



Synthesis of The Tangerine-based Cdots and AgNp-Cdots Composite

Aprilia Kristian, Sri Wahyuni[✉]

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Gedung D6 Lantai 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229, Indonesia

Info Artikel

Diterima Maret 2022

Disetujui Mei 2022

Dipublikasikan Agustus 2022

Keywords:

Bacillus subtilis
bioremediasi
limbah tekstil
Cdots, Nanosilver,
Antibacterial

Abstrak

Nanopartikel perak (AgNp) sudah banyak dikembangkan, salah satunya untuk aplikasi antibakteri. Kemampuan AgNp dalam menghambat bakteri tidak diragukan lagi. Sifat dan karakteristik AgNp dapat dikaji lebih lanjut antara lain dengan menambahkan *Defect*. *Defect* yang digunakan dapat berupa Cdots yang diambil dari jeruk keprok. Cdots merupakan material baru yang dapat disintesis dari bahan alam dan memiliki sifat yang khas. AgNp sendiri disintesis dengan metode reduksi kimia dengan reduktor natrium sitrat sedangkan Cdots disintesis dengan metode hidrotermal. Hasil sintesis dianalisis menggunakan metode *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) tampak muncul serapan pada bilangan gelombang 1637 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya ikatan C=C dan C=O yang merupakan ciri khas dari Cdots. Pada sampel AgNp muncul serapan pada bilangan gelombang 593,11 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya vibrasi Ag. Analisis dengan spektrofotometer UV-Vis memberikan hasil pada panjang gelombang 431 nm absorbansi AgNp-Cdots sebesar 0,723 dan pada panjang gelombang 422 nm absorbansi AgNp sebesar 0,285. Hasil analisis *Particle Size Analyzer* (PSA) menunjukkan bahwa AgNp-Cdots memiliki ukuran rata-rata sebesar 38,7 nm dengan PI 0,499 dan AgNp murni sebesar 51,8 nm dengan PI 0,566. Aktivitas antibakteri AgNp-Cdots terhadap bakteri *E. coli* menunjukkan zona hambat sebesar 2 mm sementara AgNp menunjukkan zona hambat sebesar 5 mm.

Abstract

Silver nanoparticles (AgNp) have been widely developed, one of which is an antibacterial agent. The ability of AgNp to inhibit bacteria is unquestionable. These properties and characteristics can be studied further by adding defects. The defect used is Cdots from tangerines. Cdots are new materials that can be synthesized from natural materials and have unique properties. AgNp itself was synthesized by the chemical reduction method with sodium citrate as a reducing agent, while Cdots was synthesized by hydrothermal method. The results of the synthesis were analyzed using the Fourier Transform Infrared (FT-IR) method. Absorption appears at a wave number of 1637 cm^{-1} which indicates the presence of C=C, C=O bonds which are characteristic of Cdots. For AgNp, absorption appears at a wave number of 593.11 cm^{-1} which indicates the presence of Ag vibrations. Analysis with UV-Vis spectrophotometer gave the results at a wavelength of 431 nm absorbance AgNp-Cdots of 0.723 and a wavelength of 422 nm AgNp absorbance of 0.285. The results of the Particle Size Analyzer (PSA) analysis showed that AgNp-Cdots had an average size of 38.7 nm with a PI of 0.499 and pure AgNp of 51.8 nm with a PI of 0.566. Antibacterial activity of AgNp-Cdots against *E. coli* bacteria showed an inhibition zone of 2 mm while AgNp showed an inhibition zone of 5 mm.

Pendahuluan

Nanoteknologi merupakan salah satu bidang ilmu yang berkembang sangat pesat akhir-akhir ini. Salah satu bukti bahwa nanoteknologi telah berkembang ialah material *Carbon dots* (Cdots). Cdots merupakan nanomaterial yang memiliki inti karbon yang dikelilingi oleh permukaan pasif (Sahu *et al.*, 2012). Cdots memiliki ukuran nano berkisar 2-10 nm dengan dimensi 0 (Peng *et al.*, 2017) memiliki karakteristik yang menyerupai logam berat berbasis quantum (Triwardiati & Ermawati, 2018). Cdots berawal dari peristiwa ketidaksengajaan pada pemurnian tabung nanotube dengan metode elektroforesis (Xu *et al.*, 2004).

Cdots memiliki sifat unik yaitu ukurannya yang sangat kecil selain itu Cdots juga mampu menghasilkan emisi fluoresensi yang bergantung pada panjang gelombang eksitasinya (Yang *et al.*, 2016). Cdots terdiri dari bagian inti atau *core* yang terbentuk oleh gugus C=C serta bagian permukaan atau *surface state* yang berikatan dengan *core* (Liu *et al.*, 2007). *Surface state* mengandung gugus hidroksil, karboksil, ataupun gugus amina yang bergantung pada pelarut yang digunakan.

Pembuatan Cdots dapat dilakukan dengan cara sederhana yaitu dengan metode hidrotermal. Metode hidrotermal berbasis minyak termasuk ke dalam metode bottom up. Metode sederhana yang tidak memerlukan bahan kimia berbahaya dan peralatan yang canggih. Salah satu penelitian yang menggunakan metode tersebut ialah pembuatan Cdots dari air jeruk (Aslan & Eskalen, 2021).

Nanopartikel perak (AgNp) merupakan salah satu material yang sering dipelajari dan sudah banyak digunakan pada berbagai bidang, salah satunya yang paling sering digunakan ialah pada dunia medis (Nagar & Devra, 2019). Hal ini dikarenakan kemampuan yang dimiliki oleh material ini yaitu antibakterial dan antimikroba. Ini sangat tepat jika digunakan dalam dunia media terutama aplikasi dalam peralatannya.

AgNp diperoleh dari sintesis dengan metode reduksi kimia. Metode tersebut merupakan metode sederhana dan mudah dilakukan dari segi alat dan bahan. AgNp yang dapat disintesis dengan berbagai metode diantaranya ialah metode *microwave* ataupun metode reduksi. Sintesis AgNp yang biasa digunakan ialah metode reduksi. Salah satu alasan penggunaan metode ini ialah karena metodenya yang sederhana. Penelitian yang menggunakan metode reduksi ini diantaranya nanoemulsi minyak kulit jeruk tersupport nanosilver sebagai antibakteri (Van Dat *et al.*, 2020), sintesis koloid nanosilver (Zhang *et al.*, 2007) dan sintesis nano Ag dengan metode reduksi (Oktaviani *et al.*, 2015).

Hasil sintesis AgNp tersebut ditambahkan dengan material Cdots yang telah disintesis sebelumnya dengan metode hidrotermal. Penambahan Cdots pada AgNp digunakan sebagai pengotor. Sehingga secara spesifik Cdots disini akan digunakan sebagai pengotor dalam pembuatan AgNp sehingga nantinya akan dihasilkan material AgNp dengan spesifikasi yang baru.

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini akan dilakukan sintesis Cdots dari jeruk dengan metode hidrotermal. Sintesis AgNp dengan metode reduksi dengan precursor perak nitrat, reduktor natrium sitrat dan stabilisator surfaktan SDS juga sebagai *linker* Cdots dengan AgNp. Karakterisasi dilakukan dengan Spektrofotometer UV-Vis, FT-IR (*Fourier Transform Infrared*) dan PSA (*Particle Size Analyzer*). AgNp-Cdots yang telah diperoleh diuji terhadap pertumbuhan antibakteri dengan metode zona bening (*paper disk*). Dengan adanya penambahan Cdots ini mampu membuat AgNp menjadi lebih bagus.

Metode

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat-alat gelas, *autoclave*, oven, timbangan digital, *magnetic stirrer*, *hotplate*, alat perasan jeruk, saringan teh, kertas saring, Spektrofotometer UV-Vis (Fluostar Omega BMG Labtech), *Particle Size Analyzer* (Horiba Scientific) dan *Fourier Transform Infrared* (Perkin Elmer)

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Jeruk Keprok, Perak Nitrat (AgNO_3) 99,98% Merck, $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ 99,6% Merck, *Sodium Dodecyl Sulphate* (SDS) 95% Merck, aquademin Brataco.

Tahap Sintesis

Sintesis Cdots dari air jeruk keprok dilakukan dengan metode hidrotermal. Campuran air jeruk dipanaskan dengan aquades sebanyak 50 mL pada suhu 170°C selama 3, 6 dan 12 jam (Aslan & Eskalen, 2021).

Sintesis AgNp dilakukan dengan cara memanaskan 50 mL AgNO_3 1 mM dan 2 mL SDS dalam Erlenmeyer hingga mendidih. Ditambahkan dengan 5 mL $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ 1% dibawah pengadukan dan

pemanasan dengan *magnetic stirrer* hingga berwarna kuning pucat. Sintesis AgNp-Cdots di lakukan dengan cara mencampurkan 10 mL AgNp dengan 10 tetes Cdots (Rao *et al.*, 2012).

Tahap Karakterisasi

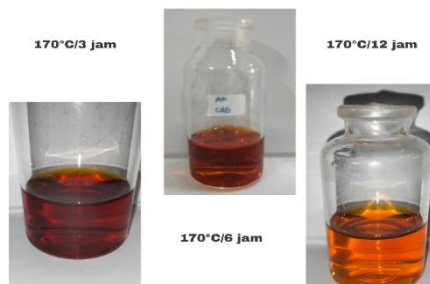
Karakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis (Fluostar Omega BMG Labtech), *Particle Size Analyzer* (Horiba Scientific) dan *Fourier Transform Infrared* (Perkin Elmer).

Tahap Uji Aktivitas Antibakteri

AgNp dan AgNP-Cdots dilakukan pengujian terhadap pertumbuhan bakteri *Escherisia coli* dengan metode difusi cakram (*paper disk*). Media agar tempat tumbuh bakteri dan telah ditanamkan *E. coli*. Kertas cakram dicelupkan ke dalam larutan AgNp dan AgNP-Cdots dan diletakan di atas media tumbuh bakteri. Selanjutnya dilakukan inkubasi 37°C selama 24 jam. Setelah itu akan dilakukan pengukuran zona bening yang terbentuk di sekitar *paper disk* yang menunjukkan adanya aktivitas hambat terhadap pertumbuhan bakteri.

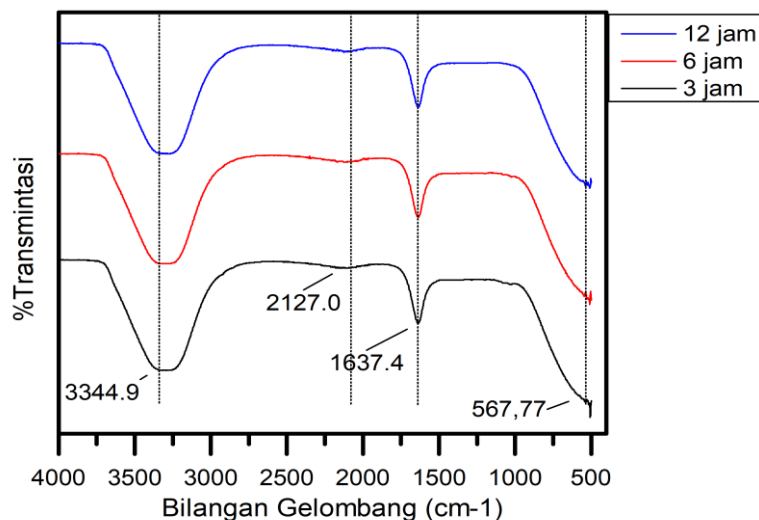
Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini sintesis *Carbon Dots* atau Cdots berbahan dasar jeruk keprok dilakukan dengan menggunakan metode hidrotermal. Penelitian ini merujuk pada penelitian sebelumnya yang menggunakan sumber dari jeruk keprok. Sintesis dilakukan dengan variasi waktu yaitu 3 jam, 6 jam dan 12 jam dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan yang terjadi. Variasi waktu di sini digunakan untuk melihat perbedaan dari hasil sintesis Cdots mana yang lebih optimal hasilnya. Hasil sintesis Cdots dapat dilihat pada Gambar 1.



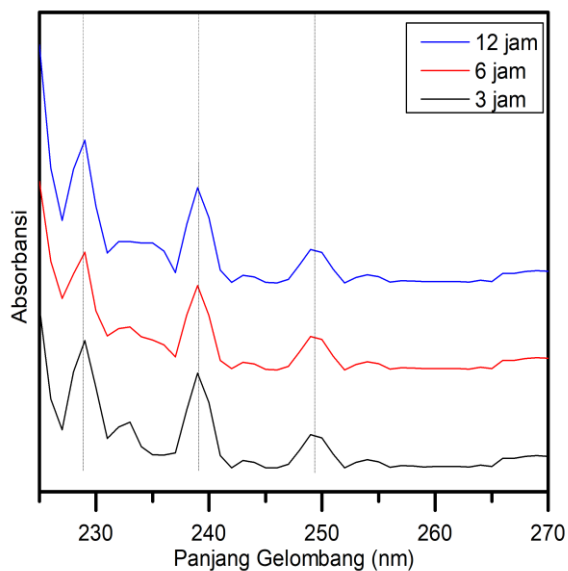
Gambar 1. Hasil sintesis Cdots

Air jeruk yang telah mengalami pemanasan akan mengalami perubahan secara fisik yakni pada mulanya berwarna kuning khas jeruk mejadi warna kecoklatan. Perubahan warna tersebut mengindikasikan terjadi proses karbonisasi rantai karbon yang ada dalam jeruk. Semakin lama pemanasan semakin jernih larutan yang diperoleh. Karakterisasi Cdots dilakukan dengan Spektrofotometer UV-Vis dan FT-IR



Gambar 2. Spektra IR hasil sintesis Cdots

Gambar 2 adalah spectra FT-IR Cdots hasil sintesis. Vibrasi yang terjadi pada 3344 cm^{-1} merupakan vibrasi -OH diindikasikan berasal dari gugus H_2O . Vibrasi kedua muncul pada bilangan gelombang $2127,0\text{ cm}^{-1}$ yang diindikasikan sebagai vibrasi lemah dari $\text{C}\equiv\text{C}$. Vibrasi $1637,4\text{ cm}^{-1}$ diindikasikan sebagai vibrasi yang sesuai dengan ikatan $\text{C}=\text{C}$ dan $\text{C}=\text{O}$ (Wahyu & Lewa, 2020). Selanjutnya vibrasi $574,90\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi dari $\text{C}-\text{H}$. Hasil FT-IR dapat dilihat bahwa Cdots dari jeruk keprok berhasil disintesis dengan adanya gugus fungsi $\text{C}=\text{C}$ sebagai penyusun inti Cdots. Gugus fungsi lain seperti $\text{C}=\text{O}$, $\text{C}-\text{H}$, $\text{C}\equiv\text{C}$ dan $-\text{OH}$ sebagai penyusun permukaan Cdots. Sekali lagi bahwa permukaan gugus karbon dipasifkan oleh adanya gugus permukaan (Sahu *et al.*, 2012).



Gambar 3. Spektra UV-Vis hasil sintesis Cdots

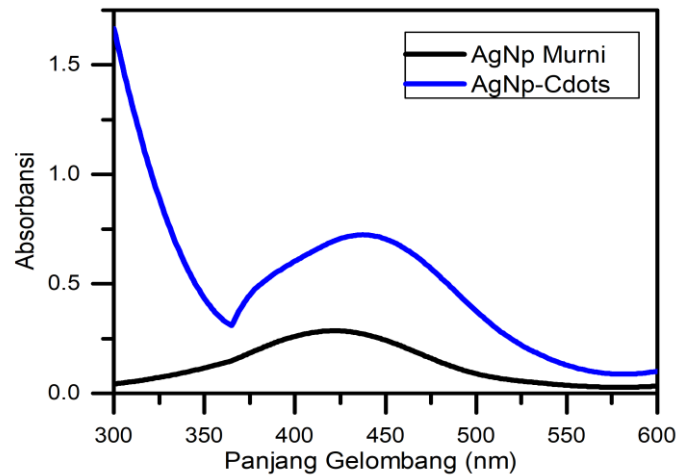
Gambar 3 adalah spectra UV-Vis Cdots hasil sintesis. Berdasarkan karakterisasi tersebut dapat dilihat bahwa Cdots menunjukkan adanya penyerapan pada tiga daerah yakni 228, 240 dan 250 nm. Cdots ini efektif terjadi penyerapan pada kisaran gelombang rendah. Setelah panjang gelombang tersebut cenderung landai. Hal tersebut seperti hasil penelitian sebelumnya Aslan (2021) yakni Cdots dari jeruk keprok yang menghasilkan 2 puncak serapan.

Sintesis AgNp-Cdots



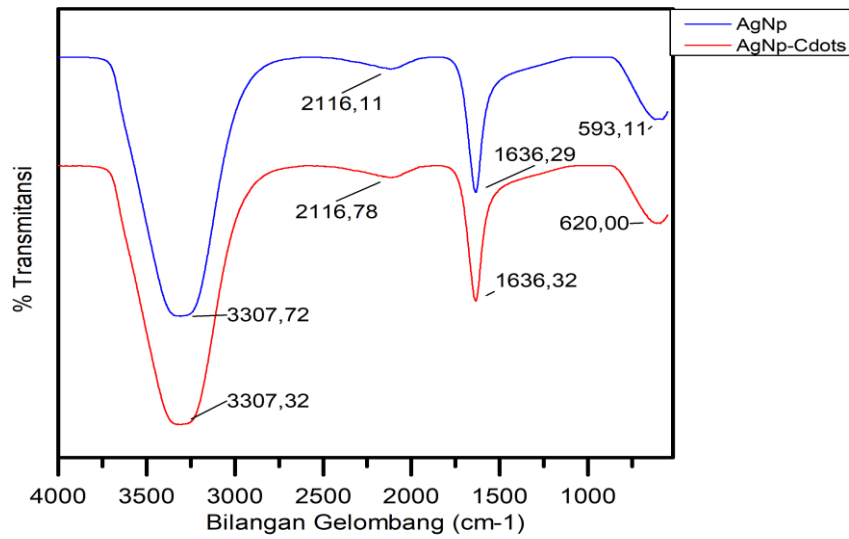
Gambar 4. Cairan hasil sintesis AgNp dan AgNp-Cdots

Nanopartikel perak (AgNp) disintesis dengan menggunakan metode reduksi kimia. Dalam sintesis ini terdapat tiga poin penting yakni prekursor, reduktor dan penstabil. Prekursor yang digunakan pada yakni AgNO_3 untuk reduktornya menggunakan natrium sitrat dan penstabilnya menggunakan *sodium dodesil sulfat* (SDS). Sintesis AgNp-Cdots dilakukan dengan cara mencampurkan 10 mL AgNp dengan 10 tetes Cdots. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-Vis, FT-IR dan juga PSA.



Gambar 5. Spektra UV-Vis hasil sintesis AgNp-Cdots dan AgNp

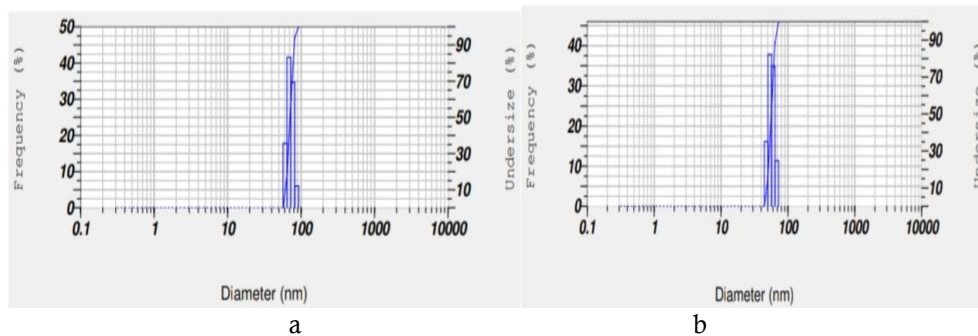
Karakterisasi AgNp menggunakan spektrofotometer UV-Vis menghasilkan serapan pada panjang gelombang 422 nm (AgNp) dan 431 nm (AgNp-Cdots). AgNp memiliki nilai absorbansi kuat umumnya pada daerah panjang gelombang 400-500 nm (Yasin *et al.*, 2013). Dalam penelitian ini sesuai karena dihasilkan nilai absorbansi pada rentang 400-500 nm. Nilai absorbansi dapat digunakan untuk mengindikasikan kecenderungan terbentuknya AgNp. Semakin tinggi nilai absorbansi maka AgNp yang dihasilkan semakin banyak (Solomon *et al.*, 2007). Nilai absorbansi AgNp lebih rendah dibandingkan dengan AgNp yang telah dicampurkan dengan Cdots. Pembentukan AgNp tanpa Cdots dalam penelitian ini menghasilkan nilai absorbansi sebesar 0,285 sedangkan AgNp-Cdots menghasilkan nilai absorbansi sebesar 0,723. Dapat dilihat bahwa AgNp-Cdots memiliki nilai absorbansi lebih tinggi dengan begitu dapat diperkirakan bahwa penambahan Cdots mampu meningkatkan nilai absorbansi.



Gambar 6. Spektra IR hasil sintesis AgNp-Cdots dan AgNp

Perbandingan spektrum IR dari AgNp-Cdots dan AgNp disajikan pada Gambar 6. Perbedaan serapan antara kedua sampel tersebut tidak menunjukkan banyak perbedaan. Pada bilangan gelombang rendah keduanya muncul dengan perbedaan 539cm^{-1} dan 620cm^{-1} . Vibrasi yang muncul pada AgNp murni diindikasikan vibrasi dari AgNp, sedangkan vibrasi pada AgNp-Cdots diindikasikan sebagai hasil pengaruh penambahan Cdots.

Penelitian lain yang terkait dengan AgNp mengungkapkan bahwa vibrasi yang diindikasikan sebagai AgNp muncul pada bilangan gelombang rendah juga yakni 560cm^{-1} (Suhartati *et al.*, 2020). AgNp juga dikatakan teridentifikasi dengan adanya gugus OH yang diartikan berasal dari proses reduksi ion Ag^+ menjadi Ag^0 (Suhartati *et al.*, 2020).



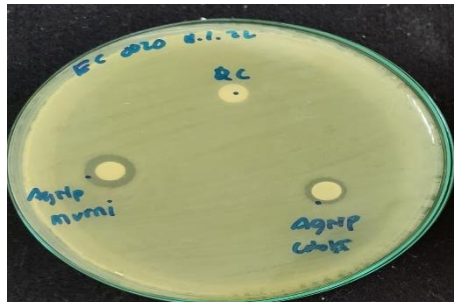
Gambar 7. Distribusi ukuran partikel (a) AgNp (b) AgNp-Cdots

Gambar 7(a) menunjukkan bahwa sintesis AgNp murni ini menunjukkan ukuran rata-rata partikel sebesar $51,8\text{ nm}$ dengan indeks polidispersitas (PI) sebesar $0,566$. Untuk hasil PSA AgNp-Cdots dapat dilihat pada Gambar 7 (b) memiliki ukuran rata-rata partikel sebesar $38,7\text{ nm}$ dengan indeks polidispersitas (PI) sebesar $0,499$. Dari hasil PSA ini dapat diketahui perbedaan yang begitu terlihat yakni adanya perbedaan ukuran dari AgNp dan AgNp-Cdots. Penambahan Cdots pada AgNp mampu menghasilkan ukuran AgNp yang lebih kecil dibanding tanpa tambahan Cdots.

Komposit AgNp yang lain yaitu komposit AgNp-Kitosan memiliki ukuran rata-rata di atas 100 nm bahkan ukuran terkecilnya mencapai 300 nm (Prasetyaningtyas *et al.*, 2020). Pada penelitian ini komposit AgNp-Cdots diperoleh hasil yang lebih baik dari penelitian lain yakni komposit AgNp-Kitosan yang mana dapat disebabkan minimnya aglomerasi pada AgNp oleh Cdots. Sedangkan menurut Prasetyaningtyas (2020) AgNp-Kitosan terjadi aglomerasi sehingga menyebabkan ukuran komposit tersebut sangat besar. Selain itu, penelitian milik Ariyanta (2014) sintesis AgNp dengan reduktor natrium

sitrat diperoleh rata-rata ukuran sebesar 18,2 nm. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penelitian ini diperoleh hasil yang tidak lebih bagus untuk AgNp murni namun lebih baik untuk komposit AgNp-Cdots. Hal tersebut dikarenakan pada sintesis AgNp murni ini terdapat tambahan penstabil yang diprediksi hal tersebut mampu mempengaruhi ukuran AgNp.

Hasil Uji Aktivitas Antibakteri



Gambar 8 Aktivitas antibakteri AgNp dan AgNp-Cdots terhadap E. Coli

Tabel 1 Hasil pengukuran zona bening AgNp dan AgNp-Cdots

Sampel	Zona Bening (mm)
AgNp	5
AgNp-Cdots	2

Penelitian ini menghasilkan AgNp dengan kemampuan zona hambat sebesar 5 mm sedangkan AgNp-Cdots sebesar 2 mm, sehingga dapat disimpulkan bahwa AgNp-Cdots ini memiliki sifat antibakteri. Akan tetapi aktivitas antibakteri AgNp-Cdots tidak lebih baik dibandingkan dengan AgNp murni. Hal tersebut berdasarkan hasil pengukuran diameter zona bening keduanya. Prasetyaningtyas (2020) dalam penelitiannya, komposit AgNp-Kitosan memiliki zona hambat sebesar 4,3 mm jika dibandingkan dengan penelitian ini sedikit lebih kecil kemampuan hambatnya yakni hanya sebesar 2 mm saja. Sedangkan untuk AgNp murninya ini juga termasuk AgNp dengan kemampuan rendah, jika dibandingkan dengan penelitian Fabiani (2019) yang mana AgNp murni memiliki zona hambat sebesar 13,15 mm. Hasil ini tentunya dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya ialah jeda waktu sintesis dengan waktu pengujian terhadap bakteri.

Simpulan

Dari hasil penelitian ini, Cdots dari buah jeruk keprok dapat disintesis dengan menggunakan metode hidrotermal. AgNp yang disintesis menggunakan reduktor Natrium Sitrat dan penstabil SDS dapat digabungkan dengan Cdots dan menghasilkan ukuran rata-rata partikel AgNp sebesar 51,8 nm dan AgNp-Cdots sebesar 38,7 nm. Dengan begitu dapat dilihat bahwa penambahan Cdots dapat menggeser ukuran AgNp, akan tetapi aktivitas antibakteri dari AgNp-Cdots tidak lebih baik dibandingkan dengan AgNp murni.

Daftar Referensi

- Aji, M. P., Wiguna, P. A., Suciningtyas, S. A., Susanto, Rosita, N., & Sulhadi. 2016. Carbon Nanodots from Frying Oil as Catalyst for Photocatalytic Degradation of Methylene Blue Assisted Solar Light Irradiation. *American Journal of Applied Sciences*, 13(4): 432–438. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2016.432.438>
- Ariyanta, H. A. 2014. Preparasi nanopartikel perak dengan metode reduksi luka infeksi Silver Nanoparticles Preparation by Reduction Method and its Application as Antibacterial for Cause of Wound Infection. *Jurnal MKMI*, 36–42.
- Aslan, M., & Eskalen, H. 2021. A Study of Carbon Nanodots (Carbon Quantum Dots) Synthesized from Tangerine Juice Using One-Step Hydrothermal Method. *Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures*, 0(0), 1–8. <https://doi.org/10.1080/1536383X.2021.1926452>

- Fabiani, V. A., Silvia, D., Liyana, D., & Akbar, H. 2019. Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Pucuk Idat (*Cratogeomachra glaucum*) melalui Iradiasi Microwave serta Uji Aktivitasnya sebagai Antibakteri, 4(2): 96–101.
- Liu, H., Ye, T., & Mao, C. 2007. Fluorescent carbon nanoparticles derived from candle soot. *Angewandte Chemie (International ed. in English)*, 46(34): 6473–6475. <https://doi.org/10.1002/anie.200701271>
- Nagar, N., & Devra, V. 2019. A Kinetic Study on The Degradation and Biodegradability of Silver Nanoparticles Catalyzed Methyl Orange and Textile Effluents. *Heliyon*, 5(3): e01356. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01356>
- Oktaviani, D. T., Cahya, D., & Amrullah, A. 2015. Sintesis Nano Ag dengan Metode Reduksi Kimia. *Saintekno: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 13(2): 101–114. <https://doi.org/10.15294/saintekno.v13i2.5242>
- Peng, Z., Han, X., Li, S., Al-Youbi, A. O., Bashammakh, A. S., El-Shahawi, M. S., & Leblanc, R. M. 2017. Carbon dots: Biomacromolecule interaction, bioimaging and nanomedicine. *Coordination Chemistry Reviews*, 343: 256–277. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2017.06.001>
- Prasetyaningtyas, T., Prasetya, A., & Widiarti, N. 2020. Sintesis Nanopartikel Perak Termodifikasi Kitosan dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Kemangi (*Ocimum basilicum* L.) dan Uji Aktivitasnya sebagai Antibakteri. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 9(1): 37–43. <https://doi.org/10.15294/ijcs.v9i1.29927>
- Rao, F., Jia, F., Lopez-Miranda, A., Song, S., & Lopez-Valdivieso, A. 2012. Synthesis and Characterization of Silver Nanorods in Aqueous Sodium Dodecylsulfate Solutions. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 33(6): 799–804. <https://doi.org/10.1080/01932691.2011.584796>
- Sahu, S., Behera, B., Maiti, T. K., & Mohapatra, S. 2012. Simple one-step synthesis of highly luminescent carbon dots from orange juice: Application as excellent bio-imaging agents. *Chemical Communications*, 48(70): 8835–8837. <https://doi.org/10.1039/c2cc33796g>
- Solomon, S. D., Bahadory, M., Jeyarajasingam, A. V., Rutkowsky, S. A., Boritz, C., & Mulfinger, L. 2007. Synthesis and study of silver nanoparticles. *Journal of Chemical Education*, 84(2): 322–325. <https://doi.org/10.1021/ed084p322>
- Suhartati, S., Saputra, I. S., Rahmi, D., Yulizar, Y., & Sudirman, S. 2020. Bioreduction and Characterization of Silver Nanoparticles From Oil Palm Empty Fruit Bunch. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 21(4): 177. <https://doi.org/10.17146/jsmi.2020.21.4.6032>
- Triwardiati, D., & Ermawati, I. R. 2018. Analisis Bandgap Karbon Nanodots (C-Dots) Kulit Bawang Merah Menggunakan Teknik Microwave. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 3(2502): 25. <https://doi.org/10.22236/teknoka.v3i0.2810>
- Van Dat, D., Van Cuong, N., Le, P. H. A., Anh, T. T. L., Viet, P. T., & Huong, N. T. L. 2020. Orange Peel Essential Oil Nanoemulsions Supported by Nanosilver for Antibacterial Application. *Indonesian Journal of Chemistry*, 20(2): 430–439. <https://doi.org/10.22146/ijc.46042>
- Lewa, I.W.L. & Isnaeni, I. 2020. Enhancing sensitivity of carbon dots as Fe ion sensor using time-resolved photoluminescence technique. *Journal of Nanoparticle Research*, 22(9): 22:252 <https://doi.org/10.1007/s11051-020-04988-3>
- Wang, Y., & Hu, A. 2014. Carbon Quantum Dots: Synthesis, Properties and Applications. *Journal of Materials Chemistry C*, 2(34): 6921–6939. <https://doi.org/10.1039/c4tc00988f>
- Xu, X., Ray, R., Gu, Y., Ploehn, H. J., Gearheart, L., Raker, K., & Scrivens, W. A. 2004. Electrophoretic Analysis and Purification of Fluorescent Single-Walled Carbon Nanotube Fragments. *Journal of the American Chemical Society*, 126(40): 12736–12737. <https://doi.org/10.1021/ja040082h>
- Yang, J., Zhang, X., Ma, Y. H., Gao, G., Chen, X., Jia, H. R., Li, Y. H., Chen, Z., & Wu, F. G. 2016. Carbon Dot-Based Platform for Simultaneous Bacterial Distinguishment and Antibacterial Applications. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 8(47): 32170–32181. <https://doi.org/10.1021/acsami.6b10398>
- Yasin, S., Liu, L., & Yao, J. 2013. Biosynthesis of silver nanoparticles by bamboo leaves extract and their antimicrobial activity. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 6(1): 77–84. <https://doi.org/10.3993/jfbi03201307>

Zhang, W., Qiao, X., & Chen, J. 2007. Synthesis of Nanosilver Colloidal Particles in Water/Oil Microemulsion. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 299(1-3): 22-28. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2006.11.012>