: Semikonduktor merupakan bahan yang digunakan untuk menghantarkan listrik dalam jangka waktu tertentu. SnO_2 merupakan semikonduktor Tipe-n yang memiliki celah pita yang lebar dan paling banyak digunakan di bidang teknologi seperti sel surya, baterai, dan katalis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh penambahan doping vanadium terhadap sifat nanopartikel SnO_2 dengan menggunakan metode sol-gel. Metode sol-gel dapat menghasilkan permukaan SnO_2 doping vanadium yang stabil dan memiliki luas permukaan yang tinggi. Penentuan nilai energi celah pita pada SnO_2 dilakukan dengan karakterisasi menggunakan UV-DRS. Hasil dari SnO_2 yang di doping vanadium didapatkan nilai bandgap optimum pada penambahan vanadium dengan konsentrasi 0,25 mmol yaitu 2,25 eV dan SnO_2 tanpa penambahan doping vanadium memilki nilai bandgap 3,41 eV. Hal ini menunjukkan penambahan doping vanadium dapat mempengaruhi nilai bandgap dari nanopartikel SnO_2. Penurunan nilai bandgap ini disebabkan Adanya interaksi antara pita elektron dan delokalisasi elektron pada ion transisi menyebabkan substitusi ion logam, yang menghasilkan penurunan nilai bandgap.

Kata Kunci: Doping; Sol-gel; SnO_2; Vanadium; *Bandgap*.

PENDAHULUAN

Semikonduktor adalah bahan yang memiliki kemampuan untuk menghantarkan listrik dalam jangka waktu tertentu. Beberapa keunggulan semikonduktor termasuk kemampuan untuk diproses dengan deposisi suhu rendah, memiliki lapisan yang halus atau butir, memberikan area yang luas pada kaca, dan kurangnya keteraturan jarak jauh yang membuat substrat plastik fleksibel (Kim et al., 2018).

Timah oksida (SnO_2) adalah semikonduktor tipe-n yang digunakan dalam berbagai aplikasi yang membutuhkan celah pita lebar dan struktur Kristal (Sujatha et al., 2019). SnO_2 adalah salah satu penghantar oksida yang paling baik di antara berbagai bahan oksida penghantar transparan (Internat et al., 2019). SnO_2 adalah semikonduktor yang paling banyak digunakan di bidang teknologi karena energi celah pita optiknya yang luar biasa (3,6 eV) dan memiliki konduktivitas listrik dan stabilitas kimia yang baik (Sathishkumar & Geethalakshmi, 2020). Ukuran, morfologi, luas permukaan spesifik, dan doping SnO_2, serta kondisi sintesis dan metode yang digunakan selama proses pemrosesan sangat memengaruhi sifat kimia dan fisiknya (Arini et al., 2022).

Sintesis SnO_2 memiliki banyak metode diantaranya metode sol-gel, hidrotermal, kopresipitasi dan lainnya (Arini et al., 2022). Pada penelitian ini digunakan metode sol-gel. Dengan metode sol-gel, akan terjadi perubahan fasa suspense koloid (sol) untuk menjadi fase cair kontinu (gel) yang memungkinkan penyesuaian ukuran dan struktur partikel (Supu et al., 2022). Metode sol-gel ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya penggunaan bahan kimia yang lebih rendah, lebih hemat biaya, lebih efisien, dan lebih tahan terhadap bahaya lingkungan dan toksisitas (Badanayak et al., 2021). Dua reaksi utama dalam metode sol-gel adalah hidrolisis prekursor dalam media asam atau basa dan polikondensasi produk terhidrolisis (Yilmaz & Soylak, 2019).

Berdasarkan penelitian (Ben Soltan et al., 2016) menunjukkan bahwa SnO_2 memilki celah pita sebesar 3,36 eV. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Ben Soltan et al., 2016) mensintesis SnO_2 yang ditambahkan dengan Vanadium dengan metode poliol dengan hasil nilai celah pita 3,36 eV menjadi 2,2 eV. Penurunan ini disebabkan oleh proses transfer muatan dari pita valensi SnO2 ke tingkat energi dari ion vanadium. Selain itu penuruna nilai celah pita juga disebabkan oleh pita valensi dan pita konduksi dapat lebih dekat satu sama lain sehingga mempercepat eksitasi elektron. Akibatnya, energi foton yang dibutuhkan untuk menggerakkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi berkurang (Ningsih et al., 2019).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan doping vanadium (V) terhadap nanopartikel SnO_2 dengan menggunakan metode sol-gel. Nilai *bandgap* dari sintesis SnO_2 yang di doping vanadium akan di karakterisasi menggunakan UV- *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (UV-DRS).

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 sampai November 2024 di Laboratorium Penelitian Departement Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. $SnCl_2.2H_2O$ dengan konsentrasi 1 mmol dilarutkan dengan 50 mL pelarut metanol dan ditambahkan doping V_2O_5 dengan konsentrasi 1 mmol, 0,5 mmol, 0,3 mmol dan 0,25 mmol yang ditutup dengan plastic wrap, dan dihomogenkan dengan magnetic stirrer selama 40 menit. Kemudian dilakukan sonikasi pada larutan selama 30 menit pada 45 W sehingga didapatkan larutan yang homogen (sol) dan didiamkan selama 1 x 24 jam untuk menstabilkan sol. Selanjutnya, sampel dikeringkan dalam oven pada temperatur 110°C selama ± 1 jam. Gel yang diperoleh dikalsinasi dengan furnace pada

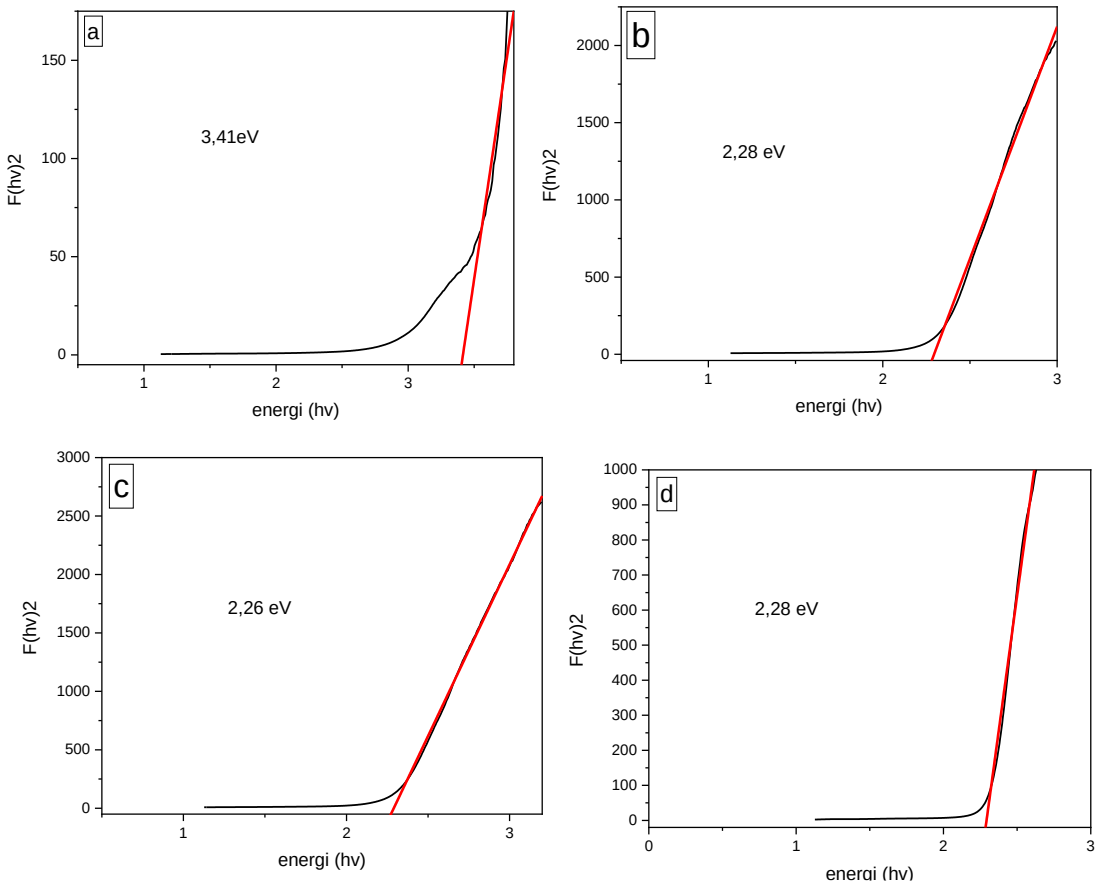
temperature 400°C selama 3 jam untuk memperoleh SnO_2-V. Sampel disimpan dalam desikator, setelah dingin sampel digerus menggunakan lumpang dan alu sehingga sampel dapat dikarakterisasi menggunakan UV-DRS (Ningsih et al., 2021).

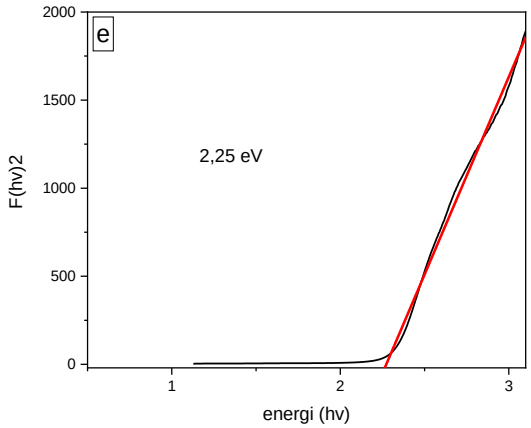
HASIL

Pada penelitian ini pengukuran dengan alat UV-*Diffuse Reflectance* dilakukan pada panjang gelombang 185-1100 nm. Pada penelitian ini dilakukan beberapa variasi konsentrasi doping vanadium untuk menentukan nilai bandgap yang optimum dari sintesis SnO_2 doping vanadium yang telah di sintesis. Pada penelitian ini variasi konsentrasi vanadium yang digunakan yaitu 0 mmol, 0,25 mmol, 0,3 mmol, 0,5 mmol, dan 1 mmol. Persamaan Kulbeka-munk akan digunakan untuk menghitung bandgap SnO_2 doping vanadium ini (Sanjaya et al., 2018), dimana :

$$Eg = hv = \frac{hc}{\lambda}$$

Berikut adalah grafik SnO_2 yang di doping vanadium dengan pengolahan data menggunakan software OriginePro dapat dilihat pada gambar 1.





Gambar 1. (a) *Bandgap* SnO_2 tanpa doping, (b) *Bandgap* SnO_2 doping vanadium 1 mmol, (c) *Bandgap* SnO_2 doping vanadium 0,5 mmol, (d) *Bandgap* SnO_2 doping vanadium 0,3 mmol, (e) *Bandgap* SnO_2 doping vanadium 0,25 mmol

Gambar-gambar grafik di atas menunjukkan kurva serapan dari UV-DRS yang digunakan untuk menentukan nilai *bandgap* dari SnO_2 doping vanadium dalam berbagai variasi konsentrasi. Grafik (a) menunjukkan SnO_2 tanpa doping dengan nilai *bandgap* 3,41 eV. Setelah penambahan vanadium pada gambar (b) dengan penambahan vanadium 1 mmol mengalami penurunan nilai *bandgap* 2,28 eV, kemudian pada gambar (c) dengan penambahan vanadium 0,5 mmol kembali turun menjadi 2,26 eV, gambar (d) dengan penambahan vanadium 0,3 mmol mengalami kenaikan nilai *bandgap* menjadi 2,28 eV, dan nilai *bandgap* SnO_2 mengalami penurunan signifikan pada gambar (e) dengan penambahan vanadium 0,25 mmol dengan nilai *bandgap* 2,25 eV.

Tabel 1. Energi *bandgap* Terhadap Pengaruh Konsentrasi doping Vanadium

Konsentrasi Doping	Nilai *Bandgap* (Eg)
SnO_2 tanpa V	3.41 eV
0,25 mmol V	2.25 eV
0,3 mmol V	2.28 eV
0,5 mmol V	2.26 eV
1 mmol V	2.28 eV

Pada tablel di atas diperoleh hasil *bandgap* dari nanopartikel SnO_2 yang di doping dengan vanadium dengan berbagai variasi konsentrasi. Dapat dilihat pada tabel penambahan vanadium pada konsentrasi 0,25 mmol-1 mmol mengalami penurunan dibandingkan dengan SnO_2 tanpa doping. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan doping vanadium dapat menurunkan *bangdap* SnO_2 (Ben Soltan et al., 2016).

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil *bandgap* yang disajikan pada gambar 1 dan tabel 1 SnO_2 tanpa doping memiliki nilai *bandgap* 3,41 eV. Pada saat dilakukan penambahan vanadium 0,25 mmol didapatkan hasil sebesar 2,25 eV, pada penambahan vanadium 0,3 mmol didapatkan hasil 2,28 eV, pada penambahan vanadium 0,5 mmol didapatkan hasil 2,26 eV, dan pada penambahan vanadium 1 mmol didapatkan hasilnya sebesar 2,28 eV. Hasil analisa menunjukkan nanopartikel SnO_2 mengalami penurun pada penambahan vanadium 0,25 mmol dengan nilai *bandgap* 2,25 eV.

Penurunan dan kenaikan nilai *bandgap* ini disebabkan oleh kualitas dari sampel yang disintesis tersebut (Julita et al., 2023). Peningkatan nilai *bandgap* ini juga dapat disebabkan oleh penurunan ukuran partikel sehingga energi celah pita berbeda (Rahmawati & Nazriati, 2022). Interaksi antara atom dopan dapat mengubah struktur kristal, menurunkan homogenitas, dan meningkatkan bandgap pada konsentrasi doping tinggi. Peningkatan doping mengisi pita konduksi yang menghasilkan peningkatan energi yang diperlukan untuk transisi elektronik sehingga meningkatkan *bandgap* (Peng et al., 2020).

Adanya interaksi antara pita elektron dan delokalisasi elektron pada ion transisi menyebabkan substitusi ion logam, yang menghasilkan penurunan nilai *bandgap* (Ningsih et al., 2021). Dengan menurunkan nilai *bandgap* pita valensi dan pita konduksi dapat lebih dekat satu sama lain sehingga mempercepat eksitasi elektron. Akibatnya, energi foton yang dibutuhkan untuk menggerakkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi berkurang (Ningsih et al., 2019).

KESIMPULAN

Pengaruh konsentrasi doping vanadium pada sintesis SnO2 adalah dapat menurunkan nilai energi bandgap SnO2, nilai bandgap optimum didapatkan pada SnO2 doping vanadium 0,25 mmol dengan nilai bandgap sebesar 2,25 eV.

DAFTAR PUSTAKA

Arini, T., Lalasari, L. H., Setiawan, I., Andriyah, L., Natasha, N. C., Yunita, F. E., & Suharyanto, A. (2022). STRUKTUR KRISTAL DAN MORFOLOGI PERMUKAAN – SINTESIS SNO2 MENGGUNAKAN METODE SOL-GEL. *Jurnal Rekayasa Mesin*, *13*(2), 427–433. https://doi.org/10.21776/jrm.v13i2.1048

Badanayak, P., Vastrad, J. V, & Author, C. (2021). Sol-gel process for synthesis of nanoparticles and applications thereof. ~ *1023* ~ *The Pharma Innovation Journal*, *10*(8), 1023–1027. http://www.thepharmajournal.com

Ben Soltan, W., Mbarki, M., Ammar, S., Babot, O., & Toupance, T. (2016). Structural and optical properties of vanadium doped SnO2 nanoparticles synthesized by the polyol method. *Optical Materials*, *54*, 139–146. https://doi.org/10.1016/j.optmat.2016.01.059

Internat, ;, Ganeshan, S., & Vijayalakshmi, R. (2019). Synthesis, Structural and Optical studies of SnO 2 nanoparticles by Chemical precipitation method. *J. Sci. Eng*, *13*(1), 24–27. https://doi.org/10.12777/ijse.13.1.24-27

Julita, M., Shiddiq, M., & Khair, M. (2023). Penentuan Energi Celah Pita (Band Gap) Nanopartikel ZnO/Au Hasil Ablasi Laser dalam Cairan. *Periodic*, *12*(2), 71. https://doi.org/10.24036/periodic.v12i2.118243

Kim, B. N., Seo, G. K., Hwang, S. W., Yu, H., Ahn, B., Seo, H., & Cho, I. S. (2018). Photophysical properties and photoelectrochemical performances of sol-gel derived copper stannate (CuSnO3) amorphous semiconductor for solar water splitting application. *Ceramics International*, *44*(2), 1843–1849. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.10.119

Ningsih, S. K. W., Nizar, U. K., Bahrizal, Nasra, E., & Suci, R. F. (2019). Effect of egg white as additive for synthesis and characterization of Al doped ZNO nanoparticles by using sol-gel method. *Journal of Physics: Conference Series*, *1185*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1185/1/012029

Ningsih, S. K. W., Sanjaya, H., Bahrizal, Nasra, E., & Yurnas, S. (2021). Synthesis of cu2+ doped zno by the combination of sol-gel-sonochemical methods with duck egg albumen as additive for photocatalytic degradation of methyl orange. *Indonesian Journal of Chemistry*, *21*(3), 564–574. https://doi.org/10.22146/ijc.57077

Peng, F., Lai, Q., & Zhong, J. (2020). Study on preparation and photocatalytic activity of V-doping mixed crystalline phase TiO2 powders. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *774*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/774/1/012041

Rahmawati, E. R., & Nazriati, N. (2022). Biosintesis dan karakterisasi nanopartikel tembaga oksida (CuO) menggunakan ekstrak rimpang kencur (Kaempferia galanga L.). *Jurnal Teknik Kimia*, *28*(3), 141–151. https://doi.org/10.36706/jtk.v28i3.1232

Sanjaya, H., Hardeli, & Syafitri, R. (2018). DOI : 10.24036/eksakta/vol19-iss01/131. *Eksata*, *19*(1), 93–99.

Sathishkumar, M., & Geethalakshmi, S. (2020). Enhanced photocatalytic and antibacterial activity of Cu:SnO2 nanoparticles synthesized by microwave assisted method. *Materials Today: Proceedings*, *20*(xxxx), 54–63. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.08.246

Sujatha, K., Seethalakshmi, T., Sudha, A. P., & Shanmugasundaram, O. L. (2019). Photocatalytic activity of pure, Zn doped and surfactants assisted Zn doped SnO 2 nanoparticles for degradation of cationic dye. *Nano-Structures and Nano-Objects*, *18*,

100305. https://doi.org/10.1016/j.nanoso.2019.100305

Supu, I., Odde, N., & Hala, A. (2022). Sintesis Semikonduktor ZnO Undoped dan Doped Cu2+ dengan Variasi Temperatur Kalsinasi Menggunakan Metode Sol-Gel. *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*, *4*(2), 9–14.

Yilmaz, E., & Soylak, M. (2019). Functionalized nanomaterials for sample preparation methods. In *Handbook of Nanomaterials in Analytical Chemistry: Modern Trends in Analysis*. Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816699-4.00015-3