

Pengaruh Konsentrasi Doping terhadap Intensitas Emisi Material Luminisensi ZnO:Zn

Diky Anggoro,* Rizki Yuniasari, Hasto Sunarno, dan Faridawati
Departemen Fisika-FIA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Intisari

Material luminisensi ZnO (Zinc Oxide) telah disintesis menggunakan metode solution phase. Proses kalsinasi dilakukan pada temperatur 800°C. Dilakukan identifikasi fasa, karakterisasi optik, dan intensitas luminisensi yang dihasilkan oleh ZnO hasil sintesis. Penambahan doping dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi doping 1%, 3%, dan 5% dengan temperatur kalsinasi 300°C untuk mendapatkan ZnO:Zn. Dilakukan identifikasi fasa dan karakterisasi optik untuk ketiga sampel yang dihasilkan. Intensitas luminisensi diuji untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi doping terhadap emisi yang dihasilkan oleh material luminisensi ZnO:Zn. Diperoleh hasil material luminisensi yang memancarkan emisi hijau dengan rentang panjang gelombang 510 nm hingga 535 nm. Semakin tinggi konsentrasi doping akan semakin banyak aktivator (doping) dalam host (ZnO) yang menyerap energi untuk proses eksitasi sehingga semakin tinggi pula intensitas emisi yang dipancarkan.

ABSTRACT

The luminance of Zinc Oxide materials has been synthesized using the phase solution method. The calcination process is carried out at a temperature of 800°C. Performed phase identification, optical characterization, and luminance intensity generated by ZnO synthesis results. Addition of doping was done by using doping concentration of 1%, 3%, and 5% with a calcination temperature of 300°C to obtain ZnO: Zn. We do phase identification and optical characterization of the three samples produced. The intensity of luminescence was tested to determine the effect of adding doping concentrations to the emissions produced by luminance materials ZnO: Zn. Obtained luminance material results emit green emissions with 510 nm to 535 nm wavelength range. The higher the doping concentration will be the more activators (doping) in the host (ZnO) that absorbs the energy for the excitation process so that the higher emission intensity emitted.

KATA KUNCI: Luminisensi, zinc oxide, solution phase
<http://dx.doi.org/10.12962/j24604682.v14i1.3554>

I. PENDAHULUAN

Cahaya merupakan salah satu energi yang sangat dibutuhkan. Berkaitan dengan hal ini, *light emitting diodes* (LED) sedang hangat diperbincangkan sebagai lampu hemat energi dengan efisien tinggi dan ramah terhadap lingkungan sebagai pengganti lampu konvensional. Seng oksida (ZnO) memiliki potensi sebagai bahan photoluminescent yang setara dengan Gallium Nitride (GaN) untuk digunakan dalam aplikasi LED [1]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat luminisensi ZnO:Zn dan pengaruh konsentrasi doping pada sifat luminisensi yang dihasilkan oleh ZnO:Zn. Seng oksida memiliki emisi luminisensi berwarna biru hingga hijau-kuning yang cukup efisien. Senyawa ini memiliki struktur kristal dan band gap yang hampir sama dengan GaN [1, 2]. Seng oksida merupakan material yang relatif tidak beracun, murah, melimpah, memiliki sifat optik yang baik, dan biaya produksi yang rendah bila dibandingkan dengan Cadmium Sulfide (CdS) dan Gallium Nitride (GaN) [1, 3].

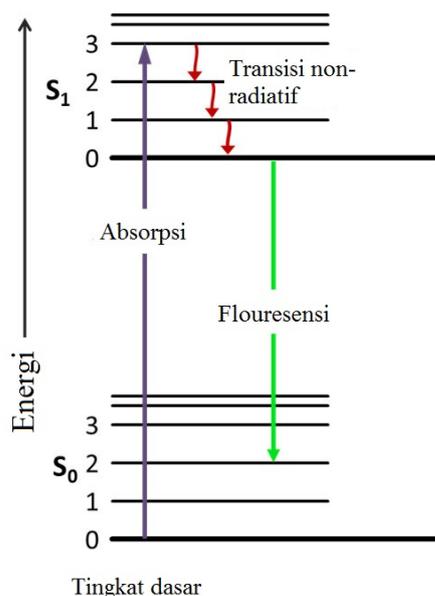
Senyawa ini juga mempunyai sifat-sifat yang mengun-

tungkan seperti transparansi yang baik, mobilitas elektron tinggi, dan luminisensi pada suhu kamar yang kuat. Sifat ini menjadikan seng oksida sebagai material yang potensial bagi pengembangan sumber cahaya lampu hemat energi [1, 4].

Studi mengenai sifat luminisensi yang dihasilkan oleh ZnO yang di-doping dengan Zn [2]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa material luminisensi ZnO:Zn memiliki pancaran emisi luminisensi hijau yang baik [2, 5]. Pada penelitian ini dilakukan sintesis material luminisensi ZnO:Zn untuk mengetahui intensitas luminisensi yang dihasilkan dan dilakukan variasi konsentrasi doping untuk mengetahui pengaruhnya terhadap intensitas luminisensi yang dihasilkan oleh material ZnO:Zn.

Secara umum material luminisensi terdiri dari *host* (matriks) dan doping atau *luminescent center* (aktivator). *Host* adalah tempat aktivator berada, sedangkan aktivator merupakan impuritas atom dalam jumlah kecil yang terdistribusi di dalam host [2, 6]. Proses luminisensi terjadi sebagai berikut. Radiasi eksitasi diabsorpsi oleh aktivator, menyebabkan elektron aktivator naik ke ground ke keadaan tereksitasi [7]. Dari keadaan tereksitasi tersebut, ion aktivator kembali ke keadaan dasar dan menghasilkan emisi dan radiasi. Material luminisensi hanya akan memancarkan radiasi elektromagnetik bila energi yang diberikan untuk eksitasi diabr-

*E-MAIL: anggoro@physics.its.ac.id



Gambar 1: Proses luminisensi cahaya hijau.

sorpsi oleh aktifator pada *host*.

Syarat terjadinya eksitasi pada ion aktifator adalah energi yang diabsorpsi minimal sama dengan energi gapnya. Dengan demikian, aktifator akan tereksitasi dari tingkat energi tertinggi pada keadaan ground state menuju tingkat energi vibrasi terendah dari keadaan tereksitasi. Pada pita energi direct, proses turunnya kembali elektron dari tingkat eksitasi (konduksi) menuju tingkat valensi akan langsung terjadi dikarenakan pita valensi dan pita konduksi terletak pada kesetimbangan momentum yang sama [5, 8, 9].

Penyinaran ZnO dengan sinar ultraviolet atau berkas elektron yang energinya lebih besar dari lebar celah pita energi menyebabkan elektron meloncat ke pita konduksi membentuk elektron bebas pada pita konduksi dan hole bebas pada pita valensi. Terlihat pada Gambar 1, sebagai gambaran bahwa elektron dan hole bebas tidak stabil dan seketika membentuk pasangan elektron dan hole atau eksiton. Hal ini ditandai dengan munculnya tingkat energi eksiton yang letaknya sedikit dibawah tepi pita konduksi. Sebagian eksiton dapat musnah atau teranihilasi yaitu elektron dari tingkat energi eksiton kembali ke pita valensi disertai dengan pemancaran spektrum luminisensi hijau-biru [5, 8, 10].

II. METODE PENELITIAN

Langkah awal dalam penelitian ini yaitu menyiapkan peralatan yang dibutuhkan. Sintesis dimulai dengan melarutkan zinc acetate dehydrate kedalam aquadess sebanyak 100 ml, kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer pada temperatur 100oC. Selanjutnya, Polyethylene Glycol 4000 den-

gan perbandingan 2:1 terhadap zinc acetate dehydrate dimasukkan sedikit demi sedikit kedalam larutan. Proses stirring dilakukan selama kurang lebih 3 jam hingga larutan menjadi kental. Larutan yang telah mengental kemudian dikalsinasi dengan temperature 800°C. Hasil yang diperoleh dari kalsinasi ini adalah seng oksida (ZnO) berupa serbuk [4].

Serbuk ZnO yang telah dihasilkan kemudian di-doping dengan serbuk zinc acetate dihydrate sebanyak 1%, 3%, dan 5% melalui pencampuran mekanik selama 1 jam kemudian dilakukan kalsinasi pada temperatur 300°C. Hasil yang diperoleh dari kalsinasi ini adalah ZnO:Zn berupa serbuk yang kemudian akan diuji fasa menggunakan X ray Diffractometer(XRD). Selain bertujuan untuk mengetahui fasa yang terbentuk dari material hasil sintesis, hasil dari pengujian ini juga digunakan untuk menghitung ukuran partikel menggunakan Scherrer formula

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \tag{1}$$

dengan D adalah ukuran kristal, k adalah *shape factor* (0,89), λ yaitu 1,54 Å, θ adalah sudut Bragg, dan β adalah FWHM (*Full-Width at Half Maximum*). Setelah pengujian fasa kemudian dilakukan pengujian karakteristik optik menggunakan UV-Vis Spektrofotometer, serta dilakukan pengujian intensitas luminisensi yang dihasilkan oleh material ZnO:Zn menggunakan *Photoluminescence Spectrometer*.

III. HASIL DAN DISKUSI

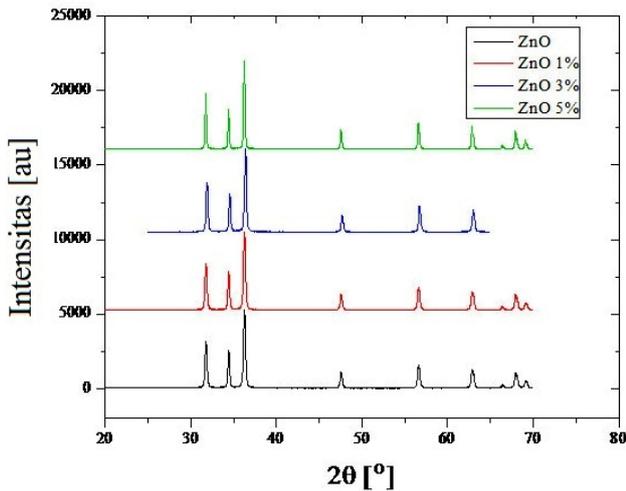
Analisis fasa ZnO:Zn

Dari proses sintesis yang telah dilakukan diperoleh ZnO berupa serbuk. Selanjutnya, dilakukan uji XRD (X-Ray Diffraction) untuk mengetahui fasa yang terkandung di dalam material luminisensi ZnO:Zn.

Data yang diperoleh dari hasil uji XRD kemudian diolah menggunakan software *Match!* untuk mengetahui fasa yang terbentuk. Berdasarkan hasil analisis menggunakan software *Match!* pola difraksi sinar X yang terlihat mempunyai fasa ZnO seperti yang terlihat pada Gambar 2. Puncak-puncak yang terlihat pada hasil XRD sesuai dengan data referensi ZnO dimana terdapat puncak-puncak pada sudut 31,68 ; 34,35 ; 36,17 ; 47,47 ; 56,52 ; 62,80. Selanjutnya dilakukan analisis ukuran kristal menggunakan *Scherer formula* dimana β adalah FWHM (*Full-Width at Half Maximum*), 2θ adalah sudut Bragg, k adalah *shape factor* (0,89), λ yaitu 1,54 Å, dan D adalah ukuran kristal. Dari hasil perhitungan diperoleh hasil rata-rata ukuran kristal yaitu sebesar 139,5 nm.

Analisis karakteristik optik ZnO:Zn

Karakterisasi sifat optik dari ZnO:Zn dilakukan dengan pengujian UV-Vis Spektrofotometer, dimana pengujian dilakukan pada panjang gelombang hingga 800 nm untuk mengetahui absorpsi dan transmitansi dari ZnO:Zn. Spektrum absorpsi dari ZnO:Zn ditunjukkan pada Gambar 3. Absorbansi cahaya oleh suatu material merupakan bentuk in-



Gambar 2: Pola XRD material luminisensi ZnO:Zn.

teraksi gelombang cahaya dan atom molekulnya. Energi cahaya diserap oleh atom dan digunakan oleh atom tersebut untuk bertransisi ke tingkat energi yang lebih tinggi (eksitasi). Kurva hasil uji absorbansi menunjukkan absorbansi ZnO:Zn dengan konsentrasi doping 5% memiliki intensitas yang lebih baik dibandingkan dengan 1% dan 3%. Absorbansi tersebut terletak pada rentang panjang gelombang UV 200nm hingga 300nm.

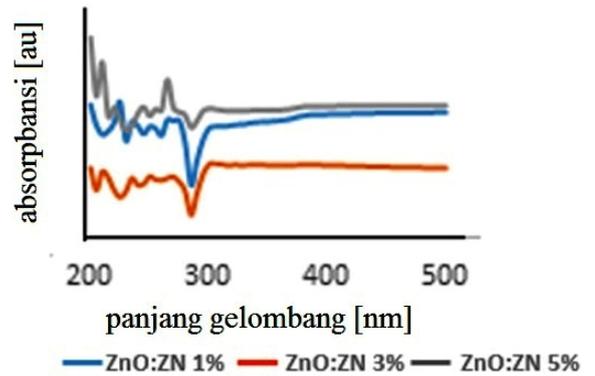
Pada material luminisensi, ZnO berperan sebagai *host* dan doping berperan sebagai aktifator. Radiasi eksitasi akan diabsorpsi oleh aktifator (doping) yang akan menyebabkan elektron naik dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Ini menyebabkan terbentuknya elektron bebas pada pita konduksi dan hole bebas pada pita valensi. Dari keadaan tereksitasi elektron akan kembali ke keadaan dasar dengan memancarkan panas dan emisi.

Analisis sifat luminisensi ZnO:Zn

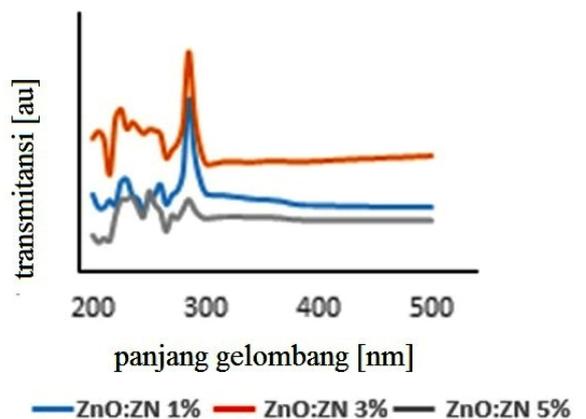
Hasil pengujian photoluminescence spectrophotometer menunjukkan bahwa ZnO:Zn memiliki intensitas eksitasi yang baik pada panjanggelombang 240 nm dan pancaran emisi yang termasuk dalam rentang panjanggelombang cahaya hijau yaitu 510nm hingga 535 nm dengan intensitas tertinggi terletak pada panjanggelombang 523 nm dan untuk transfer energi non-radiatif ke 3P1, dan lebih jauh lagi ke 1S0, menghasilkan transisi radiasi dari 1P1 ke 1S0 berupa emisi biru dan untuk emisi hijau disebabkan oleh transisi radiasi 1S0 ke 3P1.

Penambahan doping (aktifator) dapat mempengaruhi pancaran emisi yang dihasilkan oleh ZnO. Variasi konsentrasi doping yaitu 1%, 3%, dan 5% digunakan untuk mengetahui pengaruh doping terhadap pancaran emisi yang dihasilkan.

Pada Gambar 4 menunjukkan kurva transmitansi ZnO:Zn. Hasil uji transmitansi menunjukkan transmitansi yang paling rendah yaitu ZnO:Zn dengan konsentrasi doping 5% yang terletak pada rentang panjanggelombang 200nm hingga 300nm. Rendahnya transmitansi pada ZnO:Zn dengan konsentrasi doping 5% disebabkan oleh tingginya absorbansi sehingga cahaya



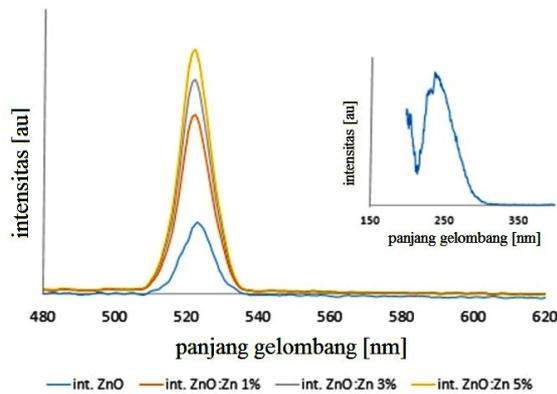
Gambar 3: Spektrum absorbansi ZnO:Zn dengan variasi konsentrasi doping 1%, 3%, 5%.



Gambar 4: Spektrum transmitansi ZnO:Zn dengan variasi konsentrasi doping 1%, 3%, 5%.

akan lebih banyak terserap dan cahaya yang dilewatkan menjadi lebih sedikit.

Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi doping maka semakin tinggi pula intensitas emisinya. ZnO:Zn dengan doping 5% memiliki intensitas emisi yang paling tinggi dibandingkan ZnO dengan doping 1%, 3%, dan tanpa doping. Hal ini disebabkan karena semakin besar konsentrasi doping maka aktifator dalam *host* akan semakin banyak sehingga radiasi eksitasi yang diabsorpsi oleh aktifator (doping) akan semakin besar. Absorbansi terjadi pada saat foton masuk bertumbukan dengan atom-atom material dan menyerahkan energinya pada elektron atom. Foton mengalami perlambatan dan akhirnya berhenti. Absorbansi dari energi cahaya dapat menyebabkan elektron tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Elektron yang terlepas meninggalkan pita valensi menuju ke pita konduksi. Semakin banyak aktifator (doping) dalam *host* maka akan semakin banyak pula elektron yang naik ke keadaan tereksitasi dan ketika elektron kembali ke keadaan dasar akan menghasilkan pancaran luminisensi yang kuat.



Gambar 5: Intensitas luminisen ZnO dengan doping 1%, 3%, 5%, dan tanpa doping.

IV. SIMPULAN

Material Luminisensi ZnO:Zn memiliki intensitas eksitasi yang baik pada panjang gelombang 240nm dan emisi luminisensi yang terletak pada rentang panjanggelombang cahaya hijau yaitu 510nm hingga 535nm dengan intensitas tertinggi terletak pada panjanggelombang 523nm. Konsentrasi doping berpengaruh terhadap intensitas emisi material luminisensi ZnO:Zn yaitu semakin tinggi konsentrasi doping semakin tinggi pula intensitas emisi luminisensinya yang disebabkan oleh semakin banyak aktifator dalam host yang mengabsorpsi radiasi eksitasi dan menyebabkan semakin banyak elektron yang tereksitasi sehingga pancaran luminisensi yang dihasilkan semakin kuat pada saat elektron berelaksasi ke ground state dari posisi tereksitasi.

-
- [1] C. Panatarani, D. Anggoro, and F. Faizal, "Solution Phase Synthesis and Photoluminescent Properties of Nanocrystal $\text{LaPO}_4:\text{Eu}_3^+$ ", pp. 77-80, 2010.
 - [2] C. Jagadish, and S. Pearton (Ed)., "Zinc Oxide Bulk, Thin Film and Nanostructures", Elsevier, 2006.
 - [3] Chorkendroff, I. and J. W. Niemantsverdriet, "Concept of Modern Catalysis and Kinetics", Wiley-VCH GmbH & Co. New York, 2003.
 - [4] Putri, "Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Zinc Oxide (ZnO) dengan Menggunakan Metode Sol-Gel Berdasarkan Variasi pH", Skripsi S1, Fakultas Sains dan Teknologi, Airlangga, Surabaya, 2011.
 - [5] G. Blasse, dan B.C Grabmaier, "Luminescent Materials", Springer, 1994.
 - [6] S. Chakraborty and P. Kumbhakar, "Effect of polyethylene glycol on the particle size and photoluminescence emissions characteristics of chemically synthesized ZnO nanoparticles", *Opt. Commun.*, vol. 318, pp. 61-66, 2014.
 - [7] P.S. Gupta, Nandha Shakti, "Structural and Optical Properties of Sol-gel Prepared ZnO Thin Film", *Applied Physics Research*, vol. 2, no.1, May 2010, Department of Applied Physics, Indian School of Mines.
 - [8] C. H. Zang, D. M. Zhang, C. J. Tang, S. J. Fang, Z. J. Zong, Y. X. Yang, C. H. Zhao, and Y. S. Zhang, "Optical Properties of a ZnO / P Nanostructure Fabricated by a Chemical Vapor Deposition Method" pp. 1852-18530, 2009.
 - [9] M. A. Tshabalala, B. F. Dejene, H.C. Swart, "Synthesis and Characterization of ZnO Nanoparticle using Polyethylene Glycol (PEG)", South Africa: University of the Free Stat, 2012.e
 - [10] M. A. Tshabalala, B. F. Dejene, and H. C. Swart, "Synthesis and characterization of ZnO nanoparticles using polyethylene glycol (PE)", *Phys. B Phys. Condens. Matter*, vol. 407, no. 10, pp. 1668-1671, 2012.