

Tinjauan Metode Sintesis untuk Kuantum Dot

Juvani Indah Putri¹, Deski Beri²

¹²Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Padang
e-mail: juvaniindah@gmail.com

Abstrak

Kuantum Dot (KD) telah berkembang sebagai material yang berpotensi dalam berbagai aplikasi optoelektronik berkat sifat-sifat optik dan elektronik yang unik, seperti emisi cahaya yang dapat disesuaikan dan efisiensi foton yang tinggi. Hal ini membuat KD sangat diinginkan dalam aplikasi elektronik dan optoelektronik, karena dapat berpotensi untuk diaplikasikan dalam tampilan LED, laser, dioda pemancar cahaya, pencitraan sel, dan panel surya. Oleh karena itu, perlunya mempelajari sintesis KD untuk meningkatkan kualitas, kestabilan dari hasil KD. Artikel ini menyajikan tinjauan mengenai beberapa metode sintesis KD yang telah dikembangkan dan menjelaskan mengenai prinsip dasar, kelebihan dan kelemahan dari masing-masing metode sintesis. Dengan memahami berbagai metode sintesis, dapat dilakukan penyesuaian dan peningkatan kualitas KD untuk aplikasi yang lebih efisien.

Kata kunci: *Kuantum Dot, Sintesis, Metode*

Abstract

Quantum Dot (QD) has emerged as a potential material in various optoelectronic applications thanks to its unique optical and electronic properties, such as tunable light emission and high photon efficiency. This makes QD highly desirable in electronic and optoelectronic applications, as it can potentially find applications in LED displays, lasers, light-emitting diodes, imaging cells, and solar panels. Therefore, it is necessary to study the synthesis of KD to improve the quality, stability of QD results. This article presents a review of several QD synthesis methods that have been developed and explains the basic principles, advantages and disadvantages of each synthesis method. By understanding the various synthesis methods, it is possible to adjust and improve the quality of QD for more efficient applications.

Keywords: *Quantum Dot, Synthesis, Method*

PENDAHULUAN

Kuantum Dot (KD) merupakan nanokristal berukuran 1-10 nm yang akan berfluoresensi ketika disinari oleh cahaya dengan panjang gelombang tertentu

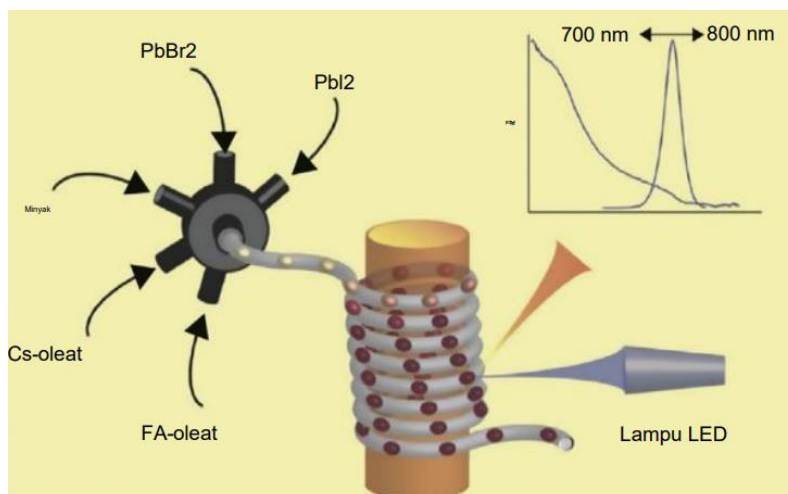
(Bhurbhure *et al.*, 2022). Material ini memiliki sifat fotofisika yang sangat baik, termasuk lebar garis emisi yang sempit, hasil pendaran yang tinggi, dan masa hidup radiasi yang pendek. Peningkatan sifat fotofisika ini dikaitkan dengan efek skala nano, seperti pengurungan kuantum (Kim *et al.*, 2015). Selain itu, KD juga memiliki penyerapan cahaya yang kuat, dan fleksibilitas warna terkait dengan celah pita komposisi (Müller *et al.*, 2020). Oleh karena itu, KD dapat diterapkan di berbagai bidang, seperti *display*, sensor, fotokatalis, dan perangkat memori (Lee *et al.*, 2022).

KD memiliki karakteristik yang sangat unik dan beragam (Agarwal *et al.*, 2023). Dengan menggunakan berbagai bahan, dapat diproduksi KD dengan ukuran dan sifat optik yang berbeda-beda. Variasi ini memberikan fleksibilitas untuk mencapai berbagai sifat optik yang spesifik, seperti warna pendaran yang berbeda, efisiensi kuantum yang tinggi, dan respon optik yang dapat disesuaikan. Misalnya, dengan mengubah ukuran partikel, komposisi material, atau teknik sintesis, kita dapat menyesuaikan panjang gelombang cahaya yang dipancarkan, meningkatkan efisiensi emisi, dan memodifikasi karakteristik spektral sesuai kebutuhan aplikasi tertentu. Kemampuan untuk menyesuaikan parameter-parameter ini memungkinkan desain dan optimalisasi performa optik KD untuk berbagai aplikasi, mulai dari tampilan dan pencahayaan hingga sensor dan perangkat fotovoltai, sehingga memungkinkan pengembangan teknologi yang lebih efisien dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan (Linkov *et al.*, 2019).

KD dapat disintesis dengan beberapa cara, diantaranya dengan metode mikrofluida dan metode injeksi panas, elektrokimia, dan *microwave* (Abdel-Latif *et al.*, 2020). Sintesis KD melibatkan berbagai teknik yang memungkinkan pembuatan material dengan karakteristik optik yang bervariasi. Metode sintesis berperan penting dalam menentukan ukuran, bentuk, dan sifat optik dari kuantum dot, yang mana dapat memengaruhi aplikasi teknologi (Chiba *et al.*, 2017). Bentuk dan struktur kuantum dot yang dihasilkan juga sangat bergantung pada teknik sintesis yang digunakan. Perbedaan dalam bentuk ini dapat mempengaruhi efisiensi transfer energi, stabilitas optik, dan kemampuan kuantum dot untuk berfungsi dalam kondisi lingkungan yang berbeda (Huang *et al.*, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

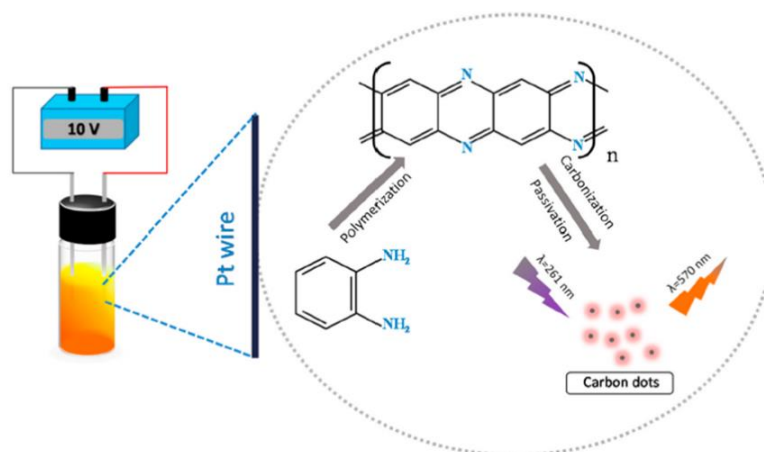
Sintesis KD bisa dilakukan dengan metode mikrofluida dengan beberapa kelebihan, diantaranya memiliki kontrol yang baik, serta sifat antarmuka dan sifat kimia fluida yang stabil. Kemudian, mikrofluida dapat dilakukan dengan reaksi cepat secara terus menerus, yang mana bisa diproduksi dalam skala besar (Du *et al.*, 2019). Selanjutnya, proses pencampuran dari reaktan yang homogen dalam saluran mikro terbatas menjamin sifat produk yang unggul, seperti morfologi yang dapat dikontrol dan homogenitas ukuran yang baik (Li *et al.*, 2020).



Gambar 1. Sintesis KD dengan Mikrofluida.
Diadaptasi dari Li *et al.*, (2020) (Li *et al.*, 2020)
Hak Cipta © 2020, Elsevier.

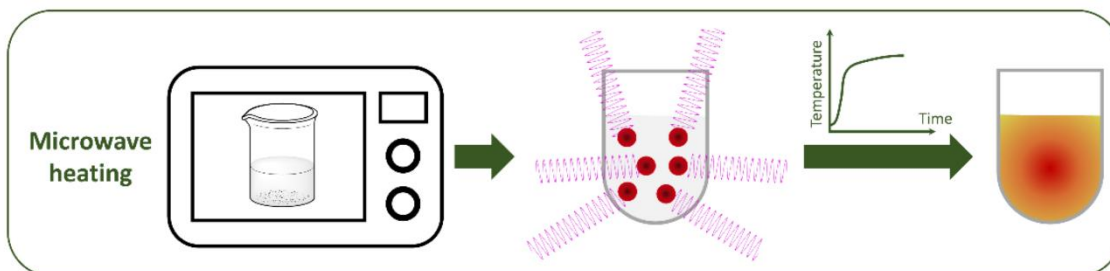
Sintesis mikrofluida KD menggunakan aliran fasa tunggal skala mikro yang menimbulkan dua kelemahan utama, yaitu dispersi aksial dan pengotoran. Dispersi aksial dalam aliran laminar adalah fenomena fluida yang dicirikan dengan profil kecepatan parabola, dimana monomer KD didistribusikan secara tidak seragam secara radial dan aksial di dalam saluran mikro, sehingga menghasilkan tingkat pertumbuhan KD di sepanjang arah aliran (Abdel-Latif *et al.*, 2020).

Metode elektrokimia pada sintesis KD menggunakan prekursor karbon yang berukuran besar kemudian dipotong menjadi bagian-bagian yang lebih kecil melalui oksidasi elektrokimia dengan adanya elektroda referensi (Zhao *et al.*, 2008). KD berbasis metode elektrokimia dibuat dengan dua batang grafit (elektroda) dan elektrolit sebagai kombinasi asam sitrat dan alkali hidroksida. Pemanasan batang grafit dilakukan pada suhu tinggi yang dapat menyebabkan timbulnya cacat pada permukaan batang grafit yang menghasilkan KD dan berukuran rata-rata 2–3 nm dan menunjukkan fluoresensi biru hingga hijau di bawah iradiasi UV 365 nm (Ahirwar *et al.*, 2017).



Gambar 2. Metode Sintesis Elektrokimia
Diadaptasi dari Vibhute *et al.*, (2022) (Vibhute *et al.*, 2022).
Hak Cipta © 2022, Elsevier.

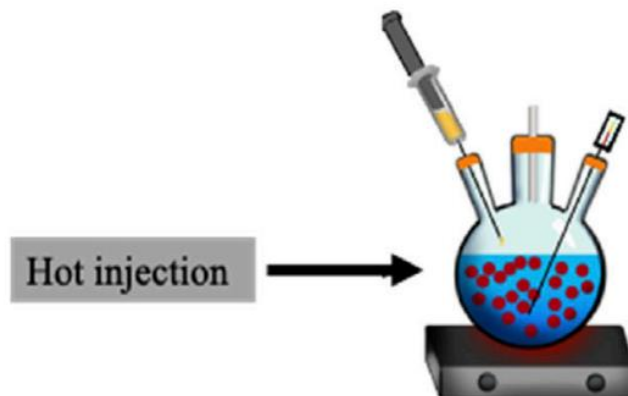
Metode *microwave* adalah metode yang menggunakan pemanasan gelombang mikro untuk sintesis KD. Prinsip dasar dari metode ini adalah memanfaatkan kemampuan suatu bahan penyerap untuk menyerap radiasi gelombang mikro, lalu mengubah energi radiasi tersebut menjadi panas dengan frekuensi dan suhu tertentu. Prekursor KD dilarutkan dalam pelarut dan diiradiasi dengan gelombang mikro dalam reaktor, sehingga menghasilkan pembentukan KD dengan kristalinitas yang tinggi (Bao *et al.*, 2022). Metode ini cepat, baru, ramah lingkungan, dan hemat energi dalam mensintesis KD. Namun, metode ini memiliki keterbatasan, seperti sulitnya melakukan pemisahan dan pemurnian, serta ukuran partikel KD yang tidak seragam mengakibatkan adanya keterbatasan dalam aplikasinya (Yadav *et al.*, 2023).



Gambar 3. Metode Sintesis Menggunakan Microwave.
Diadaptasi dari Gabano & Ravera (2022) (Gabano & Ravera, 2022).
Hak Cipta © 2022, Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

Sintesis injeksi panas merupakan salah satu metode yang memiliki biaya yang hemat untuk KD. Metode ini melibatkan pemanasan larutan prekursor untuk membentuk monomer berinti yang mendingin secara perlahan, untuk menguatkannya

pada suhu tinggi dan menghasilkan pertumbuhan nanokristal. Larutan prekursor tersebut dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang telah dialirkan gas N_2 untuk menjaga proses sintesis dalam keadaan inert. Akan tetapi, pada metode ini memiliki kelemahan, yaitu menghasilkan KD yang ukurannya tidak sama atau tidak seragam (Sathe *et al.*, 2022).



Gambar 4. Metode Injeksi Panas

Diadaptasi dari Islas-Rodriguez *et al.*, (2023) (Islas-Rodriguez *et al.*, 2023).
Hak Cipta © 2023, Fronties.

Hasil dari KD yang disintesis menggunakan injeksi panas menunjukkan stabilitas fotokimia yang tinggi, menunjukkan potensinya untuk digunakan dalam pengembangan perangkat optoelektronik. Prosesnya relatif mudah untuk ditingkatkan, dan dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai jenis KD yang berbeda. Hasilnya, metode ini telah banyak digunakan dalam beberapa tahun terakhir untuk menghasilkan KD berkualitas tinggi yang memiliki ukuran 2,5 nm (Agarwal *et al.*, 2023).

SIMPULAN

Berbagai metode sintesis KD dapat menghasilkan hasil yang bervariasi tergantung pada kebutuhan penelitian dan aplikasi yang diinginkan. Metode yang efektif dapat menghasilkan KD dengan ukuran dan kualitas yang seragam, mengurangi perbedaan dalam performa optik, dan memastikan kinerja optimal dalam aplikasi akhir. Sifat optik KD penting untuk berbagai aplikasi, seperti tampilan, pencahayaan, sensor, dan perangkat fotovoltaik. Dengan memahami dan mengoptimalkan metode sintesis, kita dapat meningkatkan kualitas KD untuk aplikasi yang lebih efisien dan inovatif, serta mendorong kemajuan teknologi lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

Abdel-Latif, K., Bateni, F., Crouse, S., & Abolhasani, M. (2020). Flow Synthesis of Metal Halide Perovskite Quantum Dots: From Rapid Parameter Space Mapping to AI-Guided Modular Manufacturing. *Matter*, 3(4), 1053–1086. <https://doi.org/10.1016/j.matt.2020.07.024>

- Agarwal, K., Rai, H., & Mondal, S. (2023). Quantum Dots: An Overview of Synthesis, Properties, and Applications. *Materials Research Express*, 10(6), 1–26. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/acda17>
- Ahirwar, S., Mallick, S., & Bahadur, D. (2017). Electrochemical Method to Prepare Graphene Quantum Dots and Graphene Oxide Quantum Dots. *ACS Omega*, 2(11), 8343–8353. <https://doi.org/10.1021/acsomega.7b01539>
- Bao, W., Ga, L., Zhao, R., & Ai, J. (2022). Microwave Synthesis of Silver Sulfide Near-Infrared Fluorescent Quantum Dots and Their Detection of Dopamine. *Biosensors and Bioelectronics*, 10(January), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.biosx.2022.100112>
- Bhurbhure, O., Ghormade, V., Katekar, V., Sangule, D., Dhage, S., Boralkar, V., & Padole, T. (2022). Quantum Dots: A New Hope for the Pharmaceutical Field. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 12(3), 236–244. <https://doi.org/10.22270/jddt.v12i3-s.5373>
- Chiba, T., Hoshi, K., Pu, Y., & Takeda, Y. (2017). High Efficiency Perovskite Quantum-Dot Light-Emitting Devices by Effective Washing Process and Interfacial Energy Level Alignment. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 9, 18054–18060. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acsami.7b03382>
- Du, X.-Y., Li, Q., Wu, G., & Chen, S. (2019). Multifunctional Micro/Nanoscale Fibers Based on Microfluidic Spinning Technology. *Advanced Materials*, 31(52), 1903733.
- Gabano, E., & Ravera, M. (2022). Microwave-Assisted Synthesis: Can Transition Metal Complexes Take Advantage of This “Green” Method? *Molecules*, 27(13), 1–38. <https://doi.org/10.3390/molecules27134249>
- Huang, C. Y., Li, H., Wu, Y., Lin, C. H., Guan, X., & Hu, L. (2023). Inorganic Halide Perovskite Quantum Dots: A Versatile Nanomaterial Platform for Electronic Applications. *Nano-Micro Letters*, 15(0123456789), 16. <https://doi.org/10.1007/s40820-022-00983-6>
- Islas-Rodriguez, N., Muñoz, R., Rodriguez, J. A., Vazquez-Garcia, R. A., & Reyes, M. (2023). Integration of Ternary I-III-VI Quantum Dots in Light-Emitting Diodes. *Frontiers in Chemistry*, 11(March), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fchem.2023.1106778>
- Kim, Y., Yassitepe, E., Voznyy, O., Comin, R., Walters, G., Gong, X., Kanjanaboos, P., Nogueira, A. F., & Sargent, E. H. (2015). Efficient Luminescence from Perovskite Quantum Dot Solids. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 7(45), 25007–25013. <https://doi.org/10.1021/acsami.5b09084>
- Lee, K., Lee, J., Han, D., Liu, H., & Kang, J. (2022). A Study on Improving the Sensitivity of Indirect X-ray Detectors by Adding Hybrid Perovskite Quantum Dots. *Coatings*, 12(4), 1–11. <https://doi.org/10.3390/coatings12040492>
- Li, G. X., Li, Q., Cheng, R., & Chen, S. (2020). Synthesis of Quantum Dots Based on Microfluidic Technology. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 29, 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.coche.2020.02.005>
- Linkov, P., Samokhvalov, P., Vokhmintsev, K., Zvaigzne, M., Krivenkov, V. A., &

- Nabiev, I. (2019). Optical Properties of Quantum Dots with a Core–Multishell Structure. *JETP Letters*, 109(2), 112–115. <https://doi.org/10.1134/S0021364019020103>
- Müller, M. M., Kosik, M., Pelc, M., Bryant, G. W., Ayuela, A., Rockstuhl, C., & Słowik, K. (2020). Energy-Based Plasmonicity Index to Characterize Optical Resonances in Nanostructures. *Journal of Physical Chemistry C*, 124(44), 24331–24343. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.0c07964>
- Sathe, K. P., Garud, N. S., Bangar, V. B., & Gadakh, N. R. (2022). A Review on Quantum Dots (QDs). *Journal of Advanced Scientific Research*, 13(06), 23–27. <https://doi.org/10.55218/jasr.202213603>
- Vibhute, A., Patil, T., Gambhir, R., & Tiwari, A. P. (2022). Fluorescent Carbon Quantum Dots: Synthesis Methods, Functionalization and Biomedical Applications. *Applied Surface Science Advances*, 11(June), 100311. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2022.100311>
- Yadav, P. K., Chandra, S., Kumar, V., Kumar, D., & Hasan, S. H. (2023). Carbon Quantum Dots: Synthesis, Structure, Properties, and Catalytic Applications for Organic Synthesis. *Catalysis*, 13, 422. <https://doi.org/10.3390/catal13020422>
- Zhao, Q.-L., Zhang, Z.-L., Huang, B.-H., Peng, J., Zhang, M., & Pang, D.-W. (2008). Facile Preparation of Low Cytotoxicity Fluorescent Carbon Nanocrystals by Electrooxidation of Graphite. *Chemical Communications*, 41, 5116–5118. <https://doi.org/10.1039/B812420E>