

**KOMBINASI NANOPARTIKEL PERAK IONIK DAN EKSTRAK DAUN KELOR
SEBAGAI BAHAN ANTIBAKTERI UNTUK *Pseudomonas aeruginosa***

**COMBINATION OF IONIC SILVER NANOPARTICLES AND MORINGA LEAF
EXTRACT AS AN ANTIBACTERIAL INGREDIENT FOR *Pseudomonas aeruginosa***

Ambarwati Purwaningrum*, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

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

Abstrak. Artikel ini melaporkan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik, konsentrasi flavonoid ekstrak daun kelor dan kombinasi keduanya terhadap daya hambat dan lama waktu bertahan pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Nanopartikel perak ionik (AgNp) dibuat menggunakan metode elektrolisis dan ekstrak daun kelor (*Moringa Oleifera*) diekstraksi menggunakan metode dekoktasi. Karakterisasi nanopartikel perak ionik dilakukan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, AAS, dan PSA, kemudian karakteristik ekstrak daun kelor (*Moringa Oleifera*) menggunakan Spektrofotometer *Visible* dan PSA. Sampel uji yang digunakan yaitu AgNp 50 ppm, Flavonoid 50 ppm, AgNp 10 ppm + Flavonoid 40 ppm, AgNp 20 ppm + Flavonoid 30 ppm, AgNp 25 ppm + Flavonoid 25 ppm, AgNp 30 ppm + Flavonoid 20 ppm, dan AgNp 40 ppm + Flavonoid 10 ppm yang selanjutnya diujikan pada bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan metode Kirby bauer Hasil uji daya hambat dan lama waktu bertahan menunjukkan semakin tinggi konsentrasi nanopartikel perak ionik dan semakin rendah konsentrasi flavonoid dalam kombinasi maka semakin besar diameter yang terbentuk dan semakin lama daya hambatnya terhadap bakteri *Pseudomonas Aeruginosa*. Nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 50ppm membentuk diameter 10,21 mm selama lebih dari 72 jam dan ekstrak daun kelor dengan konsentrasi flavonoid 50ppm membentuk diameter 7,49 mm dengan lama bertahan sampai 51 jam. Sementara itu, hasil terbaik terbaik ditunjukkan pada sampel kombinasi AgNp 40 ppm +Flavonoid 10 ppm yang membentuk diameter 11,44 mm dengan daya hambat lebih dari 72 jam. Hasil daya hambat terbaik tersebut masih dibawah kemampuan kloramfenikol sebagai control positif yang membentuk diameter zona hambat 14,16 mm dengan yang dapat bertahan selama 72 jam.

Kata Kunci: Nanopartikel perak ionik, ekstrak daun kelor (*Moringa Oleifera*), elektrolisis, flavonoid, Kirby Bauer, *Pseudomonas aeruginosa*.

Abstract. This article reports research that aims to determine the effect of ionic silver nanoparticle concentration, flavonoid concentration of Moringa leaf extract and a combination of both on the inhibitory power and length of time the growth of *Pseudomonas aeruginosa* bacteria persists. Ionic silver nanoparticles (AgNp) were made using the electrolysis method and Moringa *Oleifera* leaf extract was extracted using the decoction method. Characterization of ionic silver nanoparticles was carried out using a UV-Vis Spectrophotometer, AAS, and PSA, then characteristics of Moringa *Oleifera* leaf extract using a Visible Spectrophotometer and PSA. The test samples used were AgNp 50 ppm, Flavonoids 50 ppm, AgNp 10 ppm + Flavonoids 40 ppm, AgNp 20 ppm + Flavonoids 30 ppm, AgNp 25 ppm + Flavonoids 25 ppm, AgNp 30 ppm + Flavonoids 20 ppm, and AgNp 40 ppm + 10 ppm flavonoids which were then tested on

pesseudomonas aeruginosa bacteria using the Kirby Bauer method. The results of the inhibition test and the length of time they lasted showed that the higher the concentration of ionic silver nanoparticles and the lower the concentration of flavonoids in combination, the larger the diameter formed and the longer the inhibitory power against *Pseudomonas* bacteria. *Aeruginosa*. Ionic silver nanoparticles with a concentration of 50 ppm formed a diameter of 10.21 mm for more than 72 hours and *Moringa* leaf extract with a flavonoid concentration of 50 ppm formed a diameter of 7.49 mm and lasted up to 51 hours. Meanwhile, the best results were shown in the sample combination of AgNp 40 ppm + Flavonoid 10 ppm which formed a diameter of 11.44 mm with an inhibitory power of more than 72 hours. The best inhibitory results were still below the ability of chloramphenicol as a positive control which formed an inhibitory zone diameter of 14.16 mm which could last for 72 hours.

Keywords: *Ionic silver nanoparticles, Moringa Oleifera leaf extract, electrolysis, flavonoids, Kirby Bauer, Pseudomonas aeruginosa.*

PENDAHULUAN

Pseudomonas aeruginosa adalah salah satu bakteri patogen berbahaya yang mudah menyebar. Penyebarannya dapat terjadi secara langsung atau melalui perantara yang terkontaminasi. Bakteri ini berpotensi menyebabkan infeksi pada kulit, telinga, mata, saluran kemih, dan darah (sitasi). Selain itu penyakit infeksi kronis pada saluran pernapasan seperti, penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), cystic fibrosis, kanker paru-paru, dan ventilatorassociated pneumonia (VAP) (Shugang Qin et al., 2022). Pengobatan infeksi yang disebabkan bakteri ini biasanya diatasi dengan antibiotik. Namun, pengobatan yang tidak tepat menimbulkan resistensi terhadap antibiotik. Resistensi yang tumbuh pada bakteri *Pseudomonas aeruginosa* menyebabkan turun atau hilangnya efektivitas antibiotik sehingga kehilangan fungsi untuk mencegah atau mengobati infeksi bakteri tersebut.

Isolat *Pseudomonas aeruginosa* memiliki resistensi tinggi terhadap beberapa antibiotik. *Pseudomonas aeruginosa* resisten terhadap antibiotik sefturoksim 100%, sefalekssin 96% dan sefpirom 59% (Prastica Chely Mirda, 2020). Hasil penelitian Pachori P & Gandhi P (2019) menunjukkan bahwa *Pseudomonas aeruginosa* mengalami resistensi terhadap antibiotik golongan Sefalosporin dan Aminoglikosida. Selain itu, bakteri ini ditemukan resisten di Unit Perawatan Intensif Rumah Sakit terhadap antibiotik Amikasi 53,3% dan Seftazidim 43,3% (Bayani et al., 2012). Respon pengobatan yang lama bahkan gagal akan meningkatkan perpanjangan penyakit (prolonged illness) dan meningkatnya resiko kematian (greater risk of death) (Utami Eka Rahayu, 2011). Apabila resistensi dibiarkan maka penyebaran bakteri akan meluas menjadi masalah krisis yang berpotensi pandemi global.

Nanoteknologi mengembangkan solusi inovatif untuk mengatasi resistensi bakteri terhadap antibiotik, yaitu melalui penggunaan nanopartikel perak sebagai bahan antibakteri. Logam mulia ini memiliki kemampuan antibakteri dengan mempengaruhi 20nm sel bakteri dan menghambat pertumbuhannya (Galih Adi, 2018). Nanopartikel perak memiliki ukuran sangat kecil, berada dalam rentang 1 hingga 100 nm (Nel et al., 2006). Dengan ukuran yang sangat kecil ini, nanopartikel perak dapat menembus dinding sel bakteri dan merusaknya. Selain itu, sifat reaktif dari nanopartikel perak memungkinkannya untuk mengejar dan menghancurkan bakteri tanpa memberikan kesempatan bagi bakteri untuk berkembangnya resistensi. Ukuran partikel perak yang kecil juga menciptakan luas permukaan yang lebih besar, sehingga meningkatkan kontak antara partikel perak dan bakteri.

Ion Ag^+ diproduksi melalui proses elektrolisis. Dalam proses ini dua buah AgBr difungsikan sebagai katoda dan anoda. Molekul pada batang AgBr terionisasi menjadi Ag^+

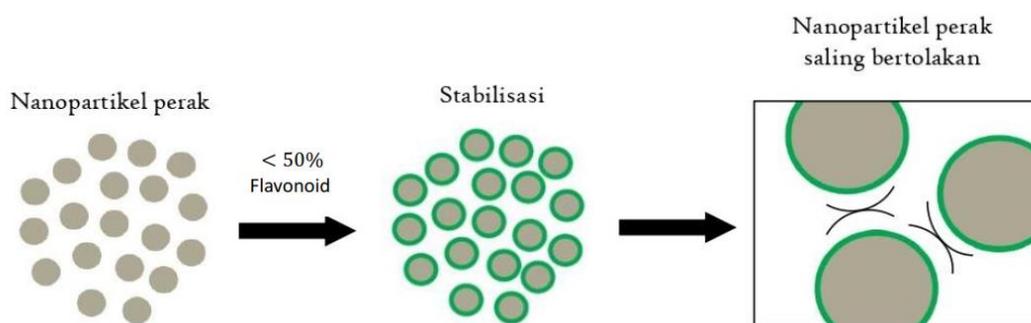
dan Br^-



Dua buah ion Br^- dalam waktu singkat membentuk gas bromium (Br_2) sementara ion perak terdispersi didalam larutan. ion ion tsb lah yang berfungsi sbg bahan antibakteri. Nanopartikel perak sebagai bahan antibakteri dimungkinkan untuk digabungkan dengan flavonoid sebagai bahan antibakteri yang lain untuk memperkuat kemampuan antibakterinya. Nanopartikel Perak memiliki sifat antibakteri yang dapat merusak dinding sel dan mengganggu metabolisme sel sukma wai 2016. Sedangkan flavonoid memiliki kemampuan antibakteri dengan mengganggu membrane sel bakteri (Sari I.P et al., 2019). Penggabungan nanopartikel perak dengan flavonoid sbg antibakteri telah menghasilkan antibakteri yang unggul dibuktikan oleh marel pada penelitannya tahun 2018.

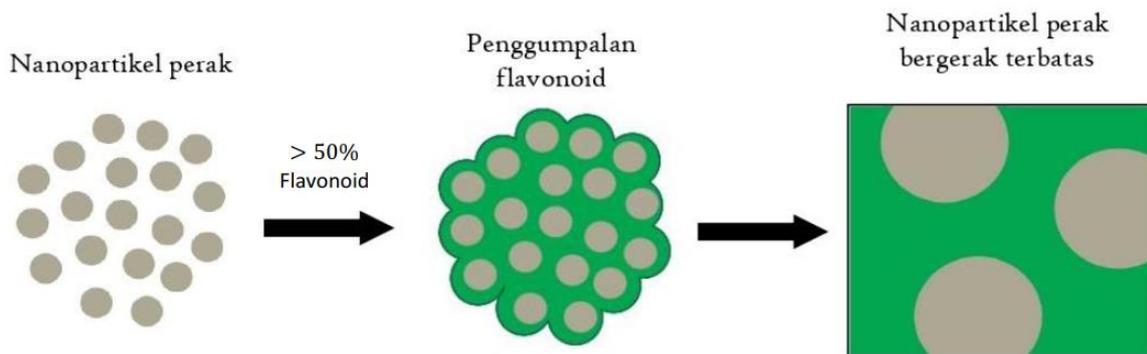
Nanopartikel perak rentan mengalami agegrasi dalam konsentrasi yang tinggi oleh karena itu dibutuhkan mekanisme untuk mencegahnya. Agegrasi yang terjadi menyebabkan turunya kemampuan antibakterinya. Agegrasi tersebut dapat dicegah dengan penambahan Flavonoid memiliki kemampuan sebagai capping agent, membentuk lapisan double layers disekitar nanopartikel sehingga tidak terjadi agegrasi. Struktur flavonoid megandung gugus hidroksil dibagian luar yang akan membentuk lapisan electricle daoubel layers di sekitar nanopartikel perak lapisan elektricel double layer tersebut saling bertolakan sehingga nanopartikel tidak mengalami agegrasi.

Gerak brown yang terjadi dalam larutan menyebabkan terjadinya tumbukan antara partikel dengan larutan dan partikel dengan partikel lainnya. Tumbukan tersebut menyebabkan adanya daya Tarik van deer walls sehingga memicu terjadinya gumpalan.



Gambar 1. Stabilisasi nanopartikel perak oleh senyawa flavonoid

Stabilitas nanopartikel perak ditentukan oleh konsentrasi flavonoid yang tepat. Konsentrasi flavonoid yang kurang tidak membentuk lapisan elektrik double layer yang cukup untuk menolek gaya tari vander wall sehingga terjadi agegrasi antar nanopartikel perak. Bila konsentrasinya lebih tinggi maka terbentuk akan emulsi sehingga menghambat gerak agnp untuk melakukan kontak dengan bakteri. semakin kecilnya kontak dengan bakteri maka semakin berkurang efektifitas nya dalam menghambat bakteri.



Gambar 2. Agregasi flavonoid dalam larutan ketika konsentrasi flavonoid lebih tinggi dari konsentrasi nanopartikel perak

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat, yaitu Laboratorium Fisika Koloid dan Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, serta Laboratorium Analisis Kimia dan Biologi Cendekia Nanotech Utama (CNH), Semarang. Penelitian ini dilaksanakan melalui tiga tahap, yaitu tahap produksi, tahap karakterisasi dan tahap aplikasi. Tahap produksi meliputi pembuatan nanopartikel perak ionik dan ekstrak daun kelor. Nanopartikel perak diproduksi menggunakan metode elektrolisis dan ekstrak daun kelor diproduksi menggunakan metode dekoktasi. Selanjutnya tahap karakterisasi, dimana sampel nanopartikel perak diuji menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, AAS dan PSA. Sedangkan ekstrak daun kelor dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer Visible dan PSA. Kemudian dilanjutkan tahap aplikasi, dimana sampel diujikan pada bakteri *Pseudomonas aeruginosa* sebagai bakteri uji menggunakan metode disk diffusion Kirby bauer. Variabel penelitian untuk mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik dan flavonoid ekstrak daun kelor terhadap daya hambat bakteri uji meliputi variable bebas yaitu konsentrasi nanopartikel perak ionik dan flavonoid ekstrak daun kelor, variable terikat yaitu diameter zona hambat dan variable terkontrol yaitu suhu, jenis bakteri dan ukuran peper disk blank. Sedangkan variable dalam menentukan pengaruh konsentrasi terhadap lamanya waktu bertahan dalam menghambat bakteri meliputi variable bebas yaitu, konsentrasi nanopartikel perak ionik dan flavonoid (ppm variable terikat yaitu waktu pengamatan dan variable terkontrol yaitu diameter zona hambat, suhu, jenis bakteri dan ukuran peper disk blank.

A. Nanopartikel Perak Ionik

1. Proses produksi nanopartikel perak ionik

Pembuatan nanopartikel perak dilakukan dengan metode elektrolisis. Metode ini menggunakan dua batang perak yang dicelupkan ke dalam 500ml aquades dan dialiri tegangan 30V selama 50 menit. Selama proses elektrolisis, setiap 10 menit larutan di ukur menggunakan TDS dan EC meter dan batang perak dibersihkan menggunakan larutan carbo cleaner kemudian dibilas menggunakan aquades. Pengukuran konsentrasi dalam ppm dan konduktivitas listrik pada larutan nanopartikel perak menggunakan alat Total Disolved Solid (TDS). Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui bahwa larutan nanopartikel perak bersifat ionik serta untuk mengetahui nilai konduktivitasnya.

2. Proses karakterisasi nanopartikel perak ionik

Karakterisasi nanopartikel perak meliputi:

- a. Spektrofotometer UV-Vis menganalisis pembentukan nanopartikel perak menggunakan

Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, UV-3600i Plus) dengan mengatur serapan campuran pada panjang gelombang antar 200-800 nm.

- b. Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) menganalisis serapan atom nanopartikel perak dilakukan menggunakan spektroskopi serapan atom (Shimadzu AA-7000) dengan lampu katoda berongga Ag pada garis analisis 328,07 nm.
- c. Penentuan ukuran partikel dilakukan dengan menggunakan Particle Size Analyzer (PSA)Psa (Microtrac Nanotract Wave II). Instrument ini menggunakan teknik Dynamic Light Scattering untuk menentukan diameter partikel dengan asumsi bahwa partikel kecil yang diamati memiliki bentuk seperti bola.

B. Ekstrak Daun Kelor

1. Proses produksi ekstrak daun kelor

Metode yang digunakan dalam pembuatan ekstrak daun kelor yaitu dekoktasi atau ekstraksi herbal dengan merebus bahan-bahan di dalam air. Proses produksi ekstrak daun kelor diawali dengan mencuci 100gr daun kelor dengan air mengalir dan dimasukkan kedalam beaker glass ukuran 2000ml. Kemudian memasukkan aquades ke dalam beaker glass yang berisi daun kelor hingga mencapai 1000ml. Perebusan dilakukan dengan suhu 90°C sampai volume berkurang. Hasil rebusan kemudian disaring untuk memisahkan larutan dari ampasnya menggunakan saringan dan kertas saring. Selanjutnya, larutan tersebut dipanaskan selama 5 menit untuk menghilangkan kuman karena penggunaan saringan. Kemudian, dilanjutkan tahap sentrifugasi pada larutan ekstrak daun kelor dengan kecepatan 4000rpm selama 120 menit untuk mengendapkan daun kelor yang tidak tersaring. Selanjutnya mengambil bagian supernatant hasil sentrifugasi dan disaring kembali menggunakan milipore 0,22µm dengan tujuan mendapatkan larutan nanopartikel. Larutan kemudian dianalisis dengan Spektrofotometer Visible sehingga diketahui konsentrasi flavonoid yang terkandung dalam 125 g/l yaitu sebesar 20,449 ppm.

2. Proses karakterisasi ekstrak daun kelor

Karakterisasi ekstrak daun kelor meliputi :

- a. Spektrofotometer Visible menganalisis kandungan flavonoid menggunakan Spektrofotometer Visible (Vernier GO Direct) menggunakan metode uji almunium klorida ($AlCl_3$) dengan kuersetin sebagai larutan standar. Pengukuran dan pembacaan absorbansi pada sampel ekstrak daun kelor dilakukan pada panjang gelombang yang sesuai dengan absorbansi kuersetin tertinggi yaitu 435nm.
- b. Particle Size Analyzer (PSA) mengkarakterisasi ukuran partikel larutan ekstrak daun kelor yang dilakukan menggunakan analisis ukuran partikel (Microtrac Nanotract Wave II) dengan pengaturan suhu 25°C. Parameter yang ditetapkan, yaitu sudut hamburan 90° dan viskositas 0,895 cp.

C. Kombinasi Nanopartikel Perak Ionic Dan Ekstrak Daun Kelor

Pencampuran nanopartikel perak dan ekstrak daun kelor dilakukan dengan menggunakan perbandingan volume nanopartikel perak dan ekstrak daun kelor berturut-turut yaitu, 5ml : 20ml; 15ml : 10ml ; 12, 5ml : 12,5ml ; 10ml : 15ml dan 20ml : 5ml dengan konsentrasi sama yaitu 50ppm. Pencampuran tersebut menghasilkan 5 sampel berbeda, yaitu AgNp 40ppm + Flavonoid 10ppm, AgNp 30ppm + Flavonoid 20ppm, AgNp 25ppm + Flavonoid 25ppm, AgNp 20ppm + Flavonoid 30ppm dan AgNp 10ppm + Flavonoid 40ppm.

D. Proses pengujian antibakteri

Pengujian antibakteri nanopartikel perak ionic dengan. Metode ini dilakukan dengan mengamati dan mengukur diameter zona bening masing2 konsentrasi sampel dan dilakukan

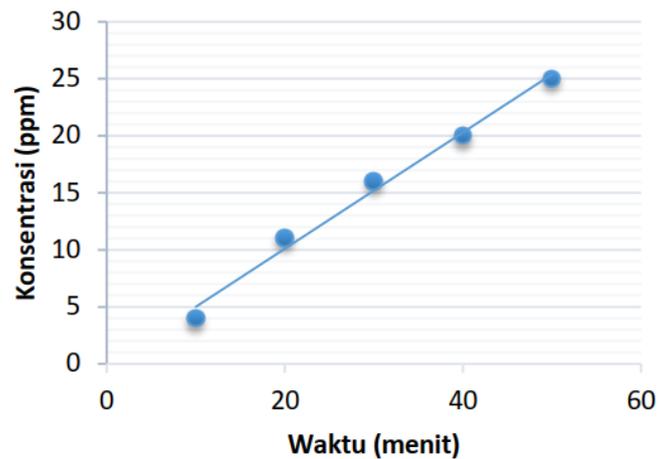
setiap 3 jam sekali selama 72 jam. Hasil tersebut dibandingkan dengan control positif kloramfenikol dan control negative aquades.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Nanopartikel Perak Ionik

1. Produksi nanopartikel perak ionik

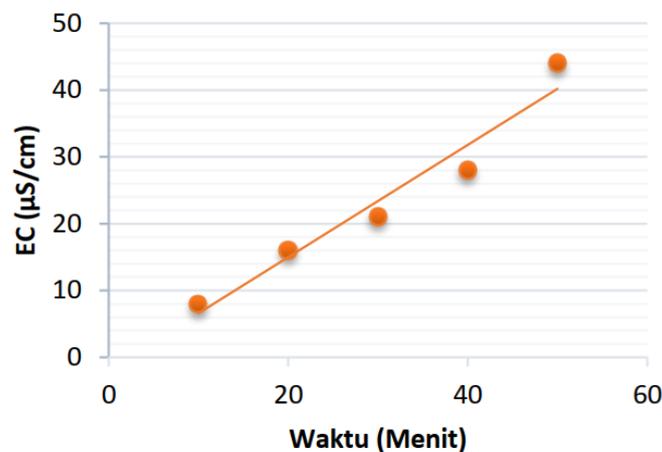
Bahan pelarut nanopartikel perak ionik yang digunakan yaitu aquades. Larutan tersebut sebelum di elektrolisis menunjukkan partikel padat terlarutnya terukur TDS dan EC meter sebesar 0ppm. Setelah dilakukan proses elektrolisis, terukur partikel padat terlarut dengan alat yang sama. Gambar 3 menunjukkan hubungan pengaruh waktu terhadap konsentrasi larutan.



Gambar 3. Grafik hubungan pengaruh waktu terhadap konsentrasi nanopartikel perak ionik selama proses elektrolisis

Gambar 3 menunjukkan bahwa adanya kenaikan konsentrasi larutan (ppm) seiring bertambah lamanya waktu elektrolisis. Hal ini boleh jadi semakin lama proses elektrolisis dilakukan maka semakin banyak ion Ag^+ yang terbentuk, sehingga konsentrasi larutan pun semakin meningkat.

Konduktivitas listrik atau Electric Conductivity menunjukkan sifat ionik suatu larutan dengan mendeteksi muatan dalam larutan tersebut. Gambar 2 menunjukkan grafik hubungan antara lama waktu elektrolisis dengan nilai konduktivitas listrik :



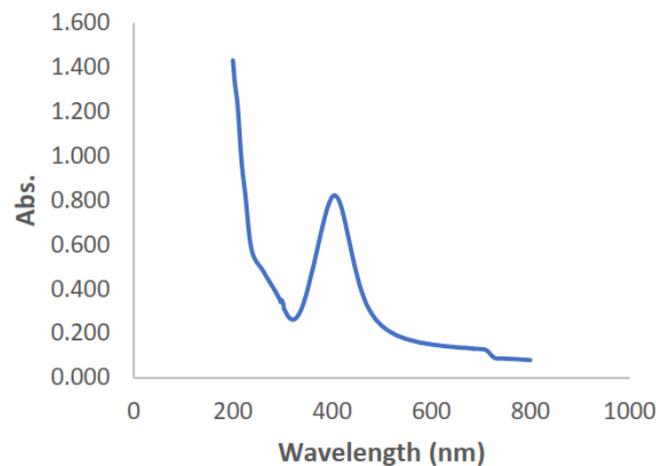
Gambar 4. Grafik hubungan pengaruh waktu terhadap konduktivitas nanopartikel perak ionik selama proses elektrolisis

Grafik pada gambar 4 menunjukkan konduktivitas listrik nanopartikel perak semakin naik seiring bertambah lamanya waktu elektrolisis. Hal tersebut boleh jadi dikarenakan jumlah ion yang terbentuk meningkat karena proses elektrolisis yang berlangsung (Irwan, et all. 2016). Dengan adanya ion ion penghantar listrik dalam larutan menandakan larutan tersebut memiliki muatan dan bersifat ionik.

2. Hasil karakterisasi nanopartikel perak ionik

a. Uji Spektrofotometer UV-Vis

Pengujian Spektrofotometer dilakukan untuk mengetahui adanya kandungan nanopartikel perak dalam larutan. Dalam hal ini dilakukan pengujian terhadap pengaruh panjang gelombang terhadap absorbansi. Panjang gelombang yang digunakan yaitu 200-800 nm. Hasil uji Spektrofotometer UV-Vis ditunjukkan pada gambar 3.



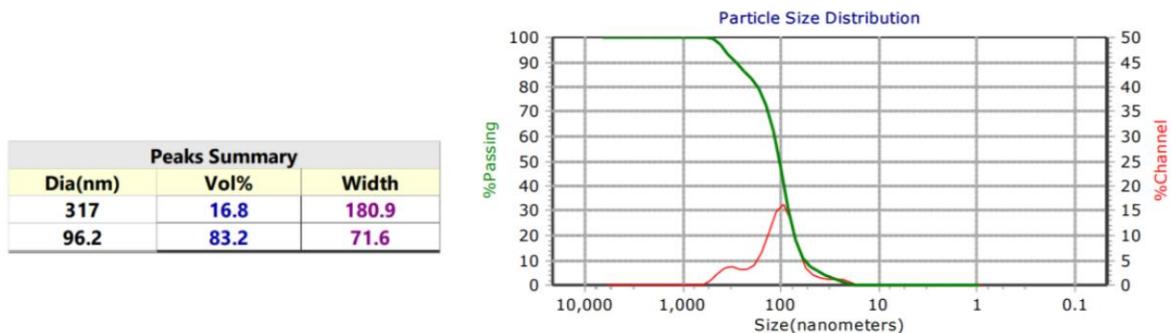
Gambar 5. Hasil uji Spektrofotometer UV-Vis nanopartikel perak ionik

b. Uji AAS (Atomic Absorption Spektrofotometer)

Pengujian menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (Atomic Absorption Spectrophotometer) dilakukan untuk menganalisis secara kuantitatif kandungan nanopartikel perak dalam larutan. Sampel nanopartikel perak diencerkan dua puluh kali sebelum dilakukan uji agar tidak terlalu pekat. Setelah diuji, didapatkan konsentrasi perak dari sampel 50ppm yaitu sebesar 52,198 ppm.

c. Uji PSA (Particle Siza Analyzer)

Pengujian menggunakan PSA dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel dalam larutan. Hasil uji PSA diperoleh hasil sebagai berikut.



Gambar 6. Hasil uji PSA nanopartikel perak ionik

Gambar 6 menunjukkan hasil pengukuran PSA diperoleh ukuran nanopartikel perak ionik

dengan konsentrasi 50ppm adalah 96,2 nm. Salah satu hasil uji tersebut menunjukkan bahwa ukuran partikel dengan volume terbanyak memiliki ukuran dibawah 100 nm. Hal tersebut sesuai dengan teori yang ada, dimana bahan dapat digolongkan sebagai nanopartikel jika memiliki ukuran yang bekisar antara 1-100 nm (Jumini, 2017). Namun, terdapat ukuran partikel perak lainnya yang terdeteksi oleh PSA. Hal tersebut oleh jadi disebabkan karena nanopartikel perak ionic yang diujikan tidak homogen. Kondisi larutan yang tidak homogen boleh jadi disebabkan jarak waktu antara produksi larutan dengan uji PSA cukup lama.

B. Ekstrak Daun Kelor

1. Hasil Karakterisasi Ekstrak Daun Kelor

a. Uji Spektrofotometer Visible

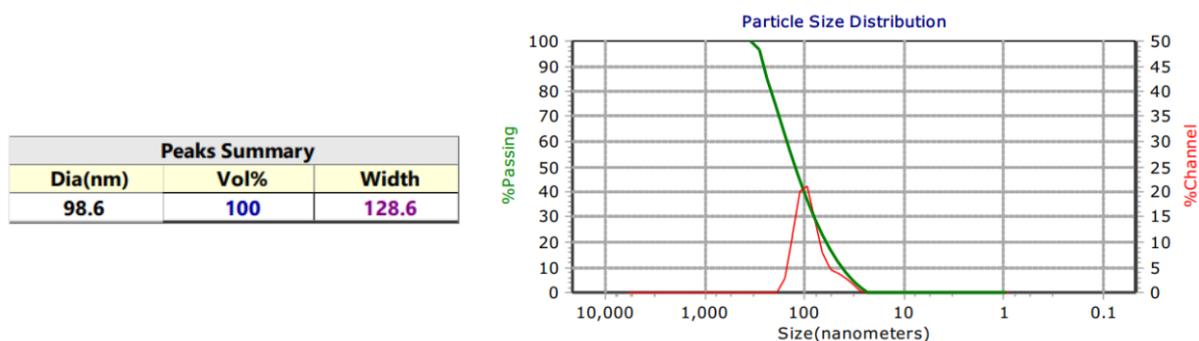
Pengujian Spektrofotometer Visible dilakukan untuk mengetahui kandunga flavonoid dalam larutan.

Sampel	Absorbansi	ug QE/g	mg QE/g	%Flavonoid
Ekstrak Kelor	0,379	20390,071	20,390	2,039
	0,38	20449,173	20,449	2,045
	0,381	20508,274	20,508	2,051

Gambar 7. Hasil uji Spektrofotometer Visible ekstrak daun kelor

b. Uji PSA (Particle Siza Analyzer)

Pengujian menggunakan PSA dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel dalam larutan. Hasil uji PSA diperoleh hasil sebagai berikut :



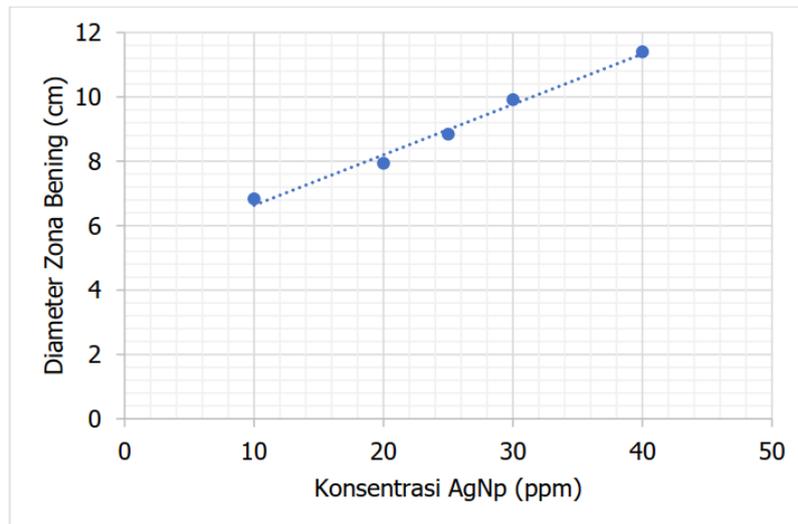
Gambar 8. Hasil uji PSA ekstrak daun kelor

Gambar 6 menunjukkan hasil pengukuran PSA diperoleh ukuran ekstrak daun kelor dengan konsentrasi flavonoid 50ppm adalah 98,6 nm. Hal tersebut menunjukkan bahwa ukuran partikel dengan volume terbanyak memiliki ukuran dibawah 100 nm yang sesuai dengan teori yang ada, dimana bahan dapat digolongkan sebagai nanopartikel jika memiliki ukuran yang bekisar antara 1-100 nm (Jumini, 2017).

C. Hasil pengujian antibakteri

Pengujian antibakteri dilakukan menggunakan metode Disk Diffusion Kirby Bauer untuk mengetahui pengaruh konsentrasi sampel dalam menghambat pertumbuhan bakteri Pseudomonas aeruginosa meliputi daya hambat dan lama waktu bertahan. Sampel yang

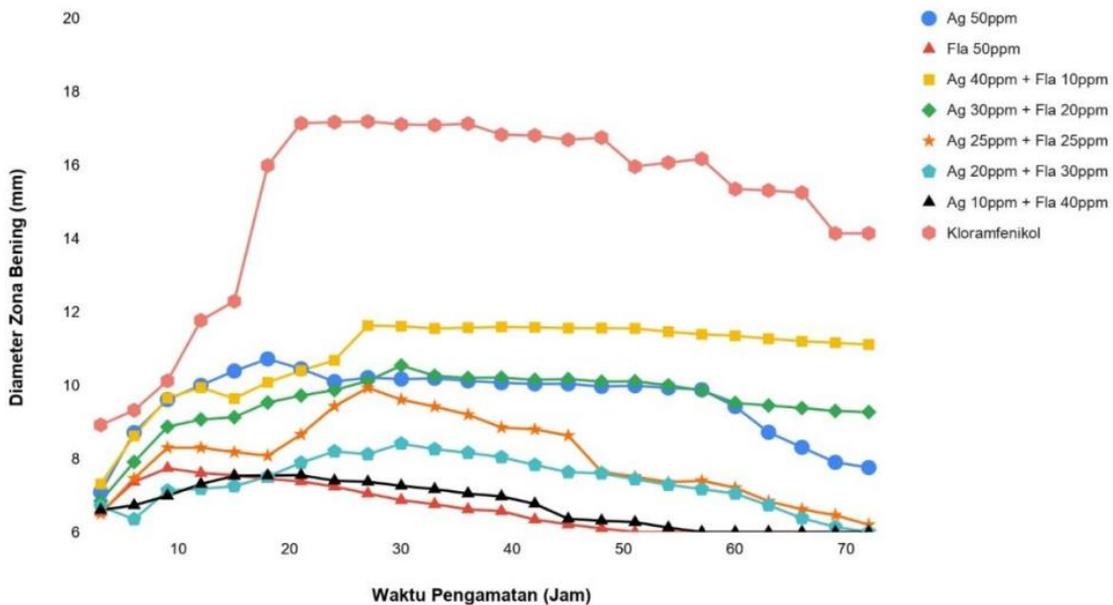
diujikan meliputi AgNp dengan konsentrasi 50ppm, ekstrak daun kelor dengan konsentrasi flavonoid 50ppm serta kombinasi keduanya dengan konsentrasi kandungan yang sama dan perbandingan volume yang berbeda yaitu 5ml : 20ml ; 15ml : 10ml dan 12,5ml : 12,5ml, sehingga sampel kombinasi meliputi AgNp 40ppm +Flavonoid 10ppm, AgNp 30ppm +Flavonoid 20ppm, AgNp 25ppm +Flavonoid 25ppm, AgNp 20ppm +Flavonoid 30ppm, dan AgNp 10ppm +Flavonoid 40ppm. Selain itu, penelitian ini juga melibatkan penggunaan khloramfenicol sebagai control positif dan aquades sebagai control negatif.



Gambar 9. Grafik hubungan antara konsentrasi AgNp dengan diameter zona hambat

Grafik pada gambar 9 dapat dilihat adanya peningkatan yang signifikan pada diameter zona bening seiring dengan meningkatnya konsentrasi nanopartikel perak ionik (AgNp). Hal ini oleh jadi karena semakin besar konsentrasi nanopartikel perak maka semakin banyak ion perak (Ag+) yang menyerang bakteri uji. Sehingga ion-ion perak tersebut mampu membebaskan daerah yang lebih luas dari bakteri *Pseudomonas aeruginosa*.

Konsentrasi AgNp dalam kombinasi memiliki perbandingan terbalik dengan konsentrasi flavonoid. Sehingga dapat ditarik kesimpulan semakin rendah konsentrasi flavonoid dalam larutan kombinasi maka diameter zona beningnya semakin besar. Hal tersebut boleh jadi disebabkan adanya agregasi flavonoid yang menyebabkan semakin banyak flavonoid maka semakin besar emulsi yang terbentuk. Larutan ekstrak yang dominan tanpa berperan sebagai capping agent (mencegah penggumpalan nanopartikel perak), menyebabkan ukuran partikel menjadi lebih besar (Purnamasari Gusti Ayu Putu Prima et al., 2021). Ketika emulis terbentuk karena flavonoid, boleh jadi lapisan capping agent yang seharusnya terbentuk di sekitar nanopartikel perak menjadi tidak terbentuk. Flavonoid yang tinggi beresiko mengalami penggumpalan akibat sifat fisik yang dimilikinya yaitu kekentalan (viskositas). Semakin tinggi konsentrasi flavonoid maka semakin tinggi viskositas larutan. Hal tersebut mengakibatkan nanopartikel perak terjebak di dalam gumpalan flavonoid sehingga tidak dapat kontak dengan bakteri.



Gambar 10. Grafik hubungan antara konsentrasi terhadap lama waktu bertahan dalam menghambat pertumbuhan bakteri

Pada penelitian ini, setiap konsentrasi sampel menunjukkan daya tahan yang berbeda dalam menghambat pertumbuhan bakteri uji selama lama waktu bertahan. Kloramfenikol sebagai control positif mampu menghambat bakteri selama lebih dari 72 jam. Beberapa sampel seperti AgNp 50 ppm, kombinasi AgNp 40 ppm + Flavonoid 10 ppm, dan AgNp 30 ppm + Flavonoid 20 ppm juga mampu menghambat bakteri selama lebih dari 72 jam. Sedangkan sampel lainnya seperti Flavonoid 50 ppm, AgNp 20 ppm + Flavonoid 30 ppm, dan AgNp 10 ppm + Flavonoid 40 ppm memiliki lama waktu bertahan yang berbeda-beda, yaitu 51 jam, 69 jam, dan 57 jam dalam menghambat pertumbuhan bakteri uji. Lama waktu bertahan boleh jadi disebabkan pengaruh tingginya konsentrasi nanopartikel perak dan rendahnya konsentrasi flavonoid yang menentukan antibakteri lebih unggul sehingga mampu melawan bakteri lebih luas dan lama.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa hasil uji daya hambat nanopartikel perak ionik, ekstrak daun kelor dan kombinasi keduanya terhadap pertumbuhan bakteri *Pseudomonas Aeruginosa* yaitu menunjukkan sampel kombinasi yang paling efektif yaitu pada sampel AgNp 40ppm+Flavonoid 10ppm dengan diameter zona hambat sebesar 11,44mm. Kemampuan menghambat pertumbuhan sampel kombinasi tersebut masih 32,6% berada dibawah kemampuan kloramfenikol dimana diameter yang terbentuk yaitu 14,16mm. Boleh jadi dengan meningkatkan 35% konsentrasi nanopartikel perak akan melampaui kemampuan daya hambat kloramfenikol. Sedangkan sampel dengan kemampuan waktu bertahan lebih dari 72jam yaitu AgNp 50ppm, AgNp 40ppm + Flavonoid 10ppm dan AgNp 30ppm + Flavonoid 20ppm. Lama daya tahan sampel tersebut sama dengan kemampuan daya tahan kloramfenikol dalam menghambat bakteri uji yaitu lebih dari 72 jam.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- Bayani, M., Siadati, S., Rajabnia, R., & Taher, A. A. (2012). Drug Resistance of pseudomonas aeruginosa and enterobacter cloaceae isolated from ICU. *Babol, Northern Iran*.
- Galih Adi. (2018). *Uji Nanopartikel Perak Ionik dan Koloid Perak Ionik sebagai Bahan Antibakteri dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri Bacillus Cereus*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Nel, A., Xia, T., Mädler, L., & Li, N. (2006). Toxic Potential of Materials at the Nanolevel. *Science*, 311(5761), 622–627. <https://doi.org/10.1126/science.1114397>
- Pachori P, & Gandhi P. (2019). Emergence of antibiotic resistance Pseudomonas aeruginosa in intensive care unit. *Genes Dis*, 6.
- Prastica Chely Mirda. (2020). *PROFIL PENGGUNAAN ANTIBIOTIK DAN RESISTENSI UNIT PERAWATAN INTENSIF DI INDONESIA: KAJIAN PUSTAKA*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Sari I.P, Raahmawati I.M, & Suryani A. (2019). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Kelor (Moringa oleifera Lam.) Terhadap Bakteri Patogen. *Prosiding Seminar Nasional Biologi (SNB) UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, 2, 157–163.
- Shugang Qin, Qingyun Li, Fangfang Liu, Jiao Liu, Jing Sun, Yijun L.V, Xiaoling Li, & Lijun Wang. (2022). Nanoparticles for the Treatment of Respiratory Diseases: Current Status and Future Perspectives. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10(901).
- Utami Eka Rahayu. (2011). Antibiotik, Resistensi, dan Rasionalitas Terapi. *El - Hayah*, 1(4), 191–198.