

UJI NANOPARTIKEL PERAK IONIK SEBAGAI ANTIBAKTERI *AEROMONAS HYDROPHILA* PADA BUDIDAYA IKAN AIR TAWAR

TEST OF IONIC SILVER NANOPARTICLES AS AEROMONAS HYDROPHILA ANTIBACTERIAL IN FRESHWATER FISH FARMING

Fadhilah Fitria Setyawati, Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

Suparno*, Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

*e-mail: suparno_mipa@uny.ac.id (corresponding author)

Abstrak. Produksi budidaya ikan air tawar menyalip produksi ikan tangkapan laut. Akan tetapi, peningkatan produksi tersebut sejalan dengan hama dan penyakit. Solusi dalam mengatasi penyakit budidaya ikan air tawar adalah penggunaan antibiotik, tetapi penggunaan antibiotik tersebut membuat bakteri *Aeromonas hydrophila* resisten terhadap antibiotik. Oleh karena itu, dibutuhkan bahan antibakteri yang tidak menimbulkan resisten seperti penggunaan nanopartikel perak menggunakan metode elektrolisis. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik terhadap pertumbuhan bakteri *Aeromonas hydrophila*, dan (2) mengetahui pengaruh lama waktu pengamatan terhadap diameter zona bening untuk masing-masing konsentrasi nanopartikel perak. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dengan elektrolisis dua lempengan perak bertegangan 18 volt dalam waktu 100 menit. Larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis tersebut kemudian di karakterisasi yang selanjutnya dilakukan pengujian antibakteri *Aeromonas hydrophila* menggunakan metode difusi sumuran. Hasil uji daya hambat menunjukkan bahwas semakin lama waktu pengamatan, maka semakin kecil diameter zona bening yang terbentuk. Sampel ciprofloxacin menunjukkan waktu bertahan lebih dari 72 jam, sedangkan sampel nanopartikel perak menunjukkan waktu bertahan kurang dari 72 jam. Waktu bertahan nanopartikel perak dalam menghambat *Aeromonas hydrophila* berpengaruh pada konsentrasi larutan. Semakin tinggi konsentrasi nanopartikel perak, maka semakin lama waktu menghambat bakteri tersebut.

Kata Kunci: *Aeromonas hydrophila*, antibakteri, elektrolisis, nanopartikel perak ionik.

Abstracts. Production of freshwater fish farming is overtaking that of marine capture. However, the increase in production is in line with pests and diseases. The solution in overcoming the disease of freshwater fish farming is the use of antibiotics, but the use of these antibiotics makes the bacteria *Aeromonas hydrophila* resistant to antibiotics. Therefore, antibacterial materials are needed that does not cause resistance such as the use of silver nanoparticles using the electrolysis method. This study aims to (1) determine the effect of ionic silver nanoparticle concentration on the growth of *Aeromonas hydrophila*, and (2) determine the effect of the length of observation time on the diameter of the clear zone for each concentration of silver nanoparticles. The method used in this research is experiment by electrolyzing two silver plates with a voltage of 18 volts in 100 minutes. The solution of silver nanoparticles resulting from the electrolysis then characterized which was then carried out antibacterial testing of *Aeromonas hydrophila*

using the well diffusion method. The inhibition test results showed that the longer the observation time, the smaller the diameter of the clear zone formed. The ciprofloxacin sample showed a survival time of more than 72 hours, while the silver nanoparticle sample showed a survival time of less than 72 hours. The survival time of silver nanoparticles in inhibiting *Aeromonas hydrophila* affects the concentration of the solution. The higher the concentration of silver nanoparticles, the longer the time to inhibit the bacteria.

Keywords: *Aeromonas hydrophila*, antibacterial, electrolysis, ionic silver nanoparticles.

PENDAHULUAN

Produksi budidaya ikan air tawar menyalip produksi ikan tangkapan laut karena memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Selisih produksi tersebut ditunjukkan oleh data dari Fauziyah (2022) bahwa produksi budidaya ikan air tawar lebih unggul 1,57 juta ton. Banyaknya hasil produksi ikan air tawar tersebut dikarenakan hasil tangkapan ikan laut sudah mengalami penurunan akibat *overfishing* (Dinas Ketahanan Pangan dan Perikanan Kabupaten Buleleng, 2018). Dampak positif yang diberikan dari proses produksi yang banyak tersebut yaitu dapat menekan harga ikan air tawar seperti ikan lele, ikan mas, nila, dan bandeng menjadi lebih murah sekitar Rp 25.000 hingga Rp 35.000 per kg jika dibandingkan ikan tangkapan laut (Djunaidah, 2017).

Budidaya ikan air tawar menghadapi rintangan berupa hama maupun penyakit. Masalah hama dan penyakit tersebut dapat mengakibatkan tingkat kematian yang tinggi (Arifin, 2017). Masalah hama biasanya disebabkan oleh predator, seperti bebeasan atau notonecta, ucrit atau larva cybister, katak, ular air, dan burung (Menarianti et al., 2023). Masalah penyakit biasanya disebabkan oleh serangan patogen seperti parasit, virus, jamur, dan bakteri (Jasmanindar, 2011).

Salah satu bakteri yang berbahaya pada ikan air tawar adalah bakteri *Aeromonas hydrophila*. Bakteri tersebut bersifat oportunistik yang artinya dapat menimbulkan penyakit apabila lingkungan kolam budidaya ikan mendukung. Bakteri tersebut juga dapat menghasilkan bermacam-macam toksik atau racun saat menginfeksi tubuh ikan antara lain eksotoksin seperti α dan β hemolisin, cytotoxin, enterotoxin, dan endotoksin yaitu Lipopolisakarida (LPS) (Olga, 2012). Toksin-toksin tersebut mempengaruhi tingkat keganasan dari bakteri *Aeromonas hydrophila*.

Bakteri *Aeromonas hydrophila* merupakan penyebab penyakit *motile Aeromonas septicemia* (MAS). Penyakit MAS muncul akibat adanya faktor pendukung, seperti faktor kualitas air yaitu tingginya kandungan nitrit, rendahnya oksigen terlarut, dan tingginya kandungan karbon dioksida. Selain itu, faktor lingkungan juga berpengaruh yaitu ikan dalam kondisi stres dan kepadatan yang terlalu tinggi (Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Gunung Kidul, 2021). Gejala umum penyakit MAS adalah kehilangan nafsu makan, luka-luka pada permukaan tubuh, pendarahan pada insang, perut membesar berisi cairan, sisik lepas, sirip ekor lepas, dan jika dilakukan pembedahan terlihat pembengkakan, serta kerusakan pada jaringan hati, ginjal, dan limfa (Alfian et al., 2021).

Penyakit MAS termasuk penyakit yang menyebabkan tingginya kematian ikan air tawar. Tingkat kematian yang ditimbulkan dari penyakit ini sekitar 80%-100% dalam waktu 1 hingga 2 minggu (Lukistyowati & Kurniasih, 2012). Penyakit tersebut pertama kali dilaporkan di Jawa Barat pada tahun 1980 yang menyebabkan kematian ikan lele sebanyak 82,2 ton dalam waktu 1 bulan. Kasus serupa juga terjadi pada budidaya ikan gurami di Desa Beji, Kabupaten Banyumas pada periode Agustus 2017 – Januari 2018 yang telah ditemukan

infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* dengan tingkat kematian induk ikan gurami sebesar 89,5% (Khumaidi & Hidayat, 2018).

Pemberian antibiotik diperlukan sebagai upaya menghambat penyakit MAS. Antibiotik konvensional yang sering digunakan untuk menghambat penyakit tersebut adalah oxytetracycline dan sulfonamide (Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Gunung Kidul, 2021). Pemberian antibiotik konvensional tersebut menunjukkan hasil yang efektif untuk penyembuhan penyakit MAS, tetapi memiliki efek berkepanjangan seperti bertambahnya jenis bakteri yang resisten terhadap antibiotik (Rahman et al., 2018).

Solusi dalam menghadapi peningkatan bakteri yang resisten adalah pengobatan secara fisika dengan penggunaan nanopartikel perak. Pengobatan secara fisis dengan penggunaan perak tidak menimbulkan resistensi terhadap bakteri apapun. Nanopartikel perak adalah partikel perak berukuran antara 1-100 nm yang memiliki sifat antibakteri (Bruna et al., 2021). Pemanfaatan nanopartikel perak sebagai antibakteri dijelaskan oleh Sirajudin dan Rahmanisa (2016) yang membuktikan efektivitasnya dalam membunuh bakteri *Escherichia coli*.

Pembuatan nanopartikel perak secara fisika dapat dilakukan menggunakan teknik elektrolisis. Teknik elektrolisis dilakukan dengan memanfaatkan *power supply* sebagai sumber tegangan dan dua batang perak sebagai elektroda. Kedua batang perak tersebut digunakan sebagai elektroda positif dan elektroda negatif. Elektroda positif pada batang perak terjadi reaksi oksidasi. Sedangkan, elektroda negatif pada batang perak terjadi pengendapan ion Ag^+ (Irvani et al., 2014).

Keberhasilan metode elektrolisis tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah besarnya tegangan listrik DC. Semakin tinggi tegangan yang diberikan, maka semakin cepat produksi nanopartikel perak. Faktor kedua adalah waktu yang dibutuhkan. Semakin lama waktu elektrolisis, maka semakin banyak nanopartikel perak yang dihasilkan. Faktor ketiga adalah jarak antar elektroda. Semakin dekat jarak antar elektroda, maka semakin besar kuat medan listrik yang dihasilkan sehingga semakin banyak produksi nanopartikel peraknya. Faktor terakhir adalah luas lempeng elektroda. Untuk elektroda yang dipasang dengan posisi sejajar, semakin luas permukaannya maka semakin banyak nanopartikel peraknya (Dwistika, 2018).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian telah dilakukan untuk melihat pengaruh konsentrasi nanopartikel perak sebagai bahan antibakteri *Aeromonas hydrophila* penyebab penyakit MAS pada ikan air tawar. Konsentrasi nanopartikel perak menggunakan metode elektrolisis dilakukan dengan variasi 10-50 ppm. Disamping itu penelitian juga dilakukan untuk mengetahui waktu pengamatan terhadap diameter zona bening untuk masing-masing konsentrasi.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Koloid, Laboratorium Mikrobiologi, dan Laboratorium Instrumentasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap produksi nanopartikel perak ionik, tahap karakterisasi nanopartikel perak ionik, dan tahap aplikasi dari nanopartikel perak ionik sebagai bahan antibakteri *Aeromonas hydrophila*. Variabel dalam penelitian untuk mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik terhadap daya hambat bakteri uji meliputi variabel bebas yaitu konsentrasi nanopartikel perak ionik dan waktu pengamatan diameter zona bening; variabel terikat yaitu diameter zona bening pertumbuhan bakteri *Aeromonas hydrophila* dan variabel kontrolnya yaitu isolat bakteri *Aeromonas hydrophila*, media pertumbuhan bakteri, diameter lubang sumuran, lama pengujian bakteri yaitu 72 jam, dan suhu ruangan pengujian.

1. Tahap Produksi Nanopartikel Perak Ionik

Pembuatan nanopartikel perak metode elektrolisis dilakukan menggunakan dua lempengan perak AgBr yang dicelupkan ke dalam botol reagen berisi 500 mL aquades dan dialiri tegangan sebesar 18V selama 100 menit. Setiap 10 menit akan dilakukan pembersihan lempengan perak menggunakan *carbon cleaner* yang dilanjutkan dengan alkohol 96%. Selain itu, setiap 10 menit juga dilakukan pengukuran konsentrasi dan konduktivitas menggunakan alat TDS/EC meter.

Larutan yang telah di elektrolisis selama 100 menit, dilanjutkan dengan proses penguapan, pengenceran, dan pemisahan kontaminan yang terlarut. Proses penguapan berfungsi untuk meningkatkan konsentrasi dan konduktivitas nanopartikel perak. Proses tersebut menggunakan 400 mL nanopartikel perak hasil elektrolisis yang kemudian diuapkan menggunakan kompor listrik dan dijaga pada suhu 50-65 °C, sehingga mendapat volume akhir sebesar 250 mL. Volume larutan nanopartikel perak tersebut kemudian dilakukan proses pengenceran dengan perbandingan nanopartikel perak dan aquades sebesar 5 mL : 20 mL untuk mendapatkan variasi 10 ppm, 10 mL : 15 mL untuk mendapatkan variasi 20 ppm, 15 mL : 10 mL untuk mendapatkan variasi 30 ppm, 20 mL : 5 mL untuk mendapatkan variasi 40 ppm, dan 25 mL : 0 mL untuk mendapatkan variasi 50 ppm. Variasi-variasi tersebut kemudian dilakukan proses pemisahan kontaminan. Proses tersebut dilakukan menggunakan alat sentrifugasi dengan 4000 RPM selama 3 x 10 menit yang dilanjutkan dengan penyaringan menggunakan *nylon syringe filter pore 0,22 µm*.

2. Tahap Karakterisasi Nanopartikel Perak Ionik

Karakterisasi nanopartikel perak meliputi pengujian spektrofotometer UV-Vis, pengujian *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS), dan pengujian *Particle Size Analyzer* (PSA). Pengujian UV-Vis dilakukan untuk kandungan perak yang terlarut dalam sampel dengan menampilkan puncak absorbansi panjang gelombang serapan. Pengujian tersebut dilakukan pada panjang gelombang 200-800 nm. Pengujian AAS dilakukan untuk menganalisis secara kualitatif nilai konsentrasi nanopartikel perak. Pengujian PSA dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel yang terkandung dalam sampel nanopartikel perak.

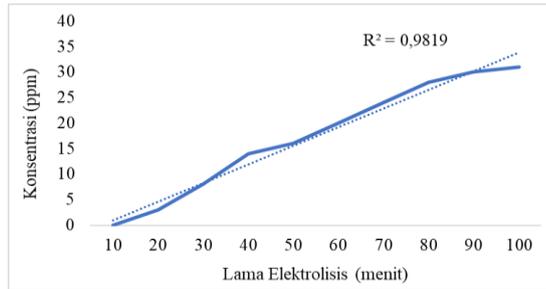
3. Tahap Pengujian Antibakteri *Aeromonas hydrophila*

Pengujian antibakteri *Aeromonas hydrophila* dilakukan menggunakan metode difusi sumuran untuk mengetahui diameter zona bening dari setiap konsentrasi sampel nanopartikel perak. Sampel nanopartikel perak yang digunakan adalah nanopartikel perak dengan konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm. Selain itu, pengujian ini juga menggunakan ciprofloxacin sebagai kontrol positif dan aquades sebagai kontrol negatif. Sampel nanopartikel perak dan pembanding tersebut kemudian dilakukan pengukuran diameter zona bening yang terbentuk setiap 3 jam sekali selama 72 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Produksi Nanopartikel Perak

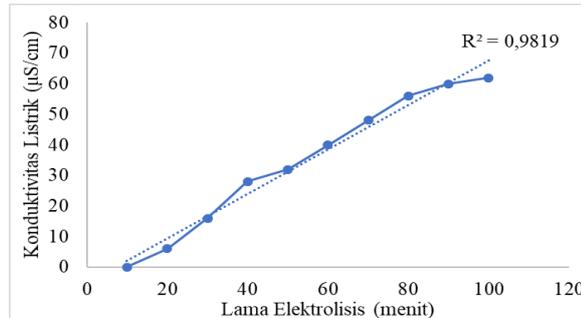
Proses produksi nanopartikel perak ionik dilakukan menggunakan metode elektrolisis. Proses elektrolisis tersebut dilakukan selama 100 menit dengan sumber tegangan berasal dari *power supply* sebesar 18V. Setiap 10 menit dilakukan pengecekan menggunakan alat TDS & EC meter, sehingga didapat hasil pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Antara Lama Waktu Elektrolisis dengan Konsentrasi Larutan Nanopartikel Perak.

Berdasarkan Gambar 1 ditunjukkan bahwa adanya peningkatan konsentrasi secara linier seiring dengan bertambahnya lama waktu elektrolisis. Hal tersebut dikarenakan waktu yang lebih lama dalam proses elektrolisis tersebut mampu membentuk ion Ag^+ yang lebih banyak, sehingga menyebabkan konsentrasi juga meningkat.

Lama waktu proses elektrolisis juga mempengaruhi konduktivitas listrik. Nilai konduktivitas listrik menunjukkan sifat ionik dari suatu larutan. Nilai tersebut didapat dengan cara mendeteksi muatan larutan menggunakan alat TDS dan EC meter, sehingga didapat hasil seperti Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan Antara Lama Waktu Elektrolisis dengan Konduktivitas Listrik Larutan Nanopartikel Perak.

Berdasarkan Gambar 2 ditunjukkan bahwa adanya peningkatan konduktivitas listrik berlangsung secara linier seiring dengan bertambahnya lama waktu elektrolisis. Terukurnya nilai konduktivitas listrik tersebut menandakan bahwa larutan nanopartikel tersebut memiliki muatan dan bersifat ionik.

Tahap terakhir dalam produksi nanopartikel perak ionik yaitu penguapan dan pengenceran. Proses penguapan dilakukan untuk meningkatkan konsentrasi nanopartikel perak hingga mencapai konsentrasi yang diinginkan. Sedangkan, proses pengenceran dilakukan untuk mendapatkan variasi konsentrasi yang diinginkan. Variasi konsentrasi nanopartikel perak ionik ditunjukkan pada Gambar 3.



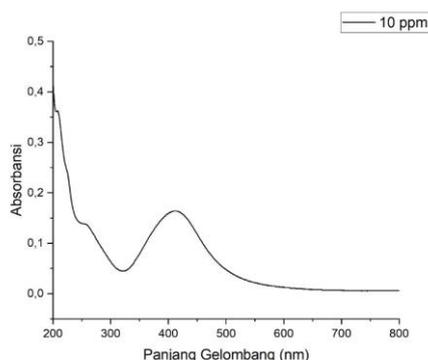
Gambar 3. Larutan nanopartikel perak variasi konsentrasi (a) 10 ppm, (b) 20 ppm, (c) 30 ppm, (d) 40 ppm, dan (e) 50 ppm.

Berdasarkan Gambar 3 ditunjukkan bahwa warna nanopartikel perak bergantung pada konsentrasi dari nanopartikel perak tersebut. Semakin tinggi konsentrasi nanopartikel perak, maka semakin kuning kecoklatan warna yang dihasilkan.

2. Hasil Pengujian Nanopartikel Perak

a. Hasil Pengujian Spektrofotometer UV-Vis

Pengujian ini dilakukan untuk menunjukkan kandungan perak yang terlarut dalam sampel dengan menampilkan puncak absorbansi panjang gelombang serapan. Panjang gelombang yang digunakan dalam pengujian ini yaitu 200-800 nm. Pengujian spektrofotometer UV-Vis menggunakan sampel nanopartikel perak 10 ppm, sehingga didapat puncak absorbansi pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektrum Absorbansi Nanopartikel Perak .

Berdasarkan Gambar 4 ditunjukkan bahwa hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis pada larutan nanopartikel perak memiliki satu puncak absorbansi pada panjang gelombang 411,50 nm dengan puncak absorbansinya sebesar 0,164. Hasil pengujian spektrofotometer dengan panjang gelombang 411,50 nm sudah sesuai dengan teori yang ada bahwa larutan yang mengandung perak memiliki puncak absorbansi dalam rentang panjang gelombang sebesar 328 - 466 nm (Paryati, 2016).

b. Hasil Pengujian *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai konsentrasi larutan nanopartikel perak yang terkandung secara kualitatif. Sampel yang digunakan dalam pengujian ini adalah 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm. Hasil pengukuran nilai konsentrasi menggunakan alat AAS kemudian dibandingkan dengan konsentrasi yang terukur oleh alat TDS/EC meter. Data-data pengukuran tersebut disajikan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Konsentrasi Nanopartikel Perak yang Terukur

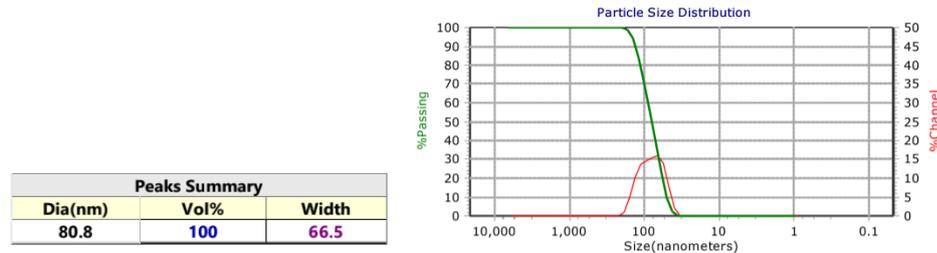
Konsentrasi TDS (ppm)	Konsentrasi AAS (ppm)
10	6
20	13
30	19
40	28
50	49

Berdasarkan Tabel 1 ditunjukkan bahwa nilai konsentrasi yang terukur alat AAS memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan nilai yang terukur oleh alat TDS/EC meter. Hal tersebut dapat dikarenakan ketidakvalidan alat TDS/EC meter dalam mendeteksi

konsentrasi nanopartikel yang dapat disebabkan alat tersebut sudah kotor. Selain itu, dapat juga disebabkan saat mengukur konsentrasi nanopartikel perak, alat yang digunakan tidak terlalu tercelup dalam larutan nanopartikel perak.

c. Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* (PSA)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel yang terkandung dalam nanopartikel perak. Sampel yang digunakan dalam pengujian ini adalah sampel nanopartikel perak konsentrasi 30 ppm. Hasil pengujian tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.

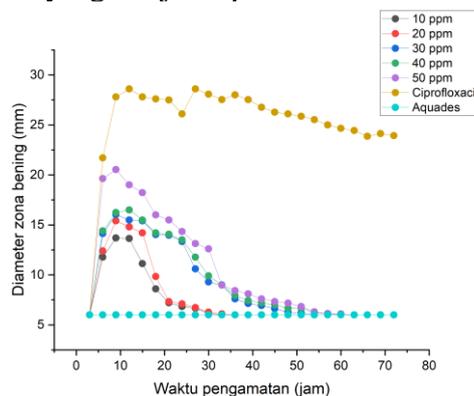


Gambar 5. Ukuran Nanopartikel perak.

Berdasarkan Gambar 5, diketahui bahwa ukuran partikel yang terkandung sebesar 80,8 nm dengan volume sebesar 100%. Volume yang menunjukkan 100% tersebut menunjukkan bahwa larutan nanopartikel perak homogen. Hasil karakterisasi tersebut sudah sesuai dengan teori yang ada bahwa nanopartikel perak memiliki ukuran kurang dari 100 nm (Nalawati et al., 2021).

3. Hasil Pengujian Antibakteri *Aeromonas hydrophila*

Pengujian antibakteri dilakukan menggunakan metode difusi sumuran untuk mengamati dan mengukur diameter zona bening yang terbentuk. Diameter zona bening yang terbentuk pada cawan petri mengindikasikan kemampuan sampel dalam menghambat bakteri *Aeromonas hydrophila*. Pengukuran diameter zona bening dilakukan setiap 3 jam sekali selama 72 jam. Pengukuran tersebut diukur secara vertikal, horizontal, dan diagonal pada zona bening yang terbentuk. Nilai diameter zona bening didapat dari rata-rata pengukuran diameter secara vertikal, horizontal, dan diagonal yang disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan antara Waktu Pengamatan dengan Diameter Zona Bening.

Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan bahwa semakin lama waktu pengamatan, maka semakin kecil diameter zona bening yang terbentuk. Sampel ciprofloxacin sebagai kontrol positif mampu menghambat bakteri uji lebih dari 72 jam. Sampel nanopartikel perak konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm hanya dapat bertahan pada jam ke-30, 33, 51, 57, dan 60. Hasil pengamatan yang kurang dari 72 jam tersebut dapat

disebabkan *Aeromonas hydrophila* tergolong bakteri gram negatif yang memiliki struktur dinding sel yang lebih kompleks, sehingga mempunyai resistansi yang lebih baik terhadap senyawa antibakteri (Nurhayati et al., 2020). Selain itu, juga dapat diakibatkan karena konsentrasi nanopartikel perak yang digunakan terlalu rendah, sehingga dibutuhkan peningkatan konsentrasi nanopartikel perak. Sedangkan, sampel aquades sebagai kontrol negatif tidak terbentuk diameter zona bening selama waktu pengamatan. Hal tersebut dapat dikarenakan aquades tidak memiliki sifat antibakteri.

Tingkat efektivitas tertinggi dalam menghambat bakteri *Aeromonas hydrophila* adalah sampel ciprofloxacin. Namun, penggunaan ciprofloxacin dapat menimbulkan efek berkepanjangan, seperti bertambahnya bakteri yang resisten terhadap antibiotik. Oleh karena itu, dibutuhkan peningkatan konsentrasi nanopartikel perak agar dapat memiliki daya kerja yang sama seperti daya kerja ciprofloxacin.

Hasil antibakteri terbaik setelah sampel ciprofloxacin adalah sampel nanopartikel perak 50 ppm. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi konsentrasi nanopartikel perak, maka semakin kuat sifat antibakterinya karena ion Ag^+ yang dihasilkan semakin banyak untuk menyerang bakteri uji (Purwaningrum, 2023). Banyaknya ion Ag^+ tersebut mampu membentuk daerah zona bening yang lebih luas dan terbebas dari bakteri *Aeromonas hydrophila*. Namun, sampel nanopartikel perak diperlukan peningkatan konsentrasi lebih dari 50 ppm agar memiliki daya kerja yang sebanding dengan sampel ciprofloxacin.

SIMPULAN

Hasil pengujian antibakteri *Aeromonas hydrophila* menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengamatan, maka semakin kecil diameter zona bening yang terbentuk. Sampel ciprofloxacin memiliki kemampuan daya hambat *Aeromonas hydrophila* paling tinggi dibandingkan sampel lainnya. Sampel terbaik setelah ciprofloxacin adalah sampel nanopartikel perak konsentrasi 50 ppm, tetapi sampel tersebut hanya dapat menghambat pada jam ke-60. Sampel nanopartikel perak 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, dan 40 ppm memiliki kemampuan menghambat dibawah sampel nanopartikel perak 50 ppm. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi nanopartikel perak, maka semakin besar diameter zona bening yang terbentuk. Namun, sampel nanopartikel memiliki kemampuan daya hambat dibawah ciprofloxacin, sehingga dibutuhkan peningkatan konsentrasi nanopartikel perak agar memiliki daya hambat yang sebanding dengan ciprofloxacin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen pembimbing dan pihak-pihak yang berperan penting dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, Rachimi, R., & Prasetio, E. (2021). Efektivitas Perendaman Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia cattapa L*) Pada Penyembuhan Ikan Jelawat (*Labtoobarbus hoevenii*) YANG Terinfeksi Bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Borneo Akuatika*, 3(1), 15–26. <https://doi.org/10.29406/jba.v3i1.2698>
- Arifin, A. S. (2017). Pencegahan Kematian Masal Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) Akibat Bakteri (*Pseudomonas fluorescent*) dengan Daun Beluntas (*Pluchea indica*). *Edubiotik : Jurnal Pendidikan, Biologi Dan Terapan*, 2(02), 47–51.

- Bruna, T., Maldonado-bravo, F., Jara, P., & Caro, N. (2021). Silver Nanoparticles and Their Antibacterial Applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(13), 1–21.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Gunung Kidul. (2021). Mengenal Bakteri *Aeromonas hydrophila* Penyebab Penyakit *Motile Aeromonas Septicemia* (MAS) pada Ikan. URL: <https://ppid.gunungkidulkab.go.id/berita/1831>. Diakses pada 22 November 2023.
- Dinas Ketahanan Pangan dan Perikanan Kabupaten Buleleng. (2018). Potensi Usaha Budidaya Ikan Air Tawar. URL: <https://dkpp.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/potensi-usaha-budidaya-ikan-air-tawar-4>. Diakses pada 22 November 2023.
- Djunaidah, I. S. (2017). *Tingkat Konsumsi Ikan di Indonesia: Ironi di Negeri Bahari*.
- Dwistika, R. (2018). Karakteristik Nanopartikel Perak Hasil Produksi Dengan Teknik Elektrolisis Berdasarkan Uji Spektrofotometer UV-VIS Dan Particle Size Analyzer (PSA). *Universitas Negeri Yogyakarta*, 1–76.
- Fauziyah, R. N. (2022). 7 Jenis Ikan Paling Menguntungkan untuk Dibudidaya. URL: <https://www.gramedia.com/best-seller/ikan-paling-menguntungkan-untuk-dibudidaya/>. Diakses pada 15 November 2023.
- Iravani S., Korbekandi H., Mirmohammadi S.V., & Zolfaghari B. (2014). Synthesis Of Silver Nanoparticles: Chemical, Physical And Biological Methods. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 9(6), 385-406.
- Jasmanindar, Y. (2011). Prevalensi Parasit dan Penyakit Ikan Air Tawar Yang Dibudidayakan Di Kota/ Kabupaten Kupang. *Bionatura - Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati Dan Fisik*, 13(1), 25–30.
- Khumaidi, A., & Hidayat, A. (2018). Identifikasi Penyebab Kematian Massal Ikan Gurami (*Osphronemus gouramy*) Di Sentra Budidaya Ikan Gurami, Desa Beji, Kedung Banteng, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah. *Journal of Aquaculture Science*, 3(2), 145–153.
- Lukistyowati, I., & Kurniasih. (2012). Pelacakan Gen Aerolysin dari *Aeromonas hydrophila* pada Ikan Mas yang Diberi Pakan Ekstrak Bawang Putih. *Jurnal Veteriner*, 13(1), 43–50.
- Menarianti, I., Jihad, A. H., & Sudargo. (2023). Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro Dan Komputer Diagnosa Penyakit Pada Ikan Nila Dengan Forward Chaining Berbasis Website. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro, Dan Komputer*, 3(1), 112–124.
- Nalawati, A. N., Suyatma, N. E., & Wardhana, I. (2021). Sintesis Nanopartikel Perak (NPAg) Dengan Bioreduktor Ekstrak Biji Jarak Pagar Dan Kajian Aktivitas Antibakterinya. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 32(2), 98–106. <https://doi.org/10.6066/jtip.2021.32.2.98>
- Nurhayati, L. S., Yahdiyani, N., & Hidayatulloh, A. (2020). Perbandingan Pengujian Aktivitas Antibakteri Starter Yogurt dengan Metode Difusi Sumuran dan Metode Difusi Cakram. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 1(2), 41–46.

<https://doi.org/10.24198/jthp.v1i2.27537>

- Olga. (2012). Patogenisitas Bakteri *Aeromonas hydrophila* ASB01 Pada Ikan Gabus (*Ophicephalus striatus*). *Sains Akuatik: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Perairan*, 14(1), 33–39.
- Purwaningrum, A. (2023). Kombinasi Nanopartikel Perak Ionik dan Ekstrak Daun Kelor Sebagai Bahan Antibakteri Untuk *Pseudomonas aeruginosa*. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Terapannya*, 4(1), 88–100.
- Rahman, I. S., Maftucha, & Sanoesia, E. (2018). Efektifitas Immunostimulan Ekstrak Kasar Daun Jambu Biji (*Psidium guajava*) Terhadap Histopatologi Hati Ikan Patin (*Pangasius sp.*) yang Diuji Tantang Bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Journal of Fisheries and Marine Science*, 2(2), 47–55.
- Sirajudin, A., & Rahmanisa, S. (2016). Nanopartikel Perak sebagai Penatalaksanaan Penyakit Infeksi Saluran Kemih. *Medical Journal of Lampung University*, 5, 1-5.