

## SINTESIS DAN KARAKTERISASI KARBON NANODOTS BERBASIS KULIT SINGKONG

**Beatrix M. Nahak, Bartholomeus Pasangka dan Zakarias S. Ngara**

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana,

Kupang NTT, 85111, Indonesia

E-mail: zakariasngara@staf.undana.ac.id

### Abstrak

*Dalam penelitian ini, Kami menyajikan fabrikasi karbon nanodots (K-dots) berbasis kulit singkong dan sintesis K-dots dengan logam tembaga (Cu). Tujuan penelitian ini adalah a) menganalisis spektrum serapan, photoluminisens (PL), dan FTIR K-dots sebelum disintesis dengan logam Cu, b) menentukan nilai limit of detection (LOD) konsentrasi logam Cu yang dapat dideteksi oleh K-dots. K-dots berbasis kulit singkong difabrikasi menggunakan metode annealing yang diikuti dengan proses sonikasi, sentrifugasi dan penyaringan. K-dots berbasis kulit singkong ini memancarkan warna emisi biru ketika diradiasi dengan lampu UV 365nm dan memiliki photostabilitas tinggi. Berdasarkan hasil-hasil pengukuran data, jangkauan spektrum serapan material K-dots dengan konsentrasi 1,25 mg/ml adalah 220 sampai dengan 311 nm dengan puncak serapan pada 264 nm. Ketika dieksitasi pada panjang gelombang 340 nm, jangkauan spektrum PL adalah 360 sampai dengan 600 nm dengan puncak PL pada 395 nm yang bersesuaian dengan warna emisi birunya. Pada konsentrasi 1,25 mg/ml, nilai celah energi K-dots yang diperoleh dalam penelitian ini adalah 4,69 eV dan bersifat transisi langsung. Keberadaan ikatan C=O dan O-H dalam spektrum FTIR K-dots ini menunjukkan bahwa permukaan K-dots ditutupi oleh gugus karbonil dan hidroxil sehingga K-dots memiliki kelarutan yang baik dalam air. Ketika K-dots direaksikan dengan logam Cu, intensitas PLnya melemah. Nilai LOD yang diperoleh dalam penelitian ini adalah 1,61  $\mu$ M. Dengan tingkat photostabilitas yang tinggi dan memancarkan warna emisi biru serta melemahnya intensitas PL K-dots ketika disintesis dengan logam Cu, K-dots ini memiliki potensi yang signifikan untuk dapat dimanfaatkan sebagai sensor terhadap logam Cu dan piranti-piranti elektronik lainnya.*

**Kata Kunci :** Sintesis; kulit singkong; K-dots; logam tembaga

### Abstract

*In this research, We demonstrate the fabrication of carbon nanodots (C-dots) from cassava peel and the synthesis of C-dots with copper metal. The objectives of this research are to a) analyze the absorption spectrum, photoluminisens (PL), and FTIR of C-dots before were synthesized with copper metal, b) determine the limit of detection (LOD) value of copper metal concentration that can be detected by C-dots. C-dots from cassava peel were prepared using the annealing method which was followed with sonication, centrifugation and filtering process. These C-dots emit blue emission colour when irradiated with UV lamp at 365 nm and had high photostability. Based on the results of data measurement, the range of absorption spectrum of C-dots with a concentration of 1.25 mg/ml is from 220 to 311 nm with an absorption peak at from 264 nm. When excited at a wavelength of 340 nm, the PL spectrum range is from 360 to 600 nm with a PL peak at 395 nm which corresponds with their blue emission color. At a concentration of 1.25 mg/ml, the energy gap value of these C-dots is 4.69 eV and direct transition. The presence of C=O and O-H bonds in the FTIR spectrum of C-dots shows that the surface of C-dots is covered by carbonyl and hydroxyl groups so C-dots have good solubility in water. When C-dots were reacted with copper metal, the PL intensity of the C-dots weakened. The obtained LOD value is 1.61  $\mu$ M. By high photostability and emit blue emission color as well as the quenching of PL intensity of C-dots, these C-dots have significant potential to be used as sensor to the copper metal and other electronics devices.*

**Keywords :** Synthesis; cassava peel; C-dots; copper metal

## PEDAHULUAN

Nanoteknologi adalah ilmu dalam penciptaan nano material, sebagai material fungsional, pada piranti-piranti elektronik. Suatu bahan tergolong nano material jika memiliki ukuran 1 sampai dengan 100 nm [1]. Salah satu jenis nano material yang sedang berkembang saat ini adalah material karbon nanodots (K-dots). Material K-dots pertama kali ditemukan pada tahun 2006 dengan teknik laser ablasi oleh Sun, dkk [2]. Sejak saat itu, penelitian tentang bahan K-dots terus dilakukan oleh berbagai ilmuwan dimana material K-dots memiliki sifat-sifat yang khas, khususnya memiliki fluoresens tinggi sehingga bahan K-dots dapat digunakan sebagai sensor [3]. Material K-dots tersusun dari material yang organik yang mengandung unsur karbon dan tidak beracun [4]. K-dots merupakan material yang termasuk ke dalam kelas 0 dimensi, dengan ukuran 2 sampai dengan 10 nm, berstruktur amorf dan berbentuk bola [5]. K-dots memiliki emisi dalam rentang cahaya tampak [6]. Emisi K-dots berasal dari elektron yang mengalami perpindahan dari keadaan tereksitasi ke keadaan dasar dengan memancarkan cahaya [7]. Sifat K-dots lainnya yaitu fotostabilitas yang tinggi, biokompatibilitas yang baik, dan preparasi yang mudah.

Sejak material K-dots ditemukan oleh Sun, dkk pada tahun 2006 dengan laser ablasi [2], Sejumlah metode telah dikembangkan untuk membuat K-dots seperti metode microwave [8], dan hidrotermal [9]. Sejauh ini, ada sejumlah penelitian tentang pembuatan K-dots dari bahan organik seperti kulit semangka [10], bawang putih [11], kulit jeruk [12], jus jeruk [13], sekam padi [14], Jus sirsak, [15], serbuk beras [16], beras ketan hitam [17] dan kulit sirsak [18]. Dalam penelitian K-dots berbasis kulit sirsak, K-dots direaksikan dengan logam Besi dan nilai limit of detection (LOD) yang diperoleh oleh adalah 0,26  $\mu\text{M}$  [18].

Dalam penelitian ini dilakukan fabrikasi material K-dots dengan metode anelling dari kulit singkong asal kabupaten Malaka, Provinsi Nusa Tenggara Timur, Indonesia. Kulit singkong mengandung unsur karbon yang cukup tinggi sebesar 59,31% [19]. Kulit singkong dipilih sebagai material karbon dalam penelitian ini karena kulit singkong mengandung senyawa karbon yang tinggi.

Berdasarkan pengetahuan penulis dan dari berbagai sumber ilmu pengetahuan yang telah dipublikasikan, sampai dengan saat ini belum ada penelitian yang telah dilakukan tentang fabrikasi K-dots berbasis kulit singkong dan aplikasinya sebagai sensor terhadap ion logam tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Berdasarkan hasil penelitian, K-dots berbasis kulit singkong memancarkan warna emisi biru dan dapat digunakan sebagai sensor terhadap  $\text{Cu}^{2+}$ .

## METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan yang di gunakan yaitu kulit singkong dari Kabupaten Malaka, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Bahan-bahan kimia yang dipakai seperti aquades, etanol,  $\text{CuCl}_2$ , dan lain-lain dibeli dari CV. Sumber Persada di kota Surabaya dan toko Multiguna di kota Kupang. Semua bahan kimia yang digunakan tanpa melalui proses pemurnian lebih lanjut. Spektrum serapan dan photoluminesens (PL) dari K-dots diukur dengan spektrofotometer UV-570 model ASCO dan spektrofluometer SHIMADZU RF-6000. Pengamatan warna pendaran K-dots menggunakan lampu UV 365 nm. Spektrum FTIR diukur pada suhu 25°C dengan spektrometer inframerah transformasi Fourier model JASCO FT/IR-4200.

Pada penelitian ini, kulit singkong (20 gram) dikeringkan kemudian dipanaskan menggunakan furnace pada suhu 400°C selama 30 menit untuk mendapatkan karbon yang diindikasikan dengan sampel berwarna hitam [15,18]. Sampel yang sudah diannealing (0,5 gram) dilarutkan dalam etanol (5 ml) kemudian disonikasi selama satu jam. Selanjutnya sampel ini dipindahkan ke dalam tabung sentrifugasi dan ditambahkan etanol (8 ml) dan disentrifugasi selama 30 menit dengan kecepatan 1000 rpm. Setelah proses sentrifugasi sampel disaring untuk mendapat material K-dots.

Pengukuran spektrum serapan, PL dan dan FTIR dari K-dots ini dilakukan dengan prosedur, yaitu :

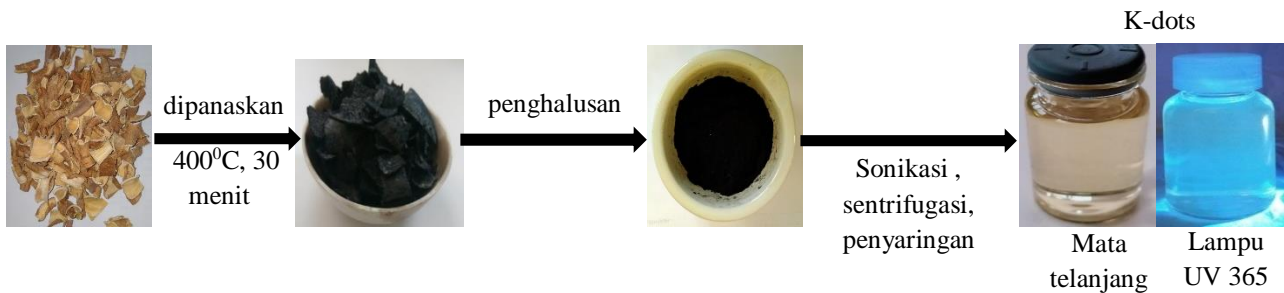
- Volume larutan K-dots (750  $\mu\text{L}$ ) ditambah ke dalam etanol (3 mL) dan dilakukan pengukuran spektrum serapan, PL dan dan FTIR.
- Volume K-dots (750  $\mu\text{L}$ ) dicampur dengan PBS (750 $\mu\text{L}$ ) kemudian sejumlah  $\text{CuCl}_2$  (50  $\mu\text{L}$ ) dengan variasi konsentrasi (0,5-10  $\mu\text{M}$ ) ditambahkan ke dalam etanol (3 mL) dan

dilakukan spektrum PL untuk setiap konsentrasi logam Cu.

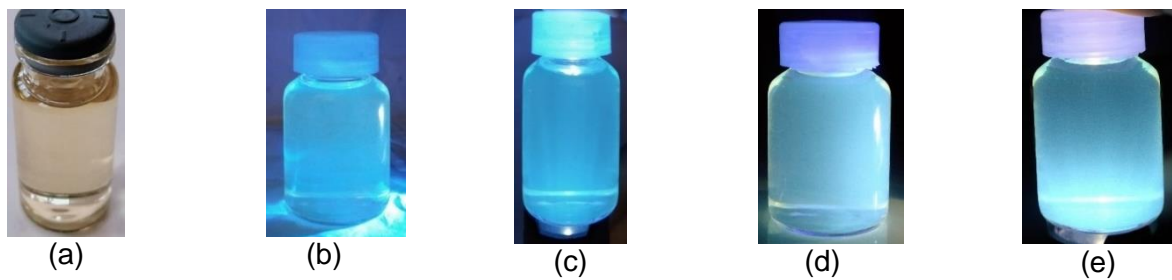
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Proses fabrikasi K-dots dari kulit singkong ditunjukkan pada Gambar 1. Kulit singkong dikeringkan kemudian dipanaskan pada suhu 400°C selama 30 menit yang ditandai dengan sampel warna hitam yang mengindikasikan diperolehnya material karbon [15,18,20]. Sampel ini dihaluskan untuk memperoleh serbuk kulit singkong dengan warna hitam. Selanjutnya 0.5 gram sampel ini dilarutkan pelarut etanol untuk dilakukan proses sonikasi, sentrifugasi dan penyaringan untuk memperoleh K-dots. Kemudian, K-dots

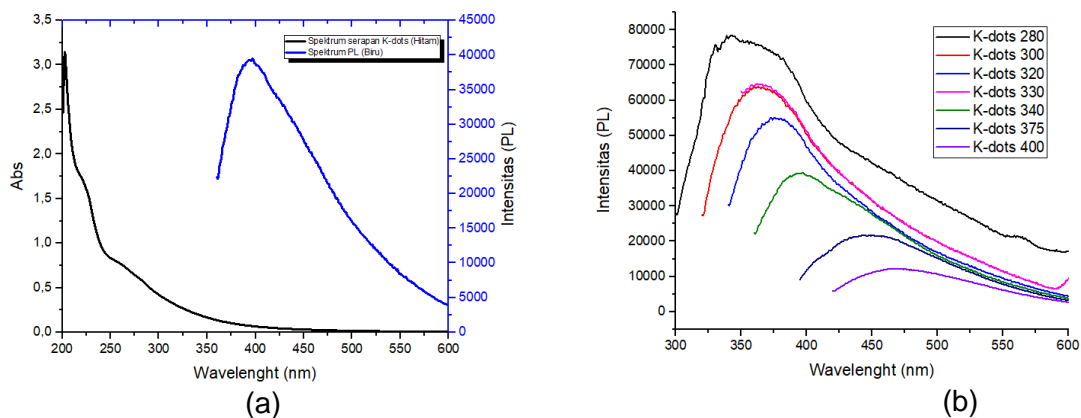
ini diradiasi dengan lampu UV 365 nm untuk menguji warna pendaran apa yang dipancarkan oleh K-dots berbasis kulit singkong. Berdasarkan hasil radiasi, K-dots berbasis kulit singkong memancarkan warna fluoresens biru seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1b. Hasil ini sesuai dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya [7,10,12,15–18]. Berdasarkan Gambar 2, K-dots memiliki sifat fotostabilitas yang tinggi yang ditandai dengan K-dots masih memancarkan warna biru ketika K-dots disimpan dalam waktu satu bulan, tiga bulan dan enam bulan. Ketika K-dots belum diradiasi dengan lampu UV 365 nm, K-dots tidak memancarkan warna emisi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2a.



Gambar 1. Skema sederhana fabrikasi K-dots dari kulit singkong



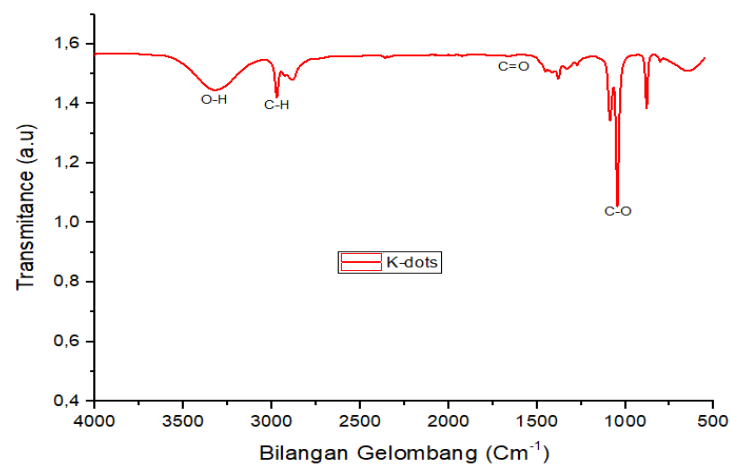
Gambar 2. a) K-dots tanpa diradiasi, b) Pendaran awal K-dots, c) pendaran setelah satu bulan, d) pendaran setelah tiga bulan, e) pendaran setelah enam bulan



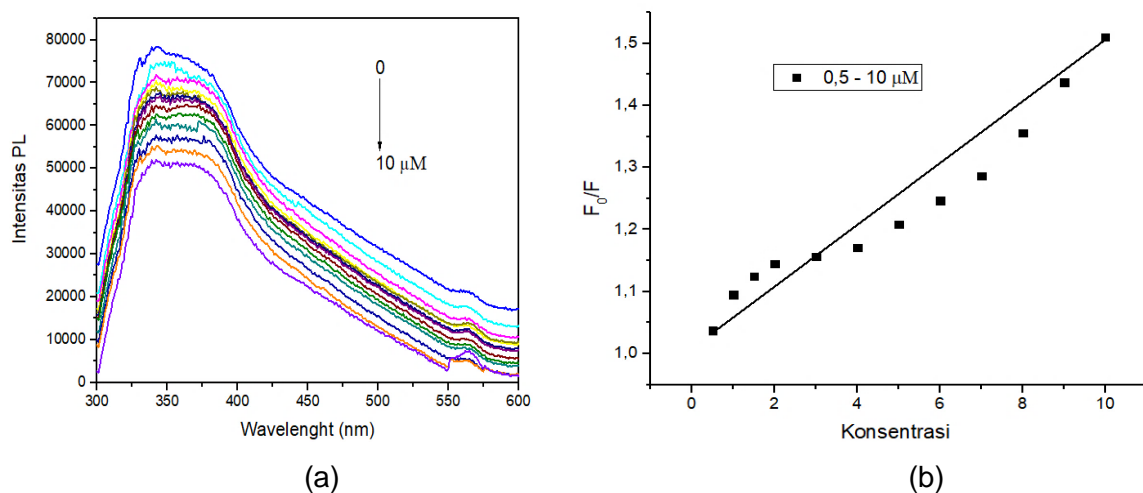
Gambar 3. a) Spektrum serapan (hitam), spektrum PL (biru). b) Spektrum PL dengan variasi Panjang gelombang eksitasi

Berdasarkan Gambar 3 (a), jangkauan spektrum serapan K-dots berbasis kulit singkong adalah dari 250 sampai dengan 311 nm dengan puncak serapan pada 264 nm. Ketika K-dots dieksitasi dengan panjang gelombang 340 nm, jangkauan spektrum PLnya adalah dari 360 sampai dengan 600 nm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3b (kurva warna biru) dengan puncak PL pada 394 nm. Hal menarik dari K-dots ini adalah ketika panjang gelombang eksitasi divariasi dari 280 sampai dengan 400 nm, posisi puncak PL K-dots bergeser ke arah panjang gelombang yang lebih besar yang diikuti dengan penurunan intensitas PLnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3b. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya [7,10,12,18,20]. Pada

Gambar 3(b), ketika panjang gelombang eksitasi divariasi dari 280 sampai 400 nm, posisi puncak PL bergeser dari 341 sampai 472 nm. Gambar 4 mendemonstrasikan spektrum FTIR K-dots berbasis kulit singkong. Pada spektrum FTIR ini, ikatan O-H terjadi pada bilangan gelombang 3310,01  $cm^{-1}$ , ikatan C-H pada bilangan gelombang 2964,65  $cm^{-1}$ , ikatan C=O pada bilangan gelombang 1647,07  $cm^{-1}$  dan ikatan C-O pada bilangan gelombang 1038,34  $cm^{-1}$ . Adanya ikatan O-H dan C=O pada spektrum FTIR menunjukkan bahwa permukaan K-dots ini ditutupi oleh gugus hidroksil dan karbonil. Kedua gugus inilah yang menyebabkan K-dots dapat larut dalam air [10,12,18,20].



Gambar 4. Spektrum FTIR dari K-dots berbasis kulit singkong



Gambar 5. (a) Pelemahan spektrum PL K-dots ketika disintesis dengan logam tembaga dengan variasi konsentrasi 0,5 -10 μM, b) Grafik F<sub>0</sub>/F vs konsentrasi logam Cu

Gambar 5 (a) menunjukkan pelemahan spektrum PL K-dots ketika disintesis dengan

logam Cu dengan konsentrasi 0,5-10 μM. Jangkauan spektrum PLnya adalah 300-600



nm dengan panjang gelombang eksitasi 280 nm. Semakin besar konsentrasi logam Cu, semakin melemah intensitas PL K-dots. Pelemahan intensitas PL ini sesuai dengan hukum Stern-Volmer. Pelemahan intensitas PL ini ketika direaksikan dengan logam Cu mengindikasikan adanya proses perpindahan energi atau perpindahan elektron dari K-dots ke logam Cu. Dalam hal ini, K-dots berfungsi sebagai donor dan logam Cu berfungsi sebagai akseptor. Gambar 5(b) menunjukkan grafik perbandingan intensitas PL sebelum ( $F_0$ ) dan sesudah ( $F$ ) K-dots disintesis dengan logam Cu. Gambar 5b ini diperoleh menggunakan hukum Stern-Volmer [18]. Berdasarkan Gambar 5b, nilai LOD yang diperoleh 1,61  $\mu$ M. Adalah pelemahan intensitas PL K-dots ketika disintesis dengan logam Cu menunjukkan bahwa K-dots berbasis kulit singkong dapat digunakan sebagai sensor terhadap logam Cu.

#### KESIMPULAN

Telah dilakukan fabrikasi K-dots berbasis kulit singkong dengan metode hidrotermal menggunakan furnace yang diikuti dengan proses sonikasi, sentrifugasi dan penyaringan. K-dots ini memancarkan warna emisi biru dan memiliki photostabilitas yang tinggi. K-dots ini puncak serapan pada 264 nm dan puncak PL pada 394 nm ketika dieksitasi pada panjang gelombang eksitasi 340 nm yang bersesuaian dengan warna emisi birunya. Adanya ikatan O-H dan C=O pada spektrum FTIR menunjukkan bahwa permukaan K-dots dilapisi oleh gugus hidroksil dan karbonil. Adanya pendaran warna emisi biru dan photostabilitas tinggi serta melemahnya intensitas PL K-dots ketika disintesis dengan logam Cu menunjukkan bahwa K-dots dapat digunakan sebagai sensor terhadap logam Cu dan sebagai bahan aktif alternatif pada piranti-piranti elektronik lainnya.

#### UCAPAN DAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Fisika Fakultas Sains Dan Teknik Universitas Nusa Cendana yang telah membantu menyediakan beberapa peralatan untuk proses fabrikasi K-dots, dan kepala laboratorium LPPT UGM yang telah membantu untuk pengukuran spektrum serapan, PL dan FTIR K-dots.

#### DAFTAR PUSTAKA

- 1 Budianto. 2015. Pengaruh Penambahan Nanopartikel Perak pada Setiap Sel Elemen Basah (ACCU) terhadap Tegangan Keluaran Elemen Basah (ACCU). *J. Has. Ris. Penelit. Fis.* .
- 2 Sun YP et al. 2006. Quantum-Sized Carbon Dots for Bright and Colorful Photoluminescence. *J. Am. Chem. Soc.* **128**(24): 7756.
- 3 Wang Y, Hu A. 2014. Carbon quantum dots: Synthesis, properties and applications. *J. Mater. Chem. C.* **2**(34): 6921.
- 4 Bhattacharya S, Sarkar R, Chakraborty B, Porgador A, Jelinek R. 2017. Nitric oxide sensing through azo-dye formation on carbon dots. *ACS sensors.* **2**(8): 1215.
- 5 Georgakilas V, Perman JA, Tucek J, Zboril R. 2015. Broad family of carbon nanoallotropes: classification, chemistry, and applications of fullerenes, carbon dots, nanotubes, graphene, nanodiamonds, and combined superstructures. *Chem. Rev.* **115**(11): 4744.
- 6 Cao L et al. 2007. Carbon dots for multiphoton bioimaging. *J. Am. Chem. Soc.* **129**(37): 11318.
- 7 Qu S, Wang X, Lu Q, Liu X, Wang L. 2012. A Biocompatible Fluorescent Ink Based On Water-Soluble Luminescent Carbon Nanodots. *Angew Chem Int Ed Engl.* **51**(49): 12215.
- 8 Qin X, Lu W, Asiri AM, Al-Youbi AO, Sun X. 2013. Microwave-Assisted Rapid Green Synthesis of Photoluminescent Carbon Nanodots from Flour and Their Applications for Sensitive and Selective Detection of Mercury(II) Ions. *Sensors Actuators B Chem.* **184**: 156.
- 9 Zhou J, Booker C, Li R, Zhou X, Sham TK, Sun X, Ding Z. 2007. An Electrochemical Avenue To Blue Luminescent Nanocrystals From Multiwalled Carbon Nanotubes (MWCNTs). *J. Am. Chem. Soc.* **129**(4): 744.
- 10 Zhou J, Sheng Z, Han H, Zou M, Li C. 2012. Facile synthesis of fluorescent carbon dots using watermelon peel as a

- carbon source. *Mater. Lett.* **66**(1): 222.
- 11 Zhao S, Lan M, Zhu X, Xue H, Ng TW, Meng X, Lee CS, Wang P, Zhang W. 2015. Green Synthesis of Bifunctional Fluorescent Carbon Dots from Garlic for Cellular Imaging and Free Radical Scavenging. *ACS Appl. Mater. Interfaces.* **7**(31): 17054.
- 12 Lu W, Qin X, Liu S, Chang G, Zhang Y, Luo Y, Asiri A, Al-Youbi AO, Sun X. 2012. Economical, Green Synthesis of Fluorescent Carbon Nanoparticles and Their Use as Probes for Sensitive and Selective Detection of Mercury (II) Ions. *Anal. Chem.* **84**(12): 5351.
- 13 Sahu S, Behera B, Maiti TK, Mohapatra S. 2012. Simple One-Step Synthesis of Highly Luminescent Carbon Dots from Orange Juice: Application as Excellent Bio-Imaging Agents. *Chem. Commun.* **48**(70): 8835.
- 14 Jaya MA, Johannes AZ, Pingak RK, Ngara ZS. Analisis Spektrum Serapan Dan Photoluminesens Karbon Nanodots (K-Dots) Berbasis Sekam Padi Asal Kabupaten Kupang Seminar Nasional Ilmu Fisika dan Terapannya (Vol.1, No. 1). Universitas Nusa Cendana, Kupang. pp 102–9.
- 15 Ngara ZS, Pasangka B, Ngana FR, Elin A. 2021. Sistesis Material Karbon Nanodots Dari Buah Sirsak Dengan Logam Besi Dan Kajian Spektrum Serapannya. *J. Fis. Fis. Sains dan Apl.* **6**(1): 1.
- 16 Jaya M, Johannes AZ, Pingak RK, Ngara ZS. 2022. Study on Optical Properties of Carbon Nanodots by Annealing of Rice Powder as a Carbon Source. *J. Phys. Conf. Ser. IOP Publ.* **2243**(1): 1.
- 17 Mamut AM. Analisis Tingkat Selektivitas Karbon Nanodots (k-dots) Berbasis Beras Ketan Hitam Terhadap Logam Besi dan Magnesium. Universitas Nusa Cendana.
- 18 Ikawati I, Melati M. 2010. Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati. *J. Tek. Kim.* **5**(1): 1.
- 19 Baker S., Baker G. Luminescent Carbon Nanodots: Emergent Nanolights. *Angew. Chemie Int.* **49**(38): 6726.
- 20 Murugan N, Sundramoorthy A. 2018. Green synthesis of fluorescent carbon dots from *Borassus flabellifer* flower for label-free highly selective and sensitive detection of Fe<sup>3+</sup> ions,. *New J. Chem.* **42**(16): 13297.