

***CARBON NANODOTS BERBAHAN DASAR LIMBAH BONGGOL PAKCOY
SEBAGAI BAHAN ANTI KOROSI LOGAM BESI***

***CARBON NANODOTS BASED ON PAKCOY STEM WASTE AS ANTI-CORROSION
MATERIAL FOR IRON METAL***

Sabrina Elysia Putri*, Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta,
Indonesia

Wipar Sunu Brams Dwandaru, Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Negeri
Yogyakarta, Indonesia

*e-mail: sabrinaelysia.2021@student.uny.ac.id ([corresponding author](#))

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk i) mengetahui proses sintesis material carbon nanodots (Cdots) berbahan dasar bonggol pakcoy menggunakan metode pemanasan oven dan microwave; ii) mengetahui karakteristik Cdots berbahan dasar bonggol pakcoy berdasarkan uji ultraviolet-visible (UV-Vis), Fourier transform infrared (FTIR), X-ray diffraction (XRD), particle size analyzer (PSA), dan scanning electron microscope – energy dispersive X-ray (SEM-EDX); dan iii) mengetahui pengaruh Cdots berbahan dasar bonggol pakcoy terhadap korosi pada logam besi dalam larutan HCl. Cdots disintesis dari bahan limbah bonggol pakcoy melalui metode oven dan microwave. Aplikasi Cdots pada logam besi dilakukan dengan cara melapisi (coating). Pengujian spektrofotometer UV-Vis menghasilkan dua puncak absorpsi utama pada panjang gelombang 280 nm dan 320 nm. Spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi O-H, C=O, C-O, dan C=C. Pengujian XRD menunjukkan Cdots yang dihasilkan memiliki struktur amorf. Hasil uji PSA menunjukkan Cdots tersebut berukuran 1,2 nm dengan volumenya sebesar 53%, serta hasil dari SEM berupa morfologi seperti karang dengan benjol-benjolan yang berongga. Penerapan Cdots berbahan dasar limbah bonggol pakcoy menunjukkan bahwa tanpa dilakukannya proses pelapisan (coating), logam besi mengalami degradasi pengurangan massa lebih besar dibandingkan dengan logam besi yang diberi pelapisan Cdots.

Kata Kunci: *Bonggol pakcoy, Cdots, korosi, logam besi*

Abstract. The research aims to i) determine the process of synthesizing Cdots material based on pakcoy stump using oven and microwave heating methods. ii) determine the characteristics of pakcoy pomace-based Cdots based on ultraviolet-visible (UV-Vis), fourier transform infrared (FTIR), X-ray diffraction (XRD), particle size analyzer (PSA), and scanning electron microscope - energy dispersive X-ray (SEM) tests. iii) determine the effect of pakcoy pomace-based Cdots on corrosion of iron metal in HCl solution. Cdots were synthesized from pakcoy seed waste material through oven and microwave methods. Application on iron metal is done by coating. UV-Vis spectrophotometer testing had two main absorbance peaks at wavelengths of 280 nm and 320 nm. FTIR spectra showed the presence of O-H, C=O, C-O, and C=C functional groups. XRD testing shows the resulting Cdots have an amorphous structure. PSA

test results show that the Cdots are 1.2 nm in size with a volume of 53%. And the results of SEM produce a coral-like morphology with hollow lumps. The application of Cdots made from pakcoy seed waste shows that without the coating process on iron metal, the mass reduction degradation is greater than the Cdots coating process on iron metal.

Keywords: *Cdots, corrosion, iron metal, pakcoy hump.*

PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya produksi sayuran pakcoy di Indonesia, maka semakin meningkat pula limbah sayuran yang dihasilkan. Limbah buah dan sayur-mayur menjadi penyumbang terbesar dalam kategori limbah makanan. Oleh karena itu, perlu adanya pemanfaatan atau pengolahan limbah sayur tersebut. Sampah pasar yang banyak mengandung bahan organik adalah sampah-sampah hasil pertanian seperti sayuran, buah-buahan, daun-daunan, serta hasil perikanan dan peternakan. Limbah sayuran adalah bagian dari sayuran yang sudah tidak dapat digunakan atau dibuang (Nurdini et al., 2016). Limbah sayuran terutama limbah bonggol pakcoy ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan material *carbon nanodots* (Cdots).

Cdots merupakan kelas baru nanomaterial karbon dengan ukuran di bawah 10 nm. Material ini pertama kali diperoleh saat pemurnian *single-walled carbon nanotubes* melalui elektroforesis preparatif pada tahun 2004. Cdots secara bertahap menjadi bintang yang sedang naik daun dalam keluarga nanokarbon karena sifatnya yang biokompatibel, berlimpah, dan murah (Li et al., 2012).

Penelitian terdahulu menunjukkan Cdots dapat digunakan sebagai anti korosi. Cdots merupakan inhibitor tipe campuran yang menunjukkan efektivitas inhibisi yang besar dan dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi pada logam tembaga dalam larutan NaCl 1%. Nilai energi aktivasi sampel yang lebih tinggi dari blanko menunjukkan bahwa adanya Cdots efektif dapat menurunkan laju korosi logam (Anindita et al., 2021).

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk anti korosi adalah pelapisan dengan Cdots. Metode dalam sintesis Cdots berbahan dasar limbah bonggol pakcoy merupakan pemanasan dengan *oven* dan *microwave*. Selanjutnya, dilakukan karakterisasi Cdots menggunakan spektrofotometer UV-Vis, spektrometer FTIR, XRD, PSA, dan SEM-EDX. Cdots yang sudah dikarakterisasi dilapiskan pada beberapa logam besi, selanjutnya diujicoba menggunakan senyawa HCl. Pengamatan lapisan Cdots dilakukan menggunakan timbangan digital guna melihat pengurangan massanya. Selain itu, karakterisasi dilakukan juga pada limbah bonggol pakcoy tanpa adanya perlakuan. Tujuannya adalah untuk mengetahui perbedaan karakteristik Cdots sesudah dan tanpa diberi perlakuan.

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Eksperimen yang dilakukan, yaitu sintesis Cdots berbahan dasar limbah bonggol pakcoy. Kemudian, Cdots diaplikasikan sebagai anti korosi pada logam besi dengan teknik pelapisan. Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu: tahap sintesis Cdots, tahap karakterisasi Cdots, dan tahap pengaplikasian Cdots. Tahap sintesis Cdots berbahan dasar limbah bonggol pakcoy menggunakan metode pemanasan oven. Langkah-langkah pembuatan serbuk bonggol pakcoy, yaitu menimbang massa empat buah bonggol pakcoy sebesar 568,5 gram. Lalu, menjemur limbah bonggol pakcoy di bawah sinar matahari selama satu hari. Selanjutnya, mengiris limbah bonggol pakcoy yang sudah dijemur, meletakkan ke atas loyang. Kemudian, memasukkan loyang ke dalam

oven dengan mengatur suhu 150 °C selama 120 menit. Bonggol pakcoy yang sudah dioven ditumbuk dengan mortar hingga halus dan menjadi serbuk. Selanjutnya, pembuatan larutan Cdots berbahan dasar limbah bonggol pakcoy dengan memasukkan akuades ke dalam beaker glass 1000 ml dan 500 ml. Memasukkan serbuk Cdots ke dalam larutan akuades, menutup beaker glass menggunakan plastik wrapping. Lalu, melakukan ultrasonikasi dengan rentang waktu 10 menit sebanyak 6 kali pengulangan. Proses penyaring larutan Cdots dengan kertas saring dan dibantu dengan corong kaca yang diletakkan di atas tabung Erlenmeyer. Kemudian, memasukkan larutan Cdots yang telah disaring ke dalam microwave selama 90 menit secara bertahap hingga berbentuk flakes atau serpihan. Tahap karakterisasi Cdots limbah bonggol pakcoy dilakukan Uji PSA, Uji spektrometer FTIR, Uji XRD, Uji spektrofotometer UV-Vis, dan Uji SEM-EDX.

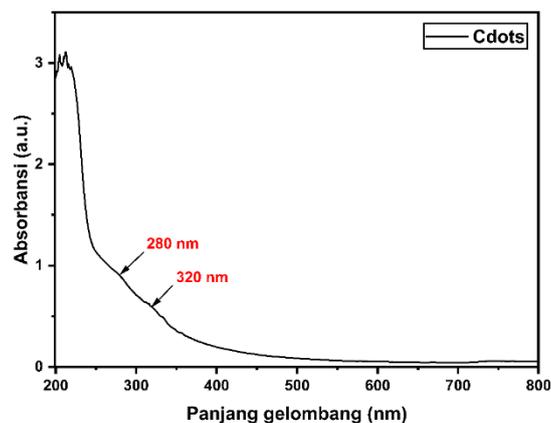
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengaplikasikan Cdots berbahan dasar bonggol pakcoy menjadi anti korosi logam besi. Keberhasilan sintesis Cdots yang telah dilakukan dapat diketahui dengan beberapa pengujian. Salah satu pengujian paling sederhana adalah disinari dengan laser UV. Hasil dari penyinaran lampu UV berupa pendaran berwarna biru-kehijauan yang dapat dilihat pada Gambar 1.



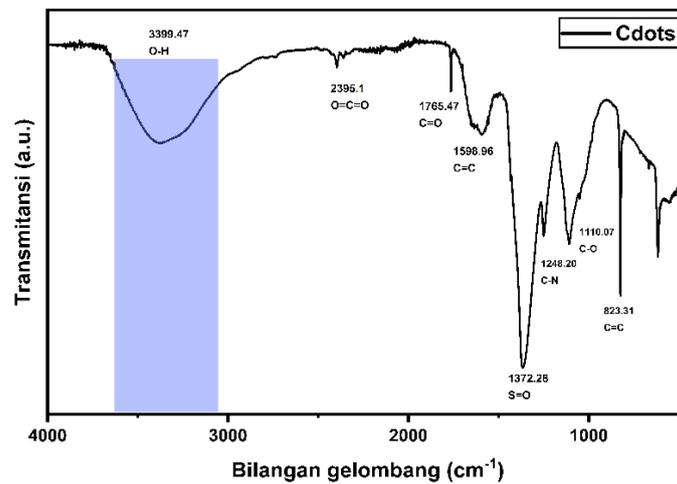
Gambar 1. Penyinaran larutan Cdots menggunakan lampu UV.

Sifat pendaran cahaya tersebut diuji UV-Vis untuk mengetahui pola absorpsi. Hasil karakterisasi UV-Vis Cdots dapat digambarkan pada Gambar 2. Berdasarkan grafik pada Gambar 2. Cdots memiliki 2 puncak absorpsi utama, yaitu pada panjang gelombang 280 nm dan 320 nm.



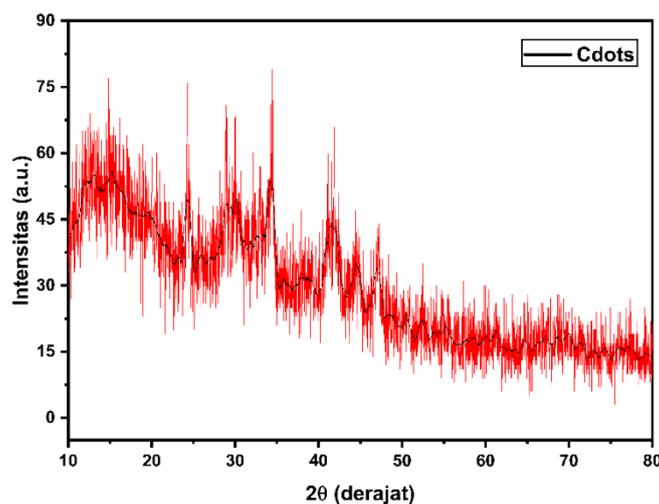
Gambar 2. Hasil karakterisasi UV-Vis.

Gambar 3 menunjukkan beberapa gugus fungsi yang terkandung di dalam sampel Cdots, yaitu pada bilangan gelombang 3399,47 cm^{-1} terdapat gugus fungsi O-H (alkohol), bilangan gelombang 2395,1 cm^{-1} terdapat gugus fungsi O=C=O (*carbon dioxide*), bilangan gelombang 1765,47 cm^{-1} terdapat gugus fungsi C=O (*carboxylic acid*), bilangan gelombang 1598,96 cm^{-1} terdapat gugus fungsi C=C (*alkene*), bilangan gelombang 1372,28 cm^{-1} terdapat gugus fungsi S=O (*sulfonate*), bilangan gelombang 1248,20 cm^{-1} terdapat gugus fungsi C-N (*amine*), bilangan gelombang 1110,07 cm^{-1} terdapat gugus fungsi C-O (*ester*), bilangan gelombang 823,31 cm^{-1} terdapat gugus fungsi C=C (*alkene*).

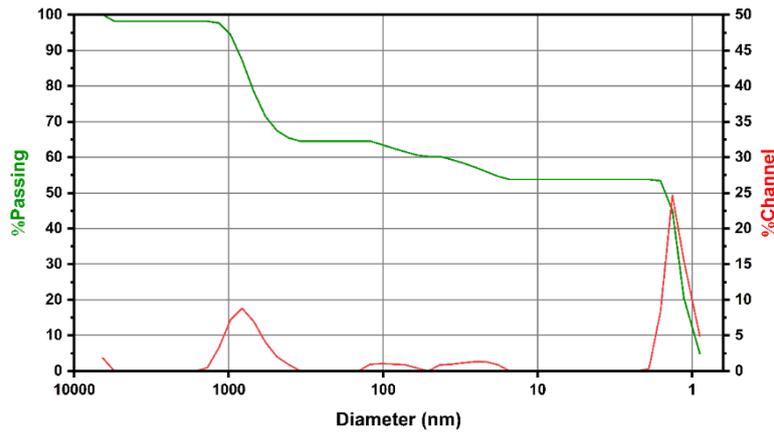


Gambar 3. Hasil Karakterisasi FTIR.

Gambar 4 di atas menunjukkan pola grafik hasil karakterisasi XRD dari Cdots yang dihasilkan memiliki struktur amorf. Hal ini disebabkan tidak adanya puncak yang spesifik pada sudut tertentu melainkan berbentuk puncak landai. Amorf memiliki ciri khas dimana susunan atom-atom, ion-ion, atau molekul-molekul dalam amorf bersifat acak dan tidak beraturan, sehingga tidak memiliki pola kristal. Dengan demikian, Cdots tersebut memiliki struktur amorf. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Liu et al., 2014).



Gambar 4. Hasil karakterisasi XRD.



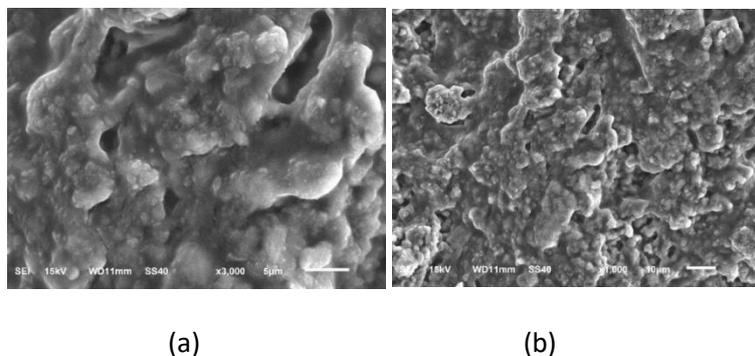
Gambar 5. Hasil karakterisasi PSA.

Tabel 1. Data hasil pengukuran diameter nanopartikel Cdots.

Ringkasan Puncak		
Diameter (nm)	Volume (%)	Lebar
6000	1.8	637
730	33.7	381
83.6	4.3	42.3
24.64	6.5	16.58
1.2	53.7	0.3

Menurut Gayen et al. (2019) menyatakan bahwa suatu bahan tergolong sebagai Cdots apabila memiliki ukuran antara 1-10 nm. Berdasarkan hasil karakterisasi PSA pada Gambar 5 dan ringkasan pada Tabel 1 di atas, dapat diketahui bahwa Cdots memiliki ukuran 1,2 nm dengan volume sebesar 53%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel tersebut tergolong sebagai Cdots.

Karakterisasi SEM Cdots berbahan dasar bonggol pakcoy bertujuan untuk mengetahui struktur morfologi dari sampel mengacu pada ukuran partikelnya. Hasil karakterisasi SEM ini dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan hasil SEM Cdots pada Gambar 15(a) dengan perbesaran 3000 kali dengan skala 5 μm , dapat diamati bahwa morfologi permukaan Cdots menghasilkan bentuk seperti halnya karang dengan benjolan yang memiliki rongga tertentu. Sedangkan, perbesaran 1000 kali dengan skala 10 μm menunjukkan permukaan morfologi Cdots berbentuk seperti erupsi gunung [lihat Gambar 15(b)].



Gambar 6. Hasil karakterisasi SEM Cdots berbahan dasar bonggol pakcoy dengan (a) perbesaran 3000x dan (b) perbesaran 1000x.

SIMPULAN

Sintesis Cdots berbahan limbah bonggol pakcoy dengan menggunakan metode *oven* dan *microwave* menghasilkan Cdots berupa padatan berbentuk serpihan (*flakes*) berwarna kuning kecoklatan. Karakterisasi Cdots yang telah dilakukan, yaitu hasil uji UV-Vis memiliki 2 puncak absorbansi utama, yaitu pada panjang gelombang 280 nm dan 320 nm. Hasil uji FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi seperti O-H, C=O, C-O, dan C=C yang merupakan indikator keberadaan struktur Cdots. Hasil uji XRD menunjukkan Cdots yang dihasilkan memiliki struktur amorf. Sedangkan, hasil uji PSA menunjukkan Cdots memiliki ukuran 1,2 nm dengan volume sebesar 53%. Hasil uji Cdots dengan SEM menunjukkan morfologi permukaan seperti halnya karang dengan benjolan yang memiliki rongga tertentu pada perbesaran 3000 kali dengan skala 5 μm . Selanjutnya, perbesaran 1000 kali dengan skala 10 μm permukaan morfologi Cdots berbentuk seperti erupsi gunung. Pemanfaatan Cdots berbahan dasar limbah bonggol pakcoy sebagai anti korosi logam besi menunjukkan bahwa tanpa dilakukannya proses pelapisan (*coating*) pada logam besi, mengalami degradasi pengurangan massa lebih besar dibandingkan dengan proses pelapisan Cdots pada logam besi. Hasil ini menunjukkan bahwa Cdots mempunyai aktifitas penghambatan korosi dalam media berair. Hal ini menunjukkan bahwa Cdots membentuk pelindung antara logam besi dan larutan untuk mengurangi kehilangan massa logam besi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Wipar Sunu Brams Dwandaru Ph.D atas dukungan yang memungkinkan terlaksananya penelitian ini. Kami juga berterima kasih kepada para pihak-pihak yang telah berkontribusi dalam memberikan wawasan dan masukan selama proses penelitian. Kami berharap hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat yang luas di bidang Fisika.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Virgus, Y., Nirmin, & Khairurrijal. (2008). Review: Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 1(2), 33–57.
- Al Iman, A., & Nur Auli, W. (2023). Validasi dan pengembangan metode analisis spektrofotometer UV-Vis pada alfatokoferol asetat. *Jurnal Ilmiah Farmasi (Scientific Journal of Pharmacy)*, 19(1), 87–96. <http://journal.uii.ac.id/index.php/JIF>
- Amri, K. (2021). Analisa Morfologi Carbon Dots (C-Dots) dari Air Tebu. *Jurnal Kimia Saintek Dan Pendidikan*, 5(1), 6–10.
- Anindita, F., Darmawan, N., & Mas'ud, Z. A. (2021). Analisis Termodinamika dan Kinetika Nanopartikel Karbon (C-Dot) dari Buah Durian Sebagai Inhibitor Korosi Tembaga. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 7(3), 169–177. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2021.v7.i3.15608>
- Astuti, A. (2016). Bab IV Karakterisasi Material. July, 1–12. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1589.6567>
- Christyaningsih, R. Y., & Diponegoro, U. (2020). Aplikasi Fisika Kuantum-Hamburan Pada ” X-Ray Diffraction (XRD)”. June.
- Fadlelmoula, A., Pinho, D., Carvalho, V. H., Catarino, S. O., & Minas, G. (2022). Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy to Analyse Human Blood over the Last 20 Years: A Review towards Lab-on-a-Chip Devices. *Micromachines*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/mi13020187>

- Gayen, B., Palchoudhury, S., & Chowdhury, J. (2019). Carbon dots: A mystic star in the world of nanoscience. *Journal of Nanomaterials*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/3451307>
- Irawan, A. (2019). Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 1. <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i2.44750>
- Li, H., Kang, Z., Liu, Y., & Lee, S. T. (2012). Carbon nanodots: Synthesis, properties and applications. *Journal of Materials Chemistry*, 22(46), 24230–24253. <https://doi.org/10.1039/c2jm34690g>
- Li, M., & Zhang, S. X. A. (2014). Reply to comment on “carbon dots with continuously tunable full-color emission and their application in ratiometric pH sensing.” *Chemistry of Materials*, 26(20), 6084. <https://doi.org/10.1021/cm503256m>
- Liu, Y., Xiao, N., Gong, N., Wang, H., Shi, X., Gu, W., & Ye, L. (2014). One-step microwave-assisted polyol synthesis of green luminescent carbon dots as optical nanoprobe. *Carbon*, 68, 258–264. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2013.10.086>
- Mardilla, M., & Pratiwi, A. (2021). Budidaya Tanaman Pakcoy (*Brassica Rapa* Subsp. *Chinensis*) Dengan Teknik Vertikultur Pada Lahan Sempit Di Kelurahan Penaraga Kecamatan Raba Kota Bima. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(1). <https://doi.org/10.29303/jpmpi.v4i1.537>
- Mukti, K. (2012). MAKALAH FABRIKASI DAN KARAKTERISASI XRD (X-RAY DIFRACTOMETER) Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Nurdini, L., Amanah, R. D., & Utami, A. N. (2016). Pengolahan Limbah Sayur Kol menjadi Pupuk Kompos dengan Metode Takakura. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, 17 Maret 2016, 1–6.
- Rizal, S. (2017). pengaruh nutrisi terhadap pertumbuhan tanaman sawi pakcoy (*Brassicca rapa* L.) yang di tanam secara hidroponik. *Sainmatika*, 14(1), 38–44.
- Sari, E. K., Sekartaji, D., Rahmah, A. N. A., & Dwandaru, W. S. B. (2020). Nanomaterial Carbon-Dots Berbahan Dasar Daun Sirih (*Piper Betle* L.) Sebagai Antibakteri Terhadap Bakteri *S. Mutans* dan *E. Coli*. *Positron*, 10(2), 26. <https://doi.org/10.26418/positron.v10i2.41731>