

SINTESIS CARBON NANODOTS BERBAHAN DASAR LIMBAH PADAT TANAMAN KAYU PUTIH SEBAGAI ANTIBAKTERI *Staphylococcus aureus*

SYNTHESIS OF CARBON NANODOTS BASED ON SOLID WASTE EUCALYPTUS PLANT AS ANTIBACTERIA *Staphylococcus aureus*

Muhammad Farhan Al-Hijri^{1*}, Wipar Sunu Brams Dwandaru, M.Sc., Ph.D²

Mahasiswa Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta¹ dan Dosen Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta²
muhammad637.2017@student.uny.ac.id

Abstrak- Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sintesis nanomaterial C-dots berbahan dasar limbah padat kayu putih dan campurannya dengan minyak kayu putih (MKP) murni serta untuk meningkatkan kemampuan aktivitas antibakteri *S.aureus*. Metode penelitian meliputi sintesis C-dots dengan metode pemanasan oven, karakterisasi menggunakan uji UV-Vis, FTIR, PL, TRPL, dan TEM, serta uji aktivitas antibakteri *S.aureus* menggunakan metode difusi cakram. Hasil penelitian ini telah disintesis C-dots dengan variasi massa serbuk 0,1 gr, 0,2 gr, 0,3 gr, dan 0,4 gr. Karakterisasi uji UV-Vis diperoleh puncak gelombang 214 nm, 214,5 nm, dan 216 nm. Uji FTIR diperoleh gugus fungsi O-H/N-H, C-H, dan C=C. Uji PL diperoleh puncak intensitas emisi sebesar 510 – 527 nm. Uji TRPL diperoleh waktu luruh selama 22,16 s, 6,11 s, 5,9 s, dan 4 s. Uji TEM diperoleh rata-rata ukuran C-dots sebesar $0,61 \pm 0,02$ nm dan $1,46 \pm 0,03$ nm. Sampel campuran memiliki efektivitas resistansi tertinggi sebesar 12,5 mm (UV), 5,1 mm (cahaya putih), dan 3,9 mm (tanpa cahaya).

Kata Kunci: C-dots, minyak kayu putih, antibakteri, *S.aureus*

Abstract- This research intend to determine the synthesis of nanomaterial C-dots based on solid waste eucalyptus and its mixture with pure eucalyptus oil also to increase the ability of *S.aureus* antibacterial activity. The research methods included the synthesis of C-dots using the oven heating, characterization using the UV-Vis, FTIR, PL, TRPL, and TEM tests, and testing the antibacterial activity of *S.aureus* using disc diffusion. The results of this research have been synthesized of C-dots with variation in the mass of powder 0,1 g, 0,2 g, 0,3 g, and 0,4 g. UV-Vis test characterization obtained wave peaks of 214 nm, 214,5 nm, and 216 nm. FTIR test obtained functional group O-H/ N-H, C-H, and C=C. PL test obtained peak emission intensity of 510 – 527 nm. The TRPL test obtained decay times for 22.16 s, 6.11 s, 5.9 s, and 4 s. The TEM test obtained an average C-dots size of $0,61 \pm 0,02$ nm and $1,46 \pm 0,03$. The mixed sample has the highest effective resistance of 12.5 mm (UV light), 5.1 mm (polychromatic light), and 3.9 mm (without light).

Keywords: C-dots, eucalyptus oil, antibacterial, *S.aureus*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis yang banyak ditumbuhi berbagai jenis tanaman. Salah satunya adalah tanaman kayu putih (*Melaleuca leucadendron* Linn.). Hampir seluruh bagian tanaman kayu putih dapat diambil manfaatnya.

Namun untuk limbah tanaman ini masih jarang dimanfaatkan oleh masyarakat kecuali untuk briket saja. Salah satu limbah tanaman ini berupa daun dan ranting kayu putih hasil penyulingan. Limbah padat kayu putih ini memiliki kandungan

karbon yang tinggi sebanyak 20,08% sehingga dapat dimanfaatkan dalam proses sintesis nanomaterial yang hasilnya dapat diaplikasikan dalam bidang nanoteknologi (Balai Penelitian Tanah, 2005).

Salah satu nanomaterial yang sedang dan terus berkembang saat ini adalah *carbon nanodots* (C-dots). C-dots merupakan nanomaterial karbon yang berukuran kurang dari 10 nm (Wang dkk. 2014). C-dots terdiri dari bagian inti (*core*) dan bagian yang berikatan dengan *core* berupa *surface state*. Metode sintesis C-dots cukup sederhana seperti metode *hydrothermal*, *microwave*, pemanasan *oven*, dan penggorengan (Dwandaru, 2019). Aplikasi C-dots meliputi ilmu bahan (*material science*) dan biologi yang luas. Selain itu, C-dots dikenal sebagai material yang tidak beracun dan memiliki kelarutan yang baik dalam air sehingga banyak dimanfaatkan dalam *bio-imaging*, *drug delivery*, dan agen antibakteri (Zhang dkk., 2016).

Di sisi lain, infeksi menjadi masalah yang banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini disebabkan oleh bakteri atau mikroorganisme patogen dimana mikroba masuk ke dalam jaringan tubuh dan berkembang biak di dalamnya (Waluyo, 2004). Di antara bakteri yang dapat menyebabkan infeksi adalah *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*). Dari 21 orang yang terjangkit infeksi, sebanyak 19 diantaranya disebabkan bakteri *S. aureus* dan 52,6% bersifat multiresisten antibiotik (Amelia, 2007).

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti terdorong untuk memanfaatkan limbah padat tanaman kayu putih menjadi nanomaterial C-dots sebagai antibakteri *S. aureus*. C-dots berbahan dasar limbah padat kayu putih ini diharapkan dapat meningkatkan aktivitas antibakteri pada larutan campuran dibandingkan dengan MKP murni.

METODE PENELITIAN

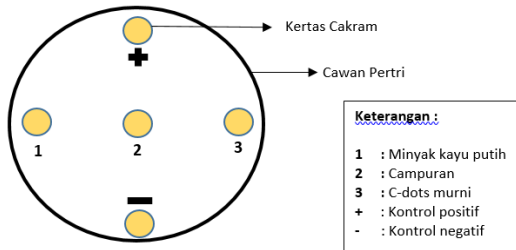
Penelitian ini dilakukan dari bulan Mei 2020 sampai tanggal 4 September 2020. Sedangkan tempat penelitian di Lab. Koloid, Lab. Mikrobiologi, dan Lab. Kimia Analitik FMIPA UNY, Lab. Terpadu UII Yogyakarta, serta di LIPI Puspitek Tangerang. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jumlah konsentrasi serbuk kayu putih (0,1 gr – 0,4 gr) dan komposisi sampel

campuran. Variabel terikat berupa: nilai absorbansi pada uji *Ultraviolet Visible* (UV-Vis), nilai transmitansi pada uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR), nilai intensitas pada uji *Photoluminescence* (PL), waktu luruh elektron pada uji *Time Resolved Photoluminescence* (TRPL), bentuk morfologi pada uji *Transmission Electron Microscopy* (TEM), serta diameter zona hambat uji antibakteri. Variabel kontrol meliputi: suhu dan lama saat mengoven serta steering, volume aquades, lama pembiakan bakteri, suhu ruangan uji antibakteri.

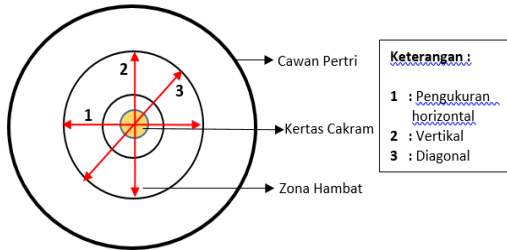
Teknik pengambilan data meliputi sintesis larutan C-dots dengan variasi serbuk limbah padat kayu putih 0,1 gr, 0,2 gr, 0,3 gr, dan 0,4 gr beserta larutan campurannya dengan surfaktan dan MKP murni dengan komposisi 3:1:1, 5:1:1, 7:1:1, dan 10:1:1. Setelah sintesis dilakukan karakterisasi C-dots dengan uji UV-Vis menggunakan panjang gelombang berkisar 200 nm – 800 nm, uji FTIR dengan bilangan gelombang 400 cm^{-1} – 4.000 cm^{-1} , uji PL dengan panjang gelombang 500 nm – 800 nm, uji TRPL, dan uji TEM dengan skala visual 10 nm dan 50 nm. Larutan yang memiliki karakteristik C-dots paling baik akan diuji sebagai antibakteri.

Teknik analisis data meliputi hasil grafik karakterisasi dan pengukuran zona hambat antibakteri. Hasil UV-Vis menunjukkan puncak absorbansi dan *shouldering peak* sebagai struktur inti (*core*) dan *surface state* dari C-dots, hasil FTIR menunjukkan lembah-lembah transmitansi sebagai gugus fungsi dari C-dots, hasil PL menunjukkan puncak intensitas emisi yang mengindikasikan warna pendaran C-dots, hasil TRPL dianalisis menggunakan *exponential decay* untuk mengukur waktu luruh elektron pada C-dots, serta hasil uji TEM dianalisis menggunakan aplikasi *Image J* dan distribusi Gauss untuk mengetahui morfologi diameter rata-rata dari C-dots.

Analisis antibakteri dilakukan pengukuran panjang diameter zona hambat secara horizontal, vertikal, dan diagonal lalu diambil reratanya. Pengambilan data dilakukan setiap 3 jam selama 1 hari dengan variasi perlakuan cahaya yang berbeda. Tata letak dan diagram pengukuran zona hambat dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Tata Letak Kertas Cakram.



Gambar 2. Diagram Pengukuran Zona Hambat.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

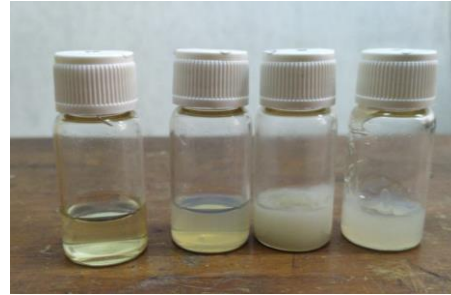
Hasil sintesis C-dots berbahan dasar limbah padat tanaman kayu putih dengan metode pemanasan oven pada konsentrasi massa 0,1 gr, 0,2 gr, 0,3 gr, dan 0,4 gr memiliki warna larutan coklat keemasan (Gambar 3). Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi serbuk kayu putih yang dilarutkan dengan aquades maka akan semakin pekat warna kecoklatannya.



Gambar 3. Sintesis C-dots Konsentrasi 0,1 – 0,4 gr

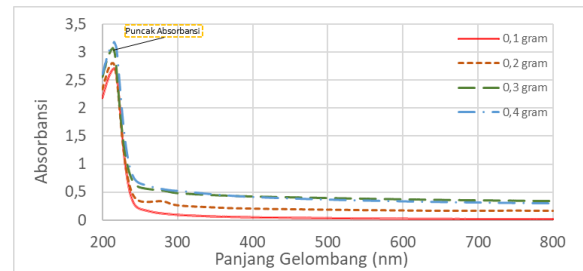
Selain mensintesis sampel C-dots murni, dalam penelitian ini dilakukan juga sintesis sampel campuran antara C-dots dengan MKP murni. Perbandingan konsentrasi antara C-dots murni : MKP : Tween 80 adalah 3:1:1, 5:1:1, 7:1:1, dan 10:1:1. Dari hasil perbandingan tersebut didapat bahwa kuantitas C-dots murni

menentukan tingkat kepekatan larutan campuran. Hasil campuran ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sintesis Campuran C-dots dengan MKP

Hasil sintesis C-dots kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil uji karakterisasi sampel C-dots murni dengan UV-Vis dapat dilihat pada Gambar 5.



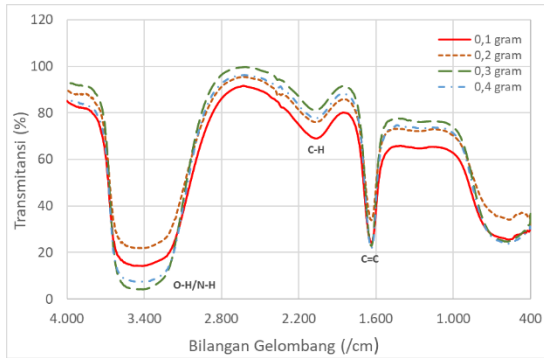
Gambar 5. Hasil Karakterisasi C-dots dengan UV-Vis

Puncak absorbansi masing-masing variasi massa terjadi pada panjang gelombang 214 nm, 214,5 nm dan 216 nm serta *surface state* pada panjang gelombang 277 nm, 275,5 nm dan 305 nm. Terjadinya puncak absorbansi dan *shouldering peak* ini disebabkan oleh transisi elektron dari $\pi \rightarrow \pi^*$ (*core*) pada ikatan C=C dan $n \rightarrow \pi^*$ pada *surface state*.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya oleh Phadke dkk. (2015) mengenai karakterisasi daun mimba (*Azadirachta Indica*), kandungan C-dots dapat diindikasikan oleh UV-Vis pada puncak absorbansi dengan panjang gelombang sebesar 216 nm dan *shouldering peak* pada panjang gelombang 248 nm dan 275 nm. Hasil karakterisasi UV-Vis dalam penelitian ini mendukung hasil penelitian sebelumnya sehingga masing-masing sampel dapat dikatakan telah mengandung komponen C-dots.

Hasil sintesis C-dots kemudian dikarakterisasi menggunakan uji FTIR. Hasil

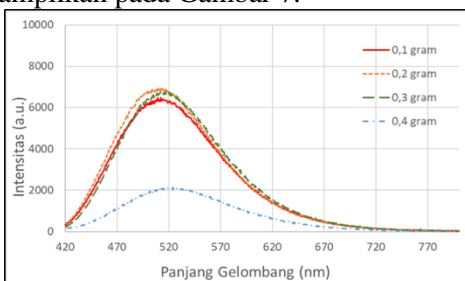
karakterisasi sampel C-dots dengan uji FTIR dapat dilihat pada Gambar 6.



Hasil karakterisasi C-dots murni (0,1 gr – 0,4 gr) dengan uji FTIR menunjukkan adanya lembah-lembah transmitansi. Dari lembah-lembah tersebut, gugus fungsi C-dots dapat diidentifikasi berupa ikatan O-H/ N-H pada bilangan gelombang 3.396 cm^{-1} , 3.417 cm^{-1} , 3.419 cm^{-1} , dan 3.388 cm^{-1} , ikatan C-H terdapat pada bilangan gelombang 2.042 cm^{-1} , 2.069 cm^{-1} , 2.102 cm^{-1} , dan 2.044 cm^{-1} , serta ikatan C=C pada bilangan gelombang 1.624 cm^{-1} , 1.608 cm^{-1} , 1.622 cm^{-1} , dan 1.633 cm^{-1} .

Hasil ini menunjukkan bahwa semua sampel telah mengandung senyawa-senyawa penyusun C-dots berupa O-H/N-H dan C-H sebagai *surface state* serta C=C sebagai penyusun dasar (*core*). Hasil ini mendukung penelitian sebelumnya bahwa C-dots memiliki gugus fungsi C-H, C=C / C=N / C=O, dan juga O-H / N-H (Nieddk., 2014).

Hasil sintesis C-dots murni dengan variasi massa 0,1 gr - 0,4 gr kemudian dikarakterisasi menggunakan uji PL. Hasil uji PL ditampilkan pada Gambar 7.

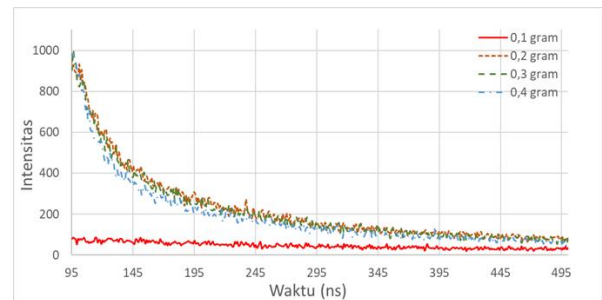


Gambar 7. Grafik Karakterisasi C-dots dengan PL. Puncak intensitas emisi terjadi pada panjang gelombang 510,5 nm dengan intensitas sebesar 6378 (massa 0,1 gr), 521,9 nm dengan intensitas 6879 (massa 0,2 gr), 513,2 nm dengan

intensitas 6713 (massa 0,3 gr), dan 526,8 nm dengan intensitas 2062 (massa 0,4 gr).

Panjang gelombang emisi hasil PL dari semua variasi massa memiliki rentang 500 nm - 530 nm. Rentang ini merupakan rentang panjang gelombang warna hijau kebiruan yang merupakan karakteristik warna C-dots. Hasil PL yang sama juga dinyatakan pada penelitian sebelumnya bahwa puncak emisi C-dots berbahan dasar daun bambu terbentuk pada panjang gelombang 521,39 nm (Permono, 2019).

Hasil sintesis C-dots murni dengan variasi massa 0,1 gr - 0,4 gr selanjutnya dikarakterisasi menggunakan uji TRPL. Hasil karakterisasi C-dots dengan uji TRPL ini ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Karakterisasi C-dots dengan TRPL

Data grafik kemudian di *fitting* menggunakan *exponential decay* untuk mendapatkan lama waktu luruh. Hasil waktu luruh ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Grafik C-dots dengan TRPL

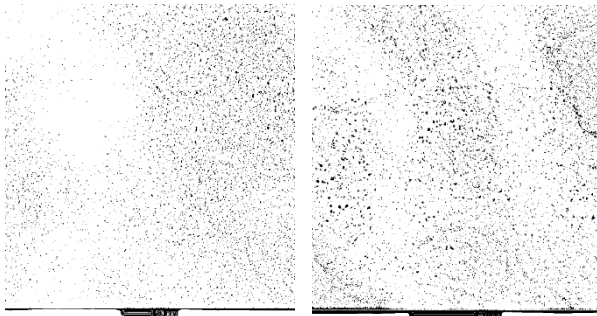
Massa (gr)	Waktu Luruh (ns)
0,1	22,16
0,2	6,11
0,3	5,9
0,4	4

Sampel dengan variasi massa lebih besar (0,4 gr) mempercepat proses waktu luruh yaitu sebesar 4 ns. Sebaliknya, semakin sedikit massa pada sampel (0,1 gr) akan memperlama waktu luruh yaitu sebesar 22,16 ns. Hal ini menjelaskan bahwa semakin banyak massa serbuk kayu putih akan mempercepat proses deeksitasi elektron pada C-dots yang menunjukkan bahwa kualitas material semakin baik.

Berdasarkan Isnaeni (2019), hasil waktu luruh pada C-dots yang dieksitasi oleh cahaya

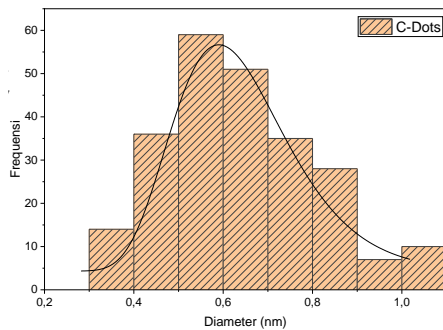
adalah sebesar 7,294 ns dan 4,318 ns. Hasil dalam penelitian ini ternyata mendukung penelitian sebelumnya pada variasi massa sampel 0,2 gr, 0,3 gr, dan 0,4 gr yaitu sebesar 6,11 ns, 5,9 ns, dan 4 ns.

Hasil uji TEM setelah dialisis menggunakan *Image J* menunjukkan adanya bulatan-bulatan hitam yang tampak dan berukuran lebih besar dari yang lain (gambar 9). Bulatan hitam yang tersebar ini merupakan morfologi dari material C-dots.

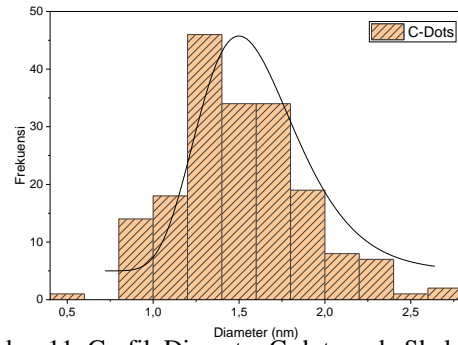


Gambar 9. Hasil Karakterisasi C-dots dengan TEM

Pada gambar skala 10 nm (kiri) dilakukan pengukuran sebanyak 240 titik, sedangkan pada gambar skala 50 nm (kanan) dilakukan pengukuran sebanyak 184 titik. Data hasil pengukuran C-dots kemudian di *plot* dan *fitting* menggunakan distribusi Gauss yang ditampilkan pada gambar 10 dan 11.



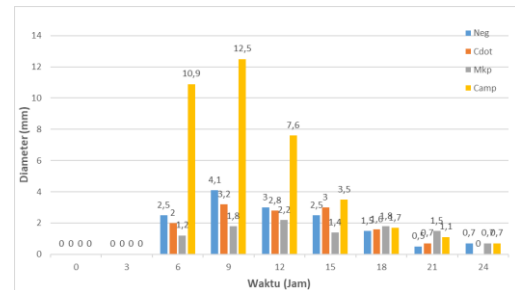
Gambar 10. Grafik Diameter C-dots pada Skala 10 nm



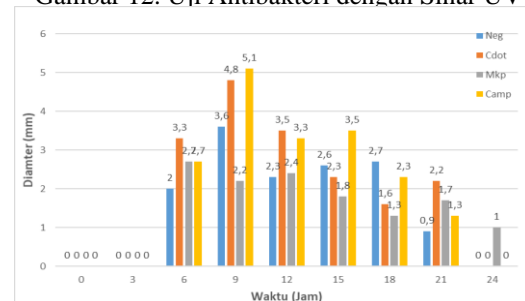
Gambar 11. Grafik Diameter C-dots pada Skala 50 nm

C-dots yang paling banyak ditemukan adalah sebesar $0,61 \pm 0,02$ nm dengan frekuensi sebanyak 59 titik dari 240 titik yang diukur (24,6 %). Pada hasil TEM skala 50 nm ditemukan ukuran diameter C-dots yang paling banyak ditemukan sebesar $1,46 \pm 0,03$ nm dengan frekuensi sebanyak 46 titik dari total 184 titik yang diukur (25 %). Hasil pengukuran diameter C-dots dengan skala 50 nm ini mendukung pada penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa ukuran partikel C-dots dalam rentang 1 nm – 4 nm (Guili He dkk., 2017).

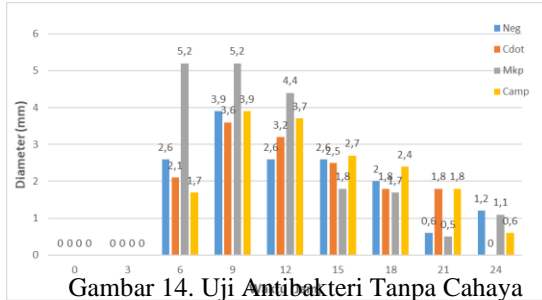
Hasil uji antibakteri menunjukkan bahwa sampel C-dots, campuran, dan MKP memiliki



Gambar 12. Uji Antibakteri dengan Sinar UV



aktivitas antibakteri terhadap bakteri *S. aureus*. Hasil diameter zona hambat pada tiga perlakuan dapat dilihat pada Gambar 11,12, dan 13.



Gambar 14. Uji Antibakteri Tanpa Cahaya

Berdasarkan hasil penelitian ini, sampel campuran memiliki efektivitas resistansi yang lebih baik daripada C-dots murni dan MKP. Sampel campuran memiliki efektivitas resistansi tertinggi sebesar 12,5 mm (UV), 5,1 mm (cahaya putih), dan 3,9 mm (tanpa cahaya). Senyawa yang terkandung dalam sampel campuran berupa senyawa C-dots, fenol dan 1,8 sineol memiliki kemampuan aktivitas antibakteri. Fenol dapat bersifat sebagai disinfektan yang bekerja dengan cara mendenaturasi protein yang menyebabkan kematian sel bakteri (Miranti, 2013). Sedangkan senyawa 1,8 sineol dapat menghambat pertumbuhan bakteri melalui proses terbentuknya dinding sel, merusak membran sel, menghambat kerja enzim, dan menghancurkan material genetik yang ada pada bakteri (Carson, 2002). Larutan campuran ini terbukti berpotensi dapat meningkatkan kemampuan antibakteri.

SIMPULAN

Kesimpulan dalam penelitian ini berupa: (1) Telah dihasilkan sampel C-dots berbahan dasar limbah padat kayu putih dengan variasi serbuk 0,1 gr, 0,2 gr, 0,3 gr dan 0,4 gr beserta larutan campurannya dengan mkp murni; (2) Telah dikarakterisasi nanomaterial C-dots berbahan dasar limbah padat kayu putih dengan uji UV-Vis, FTIR, PL, TRPL dan TEM yang memiliki hasil mendukung penelitian-penelitian sebelumnya. (3) Sampel campuran memiliki efektivitas resistansi yang lebih baik daripada C-dots murni dan MKP sehingga terbukti berpotensi meningkatkan kemampuan antibakteri.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan berupa saran, dukungan, motivasi, dan semangat sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terimakasih

kepada : Dr. Supardi, S.Si., M.Si. selaku penguji I, Dr. Restu Widiatmono, M.Si. selaku penguji II, Wipar Sunu Brams Dwandaru, M.Sc., Ph.D selaku ketua penguji dan dosen pembimbing, serta pihak lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, E. (2007). Isolasi, Identifikasi, dan Uji Sensitivitas *Staphylococcus aureus* dari pus pasien di RS. Umum Islam Kustati Surakarta Terhadap Beberapa antibiotik, Skripsi, Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Balai Penelitian Tanah. (2005). Petunjuk Teknis: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, Dan Pupuk. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Carson, C. F., Mee, B. J. & Riley, T. V. (2002). *Mechanism of Action of Melaleuca alternifolia (tea tree) oil on Staphylococcus aureus determined by time-kill, lysis, leakage, and salt tolerance assays and electron oil content and composition of peppermint Phytochemistry*. 29, 2837-2840
- Dwandaru, W. S. B., Fauzi, F., Sari, E. K., Santoso, I. dan Suhendar, H. (2019). *Optical Properties Comparison of Carbon Nanodots Synthesized from Kangkung (Ipomoea aquatica) with Deep Frying and Roasting Techniques*, Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya, 9, pp. 123-131.
- Guili He, dkk. (2017) "Microwave Formation and Photoluminescence Mechanisms of Multi-State Nitrogen Doped Carbon Dots". *Applied Surface Science* ELSEVIER, Vol. 422, : 257-265.

- Isnaeni, Isnaeni., Suliyanti, Margareta, M., Shiddiq, M., and Sambudi, N. S. (2019). *Optical Properties of Toluene-soluble Carbon Dots Prepared from Laser-ablated Coconut Fiber*. Makara Journal of Science: Vol. 23: Iss. 4, Article 3.
- Miranti, M., Prasetyorini., Suwary, C. (2013). Perbandingan aktivitas antibakteri ekstrak etanol 30% dan 96% kelopak bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa*) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. *Ekologia*, 13(1), 9-18
- Nie, H dkk. (2014). *Carbon Dots with Continuously Tunable Full-Color Emission and Their Application in Ratiometric pH Sensing*. *Article Chemistry of Materials*, 26, 3104-3112.
- Permono, P., Maddu, A. 2019. Sifat Optik Carbon Dots (C-dots) dari Daun Bambu Hasil Sintesis Hijau Berbantuan Gelombang Mikro. Jakarta. Wahana Fisika, 4(1), 2019.47-55.
- Phadke, C., Mewada, Dharmatti, Thakur, Pandey, and Sharon. (2015). *Ciogenic Synthesis of Fluorescent Carbon Dots at Ambient Suhue Using Azadirachta indica (Neem) gum*. *J. Fluorese*. DOI 10.1007/S10895-015-1598-x.
- Wang, Y. dan Hu, A. (2014). *Carbon Quantum Dots: Synthesis, Properties, and Applications*, *Journal of Materials Chemistry C*, 2(34), p. 6921.
- Waluyo, L. (2004). *Mikrobiologi Umum*, Malang, UMM press.
- Zhang, X., Yang, J., Ma, Y.-H., Gao, G., Chen, X., Jia, H.-R., Li, Y.-H., Chen, Z. dan Wu, F.-G. (2016). *Carbon Dot-based Platform for Simultaneous Bacterial Distinguishment and Antibacterial Applications*, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 8(47), pp. 32170–32181.