

Reduksi Katalitik 4-Nitrofenol dengan Katalis Nanopartikel Perak Terkonjugasi L-Lisine

Rokiy Alfanaar* dan Muhammad Hilmi Afthoni

Didaftarkan: [25 Oktober 2021]

Direvisi: [28 Oktober 2021]

Terbit: [31 Oktober 2021]

ABSTRAK: Nanopartikel perak berpotensi menjadi katalis homogen dalam reduksi 4-nitrofenol menjadi 4-aminofenol. Berbagai penelitian menunjukkan L-lisine berpotensi bertindak sebagai agen penstabil nanopartikel perak sehingga mempengaruhi sifat katalitik nanopartikel perak. Pada penelitian ini dilakukan reduksi 4-nitrofenol menggunakan katalis nanopartikel perak yang terkonjugasi dengan L-lisine dengan reduktor NaBH_4 . Dari hasil reduksi didapatkan nanopartikel perak dengan dosis 50 μL mampu mengubah 99,99% 4-nitrofenol menjadi 4-aminofenol dengan tetapan laju reaksi 0,1130 menit^{-1} .

PENDAHULUAN

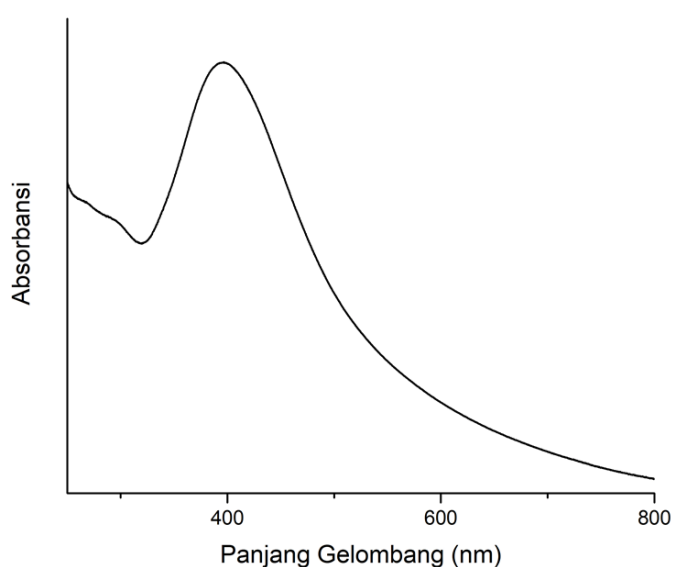
Dewasa ini nanopartikel adalah sesuatu yang banyak dipelajari dan dimanfaatkan pada berbagai bidang. Nanopartikel adalah suatu partikel dalam skala nano yang memiliki berbagai sifat unik seperti sifat antioksidan (1), sensor (2), dan katalis (3). Salah satu jenis nanopartikel yang banyak digunakan adalah nanopartikel logam mulia seperti nanopartikel tembaga, emas, dan perak.

Nanopartikel perak adalah salah satu jenis nanopartikel logam mulia yang memiliki bilangan oksidasi 0 sehingga proses sintesisnya memerlukan agen pereduksi untuk mengubah Ag(I) menjadi Ag(0) . Selain agen pereduksi, diperlukan agen penstabil untuk menjaga ukuran nanopartikel perak. Asam amino seperti asam glutamat dan lisin telah dilaporkan dapat digunakan sebagai agen penstabil nanopartikel (4). Penggunaan agen penstabil akan mempengaruhi sifat dari nanopartikel yang dihasilkan.

Salah satu pemanfaatan nanopartikel perak adalah sebagai katalis homogen. Katalis homogen memiliki keuntungan yaitu waktu reaksi yang umumnya singkat. Salah satu reaksi yang bisa dibantu dengan katalis nanopartikel perak adalah reduksi 4-nitrofenol. 4-nitrofenol dapat direduksi dengan NaBH_4 tetapi memerlukan waktu yang cukup lama, dengan bantuan katalis reaksi ini dapat berlangsung dalam hitungan menit. Berbagai agen penstabil nanopartikel perak dilaporkan memberikan sifat katalitik dalam reduksi 4-nitrofenol seperti ekstrak poria (5), PVA (6), asam glutamat (7), dan tapioka (8). Pada penelitian ini akan difokuskan pada reduksi 4-nitrofenol menjadi 4-aminofenol dengan katalis nanopartikel perak yang terkonjugasi L-lisin sebagai agen penstabil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

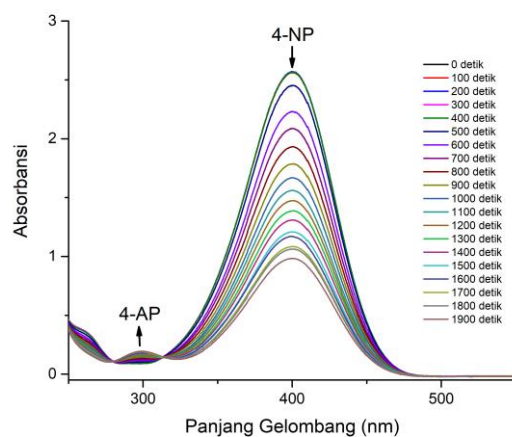
Nanopartikel perak yang telah disintesis dengan agen penstabil L-lisin dan agen pereduksi NaBH_4 dipelajari sifatnya dengan menggunakan instrumentasi UV-Vis. Spektra UV-Vis dari nanopartikel perak yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1. Terlihat pada Gambar tersebut, nanopartikel perak memiliki puncak serapan pada panjang gelombang 396 nm.



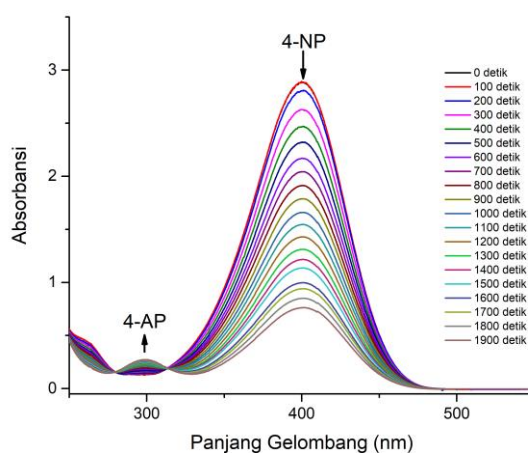
Gambar 1. Spektra UV-Visibel Nanopartikel Perak Terkonjugasi L-Lisin

Untuk mempelajari sifat katalitik dari nanopartikel perak dilakukan studi reduksi 4-nitrofenol dengan agen pereduksi NaBH_4 untuk mendapatkan 4-aminofenol. Reaksi dilakukan menggunakan media aquadestilat sebagai media ramah lingkungan (9,10). Reaksi reduksi dipelajari dengan mengukur spektra UV-Vis 4-nitrofenol yang telah ditambahkan katalis dan agen pereduksi setiap 100 detik dengan 20 kali pengukuran dengan tiga jenis dosis katalis.

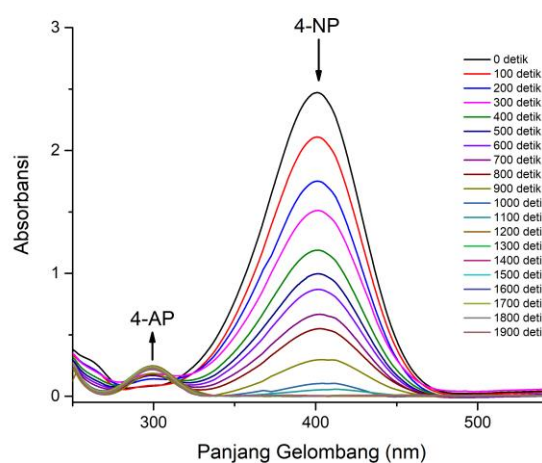
Hasil reduksi 4-nitrofenol menunjukkan 4-nitrofenol mengalami penurunan absorbansi pada 401 nm yang menunjukkan terjadi penurunan jumlah senyawa tersebut. Berdasarkan Gambar 2, penurunan pada panjang gelombang 401 nm juga dibarengi dengan kenaikan pada panjang gelombang 298 nm yang menunjukkan pembentukan 4-aminofenol. Dengan tiga dosis yang berbeda didapatkan dosis 50 μL katalis homogen menghasilkan penurunan konsentrasi paling maksimal. Pembentukan 4-aminofenol juga terjadi dengan dua dosis lainnya, 15 dan 30 μL , tetapi dengan penurunan yang tidak signifikan pada dosis 50 μL .



(a)



(b)

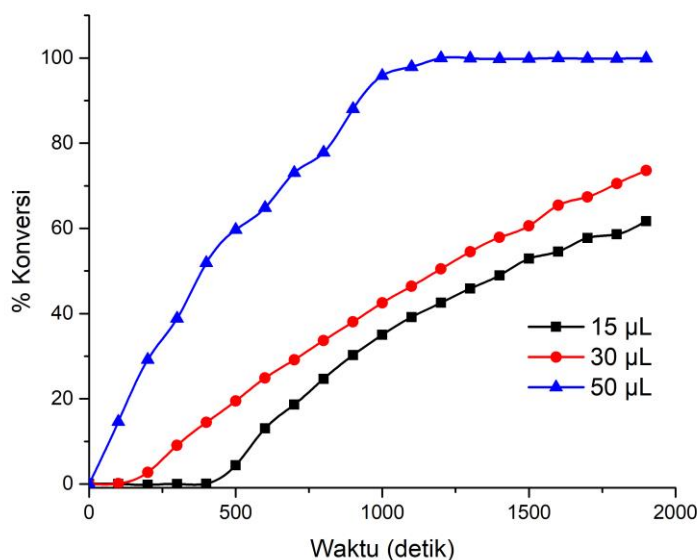


(c)

Gambar 2. Penurunan konsentrasi 4-nitrofenol dengan penambahan nanopartikel perak dengan dosis (a) 15 µL, (b) 30 µL, dan (c) 50 µL

Berdasarkan Gambar 2 tersebut terlihat perbedaan dosis akan menghasilkan konversi yang berbeda. Pada Gambar 3. Ditunjukkan persentase konversi 4-nitrofenol menjadi 4-aminofenol. Persentase konversi dicari dengan menggunakan rumus di bawah ini(11).

$$\% \text{Konversi} = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100 \%$$

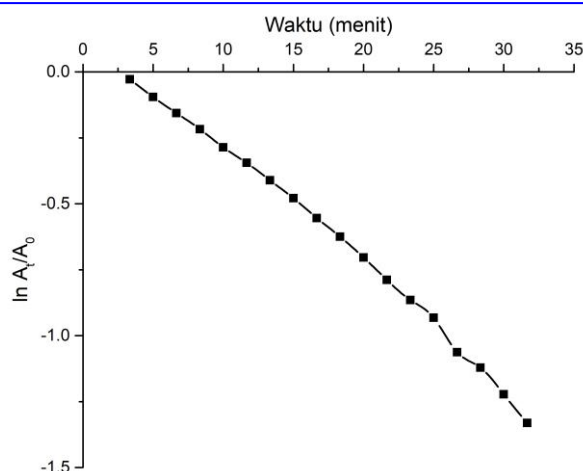


Gambar 3. Persentase konversi 4-Nitrofenol menjadi 4-Aminofenol pada tiga dosis katalis homogen nanopartikel perak

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa pada dosis 50 µL konversi mencapai 99,99% sedangkan pada dosis 30 dan 50 µL terjadi perubahan sebanyak 61,69 % dan 73,58 %. Secara umum semakin banyak katalis yang digunakan maka penurunan makin cepat. Berdasarkan penelitian Gu *et al*, 2014 (12) terdapat informasi bahwa terdapat dua hingga tiga trend pada penurunan konsentrasi 4-nitrofenol yaitu penundaan reaksi seperti pada waktu 0 hingga 400 detik pada dosis 15 µL dan 0 hingga 100 detik pada 30 µL, kemudian trend penurunan seperti pada 0 hingga 1000 detik pada dosis 50 µL. Trend penurunan absorbansi pada 401 nm akan digunakan untuk mencari tetapan laju reduksi sesuai persamaan berikut ini (11,13).

$$\ln \frac{A_0}{A_t} = -kt$$

Salah satu grafik untuk penentuan laju tersaji pada Gambar 4 untuk dosis katalis homogen 30 µL. Secara lengkap nilai tetapan laju dari ketiga dosis katalis homogen disajikan pada Tabel 1.



Gambar 4. Grafik $\ln A_t/A_0$ untuk reduksi 4-nitrofenol menjadi 4-aminofenol dengan dosis katalis nanopartikel perak 30 μL

Tabel 1. Nilai tetapan laju reaksi dan persentase konversi maksimal

Dosis (μL)	Tetapan Laju Reaksi (menit^{-1})	R^2	%Konversi
15	0.0384	0.9941	61,69%
30	0.0452	0.9937	73,58%
50	0.1130	0.9966	99,99%

Berdasarkan Tabel 1 maka terlihat bahwa penggunaan nanopartikel perak dapat mempercepat reduksi 4-nitrofenol menjadi 4-aminofenol dengan nilai tetapan laju reaksi tertinggi pada dosis 50 μL .

KESIMPULAN

Nanopartikel perak terkonjugasi L-lisin memiliki sifat katalitik untuk reduksi 4-nitrofenol dengan persentase konversi menjadi 4-aminofenol hingga 99,99% dan memiliki tetapan laju reaksi sebesar 0.1130 menit^{-1} .

PROSEDUR PENELITIAN

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan grade pro analisis tanpa dilakukan pemurnian. Langkah awal sintesis adalah mencampurkan larutan NaBH_4 0,01 M dan lisin 0,001 M dalam erlenmeyer. Kedalam erlenmeyer diteteskan secara bertahap 2 mL AgNO_3 1000 ppm dengan kecepatan tetes 1 tetes per detik. Setelah seluruh reagen tercampur tetap dilakukan pengadukan selama lima menit. Nanopartikel perak yang telah disintesis dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis. Untuk studi sifat katalitik nanopartikel perak dilakukan dengan cara mencampurkan 4-nitrofenol 0,01 M sebanyak 30 μL dengan NaBH_4 0,1 M sebanyak 200 μL . Campuran ditambahkan sejumlah nanopartikel

perak dan ditambahkan air hingga larutan berjumlah 2940 μL . Hasil reduksi dianalisis dengan spektrofotometer Jasco V-760 dengan rentang waktu 100 detik sebanyak 20 kali.

■ DEKLARASI

Penulisan jurnal ini tidak memiliki konflik baik dalam penulisan maupun pendanaan.

■ PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala program studi dan kepala laboratorium kimia Universitas Ma Chung yang telah mengizinkan mengakses laboratorium guna penyelesaian penelitian ini.

■ INFORMASI TENTANG PENULIS

Penulis Rujukan:

Rokiy Alfanaar
Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ma Chung
Villa Puncak Tidar N01, Malang, Jawa Timur
Email: rokiyalfanaar@gmail.com

Muhammad Hilmi Afthoni
Jurusan Farmasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ma Chung
Villa Puncak Tidar N01, Malang, Jawa Timur

■ PUSTAKA

- [1] Kong Y, Paray BA, Al-Sadoon MK, Fahad Albeshr M. Novel green synthesis, chemical characterization, toxicity, colorectal carcinoma, antioxidant, anti-diabetic, and anticholinergic properties of silver nanoparticles: A chemopharmacological study. Arab J Chem [Internet]. 2021;14(6):103193. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103193>
- [2] Zamarchi F, Vieira IC. Determination of paracetamol using a sensor based on green synthesis of silver nanoparticles in plant extract. J Pharm Biomed Anal [Internet]. 2021;196:113912. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2021.113912>
- [3] Paul D, Sachan D, Das G. Silver nanoparticles embedded on in-vitro biomineralized vaterite: A highly efficient catalyst with enhanced catalytic activity towards 4-Nitrophenol reduction. Mol Catal [Internet]. 2021;504(January):111433. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.mcat.2021.111433>
- [4] Zhang S, Geng Y, Ye N, Xiang Y. A simple and sensitive colorimetric sensor for determination of gentamicin in milk based on lysine functionalized gold nanoparticles. Microchem J [Internet]. 2020;158(June):105190. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105190>
- [5] Doan VD, Phan TL, Le VT, Vasseghian Y, Evgenievna LO, Tran DL, et al. Efficient and fast degradation of 4-nitrophenol and detection of Fe(III) ions by Poria cocos extract stabilized silver nanoparticles. Chemosphere [Internet]. 2022;286(P3):131894. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131894>
- [6] Mostafa AM, Menazea AA. Polyvinyl Alcohol/Silver nanoparticles film prepared via pulsed laser ablation: An eco-friendly nano-catalyst for 4-nitrophenol degradation. J Mol Struct [Internet]. 2020;1212:128125. Available from:

<https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.128125>

- [7] de Souza VC, Barros CHN, Tasic L, Gimenez IF, Teixeira Camargo Z. Synthesis of cyclodextrin polymers containing glutamic acid and their use for the synthesis of Ag nanoparticles. Carbohydr Polym [Internet]. 2018;202(August):11–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.08.101>
- [8] Kalantari K, Afifi ABM, Bayat S, Shameli K, Yousefi S, Mokhtar N, et al. Heterogeneous catalysis in 4-nitrophenol degradation and antioxidant activities of silver nanoparticles embedded in Tapioca starch. Arab J Chem [Internet]. 2019;12(8):5246–52. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.12.018>
- [9] Bhat AR, Najar MH, Dongre RS, Akhter MS. Microwave assisted synthesis of Knoevenagel Derivatives using water as green solvent. Curr Res Green Sustain Chem [Internet]. 2020;3(April):100008. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2020.06.001>
- [10] Castro-Puyana M, Marina ML, Plaza M. Water as green extraction solvent: Principles and reasons for its use. Curr Opin Green Sustain Chem [Internet]. 2017;5:31–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogsc.2017.03.009>
- [11] Alula MT, Aragaw BA, Modukanele ST, Yang J. Enhanced catalytic activity of silver nanoparticles loaded into Fe₃O₄ nanoparticles towards reduction of 4-nitrophenol, degradation of organic dyes and oxidation of o-phenylenediamine. Inorg Chem Commun [Internet]. 2021;127(February):108504. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2021.108504>
- [12] Gu S, Wunder S, Lu Y, Ballauff M, Fenger R, Rademann K, et al. Kinetic analysis of the catalytic reduction of 4-nitrophenol by metallic nanoparticles. J Phys Chem C. 2014;118(32):18618–25.
- [13] Quites F, Azevedo CKS, Alves EPP, Germino JC, Vinhas RCG, Landers R, et al. Ag nanoparticles-based zinc hydroxide-layered hybrids as novel and efficient catalysts for reduction of 4-nitrophenol to 4-aminophenol. J Braz Chem Soc. 2017;28(1):106–15.