

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2017.02.MPS.04

ANALISIS FOTOLUMINESSENSI KARBON DOT DARI DAUN TEH DAN DAUN PEPAYA DENGAN TEKNIK MICROWAVE

Alvin Dior Al Ghifari^{1, a)}, Wahyu Pratama Putra^{2, b)}, Isnaeni^{3, c)}

¹*Prodi Fisika FST UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, Jl. Ir. H. Juanda No. 95, Tangerang Selatan, Banten 15412*

²*Prodi Fisika FMIPA Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Doktor Soeparno No. 61, Purwokerto, Jawa Tengah 53122*

³*Pusat Penelitian Fisika, LIPI, Kawasan Puspiptek, Tangerang Selatan, Banten 15314*

Email: ^{a)}alvindior@gmail.com, ^{b)}putra_w40@yahoo.com, ^{c)}isnaeniusman@gmail.com

Abstrak

Telah dibuat nanopartikel karbon dot dari daun teh olahan dan daun pepaya dengan menggunakan teknik microwave. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari perubahan sifat optik pendaran nanopartikel karbon dot dengan uji fotoluminesensi. Untuk membuat karbon dot, daun teh olahan dan daun pepaya diekstrak menggunakan blender dan aquades, kemudian diletakkan dalam oven microwave 5, 10, 20 dan 40 menit. Penyaringan lanjutan dilakukan untuk mendapatkan nanopartikel karbon dot yang homogen. Pengujian fotoluminesensi dilakukan dengan mengeksitasi koloid karbon dot dengan laser dioda pada panjang gelombang 405 nm. Pendaran cahaya karbon dot direkam spektrometer. Pada umumnya pendaran cahaya karbon dot menghasilkan warna biru kehijauan. Hasil pengujian fotoluminesensi menunjukkan bahwa kurva pendaran karbon dot dari daun teh berbeda dengan daun pepaya. Waktu pemanasan sampel dalam microwave juga berpengaruh pada kurva pendaran karbon dot. Perubahan kurva pendaran menunjukkan struktur pita energi pada karbon dot tersebut. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa karbon dot dari bahan alam dapat mudah dibuat dengan teknik microwave dan sifat optiknya dapat diuji dengan teknik fotoluminesensi.

Kata-kata kunci: karbon dot, fotoluminesensi, daun teh, daun pepaya.

Abstract

Carbon dot nanoparticles from processed tea leaves and papaya leaves produced using microwave technique have been made. The purpose of this research was to study the change of optical properties of carbon dot nanoparticles luminescence with photoluminescence test. To make carbon dots, processed tea leaves and papaya leaves were extracted using blender and distilled water, then were put in microwave oven for 5, 10, 20 and 40 minutes. Filtering was done for getting homogeneous carbon dot nanoparticles. Photoluminescence test was performed by exciting the colloidal carbon dot with a diode laser at a wavelength of 405 nm. Luminescent light of carbon dot was recorded by spectrometer. In general, luminescent light of carbon dots was cyan. The results of photoluminescence test showed that the luminescence curves of tea leaves and of papaya leaves were different. The sample heating time in microwave also affected the carbon dot luminescence curves. The change in the luminescence curve showed the structure of energy band on the carbon dot. From this study it can be concluded that carbon dot from natural materials can be easily made by microwave technique and photoluminescence technique can analyze the optical properties.

Keywords: carbon dots, photoluminescence, tea leaves, papaya leaves.

PENDAHULUAN

Karbon dot (*carbon dots*) merupakan salah satu jenis nanomaterial karbon tipe 0 dimensi dengan bentuk struktur kuasi-sferis berukuran kurang dari 10 nm [1,2]. Karbon dot ditemukan secara tidak sengaja pada tahun 2004 sebagai salah satu zat yang dihasilkan dari proses purifikasi jenis nanomaterial lain yaitu *single-walled carbon nanotubes* (SWNT) [3,4]. Walaupun ditemukan secara tidak sengaja, karbon dot memiliki sifat menarik sehingga perlu diteliti lebih lanjut [4]. Dari berbagai penelitian lanjutan tersebut, ternyata karbon dot dapat memiliki banyak aplikasi [5].

Secara umum aplikasi karbon dot dapat dibagi dua, yaitu aplikasi dalam ilmu bahan (*materials science*) dan aplikasi berorientasi biologis. Dalam bidang ilmu bahan, karbon dot berguna sebagai sensor kimiawi, sel surya, dan berbagai aplikasi lain dalam bidang optoelektronika dan fotonika [5,6]. Dalam aplikasi biologis, karbon dot berguna dalam hal *bioimaging* dan biosensor, serta berpotensi sebagai agen terapeutik untuk beberapa penyakit [2]. Aplikasi yang lebih menonjol untuk karbon dot adalah aplikasi berorientasi biologis. Hal ini karena untuk aplikasi bidang optoelektronika dan fotonika, misalnya untuk LED, kuantum dot masih lebih baik. Minat untuk mengembangkan kuantum dot untuk aplikasi biomedis juga ada. Namun kuantum dot ini terbuat dari bahan anorganik dan banyak peneliti yang berpendapat bahwa kuantum dot beracun, sehingga tidak akan diterapkan pada manusia [7]. Karbon dot sesuai untuk aplikasi biologis karena dapat dibuat dari bahan-bahan organik [5].

Untuk membuat karbon dot, terdapat dua rute sintesis yaitu *top-down* dan *bottom-up*. Rute sintesis *top-down* mensintesis karbon dot dengan cara memecah rantai karbon besar (*bulk materials*) menjadi nanopartikel karbon dot. Metode sintesis yang termasuk ke dalam kategori *top-down* di antaranya ablasi laser, sintesis elektrokimia, *plasma treatment*, dan *arc discharge*. Sedangkan rute sintesis *bottom-up* mensintesis karbon dot dari molekul material mentah (*raw materials*). Metode sintesis yang termasuk ke dalam kategori *bottom-up* adalah pembakaran, *microwave*, hidrotermal, ultrasonik, *supported synthetic*, dan oksidasi asam [8].

Aplikasi karbon dot tentu dapat terjadi akibat adanya sifat-sifat (*properties*) yang dimiliki karbon dot. Karena dapat diaplikasikan pada makhluk hidup, karbon dot dikatakan biokompatibel. Selain itu karbon dot juga memiliki stabilitas larutan dan fotostabilitas yang baik. Dalam hal sifat optik, karbon dot memiliki pendaran yang baik, unik, dan dapat diatur (*tunable*) [9,10].

Sifat optik dari karbon dot itulah yang akan diamati dalam penelitian kali ini. Pendaran dari sampel yang dibuat akan diamati dan dijadikan indikator apakah sudah terbentuk karbon dot. Karena karbon dot dapat dibuat dari bahan organik, maka akan dipilih bahan alam sebagai sampel. Selain mempertimbangkan biokompatibilitas, bahan alam dipilih karena mudah didapat dan karbon dot dari bahan alam dapat menjadi alternatif bagi pengolahan limbah. Teknik sintesis menggunakan oven *microwave* dipilih karena teknik ini sederhana dan cepat. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah membuat karbon dot dari bahan alam yaitu daun teh dan daun pepaya dengan teknik *microwave*, serta melakukan uji karakterisasi fotoluminesensi untuk mengetahui sifat optik dari karbon dot yang telah dibuat.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, tahap-tahap yang dilakukan adalah preparasi sampel, ekstraksi sampel, pemanasan dalam oven *microwave*, pelarutan kembali sampel, dan uji karakterisasi fotoluminesensi.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2 g daun teh olahan dan 20 g daun pepaya. Daun tersebut kemudian masing-masing diekstrak menggunakan blender dan aquades. Ekstrak daun teh dibuat menggunakan 100 mL aquades, dan ekstrak daun pepaya menggunakan 140 mL aquades. Kemudian larutan ekstrak disaring menggunakan kertas saring *grade 41* dengan ukuran pori 20 μm . Pembuatan larutan ekstrak ini bertujuan untuk memecah rantai karbon dari daun teh dan daun pepaya. Sintesis karbon dot pada penelitian ini menggunakan metode/teknik *microwave* yang merupakan sintesis *bottom-up*, sehingga dibutuhkan molekul-molekul karbon yang lebih kecil. Teknik ini dilakukan dengan memanaskan sampel dalam oven *microwave*.

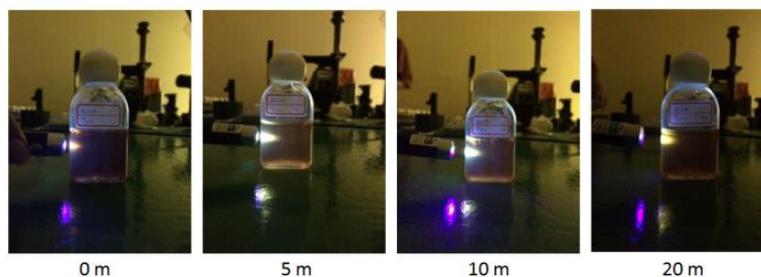
Ekstrak daun teh dan daun pepaya yang sudah disaring kemudian dibagi menjadi 20 mL ke dalam beberapa botol. Untuk daun teh, satu botol disimpan sebagai sampel tanpa perlakuan *microwave* (0

menit), dan tiga botol untuk perlakuan *microwave*. Waktu pemanasan dalam oven *microwave* untuk daun teh ini adalah 5, 10, dan 20 menit. Untuk daun pepaya, satu botol disimpan sebagai sampel tanpa perlakuan *microwave* (0 menit), dan empat botol untuk perlakuan *microwave*. Waktu pemanasan dalam oven *microwave* untuk daun pepaya ini adalah 5, 10, 20, dan 40 menit. Sampel-sampel tersebut dimasukkan ke dalam gelas ukur, lalu gelas berisi sampel tersebut dimasukkan ke dalam oven *microwave*. Pemanasan dalam oven *microwave* dilakukan satu per satu sesuai jenis (daun teh dan daun pepaya) dan lama pemanasan yang sudah disebutkan. Setelah sampel-sampel tersebut dipanaskan dalam oven *microwave*, maka air akan menguap dan terbentuk kerak pada wadah gelas ukur. Kerak tersebut kemudian dilarutkan kembali dengan aquades 20 mL. Kemudian dilakukan penyaringan kembali agar didapat koloid yang homogen. Didapatlah empat botol sampel daun teh dan lima botol sampel daun pepaya. Sampel daun teh terdiri dari satu botol ekstrak dan tiga botol koloid karbon dot. Sampel daun pepaya terdiri dari satu botol ekstrak dan empat botol koloid karbon dot.

Sampel yang sudah jadi tersebut kemudian masing-masing diuji karakterisasi fotoluminesensi. Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah sudah terbentuk spektrum pendaran karbon dot. Digunakan alat spektrometer beserta program komputernya. Data yang diambil adalah spektrum panjang gelombang terhadap intensitas pendaran. Pendaran dihasilkan akibat eksitasi atom karbon dot oleh laser dioda 405 nm. Digunakan sebuah lensa untuk memfokuskan sinar laser. Sinar laser tersebut kemudian mengenai kuvet yang berisi koloid sampel karbon dot. Pendaran dari sampel kemudian ditangkap oleh lensa pengumpul lalu difokuskan menuju detektor spektrometer. Setelah itu grafik fotoluminesensi akan terbaca pada komputer.

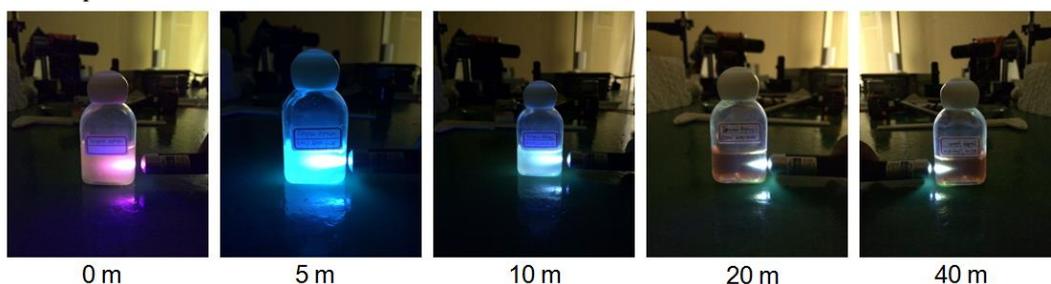
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel koloid karbon dot yang sudah jadi berwarna kecoklatan (seperti warna seduhan teh) baik pada sampel daun teh maupun daun pepaya. Ekstrak daun teh berwarna kecoklatan, dan ekstrak daun pepaya berwarna kehijauan. Kemudian masing-masing sampel dieksitasi oleh laser biru 405 nm sehingga berpendar.



GAMBAR 1. Sampel daun teh dieksitasi menggunakan laser 405 nm.

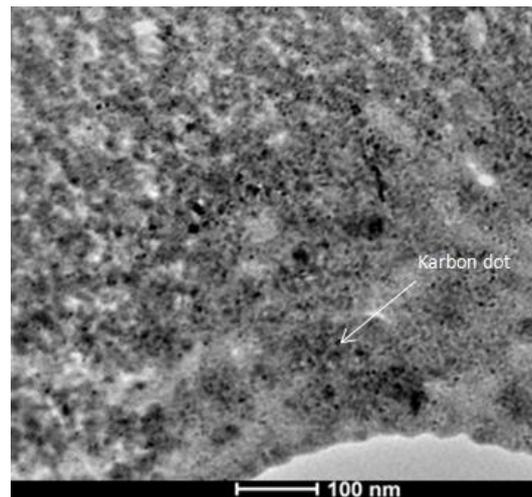
Pada GAMBAR 1, terlihat bahwa sudah terjadi pendaran warna biru kehijauan pada sampel daun teh, bahkan pada sampel sebelum perlakuan *microwave*. Hal ini menimbulkan dugaan bahwa spektrum sebelum dan sesudah pemanasan oven *microwave* pada sampel daun teh adalah sama, yang artinya ada spektrum karbon dot sebelum dilakukan teknik *microwave*.



GAMBAR 2. Sampel daun pepaya dieksitasi menggunakan laser 405 nm.

Pada GAMBAR 2, terlihat pendaran cahaya biru hingga biru kehijauan pada sampel daun pepaya dengan waktu pemanasan oven *microwave* 5, 10, 20, dan 40 menit. Pada sampel 0 menit atau sebelum dipanaskan dalam oven *microwave*, pendaran cahaya berwarna ungu, yang menimbulkan dugaan bahwa terdapat warna merah dalam spektrumnya.

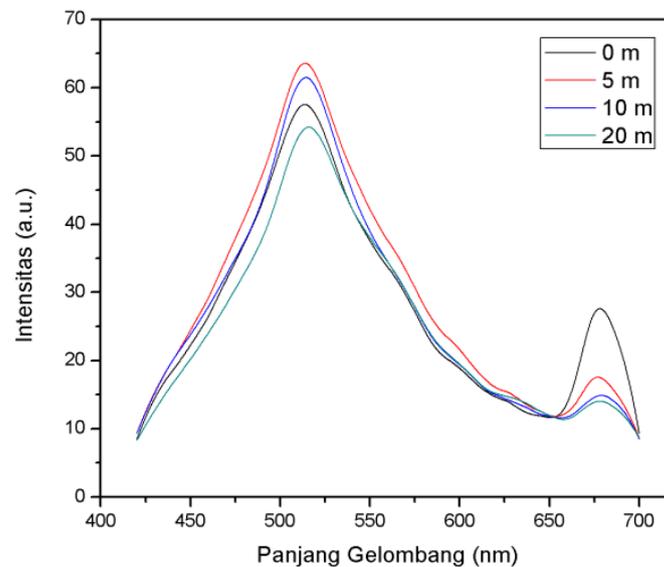
Analisis fotoluminesensi dilakukan untuk melihat adanya puncak karbon dot dalam spektrum sampel. Hal ini mengindikasikan bahwa karbon dot sudah terbentuk. Namun untuk memastikan sudah benar-benar terbentuk karbon dot, perlu dilakukan uji karakterisasi lain. Dalam penelitian ini, salah satu sampel yaitu daun pepaya diuji karakterisasi menggunakan TEM (*Transmission Electron Microscopy*). Pengujian TEM ini hanya berfungsi sebagai acuan bahwa memang benar sudah terbentuk karbon dot dengan teknik *microwave*.



GAMBAR 3. Hasil TEM karbon dot daun pepaya.

Dari GAMBAR 3, dapat dilihat bahwa sudah terbentuk nanopartikel karbon dot. Titik-titik hitam pada hasil pengujian TEM di atas merupakan nanopartikel karbon dot. Titik hitam tersebut tidak terlihat jelas dan berbeda ukuran karena karbon dot yang menumpuk satu sama lain. Jika mengacu pada titik hitam kecil pada gambar dan membandingkannya dengan skala yang tertera, dapat diketahui bahwa ukuran nanopartikel tersebut adalah kurang dari 10 nm, yang sesuai dengan ukuran karbon dot menurut literatur [1].

Selanjutnya akan diasumsikan bahwa puncak spektrum warna biru kehijauan yang terbentuk akibat eksitasi oleh laser 405 nm pada sampel dengan pemanasan oven *microwave* adalah puncak emisi karbon dot.



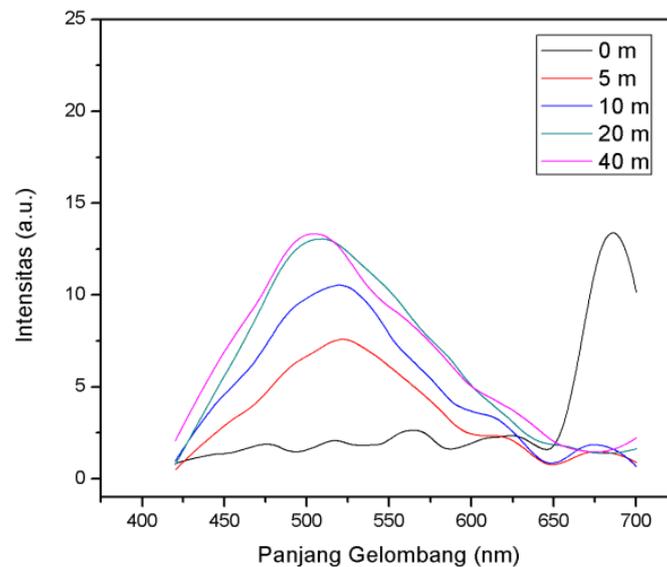
GAMBAR 4. Spektrum pendaran daun teh.

Dari GAMBAR 4, terlihat spektrum pendaran untuk sampel daun teh dengan variasi lama pemanasan oven *microwave*. Pada panjang gelombang 420-650 nm terdapat spektrum-spektrum karbon dot dengan puncak di sekitar 515 nm. Untuk spektrum karbon dot daun teh, urutan puncak emisi dengan intensitas mulai dari yang terendah sampai tertinggi yaitu sampel 20, 0, 10, dan 5 menit. Puncak sampel 20 menit berada di panjang gelombang 515,67 nm. Sedangkan puncak sampel 0, 5, dan 10 menit berada di panjang gelombang 514,57 nm. Dengan berbagai variasi lama pemanasan oven *microwave*, bentuk spektrum pendaran karbon dot daun teh sama, hanya berbeda intensitas.

Puncak warna biru kehijauan pada sampel dengan pemanasan oven *microwave* sudah diasumsikan sebagai puncak emisi karbon dot. Dengan memperhatikan bentuk spektrum, dapat diduga bahwa zat yang sama menghasilkan bentuk spektrum yang sama. Ekstrak daun teh (sampel 0 menit) memiliki bentuk spektrum warna biru kehijauan yang sama dengan koloid karbon dot (sampel 5, 10, dan 20 menit). Sehingga, pada sampel daun teh sudah terbentuk karbon dot sebelum dilakukan pemanasan oven *microwave*. Diduga hal ini terjadi karena daun teh yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun teh olahan yang sudah melalui proses pemanasan.

Lama pemanasan oven *microwave* berpengaruh terhadap intensitas pendaran karbon dot daun teh. Ketika dipanaskan selama 5 menit, intensitas pendaran karbon dot daun teh meningkat. Lalu intensitas ini menurun pada lama pemanasan 10 menit, dan turun lagi pada lama pemanasan 20 menit hingga di bawah intensitas pendaran ekstrak daun teh.

Pada panjang gelombang 650-700 nm terdapat spektrum lain. Intensitas spektrum tersebut lebih rendah dibandingkan dengan intensitas spektrum karbon dot. Puncak tertinggi yaitu pada sampel daun teh 0 menit atau sebelum dipanaskan dalam oven *microwave*. Setelah dipanaskan dalam oven *microwave* spektrum ini intensitasnya menurun, yang artinya kandungan zat penyebab spektrum ini juga menurun. Spektrum pada rentang panjang gelombang tersebut merupakan spektrum klorofil [11].



GAMBAR 5. Spektrum pendaran daun pepaya.

Dari GAMBAR 5, terlihat spektrum pendaran daun pepaya. Pada rentang panjang gelombang 420-650 nm, terdapat spektrum karbon dot untuk sampel yang sudah dipanaskan dalam oven *microwave*, sedangkan untuk sampel 0 menit belum terdapat spektrum karbon dot. Untuk spektrum karbon dot daun pepaya, urutan puncak emisi dengan intensitas mulai dari yang terendah sampai tertinggi yaitu sampel 5 menit, 10 menit, 20 menit, dan 40 menit. Puncak sampel 5 menit berada pada panjang gelombang 520,09 nm. Puncak sampel 10 menit berada pada panjang gelombang 515,45 nm. Puncak sampel 20 menit berada pada panjang gelombang 501,5 nm. Puncak sampel 40 menit berada pada panjang gelombang 501,05 nm. Sama seperti spektrum daun teh, pada panjang gelombang 650-700 nm juga terdapat spektrum klorofil. Namun spektrum klorofil ini hanya terdapat pada sampel 0 menit.

Pada ekstrak daun teh, tidak terdapat puncak emisi karbon dot. Puncak emisi karbon dot baru terbentuk pada sampel yang telah dipanaskan dalam oven *microwave*. Hal ini sesuai dengan teori bahwa teknik *microwave* merupakan salah satu cara sintesis karbon dot dari bahan alam [3]. Dari GAMBAR 5, terlihat bahwa lama pemanasan mempengaruhi intensitas pendaran karbon dot daun pepaya. Semakin lama pemanasan oven *microwave*, semakin tinggi intensitas pendaran karbon dot daun pepaya.

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah karbon dot dapat dibuat dari bahan alam dengan teknik *microwave* dan sifat optiknya dapat diuji dengan metode fotoluminesensi. Dapat diketahui telah terbentuk karbon dot pada sampel daun teh dan daun pepaya dari dua indikator, yaitu munculnya puncak emisi cahaya pada rentang panjang gelombang 420-650 nm dan hasil pengujian TEM. Pada sampel daun teh karbon dot telah terbentuk sebelum pemanasan oven *microwave*, hal ini dapat diketahui dari munculnya puncak emisi cahaya pada sampel daun teh yang belum dipanaskan. Sedangkan pada sampel daun pepaya, karbon dot terbentuk setelah dilakukan pemanasan. Lamanya waktu pemanasan berpengaruh terhadap tingginya puncak emisi karbon dot.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada kelompok penelitian laser di Pusat Penelitian Fisika (P2F) Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), yang telah memberikan izin bagi kami untuk melakukan penelitian ini di laboratorium laser P2F – LIPI.

REFERENSI

- [1] F. R. Baptista *et al.*, “Recent developments in carbon nanomaterial sensors,” *Chem. Soc. Rev.*, vol. 44, no. 13, pp. 4433-4453, May 2015.
- [2] K. Hola *et al.*, “Carbon dots—emerging light emitters for bioimaging, cancer therapy and optoelectronics,” *Nanotoday*, vol. 9, no. 5, pp. 590-603, Oct. 2014.
- [3] N. R. Pires *et al.*, “Novel and fast microwave-assisted synthesis of carbon quantum dots from raw cashew gum,” *J. Braz. Chem. Soc.*, vol. 26, no. 6, pp. 1274-1282, Jun. 2015.
- [4] X. Xu *et al.*, “Electrophoretic analysis and purification of fluorescent single-walled carbon nanotube fragments,” *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 126, no. 40, pp. 12736-12737, Sep. 2004.
- [5] R. Jelinek, *Carbon Quantum Dots: Synthesis, Properties, and Applications* (Carbon Nanostructures Series). Switzerland: Springer, 2017.
- [6] S. Paulo *et al.*, “Graphene and carbon quantum dot-based materials in photovoltaic devices: from synthesis to applications,” *Nanomaterials*, vol. 6, no. 9, pp. 157-176, Aug. 2016.
- [7] K. M. Tsoi *et al.*, “Are quantum dots toxic? exploring the discrepancy between cell culture and animal studies,” *Acc. Chem. Res.*, vol. 46 no. 3, pp. 662-671, Aug. 2012.
- [8] A. Zhao *et al.*, “Recent advances in bioapplications of C-dots,” *Carbon*, vol. 85, pp. 309-327, Apr. 2015.
- [9] S. Sahu *et al.*, “Simple one-step synthesis of highly luminescent carbon dots from orange juice: application as excellent bio-imaging agents,” *Chem. Commun.*, vol. 48, no. 70, pp. 8835-8837, 2012.
- [10] X. T. Zheng *et al.*, “Glowing graphene quantum dots and carbon dots: properties, syntheses, and biological applications,” *Small*, vol. 11, no. 14, pp. 1620-1636, Dec. 2014.
- [11] E. Sikorska *et al.*, “Analysis of olive oils by fluorescence spectroscopy: methods and applications,” in *Olive Oil – Constituents, Quality, Health Properties and Bioconversions*, B. Dimitrios, Ed. Croatia: InTech, 2012.

