



Pembuatan Dan Karakterisasi Carbon Dots Dari Tanaman Kunyit Putih Dengan Metode Hidrotermal

Hestina, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Indonesia

Erdiana Gultom, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Indonesia

Imania Waruwu, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Indonesia

ABSTRACT

Carbon Dots are nanoparticles that have high fluorescence intensity, good optical properties, high biocompatibility, stable chemical properties and are easy to apply. CDots can be used for biosensors. CDots can be synthesized from natural or synthetic materials. CDots synthesized from natural materials are more environmentally friendly and low cost. One of the natural sources of CDots is white turmeric. The compounds contained in white turmeric include saponins, alkaloids, triterpenoids, flavonoids, tannins and polyphenols. White turmeric can be used as an antibacterial. Maceration techniques and hydrothermal methods were used to synthesize CDots. Based on the research results, it was found that white turmeric CDots were successfully synthesized. The results of FTIR analysis on white turmeric extract and CDots showed the presence of O-H, C-H, C=O, O-CH₃ groups. Results of UV-Vis analysis at a wavelength of 200-800 nm with the highest intensity of 348 nm. Antibacterial analysis against Staphylococcus aureus with a microbial index of 0.5 mm

ARTICLE HISTORY

Submitted 26/10/2024

Revised 19/11/2024

Accepted 29/11/2024

KEYWORDS

carbon dots, white turmeric, hydrothermal

CORRESPONDENCE AUTHOR

✉ hestiginting@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.30743/cheds.v7i1.10073>

1. PENDAHULUAN

Kunyit putih adalah tanaman herbal yang bisa digunakan sebagai salah satu pengobatan alternatif untuk mencegah dan mengurangi pertumbuhan dari sel kanker, pengobatan herbal ini sudah dikenal sejak lama dan dibudidayakan secara tradisional di negara-negara Asia seperti China dan Jepang (Wati et al., 2019). Kunyit putih merupakan salah satu jenis dari keluarga Zingiberaceae. Kunyit putih mempunyai kandungan utama kurkuminoid. Kandungan senyawa yang terdapat dalam kunyit putih antara lain saponin, alkaloid, triterpenoid, flavonoid, tannin dan polifenol. Senyawa metabolit sekunder tersebut memiliki aktivitas sebagai antibakteri dengan cara menghambat sintesis protein (Rahmawati Yuyun et al., 2023). Zat antibakteri adalah suatu zat yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara mengganggu metabolisme mikroba yang merugikan (Pranidya Tilarso et al., 2021). Berdasarkan penelitian sebelumnya tentang uji aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi agar dengan sumuran, diameter zona hambat 20 mm atau lebih termasuk sangat kuat, diameter zona hambat 15-19 mm termasuk kuat, diameter zona hambat 10-14 mm termasuk sedang, diameter zona hambat 9-7 mm termasuk lemah dan diameter zona hambat 6 mm tidak ada aktivitas (Nurfadzillah et al., 2022).

Carbon dots adalah nanopartikel karbon berukuran 10 nm berdimensi nol yang memiliki kelebihan intensitas fluoresensi tinggi, sifat optik yang baik, biokompabilitas yang tinggi, sifat kimia yang stabil, berfluoresensi, tidak berbahaya ke lingkungan, sintesis yang mudah, biaya murah, larut dalam air, inert, toksisitas rendah, dan mudah dalam pengaplikasian (Page et al., 2023). Salah satu bahan yang telah banyak diteliti untuk digunakan dalam aplikasi analisis bidang kimia untuk deteksi logam, sensor, dan bioimaging, yaitu nanopartikel karbon (*Cdots*). *Cdots* dapat disintesis dengan material berupa sumber karbon yang berasal dari bahan alam maupun bahan sintetik. *Cdots* yang disintesis dari bahan alam memiliki kelebihan berupa ramah lingkungan, biaya yang murah, dan sebagai pengembangan material baru dengan aplikasi yang mutakhir (Page et al., 2023).

Metode sintesis *Cdots* dapat dibagi menjadi dua metode ialah metode bottom-up dan metode top-up. Dalam metode top-down, *Cdots* disintesis dari massa karbon yang besar menjadi karbon berukuran nano. Biasanya berasal dari bahan non-organik dengan teknik pemotongan menggunakan ablasi laser, proses oksidasi kimia atau elektrokimia biasa digunakan dalam proses ini. Sedangkan metode bottom-up beberapa diantaranya ialah metode pemanasan sederhana, *supported synthesis* dan microwave (Dany Rahmayanti et al., 2019). Selain menggunakan metode pemanasan sederhana,



metode yang sering digunakan dalam sintesis *Cdots* adalah metode hidrotermal. Metode hidrotermal merupakan salah satu pendekatan yang paling banyak digunakan karena keunggulannya dalam hal kenyamanan, efektivitas biaya, kemudahan penggunaan dan ramah lingkungan. Metode hidrotermal direkomendasikan untuk mensintesis *Cdots* yang menunjukkan morfologinya yang murah, mudah dan terkendali (Marpongahtun et al., 2023).

Pada penelitian sebelumnya oleh (Alviana & Dwardaru, 2024) tentang sintesis dan karakterisasi nanomaterial *Cdots* berbahan dasar daun jeruk nipis sebagai antibakteri *Clostridium botulinum* untuk industri kemasan makanan dengan metode microwave. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakterisasi spektrofotometer UV-Vis memiliki satu puncak absorbansi, yaitu pada panjang gelombang 236 nm, hasil karakterisasi PSA menunjukkan ukuran *Cdots* sebesar 176,3 nm, hasil XRD memiliki puncak pada sudut 12° dan 30°. Konsentrasi *Cdots* dan jeruk nipis yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Clostridium botulinum* pada penelitian, yaitu pada konsentrasi C (800 ppm) yang memiliki diameter tertinggi sebesar 6,6 mm pada masa inkubasi jam ke-6.

Adapun penelitian lainnya (Putro & Maddu, 2019) tentang sintesis *Cdots* dari daun bambu menggunakan teknik sintesis hijau dengan penambahan air sebagai pelarut non-kimia dan sumber alami untuk mengetahui sifat fisik dan sifat optik *Cdots* dengan berbantuan gelombang mikro. Sifat fisik *Cdots* menunjukkan warna transparan di bawah cahaya tampak, dan warna hijau di bawah laser UV 405 nm. Sifat optik *Cdots* dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan sumber eksitasi 405 nm. Seiring berkembangnya pengetahuan *Cdots* tentang nanomaterial, senyawa organik tanaman kunyit putih (*Curcuma Zedoaria*) dapat dimanfaatkan untuk menjadi bahan dasar *Cdots* dengan metode maserasi dan hidrotermal.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimen skala laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui sintesis dan karakteristik *Cdots* yang dihasilkan dari filtrat kunyit putih.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah blender, autoclave, neraca analitik, kertas saring, beaker glass, erlenmeyer, gelas ukur, corong, spatula, pipet tetes, labu ukur, tabung reaksi, kertas cakram, dan alat uji karakterisasi yang terdiri dari spektrofotometer UV-VIS Genesys 150, FTIR Shimadzu IR Prestige-21, dan Antibakteri. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kunyit putih, aquadest, air, dan etanol 70%, bakteri *Staphylococcus Aureus*

2.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2024 di Pusat Studi Rendah Karbon Universitas Sari Mutiara Indonesia Medan Sumatera utara

2.4 Target/Subjek Penelitian

Penelitian ini tentang sintesis dan karakterisasi carbon dots dari tanaman kunyit putih dengan metode hidrotermal. Kunyit putih dimaserasi dengan pelarut etanol dan disintesis menggunakan metode hidrotermal kemudian dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis Genesys 150, FTIR Shimadzu IR Prestige-21 dan antibakteri.

2.5 Prosedur

2.5.1 Ekstraksi Kunyit Putih

Proses ekstraksi kunyit putih sebanyak 500 g dengan cara mencuci kunyit putih dengan air bersih, lalu dimasukkan ke dalam oven selama 60 menit pada suhu 100°C untuk menghilangkan kadar air. Kunyit putih yang sudah kering di blender hingga halus menjadi serbuk. Kemudian dilakukan proses maserasi dengan perbandingan serbuk/pelarut adalah 1:10, sebanyak 100 g serbuk kunyit putih kering dilarutkan dengan etanol 70% selama 3 hari dengan beberapa kali pengadukan kemudian disaring.

2.5.2 Sintesis Carbon Dots

Proses sintesis *Cdots* dari kunyit putih yang dilakukan dengan metode hidrotermal. Sebanyak 50 ml ekstrak kunyit putih dimasukkan ke dalam autoclave kemudian dipanaskan dengan suhu 150°C selama 3 jam. *Cdots* yang diperoleh disentrifugasi dengan kecepatan 5500 rpm selama 30 menit untuk memisahkan padatan dengan larutan. Kemudian hasilnya disimpan di dalam wadah dan diberi label *Cdots*.

2.4.3 Karakterisasi Carbon Dots

Sampel *Cdots* dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis untuk mengukur spektrum absorbansi dari sampel, untuk mengetahui gugus fungsi yang ada pada struktur *Cdots* digunakan karakterisasi *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), dan untuk mengetahui kemampuan *Cdots* dalam menghambat pertumbuhan bakteri dilakukan uji antibakteri.

1. Analisa Spektrofotometer UV-Visible

Sebanyak 50 ml hasil sintesis *Cdots* dikarakterisasi absorbansinya dengan spektroskopi UV-Vis pada panjang gelombang 200-800 nm.

2. Analisa FTIR

Sebanyak 50 ml hasil sintesis *Cdots* dikarakterisasi analisa FTIR untuk mengetahui gugus fungsi pada *Cdots* menggunakan alat FTIR pada rentang gelombang 4000-500 cm^{-1} .

3. Analisa Antibakteri

Analisa aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* yang dilakukan dengan menggunakan metode difusi cakram dengan cara kertas cakram sebagai media untuk menyerap bahan antimikroba ditunjukkan kedalam bahan uji kemudian diinkubasikan selama 1×24 jam pada suhu 35°C.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Ekstraksi Kunyit Putih

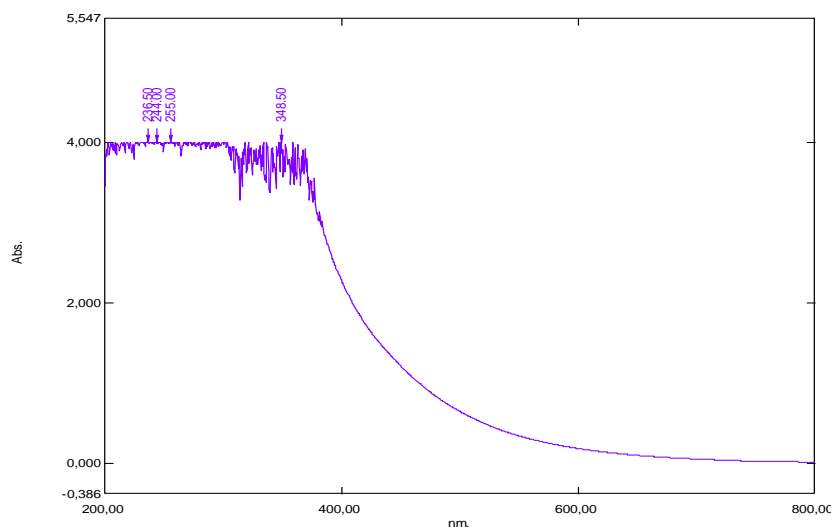
Kunyit putih ditimbang sebanyak 500 g lalu dicuci bersih dan dipotong kecil kemudian dikeringkan di oven pada suhu 100°C selama 60 menit. Setelah pengeringan kunyit putih diperoleh sebanyak 150 g (30%) dan dihaluskan hingga menjadi serbuk kemudian dimaserasi selama 3 hari. Metode maserasi dipilih karena ekstraksi dilakukan pada suhu ruangan dan meminimalisir adanya kerusakan metabolit, sedangkan pelarut etanol 70% dipilih karena dapat menarik komponen kimia yang terdapat di dalam rimpang kunyit putih (Arianingsih et al., 2021).

3.2 Sintesis Carbon Dots

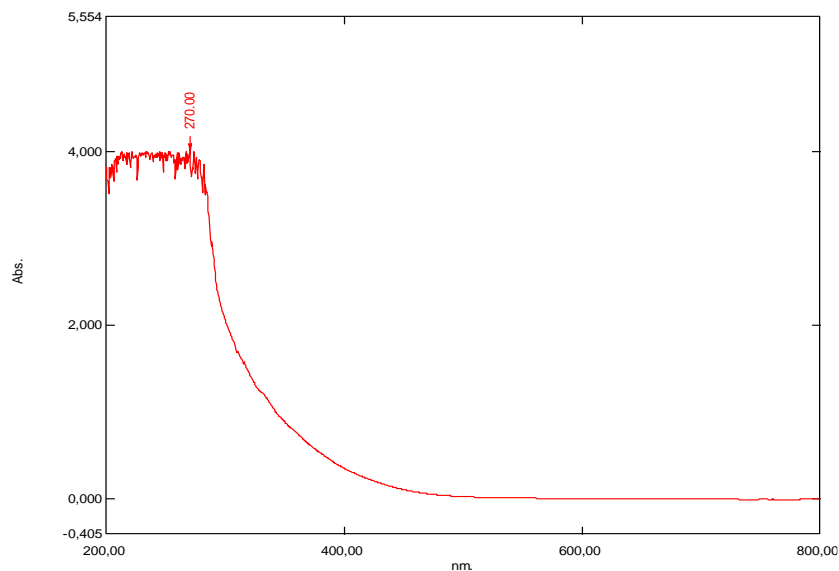
Proses sintesis *Cdots* dilakukan melalui metode hidrotermal yang tergolong dalam metode bottom-up (Hulupi et al., 2022). Pada tahapan ini ekstrak kunyit putih dimasukkan kedalam autoclave sebanyak 50 ml dan dipanaskan pada suhu 150°C selama 3 jam, kemudian di sentrifugasi 5500 rpm selama 30 menit untuk memisahkan padatan dengan larutan. Sentrifugasi pada lingkungan *Cdots* digunakan untuk memisahkan partikel yang lebih besar sehingga menghasilkan lingkungan yang lebih homogen (Yang et al., 2023).

3.3 Hasil Analisa UV-Vis

Analisa spektrofotometer UV-VIS digunakan untuk mengetahui puncak gelombang pada carbon dots. Sebanyak 50 ml hasil sintesis carbon dots dan hasil ekstrak kunyit putih yang dilakukan pada panjang gelombang 200-800 nm dapat dilihat gambar 1 dan 2 di bawah ini.



Gambar 1. Spektra UV-Vis Konsentrasi *Carbon Dots*

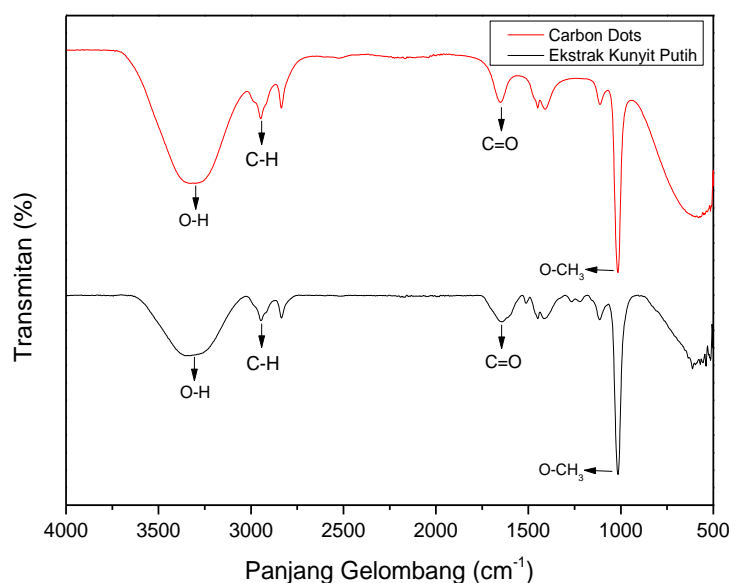


Gambar 2. Spektra UV-Vis Konsentrasi Ekstrak Kunyit Putih

Hasil sintesis *Cdots* menunjukkan absorbansi pada panjang gelombang 348 nm, kemudian hasil ekstrak kunyit putih menunjukkan absorbansi pada panjang gelombang 270 nm. Berdasarkan hasil uji UV-Vis, terdapat satu puncak utama untuk masing-masing sampel yang berada panjang gelombang 348 dan 270 yang berasal dari serapan $\pi \rightarrow \pi^*$ dari ikatan C=C, C=O atau C=N aromatik dari hibridisasi karbon cincin inti sp^2 (Julius Elfino & Dwardaru, 2019). Hal tersebut menunjukkan terjadinya pergeseran puncak ke arah panjang gelombang yang makin panjang (Jumardin et al., 2022). Oleh karena itu, dari karakterisasi UV-Vis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada sampel hasil sintesis penelitian ini telah terbentuk *Cdots* sesuai dengan sintesis sebelumnya yang telah dilakukan oleh (Sujana et al., 2020)

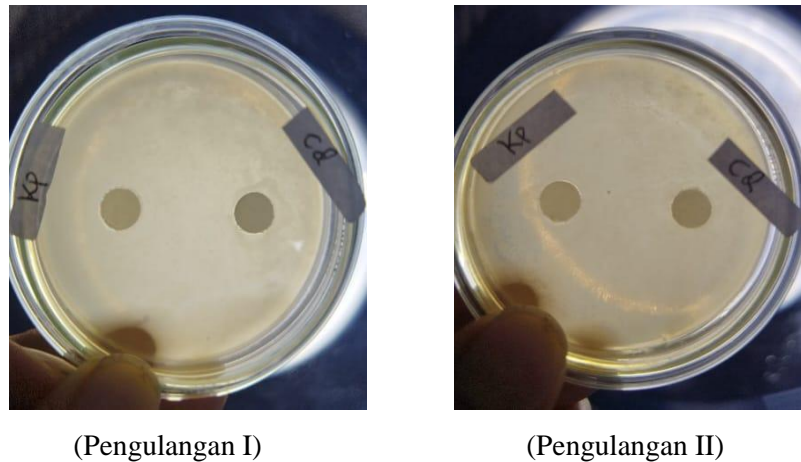
3.4 Hasil Analisa FTIR

Analisa FTIR digunakan untuk menyelidiki gugus fungsi yang ada pada *Cdots* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil spektra FTIR ekstrak kunyit putih dan *Cdots* menunjukkan adanya gugus fungsi alkohol (O-H) pada bilangan gelombang 3292 dan 3298 cm^{-1} . Adanya gugus C-H menyatakan bahwa serapan pada bilangan gelombang di bawah 3000 cm^{-1} merupakan dari ikatan hidrogen molekuler pada bilangan gelombang 2941 dan 2947 cm^{-1} . Serapan dengan intensitas rentangan C(sp^3 -H) alifatik, sehingga dimungkinkan merupakan gugus metil (C-H₃). Pada panjang gelombang pita serapan 1650 dan 1638 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus karbonil (C=O). Pita serapan panjang gelombang 1015 cm^{-1} merupakan gugus O-CH₃. Struktur *Cdots* yang telah diamati menggunakan FTIR secara keseluruhan memiliki kemiripan dengan struktur *Cdots* yang disintesis oleh (Rahmawati, 2022).

Gambar 3. Spektra FTIR *Carbon Dots* dan Kunyit Putih

3.5 Hasil Analisa Antibakteri

Analisa antibakteri pada tahap ini dimulai dengan menyiapkan sampel berupa *Cdots* dan ekstrak kunyit putih dengan metode difusi cakram. Selanjutnya menyiapkan media dengan perlakuan inkubasi pada suhu 35°C selama 1 × 24 jam, pembuatan suspensi bakteri, inokulasi dan pengukuran diameter zona hambat. Pada zona bening yang terbentuk disekitar piringan, diameter zona hambat diukur dengan menggunakan jangka sorong untuk mengetahui daya hambat optimumnya. Hasil zona hambat bening pada kombinasi ekstrak kunyit putih dan *Cdots* dilakukan dengan 2 kali pengulangan yang terbentuk disekitar kertas cakram dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tata Letak Kertas Cakram

Berdasarkan hasil uji aktivitas konsentrasi ekstrak kunyit putih terhadap *Staphylococcus aureus* didapatkan diameter zona hambat paling rendah dengan konsentrasi 9,00 mm pada pengulangan I dan zona hambat paling besar dengan konsentrasi 9,20 mm pada pengulangan II. Sedangkan hasil uji aktivitas konsentrasi *Cdots* terhadap *Staphylococcus aureus* didapatkan diameter zona hambat paling rendah dengan konsentrasi 8,30 mm pada pengulangan ke II dan zona hambat paling besar dengan konsentrasi 8,50 mm pada pengulangan ke I. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak kunyit putih dapat meningkatkan daya antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* yang ditunjukkan dengan bertambahnya diameter zona hambat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak kunyit putih dan *Cdots* positif memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dengan terbentuknya zona hambat pada masing-masing konsentrasi ekstrak kunyit putih dan *Cdots*. Semakin besar diameter zona hambat maka semakin besar aktivitas antibakterinya (Daris et al., 2023).

Tabel 1. Hasil Pengulangan I

No	Nama Sampel	Bakteri	Diameter Cakram	Diameter Zona Hambat	Indeks Antimikrobia
1	Ekstrak Kunyit Putih	<i>S. aureus</i>	6	9,00	0,50
2	Carbon Dots	<i>S. aureus</i>	6	8,50	0,42

Tabel 2 Hasil Pengulangan II

No	Nama Sampel	Bakteri	Diameter Cakram	Diameter Zona Hambat	Indeks Antimikrobia
1	Ekstrak Kunyit Putih	<i>S. aureus</i>	6	9,20	0,53
2	Carbon Dots	<i>S. aureus</i>	6	8,30	0,38

Berdasarkan data tabel di atas, diperoleh analisa antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dengan indeks mikrobial 0,5 mm. Indeks antimikrobia yang diperoleh lebih tinggi menggunakan ekstrak kunyit putih dibandingkan dengan carbon Dots.

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa : Kunyit putih (*Curcuma Zedoaria*) dapat dijadikan sebagai prekursor dalam sintesis *Cdots*. Hal ini didasarkan dari kandungan kimia dalam kunyit putih antara lain alkaloid, flavanoid, tanin dan saponin. Adanya zat-zat tersebut membuat kunyit putih memiliki peluang besar untuk dijadikan sebagai prekursor *Cdots*, hasil dari analisa FTIR pada ekstrak kunyit putih dan *Cdots* menunjukkan adanya gugus O-H, C-H, C=O, O-CH₃ yang menandakan keberhasilan pada sintesis *Cdots*. Dari hasil analisa UV-Vis yang dilakukan panjang gelombang 200-800 nm dengan intensitas tertinggi 348 nm. Hasil analisa antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dengan indeks mikrobial 0,5 mm.

4.2 Saran

Diharapkan kepada peneliti selanjutnya memilih prekursor yang berbeda untuk melihat perbedaan dari *Cdots* yang diperoleh, diharapkan kepada peneliti selanjutnya agar melakukan penelitian lanjutan terkait aplikasi *Cdots* dari berbagai bidang.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alviana, J. D., & Dwandaru, W. S. B. (2024). Sintesis Dan Karakterisasi Nanomaterial Carbon-Dots Berbahan Dasar Daun Jeruk Nipis Sebagai Antibakteri *Clostridium Botulinum* Untuk Industri Kemasan Makanan. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Terapannya*, 11(1), 63–71.
- Arianingsih, R. D., Fitriani, E., & Safitri, C. I. N. H. (2021). Formulasi dan Stabilitas Uji Mutu Fisik Ekstrak Temu putih (*Curcuma mangga*) Sebagai Bedak Padat. *Prosiding SNPBS Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Sainte*, 557–563.
- Dany Rahmayanti, H., Aji, M. P., & Sulhadi. (2019). Sintesis Carbon Nanodots Sulfur (C-Dots Sulfur) Dengan Metode Microwave. *Unnes Physics Journal*, 4(1), 1–8. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj>
- Daris, U. S., Syam, H., & Sukainah, A. (2023). Uji Daya Hambat serta Penentuan Minimum Inhibitor Concentration (MIC) Dan Minimum Bactericidal Concentration (MBC) Ekstrak Daun Bidara Terhadap Bakteri Patogen. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 9(2), 223–234.
- Hulupi, M., Haryadi, Nabila Sofiyani, Rizka Amalia Nuriana, Indarti, R., & Abdilah, F. (2022). Sintesis dan Karakterisasi Carbon Nanodots dengan Metode Microwave Assisted Extraction. *Kovalen: Jurnal Riset Kimia*, 8(2), 120–126. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2022.v8.i2.15910>
- Julius Elfino, & Dwandaru, W. S. B. (2019). Sintesis Dan Karakterisasi Carbon Nanodots Berbahan Dasar Limbah Biji Kopi Menggunakan Metode Pemanasan Oven. *Sintesis dan karakterisasi carbon*, 1–7.
- Jumardin, Maddu, A., Santoso, K., & Isnaeni. (2022). Karakteristik Sifat Optik Nanopartikel Karbon (Carbon Dots) Dengan Metode Uv-Vis Drs (Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy). *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.24252/jft.v9i1.28815>
- Marpongahtun, M., Pramudita, R., Gea, S., & Daulay, A. (2023). Synthesis of Carbon Dots From Empty Fruit Bunch Biochar an Acid-Free Hydrothermal Method. *Elkawnie*, 9(1), 61. <https://doi.org/10.22373/ekw.v9i1.14524>
- Nurfadzillah, Marlina, E., & Ruga, R. (2022). Uji Aktivitas Antibakteri Rimpang Kunyit Putih (*Kaempferia rotunda* L .) Terhadap *Streptococcus sobrinus* dan *Salmonella typhi*. *Jurnal Atomik*, 06(2), 101–105.
- Page, O., Bahan, C., & Logam, D. (2023). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*. 19(2), 234–246. <https://doi.org/10.20961/alchemy.19.2.61881.234-246>
- Pranidya Tilarso, D., Muadifah, A., Handaru, W., Pratiwi, P. I., & Khusna, M. L. (2021). Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Daun Sirih Dan Belimbing Wuluh Dengan Metode Hidroekstraksi. *Chempublish Journal*, 6(2), 63–74. <https://doi.org/10.22437/chp.v6i2.21736>
- Putro, P. A., & Maddu, A. (2019). Sifat Optik Carbon Dots (C-Dots) dari Daun Bambu Hasil. *Wahana Fisika*, 4(1), 47–55.
- Rahmawati, J. A. (2022). Identifikasi Boraks Menggunakan Carbon Nanodots dari Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*). *Unnes Physics Education Journal*, 11(2), 1–8.
- Rahmawati Yuyun, Ningsih Arista Wahyu, Agustin Fina, Rohadatul A Salsabilla, Ariyani Ervina, Amalia Rahma D Retha, & Charles Irvan. (2023). Studi Fitokimia Dan Farmakologi Temu Putih (*Curcuma zedoaria*). *Journal Of*

Pharmacy Science and Technology, 4(1), 9–16.

- Sujana, G. A. P. P., Sumadiyasa, M., & Isnaeni, I. (2020). Sintesis Carbon Dot Dengan Bahan Dasar Asam Sitrat Menggunakan Metode Pemanasan Secara Berulang di Dalam Oven Microwave. *Buletin Fisika*, 22(1), 29. <https://doi.org/10.24843/bf.2021.v22.i01.p05>
- Wati, I., Si, M., Ir, M. R. M., Ph, D., Nurbani, F., Pratiwi, H., Teknologi, I., Itenas, N., Teknik, J., Jl, K., & Mustopha, P. H. H. (2019). Pengaruh Konsentrasi Pelarut dan Nisbah Bahan Baku dengan Pelarut Terhadap Ekstraksi Kunyit Putih (*Curcuma zedoria*). *Seminar Nasional Teknik Kimia Ecosmart*, 143–151.
- Yang, H. L., Bai, L. F., Geng, Z. R., Chen, H., Xu, L. T., Xie, Y. C., Wang, D. J., Gu, H. W., & Wang, X. M. (2023). Carbon quantum dots: Preparation, optical properties, and biomedical applications. *Materials Today Advances*, 18, 100376. <https://doi.org/10.1016/j.mtadv.2023.100376>