

Perbandingan sifat optik Karbon Dots (C-Dots) dari daun mangga kering dan segar

A Qurrata, Isnaeni, D Tahir, N M Ramlan, dan R H Putri

Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan KM.10, Tamalanrea, Makassar 90245.
Laboratorium Laser, Pusat Penelitian Fisika (P2F),
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
Jl. Kawasan Puspiptek No. 441-442, Setu, Muncul, Tangerang Selatan, Banten 15314.

E-mail: ariniqurrataayun0@gmail.com

Abstrak. Karbon dots (C-dots) merupakan nanopartikel karbon dengan sifat berpendar dan dapat disintesis dari berbagai sumber karbon. Tantangan sintesis C-Dots adalah memanfaatkan sumber daya alam sebagai bahan bakunya. Dalam penelitian ini, sintesis C-Dots dari daun mangga kering dan daun mangga segar telah berhasil dilakukan. C-Dots yang dihasilkan dari kedua bahan ini berbentuk koloid. Sintesis C-Dots dengan metode bottom up dengan cara radiasi microwave selama 30 menit. Sifat fisis warna C-Dots daun mangga kering menunjukkan warna coklat gelap, sedangkan sifat fisis warna C-Dots daun mangga segar menunjukkan warna kuning terang. C-Dots daun mangga kering memiliki spektrum absorbansi cahaya pada panjang gelombang 290- 433 nm dengan intensitas tertinggi terukur pada panjang gelombang 382 nm. Sedangkan, untuk C-Dots daun mangga segar memiliki spektrum absorbansi cahaya pada panjang gelombang 290-385 nm dengan intensitas tertinggi terukur pada panjang gelombang 351 nm. Spektrum emisi C-Dots juga memperlihatkan perbedaan antara C-Dots dari daun mangga segar dan daun mangga kering.

1. Pendahuluan

Karbon merupakan material yang mudah didapatkan dari berbagai sumber kehidupan organik sehingga pengembangannya dibidang rekayasa material sangat populer, seperti grafit 3-dimensi, grafen 2-dimensi dan grafen oksida, karbon nanotube 1-dimensi, hingga karbon berukuran nanomaterial. Salah satu pengembangan karbon yang populer adalah karbon “kuantum” dots atau karbon nanodots (C-dots) didefinisikan sebagai material karbon berukuran nanopartikel yang berdimensi nol [1,2] dengan ukuran 2-10 nm [2, 3, 4] serta memiliki karakteristik menyerupai logam

berat berbasis quantum dots[5]. Buah-buahan, serat alami, telur ayam, dan beberapa bahan organik lainnya dapat digunakan sebagai sumber C-dots[4]. Pertama kali ditemukan oleh Xu, dkk tahun 2004 dari proses purifikasi karbon nanotube[4-5]. Karakteristik berupa ukuran kecil, metode produksi yang mudah[6], tersusun dari material amorf dan nanokristal, sebagian besar intinya berstruktur karbon *hybrid* sp²[4], tidak beracun, inert [1, 3], dan memiliki sifat fluorescence yang baik sehingga dapat diaplikasikan dibidang kimia analitis, terutama lingkungan, sensor biologi dan pencitraan[7]. Selain itu C-dots juga dapat diaplikasikan sebagai agen pembawa obat dan gen, agen pengembangan bakteri, fotokatalisator[8], optoelektronik [9].

Metode sintesis C-dots dibagi menjadi metode *Bottom Up* atau *Top Down*. Metode *Top Down* mensintesis C-dots dari potongan besar material karbon menjadi karbon berukuran nano, biasanya berasal dari material nonorganik. Teknik pemotongan menggunakan metode ablasi laser, kimia atau oksidasi elektrokimia biasa digunakan dalam metode ini. Sedangkan, metode *Bottom Up* mensintesis C-dots dari bahan organik menggunakan molekul prekursor seperti asam, karbohidrat, biomaterial, polimer, silika, dan komposit[10]. Teknik sintesis berupa hidrotermal [7], dan radiasi microwave [7, 11-12]. Sintesis C-dots dari sumber organik sudah banyak dilakukan seperti dari daun sup untuk aplikasinya sebagai sensor oleh Sachdev, dkk (2015)[13], penelitian Raman, dkk (2016) berhasil menyintesis C-dots dari alga dan digunakan pada bidang biomedis [14] dan Kukreja, dkk (2015) menunjukkan C-dots dari kulit mangga[15]. Metode sintesis ini selanjutnya akan mempengaruhi struktur permukaan C-dots. Permukaan C-dots dapat diaktifkan dengan doping menggunakan molekul organik yang kecil, polimer, unsur nonkarbon atau logam. Dengan mengaktifkan permukaan dapat meningkatkan sifat fotoluminesen, daya larut pada air, dan sifat lainnya[3].

C-dots memiliki diagram absorbansi UV-vis antara 260-550 nm, sedangkan panjang gelombang eksitasi bergantung pada spektrum emisi. Emisi C-dots bermacam-macam bergantung dari luas dan bentuk distribusi variabel fotoluminesen. Fotostabilitas C-dots yang tinggi sangat berguna untuk aplikasi sebagai *long-term imaging*[3]. Selain itu C-dots dapat digunakan untuk mendeteksi substansi seperti DNA[16] atau Logam berat[17] dan meningkatkan penguapan air bersih hingga 150%[18]. Mekanisme dari emisi fluoresensi pada C-dots menunjukkan rekombinasi radioaktif di antara elektron yang dan hole pada permukaannya[17].

Dalam penelitian ini mensintesis C-dots dari daun mangga menggunakan metode *bottom up* yakni radiasi microwave sehingga tidak memerlukan teknik oksidasi yang sulit dan asam kuat, dalam prosesnya cukup menggunakan larutan prekursor, berupa asam amino seperti lisina[11], amoniak[12], urea[1], dll. Berdasarkan penelitian sebelumnya metode ini relatif cepat, sederhana dan ramah lingkungan tetapi memiliki kekurangan yakni tidak mampu mengontrol ukuran C-dots yang dihasilkan[4]. C-dots yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi untuk mengetahui sifat optik yang dihasilkan berupa warna, spektrum serapan absorbansi, dan energi gapnya.

2. Metode Penelitian

Metode sintesis C-dots yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode *bottom-up*, radiasi microwave. Bahan yang digunakan diantaranya: daun mangga kering (3 gram), daun mangga segar (3 gram), dan aquades secukupnya.

Larutan prekursor C-dots dibuat dari bahan dasar daun mangga. Daun mangga terlebih dahulu dihaluskan. Tiga gram daun mangga yang telah halus kemudian diarturkan dengan 100 ml aquades. Pencampuran dilakukan menggunakan blender hingga larutan tercampur rata.

Proses radiasi larutan prekursor C-dots dilakukan selama 30 menit menggunakan microwave. Setelah proses radiasi berakhir, dihasilkan C-dots dalam bentuk bubuk. Proses homogenisasi dilakukan dengan cara mengaduk bubuk C-dots dalam 100 ml larutan aquades. Selanjutnya, larutan C-dots murni didapatkan dengan memisahkan material padatan dari cairannya menggunakan *centrifuge* dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit.

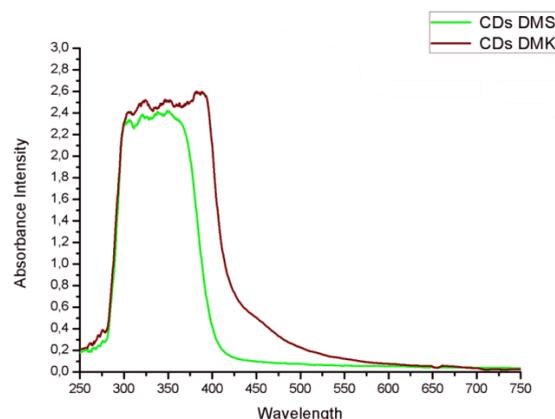
Pengujian dan karakterisasi larutan C-dots menggunakan alat spektrometer UV-vis dan spektrometer fluoresen. Hasil pengujian ini dapat digunakan untuk mengetahui sifat fisis dari C-dots DMK (Daun Mangga Kering) dan C-dots DMS (Daun Mangga Segar) meliputi : spektrum absorbansi dan energi gap (nilai lebar celah pita energi).

3. Hasil dan Pembahasan

Sintesis C-dots menggunakan metode radiasi microwave dari bahan dasar daun mangga kering dan daun mangga segar berhasil dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat optik yang dihasilkan berupa warna, spektrum serapan absorbansi dan energi gap C-dots.

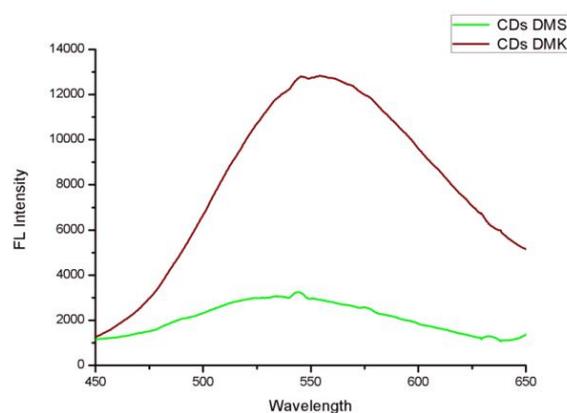
Sintesis C-dots didapatkan dari daun mangga yang divariasikan. Keadaan pertama, dimana daun mangga sebelumnya telah dikeringkan terlebih dahulu selama 7 hari (DMK). Sedangkan keadaan kedua, dimana daun mangga yang digunakan masih dalam keadaan segar tanpa proses pengeringan terlebih dahulu (DMS). Akibat dari perlakuan ini, maka didapatkan karakteristik sifat fisis warna yang berbeda dari kedua larutan. C-dots DMK menunjukkan warna coklat gelap sedangkan C-dots DMS menunjukkan warna kuning kehijauan.

Sifat absorbansi C-dots di uji menggunakan spektrometer UV-vis (*Ocean Opics MAYA 2000 Pro*). Spektrum absorbansi C-dots ditunjukkan pada gambar 1. Pada gambar dapat dilihat bahwa C-dots DMK menunjukkan spektrum absorbansi pada rentang panjang gelombang 290-433 nm dengan intensitas absorbansi tertinggi terukur pada panjang gelombang 382 nm. Sedangkan C-dots DMS menunjukkan spektrum absorbansi pada rentang panjang gelombang 290-385 nm dengan intensitas absorbansi tertinggi pada panjang gelombang 351 nm. Hal ini menunjukkan sintesis C-dots memiliki absorbansi pada daerah UV sesuai dengan penelitian sebelumnya yang enunjkkkan spektrum absorbansi C-dots terkur pada rentang panjang gelombang 260-550 nm[1,3,19,20]. Spektrum absorbansi pada daerah UV berhubungan dengan adanya senyawa terkonjugasi pada struktur C-dots dan daerah tersebut juga menuunjukkan adanya mekanisme transisi elektronik di dalam orbital π aromatik[1] dapat berupa ikatan transisi $\pi - \pi(C=O)$, transisi $n - \pi(C=O)$ atau lain sebagainya[21-22]. Spektrum absorbansi C-dots menunjukkan adanya pergeseran daerah panjang gelombang, hal ini dimungkinkan karena adanya perbedaan struktur permukaan C-dots DMK dan C-dots DMS. Sedangkan perbedaan intensitas absorbansi maksimal terukur menunjukkan banyaknya C-dots yang terbentuk.



Gambar 1. Spektrum Absorbansi C-Dots Daun Mangga Kering (DMK) dan Daun Mangga Segar (DMS)

Sifat luminesens C-dots dapat dilihat pada gambar 2 saat disinari dengan lampu UV C-dots dari daun mangga kering maupun daun mangga segar terlihat berpendar. Pendaran terjadi karena adanya pembangkitan elektron yang mendapatkan energi dari sinar UV. Energi ini akan menyebabkan teradinya fenomena eksitasi dan deeksitasi berupa loncatan elektron dari pita valensi ke pita konduksi pada keadaan tertentu elektron selanjutnya akan kembali mengisi kekosongan yang semula ditinggalkan, hal inilah yang selanjutnya menyebabkan pelepasan energi berupa pemancaran cahaya gelombang elektromagnetik. Pada gambar 2 dapat dilihat spektrum emisi yang dihasilkan C-dots berada pada panjang gelombang 450-650 nm pada spektrum warna hijau-kuning, dengan intensitas emisi tertinggi terukur pada panjang gelombang 550 nm. C-dots DMK menunjukkan intensitas emisi yang lebih besar dibandingkan dengan C-dots DMS. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan ukuran dari nanopartikel (efek kuantum) dan besar pemancaran energi oleh permukaan C-dots, dapat pula diasosiasikan sebagai derajat oksidasi pada permukaan C-dots[22].



Gambar 2. Spektrum Absorbansi C-ots Daun Mangga Kering (DMK) dan Daun Mangga Segar (DMS)

Besarnya energi gap dapat diperoleh dari spektrum absorbansi yang terukur. Dengan menggunakan metode Tauc Plot maka digunakan persamaan [1,20,23]:

$$\alpha^2 = \frac{hc}{\lambda} - E_g \quad (1)$$

Dimana hc/λ energi foton, E_g band gap dan α merupakan koefisien absorbansi, untuk daerah Tauc Plot $\alpha^2 \approx 0$ [20]. Dari perhitungan ini didapatkan band gap C-dots DMK sebesar 2,87 eV dan C-dots DMS sebesar 3,22 eV. Hasil ini menunjukkan besar band gap yang terukur lebih besar dibandingkan penelitian sebelumnya yang menunjukkan energi gap C-dots sebesar 2,4 eV[20] dari penelitian ini C-dots diaplikasikan sebagai katalisator semikonduktor dalam mendegradasi metilen biru. Penelitian serupa juga menunjukkan besar energi gap yang terukur dari C-dots daun tembakau kering berkisar antar 2,25 eV-2,7 eV[1].

4. Kesimpulan

Sintesis C-dots dari daun mangga berhasil dilakukan. Penelitian menunjukkan terdapat perbedaan sifat optik dari C-dots DMK dan C-dots DMS. Berdasarkan perhitungan band gap untuk C-dots DMK memiliki energi sebesar 2,87 eV dan C-dots DMS sebesar 3,22 eV. Intensitas absorbansi maksimal C-dots DMK terukur pada panjang gelombang 382 nm dan C-dots DMS pada panjang gelombang 351 nm dengan intensitas absorbansi tertinggi terukur pada C-dots DMK. Pergeseran daerah panjang

gelombang mengindikasikan adanya perbedaan struktur permukaan. Sedangkan perbedaan intensitas absorpsi menunjukkan jumlah C-dots yang terbentuk.

5. Daftar Pustaka

- [1] Dewi, A.R.C., Aji, M.P., dan Sulhadi 2016, "Absorbance Spectrum Carbon Nanodots (C-dots) Daun Tembakau", *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, vol.5, pp.129-134(p-ISSN: 2339-0654, e-ISSN: 2476-9398).
- [2] Dong, Y., dkk. 2013, 'Carbon-Based Dots Co-doped with Nitrogen and Sulfur for High Quantum Yield and Excitation-Independent Emission', *Quantum Dotsm*, vol.52, pp.7800-7804.
- [3] Peng, Z., dkk, 2017, "Carbon dots: Biomacromolecule interaction, bioimaging and nanomedicine", *Coordination Chemistry Reviews*, Vol 343, pp.256-277.
- [4] Nandari, P., dkk. 2017, 'Synthesis, Properties and biomedical application of carbon-based quantum dots: an update review', *Biomedicine & Pharmacotherapy*, vol. 87, pp.209-222.
- [5] Tuerhong, M., dkk. 2017, "Review on Carbon Dots and Their Applications". *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, Vol.45, pp.139-150.
- [6] Huo, X., dkk. 2017, "Modified Facile Synthesis for quantitatively Fluorescent Carbon Dots". *Carbon ELSEVIER*, Vol.122, pp. 389-394,
- [7] Yang, H., dkk. 2018, "A Portable Synthesis of Water-Soluble Carbon Dots for highly sensitive and Selective Detection of Chlorogenic Acid Based on Inner Filter Effect". *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy ELSEVIER*, Vol.189.
- [8] Zhang, Q., dkk. 2018, "Degradation of Indometacin by Simulated Sunlight Activated CDs-Loaded BiPO₄ Photocatalyst: Roles of Oxidative Species". *Applied Catalysis B: Environmental ELSEVIER*, Vol. 221, pp.129-139.
- [9] Wang, J., dkk. 2017, "Synthesis, Characterization and Cells and Tissues Imaging of Carbon". *Optical Materials ELSEVIER*, Vol. 72, pp. 15-19.
- [10] Sun, X., dkk. 2017, "Fluorescent Carbon Dots and Their Sensing Applications". *Trends in Analytical Chemistry ELSEVIER*, Vol. 89, pp. 163-180.
- [11] Guili, H., dkk. 2017, "Microwave Formation and Photoluminescence Mechanisms of Multi-State Nitrogen Doped Carbon Dots". *Applied Surface Science ELSEVIER*, Vol. 422, pp. 257-265.
- [12] Choi, Y., dkk. 2016, "Microwave-Assisted Synthesis of Luminescent and Biocompatible Lysine-Based Carbon Quantum Dots". *Journal of Industrial and Engineering Chemistry ELSEVIER*, pp.1-7.
- [13] Li, L., dkk 2017, 'One-step Hydrothermal Synthesis of Nitrogen and Sulfur-co-doped Carbon Dots From Ginkgo Leaves and Application in Biology', *Materials Letters*, vol.17.
- [14] Ramanan, V., dkk. 2016, 'An Outright Green Synthesis of Fluorescent Carbon Dots from Eutrophic Algal Blooms for In Vitro Imaging', *Sustainable Chemistry & Engineering*.
- [15] Shen, C.L., dkk. 2017, "Carbon Nanodots as Dual-Mode Nanosensors for Selective Detection of Hydrogen Peroxide", *Nanoscale Research Letters*, vol.12, pp.1-10.
- [16] Bai, W.J., dkk. 2011, 'A Carbon Dots-based Fluorescence Turn-on Method for DNA Determination', *Analytical Sciences*, vol. 27, pp.243-246.
- [17] Liu, J.M., dkk. 2012, 'Highly selective and Sensitive Detection of Cu²⁺ with Lysine Enhancing Bovine Serum Albumin Modified-carbon Dots Fluorescent Probe', *Analyst*, pp.2637-2642.

- [18] Nuryadin, B.W. 2016, 'Synthesis and Optimization od Carbon Nanoparticles (C-dots) As Absorber Materials for Solar Distillation Application', *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, vol.12, No. 2. Pp. 137-141.
- [19] Parven, M., dkk. 2016, "Synthesis of Fluorescent Carbon Dots From the Leaves of Miletion Piannata for Detection of Allura Red in Food Samples", *International Journal of Researcch in Pharmacology & Pharmacotherapeutics*, pp. 90-93.
- [20] Soltani, N., dkk. 2012, "Visible Light-Induced Degradation of Methylene Blue in The Presence of Photocatalytic ZnS and Cds Nanoparticles", *International Journal of Molecular Sciences*, Vol.13, pp.12242-12258.
- [21] Wang, Y., dkk. 2014, "Carbon Quantum Dots: Synthesis Properies and Applications", *Journal of Materials Chemistry C*, vol.2, pp. 6921-6939.
- [22] Kumari, A., dkk. 2018, "Synthesis of Green Fluorescent Carbon Quantum Dots Using Waste Polyolefins Residue for Cu²⁺ Ion Sensing and Live Cell Imaging", *Sensors and Actuators B:Chemical ELSEVIER*, Vol.254, pp. 197-205.
- [23] Tumuluri, A., dkk. 2014, "Band Gap Determiation Using Tauc's Plot for LiNbO₃ thin films", *International Coference on Material and Characterization Techniques*, vol.6, pp.3353-3356.