

## Sintesis Carbon Nanodots dari Molase Menggunakan Metode Pemanasan Terbantukan Gelombang Mikro

Mentik Hulupi, Nida Nabilah, Tiana Hasna Nabilah, Keryanti, Fauzi Abdilah\*

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Indonesia, 40559

\*Corresponding author: [fauzi.abdilah@polban.ac.id](mailto:fauzi.abdilah@polban.ac.id)

DOI: <https://dx.doi.org/10.20961/equilibrium.v6i1.61212>

### Article History

Received: 12-05-2022, Accepted: 05-07-2022, Published: 10-07-2022

### Kata kunci:

carbon nanodots  
microwave  
molase

**ABSTRAK.** Carbon nanodots (CNDs) merupakan nanomaterial yang berukuran dibawah 10 nm. CNDs memiliki keunggulan diantaranya yaitu fotostabilitas tinggi, biokompatibilitas baik, toksisitas yang rendah, mudah dibuat, dan ramah lingkungan. Sumber karbon yang digunakan berasal dari molase karena murah dan mudah didapat serta merupakan hasil samping dari pengolahan tebu. Pada penelitian ini digunakan metode pemanasan terbantuan gelombang mikro atau *Microwave Assisted Extraction* (MAE) yang memberikan hasil suspensi yang homogen, pemanasan efisien, dan waktu yang singkat. Waktu iradiasi mempengaruhi energi gap CNDs dari molase yang dihasilkan. Waktu yang optimum untuk sintesis CNDs dari molase menggunakan metode MAE yaitu selama 3 menit. Efek fluoresensi telah diamati untuk suspensi CNDs yang mengubah warna kuning menjadi warna biru dibawah sinar UV 366 nm. Karakterisasi menggunakan spektrofotometri UV-Vis menunjukkan serapan maksimum CNDs dari molase pada panjang gelombang 255 nm dengan energi gap sebesar 4,55 eV.

### Keywords:

carbon nanodots  
microwave  
molasses

**ABSTRACT.** Carbon nanodots (CNDs) are nanomaterials with a size below 10 nm. CNDs have advantages such as high photostability, good biocompatibility, low toxicity, easy to manufacture, and environmentally friendly. The carbon source used comes from molasses because it is cheap and easy to obtain and is a by-product of sugarcane processing. In this study, the Microwave Assisted Extraction (MAE) method was used which gave homogeneous suspension results, efficient heating, and short time. The irradiation time affects the energy gap of the CNDs of the molasses produced. The optimum time for the synthesis of CNDs from molasses using the MAE method is 3 minutes. Fluorescence effects have been observed for suspensions of CNDs which turn yellow to blue under 366 nm UV light. Characterization using UV-Vis spectrophotometry showed the maximum absorption of CNDs from molasses at a wavelength of 255 nm with an energy gap of 4.55 eV.

## 1. PENDAHULUAN

Carbon nanodots (CNDs) merupakan salah jenis nanomaterial berbasis karbon yang berukuran dibawah 10 nm dan memiliki sifat fotoluminesensi. CNDs dianggap sebagai generasi penerus berikutnya untuk semikonduktor nanokristal quantum dot [1]. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Das dkk yaitu ditemukan kesamaan struktural CNDs dengan kedua molekul C8 dan struktur grafit yang dikarakterisasi menggunakan TEM. Sifat struktural dari CNDs mirip dengan grafit nanokristalin dan keduanya kaya dalam sp<sup>2</sup> hibridisasi C-C [1]. Namun, permukaan fungsional CNDs lebih bergantung pada prekursor dan proses sintesis. CNDs memiliki keunggulan diantaranya yaitu fotostabilitas tinggi, biokompatibilitas baik, toksisitas yang rendah, mudah dibuat, dan ramah lingkungan [2]. Berbagai keunggulan ini menjadikan CNDs potensial untuk diaplikasikan pada berbagai bidang, seperti bioimaging, adsorben, material optronik, katalisis dan sensor [3].

Berbagai penelitian telah melaporkan efisiensi CNDs sebagai fotokatalis, misalnya untuk oksidasi selektif, katalisis asam oleh cahaya dan katalisis ikatan hidrogen [4]. CNDs juga merupakan aditif yang sangat baik pada berbagai perangkat penghasil dan penyimpan energi (sel surya, baterai dan super kapasitor). Keunggulan lain dari CNDs adalah karakteristik kimia permukaan yang dapat disesuaikan dan dimodifikasi sehingga dapat meningkatkan fungsionalisasi dan integrasi CNDs dengan bahan fungsional lain.

Metode sintesis CNDs dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar yaitu metode *top-down* dan metode *bottom-up* [5]. Pembuatan CNDs dengan metode *top-down* dilakukan dengan cara memecah struktur karbon yang lebih besar, seperti grafit, jelaga karbon, dan karbon aktif menjadi material berukuran lebih kecil. Teknik ini meliputi metode ablasi laser, oksidasi elektrokimia, dan *arc discharge* [6]. Sedangkan metode *bottom-up*

merupakan metode sintesis di mana CNDs dibuat dari molekul yang berukuran molekuler seperti glukosa, karbohidrat dan lain sebagainya melalui proses pembakaran, konversi termal, ataupun metode pemanasan terbantuan gelombang mikro (*microwave*) [7]. Sintesis dengan *solvothermal*/hidrotermal dan *microwave* merupakan metode *bottom-up* yang sangat sederhana untuk sintesis CNDs. Metode sintesis hidrotermal memiliki banyak kelebihan seperti ekonomis, ukuran partikel bisa dikontrol, tidak terkontaminasi oleh pengotor, serta energi dan komposisi yang bisa dikontrol, namun metode ini memiliki kelemahan diantaranya sampel yang dihasilkan dapat berubah dengan cepat menjadi gel. Hal ini diakibatkan degradasi gugus hidroksil yang cepat akibat pemanasan serta membutuhkan waktu yang lama. Maka dari itu, dilakukan sintesis CNDs menggunakan metode pemanasan terbantuan gelombang mikro. Metode ini menggunakan gelombang mikro yang memberikan energi yang intens, homogen, pemanasan yang efisien, dapat mencapai suhu yang tinggi, dan prosesnya menggunakan waktu yang singkat [8].

Bahan utama penyusun CNDs adalah rantai karbon atau senyawaan karbon. Sumber karbon dapat diperoleh dari berbagai bahan yang ada di alam. Sampai saat ini banyak produk pangan alami yang digunakan sebagai sumber karbon pada sintesis CNDs. Misalnya, CNDs dari jus apel digunakan untuk mendeteksi *Pseudomonas aeruginosa*. CNDs juga dilaporkan dapat disintesis dari madu, teh hijau, tomat, dan lain sebagainya [9–11]. Penggunaan bahan pangan tentu kurang efektif karena cukup mahal dan berkompetisi dengan kebutuhan pangan. Limbah organik hasil pertanian dapat menjadi sumber karbon yang cukup potensial namun belum banyak mendapat perhatian. Oleh karena itu masuk akal untuk memanfaatkan limbah ini sebagai bahan utama pada proses sintesis CNDs. Molase merupakan sumber karbon yang murah dan mudah didapat karena merupakan hasil samping dari pengolahan tebu. Pada penelitian ini digunakan molase sebagai sumber karbon pada proses sintesis CNDs. Variasi waktu iradiasi menggunakan gelombang mikro dapat mempengaruhi hasil sintesis sehingga pada penelitian ini dilakukan sintesis CNDs dari molase dengan variasi waktu untuk mengetahui waktu optimum untuk proses sintesis CNDs dengan metode pemanasan terbantuan gelombang mikro. Karakterisasi CNDs dari molase yang dihasilkan dilakukan menggunakan iradiasi dengan lampu UV 366 nm dan Spektrofotometri UV Vis.

## 2. BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini yaitu limbah tetes tebu atau molase (teknis, pabrik gula sekitar Kabupaten Cirebon), air demineralisasi, dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% (Merck). Alat yang digunakan untuk sintesis CNDs diantaranya yaitu peralatan gelas umum di laboratorium, *hotplate* dan *stirrer*, oven *microwave* (merk Samsung), dan kertas saring. Hasil sintesis CNDs dikarakterisasi menggunakan lampu UV 366 nm dan spektrofotometer UV-Vis Evolution 350 Thermo Fisher scientific. Penelitian dilakukan di laboratorium penelitian Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung.

### 2.1 Metode Percobaan

Metode sintesis CNDs dari molase merupakan modifikasi dari percobaan yang dilakukan oleh Hulupi dkk [2]. 50 g molase dan 20 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% dilarutkan dalam 200 mL air demineralisasi pada gelas kimia 600 mL. Campuran diaduk dan dipanaskan di atas *hotplate stirrer* pada suhu 70 °C dan dipertahankan suhunya selama 15 menit sampai warna larutan berubah dari hitam menjadi coklat. Campuran larutan diiradiasi pada daya sedang (50 P) menggunakan oven *microwave* dengan variasi waktu selama 2, 3, 4, 5, 6, dan 8 menit. Selanjutnya larutan tersebut disaring menggunakan kertas saring. Larutan CNDs yang diperoleh disimpan pada wadah gelap tertutup sampai akan digunakan.

### 2.2 Karakterisasi

Sifat fluoresensi CNDs dari molase dianalisis secara visual dibawah sinar UV 366 nm. Masing-masing larutan sampel CNDs dari molase diencerkan dengan air demineralisasi pada perbandingan 1:5 dan ditempatkan dalam kuvet. Larutan tersebut kemudian disinari dengan lampu UV 366 nm. Emisi fluoresensi yang dihasilkan dari biomassa biasanya berwarna biru atau hijau

Spektrum CNDs diamati pada area UV-Vis (200–600 nm) menggunakan Spektrofotometri UV-Vis Evolution. Larutan sampel CNDs dari molase diencerkan hingga 1000 kali dengan air demineralisasi. Puncak absorbansi menunjukkan adanya CNDs

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Sintesis Carbon Nanodots

Carbon nanodots yang disintesis dari molase ditambahkan  $\text{H}_2\text{O}_2$  30% sebagai zat pemutih, kemudian dilakukan pemanasan untuk mempercepat kelarutan dan proses *bleaching*. Selanjutnya dilakukan proses iradiasi menggunakan oven *microwave* dengan variasi waktu 2, 3, 4, 5, 6, dan 8 menit. Campuran disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan agregatnya. Suspensi larutan yang dihasilkan berwarna kuning hingga coklat. Semakin lama proses iradiasi, warna larutan yang dihasilkan semakin coklat pekat karena saat proses iradiasi menggunakan *microwave* terjadi proses karbonisasi yang dicirikan dengan perubahan warna larutan menjadi coklat kemerahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

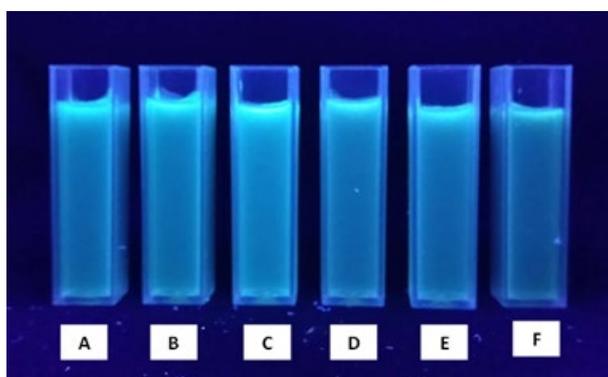


**Gambar 1.** Larutan CNDs dari Molase Berdasarkan Variasi Waktu Iradiasi

#### 3.2 Karakterisasi Carbon Nanodots

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi fluoresensi secara visual dibawah sinar UV dengan panjang gelombang 366 nm. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan fotoluminesensi sampel larutan CNDs. Sebelum dilakukan karakterisasi, masing-masing suspensi CNDs dari molase diencerkan 1:5 dengan air demineralisasi untuk menghindari aglomerasi dan pembentukan agregat. Suspensi CNDs dari molase yang disinari dengan lampu UV 366 nm menghasilkan efek fluoresensi berwarna biru, yang menunjukkan adanya CNDs [12]. Karakterisasi sifat fluoresensi CNDs dengan lampu UV 366 nm ditunjukkan pada Gambar 2.

CNDs dari molase menampilkan efek fluoresensi biru dibawah sinar UV 366 nm yang disebabkan karena terjadinya ketidakseimbangan elektron pada panjang gelombang tersebut. Elektron akan tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Ketidakseimbangan menyebabkan elektron kembali ke pita valensi dan memancarkan warna biru. Fluoresensi biru yang dihasilkan dari CNDs juga dapat diturunkan dari rekombinasi radiasi elektron yang tereksitasi dari  $n - \pi^*$  yang merupakan transisi gugus karbonil ( $-\text{C}=\text{O}$ ) [12].



**Gambar 2.** Fluoresensi CNDs Molase 2 menit (A), CNDs Molase 3 menit (B), CNDs Molase 4 menit (C), CNDs Molase 5 menit (D), CNDs Molase 6 menit (E), dan CNDs Molase 8 menit (F)

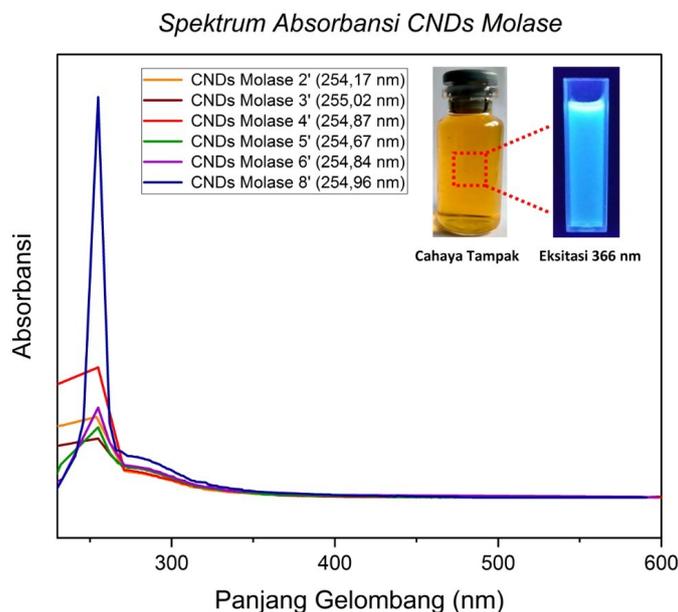
Karakterisasi dengan spektroskopi UV-Vis menghasilkan data absorbansi sebagai fungsi panjang gelombang yang menunjukkan pengaruh dari pengulangan pemanasan dalam sintesis CNDs terhadap panjang gelombang dimana terjadi absorpsi maksimum. Panjang gelombang maksimum CNDs dari molase berdasarkan variasi waktu iradiasi dengan metode microwave yaitu pada 254-255 nm ditunjukkan pada Gambar 3. Semakin tinggi absorbansi semakin banyak CNDs yang terbentuk dalam sampel [13].

CNDs merupakan suatu material semikonduktor sehingga jika diberikan energi yang sesuai, maka elektron akan mengalami eksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Energi yang diperlukan untuk proses ini dikenal dengan energi gap, dengan satuan elektron volt (eV). Besarnya energi gap dapat dihitung berdasarkan spektrum absorbansinya menggunakan metode Tauc Plot. Energi gap CNDs dari molase yang disintesis berdasarkan variasi waktu iradiasi ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Energi Gap CNDs dari Molase Berdasarkan Variasi Waktu Iradiasi

No	Waktu Iradiasi (menit)	Energi Gap (eV)
1	2	4,56
2	3	4,55
3	4	4,59
4	5	4,64
5	6	4,66
6	8	4,72

Semakin tinggi energi gap maka semakin tinggi pula energi yang diperlukan untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi [14]. Energi gap juga menunjukkan ukuran partikel material, efek pergeseran energi gap akibat perubahan ukuran yang dikenal sebagai quantum effect. Ditinjau dari besar energi gapnya, waktu iradiasi sintesis CNDs dari molase yang paling optimum yaitu selama 3 menit dengan energi gap yang dihasilkan sebesar 4,55 eV.



**Gambar 3.** Spektrum Absorbansi CNDs dari Molase Berdasarkan Variasi Waktu Iradiasi

#### 4. KESIMPULAN

Carbon nanodots (CNDs) dapat disintesis dari molase sebagai sumber karbon dengan menggunakan metode pemanasan terbantuan gelombang mikro. CNDs hasil sintesis menunjukkan sifat fluoresensi berwarna biru dibawah sinar UV 366 nm. Serapan maksimum CNDs dari molase ditunjukkan pada waktu iradiasi gelombang mikro selama 3 menit yaitu pada panjang gelombang 255 nm dengan energi gap sebesar 4,55 eV.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulisan ucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Bandung.

## PUSTAKA

- [1] B. Das, P. Dadhich, P. Pal, P.K. Srivas, K. Bankoti, S. Dhara, “Carbon nanodots from date molasses: New nanolights for the in vitro scavenging of reactive oxygen species,” *Journal of Materials Chemistry B*. 2 6839–6847 (2014). <https://doi.org/10.1039/c4tb01020e>.
- [2] M. Hulupi, F. Abdilah, S. Turdini, S. Ash-shoffi, Synthesis and Material Characterizations of S-doped Carbon Nanodots from Blackstrap Molasses, 2020.
- [3] J. Gao, M. Zhu, H. Huang, Y. Liu, Z. Kang, “Advances, challenges and promises of carbon dots,” *Inorganic Chemistry Frontiers*. 4 1963–1986 (2017). <https://doi.org/10.1039/c7qi00614d>.
- [4] G.A.M. Hutton, B.C.M. Martindale, E. Reisner, “Carbon dots as photosensitisers for solar-driven catalysis,” *Chemical Society Reviews*. 46 6111–6123 (2017). <https://doi.org/10.1039/c7cs00235a>.
- [5] F. Yuan, S. Li, Z. Fan, X. Meng, L. Fan, S. Yang, “Shining carbon dots: Synthesis and biomedical and optoelectronic applications,” *Nano Today*. 11 565–586 (2016). <https://doi.org/10.1016/j.nantod.2016.08.006>.
- [6] A. Cayuela, M.L. Soriano, C. Carrillo-Carrión, M. Valcárcel, “Semiconductor and carbon-based fluorescent nanodots: The need for consistency,” *Chemical Communications*. 52 1311–1326 (2016). <https://doi.org/10.1039/c5cc07754k>.
- [7] T. Yu, H. Wang, C. Guo, Y. Zhai, J. Yang, J. Yuan, “A rapid microwave synthesis of green-emissive carbon dots with solid-state fluorescence and pH-sensitive properties,” *Royal Society Open Science*. 5 (2018). <https://doi.org/10.1098/rsos.180245>.
- [8] H. Dany Rahmayanti, M. Prasetya Aji dan Sulhadi, Unnes Physics Journal SINTESIS CARBON NANODOTS SULFUR (C-DOTS SULFUR) DENGAN METODE MICROWAVE, 2015. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj>.
- [9] W. Liu, C. Li, X. Sun, W. Pan, G. Yu, J. Wang, “Highly crystalline carbon dots from fresh tomato: UV emission and quantum confinement,” *Nanotechnology*. 28 (2017). <https://doi.org/10.1088/1361-6528/aa900b>.
- [10] V.N. Mehta, S. Jha, H. Basu, R.K. Singhal, S.K. Kailasa, “One-step hydrothermal approach to fabricate carbon dots from apple juice for imaging of mycobacterium and fungal cells,” *Sensors and Actuators, B: Chemical*. 213 434–443 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.02.104>.
- [11] H. Fan, M. Zhang, B. Bhandari, C. hui Yang, “Food waste as a carbon source in carbon quantum dots technology and their applications in food safety detection,” *Trends in Food Science and Technology*. 95 86–96 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.008>.
- [12] Haryadi, M.R.W. Purnama, A. Wibowo, “C dots derived from waste of biomass and their photocatalytic activities,” *Indonesian Journal of Chemistry*. 18 594–599 (2018). <https://doi.org/10.22146/ijc.26652>.
- [13] E.K. Sari, D. Sekartaji, A.N.A. Rahmah, W.S.B. Dwandaru, “Nanomaterial Carbon-Dots Berbahan Dasar Daun Sirih (Piper Betle L.) Sebagai Antibakteri Terhadap Bakteri S. Mutans dan E. Coli,” *POSITRON*. 10 26 (2020). <https://doi.org/10.26418/positron.v10i2.41731>.
- [14] J. Choi, N. Kim, J.W. Oh, F.S. Kim, “Bandgap engineering of nanosized carbon dots through electron-accepting functionalization,” *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 65 104–111 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2018.04.018>.