

SINTESIS DAN KARAKTERISTIK OPTIK CARBON QUANTUM DOT YANG BERASAL DARI ASAM SITRAT DENGAN VARIASI MASSA UREA

Elvan Yuniarti

Program Studi Fisika FST Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

E-mail korespondensi: elvan.yuniarti@uinjkt.ac.id

ABSTRACT

Carbon quantum dot (CQD) is a semiconductor carbon material with a size smaller than 10 nm. CQD has many benefits in the fields of sensors, LEDs, drug delivery, biomedicine industry, fluorescence, solar cells, etc. This study synthesizes CQD with an up and down method using microwave radiation. Sample derived from citric acid was given 1 gr, 1.7 gr, 2.4 gr, and 3.2 gr of urea. Furthermore, the sample was tested using ultraviolet-visible (UV-Vis) spectroscopy and fluorescence spectroscopy. From the spectra, we analyzed the optical properties consisting of the amount of absorption, gap energy, the intensity of its fluorescence. UV-Vis spectra of CQD extends between 300 nm and 822 nm. Fluorescence excitation wavelengths range from 360 – 800 nm. The determined energy gaps of the CQD by using touch plot method are 2.3 eV and 2.4 eV.

Keywords: Carbon Quantum Dot, Gap Energy, UV-Vis, Urea Fluorescence.

ABSTRAK

Carbon quantum dot (CQD) merupakan material karbon semikonduktor dengan ukuran lebih kecil dari 10 nm. CQD memiliki banyak manfaat di bidang sensor, LED, pengiriman obat, industri biomedis, fluoresensi, sel surya, dan lain-lain. Penelitian ini mensintesis CQD dengan metode naik turun menggunakan radiasi gelombang mikro. Sampel yang berasal dari asam sitrat diberi 1 gr, 1,7 gr, 2,4 gr, dan 3,2 gr variasi urea. Selanjutnya sampel diuji menggunakan spektroskopi ultraviolet-terlihat (UV-Vis) dan spektroskopi fluoresensi. Hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui sifat optik yang terdiri dari jumlah serapan, energi gap, intensitas fluoresensinya. Spektrum UV-Vis CQD membentang antara 300 nm dan 822 nm. Panjang gelombang eksitasi fluoresensi berkisar dari 360 – 800 nm. Energi gap CQD yang ditentukan dengan menggunakan metode touch plot adalah 2,3 eV dan 2,4 eV.

Kata kunci: Carbon Quantum Dot, Energi Gap, UV-Vis, Fluoresensi Urea.

Diterima 29-04-2020 | Disetujui 26-05-2021 | Dipublikasi 31-07-2021

PENDAHULUAN

Penelitian *carbon quantum dot* (CQD) telah dilakukan dari tahun 2004. CQD merupakan nanopartikel karbon yang ukurannya lebih kecil dari 10 nm. Penelitian ini penting dilakukan karena begitu banyak manfaat dari material ini di berbagai bidang seperti bidang optoelektronik, sensor, fotovoltaik, *drug delivery*, biomedis dan lain-lain [1-3]. Tujuan penelitian ini yaitu mensintesis CQD, menganalisis sifat optik dari CQD yang diperoleh yaitu besar absorbansi dari *ultraviolet-visible* (UV-Vis), intensitas

emisi fluoresensi, besar energi *gap* CQD, dan tingkat kedalaman absorpsi dari CQD. Manfaat penelitian ini material CQD dapat dijadikan *dye* untuk sel surya.

TINJAUAN PUSTAKA

Carbon Quantum Dot

Sintesis CQD dapat dibuat dari metode *top down* dan metode *bottom up*. CQD dapat disintesis dari bahan alam, bahan limbah alam. Ukuran CQD yang diperoleh dari penelitian

terdahulu dipengaruhi oleh sumber bahan dasar dari CQD, metode yang digunakan dan setiap ukuran partikel CQD yang dihasilkan akan mengemisikan warna-warna yang berbeda. Sintesis CQD dengan metode hidrotermal yang berasal dari bahan paprika, jus pome, ampas tebu, asam sitrat, kentang, kulit timun, madu, gelatin, dan lain-lain yang menghasilkan warna fluoresensi berwarna biru dan ukuran yang dihasilkan 2 – 9 nm. Sedangkan CQD yang diperoleh dari jelaga kulit jeruk dengan warna emisi fluoresensi dari 1 – 10 nm [4].

Metode Sintesis Carbon Quantum Dot

Sintesis CQD dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu metode ablasi kimiawi, karbonisasi secara elektrokimia, ablasi laser, irradiasi *microwave*, hidrotermal, solvothermal, dan lain-lain. Penelitian ini dipilih dengan metode *microwave* karena dapat dilakukan cepat, dapat terukur, biayanya efektif, dan ramah lingkungan. Kelemahan metode *microwave* yaitu sulit mengontrol ukuran partikel CQD [5]. Sintesis CQD telah dilakukan dengan metode *microwave* untuk biomedis dengan menggunakan asam sitrat dan urea menghasilkan emisi berwarna biru, hijau, kuning, merah, dan mendekat infra merah. CQD yang diperoleh memiliki sifat tidak beracun, sifat materialnya bias di *tuning* [6].

Metode Touch Plot dalam Pengukuran Energi Gap

Penelitian ini menghitung energi *gap* dari koefisien absorpsi hasil pengujian spektroskopi UV-Vis. Selanjutnya dihitung energi *gap* dengan metode *touch plot*. Metode ini berdasarkan koefisien absorpsi bergantung pada energi sesuai dengan persamaan berikut:

$$\alpha h\nu^{1/\gamma} = B(h\nu - E_g) \quad (1)$$

Koefisien absorpsi α , konstanta planck h , frekuensi ν , energi *gap* E_g , B konstanta, faktor γ bergantung dari transisi elektron langsung

sebesar $\frac{1}{2}$ dan untuk transisi elektron tidak langsung sebesar 2 transisi *bandgap* [7].

Sifat Material Carbon Quantum Dot

CQD yang dihasilkan dari sintesis dari variasi asam sitrat dengan metode *microwave* telah dilakukan sebelumnya. Hasil CQD memiliki spektra absorpsi UV-Vis yang kuat dibawah 400 nm. Hal ini bersesuaian dengan transisi $n-\pi^*$ dari C=O dan transisi $\pi-\pi^*$ dari C=C. Gugus fungsi pada CQD dapat dikarakterisasi oleh spektroskopi *Fourier-transform infrared* menunjukkan intensitas maksimum pada puncak pita yang lebar pada 3300 cm^{-1} menunjukkan *stretching* gugus fungsi O-H dalam jumlah banyak. Puncak spektra di 1750 cm^{-1} menunjukkan vibrasi C=O. Puncak kecil sekitar 1650 cm^{-1} menunjukkan vibrasi C=C. Puncak 1200 cm^{-1} menunjukkan *stretching* C-O-C. Hasil dari pengujian *transmission electron microscopy* ukuran CQD dihasilkan sebesar 3 nm. Pada Emisi fluoresensi carbon quantum dot antara 300 – 600 nm [8].

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu PLT UIN Syarif Hidayatullah dan Laboratorium Fisika IPB.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan terdiri dari *Erlenmeyer*, labu takar, gelas piala, gelas ukur, timbangan analitik, *oven*, *microwave*, spektrofotometri UV-Vis, dan spektroskopi fluoresensi. Bahan yang digunakan berupa asam sitrat, urea, dan aquades.

Metode Sintesis Carbon Quantum Dot

Sintesis CQD diperoleh dengan menambahkan asam sitrat 0,5 gr ke dalam gelas ukur dengan urea. Penambahan urea diberikan bervariasi yaitu 1 gr, 1,7 gr, 2,4 gr, dan 3,2 gr.

Selanjutnya asam sitrat dan urea dilarutkan dengan 10 ml aquades. Sehingga akan terbentuk larutan transparan. Larutan tersebut di radiasi dengan gelombang mikro dengan *microwave* selama 4 menit. Larutan tersebut akan berubah menjadi warna coklat. Selanjutnya akan berubah menjadi *cluster* padatan berwarna coklat, hal ini menandakan bahwa CQD terbentuk. Residu pada padatan dihilangkan dengan dipanaskan selama satu jam di dalam oven. Selanjutnya padatan ditambah aquades 10 ml untuk di purifikasi sentrifuse kemudian di dekantasi. Untuk memperoleh CQD yang pekat yaitu dengan cara dipanaskan diatas *hotplate*. CQD yang terbentuk diuji dengan spektroskopi UV-Vis dan spektroskopi fluoresensi. Pengukuran absorpsi CQD Setiap sampel ditimbang sebanyak 0,01 gr kemudian dilarutkan dengan air bebas ion ke dalam labu takar 10 ml. Setiap sampel lalu diencerkan dengan konsentrasi beragam dan diukur serapannya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis 1700 Shimadzu. Serapan diukur pada rentang panjang gelombang 200 – 700 nm untuk mendapatkan spektrum serapan.

Pengukuran emisi CQD setiap sampel ditimbang sebanyak 0,01 gr kemudian dilarutkan dengan air bebas ion ke dalam labu takar 10 mL. Setiap sampel lalu diencerkan dengan konsentrasi beragam dan diukur serapannya dengan menggunakan spektrofotometer *Optic Ocean*. Serapan diukur pada rentang panjang gelombang 200 – 700 nm untuk mendapatkan spektrum emisi. Selanjutnya pengujian energi *gap* diperoleh dengan metode *touch plot* dari hasil hubungan grafik koefisien serapan UV-Vis dengan energi.

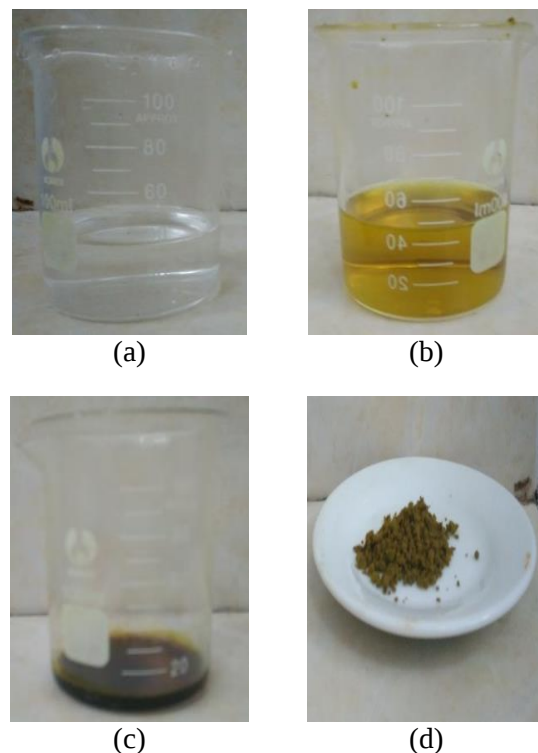
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pembentukan *Carbon Quantum Dot*

Penelitian ini berhasil membuat CQD dari asam sitrat dan urea dengan beberapa variasi seperti pada Gambar 1. CQD yang divariasikan dari asam sitrat yang ditambah 1 gr urea tidak

menghasilkan endapan tapi berupa larutan yang warnanya belum berubah masih bening atau tidak berwarna seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 (a). Penambahan urea 2,4 gr urea memperoleh hasil perubahan warna menjadi kekuning-kuningan setelah dipanaskan dalam *microwave* selama 4 menit. Hasil dapat dilihat pada warna larutan seperti pada Gambar 1 (b). Sedangkan larutan CQD untuk 3,2 gr Urea.

Hasil yang diperoleh berupa endapan CQD diperoleh untuk 3,2 gr urea dan asam sitrat 0,5 gr pada 10 ml aquades. Hasilnya dapat dilihat berupa padatan berwarna coklat ke kuning kuning. Padatan ini merupakan CQD yang digunakan sebagai *dye* pada CQD. Hasil tersebut merupakan hasil dari polimerasi.



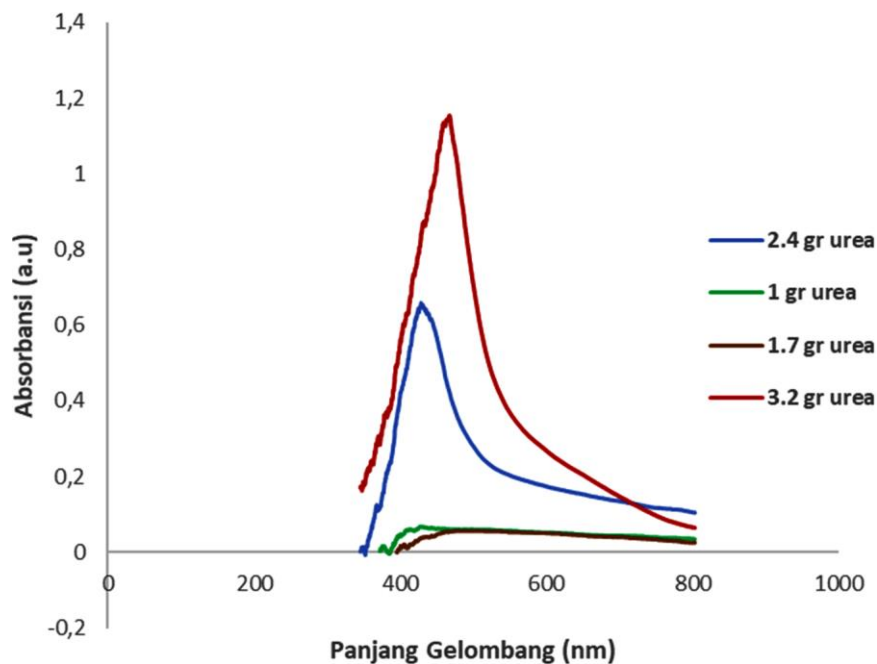
Gambar 1. Proses hasil sampel CQD yang terbentuk: (a) penambahan 1 gr urea; (b) CQD penambahan 2,4 gr urea; (c) CQD dengan penambahan 3,2 gr urea; (d) serbuk CQD terbentuk.

Hasil Pengujian *Carbon Quantum Dot* dengan Spektroskopi UV-Vis

Hasil uji CQD dengan penambahan 1 gr urea diperoleh panjang gelombang puncak absorpsi di 425,57 nm. Namun nilai yang diserap sangat kecil dengan penyerapan

sebesar 0,036. Hal ini dikarenakan sifat fisis dari larutan tidak berwarna. Jangkauan penyerapan yang kecil ini berada pada panjang gelombang 395 – 822 nm. Sedangkan hasil pengujian UV-Vis dengan penambahan 1,7 gr urea memperoleh panjang gelombang puncak absorpsi di 442,05 nm. Namun nilai yang diserap sangat kecil dengan penyerapan dengan nilai absorbansinya 0,042. Terjadi pergeseran panjang gelombang. Jangkauan penyerapan

berada di daerah cahaya tampak dengan jangkauan panjang gelombang 357,39 – 813 nm. Sampel CQD dengan variasi urea 2,4 gr diperoleh panjang gelombang puncak absorpsi di 434,71 nm. Namun nilai yang diserap sangat kecil dengan penyerapan dengan nilai absorbansinya 0,6. Terjadi pergeseran panjang gelombang. Jangkauan penyerapan berada di daerah cahaya tampak dengan panjang gelombang 348 – 799 nm.



Gambar 2. Spektrum absorpsi UV-Vis dari CQD.

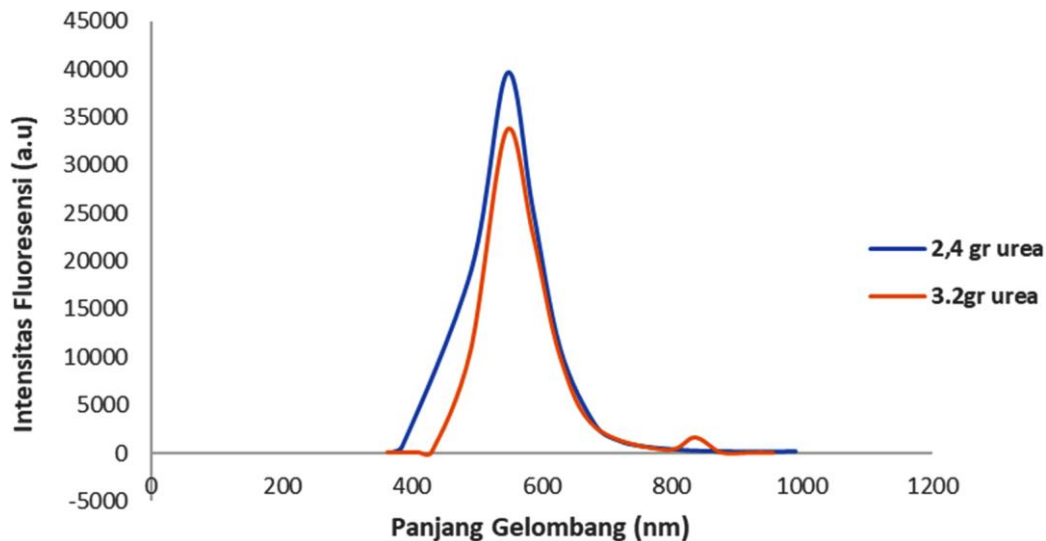
Sintesis CQD yang berasal dari asam sitrat ditambah dengan penambahan urea 3,2 gr memperoleh hasil spektrum absorpsi seperti pada Gambar 2. Puncak absorpsi diperoleh untuk panjang gelombang 469,81 nm dengan absorbansi 1,142. Terdapat pergeseran puncak bergeser ke kanan dengan penambahan urea dengan jangkauan panjang gelombang 391,44 – 539,24 nm. Bertambahnya massa urea semakin meningkat nilai absorbansinya. Daerah penyerapan CQD berada di daerah cahaya tampak. Penambahan urea juga menyebabkan terjadinya pergeseran puncak ke kanan dengan penambahan energinya semakin besar. CQD yang dihasilkan dari sintesis semuanya berada pada jangkauan 390 – 822 nm. Hal ini merupakan kontribusi transisi $n-\pi^*$ pada pita C=O dan transisi konjugat $\pi-\pi^*$ pada C=C [8].

Hasil Pengujian *Carbon Quantum Dot* dengan Spektroskopi Fluoresensi

Spektra hasil uji fluoresensi ditunjukkan pada Gambar 3. Penambahan urea 2,4 gr memiliki puncak eksitasi 544,49 nm dengan intensitas 33515,18 sedangkan untuk penambahan urea sebesar 3,2 gr memiliki puncak eksitasi 546,32 dengan intensitas 39598. Emisi yang dipancarkan CQD memancarkan warna hijau ketika ditembak dengan laser 405 nm. Intensitas fluoresensi dipengaruhi konsentrasi dari penambahan urea dan konsentrasi CQD. Partikel dengan ukuran yang lebih kecil akan tereksitasi di panjang gelombang yang lebih rendah dibandingkan partikel dengan ukuran lebih besar akan tereksitasi di panjang gelombang yang lebih

tinggi [9]. Dari spektra terlihat bahwa untuk penambahan urea 2,4 gr akan diprediksi memiliki ukuran CQD lebih kecil dibandingkan dengan ukuran CQD yang dihasilkan dengan penambahan urea 3,2 gr. Kehadiran fungsional grup pada permukaan CQD menghasilkan serangkaian emisi *trap* antara π dan π^* pada C-

C. Emisi merupakan fluoresensi juga sebagai akibat efek ukuran partikel dan cacat permukaan CQD [9]. Emisi yang dipancarkan CQD berasal dari asam sitrat dengan penambahan urea mengemisikan warna hijau seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Spektrum intensitas fluoresensi dari CQD.



Gambar 4. Hasil emisi CQD yang berasal dari asam sitrat dengan penambahan urea.

Hasil Perhitungan Energi Gap pada Carbon Quantum Dot

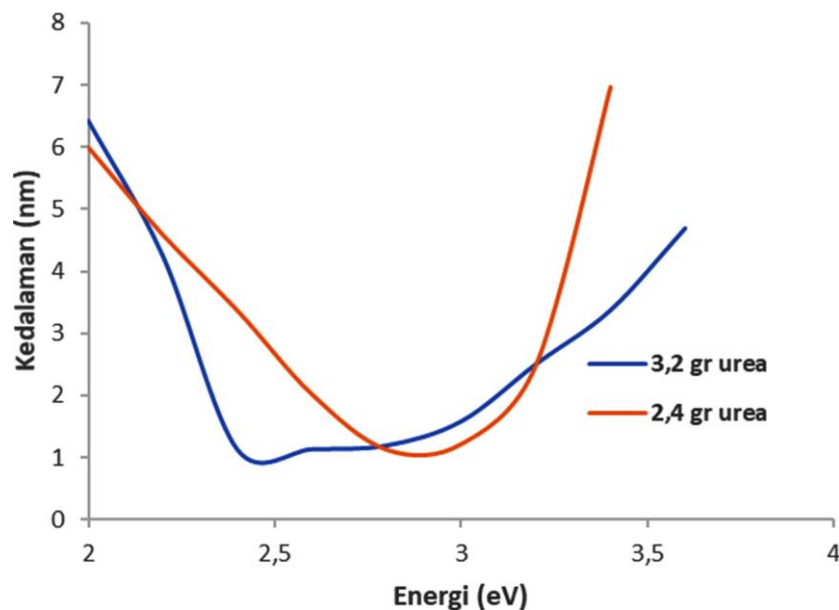
Pada penelitian ini diperoleh bahwa dengan penambahan massa urea terjadi pergeseran energi *gap* yang dimiliki oleh CQD. Sampel CQD hasil sintesis dengan penambahan urea 2,4 gr memiliki nilai energi *gap* lebih besar yaitu 2,4 eV . Sedangkan sampel CQD dengan sintesis dengan penambahan urea

sebesar 3,2 gr memiliki energi *gap* yang lebih kecil 2,32 eV. Nilai energi *bandgap* CQD memiliki hubungan dengan ukuran partikel CQD. Semakin kecil energi *bandgap* maka ukuran CQD semakin besar [10]. Jadi pada penelitian ini dengan penambahan urea pada saat sintesis dengan asam sitrat menyebabkan energi *gap* yang semakin kecil. Hal ini dapat memprediksi ukuran CQD semakin besar.

Tabel 1. Energi *gap* CQD.

Jenis sampel	Energi <i>gap</i> (eV)
CQD (2,4 gr urea)	2.40 (<i>direct</i>)
CQD (3,2 gr urea)	2.32 (<i>direct</i>)

Fungsi kedalaman CQD dapat dilihat pada Gambar 5. Terlihat dari fungsi tersebut kemampuan cahaya tampak diserap pada permukaan kuantum untuk CQD yang disintesis dengan penambahan urea 2,4 gr pada energi 2,4 eV sebesar 3,5 nm sedangkan untuk penambahan urea 3,2 gr pada saat sintesis, memiliki kemampuan kedalaman pada saat penyerapan 4 nm untuk energi 2,32 eV. Fungsi tersebut dapat memprediksikan dimensi CQD.



Gambar 5. Fungsi kedalaman CQD.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mensintesis CQD berbahan dasar asam sitrat dengan variasi urea. CQD yang dihasilkan memiliki karakteristik optik dengan fungsi kerja pada cahaya tampak dengan jangkauan 390 – 800 nm. Penambahan urea dapat menggeser daerah serapan ke daerah *red shift*. Warna pendaran larutan CQD dikenai laser 510 nm berwarna hijau. Energi *gap* dari CQD sebesar 2,4 eV dan 2,32 eV. Penambahan urea dapat menggeser pita energi *gap*.

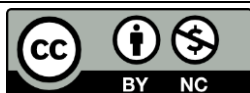
UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan sehingga penelitian ini dapat terselenggara berkat dana Hibah penelitian pemula Pusat Penelitian dan Penerbitan (Puslitpen) LP2M UIN Syarif Hidayatullah Jakarta yang telah mendukung kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Das, R., Bandyopadhyay, R., & Pramanik, P. (2018). Carbon quantum dots from natural resource: A review. *Materials today chemistry*, **8**, 96–109.
2. Apriyani, I. & Farma, R. (2021). Pembuatan elektroda karbon aktif dari tandan kosong buah aren dengan variasi suhu karbonisasi. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **18**(1), 58–63.
3. Lestari, A. N. I., Farma, R., Asyana, V., & Awitdrus, A. (2020). Fabrikasi dan karakterisasi elektroda karbon dari biomassa serabut buah nipah dengan variasi konsentrasi aktivator KOH. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(3), 127–133.
4. Bhartiya, P., Singh, A., Kumar, H., Jain, T., Singh, B. K., & Dutta, P. K. (2016). Carbon dots: Chemistry, properties and applications. *Journal of the Indian Chemical Society*, **93**(7), 759–766.
5. Wang, Y., & Hu, A. (2014). Carbon quantum dots: synthesis, properties and applications. *Journal of Materials Chemistry C*, **2**(34), 6921–6939.
6. Li, H., Shao, F. Q., Huang, H., Feng, J. J., & Wang, A. J. (2016). Eco-friendly and rapid microwave synthesis of green fluorescent graphitic carbon nitride quantum dots for vitro bioimaging. *Sensors and Actuators B: Chemical*, **226**, 506–511.
7. Makuła, P., Pacia, M., & Macyk, W. (2018). How to correctly determine the band gap energy of modified

- semiconductor photocatalysts based on UV–Vis spectra. *ACS Publications*, 6814–6817.
8. Bhaisare, M. L., Talib, A., Khan, M. S., Pandey, S., & Wu, H. F. (2015). Synthesis of fluorescent carbon dots via microwave carbonization of citric acid in presence of tetraoctylammonium ion, and their application to cellular bioimaging. *Microchimica Acta*, **182**(13), 2173–2181.
 9. Abd Rani, U., Ng, L. Y., Ng, C. Y., & Mahmoudi, E. (2020). A review of carbon quantum dots and their applications in wastewater treatment. *Advances in colloid and interface science*, **278**, 102124.
 10. Wang, L., Li, W., Yin, L., Liu, Y., Guo, H., Lai, J., Han, Y., Li, G., Li, M., Zhang, J., Vajtai, R., & Wu, M. (2020). Full-color fluorescent carbon quantum dots. *Science advances*, **6**(40), eabb6772.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)