



Sintesis *Copper-Nanoparticles* dari Limbah *Leaching* Kalkopirit Sebagai Zat Antibakteri dengan Metode Reduksi

Decka Pynka Wibowo¹, Yuni Kusumastuti^{1*}, Agus Prasetya¹, Yekti Asih², Himawan
T.B.M Petrus¹, and Arifudin Idrus³

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM,
55281 Yogyakarta, Indonesia

²Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Jl. Teknik Selatan, Sekip Utara, Sleman 55281, Yogyakarta,
Indonesia

³Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM,
55281 Yogyakarta, Indonesia

*E-mail: yuni_kusumastuti@ugm.ac.id

Abstract

Nanoparticle technology has been widely used in various industries because of its advantages in particle size control systems. One example of the use of nanoparticle technology is copper nanoparticles as an antibacterial material. This research focuses on the utilization of leaching waste as a material for the synthesis of copper nanoparticles. The synthesis of copper nanoparticles was carried out by chemical reduction method between chalcopyrite stone leaching waste namely CuSO₄ as precursor, Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (CTAB) as surfactant and NaBH₄ reducing agent. The synthesized material will be analyzed using UV-Vis spectroscopy. Furthermore, the particle size will be estimated using PSA and its antibacterial properties will be analyzed using the well diffusion method by looking at the effectiveness of the inhibitory power against Escherichia coli FNCC 0049 and Staphylococcus bacteria aureus FNCC 0047. The results of the synthesis obtained the smallest size of 235.7 nm from the ratio of precursor concentration, reducing agent concentration and, a surfactant concentration of 1:20:8. The results of the synthesis of copper nanoparticles with concentrations of 10.000 ppm showed the presence of inhibitory power to overcome Escherichia coli FNCC 0049 and Staphylococcus bacteria aureus FNCC 0047.

Keywords: nanoparticle; copper; leaching; reduction; antibacterial

Pendahuluan

Nanopartikel adalah teknologi nano yang menjanjikan untuk digunakan dalam berbagai jenis industri. Kelebihan dari teknologi nano yaitu mampu mengatur ukuran partikel pada skala nano sekitar 1 sampai 100 nm dan sifat partikel. Pemanfaatan teknologi nano pada industri sering dijumpai dalam bentuk nanopartikel. (Tamilvanan et al., 2014) Nanopartikel memiliki beberapa jenis, salah satu jenis yang diminati untuk penelitian yakni nanopartikel logam karena sifat kimia, fisik dan katalitiknya yang baik (Rajesh et al., 2016).

Nanopartikel berasal dari logam mulai seperti emas dan perak bisa dilakukan, tetapi memiliki kendala dalam hal biaya. Tembaga merupakan salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan untuk sintesis nanopartikel karena lebih ekonomis dari emas dan perak. Nanopartikel tembaga dalam beberapa penelitian menunjukkan adanya aktivitas antibakteri (Argueta-Figueroa et al., 2014). Logam tembaga memiliki sifat antibakteri tetapi lebih efektif ketika menjadi nanopartikel tembaga karena ukuran yang kecil sehingga memungkinkan partikel untuk berinteraksi dengan membran mikroba (Kanhed et al., 2014).

Proses sintesis nanopartikel tembaga dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti metode reduksi kimia, metode mikroemulsi, elektrokimia, sintesis biologis dan teknik dengan bantuan gelombang mikro. Metode reduksi kimia untuk sintesis nanopartikel tembaga memiliki keunggulan dalam pengoperasian, fleksibel, dan ramah lingkungan (Tamilvanan et al., 2014). Sintesis nanopartikel tembaga menggunakan metode reduksi melibatkan bahan prekursor, reduktor dan surfaktan. Proses reduksi kimia nanopartikel tembaga bertujuan untuk mereduksi Cu²⁺ menjadi Cu⁰, dengan bantuan dari reduktor dan surfaktan (Kanhed et al., 2014). Prekursor yang digunakan untuk penelitian berasal dari limbah *leaching* dari batu kalkopirit. Reduktor yang digunakan menggunakan NaBH₄ dan surfaktan menggunakan CTAB. CTAB diketahui sangat baik digunakan sebagai surfaktan dari sintesis nanopartikel





untuk emas dan perak (Athawale et al., 2005). Reduktor NaBH_4 bereaksi baik dengan $\text{CuCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, dengan cara mereduksi Cu^{2+} menjadi Cu^0 dengan bantuan dari PVP sebagai surfaktannya (Kanhed et al., 2014).

Bakteri menjadi lebih tahan terhadap antibiotik, salah satu untuk menghadapi bakteri yang resisten terhadap antibiotik yakni menggunakan nanopartikel tembaga sebagai metode inovatif (Moniri Javadhesari et al., 2019). Uji aktivitas antibakteri pada nanopartikel tembaga dapat di uji dalam beberapa metode, seperti metode pengenceran, metode difusi agar dan metode difusi pengenceran. Metode difusi sumur agar merupakan salah satu metode difusi agar dengan cara membuat lubang berdiameter antara 6 sampai 8 mm secara aseptis di permukaan media agar yang telah ditanami oleh mikroba kemudian cairan nanopartikel tembaga diteteskan kedalam lubang dan diinkubasi secara optimal (Erhonyota et al., 2022). Pengujian aktivitas antibakteri menggunakan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus bacteria aureus*. Pemilihan bakteri karena penyebab utama infeksi bakteri pada manusia yaitu *E.coli* bakteri gram negatif dan *S. aureus* bakteri gram positif yang tersebar luas pada benda, organisme hidup, tanah, dan air (Moniri Javadhesari et al., 2019).

Tujuan dari penelitian ini untuk memanfaatkan limbah *leaching* yang dapat digunakan sebagai prekursor pada sintesis nanopartikel tembaga. Menganalisis hasil ukuran partikel dari proses sintesis dengan perbedaan konsentrasi antara prekursor:reduktor:surfaktan serta perbedaan suhu. Hasil akhir akan diuji menggunakan PSA untuk mengetahui ukuran paling kecil dan menguji aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi sumur agar.

Metode Penelitian

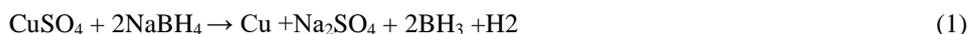
Peralatan yang digunakan untuk penelitian adalah neraca analitik, jarum ose, peralatan gelas laboratorium, statif dan klem, pengaduk, pemanas magnet, pH meter, *centrifuge*, *Particle Size Analyzer* (PSA). Bahan yang digunakan adalah akuades Sigma, limbah *leaching* kalkopirit, NaBH_4 Merck, CTAB Merck, MHA Sigma, MHB Sigma, Alkohol 70% Sigma dan antibakteri komersial.

Langkah awal penelitian adalah proses sintesis nanopartikel tembaga, dengan perbandingan konsentrasi prekursor:reduktor:surfaktan (1:20:4, 1:20:8, 1:20:16, 1:40:4, 1:40: 8, 1:40:16, 1:80:4, 1:80:8, 1:80:16). Proses awal sintesis melarutkan NaBH_4 dengan akuades 7,7mL sampai homogen, kemudian melarutkan CTAB dengan 35mL akuades sampai homogen. Kemudian menghomogenkan kedua larutan dalam labu leher tiga dan menambahkan 10mL prekursor serta mengaduk selama 2 jam dengan suhu 30°C, 50°C dan 70°C. Terdapat perubahan warna saat penambahan prekursor kedalam larutan reduktor, setelah 2 jam memisahkan endapan dan cairan menggunakan *centrifuge*. Larutan bening mengandung nanopartikel tembaga diuji menggunakan PSA untuk mengetahui ukuran partikelnya (Kanhed et al., 2014).

Membuat media untuk bakteri menggunakan MHA dan MHB, melarutkan MHA 7,6gr dalam 200mL akuades dan melarutkan 4,2gr dalam 200mL akuades. Menyiapkan 10mL MHB pada tabung reaksi yang diberikan biakan bakteri dengan jarum ose dan dihomogenkan. Menuangkan 10mL MHA yang sudah disetirlikan kedalam cawan petri, tunggu sampai mengeras kemudian menuangkan 10mL MHB yang berisi bakteri ke cawan petri yang berisi MHA. Melubangi agar yang ada pada cawan 3 bagian, yang akan di isi dengan kontrol (akuades), nanopartikel tembaga dan antibakteri komersial. Menuangkan sumur yang sudah dibuat dengan 30 μL akuades, 30 μL nanopartikel tembaga dan 30 μL Preventol ZL serta diinkubasikan selama 2x24jam (Kanhed et al., 2014).

Hasil dan Pembahasan

Hasil untuk proses sintesis nanopartikel berbeda setiap perbandingan prekursor:reduktor:surfaktan. Konsentrasi prekursor tidak di variasi karena stok limbah hasil limbah *leaching* memiliki konsentrasi 0,004M. Konsentrasi yang berbeda adalah konsentrasi reduktor NaBH_4 dan konsentrasi surfaktan CTAB. Larutan CTAB berwarna putih kemudian dicampur dengan larutan NaBH_4 yang berwarna bening akan menghasilkan larutan berwarna putih. Kemudian saat ditambahkan dengan larutan prekursor, larutan berubah warna menjadi coklat dan kemudian akan menjadi putih kecoklatan saat selesai proses pengadukan selama 2 jam. Proses yang terjadi yakni reduksi seperti pada persamaan (1).



Proses reduksi yang terjadi membuat prekursor menjadi nanopartikel tembaga. Suhu yang digunakan untuk penelitian ada 3 variasi, suhu 30°C, 50°C dan 70°C untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap ukuran nanopartikel tembaga (Mott et al., 2007).

Hasil yang diperoleh yakni larutan dengan endapan yang dipisahkan menggunakan *centrifuge* dan cairan bening di uji menggunakan PSA untuk memperoleh data ukuran partikel berdasarkan variasi konsentrasi dan suhu yang berbeda. Perbandingan konsentrasi menunjukkan adanya perbedaan ukuran nanopartikel tembaga (Zhang et al., 2010). Hasil dari pengujian PSA dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.



Tabel 1. Ukuran nanopartikel tembaga pada suhu 30°C

Konsentrasi CuSO ₄ (M)	Konsentrasi NaBH ₄ (M)	Konsentrasi CTAB (M)	Ukuran Partikel (nm)
0,004	0,08	0,016	657,6 ± 143,23
0,004	0,16	0,016	471,2 ± 176,47
0,004	0,32	0,016	567,4 ± 133,64
0,004	0,08	0,032	783,1 ± 361,55
0,004	0,16	0,032	1094,4 ± 176,5
0,004	0,32	0,032	671,5 ± 293,11
0,004	0,08	0,064	1639,7 ± 194,52
0,004	0,16	0,064	2286,2 ± 266,21
0,004	0,32	0,064	1883,4 ± 211,63

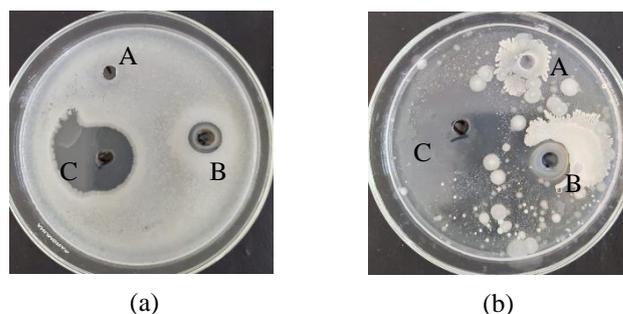
Tabel 2. Ukuran nanopartikel tembaga pada suhu 50°C

Konsentrasi CuSO ₄ (M)	Konsentrasi NaBH ₄ (M)	Konsentrasi CTAB (M)	Ukuran Partikel (nm)
0,004	0,08	0,016	740,6 ± 256,12
0,004	0,16	0,016	962,8 ± 192,89
0,004	0,32	0,016	985,5 ± 153,55
0,004	0,08	0,032	235,7 ± 127,79
0,004	0,16	0,032	585,1 ± 144,12
0,004	0,32	0,032	310,5 ± 211,47
0,004	0,08	0,064	993,6 ± 289,34
0,004	0,16	0,064	1678,4 ± 163,95
0,004	0,32	0,064	1267,3 ± 331,78

Table 3. Ukuran nanopartikel tembaga pada suhu 70°C

Konsentrasi CuSO ₄ (M)	Konsentrasi NaBH ₄ (M)	Konsentrasi CTAB (M)	Ukuran Partikel (nm)
0,004	0,08	0,016	389,61 ± 287,36
0,004	0,16	0,016	979,4 ± 326,89
0,004	0,32	0,016	751,1 ± 372,51
0,004	0,08	0,032	1522,7 ± 461,5
0,004	0,16	0,032	2816,2 ± 651,31
0,004	0,32	0,032	1216,6 ± 431,32
0,004	0,08	0,064	962,7 ± 126,41
0,004	0,16	0,064	871,21 ± 387,34
0,004	0,32	0,064	2463,2 ± 766,2

Dari pengujian PSA dapat dilihat hasil terkecil dari nanopartikel tembaga pada suhu 50°C dengan perbandingan konsentrasi prekursor:reduktor:surfaktan 1:20:8. Setelah mendapat hasil nanopartikel yang paling kecil selanjutnya menguji aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi sumur agar. Dan diperoleh hasil sebagai Gambar 1.



Gambar 1. Uji aktivitas antibakteri nanopartikel tembaga (a) *S. aureus* dan (b) *E. coli* dengan A. akuades, B. nanopartikel tembaga dengan 10.000 ppm dan C. Preventol ZR 1.000 ppm



Dari pengujian aktivitas antibakteri nanopartikel tembaga dapat dilihat adanya daya hambat dari nanopartikel tembaga dengan perbandingan antara kontrol (akuades) yang ditumbuhi bakteri dan antibakteri komersil (Preventol ZR) yang memiliki daya hambat yang lebih baik daripada nanopartikel tembaga (Argueta-Figueroa et al., 2014).

Kesimpulan

Pada penelitian sintesis nanopartikel tembaga menggunakan prekursor limbah *leaching* batu kalkopirit didapatkan ukuran partikel terkecil $235,7 \pm 127,79$ nm dengan perbandingan konsentrasi prekursor:reduktor:surfaktan 1:20:8 dengan suhu 50°C selama 2 jam dan nanopartikel tembaga memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *E.Coli* dan *S.aureus*.

Daftar Pustaka

- Argueta-Figueroa, L., Morales-Luckie, R. A., Scougall-Vilchis, R. J., & Olea-Mejía, O. F. (2014). Synthesis, characterization and antibacterial activity of copper, nickel and bimetallic Cu-Ni nanoparticles for potential use in dental materials. *Progress in Natural Science: Materials International*, 24(4), 321–328.
- Athawale, A. A., Katre, P. P., Kumar, M., & Majumdar, M. B. (2005). Synthesis of CTAB-IPA reduced copper nanoparticles. *Materials Chemistry and Physics*, 91(2–3), 507–512.
- Erhonyota, C., Edo, G. I., & Onoharigho, F. O. (2022). Comparison of poison plate and agar well diffusion method determining the antifungal activity of protein fractions. *Acta Ecologica Sinica*, June.
- Kanhed, P., Birla, S., Gaikwad, S., Gade, A., Seabra, A. B., Rubilar, O., Duran, N., & Rai, M. (2014). In vitro antifungal efficacy of copper nanoparticles against selected crop pathogenic fungi. *Materials Letters*, 115, 13–17.
- Moniri Javadhesari, S., Alipour, S., Mohammadnejad, S., & Akbarpour, M. R. (2019). Antibacterial activity of ultra-small copper oxide (II) nanoparticles synthesized by mechanochemical processing against *S. aureus* and *E. coli*. *Materials Science and Engineering C*, 105(July), 110011.
- Mott, D., Galkowski, J., Wang, L., Luo, J., & Zhong, C. J. (2007). Synthesis of size-controlled and shaped copper nanoparticles. *Langmuir*, 23(10), 5740–5745.
- Rajesh, K. M., Ajitha, B., Ashok Kumar Reddy, Y., Suneetha, Y., & Sreedhara Reddy, P. (2016). Synthesis of copper nanoparticles and role of pH on particle size control. *Materials Today: Proceedings*, 3(6), 1985–1991.
- Tamilvanan, A., Balamurugan, K., Ponappa, K., & Kumar, B. M. (2014). Copper nanoparticles: Synthetic strategies, properties and multifunctional application. *International Journal of Nanoscience*, 13(2).
- Zhang, Q. L., Yang, Z. M., Ding, B. J., Lan, X. Z., & Guo, Y. J. (2010). Preparation of copper nanoparticles by chemical reduction method using potassium borohydride. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, 20(SUPPL.1), s240–s244.

