

Kajian Bibliometrik Penelitian Karbon Dots Menggunakan VOSviewer dan Publish and Perish

Risfiah Ruli Cahyani, Tety Wahyuningsih Manurung, Marvin Horale Pasaribu, Muh. Supwatul Hakim, Joy Angel Aria Suma, Mokhamat Ariefin[✉]

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya, Kota Palangka Ray, Indonesia

[✉]Email: mokhamatariefin@mipa.upr.ac.id

Submitted: 04-10-2024 **Revised:** 11-12-2024 **Accepted:** 14-02-2025

ABSTRAK

Carbon dots (CDs) telah menarik perhatian besar dalam penelitian karena sifat unik dan potensi aplikasinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tren utama dan bidang penelitian yang berkembang dalam studi CDs. Analisis bibliometrik dilakukan menggunakan VOSviewer untuk memvisualisasikan data publikasi dari basis data ilmiah terkemuka. Hasil analisis menunjukkan peningkatan signifikan dalam jumlah publikasi terkait CDs dari tahun 2016 hingga 2023, dengan "carbon quantum dot" menjadi fokus utama penelitian. Tren utama meliputi aplikasi dalam sensor, deteksi, biomedis, energi, dan optoelektronik, menunjukkan pergeseran fokus dari sifat fluoresensi menuju aplikasi yang lebih beragam.

Kata Kunci: *carbon dots, bibliometrik, vosviewer, PoP*

ABSTRACT

Carbon dots (CDs) have attracted great attention in research due to their unique properties and wide potential applications. This study aims to comprehensively understand the CDs research landscape and identify trends, key focuses, and emerging research areas. Bibliometric analysis was conducted using VOSviewer to visualize and analyze CDs-related publication data. Data was collected from leading scientific databases and analyzed using various visualization techniques, including network maps, overlay maps, and density maps. The analysis shows a significant increase in the number of CDs publications from 2016 to 2023, reflecting growing research interest. "Carbon quantum dot" became the most active and mature research center, with the main focus on sensor and detection applications. Graphene quantum dots and the applications of quantum dots in biology and medicine are also important research areas. The analysis also highlights the shift in research focus over time, from fluorescence properties and sensory applications towards biomedical, energy and optoelectronic fields.

Keywords: *carbon dots, bibliometric, vosviewer, PoP* (5 keywords)

PENDAHULUAN

Carbon dots (CDs) merupakan suatu kelas nanomaterial yang berbasis karbon, telah banyak menarik perhatian karena keunikan sifatnya dan potensi aplikasinya yang sangat luas[1]. Partikel CDs memiliki ukuran berskala nano, biasanya memiliki ukuran < 10 nm, menunjukkan fotoluminesensi yang memancarkan cahaya dengan warna-warna yang dapat

disesuaikan. Selain itu, biokompabilitas dari CDs, yang timbul dari komposisi dari CDs dapat menjadi faktor pembeda dari material kuantum dots yang lain. Salah satu manfaat CDs adalah kemampuannya dalam berbagai aplikasi, seperti sebagai antioksidan, bioimaging, antikanker, dan sensor. Sebagai antioksidan, CDs dapat menangkal radikal bebas melalui mekanisme transfer elektron dan pemberian proton, di mana gugus fungsional seperti hidroksil dan karbonil pada permukaan CDs berperan penting dalam meningkatkan aktivitas antioksidan [2], [3], [4]. Dalam bioimaging, sifat fluoresensi CDs yang tinggi, stabilitas fotonik, dan biokompatibilitasnya memungkinkan mereka digunakan untuk visualisasi jaringan dengan resolusi tinggi, terutama melalui mekanisme eksitasi-deeksitasi elektron di bawah sinar ultraviolet atau tampak [5], [6], [7]. Pada aplikasi antikanker, CDs bekerja melalui penginduksian apoptosis atau nekrosis, terutama dengan mengangkut obat-obatan kemoterapi secara selektif ke sel kanker melalui konjugasi molekul aktif, seperti doxorubicin, ke permukaan CDs. Sementara itu, dalam aplikasi sensor, CDs memanfaatkan sifat fluoresensinya yang dapat mengalami quenching (pemadaman) atau peningkatan intensitas sebagai respons terhadap keberadaan spesifik ion logam (seperti Fe^{3+} , Hg^{2+}) atau molekul organik tertentu, melalui mekanisme transfer energi atau kompleksasi kimia [4], [8], [9].

CD dapat disintesis menggunakan dua metode pendekatan yaitu *bottom-up* dan *top-down*. Metode pendekatan *top-down* merupakan metode sintesis untuk memecah molekul karbon besar menjadi lebih kecil [10]. Beberapa metode *top-down* seperti ablasi laser, eksfoliasi elektrokimia, oksidasi kimia, dan sonikasi. Berlawanan dengan metode *top-down*, sintesis *bottom-up* merupakan metode sintesis dengan menyusun molekul atom karbon kecil menjadi lebih besar [11]. Metode yang termasuk ke dalam *bottom-up* seperti metode hidrotermal, reaksi menggunakan *microwave*, atau dengan polimerisasi.

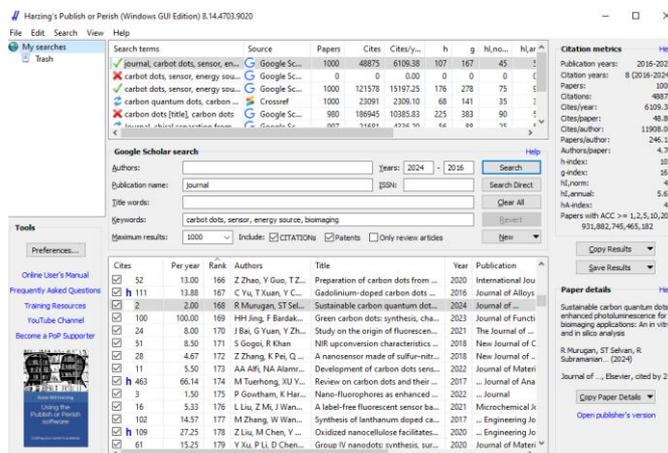
Perkembangan penelitian mengenai CD yang pesat menarik perhatian untuk dilakukannya analisis bibliometrik mengenai kuantum dot. Analisis bibliometrik adalah sebuah metode analisis yang menggunakan teknik statistik dan matematika untuk melakukan analisis literatur ilmiah secara kuantitatif [12]. Dalam hal ini, bibliometrik mengacu pada beberapa aspek literatur seperti jumlah publikasi, sitasi, kolaborasi peneliti (penulis), dan sebagainya. Tujuan utama dari analisis bibliometrik adalah untuk mengetahui pola, tren, serta hubungan dalam literatur ilmiah [13]. Hal ini dapat membantu peneliti, pembuat kebijakan, dan pihak lain yang berkepentingan untuk memahami perkembangan suatu bidang penelitian, mengidentifikasi topik yang sedang berkembang, dan mengevaluasi dampak penelitian [12], [14].

Penelitian analisis bibliometrik mengenai CD memiliki peran cukup signifikan dalam memahami lanskap penelitian yang terus berkembang di bidang ini. Dengan menganalisis data publikasi, sitasi, serta kolaborasi, penelitian ini dapat mengungkap tren penelitian terkini, mengidentifikasi bidang-bidang penelitian yang sedang berkembang pesat, menemukan peneliti serta institusi yang berpengaruh. Selain itu, analisis bibliometrik juga memberikan pola sitasi, yang dapat membantu memahami dampak dan pengaruh penelitian CD. Oleh sebab itu, penelitian analisis bibliometrik berperan dalam memetakan perkembangan penelitian CD serta memberikan wawasan bagi peneliti dalam bidang ini.

METODE PENELITIAN

Data artikel yang digunakan dalam penelitian ini adalah artikel yang telah dipublikasikan dalam jurnal dan terindeks oleh *Google Scholar*. *Google Scholar* merupakan basis data bibliografi yang disediakan secara gratis oleh Google sebagai sumber daya pelengkap untuk sitasi komersial seperti Scopus atau Web of Knowledge (Aguillo, 2012). Aplikasi pengelola referensi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Publish or Perish* (PoP). Dalam penelitian ini, setiap data artikel yang diperoleh harus terindeks oleh Google

Scholar dan memiliki korelasi dengan tema yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Penelitian dilakukan pada tanggal 1 September 2024, dengan kata kunci "*carbot dots, sensor, energy source, bioimaging*" berdasarkan judul, kata kunci, dan abstrak. Periode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari tahun 2016 hingga 2024.

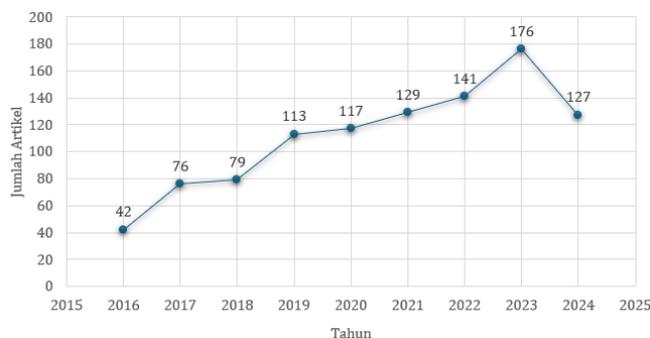


Gambar 1. Setting aplikasi PoP

Setelah data didapatkan, data disimpan dalam bentuk *reference* (* .rif) untuk selanjutnya diolah dalam VOSviewer untuk dianalisis lebih lanjut. Analisis yang dilakukan dengan VOSviewer antara lain menganalisis hubungan antar kata kunci atau istilah yang muncul dalam literatur serta menganalisis kolaborasi antar penulis. Visualisasi dengan VOSviewer akan menghasilkan peta jaringan yang memvisualisasi hubungan antar elemen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data artikel publikasi mengenai CD dilakukan dengan perangkat lunak PoP berdasarkan basis data pada *google scholar*. Basis *google scholar* dipilih karena merupakan basis data yang gratis jika dibandingkan dengan basis data yang lain seperti *scopus*. Berdasarkan basis data pada *google scholar*, jumlah artikel yang didapatkan dari 2016-2024 didapatkan 1000 artikel.

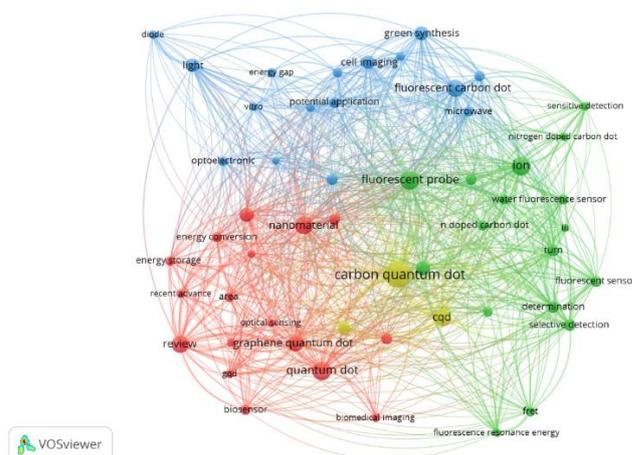


Gambar 2. Grafik jumlah artikel berdasarkan kata kunci *carbon dots*

Berdasarkan data grafik yang disajikan pada Gambar 2, terlihat pertumbuhan yang pesat mulai tahun 2016 hingga 2023. Pada tahun 2016 tercatat terdapat 42 publikasi hingga mencapai puncaknya pada tahun 2023. Secara umum, terjadi peningkatan yang konsisten dalam jumlah publikasi setiap tahunnya. Jika diperhatikan, pada tahun 2024 jumlah artikel tampak menurun. Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh tahun 2024 yang masih berjalan,

mengikuti pola serupa yang terlihat di tahun-tahun sebelumnya. Pada awal tahun, jumlah publikasi biasanya lebih rendah karena proses penerbitan artikel ilmiah membutuhkan waktu, tetapi jumlahnya cenderung meningkat signifikan menjelang akhir tahun, seiring rampungnya lebih banyak penelitian dan proses penerbitan. Tren ini menunjukkan bahwa minat penelitian pada CD semakin besar. Laju pertumbuhan publikasi bahkan terlihat semakin cepat dalam beberapa tahun terakhir, menunjukkan adanya percepatan dalam eksplorasi dan pengembangan material ini.

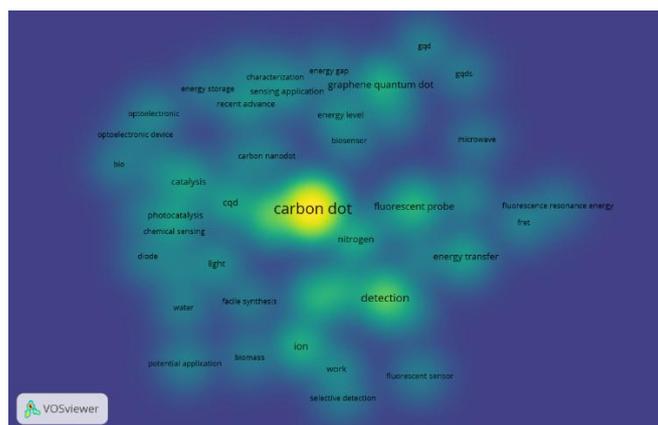
Peningkatan minat ini kemungkinan didorong oleh sifat unik yang dimiliki oleh CDs, seperti biokompatibilitasnya, fotoluminesensi yang dapat diatur dari struktur permukaan, dan stabilitasnya yang baik. Biokompatibilitas CDs memungkinkan penggunaannya dalam bidang medis, seperti bioimaging dan pengantaran (*delivery*) obat, tanpa menyebabkan efek toksik yang signifikan. Fotoluminesensi yang dapat disesuaikan, yang bergantung pada struktur dan ukuran partikel CDs, membuka peluang untuk aplikasi di bidang sensor dan pencitraan optik, di mana perubahan intensitas atau panjang gelombang emisi dapat digunakan untuk mendeteksi berbagai target molekul atau ion. Stabilitas CDs, baik terhadap fotodegradasi maupun kondisi lingkungan, menjadikannya material yang andal untuk aplikasi jangka panjang, seperti dalam perangkat penyimpanan energi. Selain itu, aplikasi CDs yang luas di berbagai bidang ilmu, seperti fisika, kimia, dan biologi, turut mendorong peningkatan jumlah publikasi terkait CDs, mencerminkan potensi multidisiplin dari material ini.



Gambar 3. *Network visualization* dari tiap kata kunci

Untuk mengetahui lebih banyak mengenai penelitian CD yang dilakukan, visualisasi menggunakan VOSviewer dilakukan untuk mengetahui hubungan antar kata kunci yang sering muncul pada penelitian CD. Hasil visualisasi yang menunjukkan *network visualization* didapatkan pada **Gambar 3**. Pada Gambar tersebut menunjukkan terdapat 3 kluster penelitian yang berhubungan dengan CD yaitu kluster merah, hijau, dan biru. Kluster merah berpusat pada kata kunci “carbon quantum dots,” yang menunjukkan area penelitian utama dan kedewasaan bidang ini sebagai topik riset. Kata-kata yang terkait, seperti *fluorescent sensor*, *optical sensing*, dan *selective detection*, menyoroti aplikasi utama CDs dalam deteksi dan sensor optik. Dominasi kata kunci “carbon quantum dots” mencerminkan bahwa penelitian dalam bidang ini telah mencapai tahap yang matang, dengan fokus pada optimalisasi sifat optiknya untuk aplikasi spesifik. Namun, relevansi kata kunci ini juga menunjukkan bahwa meskipun penelitian dasar telah berkembang, pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk memperluas aplikasinya, terutama dalam bidang biomedis dan sensor yang membutuhkan sensitivitas tinggi, selektivitas, dan stabilitas operasional yang lebih baik. Dengan demikian, fokus pada “carbon quantum dots” tidak hanya menjadi indikasi arah penelitian saat ini, tetapi

pengembangan lebih lanjut, terutama dalam memperluas aplikasi CDs di bidang biomedis, seperti pengiriman obat dan bioimaging, serta dalam sektor energi, termasuk penyimpanan energi dan fotovoltaik. Hal ini menunjukkan peluang untuk inovasi dalam meningkatkan efisiensi dan performa CDs pada aplikasi yang lebih spesifik. Banyak penelitian berfokus pada sintesis, karakterisasi, dan aplikasi carbon quantum dots, seperti yang ditunjukkan oleh kata kunci terkait seperti "fluorescent sensor", "optical sensing", dan "selective detection". Sebaliknya, area dengan warna yang lebih redup menunjukkan kepadatan penelitian yang lebih rendah. Warna ini menunjukkan bidang penelitian yang lebih baru atau lebih khusus dengan jumlah publikasi yang lebih sedikit.



Gambar 5. *Density visualization* dari kata kunci yang didapatkan

KESIMPULAN

Penelitian tentang carbon dots (CDs) telah mengalami pertumbuhan pesat dalam beberapa tahun terakhir, didorong oleh sifat unik dan potensi aplikasinya yang luas. Analisis bibliometrik menunjukkan peningkatan signifikan dalam publikasi terkait CDs, mencerminkan minat penelitian yang semakin besar. Visualisasi VOSviewer mengungkapkan lanskap penelitian yang dinamis, dengan fokus utama pada carbon quantum dots dan aplikasinya dalam sensor dan pendeteksian. Graphene quantum dots dan aplikasi quantum dots dalam biologi dan kedokteran juga merupakan bidang penelitian yang penting. Peta kepadatan menegaskan bahwa "carbon quantum dot" adalah area penelitian yang paling aktif dan matang, diikuti oleh graphene quantum dots. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa CDs merupakan bidang penelitian yang aktif dan menjanjikan dengan potensi aplikasi yang luas, menjadikannya subjek yang menarik untuk eksplorasi dan pengembangan lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Palangka Raya atas bantuan dana dan fasilitas sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Cui, X. Ren, M. Sun, H. Liu, and L. Xia, "Carbon Dots: Synthesis, Properties and Applications," *Nanomaterials*, vol. 11, no. 12, p. 3419, Dec. 2021, doi: 10.3390/nano11123419.
- [2] J. Liu, R. Li, and B. Yang, "Carbon Dots: A New Type of Carbon-Based Nanomaterial with Wide Applications," *ACS Cent Sci*, vol. 6, no. 12, pp. 2179–2195, Dec. 2020, doi: 10.1021/acscentsci.0c01306.

- [3] I. L. Christensen, Y.-P. Sun, and P. Juzenas, "Carbon Dots as Antioxidants and Prooxidants," *J Biomed Nanotechnol*, vol. 7, no. 5, pp. 667–676, Oct. 2011, doi: 10.1166/jbn.2011.1334.
- [4] T. Watcharamongkol, P. Khaopueak, C. Seesuea, and K. Wechakorn, "Green hydrothermal synthesis of multifunctional carbon dots from cassava pulps for metal sensing, antioxidant, and mercury detoxification in plants," *Carbon Resources Conversion*, vol. 7, no. 2, p. 100206, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.crcon.2023.100206.
- [5] B. Wang, H. Cai, G. I. N. Waterhouse, X. Qu, B. Yang, and S. Lu, "Carbon Dots in Bioimaging, Biosensing and Therapeutics: A Comprehensive Review," *Small Science*, vol. 2, no. 6, Jun. 2022, doi: 10.1002/smsc.202200012.
- [6] H. Li *et al.*, "Recent advances in carbon dots for bioimaging applications," *Nanoscale Horiz*, vol. 5, no. 2, pp. 218–234, 2020, doi: 10.1039/C9NH00476A.
- [7] Ł. Janus, J. Radwan-Pragłowska, M. Piątkowski, and D. Bogdał, "Facile Synthesis of Surface-Modified Carbon Quantum Dots (CQDs) for Biosensing and Bioimaging," *Materials*, vol. 13, no. 15, p. 3313, Jul. 2020, doi: 10.3390/ma13153313.
- [8] D. Yoo, Y. Park, B. Cheon, and M.-H. Park, "Carbon Dots as an Effective Fluorescent Sensing Platform for Metal Ion Detection," *Nanoscale Res Lett*, vol. 14, no. 1, p. 272, Dec. 2019, doi: 10.1186/s11671-019-3088-6.
- [9] C. Zhao, X. Li, C. Cheng, and Y. Yang, "Green and microwave-assisted synthesis of carbon dots and application for visual detection of cobalt(II) ions and pH sensing," *Microchemical Journal*, vol. 147, pp. 183–190, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.microc.2019.03.029.
- [10] A. Sharma and J. Das, "Small molecules derived carbon dots: synthesis and applications in sensing, catalysis, imaging, and biomedicine," *J Nanobiotechnology*, vol. 17, no. 1, p. 92, Dec. 2019, doi: 10.1186/s12951-019-0525-8.
- [11] P. Kaushik, A. Basu, and M. Dhankhar, "Synthesis of Nanomaterials and Nanostructures," in *Chemical Methods for Processing Nanomaterials*, First edition. | Boca Raton : CRC Press, Taylor & Francis Group, 2021.: CRC Press, 2021, pp. 39–48. doi: 10.1201/9780429023187-2.
- [12] P. A. Santika, D. R. S. Saputro, and N. A. Kurdhi, "Analisis Bibliometrik Vector Error Correction Model," *NUCLEUS*, vol. 5, no. 1, pp. 37–45, May 2024, doi: 10.37010/nuc.v5i1.1541.
- [13] A. D. Susanti, I. Ikaputra, and D. F. Swasto, "ANALISIS BIBLIOMETRIK PADA MORFOLOGI PERMUKIMAN KOTA," *Jurnal Arsitektur ARCADE*, vol. 5, no. 2, p. 140, Aug. 2021, doi: 10.31848/arcade.v5i2.710.
- [14] M. S. Kurdi and M. S. Kurdi, "Analisis Bibliometrik dalam Penelitian Bidang Pendidikan: Teori dan Implementasi," *Journal on Education*, vol. 3, no. 4, pp. 518–537, Aug. 2021, doi: 10.31004/joe.v3i4.2858.