

SINTESIS DAN KARAKTERISASI *CARBON NANODOTS* BERBAHAN DASAR LIMBAH BIJI NANGKA (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS*) SEBAGAI FOTOKATALIS ZAT WARNA *CONGO RED*

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF CARBON NANODOTS FROM JACKFRUIT SEEDS WASTE (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) AS A PHOTOCATALYST FOR CONGO RED DYE

Muhammad Rizqi Putra Yudhanto, Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

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

*e-mail: wipsarian@uny.ac.id (corresponding author)

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk 1) mensintesis material *carbon nanodots* (C-Dots) berbahan dasar limbah biji nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dengan metode pemanasan *oven* dan *microwave*, 2) mengkarakterisasi C-Dots berbahan dasar limbah biji nangka berdasarkan uji spektrofotometer *ultraviolet-visible* (UV-Vis), *X-ray diffraction* (XRD), *particle size analyzer* (PSA), *photoluminescence* (PL), dan *fourier transform infrared* (FTIR), serta 3) mengaplikasikan C-Dots berbahan dasar limbah biji nangka sebagai fotokatalis zat warna *congo red*. Penelitian ini terbagi menjadi tiga tahap, yakni tahap sintesis C-Dots, karakterisasi C-Dots, dan tahap uji fotokatalis zat warna *congo red*. Tahap sintesis diawali dengan mengumpulkan limbah biji nangka kemudian dilakukan karbonisasi dengan suhu rendah menggunakan *oven* sehingga terbentuk karbon aktif. Selanjutnya, karbon aktif dalam bentuk serbuk tersebut dilarutkan dengan aquades 400 mL dan disaring menggunakan kertas saring. Kemudian larutan dipanaskan menggunakan *microwave* hingga terbentuk C-Dots. Hasil karakterisasi UV-Vis menunjukkan adanya satu puncak absorbansi pada panjang gelombang 252 nm. Puncak absorbansi tersebut menunjukkan adanya partikel C-Dots. Hasil tersebut diperkuat dengan hasil karakterisasi XRD yang menunjukkan bahwa C-Dots berstruktur amorf. Hasil karakterisasi PSA menunjukkan ukuran partikel C-Dots yaitu 79,3 nm dengan persentase terbanyak yaitu 54,5% dari total larutan. Hasil karakterisasi PL menunjukkan adanya puncak intensitas emisi pada panjang gelombang 496 nm dengan warna pendaran *cyan*. Lebih spesifik, spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi C=C yang merupakan *core* C-Dots. Pada uji aplikasi fotokatalis zat warna *congo red* terlihat bahwa terjadi penurunan absorbansi seiring dengan penambahan waktu paparan sinar ungu UV.

Kata kunci : C-Dots, limbah biji nangka, karakterisasi, fotokatalis, *congo red*.

Abstract. This research aims to 1) investigate the synthesis of carbon nanodots material derived from jackfruit seed waste using both oven and microwave heating methods, 2) characterize the jackfruit seed waste-based carbon nanodots as a photocatalyst for Congo Red dye through UV-Visible spectrophotometer (UV-Vis), X-Ray Diffraction (XRD), Particle Size Analyzer (PSA), Photoluminescence (PL) tests, and 3) apply the jackfruit seed waste-based carbon nanodots as a photocatalyst for Congo red dye. This research was divided into

three stages, the C-Dots synthesis stage, C-Dots characterization, and the Congo red dye photocatalyst test stage. The synthesis stage begins with collecting jackfruit seed waste and then carbonizing it at low temperature using an oven to form active carbon. Next, the activated carbon in powder form is dissolved in 400 mL distilled water and filtered using filter paper. Then the solution is heated using a microwave until C-Dots form. The UV-Vis characterization results show that there is one absorbance peak at wavelength of 252 nm. The absorbance peak indicates the presence of C-Dots particles. These results are strengthened by the XRD characterization results which show that the C-Dots have an amorphous structure. The PSA characterization results show that the C-Dots particle size is 79.3 nm with the highest percentage being 54.5% of the total solution. The PL characterization results show a peak emission intensity at a wavelength of 496 nm with a cyan luminescence color. More specifically, the FTIR spectrum shows the presence of the C=C functional group which is the core of C-Dots. In the Congo Red dye photocatalyst application test, it was seen that there was a decrease in absorbance with increasing exposure time to UV purple light.

Keywords: C-Dots, jackfruit seed waste, characterization, photocatalyst, Congo red.

PENDAHULUAN

Industri tekstil mempunyai peran penting dalam meningkatkan perkembangan ekonomi Indonesia. Industri tekstil tidak hanya menciptakan lapangan pekerjaan bagi masyarakat Indonesia, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap peningkatan pendapatan negara melalui ekspor produk tekstil. Meskipun industri tekstil banyak memberikan dampak positif terhadap perekonomian, namun perkembangan yang pesat dalam sektor ini juga memberikan dampak negatif yang tidak dapat diabaikan. Salah satu dampak negatif dari industri tekstil yaitu meningkatnya jumlah limbah tekstil.

Limbah tekstil mencakup berbagai limbah zat warna yang dihasilkan dari proses produksi pada industri tekstil. Limbah zat warna dapat menimbulkan masalah bagi perairan karena limbah ini mempunyai karakteristik warna pekat dan *non-biodegradable* yang artinya mikroorganisme tidak dapat menguraikannya secara alami (Sukarta, 2020). Limbah zat warna yang langsung dibuang ke sistem perairan tanpa pengolahan yang tepat dapat menyebabkan pencemaran air. Tingkat pencemaran air akibat limbah zat warna berpotensi untuk meningkat karena beriringan dengan meningkatnya minat dan kebutuhan masyarakat akan produk tekstil.

Zat warna yang banyak digunakan dalam industri tekstil terdapat dalam golongan azo seperti zat warna *congo red*. *Congo red* adalah zat warna yang memiliki kemampuan mudah terikat pada kain sehingga tidak mudah luntur. Selain itu, *congo red* memberikan kestabilan warna yang tinggi dan tidak mudah rusak (Ruan et al., 2018). Zat warna *congo red* memiliki toksisitas yang cukup tinggi sehingga berpotensi untuk merugikan lingkungan. Sifat toksik yang dimiliki ini dapat merusak organ-organ vital dalam tubuh seperti hati, ginjal, dan sistem saraf apabila terpapar secara berkelanjutan (Supriyanto et al., 2021). Zat warna *congo red* yang berasal dari industri tekstil sangat membahayakan organisme di perairan seperti fitoplankton dan ikan karena sangat beracun (Septiana, 2022).

Dari dampak lingkungan yang dapat ditimbulkan dari zat warna *congo red*, maka diperlukan langkah yang tepat dalam melakukan pengolahan limbah zat warna supaya ramah lingkungan. Beberapa metode telah diuji coba sebagai upaya dalam mengatasi permasalahan pengelolaan limbah zat warna tekstil seperti metode koagulasi, adsorpsi, dan ozonasi (Saraswati et al., 2015). Namun, beberapa metode tersebut dinilai memiliki kelemahan karena menggunakan biaya operasional yang besar. Dalam konteks ini, fotokatalis muncul sebagai salah satu metode alternatif yang efektif dalam mengatasi permasalahan pengolahan limbah

zat warna. Fotokatalis dinilai memiliki sifat ramah lingkungan, hemat biaya, dan hasilnya lebih efektif (Hasanpour & Hatami, 2020). Fotokatalis yang dilakukan pada penelitian ini melibatkan penggunaan *carbon nanodots* atau C-Dots yang berperan sebagai fotokatalis.

C-Dots merupakan salah satu jenis nanomaterial yang mempunyai daya guna tinggi dan berkualitas. C-Dots merupakan salah satu jenis karbon yang secara tidak sengaja ditemukan pada tahun 2004 saat proses pemurnian tabung nano karbon ber dinding tunggal. C-Dots termasuk dalam kelas nanopartikel yang memiliki ukuran kecil yaitu kurang dari 10 nm (Tuerhong et al., 2017). C-Dots juga memiliki sifat kelarutan yang baik, tingkat toksisitas rendah, dan memiliki pendaran yang tinggi. C-Dots dapat diaplikasikan sebagai biosensor, *drug carriers*, *bioimaging*, serta dapat diaplikasikan sebagai katalis (Xia et al., 2019). Penelitian C-Dots telah banyak dilakukan dan dikembangkan karena dapat disintesis dari bahan organik atau memanfaatkan bahan yang terdapat di alam sehingga mudah didapatkan (Ghifari et al., 2017).

Salah satu contoh bahan organik yang mudah ditemui di lingkungan sekitar yaitu buah nangka (*Artocarpus heterophyllus*). Pada umumnya, bagian dari buah nangka yang sering dikonsumsi adalah bagian dagingnya saja. Daging buah nangka dikonsumsi oleh masyarakat karena memiliki rasa yang manis. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2022), produksi tanaman buah nangka di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya. Produksi nangka pada tahun 2018 sebesar 775.480 ton, pada tahun 2019 sebesar 779.859 ton, pada tahun 2020 sebesar 824.068 ton, dan pada tahun 2021 sebesar 906.514 ton. Melihat angka peningkatan produksi tanaman buah nangka ini berakibat pada potensi meningkatnya limbah biji nangka. Pada sebagian masyarakat, biji nangka dapat diolah menjadi bahan pangan dengan cara direbus dalam air, namun biji nangka kebanyakan hanya dibuang menjadi sampah (Andaka et al., 2015). Limbah biji nangka yang dibiarkan menumpuk akan menyebabkan pencemaran udara. Salah satu upaya untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah biji nangka yaitu menjadikan limbah biji nangka sebagai bahan dasar C-Dots.

METODE

Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, sejumlah alat dan bahan digunakan untuk mendukung kelancaran proses eksperimen. Alat-alat yang terlibat yaitu *oven* merk KIRIN dengan maksimal suhu 250 °C, *microwave* merk Panasonic, gelas *beaker* 150 mL, mesin *ultrasonic cleaner*, kertas saring, gunting, loyang, *aluminium foil*, pipet tetes 1 mL, timbangan digital, gelas *beaker* 500 mL, botol sampel 10 mL, laser ungu UV, plastik bening, tisu, mortar, spatula laboratorium, lampu ungu UV, *magnetic stirrer*, *magnet*, spatula besi, lampu ungu UV, kertas kardus, spektrofotometer UV-Vis Zimadzu, XRD Rigaku MiniFlex 600 , PSA Microtrac Nanotrak Wave II, PL Ocean Optic, FTIR Shimadzu IR Prestige-21 . Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian melibatkan aquades, limbah biji nangka, *congo red*.

1. Tahap Sintesis C-Dots

Sintesis C-Dots menggunakan limbah biji nangka untuk fotokatalis *congo red* menggunakan metode pemanasan *oven* dan *microwave*. Langkah selanjutnya yaitu mengumpulkan limbah biji nangka, menimbang biji nangka yang sudah dikumpulkan sebanyak 89,4 gram, menjemur limbah biji nangka selama 3 hari untuk mengurangi kadar air, melakukan pemanasan biji nangka menggunakan *oven* selama 3 jam dengan suhu 200 °C, menumbuk biji nangka yang sudah di-*oven* menggunakan mortar hingga menjadi serbuk halus, menimbang limbah biji nangka yang sudah menjadi serbuk halus sebanyak 11,7 gram, memasukkan serbuk halus ke dalam gelas *beaker* ukuran 500 mL, menambahkan aquades

dengan volume 400 mL ke gelas *beaker* 500 mL yang sudah terdapat serbuk halus, melakukan pencampuran dengan menggunakan *ultrasonic* dengan waktu 10 menit selama 6 kali, menyaring larutan menggunakan kertas saring, memasukkan larutan hasil penyaringan ke *microwave* dengan pemanasan *medium-high* selama 2 jam sehingga didapatkan hasil C-Dots berupa caramel.

2. Tahap Karakterisasi C-Dots

Sampel C-Dots berupa karamel kemudian dibagi menjadi dua, yaitu sampel padat dan sampel cair. Sampel padat yang berupa karamel digunakan pada tahap karakterisasi XRD. Sementara, dalam pembuatan sampel cair, C-Dots karamel dilarutkan dengan aquades pada gelas sampel untuk selanjutnya dilakukan pengujian dengan laser ungu UV, karakterisasi UV-Vis, karakterisasi PSA, karakterisasi PL, karakterisasi FTIR.

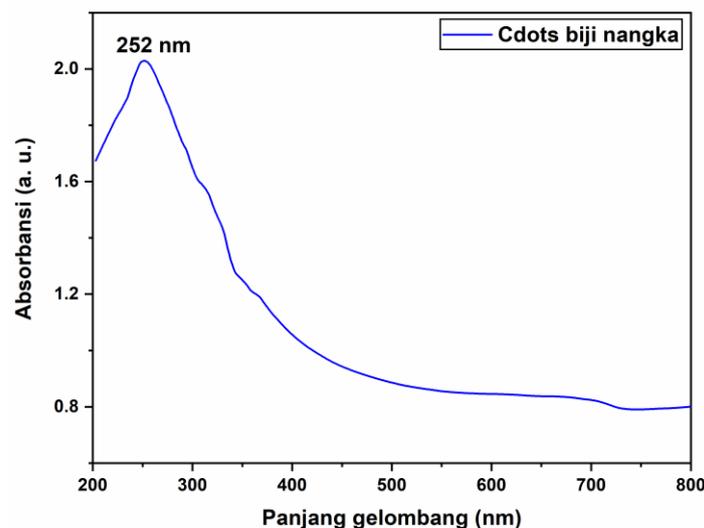
3. Tahap Uji Fotokatalis

Setelah mendapatkan sampel larutan C-Dots maka selanjutnya dilakukan aplikasi uji fotokatalis zat warna *congo red* menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan langkah yaitu merancang tempat melakukan uji fotokatalis, menyiapkan alat dan bahan yang digunakan untuk uji fotokatalis, memasukkan magnet ke gelas *beaker* 50 mL, menuangkan *congo red* sebanyak 50 mL ke gelas *beaker*, memasukkan 0,2 gram C-Dots ke dalam gelas *beaker*, meletakkan gelas *beaker* di atas *magnetic stirrer* kemudian diletakkan pada tempat uji fotokatalis, menyalakan *magnetic stirrer*, mengambil sampel larutan dari gelas beaker tersebut pada waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit, melakukan uji spektrofotometer UV-Vis pada semua sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Uji UV-Vis

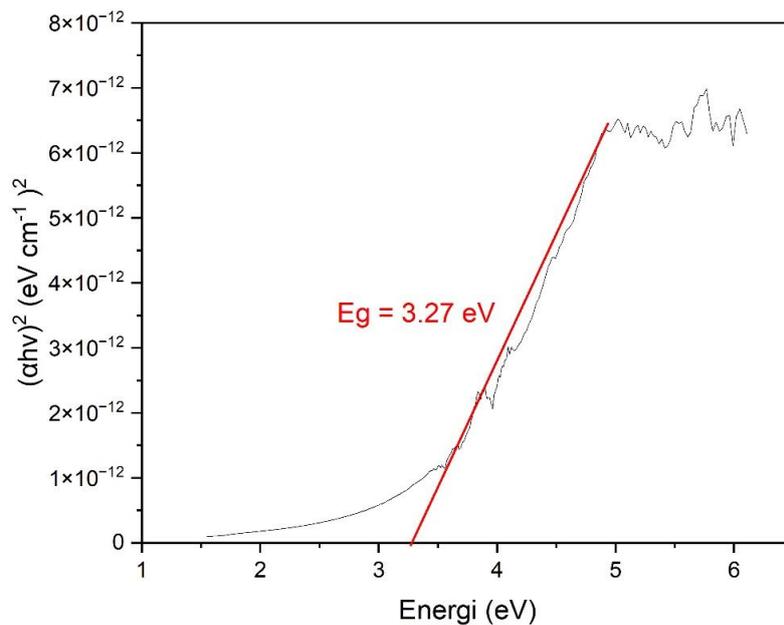
Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui nilai absorbansi dan panjang gelombang dari sampel C-Dots yang diuji. Pengukuran dilakukan dengan rentang panjang gelombang yaitu 200 – 800 nm. Rentang panjang gelombang ini terdapat pada spektrum cahaya UV dan cahaya tampak (*visible*). Hasil karakterisasi ini berupa grafik hubungan antara nilai absorbansi (a.u.) dan panjang gelombang (nm). Hasil karakterisasi sampel ditunjukkan pada Gambar 1.



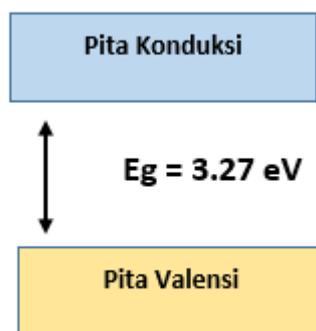
Gambar 1. Hasil karakterisasi UV-Vis.

Hasil karakterisasi UV-Vis menunjukkan adanya satu puncak absorptansi yang berada pada panjang gelombang 252 nm dengan nilai absorptansi 2,03 a.u. Puncak absorptansi pada panjang gelombang 252 nm menunjukkan adanya transisi elektron $\pi \rightarrow \pi^*$ dari ikatan C=C. Zhu et al. (2019) menjelaskan bahwa puncak absorptansi ini kurang dari 300 nm muncul karena adanya transisi elektron $\pi \rightarrow \pi^*$ yang merupakan core C-Dots.

Adanya puncak absorptansi ini mengindikasikan bahwa terdapat suatu material yang terkandung dalam sampel yang diuji. Semakin tinggi nilai absorptansi maka semakin banyak C-Dots yang terkandung dalam larutan. Sintesis C-Dots dapat dikatakan berhasil berdasarkan uji UV-Vis. Hal ini juga sesuai dengan penelitian Liu et al. (2020) yang menyatakan bahwa C-Dots yang berhasil disintesis menunjukkan absorptansi yang kuat di daerah UV pada rentang 200-400 nm.



Gambar 2. Band-gap C-Dots.

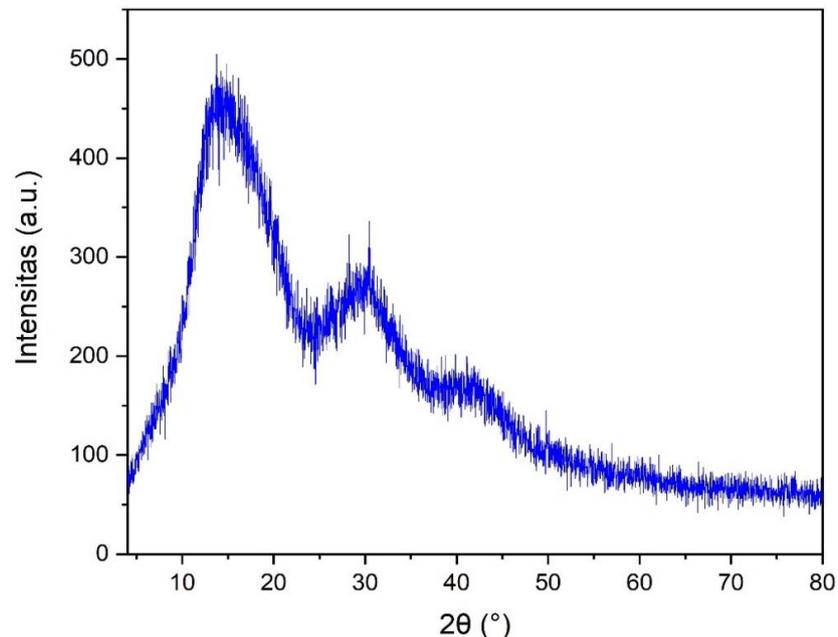


Gambar 3. Ilustrasi band-gap C-Dots.

2. Hasil Uji XRD

Karakterisasi XRD digunakan untuk mengetahui kristalinitas bahan. Metode ini digunakan untuk mendapatkan informasi terkait material yang diujikan apakah kristalit ataupun amorf. Pada karakterisasi XRD digunakan sampel C-Dots padat berupa karamel. Hasil karakterisasi XRD berupa grafik hubungan antara (2θ) dan intensitas (a.u.). Intensitas

mencerminkan banyaknya sinar-X yang mengalami difraksi oleh kisi-kisi kristal. Sementara itu, 2θ merujuk pada sudut antara sinar datang dan sinar pantul. Kisi kristal ini terbentuk oleh atom-atom yang menyusun kristal. Jika tidak ada atom-atom yang menyusun suatu bidang kisi pada kristal, maka sinar-X yang datang tidak mengalami difraksi.



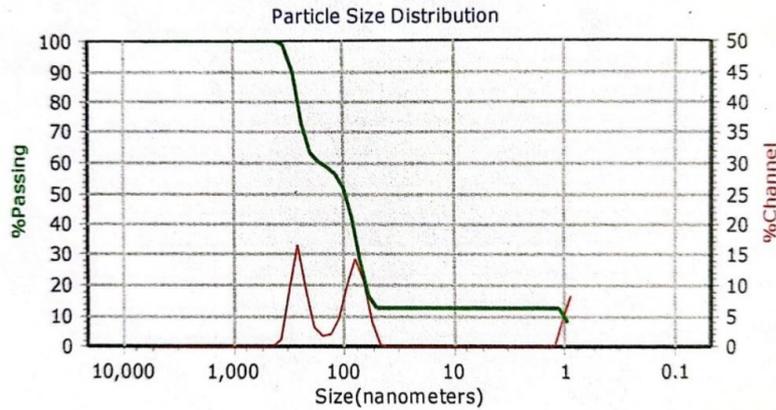
Gambar 4. Hasil karakterisasi XRD.

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa hasil C-Dots yang disintesis berstruktur amorf. Hal ini dikarenakan tidak ada puncak yang spesifik atau khas pada sudut tertentu, sehingga jarak atom karbon tidak teratur dan tidak memiliki pola. C-Dots yang disintesis dapat dikatakan berhasil pada pengujian karakterisasi XRD karena sesuai dengan penelitian Jiang *et al.* (2014) yang berhasil mensintesis C-Dots berbahan dasar bubuk kopi dengan metode pemanasan *microwave* dan berstruktur amorf.

3. Hasil Uji PSA

Karakterisasi PSA dilakukan pada sampel C-Dots cair dengan tujuan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel pada larutan sampel tersebut. Hasil karakterisasi PSA berupa grafik yang menunjukkan hubungan antara jumlah (*%channel*), dan distribusi (*%passing*) terhadap ukuran C-Dots (nm). Gambar 5 merupakan grafik hasil karakterisasi PSA.

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan PSA, didapatkan tabel berupa hubungan diameter ukuran partikel (nm) dengan volume (%) seperti terlihat pada Tabel 1. Hasil pengujian ini menunjukkan adanya partikel dengan diameter 79,3 nm yang menyumbang sebesar 54,5% dari total volume dalam larutan. Terdapat pula partikel dengan diameter 260 nm yang mempunyai persentase volume 41,3% dalam larutan. Selain itu, juga terdeteksi partikel dengan diameter 1,01 nm yang mempunyai persentase volume 4,2% dalam larutan.



Gambar 5. Grafik hasil karakterisasi PSA.

Xu et al. (2019) menyatakan bahwa C-Dots merupakan partikel yang memiliki diameter kurang dari 10 nm. Dari hasil pengujian ini menunjukkan adanya partikel dengan diameter 1,01 nm yang mengindikasikan partikel tersebut sudah memenuhi parameter atau kriteria ukuran dari C-Dots. Namun terdapat pula partikel yang terdeteksi berukuran lebih besar dari 10 nm yaitu 79,3 nm dan 260 nm. Hal ini boleh jadi disebabkan pada saat pengukuran PSA terjadi aglomerasi sehingga yang terukur merupakan kumpulan atau bongkahan dari partikel C-Dots.

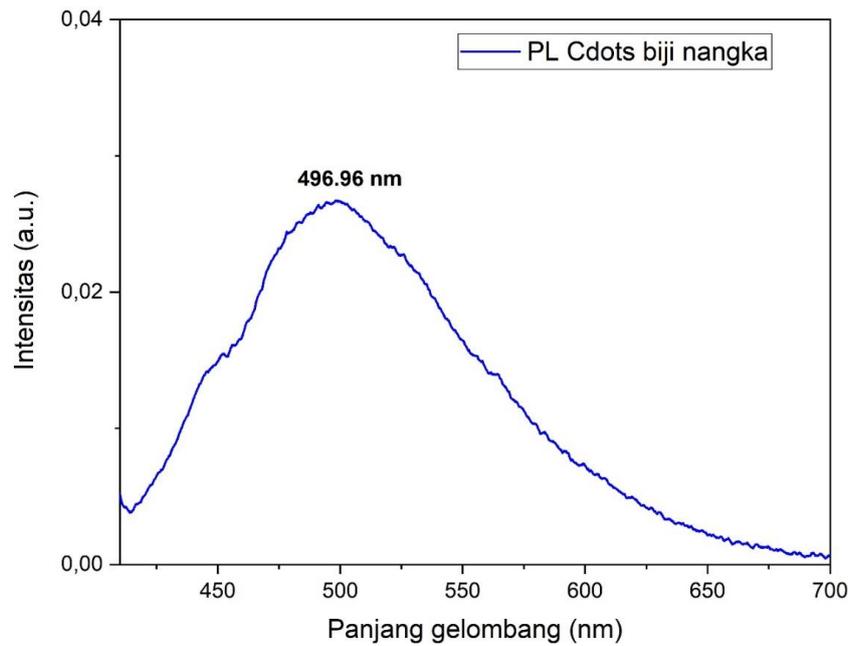
Tabel 1. Distribusi ukuran partikel.

Puncak	
Diameter (nm)	Volume (%)
260	41.3 %
79.3	54.5 %
1.01	4.2 %

Hasil Uji FTIR

Karakterisasi PL dilakukan dengan tujuan untuk mengukur transisi elektron dari keadaan tereksitasi ke keadaan dasar. Hal ini berbanding terbalik dengan karakterisasi UV-Vis yang mengukur transisi elektron dari keadaan dasar menuju keadaan tereksitasi. Karakterisasi PL dilakukan dengan panjang gelombang eksitasi 405 nm untuk mengetahui panjang gelombang emisi yang dihasilkan C-Dots. Hasil yang didapatkan dari karakterisasi PL yaitu grafik hubungan antara panjang gelombang (nm) dengan intensitas (a.u.).

Hasil karakterisasi PL ditunjukkan pada Gambar 6. Berdasarkan hasil yang didapatkan, dapat diketahui bahwa terdapat puncak tertinggi yang terletak pada panjang gelombang 496 nm. Panjang gelombang tersebut termasuk dalam rentang 495 – 570 nm yang merupakan panjang gelombang warna hijau. Emisi yang dihasilkan C-Dots tersebut memiliki warna *cyan*. Hasil karakterisasi PL dan hasil penyinaran menggunakan laser ungu UV menunjukkan warna yang bersesuaian karena C-Dots menghasilkan pendaran yang berwarna *cyan*.



Gambar 6. Hasil karakterisasi PL.

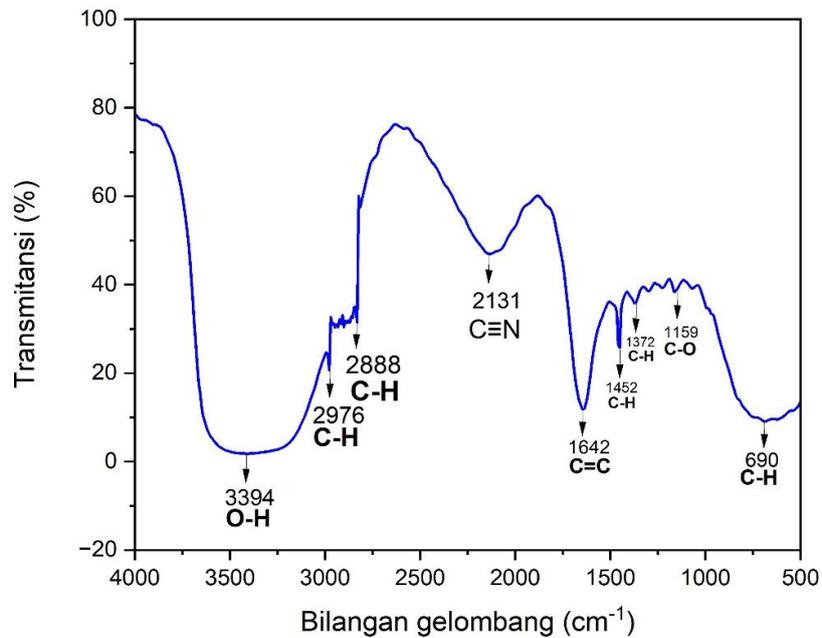
Pendaran tersebut terjadi karena elektron menerima energi dari sinar UV sehingga elektron berpindah dari pita valensi menuju ke pita konduksi. Namun elektron hanya berada dalam keadaan tereksitasi selama jangka waktu tertentu. Setelah itu, elektron akan kembali ke keadaan semula untuk mengisi kekosongan yang ditinggalkan. Proses ini menyebabkan elektron melepaskan energi dalam bentuk emisi cahaya. Warna pendaran pada sampel dapat bermacam-macam. Hal ini boleh jadi disebabkan oleh perbedaan bahan dasar sintesis C-Dots atau perbedaan metode sintesis C-Dots sehingga terjadi perbedaan ukuran C-Dots. Bao et al. (2023) menyatakan bahwa mengubah suhu reaksi dapat menghasilkan beragam ukuran dari C-Dots sehingga menghasilkan pendaran yang berbeda.

Pemanasan menggunakan *oven* dan *microwave* mengakibatkan putusnya molekul-molekul menjadi bagian yang lebih kecil dari *core* C-Dots. Meskipun demikian, tidak semua molekul mengalami reorientasi karena dari hasil terlihat terdapat partikel yang mempunyai ukuran besar.

4. Hasil Uji FTIR

Karakterisasi FTIR dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada sampel C-Dots yang diujikan. Hasil karakterisasi FTIR berupa grafik hubungan antara transmitansi (%) dan bilangan gelombang (cm^{-1}). Karakterisasi FTIR dapat digunakan untuk mengetahui suatu gugus fungsi materi dari interaksi molekul dengan radiasi IR pada bilangan gelombang 13000 cm^{-1} sampai 10 cm^{-1} . Pada penelitian ini pengukuran FTIR dilakukan pada bilangan gelombang $\sim 4000 \text{ cm}^{-1}$ sampai $\sim 500 \text{ cm}^{-1}$.

Gambar 7 merupakan grafik hasil pengujian FTIR pada sampel larutan C-Dots. Terdapat puncak-puncak transmitansi yang menunjukkan gugus fungsi. Setiap gugus fungsi memiliki bilangan gelombang yang berbeda-beda dikarenakan perbedaan kemampuan gugus fungsi tersebut dalam bergetar dan menyerap energi dari spektrum IR.



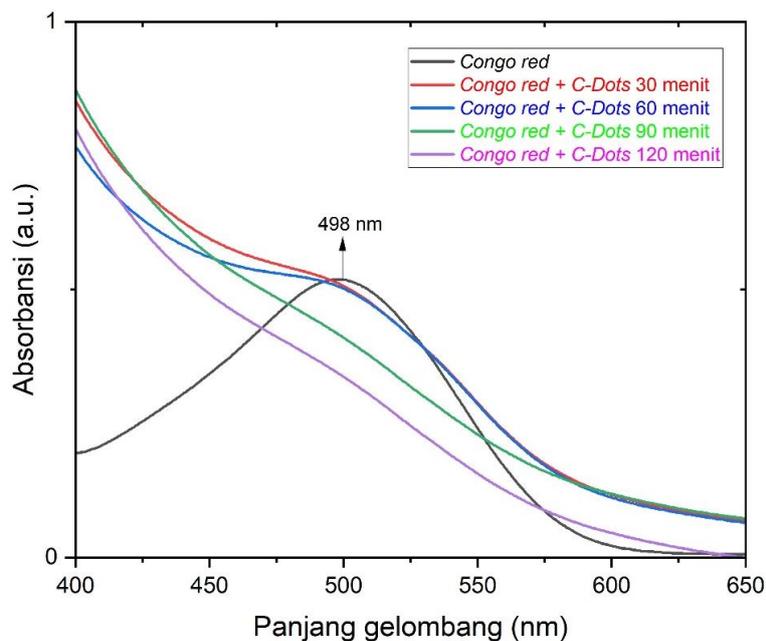
Gambar 7. Hasil karakterisasi FTIR.

Sampel teridentifikasi memiliki beberapa gugus fungsi diantaranya gugus O-H (asam karboksilat) yang terdeteksi pada bilangan gelombang 3394 cm^{-1} . Gugus fungsi O-H tersebut mengindikasikan adanya air pada sampel larutan yang diujikan. Asam karboksilat juga dapat mengindikasikan adanya *surface state* dari C-Dots. Kemudian terdapat gugus fungsi $\text{C} \equiv \text{N}$ pada bilangan gelombang 2131 cm^{-1} . Gugus fungsi $\text{C} \equiv \text{N}$ ini menunjukkan adanya gugus fungsi yang mengandung asam amino. Terdeteksi pula gugus fungsi C=C pada bilangan gelombang 1642 cm^{-1} . Bilqis dalam Anggraini (2017) menyatakan bahwa adanya ikatan rantai karbon C=C mengindikasikan terbentuknya penyusun dasar (*core*) pada C-Dots. Gugus fungsi lain yang terdeteksi yaitu C-H (alkana) pada bilangan gelombang 2976 cm^{-1} , 2888 cm^{-1} , 1452 cm^{-1} , dan 1372 cm^{-1} .

5. Aplikasi Fotokatalis C-Dots Terhadap Zat Warna Congo red

C-Dots berbahan dasar limbah biji nangka yang berhasil disintesis merupakan salah satu material yang memiliki potensi sebagai katalisator zat warna. Pada penelitian ini, C-Dots dijadikan katalisator yang dilarutkan ke dalam larutan zat warna *congo red*. Kemudian larutan tersebut diberi paparan sinar ungu UV untuk proses fotokatalis.

Keberhasilan pengujian fotokatalis dapat dilihat dari penurunan nilai absorbansi zat pewarna *congo red*. Alat yang digunakan untuk mendeteksi penurunan absorbansi yaitu spektrofotometer UV-Vis. Pada penelitian ini, sampel larutan dibagi menjadi 4 variasi waktu uji fotokatalis, yaitu 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit dengan massa C-Dots yang sama. Hasil uji fotokatalis dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hasil fotokatalis.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Yokwana *et al.* (2018) puncak serapan dari zat pewarna *congo red* berada pada panjang gelombang 498 nm. Gambar 19 menunjukkan terjadi penurunan nilai absorbansi larutan pada panjang gelombang 498 nm seiring dengan bertambahnya waktu penyinaran. Semakin kecil nilai absorbansi larutan maka semakin kecil zat pewarna *congo red* yang terkandung dalam larutan tersebut.

Tabel 2. Hubungan perlakuan dan absorbansi pada uji UV-Vis.

Perlakuan	Absorbansi (a.u.)
<i>Congo red</i>	0.519
<i>Congo red</i> + C-Dots 30 menit	0.509
<i>Congo red</i> + C-Dots 60 menit	0.501
<i>Congo red</i> + C-Dots 90 menit	0.417
<i>Congo red</i> + C-Dots 120 menit	0.340

Tabel 2 menunjukkan nilai absorbansi pada masing-masing sampel. Dhir (2020) menyatakan bahwa efisiensi degradasi konsentrasi zat warna dapat diukur menggunakan persamaan yaitu:

$$\epsilon = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\%, \quad (2)$$

dengan ϵ mewakili efisiensi degradasi konsentrasi zat warna, C_0 mewakili konsentrasi awal zat pewarna, dan C mewakili konsentrasi setelah penyinaran dengan menggunakan sinar UV. Hasil dari nilai efisiensi degradasi konsentrasi zat warna digunakan dalam skala persen.

Pada waktu fotokatalis menit ke 30 absorbansinya turun sebesar 0.010 a.u. dari nilai absorbansi *congo red* awal yang artinya memiliki efisiensi degradasi konsentrasi zat warna sebesar 2%. Pada waktu fotokatalis menit ke 60 absorbansinya turun sebesar 0.018 a.u. dari nilai absorbansi *congo red* awal yang artinya memiliki efisiensi degradasi konsentrasi zat warna sebesar 3,5%. Pada waktu fotokatalis menit ke 90 absorbansinya turun sebesar 0,102 a.u. dari nilai absorbansi *congo red* awal yang artinya memiliki efisiensi degradasi konsentrasi zat warna sebesar 19,7%. Pada waktu fotokatalis menit ke 120 absorbansinya turun sebesar

0,102 a.u. dari nilai absorbansi *congo red* awal yang artinya memiliki efisiensi degradasi konsentrasi zat warna sebesar 34,5%.

Hal ini membuktikan bahwa material C-Dots berbahan dasar limbah biji nangka dapat membantu proses degradasi zat pewarna *congo red* seiring dengan bertambahnya waktu penyinaran. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Zhou *et al.* (2019) yang menunjukkan bahwa terjadi penurunan serapan terus-menerus seiring dengan semakin lama waktu paparan sinar UV.

SIMPULAN

Dalam penelitian ini, sintesis C-Dots berbahan dasar limbah biji nangka dengan metode pemanasan *oven* dan *microwave* berhasil dilakukan. Hal ini berdasarkan berbagai hasil pengujian yang telah dilakukan, yaitu UV-Vis, XRD, PSA, PL, dan FTIR. Pada karakterisasi UV-Vis sampel C-Dots dihasilkan puncak absorbansi pada panjang gelombang 252 nm dengan nilai absorbansi yaitu 2,03 a.u. Pada karakterisasi XRD sampel C-Dots didapatkan hasil berstruktur amorf. Pada karakterisasi PSA sampel C-Dots didapatkan hasil berupa distribusi ukuran partikel dengan diameter 79,3 nm dan persentase 54,5%, diameter 260 nm dengan persentase 41,3%, diameter 1,01 nm dengan persentase 4,2%. Pada karakterisasi PL sampel C-Dots dihasilkan pendaran berwarna *cyan* dengan puncak intensitas pada panjang gelombang 496 nm. Karakterisasi FTIR sampel C-Dots menunjukkan adanya gugus fungsi C=C yang mengindikasikan terbentuknya *core* C-Dots. Hasil pengujian aplikasi fotokatalis menunjukkan zat warna *congo red* mengalami degradasi yang dapat dilihat dari penurunan nilai absorbansi pada uji UV-Vis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Yogyakarta, seluruh jajaran, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), dan Departemen Pendidikan Fisika atas dukungan dalam penulisan jurnal ini. Penghargaan juga disampaikan kepada Wipar Sunu Brams D., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing skripsi, yang telah memberikan bimbingan dan arahan hingga menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada teman-teman yang memberikan dukungan dan bantuan, yang turut berkontribusi dalam kesuksesan penyusunan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andaka, G., Nareswary, P. O., Budilaksana, F., & Trishadi, D. E. (2015). Pemanfaatan Limbah Biji Nangka Sebagai Bahan Alternatif dalam Pembuatan Tempe. *Teknologi Industri*, 866–870.
- Anggraini, G. A., & Dwandaru, W. S. B. (2017). *Sintesis dan Karakterisasi Nanomaterial Carbon Dots Berbahan Dasar Daun Kemangi Menggunakan Pemanasan Presto Synthesis and Characterization of Nanomaterial Carbon Dots Made From Basil Leaves Using Pressure Heating*. 36–42.
- Bao, H., Liu, Y., Li, H., Qi, W., & Sun, K. (2023). Luminescence of carbon quantum dots and their application in biochemistry. *Heliyon*, 9(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20317>
- Dhir, R. (2020). Photocatalytic degradation of methyl orange dye under UV irradiation in the presence of synthesized PVP capped pure and gadolinium doped ZnO nanoparticles. *Chemical Physics Letters*, 746(December 2019), 137302. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2020.137302>
- Ghifari, A. D. Al, Putra, W. P., & Isnaeni, I. (2017). *Analisis Fotoluminesensi Karbon Dot Dari Daun Teh Dan Daun Pepaya Dengan Teknik Microwave*. VI, SNF2017-MPS-19-SNF2017-MPS-26. <https://doi.org/10.21009/03.snf2017.02.mps.04>
- Hasanpour, M., & Hatami, M. (2020). Photocatalytic performance of aerogels for organic

- dyes removal from wastewaters: Review study. *Journal of Molecular Liquids*, 309, 113094. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.113094>
- Jiang, C., Wu, H., Song, X., Ma, X., Wang, J., & Tan, M. (2014). Presence of photoluminescent carbon dots in Nescafe® original instant coffee: Applications to bioimaging. *Talanta*, 127, 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.01.046>
- Liu, J., Li, R., & Yang, B. (2020). Carbon Dots: A New Type of Carbon-Based Nanomaterial with Wide Applications. *ACS Central Science*, 6(12), 2179–2195. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.0c01306>
- Ruan, C. Q., Strømme, M., & Lindh, J. (2018). Preparation of porous 2,3-dialdehyde cellulose beads crosslinked with chitosan and their application in adsorption of Congo red dye. *Carbohydrate Polymers*, 181, 200–207. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.10.072>
- Saraswati, I. G. A., Diantariani, N. P., & Suarya, D. P. (2015). FOTODEGRADASI ZAT WARNA TEKSTIL CONGO RED DENGAN FOTOKATALIS ZnO-ARANG AKTIF DAN SINAR ULTRAVIOLET (UV). *Jurnal Kimia*, 2(2), 175–182.
- Septiana, R. (2022). PEMANFAATAN KARBON AKTIF KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca*) SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA CONGO RED DALAM LIMBAH PEMANFAATAN KARBON AKTIF KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca*) SEBAGAI ADSORBEN.
- Sukarta, I. N. (2020). Sintesis Membran Nata De Pina Dan Aplikasinya Untuk Adsorpsi Zat Warna Tekstil Remazol Red Rb. *Jurnal Kimia*, 14(2), 134. <https://doi.org/10.24843/jchem.2020.v14.i02.p05>
- Supriyanto, R., Dio, R. G. R., Bahri, S., & Kiswandono, A. A. (2021). VALIDASI METODE FOTODEGRADASI PEWARNA TEKSTIL CONGO RED MENGGUNAKAN KATALIS ZnO/ZEOLIT Y SECARA SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 6(2), 104. <https://doi.org/10.23960/analit.v6i2.2021.p104-113>
- Tuerhong, M., XU, Y., & YIN, X. B. (2017). Review on Carbon Dots and Their Applications. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 45(1), 139–150. [https://doi.org/10.1016/S1872-2040\(16\)60990-8](https://doi.org/10.1016/S1872-2040(16)60990-8)
- Xia, C., Zhu, S., Feng, T., Yang, M., & Yang, B. (2019). Evolution and Synthesis of Carbon Dots: From Carbon Dots to Carbonized Polymer Dots. *Advanced Science*, 6(23). <https://doi.org/10.1002/advs.201901316>
- Xu, D., Lin, Q., & Chang, H. (2019). *Recent Advances and Sensing Applications of Carbon Dots*. 1900387, 1–17. <https://doi.org/10.1002/smt.201900387>
- Yokwana, K., Kuvarega, A. T., Mhlanga, S. D., & Nxumalo, E. N. (2018). Mechanistic aspects for the removal of Congo red dye from aqueous media through adsorption over N-doped graphene oxide nanoadsorbents prepared from graphite flakes and powders. *Physics and Chemistry of the Earth*, 107, 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.08.001>
- Zhou, Y., Zahran, E. M., Quiroga, B. A., Perez, J., Mintz, K. J., Peng, Z., Liyanage, P. Y., Pandey, R. R., Chusuei, C. C., & Leblanc, R. M. (2019). Size-dependent photocatalytic activity of carbon dots with surface-state determined photoluminescence. *Applied Catalysis B: Environmental*, 248(January), 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2019.02.019>