

Sintesis Hijau Nanopartikel Perak dengan Ekstrak Eceng Gondok sebagai Agen Bioremediasi Pengolahan Air Limbah

Salman Farisi^{1*}, Enur Azizah¹, dan Primasari Pertiwi¹

¹Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Lampung

Email: (*) alfarisi.mdr@gmail.com

ABSTRACT

Water pollution in Lampung is mainly caused by domestic waste. The proposed solution for addressing these problems is the use of silver nanoparticles (AgNPs) as a potential bioremediation agent in conjunction with water hyacinth. The use of water hyacinth in AgNP synthesis can help reduce weed populations and domestic waste contaminants in water that cause eutrophication. The AgNP synthesis process begins with the preparation of water hyacinth, which is extracted and filtered using Whatman No. 42. The filtrate is then reacted with a 2 mM AgNO₃ solution and analyzed with FT-IR and SEM. After AgNP were formed, their effectiveness was tested on polluted water with varying AgNP concentrations of 1:1, 1:2, 1:3, and 1:4. The effectiveness of AgNP was assessed through measurements of pH, BOD₅, and TSS. The result of the analysis showed that the higher the concentration of AgNP, the higher the in BOD₅ and TSS value, as well as the improvement in pH values. These test results were supported by ANOVA analysis, which showed a significant effect of AgNP concentration on pH, BOD₅, and TSS.

Keywords: Water Hyacinth, AgNP, pH, BOD₅, TSS

PENDAHULUAN

Aktivitas konsumsi manusia mengalami peningkatan sejalan dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Dampak dari aktivitas konsumsi tersebut adalah intensitas pembuangan sampah meningkat. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tahun 2021, tercatat total limbah di Indonesia mencapai 30.335.308,50 ton, di mana sekitar 10.695.893,16 ton sampah tidak dikelola secara efektif. Sebagian besar sampah dibuang ke perairan. Hal tersebut akan berdampak besar bagi manusia terkait dengan kebutuhan utama manusia berupa air (Amonovich & Sobir Ahror, 2023).

Limbah yang mencemari perairan dikategorikan menjadi dua yaitu *point sources* dan *non-point sources*. Limbah *point sources* berasal dari lokasi teridentifikasi, sedangkan limbah *non-point sources* berasal dari lokasi yang tidak teridentifikasi akibat pencampuran berbagai senyawa. Limbah domestik termasuk ke dalam kategori *non-point sources* (Kumar *et al.*, 2023). Banyaknya zat pencemar dalam perairan dapat menyebabkan penurunan kualitas air. Kualitas air dapat dinilai dari

beberapa parameter diantaranya pH, *Biological Oxygen Demand* (BOD), dan *Total Suspended Solid* (TSS) (Giao *et al.*, 2021).

Nilai pH dalam analisis kualitas air mengindikasikan kemampuan organisme dalam mentolerir kondisi perairan (Guo *et al.*, 2013). Nilai TSS merupakan indikator tinggi rendahnya pencemaran melalui tingkat kekeruhan air (Korbafo & Mere, 2022). Nilai BOD mengindikasikan tingkat pencemar organik signifikan dalam air melalui perhitungan oksigen terlarut (Zhang *et al.*, 2022).

Studi mengenai nanopartikel berkembang pesat dewasa ini. Nanopartikel merupakan produk partikel berskala nano dengan ukuran berkisar 1 nm (Jamkhande *et al.*, 2019). Nanopartikel memiliki potensi dalam aplikasi bioremediasi didukung dengan metode ramah lingkungan yang dikenal dengan sintesis hijau nanopartikel (Korbekandi & Iravani, 2012). Keterkaitan antara nanopartikel dengan upaya bioremediasi diantaranya meningkatkan bioavailabilitas, meningkatkan kecepatan reaksi, penghantaran kontrol polutan, detoksifikasi dan penguraian (Qu *et al.*, 2013).

METODE PENELITIAN

Sintesis nanopartikel pada penelitian ini menggunakan metode sintesis hijau AgNP dengan eceng gondok sebagai bioreduktor. Pengujian efektivitas AgNP dalam memperbaiki kualitas air dinilai berdasarkan tiga parameter meliputi nilai pH, TSS, dan BOD₅. Sampel air tercemar berasal dari aliran sungai di Kota Bandar Lampung -5.453431, 105.262972.

Preparasi Sampel

Bagian eceng gondok yang digunakan berupa daun yang telah dibersihkan menggunakan aquades dan dikeringkan. Pengeringan daun eceng gondok dilakukan dengan dua tahapan. Tahap awal dilakukan dengan suhu ruang berkisar 37°C selama 24 jam, kemudian dilanjutkan dengan tahap pengeringan di oven pada suhu 40°C selama 24 jam. Penelitian ini menggunakan serbuk eceng gondok melalui penghalusan daun yang telah kering menggunakan blender (Kasim *et al.*, 2020).

Pembuatan Ekstrak Eceng Gondok

Ekstrak eceng gondok dibuat dengan mencampurkan 5 g serbuk eceng gondok dengan aquades 100 ml menggunakan mortar perstel lalu dididihkan. Penyaringan menggunakan kertas penyaring Whatman No.42 hingga terkumpul larutan sebanyak 100 ml (Yanti & Astuti, 2018).

Pembuatan Larutan AgNO₃

Larutan AgNO₃ diperoleh dengan mencampurkan 1,088 g serbuk AgNO (EMSURE® ACS) dengan 4 liter aquades (Matutu & Taba, 2016).

Sintesis AgNP

Sintesis AgNP dilakukan berdasarkan metode sintesis hijau dengan mereaksikan 1 ml ekstrak eceng gondok dengan larutan AgNO₃ sebanyak 40 ml dalam erlenmeyer dan dihomogenkan menggunakan stirrer hingga terjadi perubahan warna.

Karakterisasi AgNP

Karakterisasi AgNP dilakukan untuk memastikan keberhasilan pembentukan AgNP. Metode karakterisasi pada penelitian ini menggunakan analisa FT-IR dan pengamatan SEM.

Pengujian Efektivitas AgNP

AgNP yang telah didapatkan kemudian diaplikasikan pada air sungai tercemar dalam skala laboratorium. Pada perlakuan ini diberikan variasi konsentrasi AgNP yang berbeda dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Variasi konsentrasi tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi konsentrasi AgNP dan sampel air

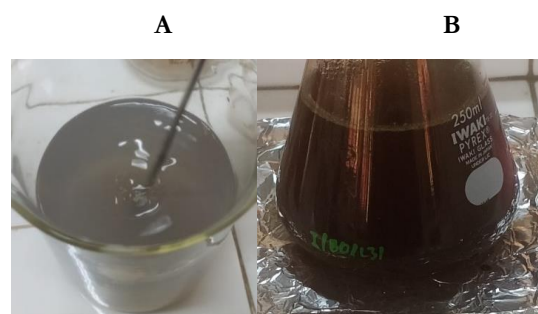
No.	Konsentrasi Sampel	AgNP	Air Sungai	Total
1	A (1:1)	500 ml	500 ml	1 liter
2	B (1:2)	333,3 ml	666,67 ml	1 liter
3	C (1:3)	250 ml	750 ml	1 liter
4	D (1:4)	200 ml	800 ml	1 liter
5	K	0 ml	1 liter	1 liter

Sampel dengan variasi konsentrasi AgNP dibandingkan nilai pH, TSS, dan BOD₅, terhadap sampel kontrol negatif. Data hasil perhitungan diolah menggunakan software ANOVA dengan metode *One Way* untuk mengetahui pengaruh konsentrasi AgNP. Data hasil juga akan dibandingkan dengan standar baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia No. P68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi AgNP

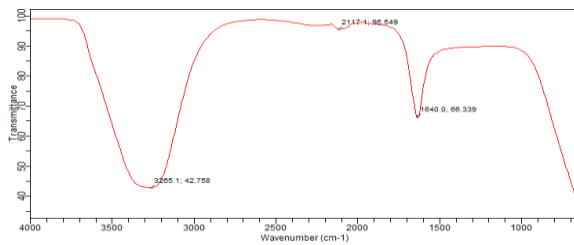
Pada tahap karakterisasi didapatkan tiga karakteristik AgNP meliputi warna, gugus fungsi dan bentuk permukaan AgNP. Pada proses sintesis AgNP, terjadi perubahan warna larutan dari putih kecoklatan berubah menjadi coklat pekat akibat proses Resonansi Plasmon Permukaan (SPR) (D'Ambrosio *et al.*, 2022). Perubahan warna umumnya terjadi pada nanopartikel yang terbuat dari emas, perak atau logam. Nanopartikel tersebut memantulkan frekuensi tertentu dari cahaya berdasarkan bentuk dan ukuran nanopartikel.



Gambar 1. Perubahan warna AgNP pada proses sintesis: A) larutan awal; B) larutan setelah dihomogenkan membentuk AgNP.

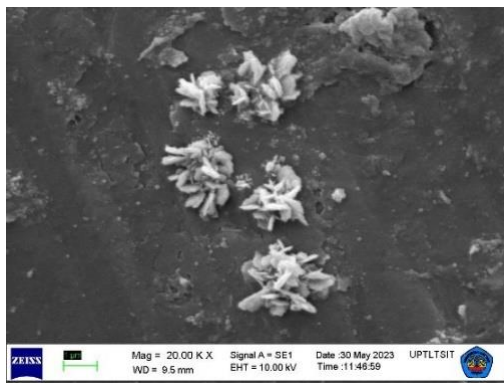
Analisis FT-IR dilakukan untuk mengetahui adanya gugus fungsi dalam larutan AgNP. Output dari analisis ini adalah spektrum bilangan gelombang. Hasil analisis larutan AgNP didapatkan ikatan O-H pada bilangan gelombang 3.265 cm⁻¹ yang menandakan adanya

kontribusi senyawa fenolik yang terkandung dalam bioreduktor untuk mereduksi Ag^+ menjadi Ag (Rahim *et al.*, 2020). Indikasi ikatan $\text{C} \equiv \text{C}$ terdapat pada bilangan gelombang 2.117 cm^{-1} yang menandakan adanya alkuna yang berperan sebagai penstabil nanopartikel (Jini *et al.*, 2022). Ikatan $\text{C}=\text{O}$ terdapat pada bilangan gelombang 1.640 cm^{-1} yang menandakan terbentuknya gugus karbonil akibat proses *capping*. Agen *capping* dengan komponen biologis dapat larut secara hayati biokompatibel dan tidak beracun (Javed *et al.*, 2020).



Gambar 2. Spektrum hasil analisis FT-IR.

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan SEM dengan perbesaran 20.000x, didapatkan visualisasi bentuk permukaan AgNP seperti bunga kristal. Struktur tersebut terbentuk akibat mekanisme reduksi ion Ag (Ponsanti *et al.*, 2020). Faktor yang berpengaruh terhadap pembentukan struktur meliputi metode sintesis, kondisi reaksi dan stabilisator.



Gambar 3. Visualisasi bentuk permukaan AgNP melalui SEM.

Pengujian Efektivitas AgNP

Uji efektivitas AgNP dilakukan menggunakan tiga parameter, yaitu pH, TSS, dan BOD_5 . Konsentrasi AgNP yang digunakan yaitu 1:1, 1:2, 1:3, dan 1:4 dengan kontrol negatif tanpa penambahan AgNP. Setiap parameter untuk setiap konsentrasi diulang sebanyak tiga kali. Pemilihan tiga parameter berdasarkan jenis pencemar sampel air sungai sehingga relevan dengan keadaan air sungai tersebut.

Berdasarkan pengujian parameter BOD_5 , TSS dan pH didapatkan perubahan kualitas air yang signifikan membaik dibandingkan dengan kontrol negatif.

Tabel 2. Hasil pengujian efektivitas AgNP

Pengujian nilai BOD ₅ (mg/L)					
No.	Sampel A	Sampel B	Sampel C	Sampel D	K
1	32	45	46	62	218
2	35	41	52	61	
3	37	43	38	62	
Pengujian TSS (mg/L)					
1	16,30	21,06	35,50	44	82,00
2	12	20,80	37,25	41,33	
3	14,33	23	39,50	40,33	
Pengujian pH					
1	6,83	6,61	6,54	6,29	5,38
2	6,77	6,57	6,48	6,44	
3	6,90	6,63	6,50	6,36	

Perbedaan yang paling signifikan antara hasil pengujian dengan kontrol negatif ada pada konsentrasi 1:1. Pengujian nilai BOD_5 pada konsentrasi 1:1 mengalami penurunan sebesar 84% dari kontrol negatif. Meskipun demikian, nilai BOD_5 pada konsentrasi 1:1 masih belum memenuhi standar baku mutu yang ditentukan, yaitu 30 mg/L. Nilai pengujian TSS mengalami penurunan paling besar pada konsentrasi 1:1 dengan persentase 82%. Namun nilai TSS pada konsentrasi 1:1 belum mencukupi standar baku mutu yaitu sebesar 30 mg/L. Pada pengujian nilai pH diperoleh peningkatan nilai terbesar pada konsentrasi 1:1 dengan persentase kenaikan sebesar 27%. Pada kenaikan nilai pH setelah pemberian AgNP kualitas air sampel mencapai standar mutu dengan nilai 6-9.

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengujian terhadap parameter kualitas air berupa nilai BOD_5 , TSS dan pH diperoleh hasil signifikan setelah pemberian AgNP yang disintesis menggunakan eceng gondok sebagai bioreduktor. Semakin besar konsentrasi AgNP maka semakin besar perbaikan kualitas sampel air yang tercemar oleh limbah domestik. Penelitian ini dilaksanakan pada skala laboratorium sehingga untuk dapat melakukan implementasi lapangan perlu studi lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- D'Ambrosio, C. N., Inchaussandague, M. E., & Skigin, D. C. (2022). Color Properties of Silver Nanoparticle Composites. *Plasmonics*, 17(1), 31–42.
- Giao, N. T., Phan, K. A., & Huynh, T. H. N. (2021). Spatiotemporal Analysis of Surface Water Quality in Dong Thap Province, Vietnam Using Water Quality Index and Statistical Approaches. *Water*, 13(3), 336–355.
- Guo, X., Wei, Z., Penn, C. J., Xu, T., & Wu, Q. (2013). Effect of Soil Washing and Liming on Bioavailability of Heavy Metals in Acid Contaminated Soil. *Soil Science Society of America Journal*, 77(2), 432–441.
- Jamkhande, P. G., Ghule, N. W., Bamer, A. H., & Kalaskar, M. G. (2019). Metal nanoparticles synthesis: An overview on methods of preparation, advantages and disadvantages, and applications. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 53(1), 1–51.
- Javed, R., Zia, M., Naz, S., Aisida, S. O., Ain, N. ul, & Ao, Q. (2020). Role of Capping Agents in The Application of Nanoparticles in Biomedicine and Environmental Remediation: Recent Trends and Future Prospects. *Journal of Nanobiotechnology*, 18(1), 172–187.
- Jini, D., Sharmila, S., Anitha, A., Pandian, M., & Rajapaksha, R. M. H. (2022). In vitro and in silico studies of silver nanoparticles (AgNPs) from *Allium sativum* against diabetes. *Scientific Reports*, 12(1), 1–13.
- Kasim, S., Taba, P., Ruslan, & Anto, R. (2020). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Sebagai Bioreduktor. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 6(2), 126–133.
- Korbafo, E., & Mere, J. K. (2022). . Pengukuran Kualitas Air Total Suspended Solid (TSS) dan Dissolved Oxygen (DO) pada Mata Air Oepura, Sagu dan Amnesi di Kota Kupang Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Saintek Laban Kering*, 5(1), 15–17.
- Korbekandi, H., & Iravani, S. (2012). Silver Nanoparticles. In *The Delivery of Nanoparticles*. InTech.
- Kumar, S., Yadav, S., Kataria, N., Chauhan, A. K., Joshi, S., Gupta, R., Kumar, P., Chong, J. W. R., Khoo, K. S., & Show, P. L. (2023). Recent Advancement in Nanotechnology for the Treatment of Pharmaceutical Wastewater: Sources, Toxicity, and Remediation Technology. *Current Pollution Reports*, 9(2), 110–142.
- Matutu, J. M., & Taba, P. (2016). Sintesis Nanopartikel Perak dengan Metode Reduksi menggunakan Buah Merah (*Pandanus conoideus*) sebagai Bioreduktor. In *Semantic Scholar*. Semantic Scholar.
- Ponsanti, K., Tangnorawich, B., Ngernyuang, N., & Pechyen, C. (2020). A Flower Shape Green Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles (AgNPs) with Different Starch as a Reducing Agent. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(5), 11003–11012.
- Qu, X., Alvarez, P. J. J., & Li, Q. (2013). Applications of nanotechnology in water and wastewater treatment. *Water Research*, 47(12), 3931–3946.
- Rahim, D. M., Herawati, N., & Hasri, H. (2020). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Teh Hijau (*Camellia Sinensis*) dengan Iradiasi Microwave. *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 21(1), 30–41.
- Yanti, W. R. O., & Astuti, A. (2018). Sintesis Nanokristal Perak Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Fisika Unand*, 7(3), 286–291.
- Zhang, Z.-M., Zhang, F., Du, J.-L., & Chen, D.-C. (2022). Surface Water Quality Assessment and Contamination Source Identification Using Multivariate Statistical Techniques: A Case Study of the Nanxi River in the Taihu Watershed, China. *Water*, 14(5), 778–793.