

**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI CARBON NANODOTS BERBAHAN BIJI ASAM
JAWA TERHADAP BAKTERI STAPHYLOCOCCUS AUREUS**

**ANTIBACTERIAL ACTIVITY TEST OF CARBON NANODOTS DERIVED FROM
TAMARIND SEED AGAINST STAPHYLOCOCCUS AUREUS BACTERIA**

Riska Arsita Sari, Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta,
Indonesia

Wipsar Sunu Brams Dwandaru*, Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Negeri
Yogyakarta, Indonesia

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

Abstrak. Carbon nanodots (C-dots) mempunyai banyak kegunaan, salah satunya sebagai agen antibakteri. Dalam penelitian ini C-dots disintesis dari biji asam jawa (*Tamarindus indica*). Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah i) sintesis C-dots dari biji asam jawa; ii) mengetahui karakteristik C-dots biji asam jawa melalui karakterisasi spektrofotometer ultraviolet-visible (UV-Vis), *X-ray diffraction* (XRD), spektroskopi *photoluminescence* (PL), dan *particle size analyzer* (PSA); dan iii) mengetahui kemampuan C-dots sebagai agen antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* di bawah paparan cahaya putih dan UV berdasarkan uji antibakteri. Sintesis C-dots dilakukan dengan metode karbonasi suhu rendah. Hasil karakterisasi UV-Vis menunjukkan bahwa C-dots mempunyai puncak serapan yang khas pada panjang gelombang 257 nm. Hasil karakterisasi XRD memberikan informasi bahwa fase C-dots bersifat amorf. Hasil karakterisasi PL menunjukkan adanya puncak emisi pada panjang gelombang 498 nm. Sedangkan melalui karakterisasi PSA diketahui C-dots yang disintesis mempunyai ukuran 1,33 nm. Hasil uji antibakteri menunjukkan terjadinya penghambatan pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dengan zona hambat yang paling efektif pada konsentrasi 50%.

Kata Kunci: antibakteri, C-dots, biji asam jawa, *Staphylococcus aureus*, ultraviolet.

Abstract. Carbon nanodots (C-dots) have various applications, one of which is as an antibacterial agent. In this study, C-dots were synthesized from tamarind seeds (*Tamarindus indica*). The objectives of this research were: i) synthesis of C-dots from tamarind seeds; ii) characterization of C-dots derived from tamarind seeds using ultraviolet-visible (UV-Vis) spectrophotometry, *X-ray diffraction* (XRD), *photoluminescence* (PL) spectroscopy, and *particle size analysis* (PSA); and iii) evaluation of the antibacterial properties of C-dots against *Staphylococcus aureus* bacteria under exposure to white light and UV through antibacterial tests. The synthesis of C-dots was conducted using a low-temperature carbonization method. UV-Vis characterization results indicated a distinctive absorption peak at a wavelength of 257 nm for the C-dots. XRD characterization revealed that the C-dots phase was amorphous in nature. PL characterization exhibited an emission peak at a wavelength of 498 nm. Meanwhile, PSA characterization disclosed that the synthesized C-dots had a size of 1,33 nm. Antibacterial test results demonstrated the inhibition of *Staphylococcus aureus* growth, with the most effective inhibition zone observed at a concentration of 50%.

Keywords: Antibacterial, C-dots, tamarind seeds, *Staphylococcus aureus*, ultraviolet.

PENDAHULUAN

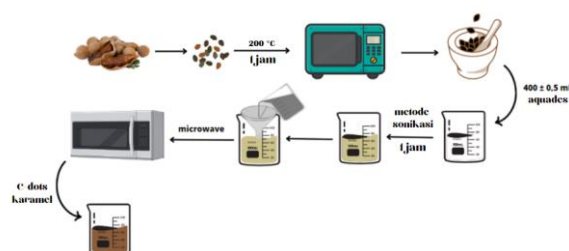
Penyakit infeksi merupakan salah satu masalah kesehatan yang umum terjadi di negara-negara berkembang. Di Indonesia, penyakit infeksi menjadi masalah kesehatan utama dengan tingkat kejadian yang jumlah cukup tinggi (Hainil et al., 2022). Penyakit infeksi dapat muncul akibat adanya bakteri di dalam tubuh. Bakteri dapat menginfeksi organ, sistem, atau jaringan dalam tubuh sehingga memicu respon sistem kekebalan tubuh yang kemudian menimbulkan gejala yang beragam. Bakteri yang bersifat patogen lebih berbahaya dan dapat menyebabkan infeksi sporadis serta endemik, seperti *Staphylococcus aureus* (Mpila et al., 2015). Penyakit pneumonia, luka, radang paru-paru, dan endikarditis atau sepsis adalah infeksi dan penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Staphylococcus aureus* (Magani et al., 2020). Infeksi serius ini terjadi karena resistensi individu melemah yang disebabkan perubahan hormon, adanya penyakit, luka, atau perlakuan menggunakan steroid atau obat lain yang mempengaruhi imunitas sehingga terjadi pelemahan kekebalan tubuh. Dengan demikian, perlu diberikan antibiotik untuk penanganan lebih lanjut dan tentunya pemberian antibiotik sesuai dengan prosedur yang sudah dilakukan uji resistensi (Mardiah, 2017). Pemberian antibiotik harus diperhatikan karena penggunaan secara berlebihan atau tidak terkendali dapat menyebabkan efek samping yang berbahaya yaitu menyebabkan bakteri-bakteri tertentu resisten (tahan) terhadap antibiotik.

Biji asam jawa merupakan salah satu limbah organik yang sering ditemui di lingkungan sekitar. Biji asam jawa memiliki beberapa kandungan yang sangat bermanfaat seperti tanin, antioksidan, protein, mineral, serat, dan kandungan karbohidrat yang tinggi (Farida et al., 2021). Kandungan senyawa tanin dalam biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dapat bersifat sebagai antibakteri (Sapara & Waworuntu, 2016).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Islami (2021) menunjukkan bahwa *Staphylococcus aureus* mampu dihambat ekstrak etanol biji asam jawa dengan diameter hambat tertinggi 27 mm. Selain ini, penelitian dari Rizky et al. (2022) menunjukkan minyak biji asam jawa mempunyai daya hambat terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dengan diameter tertinggi 7,31 mm. Penelitian antibakteri dari C-dots biji asam jawa sebagai antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* sejauh ini belum dilaporkan. Pemanfaatan zat aktif pembunuh bakteri yang terkandung dalam tanaman dapat diambil melalui teknologi nanomaterial seperti C-dots. Sehingga, penelitian ini bermaksud untuk memberikan solusi dengan mengolah limbah biji asam jawa menjadi C-dots sebagai antibakteri.

METODE

Penelitian ini terdiri dari tiga tahapan yaitu i) sintesis C-dots; ii) karakterisasi C-dots; dan iii) penerapan C-dots sebagai agen antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Tahap pertama adalah sintesis C-dots. C-dots disintesis dengan memanaskan biji asam jawa (karbonasi suhu rendah). Pada prosedur ini, biji asam jawa dipisahkan dari daging buahnya (kurang lebih 90 g) dan dikeringkan dalam oven pada suhu 200 °C selama 3 jam. Kemudian biji asam jawa yang sudah dioven, dihaluskan, dan dicampur dengan 400 ± 0,5 mL aquades. Hasil rendaman aquades selanjutnya disaring dan dipanaskan dalam microwave hingga menjadi karamel. Sintesis C-dots dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sintesis C-dots.

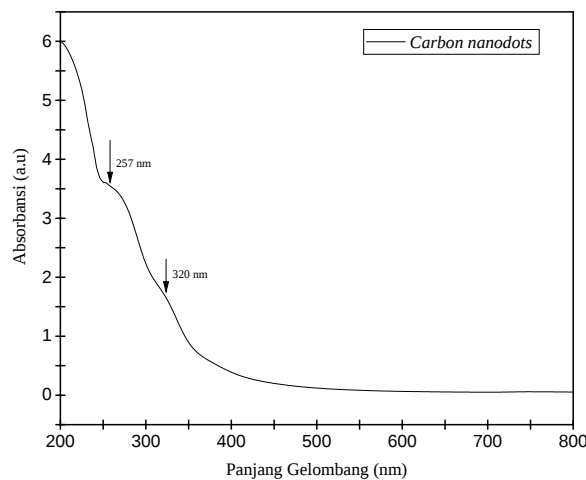
Tahap kedua adalah karakterisasi C-dot yang telah disintesis menggunakan uji UV-Vis, XRD, PSA, dan PL. Karakterisasi UV-Vis dilakukan untuk mengetahui puncak serapan sampel pada panjang gelombang 200 nm – 800 nm. Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui struktur kristal sampel dan menggunakan sudut 2θ pada rentang 4° - 80° . Karakterisasi PSA untuk mengukur distribusi ukuran partikel, dan karakterisasi PL untuk mengetahui panjang gelombang emisi dari sampel.

Tahap akhir dari penelitian ini adalah penerapan C-dots untuk antibakteri. Tahap awal yaitu menyiapkan konsentrasi C-dots 50% dan 100%. Tahap selanjutnya dengan menyiapkan media, pembuatan suspensi bakteri, inokulasi, dan pengukuran diameter zona hambat. Pengukuran zona hambat dilakukan setiap 3 jam sekali selama 12 jam dengan pengukuran diameter secara horizontal, vertikal, dan diagonal. Pengujian antibakteri dilakukan dengan 3 variasi keadaan berbeda, yaitu paparan cahaya UV, cahaya putih, dan gelap.

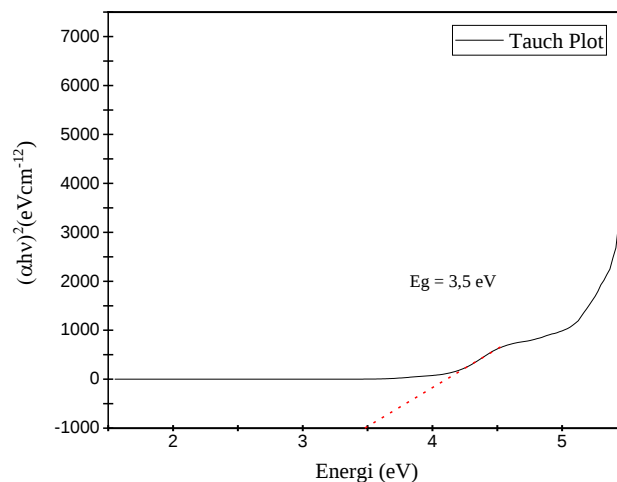
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui panjang gelombang serapan dan puncak absorbansi dari sampel C-dots. Pengujian sampel menggunakan alat UV-Vis seri Shimadzu UV-2450. Hasil karakterisasi UV-Vis dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.

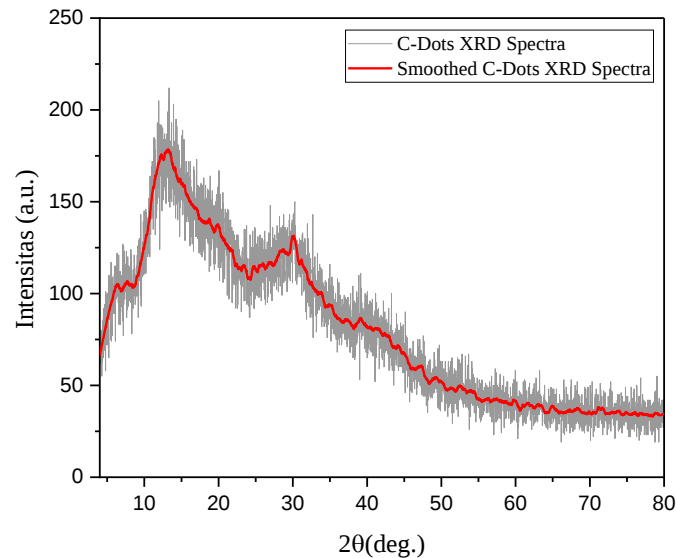


Gambar 2. Hasil karakterisasi C-dots dengan UV-Vis.



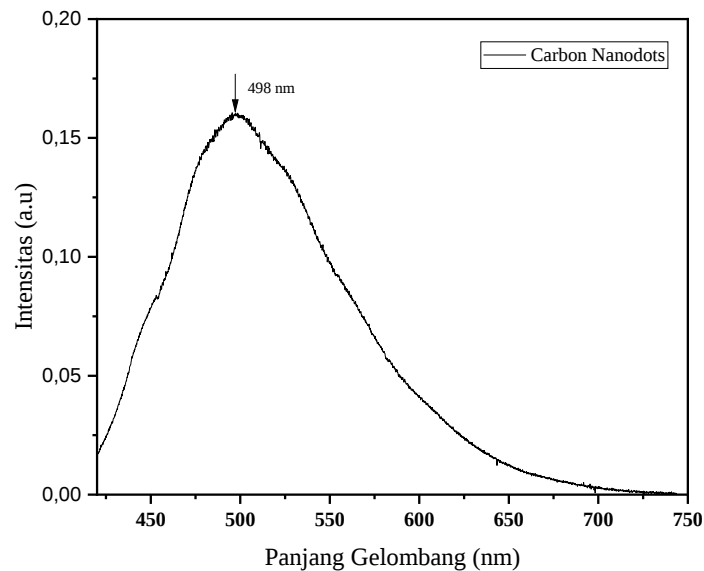
Gambar 3. Nilai *band gap* C-dots.

Pengujian X-ray diffraction (XRD) menggunakan alat XRD MiniFlex 600 Rigaku digunakan untuk mengetahui kristalinitas bahan. Data hasil pengujian XRD berupa sudut hamburan (2θ) dan intensitas (I) yang menunjukkan puncak spektrum. Tahap ini menguji sampel C-dots dengan hasil sebagaimana tertampil pada Gambar 4.



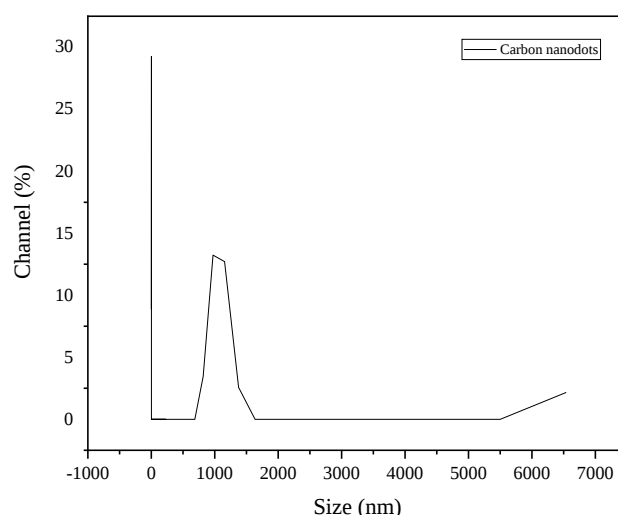
Gambar 4. Hasil karakterisasi C-dots dengan XRD.

Pengujian *Photoluminescence* (PL) digunakan untuk mengetahui panjang gelombang emisi yang dihasilkan sampel C-dots. Pengujian sampel PL ini menggunakan alat seri PL Ocean Optic. Hasil yang diperoleh berupa grafik antara intensitas dan panjang gelombang (nm) seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil karakterisasi C-dots dengan PL.

Pengujian *Particle Size Analyzer* (PSA) digunakan untuk pengujian distribusi ukuran partikel berukuran nanometer. Pada tahap ini dilakukan untuk menguji sampel C-dots dengan hasil seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil karakterisasi PSA C-dots.

Tabel 1. Data hasil karakterisasi PSA

Peaks Summary	
Diameter (nm)	Presentase (%)
1,13	65,8

Pengujian antibakteri menggunakan metode Kirby-Bauer. Data yang ditampilkan berupa tabel data pengamatan hasil uji pengaruh konsentrasi C-dots dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Data pengamatan tersebut mencakup diameter zona hambat yang diukur menggunakan jangka sorong dengan variabel data yang terdiri dari konsentrasi C-dots, indikator perbedaan keadaan paparan cahaya, dan diameter zona hambat.

Tabel 2. Diameter zona hambat pada uji antibakteri.

Waktu (Jam)	Diameter Zona Hambat (mm)											
	UV				Cahaya Putih				Gelap			
	+	-	A	B	+	-	A	B	+	-	A	B
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	30,62	0	6,32	6,22	30,62	0	6,20	6,17	30,40	0	6,25	6,17
9	32,38	0	6,73	6,45	32,37	0	6,67	6,52	31,90	0	6,72	6,40
12	31,68	0	6,42	6,17	31,50	0	6,45	6,17	31,40	0	6,48	6,18

Ket: ciprofloxacin (+); aquadest (-); 50% (A); dan 100% (B).

Pembahasan

Hasil karakterisasi UV-Vis menunjukkan grafik hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang. Pada Gambar 2 menunjukkan adanya dua puncak bahu pada daerah UV. Puncak bahu pertama pada panjang gelombang 257 nm dan puncak bahu kedua pada panjang gelombang 320 nm. Hal tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa hasil karakterisasi UV-Vis C-dots mempunyai karakteristik puncak serapan pada rentang

panjang gelombang 257-320 nm (Sari et al., 2020). Dengan menggunakan metode tauch plot, nilai energi band gap sebesar 3,5 eV seperti pada Gambar 3. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan penelitian sebelumnya bahwa C-dots memiliki energi band gap $\sim 3,5$ eV (Jumardin et al., 2022).

Karakterisasi XRD dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui kristalinitas suatu bahan. Data hasil pengujian XRD berupa grafik hubungan antara intensitas (I) dengan sudut difraksi (2θ) yang menunjukkan adanya puncak spektrum. Sumber yang digunakan adalah $\text{Cu K}\alpha$ dengan panjang gelombang (λ) sebesar 0,15418 Å, serta range yang digunakan adalah 2° - 80° . Hasil karakterisasi XRD dari C-dots berbahan dasar biji asam jawa dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4 mengilustrasikan pola XRD dari C-dots yang telah diolah lebih lanjut menggunakan metode Savitzky-Golay dalam program Origin untuk meningkatkan kejernihan dari puncak yang dihasilkan. Berdasarkan hasil yang diperoleh, terdapat dua puncak difraksi utama yang berada di sekitar $13,22^\circ$ dan $30,12^\circ$. Namun, terdapat juga pola XRD yang menunjukkan adanya puncak luas pada $12,26^\circ$, $18,74^\circ$, dan $20,12^\circ$. Hal ini merupakan struktur karbon yang sangat amorf.

Karakterisasi PL bertujuan untuk mengukur transisi dari keadaan tereksitasi ke keadaan dasar. Grafik hasil karakterisasi PL terdiri dari panjang gelombang eksitasi (sumbu-x) dan intensitas (sumbu-y). Hasil karakterisasi PL pada sampel C-dots berbahan biji asam jawa ditunjukkan pada Gambar 5. Grafik karakterisasi menunjukkan adanya puncak dominan pada panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang yang diperoleh yaitu 498 nm dengan warna yang dihasilkan yaitu biru ke hijauan. Pada panjang gelombang ini termasuk dalam rentang warna hijau, khususnya antara rentang 495-570 nm. Berdasarkan hasil yang didapatkan, terdapat kesesuaian dengan hasil C-dots yang disinari laser ungu yaitu memendarkan warna biru kehijauan pada Gambar 16(b). Fenomena serupa juga diamati pada penelitian sebelumnya yang memiliki puncak emisi 497 nm dan memancarkan warna biru kehijauan (Anggraini & Dwandaru, 2021). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa C-dots berbahan dasar biji asam jawa pada penelitian ini mengeluarkan warna biru kehijauan.

Hasil uji PSA menghasilkan grafik berupa %channel (sumbu-y) dan ukuran partikel (sumbu-x). Ukuran partikel yang dimaksudkan pada grafik yaitu kumpulan-kumpulan partikel C-dots yang terkena gerak Brown sehingga menghasilkan distribusi partikel sedangkan %channel pada grafik menunjukkan presentase banyaknya partikel yang terdapat pada ukuran tertentu. Hasil pengujian PSA pada C-dots biji asam jawa ditunjukkan pada Gambar 6 dan Tabel 1. Gambar 6 menunjukkan distribusi partikel dari C-dots biji asam jawa dengan distribusi ukuran partikel yang dominan 1,13 nm dengan volume 65%. Hal ini menunjukkan bahwa C-dots hasil sintesis merupakan material yang termasuk dalam nanopartikel dengan ukuran dibawah 10 nm.

Berdasarkan pengujian antibakteri yang telah dilakukan, menunjukkan kontrol positif (*ciprofloxacin*) dan dua konsentrasi C-dots berbahan biji asam jawa dalam ketiga perlakuan keadaan berhasil menunjukkan adanya zona hambat yang terbentuk. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa C-dots dalam penelitian ini memiliki kemampuan sebagai agen antibakteri sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil uji antibakteri dengan paparan cahaya UV menunjukkan bahwa sampel C-dots memiliki daya hambat terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* lebih tinggi dibandingkan dengan paparan cahaya terang dan gelap. Sehingga dapat dikatakan bahwa paparan cahaya UV memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan bakteri.

Perbedaan zona hambat yang terbentuk juga dapat terjadi karena kandungan zat antibakteri yang berbeda-beda pada konsentrasi larutan. Dari kedua konsentrasi C-dots di setiap keadaan pengujian masih tergolong ke dalam antibakteri dengan kriteria sedang dengan konsentrasi paling efektif yaitu konsentrasi 50%. Hal ini sesuai dengan kemampuan suatu larutan dalam menghambat pertumbuhan bakteri yang dipengaruhi oleh dosis serta jenis zat yang terlarut.

Staphylococcus aureus merupakan bakteri gram positif dengan ciri memiliki dinding sel yang terdiri dari lapisan peptidoglikan yang tebal. Dinding sel peptidoglikan memiliki peran penting dalam melindungi bakteri dan mempertahankan bentuk sel. Hal ini mungkin menyebabkan C-dots hanya bersifat bakteriostatik. C-dots dikatakan sebagai bakteriostatik karena hanya mengakibatkan pertumbuhan bakteri menjadi terhambat saja dan tidak sampai membunuh bakteri *Staphylococcus aureus*.

Hasil uji antibakteri dengan paparan cahaya UV menunjukkan bahwa sampel C-dots memiliki daya hambat terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* lebih tinggi dibandingkan dengan paparan cahaya terang dan gelap. C-dots merupakan nanomaterial yang menunjukkan adanya sifat *photoactive* sebagai agen antibakteri karena memiliki kemampuan menghasilkan reaksi yang dapat merusak mikroorganisme ketika terkena cahaya atau energi cahaya tertentu. Selain itu, alasan larutan C-dots dapat diaplikasikan sebagai antibakteri karena adanya efek foto dinamika yang ditimbulkannya. Kemampuan C-dots menghasilkan reaksi reduksi-oksidasi yang disebabkan karena terpapar cahaya merupakan salah satu mekanisme utama dibalik sifat antibakteri. Efek fotodinamika ini terjadi saat larutan C-dots dikenai laser sehingga memunculkan pendaran warna tertentu. Pendaran warna akan mengalami proses reduksi-oksidasi (redoks) yang menghasilkan kation dan anion sehingga dapat mengganggu aktivitas bakteri. Reaksi redoks dapat menyebabkan kerusakan pada komponen penting dari sel bakteri termasuk struktur DNA, protein, atau membran sel. Hal ini tentunya dapat mengganggu fungsi seluler yang vital dan bahkan dapat menyebabkan kematian bakteri atau penghambatan pertumbuhan bakteri.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian, sintesis C-dots dapat dilakukan dengan bahan dasar biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) melalui metode karbonasi suhu rendah dan microwave. Hal ini dibuktikan dengan terdapatnya pendaran warna biru kehijauan dalam uji penyinaran laser ungu pada sampel C-dots dan beberapa karakterisasi menghasilkan hasil yang sesuai pada karakterisasi UV-Vis, XRD, PL, dan PSA. Karakterisasi UV-Vis menunjukkan puncak absorbansi yaitu 257 nm. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa C-dots yang disintesis berupa struktur amorf. Hasil karakterisasi PL menunjukkan adanya puncak intensitas pada panjang gelombang 498 nm yang menunjukkan pendaran berwarna biru kehijauan. Hasil karakterisasi PSA menunjukkan distribusi ukuran partikel 1,13 nm. Pengaplikasian C-dots sebagai agen antibakteri dapat dilakukan dengan hasil zona hambat yang paling efektif adalah konsentrasi 50% dengan paparan cahaya UV dibandingkan konsentrasi dan kondisi lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing dan pihak-pihak yang telah berperan penting dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, & Dwandaru. (2021). Sintesis dan Karakterisasi Nanomaterial Carbon Dots Berbahan Dasar Daun Kemangi Menggunakan Pemanasan Resto. *Universitas Negeri Yogyakarta*, 39.
- Farida, H., Aisyah, Y., & Zaidiyah, Z. (2021). Karakteristik Sifat Fisik, Kimia dan Organoleptik Tepung Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica* L.) dengan Variasi Lama Penyangraian dan Perendaman. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(4), 481–491. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v6i4.18309>.
- Hainil, S., Sammulia, S. F., & Adella, A. (2022). Aktivitas Antibakteri *Staphylococcus aureus*

- dan Salmonella thypi Ekstrak Metanol Anggur Laut (*Caulerpa racemosa*). *Jurnal Surya Medika*, 7(2), 86–95. <https://doi.org/10.33084/jsm.v7i2.3210>.
- 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>.
- Magani, A. K., Tallei, T. E., & Kolondam, B. J. (2020). Uji Antibakteri Nanopartikel Kitosan terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Bios Logos*, 10(1), 7. <https://doi.org/10.35799/jbl.10.1.2020.27978>.
- Mardiah, M. (2017). Uji Resistensi *Staphylococcus aureus* Terhadap Antibiotik, Amoxillin, Tetracyclin dan Propolis. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 8(2), 1–6. <https://doi.org/10.20956/jal.v8i16.2978>.
- Mpila, D. ., Fatimawali, & Wiyono, W. I. (2015). Uji Aktivitas Antibakteri Daun *Mayana* (*Coleus atropurpureus* [L] Benth) Terhadap *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* dan *Pseudomonas aeruginosa* secara in-vitro. 13.
- Sapara, T. U., & Waworuntu, O. (2016). Efektivitas Ekstrak Daun Pacar Air (*Impatiens balsamina* L.) Terhadap Pertumbuhan *Porphyromonas gingivalis*. 5(4), 10–17.
- 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>.