SINTESIS DAN KARAKTERISASI SnO_2 DENGAN PENAMBAHAN DOPING Fe DAN VOLUME MONOETHANOLAMINE(MEA) TERHADAP NILAI BANDGAP MENGGUNAKAN METODE SOL-GEL

Rahmi Rahayu[1], Hary Sanjaya[2], Miftah Patriela[3]

[1,2,3]*Universitas Negeri Padang*
E-mail : [1]rahmirahayu0273@gmail.com, [2]hary.s@fmipa.unp.ac.id

ABSTRACT

Tin Dioxide (SnO_2) is an n-type semiconductor that has the advantage of high transparency in the visible light spectrum and has good electrical conductivity when doped. Applications of SnO2 semiconductors include electrodes, solar cells, gas sensors, batteries and photocatalysts. This study aims to determine the effect of Fe doping concentration and Monoethanolamine (MEA) volume on the characteristics of SnO_2 nanoparticle synthesis using the sol-gel method. The sol- gel technique has advantages over other methods, namely a good level of thermal stability, strong solvent resistance, and better homogeneity. Characterization of the bandgap value was carried out using a UV-DRS spectrometer. The results showed that the bandgap value of pure SnO_2 was 3.56 eV, the optimum Fe doping at a concentration of 0.8 mmol to SnO_2 could reduce the bandgap value to 2.00 eV and the addition of the optimum MEA additive at a volume of 2.5 mL obtained a bandgap value of 2.83 eV. The decrease in the bandgap value indicates that the Fe dopant and the MEA additive can change the optical properties of SnO_2. These changes are likely influenced by structural irregularities such as oxygen deficiency, defects in the crystal structure, and the presence of impurities. smaller particle size also impact the material's structure and the size of the bandgap.

Keywords : *SnO_2; Doping; Sol-gel; Fe; Monoethanolamine; Bandgap*

PENDAHULUAN

Timah Dioksida (SnO_2) adalah semikonduktor tipe-n yang memiliki celah pita lebar 3,6–3,8 eV (Ali Baig et al., 2021). SnO_2 memiliki kelebihan transparansi yang tinggi dalam spektrum cahaya tampak dan memiliki konduktivitas listrik yang baik ketika didoping. Aplikasi semikonduktor SnO_2 diantaranya elektroda, sel surya, sensor gas, baterai dan fotokatalis. Menurut penelitian shabna et al., SnO_2 yang digunakan sebagai fotokalis dapat mendegradasi limbah yang menghasilkan produk ramah lingkungan seperti CO_2 H_2O dan asam mineral (Shabna et al., 2023).

SnO_2 memiliki transparansi optik dan kecepatan saturasi yang tinggi sehingga banyak diaplikasikan pada liquid crystal display, fotodetektor, gas sensor, katalis untuk hidrogenasi dan oksidasi (Duhan et al., 2020) Celah optik yang lebar pada SnO_2 dapat digunakan sebagai elektroda transparan, katalis, sensor gas (Kose *et al*., 2015) karena SnO_2 sensitif terhadap karbon monoksida (Khan *et al*., 2021), baterai ion lithium (Khan *et al*., 2021), sel surya dan film konduktor transparan pada kaca (Patel et al., 2021)

Metode yang digunakan untuk membuat SnO_2 berstrukturnano diantaranya metode *sputtering* magnetron, metode kopresispitasi kimia, teori fungsi (Isherwood *et al*., 2015), metode hidrotermal (Borhade *et al*., 2019) dan metode sol-gel (Kim et al., 2018). Metode sol-gel merupakan teknik sintesis nanopartikel yang memanfaatkan dua fase penting: sol dan gel (Yulia, 2018). Prinsip dasar metode sol-gel adalah hidrolisis dan kondensasi molekul dari larutan prekursor (Huljana & Rodiah, n.d.). Diantara beberapa metode diatas metode sol-gel memiliki keuntungan dibandingkan metode lainnya yaitu tingkat stabil termal yang baik , ketahanan pelarut yang kuat, stabilitas mekanik yang tinggi, temperatur proses lebih rendah dan homogenitas lebih baik (Arini et al., 2022).

Ali, dkk, pada tahun 2021 telah melakukan penelitian sintesis SnO_2 tanpa doping menghasilkan SnO_2 dengan celah pita lebar 3,41 eV, kemudian sintesis SnO_2 doping Fe menghasilkan celah pita lebar sebesar 2,65 eV (Ali Baig et al., 2021). Aktivitas fotokatalitik yang lebih baik dihasilkan dari luas permukaan yang lebih besar dan ukuran kristal yang kecil (Adityawan et al., 2022). Sehinga ukuran suatu kirital dapat mempengaruhi sifat fotokatalisnya. Sintesis nanopartikel senyawa oksida diperlukan penggunaan aditif sebagai *capping agent* untuk meningkatkan sifat dan aplikasi semikonduktor dari nanopartikel tersebut (Kasuma et al., 2017). Aditif yang dapat digunakan salah satunya sebagai *capping agent* adalah *Monoethanolamin* (MEA). Aditif merupakan zat yang bersifar menstabilkan dan dapat menghasilkan bahan dengan homogenitas tinggi (Anjelina et al., 2024). Penambahan aditif menghasilkan produk yang memiliki luas permukaan pervolume yang besar (Kasuma et al., 2021).

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2025 hingga Februari 2025 di Laboratorium Penelitian Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Prekursor $SnCl_2.2H_2O$ dengan konsentrasi 1 mmol dan $FeCl_2$ dalam variasi konsentrasi 0,4 mmol, 0,6 mmol dan 0,8 mmol ke dalam 50 mL methanol. Larutan tersebut kemudian ditutup dengan plastik *wrap* dan diaduk secara merata dengan *magnetic stirrer* selama 1 jam 40 menit. Kemudian diilakukan sonikasi 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 550 °C selama ± 2 jam untuk memperoleh SnO_2-Fe. Sampel disimpan dalam desikator, setelah dingin sampel digerus menggunakan lumpang dan alu sehingga sampel dapat dikarakterisasi. Nilai *bandgap* optimum SnO2-Fe dilakukan sintesis kembali dengan konsentrasi optimum Fe dan dengan variasi volume zat aditif MEA sebanyak 1,5 mL, 2 mL, dan 2,5 mL sebelum dilakukan penghomogenan larutan (Ningsih *et al*., 2021).

RESULTS AND DISCUSSIONS

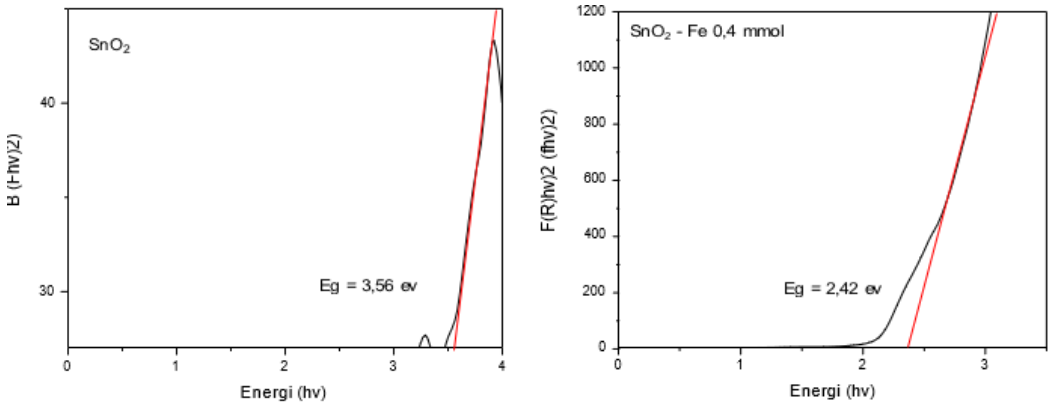
Analisis menggunakan UV-DRS bertujuan untuk melihat *bandgap* dari sintesis SnO2-Fe Pada penelitian ini dilakukan spektrofotometer UV-DRS pada panjang gelombang 185-1100 nm. Pada penelitian dilakukan beberapa variasi konsentrasi doping Fe untuk menentukan nilai *bandgap* yang optimum dari sintesis SnO2 doping Fe. Nilai dari *bandgap* SnO2 yang didoping Fe ini akan dihitung dengan persamaan Kulbeka-munk (Sanjaya & Syafitri, 2018). Tabel 1 merupakan hasil pengukuran *bandgap* dengan variasi konsentrasi doping Fe.

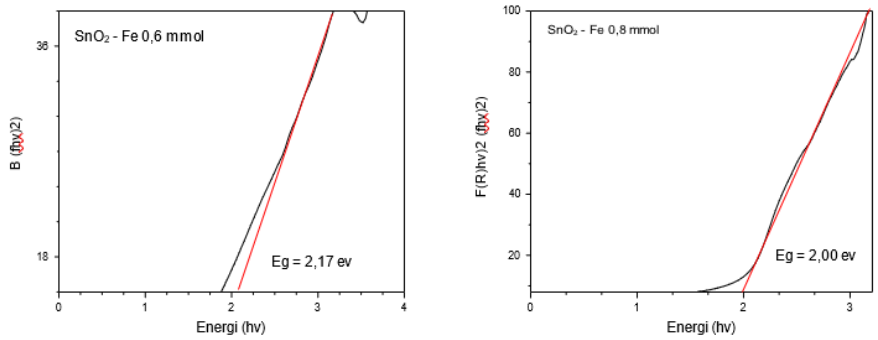
Table 1. Energi Bandgap terhadp Variasi Konsentarsi Doping Fe

Konsentrasi Doping	Nilai *Bandgap* (Eg)
SnO2 Murni	3,56 eV
0,4 mmol	2,42 eV
0,6 mmol	2,17 eV
0,8 mmol	2,00 eV

Pada tabel 1 dapat dilihat nilai *band gap* terhadap variasi konsentrasi doping Fe pada sintesis SnO2, nilai bandgap yang didapatkan dari 0,4; 0,6 dan 0,8 mmol mengalami penurunan. Turunnya nilai band gap disebabkan karna adanya interaksi antara pita elektron dengan delokalisasi elektron ion transisi dan terjadinya substitusi ion logam (Ningsih et al., 2021).

Penurunan energi *band gap* yang didapat disebabkan oleh pertukaran pita elektron dari ion Fe yang dilepaskan pada ion Sn dan pergeseran energi band gap dengan doping ion Fe (Ali Baig et al., 2021). Penurunan nilai band gap dapat menyebabkan jarak antara pita konduksi dan pita valensi semakin dekat dan terjadinya eksitasi elektron dengan cepat, sehingga energi foton yang dibutuhkan untuk melakukan eksitasi menajdi lebih kecil (Ningsih et al., 2019). Nilai band gap dari penambahan Fe didapatkan nilai optimum 2,00 eV pada konsentrasi doping 0,8 mmol. Gambar 1 merupakan grafik hasil analisis SnO2 dan SnO2-Fe, yang telah diolah menggunakan perangkat lunak OriginPro.





Gambar 1. Grafik *Bandgap* Nanopartikel Sno2 Dan Sno2 Doping Fe

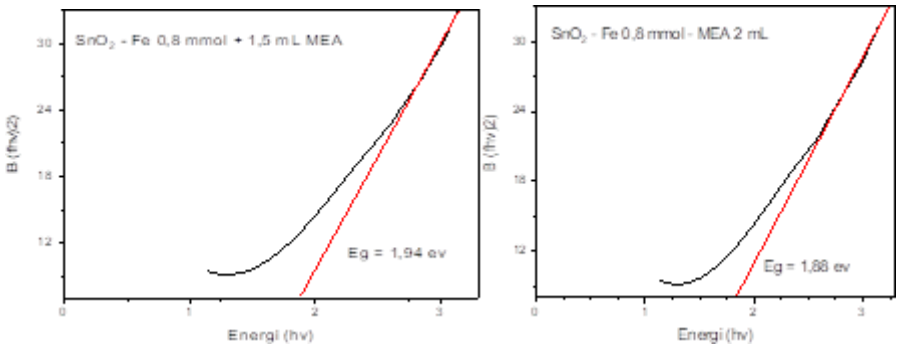
Pada grafik serapan UV-DRS di atas dapat digunakan untuk menghitung energi *bandgap* (Eg) dari nanopartikel SnO2 yang didoping dengan Fe dengan variasi konsentrasi. Pada grafik pertama menampilkan nilai *bandgap* SnO2 sebesar 3,65 eV. Kemudian setelah ditambahakan Fe terjadi perubahan pada nilai *bandgap*. nilai *bandgap* yang didapatkan pada konsentrasi 0,4 mmol yaitu 2,42 eV, 0,6 mmol yaitu 2,17 eV, dan pada konsentrasi 0,8 mmol didapatkan nilai bandgap terkecil sebesar 2,00 eV.

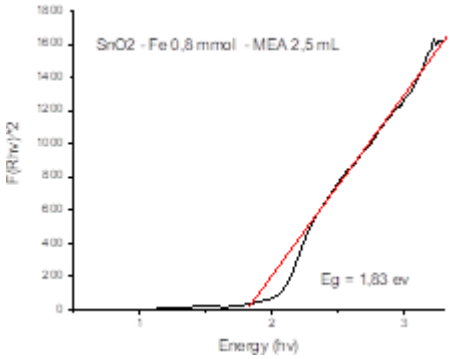
Pada penelitian selanjutnya dilakukan sintesis nanopartikel SnO2-Fe optimum dengan menggunakan penambahan zat aditif *Monoethanolamine* (MEA) dengan variasi volume yaitu 1,5 mL, 2 mL, dan 2,5 mL. Pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-DRS dilakukan pada panjang gelombang 185-1100 nm. Berikut merupakan Tabel hasil pengukuran nilai *bandgap* pada sintesis nanopartikel SnO2-Fe dengan penambahan variasi volume zat aditif MEA pada.

Tabel 2. Energi *Bandgap* Terhadap Variasi Volume Zat Aditif

Zat Fe 0,8 mmol + Aditif MEA	Nilai Bandgap (Eg)
1,5 mL MEA	1,94 eV
2 mL MEA	1,88 eV
2,5 mL MEA	1,83 eV

Gambar 2 merupakan grafik hasil analisis SnO2 dan SnO2-Fe, yang telah diolah menggunakan perangkat lunak OriginPro.





Gambar 2. Grafik *Bandgap* Nanopartikel Sno2-Fe Dengan Penambhan MEA

Pada tabel 2 dapat dilihat nilai band gap terhadap variasi penambahan Zat aditif MEA pada sintesis SnO2, nilai bandgap yang didapatkan 0,8 mmol Fe dengan penambahan zat aditif MEA variasi 1,5 mL, 2 mL dan 2,5 mL mengalami penurunan. Niali band gap yang diperoleh dengan penambahan MEA yaitu berkisar dari 1,94 eV – 1,83 eV. Nilai band gap terkecil diperoleh pada penambahan MEA 2,5 mL dengan nilai band gap 1,83 eV. Zat aditif MEA dapat menurunkan nilai band gap SnO2 doping Fe. Saat proses kalsinasi terjadi penurunan tekanan lokal oksigen dan jumlah oksigen yang lebih besar sehingga terbentuk cacat tipe kekosongan. Pengotor ini akan menyebabkan status energi baru yang berakibat pada energi celah pita menjadi berubah (Ningsih et al., 2021). Dari data diatas didapatkan band gap optimum pada penambahan MEA 2,5 mL.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa variasi konsentrasi dopan Fe dalam sintesis SnO2 yang meningkat cenderung menyebabkan kenaikan nilai *bandgap* nanomaterial SnO2. Pasa sintesis nanomaterial SnO2 tanpa dopan, nilai *bandgap* yang diperoleh adalah 3,56 eV. Kemudian nilai *bandgap* terendah didapat pada penambahan konsentrasi dopan Fe sebesar 0,8 mmol, yaitu 2,00 eV. Penurunan ini terjadi akibat adanya interaksi antara pita elektron dan delokalisasi elektron pada ion logam transisi, yang memicu terbentuknya substitusi ion logam. Selanjutnya didapatkan nilai optimum SnO2-Fe yang disintesis dengan penambahan *Monoethanolamine* (MEA) diperoleh nilai *bandgap* optimum pada volume 2,5 mL MEA yaitu sebesar 1,83 eV, disebabkan karena zat aditif DEA dapat memperkecil ukuran partikel, sehingga proses eksitasi elektron lebih sempit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Hary Sanjaya, S.Si., M.Si atas bimbingan dan arahan yang telah diberikan selama proses penelitian ini dan kak Miftah Patriela, S.Si yang juga telah memberikan arahannya kepada penulis. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada keluarga atas dukungan moral dan doa yang tak pernah putus, serta penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adityawan Maulana, R., Prabowo Hadisantoso, E., Berliana Wijayanti, R., Arifiadi, F., Kristanto Wahyudi, D., Sunan Gunung Djati, U., & Besar Keramik, B. (2022). Prosiding Seminar Nasional Kimia 2022 Seminar Nasional Kimia 2022 UIN Sunan Gunung Djati Bandung. *Gunung Djati Conference Series*, *15*.

Ali Baig, A. B., Rathinam, V., & Ramya, V. (2021). Synthesis and Investigation of Fe doped SnO2 Nanoparticles for Improved Photocatalytic Activity under Visible Light and Antibacterial performances. *Materials Technology*, *36*(10), 623–635. https://doi.org/10.1080/10667857.2020.1786781

Anjelina, V., Sanjaya, H., & Budiman, S. (n.d.). *Pengaruh Penambahan Monoethanolamine (MEA) Sebagai Aditif Dalam Sintesis dan Karakterisasi Lapisan Tipis Tembaga (II) Oksida (CuO)*.

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

Duhan, M., Kumar, N., Gupta, A., Singh, A., & Kaur, H. (2020). Enhanced room temperature ferromagnetism in Cr and Fe co-doped SnO2 nanoparticles synthesized by sol-gel method. *Vacuum*, *181*. https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2020.109635

Huljana, M., & Rodiah, S. (n.d.). *Sintesis Silika dari Abu Sekam Padi dengan Metode Sol-gel*.

Kasuma, S., Ningsih, W., Kalmar Nizar, U., Novitria, U., Kimia, J., Matematika, F., Ilmu, D., Alam, P., Negeri, U., Jln, P., Air, H., & Padang, T. (2017). *SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL ZnO DOPED Cu 2+ MELALUI METODA SOL-GEL*. *18*(2). http://eksakta.ppj.unp.ac.id

Kasuma Warda Ningsih, S., Kalmar Nizar, U., Bahrizal, B., Nasra, E., & Fatimah Mutiara R, S. (2021). Sintesis Mg2+ doped ZnO dengan penambahan albumen ayam ras menggunakan gabungan metode sol-gel dan sonokimia. *Jurnal Riset Kimia*, *12*(1), 27–35. https://doi.org/10.25077/jrk.v12i1.374

Khan, N. A., Ali, A., Mahmood, K., Isram, M., & Ikram, S. (2025). Charge transport optimisation in SnO2 nanoparticles via Zn doping to achieve a power factor of 83 μW/m.K2. *Results in Chemistry*, *14*. https://doi.org/10.1016/j.rechem.2025.102100

Kim, B. N., Seo, G. K., Hwang, S. W., Yu, H., Ahn, B., Seo, H., & Cho, I. S. (2018). Corrigendum to 'Photophysical properties and photoelectrochemical performances of sol-gel derived copper stannate (CuSnO3) amorphous semiconductor for solar water splitting application' [Ceramics International (2018) 1843–1849]. *Ceramics International*, *44*(5), 5822. https://doi.org/10.1016/J.CERAMINT.2017.12.135

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

Patel, G. H., Chaki, S. H., Kannaujiya, R. M., Parekh, Z. R., Hirpara, A. B., Khimani, A. J., & Deshpande, M. P. (2021). Sol-gel synthesis and thermal characterization of SnO2 nanoparticles. *Physica B: Condensed Matter*, *613*, 412987. https://doi.org/10.1016/J.PHYSB.2021.412987

Sanjaya, H., & Syafitri, R. (2018). *DEGRADASI METIL VIOLET MENGGUNAKAN KATALIS ZnO-TiO2 SECARA FOTOSONOLISIS*. *19*(1). https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss01/131 Shabna, S., Dhas, S. S. J., & Biju, C. S. (2023). Potential progress in SnO2 nanostructures for enhancing photocatalytic degradation of organic pollutants. In *Catalysis Communications* (Vol. 177). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.catcom.2023.106642

Yulia Mona Liza, R. C. Y. S. S. M. R. Z. (2018). Sol Gel: Principle And Technique. *Https://Doi.Org/10.17605/OSF.IO/DNP8R*.