

Ionic Silver Nanoparticles (Ag^+) Sebagai Bahan Antibiotik Alternatif Untuk *Salmonella Typhimurium*

Saraswati Kendis Intan Palupi*, and Suparno

Prodi Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta

*Saraswati.kendis2015@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine the ability of ionic silver nanoparticles (ISN) Ag^+ as an antibiotic material to inhibit the growth of *Salmonella typhimurium*. ISN are produced by electrolysis using two AgBr bars as electrodes with distilled water as electrolyte solvents. The effect of electrolysis time on ISN concentration and electrical conductivity was observed with a TDS and EC meter. All ISN samples have been characterized by UV-Vis spectrophotometer, AAS, and PSA. The results showed the concentration of ISN and the electrical conductivity of the solution increased with the length of time of electrolysis. UV-Vis spectrophotometer test results have shown the peak of absorbance at a wavelength of 416.5-417 nm. The concentration test using AAS has shown that the concentration of ISN for TDS 11 ppm, 20 ppm and 29 ppm is 9.8 ppm, 17.6 ppm, and 23.9 ppm respectively. While the size of silver nanoparticles PSA test results have shown (76.8 ± 0.667) nm. The results of the test of the ability of ISN as an antibiotic *Salmonella typhimurium* showed the formation of a clear zone until the 72th hour with the largest average diameter in the stationary phase area (hours 24-72) was 7.39 ± 0.04 mm for a concentration of 20 ppm.

Keywords: electrolysis, ionic silver nanoparticles, antibacterial, *Salmonella typhimurium*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *ionic silver nanoparticles* (ISN) Ag^+ sebagai bahan antibiotik untuk menghambat pertumbuhan *Salmonella typhimurium*. ISN diproduksi dengan proses elektrolisis menggunakan dua batang AgBr sebagai elektroda dengan aquades sebagai pelarut elektrolit. Pengaruh waktu elektrolisis terhadap konsentrasi ISN dan konduktivitas listrik diamati dengan TDS dan EC meter. Semua sampel ISN dikarakterisasi dengan menggunakan UV-Vis *spectrophotometer*, AAS, and PSA. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi ISN dan konduktivitas listrik larutan meningkat seiring dengan lama waktu elektrolisis. Hasil uji spektrofotometer UV-Vis menunjukkan adanya puncak absorbansi pada panjang gelombang 416,5-417 nm. Uji konsentrasi dengan menggunakan AAS menunjukkan bahwa konsentrasi ISN untuk TDS 11 ppm, 20 ppm dan 29 ppm adalah 9,8 ppm, 17,6 ppm, dan 23,9 ppm secara berurutan. Sedangkan ukuran nanopartikel perak hasil uji PSA menunjukkan $(76,8 \pm 0,667)$ nm. Hasil uji kemampuan ISN sebagai bahan antibiotik *Salmonella typhimurium* menunjukkan terbentuknya zona bening sampai jam ke 72 dengan diameter rata-rata paling besar di daerah fase stasioner (jam ke 24-72) adalah $7,39 \pm 0,04$ mm untuk konsentrasi 20 ppm.

Kata kunci: elektrolisis, nanopartikel perak ionik, antibakteri, *Salmonella typhimurium*

PENDAHULUAN

Nanoteknologi saat ini sedang banyak dikembangkan. Objeknya merupakan nanopartikel, yaitu partikel koloid yang berukuran antara 1 hingga 100 nm^[1]. Nanoteknologi banyak mendapat perhatian dikarenakan partikel yang dihasilkan yang disebut nanopartikel memiliki keunikan sifat fisik, reaktivitas kimia, dan potensi aplikasi^[2]. Nanoteknologi banyak diterapkan juga pada logam. Salah satu metode untuk membuat nanopartikel logam

adalah elektrokimia ^[3]. Salah satu metode elektrokimia yang biasa dipergunakan untuk memproduksi nanopartikel perak adalah metode elektrolisis. Metode ini menghasilkan nanopartikel perak yang bermuatan positif (Ag^+), bukan nanopartikel perak yang netral (Ag^0) ^[4]. Kelebihan *ionic silver nanoparticles* ada pada muatan positifnya yang akan membuat nanopartikel perak lebih mudah menembus dinding sel bakteri yang bermuatan negatif, merobek dan merusaknya sehingga menyebabkan kematian sel ^[5].

Nanopartikel perak saat ini menjadi perhatian banyak peneliti karena perak menjadi agen antimikroba yang kuat dalam bentuk ion. Sampai saat ini belum diketahui ada bakteri yang resistan terhadap nanopartikel perak termasuk bakteri patogen ^[2]. Semakin kecil ukuran partikel perak maka semakin kuat sifat antimikrobanya ^[6]. Nanopartikel perak tersebut dapat dimanfaatkan sebagai antibiotik untuk mengatasi infeksi bakteri *Salmonella typhimurium*, dimana bakteri *Salmonella typhimurium* semakin tahan terhadap antibiotik seperti *ampicillin*, *chloramphenicol*, *streptomycin*, *sulfamethoxazole*, dan *tetracycline* ^[7]. Infeksi dari *Salmonella* di negara berkembang pada umumnya menyebabkan *gastroenteritis* yang parah, dimana 40% kasus menyebabkan *septicemia*, dan 30% kasus menyebabkan kematian ^[8].

Paper ini melaporkan hasil penelitian *ionic silver nanoparticles* sebagai bahan antibiotik terhadap bakteri *Salmonella typhimurium*. Sebelumnya telah dilakukan proses karakterisasi *ionic silver nanoparticles* dengan menggunakan UV-Vis *spectrophotometer* untuk mengetahui keberadaan nanopartikel perak dalam larutan, AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) untuk mengetahui konsentrasi nanopartikel perak, dan PSA (*Particle Size Analyzer*) untuk mengetahui diameter/ukuran nanopartikel perak. Sedangkan Uji kemampuan antibakteri *ionic silver nanoparticles* dilakukan dengan metode *disk diffusion* (*Kirby Bauer test*). Dalam hal ini, dilihat hubungan antara konsentrasi nanopartikel perak terhadap zona bening yang terbentuk dan dibandingkan dengan zona bening yang terbentuk oleh kloramfenikol sebagai kontrol positif. Pengukuran zona bening dimulai dari jam ke 3 sampai jam ke 72 dengan interval waktu 3 jam.

Berdasarkan uraian tersebut, maka telah dilakukan penelitian mengenai aplikasi *ionic silver nanoparticles* terhadap daya hambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhimurium* dengan menggunakan metode *disk diffusion/Kirby Bauer test*, dimana *ionic silver nanoparticles* diproduksi dengan metode elektrolisis serta dikarakterisasi dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis, AAS, dan PSA. Melalui metode *disk diffusion/Kirby Bauer test* dilakukan pengukuran diameter zona bening/zona hambat yang terbentuk.

METODE

a. Proses Produksi *Ionic Silver Nanoparticles*

Proses produksi *ionic silver nanoparticles* dilakukan dengan metode elektrolisis dengan menggunakan dua batang AgBr 99,95% sebagai elektroda dengan jarak sejauh 1 cm dalam aquades 400 mL. Elektrolisis dilakukan dengan mengalirkan arus listrik sebesar 15 volt dan mengalirkan udara dalam aquades menggunakan pompa. Setiap 10 menit dilakukan pembersihan dan pengamplasan elektroda, pengukuran konsentrasi dan konduktivitas larutan, serta dilakukan pergantian polarisasi. Hal tersebut dilakukan hingga 100 menit. Setelah itu, larutan yang sudah jadi dimasukkan ke dalam botol kaca gelap. Kemudian hasil larutan dibuat menjadi tiga sampel dengan konsentrasi 11 ppm, 20 ppm, dan 29 ppm.

b. Proses Karakterisasi *Ionic Silver Nanoparticles*

Proses pengujian Karakterisasi ionic silver nanoparticles dilakukan menggunakan UV-Vis *spectrophotometer*, AAS, dan PSA. Uji menggunakan UV-Vis *spectrophotometer* dilakukan pada rentang panjang gelombang 200-800 nm untuk menemukan puncak absorbansi larutan nanopartikel perak. pengujian menggunakan AAS dilakukan dengan konsentrasi partikel padat terlarut dengan menggunakan TDS meter yakni, 11 ppm, 20 ppm, dan 29 ppm untuk mengetahui konsentrasi nanopartikel perak pada masing-masing larutan tersebut. Sedangkan pengujian menggunakan PSA dilakukan menggunakan sampel dengan konsentrasi 23,9 ppm.

c. Proses Pengujian Sifat Antibakteri *Ionic Silver Nanoparticles*

Sebelum dilakukan pengujian dengan metode *disk diffusion*, dilakukan kultur bakteri terlebih dahulu. Kultur bakteri dilakukan dalam media NB (*Nutrient Broth*). Media NB dibuat dengan cara menimbang serbuk NB sebanyak 1,95 gram lalu dilarutkan dalam 150 mL aquades kemudian dipanaskan dengan *magnetic stirrer*. Larutan NB kemudian dimasukkan ke dalam botol dan ditutup dengan kapas serta kertas payung. Selanjutnya disterilkan selama 30 menit dengan *autoclave*. Kemudian, bakteri yang ada pada media agar miring diambil dengan ose bulat, lalu ose bulat tersebut dicelupkan ke dalam larutan NB yang telah dibuat. Setelah itu, mulut botol ditutup dengan kapas dan botol tersebut diletakan pada *shaker* selama 1 hari.

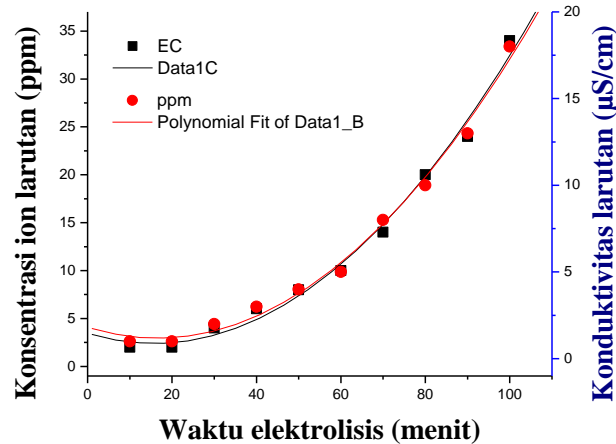
Setelah mengkultur bakteri, barulah dilakukan pengujian dengan metode *disk diffusion*. Membuat media NA (*Nutrient Agar*) dengan menimbang sebanyak 4,2 gram serbuk NA dan dilarutkan dalam aquades 150 mL. Larutan tersebut dihomogenkan dengan menggunakan *magnetic stirrer* dan larutan NA dimasukkan ke dalam *erlenmeyer* lalu ditutup dengan kapas dan kertas payung. Setelah itu disterilkan dengan *autoclave* selama 30 menit. Setelah selesai disterilkan, larutan dituangkan ke dalam cawan petri dan ditunggu hingga media NA padat.

Selanjutnya bakteri *Salmonella typhimurium* diambil dengan menggunakan mikropipet sebanyak 0,1 mL lalu diratakan dengan *drigalsky* di atas media agar yang telah padat dalam cawan petri. Selanjutnya dilakukan inokulasi dengan cara meletakan 5 buah kertas saring berbentuk bulat (*disk*) dengan diameter berukuran 5 mm. 3 kertas saring tersebut dicelup masing-masing pada *ionic silver nanoparticles* dengan konsentrasi 9,8 ppm, 17,6 ppm, dan 23,9 ppm. Satu dicelup pada kloramfenokol sebagai kontrol positif dan satu dicelup pada aquades sebagai kontrol negatif. Cawan petri yang telah berisi 5 *disk* diatas kemudian ditutup dengan *plastic wrap* dan diletakan pada ruangan steril dengan suhu 37°C. pengamatan dan pencatatan diameter zona bening dilakukan setiap 3 jam sekali selama 72 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Produksi *Ionic Silver Nanoparticles*

Bahan pelarut yang digunakan adalah aquades yang telah diukur dengan TDS dan EC meter bahwa partikel padat terlarutnya adalah 0 ppm, maka dari itu setelah dilakukan proses elektrolisis dimonitor keberadaan partikel padat terlarut pada larutan dengan menggunakan alat yang sama. Dalam hal ini, diamati pengaruh waktu terhadap konsentrasi partikel padat terlarut. Disamping itu, untuk meyakinkan bahwa partikel bersifat ionik dilakukan pengukuran konduktivitas listrik larutan. Gambar 1 menunjukkan hubungan pengaruh waktu terhadap konsentrasi larutan dan konduktivitas listrik larutan.



Gambar 1. Grafik hubungan waktu elektrolisis dengan konsentrasi ion larutan dan konduktivitas larutan

Gambar 1 menunjukkan bahwa konsentrasi larutan semakin tinggi apabila waktu yang diperlukan untuk proses elektrolisis semakin lama, dimana hasil tertinggi diperoleh konsentrasi sebesar 18 ppm dalam waktu 100 menit, sementara hasil terendah diperoleh pada 10 menit pertama dengan konsentrasi sebesar 1 ppm. Kenaikan konsentrasi pada waktu 10 menit hingga 50 menit terjadi perlahan, sedangkan kenaikan konsentrasi pada waktu 60 menit hingga 100 menit terjadi kenaikan yang cukup signifikan. Hal ini terbukti dengan grafik yang tidak linier. Grafik pada Gambar 1 merupakan grafik dengan fungsi polinomial orde dua. Terbukti dengan hasil analisis menggunakan *software origin* mendapatkan hasil R^2 sebesar 0,99256 dengan standar deviasi sebesar 0,55576. Nilai R^2 yang didapatkan mendekati nilai satu yang membuktikan bahwa grafik tersebut sesuai dengan *fitting* yang digunakan dimana fungsi yang didapat dari grafik tersebut adalah Persamaan 1.

$$C = at^2 + bt + c \quad (1)$$

Dimana, C = Konsentrasi ion larutan (ppm)

t = Waktu elektrolisis (menit)

a = 0,00231 (ppm/menit)

b = -0,07659 (ppm/menit)

c = 1,81667 (ppm)

Kenaikan konsentrasi yang signifikan dapat terjadi akibat aquades yang semula tidak ada ion (elektrolit lemah), setelah beberapa waktu akan menjadi larutan elektrolit karena adanya ion-ion yang dihasilkan dari reaksi elektrolisis. Ion-ion yang ada membantu elektron cepat mengalir dan berdampak pada semakin cepatnya ion Ag^+ dihasilkan, sehingga konsentrasi larutan pun meningkat. Bertambahnya konsentrasi larutan dapat dipastikan merupakan ion dan bukan merupakan hasil dari reaksi reduksi yang berupa pengotor dengan cara mengukur konduktivitas larutan dengan alat TDS dan EC meter.

Gambar 1 juga menunjukkan semakin lama waktu elektrolisis semakin besar pula konduktivitas listrik larutan. Kenaikan besar konduktivitas listrik juga terjadi mulai menit ke 60 hingga menit ke 100. Konduktivitas listrik terkecil terjadi pada menit ke 10 sebesar $2 \mu S cm^{-1}$, sedangkan konduktivitas listrik terbesar terjadi pada menit ke 100 sebesar $34 \mu S cm^{-1}$. Hasil analisis dengan *software origin* menunjukkan bahwa grafik tersebut pun sesuai dengan *fitting* polinomial orde dua dengan R^2 sebesar 0,99078 dengan standar deviasi sebesar 1,1562. Hasil analisis pun menunjukkan fungsi grafik seperti pada Persamaan 2.

$$K = dt^2 + et + f \quad (2)$$

Dimana, K = Konduktivitas larutan ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

t = Waktu elektrolisis (menit)

d = 0,00424 ($\mu\text{S}/\text{cm}.\text{menit}^2$)

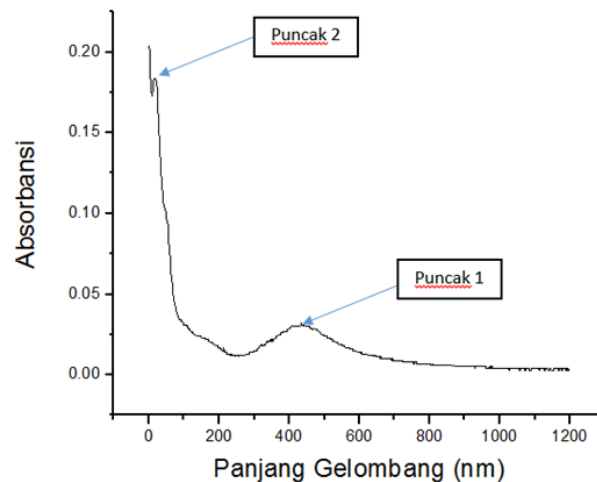
e = -0,13455 ($\mu\text{S}/\text{cm}.\text{menit}$)

f = 3,46667 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

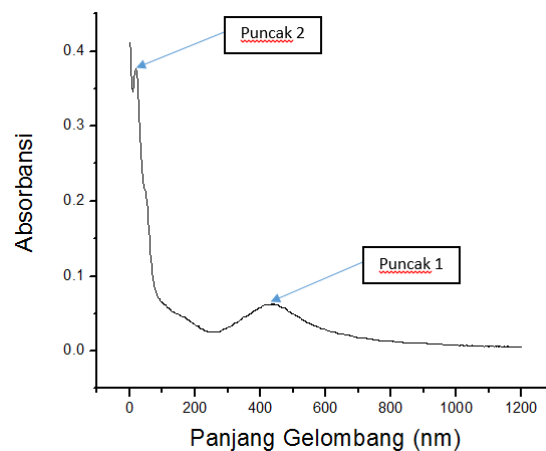
Data konduktivitas listrik di atas menunjukkan bahwa partikel terlarut bersifat ionik dan diketahui bahwa waktu elektrolisis berpengaruh terhadap konsentrasi dan konduktivitas listrik larutan.

b. Karakterisasi Ionic Silver Nanoparticles

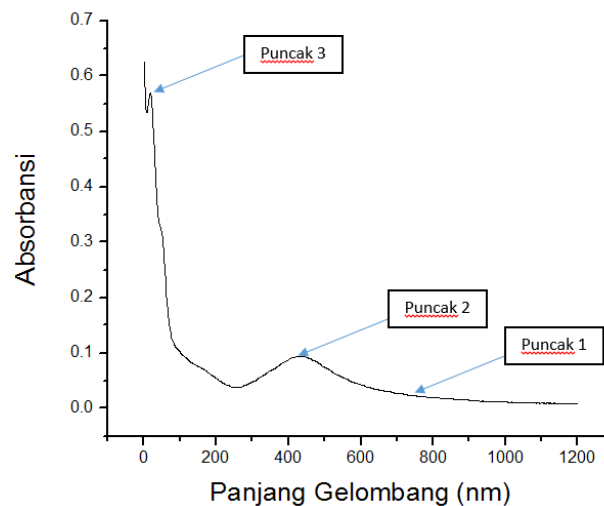
Untuk mengetahui bahwa di larutan benar-benar terdapat nanopartikel perak, maka dilakukan pengujian keberadaan nanopartikel perak dengan UV-Vis *spectrophotometer*. Dalam hal ini, dilakukan pengujian terhadap pengaruh panjang gelombang terhadap absorbansi. Pengaruh panjang gelombang dari 200-800 nm. Hasil uji menggunakan UV-Vis *spectrophotometer* disajikan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



Gambar 2. Grafik panjang gelombang dengan absorbansi untuk sampel ionic silver nanoparticles dengan konsentrasi 11 ppm



Gambar 3. Grafik panjang gelombang dengan absorbansi untuk sampel ionic silver nanoparticles dengan konsentrasi 20 ppm



Gambar 4. Grafik panjang gelombang dengan absorbansi untuk sampel ionic silver nanoparticles dengan konsentrasi 29 ppm

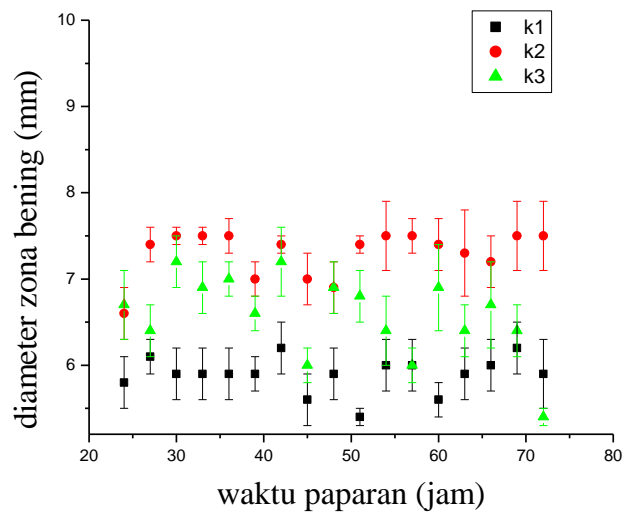
Berdasarkan grafik pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3 dari hasil uji menggunakan UV-Vis *spectrophotometer* didapatkan 2 puncak untuk masing-masing sampel larutan kecuali sampel dengan konsentrasi 20 ppm. Pada sampel pertama yaitu sampel dengan konsentrasi 11 ppm, puncak yang ditunjukkan adalah pada panjang gelombang 208 nm dengan absorbansi sebesar 0,184 dan pada panjang gelombang 416,50 nm dengan absorbansi 0,032. Sampel kedua (larutan dengan konsentrasi 20 ppm) diperoleh tiga puncak pada panjang gelombang 209 nm, 417 nm, dan 778 nm dengan absorbansi masing-masing adalah 0,377; 0,063; 0,007. Sampel ketiga (larutan dengan konsentrasi 29 ppm) diperoleh puncak pada panjang gelombang 208,50 nm dengan absorbansi 0,570, serta pada panjang gelombang 416,50 nm dengan absorbansi 0,094.

Hasil uji dari ketiga sampel membuktikan bahwa sampel tersebut memiliki kandungan Ag^+ dan Br^- . Kandungan Ag^+ ditunjukkan oleh puncak dengan panjang gelombang yang berada pada rentang 411-437 nm^[9], sedangkan kandungan Br^- ditunjukkan dengan adanya puncak pada panjang gelombang 208-209 nm, yang mana ion Br^- muncul pada panjang gelombang kisaran 195-215 nm^[10]. Sementara, puncak pada panjang gelombang 778 nm merupakan polianilin dalam bentuk garam emeraldine dimana absorbansi berada pada rentang 750-800 nm^[11]. Setelah membuktikan bahwa sampel yang telah dibuat memiliki kandungan Ag^+ , maka dilakukan uji untuk mengetahui konsentrasi Ag^+ yang terlarut dalam ketiga sampel dengan menggunakan AAS. Ketiga sampel sebelumnya diencerkan sepuluh kali sebelum dilakukan uji agar tidak terlalu pekat. Setelah diuji dengan AAS, didapatkan konsentrasi ion Ag^+ dari masing-masing sampel (11 ppm, 20 ppm, dan 29 ppm) adalah 9,8 ppm, 17,6 ppm, dan 23,9 ppm secara berturut-turut.

Kemudian, untuk mengetahui ukuran partikel maka dilakukan penentuan ukuran partikel dengan menggunakan PSA, dimana PSA tersebut menggunakan metode *dynamic light scattering* (DLS) yang terbukti mampu menentukan partikel di bawah 10 nm^[12]. Data dari uji menggunakan metode DLS kemudian dianalisis dengan metode *cumulant*. Metode *cumulant* dipakai karena lebih stabil dan tidak terpengaruh oleh *noise*. Berdasarkan hasil analisis yang didapat, maka ukuran partikel/diameter partikel sebesar $(76,8 \pm 0,7)$ nm. Dilihat dari ukuran partikel, dapat disimpulkan bahwa larutan tersebut mengandung nanopartikel, hal ini karena ukuran partikel tidak lebih dari 100 nm^[13].

c. Hasil Pengukuran Zona Bening

Efektivitas *ionic silver nanoparticles* dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhimurium* dilakukan dengan pengujian menggunakan metode *disk diffusion* (*Kirby bauer test*). Pada pengujian dengan metode *disk diffusion* akan terbentuk zona bening di sekitar *disk* yang merupakan bukti adanya zona hambat dari pertumbuhan bakteri. Pengujian dilakukan dengan tiga variasi konsentrasi nanopartikel perak ionik yang masing-masing mengandung ion Ag^+ sebesar 9,8 ppm, 17,6 ppm, dan 23,9 ppm. Selain *ionic silver nanoparticles*, dalam pengujian disertakan juga kloramfenikol sebagai kontrol positif, dan aquades sebagai kontrol negatif. Pengujian dilakukan selama 72 jam, dan dilakukan pengukuran zona bening yang terbentuk setiap 3 jam sekali.



Gambar 5. Perbandingan hasil pengukuran zona bening dalam grafik hubungan antara waktu paparan dengan diameter zona bening untuk tiga sampel ionic silver nanoparticles

Pengamatan zona bening terhadap *paper disk* yang dicelup aquades tidak menunjukkan adanya zona bening, sedangkan untuk kontrol positif kloramfenikol, zona bening hanya teramati dari jam ke 3 hingga jam ke 18, sementara jam ke 21 hingga ke 72 zona bening tidak teramati. Selain itu, pada ketiga *paper disk* yang dicelup pada *ionic silver nanoparticles* dengan konsentrasi 9,8 ppm, 17,6 ppm, dan 23,9 ppm menunjukkan zona bening sejak jam ke 3 hingga jam ke 72. Gambar 6 menunjukkan zona bening di sekitar *paper disk* yang dicelup larutan *ionic silver nanoparticles* dengan konsentrasi sebesar 9,8 ppm, 17,6 ppm, dan 23,9 ppm.

Dalam rangka mengetahui perbandingan ukuran besarnya zona bening yang terbentuk, maka hasil pengukuran zona bening yang ada pada fase stasioner bakteri *Salmonella typhimurium* yaitu mulai jam ke 24 hingga ke 72^[14] dirata-rata. Berdasarkan rata-rata tersebut dihasilkan nilai untuk *ionic silver nanoparticles* dengan konsentrasi 9,8 ppm, 17,6 ppm, dan 23,9 ppm masing-masing adalah $(5,75 \pm 0,06)$ mm, $(7,39 \pm 0,04)$ mm, dan $(6,18 \pm 0,06)$ mm, yang artinya *ionic silver nanoparticles* yang diuji lebih ungu dari kloramfenikol.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa waktu elektrolisis mempengaruhi besarnya konsentrasi pada larutan *ionic silver nanoparticles* yang terbentuk. Besarnya konsentrasi larutan seiring bertambahnya waktu menghasilkan persamaan $Y = 0,00231t^2 - 0,07659t + 1,81667$. Berdasarkan uji dari UV-Vis *spectrophotometer* diketahui adanya

puncak serapan pada panjang gelombang 416,5-417 nm yang merupakan Ag^+ , dan 208-209 nm yang merupakan Br^- . Pada tiga sampel yang dibuat, berdasarkan hasil uji AAS ditemukan ion Ag^+ masing-masing sebesar 9,8 ppm, 17,6 ppm, dan 23,9 ppm. Diameter/ukuran dari *ionic silver nanoparticles* berdasarkan hasil PSA adalah $(76,8 \pm 0,7)$ nm. Konsentrasi nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 17,6 ppm memiliki sifat antibakteri yang paling kuat ditunjukkan oleh rata-rata diameter zona bening pada fase stasioner sebesar $(7,39 \pm 0,04)$ mm.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Jeevanandam, J., Barhoum, A., Chan, Y. S., Dufresne, A., & Danquah, M. K. 2018. Review On Nanoparticles And Nanostructured Materials : History , Sources , Toxicity And Regulations. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, Vol. 9, Hal. 1050–1074.
- 2 Haryono, A., Sondari, D., Harmami, S. B., & Randy, M. 2008. Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya. *Jurnal Riset Industri*, Vol. 2, No. 3, Hal. 156-163.
- 3 Ulum, B., Kurniawan, F., Ulfin, I., & Bahan, A. P. 2018. Sintesis Senyawaan Seng Secara Elektrolisis, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, Vol. 7, No. 2, Hal. 1–2.
- 4 Starowicz, M., Stypula, B., & Banas, J. 2005. Electrochemical Synthesis of Silver Nanoparticles. *Electrochemistry Communications*, Vol. 8, Hal. 227-230.
- 5 Chuchita, C., Santoso, S. J., & Suyanta, S. 2018. Sintesis Nanopartikel Dari Perak Nitrat Dengan Tirosin Sebagai Reduktor Dan Agen Pengkaping Untuk Membentuk Nanokomposit Film AgNPs -Poli Asam Laktat Sebagai Antibakteri. *Berkala MIPA*, Vol. 25, No. 2, Hal. 140–153.
- 6 Ariyanta, H. A. 2014. Preparasi Nanopartikel Perak Dengan Metode Reduksi dan Aplikasinya Sebagai Antibakteri Penyebab Luka Infeksi. *Jurnal MKMI*. Hal. 36-42.
- 7 Wang, J., Li, Y., Xu, X., Liang, B., Wu, F., & Yang, X. 2017. Antimicrobial Resistance of *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium in Shanghai, China. *Frontiers in Microbiology*, Vol. 8, Hal. 1–10.
- 8 Bell, C., & Kyriakides, A. 2009. *Foodborne Pathogens (Second Edition)*. Cambridge: Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Hal. 627-674.
- 9 Hu, M. Z., & Easterly, C. E. 2009. A novel thermal electrochemical synthesis method for production of stable colloids of “naked” metal (Ag) nanocrystals. *Materials Science and Engineering C*, Vol. 29, Hal. 726-736.
- 10 Tirumalesh, K. 2008. Simultaneous determination of bromide and nitrate in contaminated waters by ion chromatography using amperometry and absorbance detectors. *Talanta*, Vol. 74, Hal. 1428–1434.
- 11 Wallace, G. G., Teasdale, P. R., Spinks, G. M., & Kane-Maguire, L. A. P. 2008. *Conductive Electroactive Polymers: Intelligent Polymer Systems*, Third Edition. Florida: CRC Press
- 12 Suparno, S. 2013. Electrophoretic Mobility and Size Determination of Aerosol OT Inverse Micelle in Decane Using Phase Analysis Light Scattering (PALS) and Dynamic Light Scattering (DLS) Respectively. *International Journal of Applied Physics and Mathematics*, Vol. 3, No. 2, Hal. 92-94.
- 13 Manurung, P. G. 2018. *Nanomaterial-Tinjauan Masa Kini*. Yogyakarta: Penerbit ANDI
- 14 Hawkins, J. L., Uknalis, J., Oscar, T. P., Schwarz, J. G., & Vimini, B. 2019. The Effect of Previous Life Cycle Phase on the Growth Kinetics , Morphology , and Antibiotic Resistance of *Salmonella Typhimurium* DT104 in Brain Heart Infusion and Ground Chicken Extract Preparation of Bacterial Inoculum. *Frontiers in Microbiology*, Vol. 10.