

ANALISIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL PERAK (AgNPs) UNTUK MENDETEKSI KLORAMFENIKOL DENGAN METODE KOLORIMETRI

ANALYSIST AND CHARACTERIZATION SILVER NANOPARTICLES (AgNPs) FOR CHLORAMPHENICOL DETECTION WITH COLORIMETRY METHODE

Rosmita Sari^{*1}, Moh. Syaiful Arif, Bohari Yusuf

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman,
Jalan Barong Tongkok No.4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia

*Corresponding Author : rosmitasari03@gmail.com

Received: 20 June January 2022, Accepted: 15 July 2022

ABSTRACT

Synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) with the addition of Trisodium citrate 1% as a reducing agent and stabilizer in AgNO_3 by chemical reduction. The obtained AgNPs were characterized using UV-Vis Spectrophotometer, PSA (Particle Size Analyzer) and TEM (Transmission Electron Microscopy). Concentration optimum gNPs is 1 mM AgNO_3 with the addition of 6 mL of Trisodium citrate 1% at heating temperature 85°C for 13 minutes stirring. Characterization of AgNPs with TEM resulted in average particle size of 46,5 nm with various shapes of triangles, rectangles, hexagons and rounds. The synthesized silver nanoparticles (AgNPs) were used for analysis chloramphenicol. The measurement results of the calibration curve show that the linear equation $y = 0,0078x + 0,8623$ with a correlation value of $r 0,9954$. The results of the validation form precision values is 0,54759 % has met a good precision, namely KV 2%.

Keywords: *Silver nanoparticles (AgNPs), Synthesis, Chloramphenicol, Colorimetric Method.*

PENDAHULUAN

Antibiotik adalah zat yang dihasilkan oleh mikroorganisme yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme lain [1]. Antibiotik dengan tujuan terapi diberikan pada hewan jika mengalami penyakit infeksi akibat terpapar bakteri tertentu [2]. Namun antibiotik dengan tujuan nonterapi ternyata digunakan sebagai pemacu pertumbuhan hewan ternak dengan menambahkan antibiotik pada produk makanan hewan [3]. Penggunaan antibiotik yang tidak tepat dapat menyebabkan residu dalam jaringan organ hewan ternak. Hal ini dapat membahayakan kesehatan manusia jika mengkonsumsinya karena dapat menimbulkan reaksi alergi bahkan resistensi jika dikonsumsi dalam jumlah yang banyak [4]. Jenis antibiotik yang sering ditambahkan pada pakan hewan ternak yaitu kloramfenikol (CAP) [5].

Kloramfenikol dalam dosis kecil yang terdapat dalam produk makanan hewan akan menyebabkan residu pada daging hewan hal ini menyebabkan penggunaan kloramfenikol dilarang pada produk makanan [6] karena dapat menyebabkan

gangguan lambung, radang, neuropati optis, anemia aplastik dan kerusakan sumsum tulang belakang bagi konsumennya [7].

Nanopartikel perak (AgNPs) (*Silver Nanoparticles*) merupakan metode deteksi analit yang selektif dan sensitif yang dapat dikembangkan sebagai metode sensor yaitu kolorimetri. AgNPs memiliki sifat optik, magnetik, elektronik, dan antimikroba [8]. Sifat optik khusus dari AgNPs berupa LSPR (*Localized Surface Plasmon Resonance*) digunakan untuk deteksi analit secara visual [9].

Pada penelitian ini sintesis AgNPS menggunakan metode reduksi kimia larutan Perak Nitrat (AgNO_3) akan direduksi oleh Trinitrium Sitrat. ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) mereduksi ion Ag^+ menjadi Ag [10]. Hasil sintesis AgNPs digunakan sebagai sensor analisis kloramfenikol dengan metode kolorimetri.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan pada percobaan ini adalah peralatan gelas standar laboratorium kimia,

neraca analitik, spatula, tabung reaksi, gelas arloji, pipet mikro, Erlenmeyer (pyrex), *beaker glass* (pyrex), *vortex*, labu takar (pyrex), Spektrofotometer UV-Vis tipe Evolusion 201, pemanas stirer, botol semprot, FT-IR tipe Thermo Scientific Nicolet iS10, PSA (*Particle Size Analyzer*) tipe HORIBA SZ-100 dan TEM (*Transmission Electron Microscopy*) tipe HT7700.

Bahan

Bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah AgNO₃, Trinatrium Sitrata, *aquademin (water one)*, NaCl, *aluminium foil*, larutan kloramfenikol (CAP) dan plastik Wrap (*cling wrap*), sampel daging ayam broiler dan etanol.

Prosedur Penelitian

Optimasi Volume Trinatrium Sitrata 1%

Sebanyak 50 mL AgNO₃ dengan konsentrasi 1 mM yang diperoleh dimasukkan ke dalam Erlenmeyer. Kemudian dipanaskan pada suhu 85°C yang diperoleh menggunakan stirrer. Selanjutnya ke dalam Erlenmeyer ditambahkan Trinatrium Sitrata 1% dengan variasi volume 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 mL setetes demi setetes. Lalu larutan dihomogenkan dengan stirrer sambil dipanaskan selama 13 menit. Setelah itu pengukuran nilai absorbansi masing-masing larutan menggunakan alat instrumen Spektrofotometer UV-Vis.

Karakterisasi AgNPs dan AgNPs-Kloramfenikol Karakterisasi AgNPs dengan PSA (*Particle Size Analyzer*) dan TEM (*Transmission Electron Microscopy*).

Suspensi AgNPs konsentrasi optimum diukur dengan PSA (*Particle Size Analyzer*) dan TEM (*Transmission Electron Microscopy*) yang bertujuan untuk melihat ukuran AgNPs dan morfologi AgNPs. Pengukuran dilakukan dengan cara masing-masing perlakuan. Lalu diamati karakterisasinya.

Penentuan pH Optimum AgNPs-Kloramfenikol

Sebanyak 50 mL AgNO₃ dengan konsentrasi 1 mM dimasukkan ke dalam Erlenmeyer lalu dipanaskan pada suhu 85°C menggunakan stirrer. Selanjutnya ke dalam Erlenmeyer ditambahkan Trinatrium Sitrata 1% sebanyak 6 mL. Kemudian di kontrol pH nya menjadi 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11 dengan menambahkan HCl 0,1 M dan NaOH 0,1 M setetes demi setetes. Kemudian dihomogenkan dengan magnetic stirrer. Selanjutnya masing-masing larutan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Pembuatan dan Penentuan λ maks AgNPs-Kloramfenikol

Sebanyak 5 mL larutan AgNPs dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan dengan 1 mL kloramfenikol 8×10^{-6} M dikocok sampai homogen selama 5 menit pada suhu ruang, lalu diamati perubahan warna yang terjadi dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 350-600 nm.

Pembuatan Kurva Kalibrasi AgNPs-Kloramfenikol

Sebanyak 5 mL AgNPs dimasukkan ke dalam masing-masing 9 tabung reaksi, selanjutnya masing-masing ditambahkan 1 mL kloramfenikol dengan konsentrasi 2×10^{-6} ; 4×10^{-6} ; 8×10^{-6} ; 1×10^{-5} ; 12×10^{-5} ; 14×10^{-5} ; 16×10^{-5} ; 18×10^{-5} dan 2×10^{-4} M. Kemudian larutan dikocok sampai homogen selama 5 menit pada suhu ruang. Masing-masing larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Lalu dibuat kurva hubungan antara konsentrasi AgNPs-Kloramfenikol dengan absorbansi.

Penentuan Parameter Validasi

Penentuan Linearitas

Larutan AgNPs-Kloramfenikol dengan konsentrasi 2×10^{-6} ; 4×10^{-6} ; 8×10^{-6} ; 1×10^{-5} ; 12×10^{-5} ; 14×10^{-5} ; 16×10^{-5} ; 18×10^{-5} dan 2×10^{-4} M yang telah dibuat pada prosedur dilakukan pengukuran nilai absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Pengukuran dilakukan tiga kali pengulangan dan dihitung nilai koefisien korelasi (r). Linearitas juga dapat ditentukan dengan uji t, jika $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka dapat disimpulkan bahwa korelasi antara konsentrasi AgNPs-Kloramfenikol dan absorbansinya linier.

Penentuan Presisi

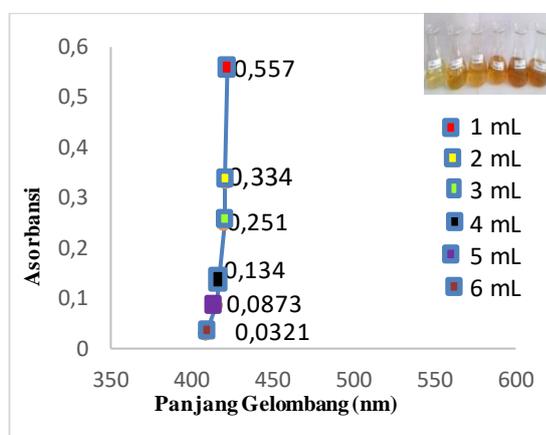
Larutan AgNPs-Kloramfenikol dengan konsentrasi 2×10^{-6} ; 4×10^{-6} ; 8×10^{-6} ; 1×10^{-5} ; 12×10^{-5} ; 14×10^{-5} ; 16×10^{-5} ; 18×10^{-5} dan 2×10^{-4} M dilakukan pengukuran nilai absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Pengukuran dilakukan tiga kali pengulangan. Kemudian dibuat prosedur reaksi antara AgNPs-Kloramfenikol pada kondisi optimum. Setelah itu pengukuran nilai absorbansi larutan dilakukan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis. Lalu ditentukan nilai

simpangan baku (SD) dan koefisien variasi (KV) atau *relative standart deviation*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi Volume Trinatrium Sitrat 1%

Penentuan volume optimum larutan trinatrium sitrat 1% yang berfungsi sebagai reduktor dan sebagai penstabil dilakukan untuk mengendalikan pembentukan AgNPs yang dihasilkan [11]. Volume trinatrium sitrat 1% berkaitan dengan ukuran nanopartikel yang terbentuk maka dari itu harus dikendalikan atau ditentukan volume optimum trinatrium sitrat. Pengukuran nilai absorbansi volume trinatrium sitrat 1% dilakukan pada kisaran panjang gelombang 350-600 nm. Hasil Pengukuran variasi volume trinatrium sitrat 1% ditunjukkan pada **Gambar 1**.



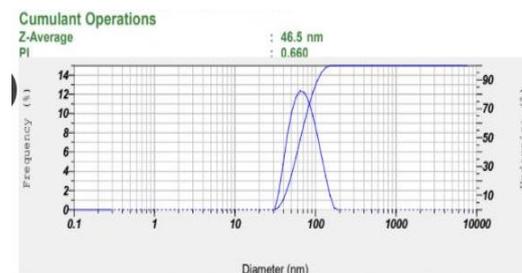
Gambar 1. Spektra UV-Vis Optimasi Volume 1-6 Ml

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa semakin banyak volume trinatrium sitrat 1% yang ditambahkan dapat meningkatkan nilai absorbansi. Hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan 6 variasi volume trinatrium sitrat 1% diketahui kondisi optimum berada pada volume 6 mL dengan puncak SPR pada panjang gelombang 422 nm dengan absorbansi 0,557. Hal ini sesuai berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Solomon *et al.*, [12] semakin tinggi nilai absorbansi dari SPR maka AgNPs yang terbentuk akan semakin banyak.

Karakterisasi AgNPs dengan PSA (*Particle Size Analyzer*)

AgNps dikarakterisasi dengan PSA (*Particle Size Analyzer*) bertujuan supaya nanopartikel yang dibuat dengan konsentrasi 1 mM dengan pemanasan pada suhu 85°C dan penambahan 6 mL Trinatrium Sitrat 1% 6 mL yang distirer selama 13 menit dapat diketahui distribusi ukuran partikelnya. Berdasarkan

hasil karakterisasi dengan PSA (*Particle Size Analyzer*) didapatkan ukuran partikel yaitu 46,5 nm



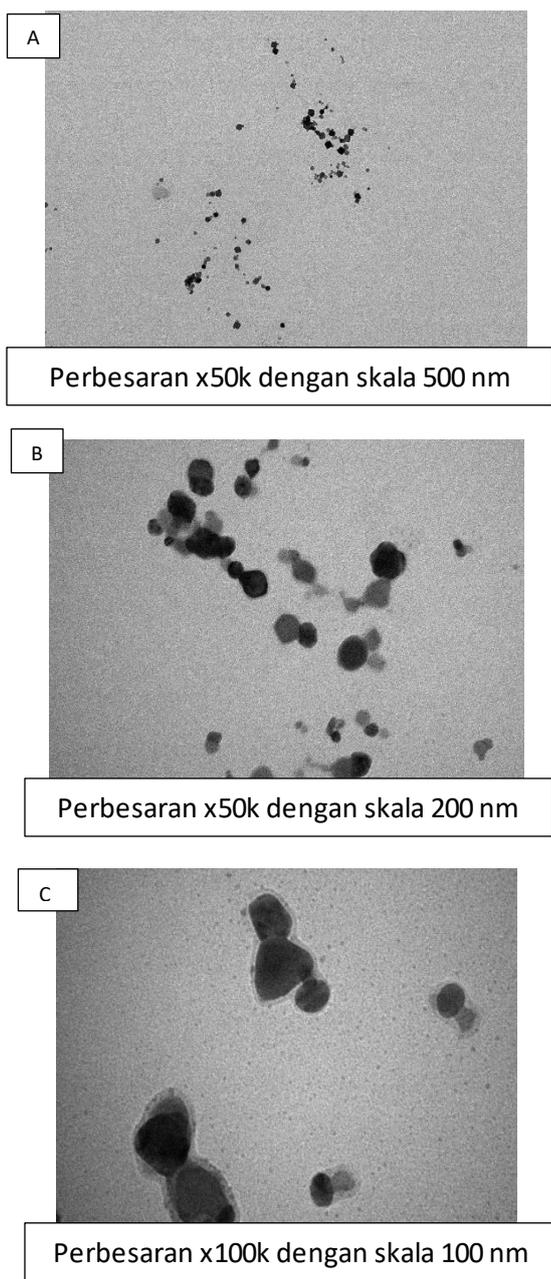
Gambar 2. Hasil Karakterisasi AgNPs dengan PSA (*Particle Size Analyzer*)

Berdasarkan **gambar 2** menunjukkan bahwa pada pengukuran dengan PSA menghasilkan AgNPs yang memiliki variasi ukuran mulai dari 40-110 nm dengan ukuran rata-rata 46,5 nm. Bervariasinya ukuran partikel dan ukuran partikel yang melebihi 100 nm dikarenakan tidak adanya penambahan *stabilizer* pada saat sintesis AgNPs yang bertujuan untuk mempertahankan ukuran AgNPs menjadi lebih lama dan stabil. Penggunaan trinatrium sitrat sebagai agen pereduksi dan juga penstabil tidak cukup kuat untuk menstabilkan AgNPs terlalu lama. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Solomon *et al.* [11] jika puncak SPR terdapat dalam *range* panjang gelombang 420 menghasilkan ukuran partikel 35-50 nm, hingga dapat diketahui bahwa AgNPs yang dihasilkan dalam keadaan optimum tersebut tergolong nanopartikel.

Karakterisasi AgNPs dengan TEM (*Transmission Electron Microscopy*)

Karakterisasi AgNPs dengan TEM (*Transmission Electron Microscopy*) dilakukan menunjukkan ukuran serta morfologi nanopartikel perak yang dihasilkan pada kondisi optimum. Hasil karakterisasi menunjukkan nanopartikel memiliki ukuran nano dengan rata-rata ukuran 46,5 nm yang ditunjukkan pada **Gambar 2** dengan berbagai bentuk yang dihasilkan oleh AgNPs seperti yang terlihat pada **Gambar 3** yaitu segi empat, segi enam dan bulat.

Hasil analisis karakterisasi pada gambar A dengan perbesaran 50.000x dengan skala 500 nm terlihat partikel yang menempel satu sama lain juga terdistribusi secara acak, pada gambar B perbesaran 50.000x dengan skala 200 nm terlihat partikel berbentuk bulat dan saling menempel antar partikel, dan pada gambar C dengan perbesaran 100.000x dengan skala 100 nm dapat terlihat dengan jelas partikel memiliki bentuk bulat, segi empat dan juga segi enam.



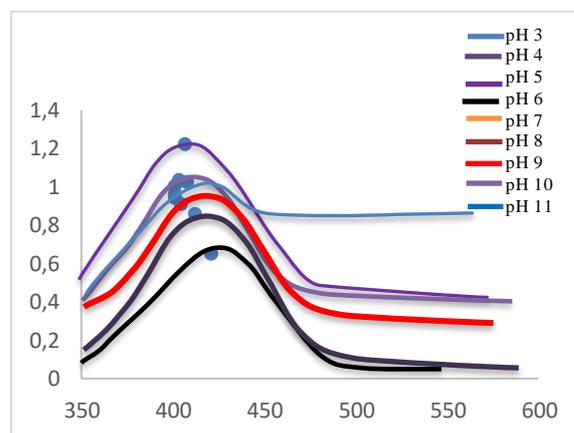
Gambar 3. Hasil Karakterisasi AgNPs dengan TEM (*Transmission Electron Microscopy*)

Penentuan pH Optimum AgNPs-Kloramfenikol

Penentuan pH optimum dilakukan untuk melihat kestabilan dari AgNPs dalam pH tertentu dengan penambahan NaOH 0,1 M atau HCL 0,1 M tetes demi tetes untuk mempercepat terjadinya reaksi antara AgNPs dengan kloramfenikol. Pada Gambar 4 Menunjukkan hasil grafik pH optimum dari AgNPs-Kloramfenikol

Untuk menghasilkan nanopartikel yang stabil maka dilakukan penentuan pH otimum pada larutan AgNPs-Kloramfenikol, untuk mengetahui adanya pembentukan nanopartikel dapat diketahui dengan menggunakan spektroskopi Uv-Vis melalui analisis karakteristik *Surface Plasmon Area* (SPR) [13]. Berdasarkan pengukuran panjang gelombang

maksimum pada pH 3 didapatkan absorbansi larutan yaitu 0,860 sedangkan pada pH 5 absorbansi larutan yaitu 1,007 dan pada pH 6 terjadi penurunan absorbansi larutan yaitu sebesar 0,967 dan pada pH basa dari pH 7 yaitu 0,658; pH 8 yaitu 1,222; pH 9 yaitu 0,915 , pH 10 yaitu 1,039 dan pada pH 11 mengalami penurunan absorbansi yaitu 1,028 menandakan pH larutan pada suasana basa tidak stabil. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diketahui bahwa pH yang tinggi menghasilkan tingkat reduksi yang tinggi hingga puncak serapan akan tinggi pula namun absorbansi dan ketajaman puncak serapan akan melemah saat mencapai pH tertentu. Dari hal tersebut kita dapat mengetahui AgNPs-Kloramfenikol terdapat pada pH tertentu untuk mencapai absorbansi maksimumnya. pH optimum AgNPs-Kloramfenikol terjadi pada suasana asam yaitu pada pH 4 dengan absorbansi 0,946 dengan panjang gelombang 401 nm menunjukkan puncak serapan dan absorbansi yang tinggi hingga dapat kita ketahui berdasarkan dari hasil spektrofotometer UV-Vis bahwa pH optimum terdapat pada pH 4 . Dengan hasil pengukuran AgNPs-Kloramfenikol terjadi pergeseran panjang gelombang maksimum dari 421 nm menjadi 401 nm dengan warna larutan yaitu jingga. Hal ini terjadi karena adanya loncatan hipsokromik atau *blue shift* yaitu pergeseran panjang gelombang yang lebih pendek diperkirakan yang menjadi puncak terbentuknya ikatan AgNPs-Kloramfenikol [14].

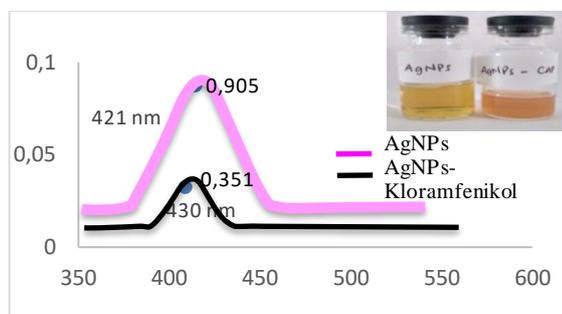


Gambar 4. Spektra pH optimum AgNPs-Kloramfenikol

Secara teori AgNPs bermuatan negatif dan kloramfenikol pada gugus amina bermuatan positif hingga terjadi pendekatan yang menimbulkan gaya elektrostatis dengan adanya gaya tersebut mengakibatkan adanya agregasi dan interaksi ion dipol sehingga terjadi perubahan warna [14].

Pembuatan dan Penentuan λ maks AgNPs-Kloramfenikol

Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan puncak SPR yaitu pada panjang gelombang 421 nm ditandai dengan perubahan warna dari larutan dari kuning menjadi jingga. Nilai spektrum puncak absorbansi dari AgNPs yang spesifik menunjukkan karakter SPR dari partikel yang berukuran nano, serapan antara 400-500 nm menunjukkan adanya partikel yang berukuran nano. SPR (*surface plasmon area*) memiliki hubungan dengan warna larutan AgNPs, dimana SPR merupakan eksitasi elektron pada pita elektron disekitar nanopartikel dan vibrasi oleh cahaya terhadap suatu struktur yang berukuran nanometer. Setelah terjadinya resonansi, terdapat pita absorpsi yang kuat dari plasmon ke permukaan sehingga muncul serapan ketika pengukuran dilakukan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis [14].



Gambar 5. Spektrum Absorbansi Uv-Vis AgNPs dan AgNPs-Kloramfenikol

Perubahan warna yang terjadi diduga karena terjadinya agregasi akibat interaksi antara AgNPs dengan kloramfenikol, perubahan warna yang terjadi dapat dilihat secara kasat mata pada **gambar 5**. Ketika terjadinya interaksi antar AgNPs dengan kloramfenikol terjadi agregasi yang disebabkan karena perubahan jarak antar partikel sehingga memicu terjadinya agregasi yang dapat mengubah sifat optik dari nanopartikel tersebut, hingga terjadinya pergeseran pada panjang gelombang maksimum dimana terjadinya perubahan warna secara kasat mata atau pergeseran hipsokromik pada puncak SPR.

Penentuan Parameter Validasi

Penentuan Linearitas

Penentuan linearitas dilakukan untuk menentukan persamaan regresi linear kurva kalibrasi dengan mengetahui kemampuan dari metode tersebut untuk dapat memperoleh hasil yang linier dengan konsentrasi pada analit tertentu. Berdasarkan hasil dari kurva kalibrasi menunjukkan nilai absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi AgNPs-

Kloramfenikol yang sesuai dengan Hukum Lambert-Beer.

Koefisien regresi atau hasil linearitas berdasarkan hasil kurva kalibrasi atau (R^2) = 0,9954. Nilai R^2 yaitu 0,9954 menyatakan adanya korelasi yang kuat antara konsentrasi dan absorbansi. Berdasarkan ICH (2005)[15] suatu metode analisa memenuhi syarat jika $R^2 > 0,99$. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh koefisien korelasi (r) = 0,99 dan berdasarkan uji t diperoleh $t_{hitung} < t_{tabel}$ terdapat korelasi linear antara nilai konsentrasi dengan absorbansi. Koefisien korelasi diperoleh 0,99 artinya 99% perubahan nilai absorbansi dipengaruhi oleh konsentrasi AgNPs-Kloramfenikol dan 1% dipengaruhi adanya faktor lain. Hingga diketahui bahwa AgNPs-Kloramfenikol dengan variasi konsentrasi telah memenuhi standar untuk metode analisis kloramfenikol dengan metode kolorimetri.

Penentuan Presisi

Penentuan Presisi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian nilai antar data yang diperoleh pada sampel dengan hasil analisa dinyatakan sebagai SBR (simpangan baku relatif) atau koefisien variasi (KV). Penentuan presisi dilakukan dengan variasi konsentrasi AgNPs-Kloramfenikol 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18 20 mM. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan dan dipatkan hasil dari koefisien variasi sebesar 1,8007%; 0,5387%; 0,6837%; 0,5389%; 0,4388%; 0,3782%; 0,3168%; 0,2702%; 0,2450%; dan 0,2649%. Menurut AOAC (1990) (*Association of Official Analytical Chemist*) kriteria dari simpangan baku relatif yang presisi jika metode tersebut $< 2\%$ atau kurang. Hingga dapat disimpulkan berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh telah memenuhi presisi yang tepat yaitu $< 2\%$.

KESIMPULAN

Nanopartikel Perak yang telah disintesis digunakan untuk menganalisa kloramfenikol. Dengan warna larutan AgNPs yaitu kuning kemudian direaksikan dengan kloramfenikol menjadi jingga. Dari Karakterisasi AgNPs dengan TEM dan PSA dapat diketahui ukuran serta distribusi ukuran nanopartikel perak yang terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suardi, H.N. 2014. Antibiotik Dalam Dunia Kedokteran Gigi. *Cakradonya Dental Journal*. 6(2): 678-744.
- [2] Ari, Wibowo., Muliani, L., dkk. (2010). Analisis Residu Antibiotik Kloramfenikol dalam Daging Ikan Gurami (*Ospohronemus gouramy*, lac) menggunakan Metode High

- Performance Liquid Chromatography. *Jurnal Ilmiah Farmasi*. 7(1): 23-37.
- [3] Muhammad Yuzan Wardhana. (2011). Kajian Prospek Komoditas Udang Windu pada Kawasan Pesisir Perairan Pantai di Daerah Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Agrisep*, 12(11): 1-9.
- [4] Yuningsih., Murdiati, T., dkk. (2005). Keberadaan Residu Antibiotik Tilosin (golongan makrolida) dalam Daging Ayam Asal Daerah Sukabumi Bogor dan Tangerang. *Jurnal Penelitian Valentir*. 2(3), 921-925.
- [5] Arfi, Saputra. dan Arfi, F. 2020. Analisis Residu Kloramfenikol pada Udang Windu (*Penaeus monodon*) menggunakan High Performance Liquid Chromatography (HPLC). *Ar-Raniry Chemistry Journal*. 1(3): 126-131.
<https://doi.org/10.22373/amina.v1i3.489>
- [6] Widananrni., Wahjuningrum, D., dkk. 2012. Aplikasi Bakteri Probiotik Melalui Pakan Buatan untuk Meningkatkan Kinerja Pertumbuhan Udang Windu (*Penaeus monodon*). *Jurnal Sains Terapan*. 2(1): 32-49.
<https://doi.org/10.29244/jstsv.2.1.19-29>.
- [7] Islamulhayati., dkk. 2005. Pengaruh Residu Kloromfenikol dalam Udang Windu Terhadap Kejadian Anemia Aplastik pada Mencit. *Jurnal kesehatan Lingkungan*. 1(2): 88-109.
- [8] Paige, Brown., Amar, Qureshi., dkk. 2013. Silver Nanoscale Antisense Drug Delivery System for Photoactivated Gene Silencing. *ACS Nano*. 7(1), 2948-2959.
- [9] Ramalingam, B., Parandhaman, T., dkk. (2016). Antibacterial Effects of Biosynthesized Silver Nanoparticles on Surface Ultrastructure and Nanomechanical Properties of Gram-Negative Bacteria viz. *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*. *ACS Applied Materials and Interfaces*. 8(7): 4963-4976.
<https://doi.org/10.1021/acsami.6b0016>.
- [10] Ariyanta, H. A. 2014. Silver Nanoparticles Preparation by Reduction Method and its Application as Antibacterial for Cause of Wound Infection. *Jurnal MKMI*, 1, 36-42.
- [11] Selvi, Yanti. 2021. Analisis Histamin Menggunakan Nanopartikel Perak (AgNPs) Pada Sampel Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) Dengan Metode Kolorimetri. Samarinda: FMIPA KIMIA Universitas Mulawarman.
- [12] Solomon, S.D., Bahadary, A.V., Jeyaraja Singam, S.A., Rutkowsky, C., Boritz & L.Mulfinger. 2007. *Synthesis and Study of Silver Nanoparticles*, *Journal of Chemical Education*, 84(2): 322-325.
- [13] Silsa, M.N.. Biosintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Mangrove (*Rhizophora apiculata Blume*) Untuk Mendeteksi Histamin Dengan Metode Kolorimetri. Samarinda: FMIPA KIMIA Universitas Mulawarman.
- [14] Erika, R. 2021. *Bioesintesis* Nanopartikel Perak (AgNPs) Menggunakan Ekstrak Daun Mangrove Perepat (*Sonneratia alba*) Untuk Analisis Kloramfenikol Secara Kolorimetri. Samarinda: FMIPA KIMIA Universitas Mulawarman.
- [15] ICH. 2005. Validation Of Analytical Procedures: Text And Methodology, ICH Harmonised Tripartite Guideline. (<http://www.ich.org/cache/compo/276-254-1.html>, diakses tanggal 24 September 2011).