

Green Synthesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Biji Buah Bungong Jeumpa Aceh sebagai Antibakteri pada *Hand Sanitizer*

End Redy Jannah Mangkay¹, Al Farel Octa Setiawan², Fachrul Razi^{3*}

^{1,2,3}Jurusan Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh Indonesia

*Koresponden email: fachrurrazi@che.unsyiah.ac.id

Diterima: 31 Maret 2023

Disetujui: 8 April 2023

Abstract

Terpenoid compounds found in plants can reduce the size of silver particles to the nanoscale. This study aims to evaluate the effect of AgNO₃ concentration on the size of silver nanoparticles and the properties and antibacterial activity of silver nanoparticles produced from the bioreduction of Bungong Jeumpa (*Michelia champaca*) fruit seed extract. Green synthesis in this study was carried out with variations of AgNO₃ concentrations of 0.5 mM, 1.0 mM, and 1.5 mM. The resulting silver nanoparticles were evaluated using a UV-Vis spectrophotometer and PSA (particle size analyzer). Characterization using UV-Vis spectrophotometer revealed that the maximum absorbance of silver nanoparticles occurred at a wavelength of 366 nm. Characterization of the size distribution of silver nanoparticles using a particle size analyzer (PSA) showed that the precursor concentration of AgNO₃ at 1.0 mM produced the best size distribution of silver nanoparticles (size distribution of 345.4 nm). Antibacterial silver nanoparticles were formulated into hand sanitizer. The antibacterial activity test of silver nanoparticles showed that the most optimal hand sanitizer formulation was adding silver nanoparticles at a precursor concentration of AgNO₃ at 1.0 mM resulted in a 64.76% reduction in bacterial colonies.

Keywords: *michelia champaca*, *green synthesis*, *bioreductan*, *silver nanoparticles*, *antibacterial*

Abstrak

Senyawa terpenoid yang ditemukan dalam tumbuhan dapat mengurangi ukuran partikel perak menjadi ukuran nanometer. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efek dari konsentrasi AgNO₃ pada ukuran nanopartikel perak, serta mempelajari sifat dan aktivitas antibakteri nanopartikel perak yang dihasilkan dari bioreduktor ekstrak biji buah Bungong Jeumpa (*Michelia champaca*). *Green synthesis* pada penelitian ini dilaksanakan dengan variasi konsentrasi AgNO₃ sebesar 0,5 mM, 1,0 mM, dan 1,5 mM. Nanopartikel perak yang dihasilkan selanjutnya dievaluasi menggunakan PSA dan spektrofotometer UV-Vis. Karakterisasi menggunakan spektrofotometer Uv-Vis mengungkapkan bahwa absorbansi maksimum nanopartikel perak terjadi pada panjang gelombang 366 nm. Karakterisasi distribusi ukuran nanopartikel perak menggunakan *particel size analyzer* (PSA) menunjukkan bahwa konsentrasi prekursor AgNO₃ 1,0 mM menghasilkan ukuran nanopartikel perak yang paling baik (distribusi ukuran sebesar 345,4 nm). Nanopartikel perak yang bersifat antibakteri diformulasikan ke dalam *hand sanitizer*, hasil uji aktivitas antibakteri nanopartikel perak menunjukkan bahwa formulasi *hand sanitizer* yang paling optimal adalah dengan penambahan nanopartikel perak dengan konsentrasi prekursor AgNO₃ 1,0 mM. Formulasi tersebut menghasilkan persentase penurunan koloni bakteri sebesar 64,76%.

Kata kunci: *bungong jeumpa*, *green synthesis*, *bioreduktor*, *nanopartikel perak*, *antibakteri*

1. Pendahuluan

Bungong Jeumpa (*Michelia campacha*) biasa dikenal dengan nama bunga cempaka kuning, merupakan tumbuhan khas Aceh yang memiliki aroma yang unik. Di Aceh sendiri Bungong Jeumpa digunakan dalam berbagai upacara adat, sebagai bahan baku pembuatan minyak wangi dan obat tradisional. Dikarenakan minimnya penelitian tentang tanaman ini di Indonesia, keunggulan lain dari Bungong Jeumpa terutama bagian bijinya masih belum banyak diketahui oleh masyarakat umum, padahal biji buah tanaman ini mempunyai manfaat yang luas dalam berbagai aspek seperti sebagai agen pereduksi ion logam dalam produksi nanopartikel [1]. Biji buah Bungong Jeumpa banyak mengandung senyawa terpenoid dan tanin [2], dimana terpenoid merupakan senyawa yang berfungsi sebagai pereduksi ion logam yang berperan terhadap ukuran dan bentuk nanopartikel yang disintesis [3].

Nanopartikel adalah partikel yang memiliki ukuran dalam skala nanometer. Nanopartikel mempunyai perbandingan luas permukaan yang besar terhadap volume dan mempunyai karakteristik fisika

dan kimia yang khas [4]. Saat ini tersedia tiga teknik yang telah dikembangkan dalam pembuatan nanopartikel yaitu: *physical*, *chemical* dan *green synthesis*. Proses fisika (*physical synthesis*) memerlukan peralatan yang berbiaya mahal, serta memerlukan tekanan dan suhu yang tinggi. Sintesis dengan proses kimia (*chemical synthesis*) berdampak buruk bagi lingkungan dan kehidupan diakibatkan pemakaian bahan kimia yang bersifat *toxic*. Akibat kekurangan ini, maka dipilih proses *green synthesis* yang lebih ramah lingkungan dan tidak memerlukan biaya yang tinggi [5]. Perak merupakan salah satu jenis logam yang dapat diproduksi dalam skala nanometer. Perak termasuk salah satu jenis logam yang dapat diproduksi dalam skala nanometer. Penggunaan nanopartikel perak sangat menguntungkan karena tidak berdampak buruk bagi kesehatan manusia pada konsentrasi yang rendah dan juga memiliki sifat antibakteri [6].

Dalam penelitian ini, nanopartikel perak akan dicampurkan ke dalam *hand sanitizer* sebagai bagian dari upaya pengembangan produk yang dapat bermanfaat bagi kehidupan. Penggunaan biji buah Bungong Jeumpa diharapkan dapat meningkatkan pemahaman masyarakat tentang manfaat dan pentingnya melestarikan tumbuhan ini. Dikarenakan hal tersebut maka perlu dilaksanakan penelitian dan publikasi sehingga pemanfaatan tanaman Bungong Jeumpa dapat dioptimalkan.

2. Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah blender, ayakan 40 mesh, timbangan, spatula, *hotplate*, *magnetic stirrer*, gelas kimia, pipet volume, bola hisap, gelas ukur, labu ukur, botol vial, piknometer, cawan petri, *autoclave*, *clean bench* dan inkubator. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah biji buah Bungong Jeumpa sebagai bioreduktor, AgNO_3 (Merck, *pro analyst*) sebagai prekursor, aquades, aluminium foil, kertas saring, *shea butter* sebagai emolien yang berfungsi melembutkan kulit, gliserin sebagai humektan yang berfungsi melembapkan kulit, *guar gum* sebagai bahan pengental pada *hand sanitizer* dan *nutrient agar* (Oxoid, *peptone* 5,0 g/L; *yeast extract* 2,0 g/L; *powder* 1,0 g/L; *sodium chloride* 5,0 g/L dan *agar* 15,0 g/L)

Prosedur Penelitian

Preparasi Biji Buah Bungong Jeumpa

Biji yang diperoleh dibersihkan dari kotoran yang melekat, dicuci, ditiriskan dan dikeringkan pada temperatur ruang selama 10 hari. Biji yang telah kering selanjutnya dihaluskan menjadi serbuk lalu diayak menggunakan ayakan 40 *mesh*, selanjutnya ditempatkan dalam wadah tertutup pada suhu kamar.

Prosedur Ekstraksi pada Biji Buah Bungong Jeumpa

Serbuk biji buah Bungong Jeumpa ditimbang sebanyak 10 gram kemudian dicampur dengan 50 mL *aquadest* ke dalam gelas kimia, ditutup dengan *aluminium foil*, kemudian dipanaskan memakai *hot plate* hingga mendidih. Setelah itu campuran didiamkan hingga mencapai suhu ruang dan ekstrak diambil dengan cara filtrasi menggunakan kertas saring. Filtrat kemudian diambil dan langsung digunakan pada proses *green synthesis* nanopartikel perak [7].

Green Synthesis Nanopartikel Perak

Larutan prekursor yang digunakan adalah AgNO_3 dengan konsentrasi 0,5; 1,0 dan 1,5 mM. Pada pembuatan larutan prekursor ditimbang AgNO_3 sebanyak 0,016; 0,032 dan 0,0064 gram, setelah itu setiap larutan dilarutkan dalam 250 mL *aquadest*, sehingga didapatkan larutan prekursor AgNO_3 dengan konsentrasi 0,5; 1,0 dan 1,5 mM. Proses *green synthesis* dilakukan dengan cara mencampurkan hasil ekstrak biji buah Bungong Jeumpa sebagai agen pereduksi dengan larutan prekursor AgNO_3 . Pencampuran dilakukan dengan perbandingan 5 mL ekstrak biji buah Bungong Jeumpa dengan 45 mL larutan AgNO_3 , kemudian campuran diaduk menggunakan *stirrer* selama 30 menit [8]. Diamati perubahan warna yang terjadi pada waktu reaksi 0 jam dan 24 jam. Indikasi terbentuknya nanopartikel dapat dilihat dari perubahan warna dari yang awalnya berwarna kuning muda menjadi kecokelatan [9]. Koloid nanopartikel perak kemudian dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan *particle size analyzer*. Selanjutnya koloid nanopartikel perak digunakan dalam formulasi pembuatan *hand sanitizer*.

Pembuatan Hand Sanitizer

Pembuatan *hand sanitizer* diawali dengan penyiapan 77,1 gram *aquadest* dalam gelas kimia dan ditambahkan 0,7 gram *guar gum* (agen pembentuk gel). Larutan kemudian dipanaskan untuk pada suhu 50 °C dengan pengadukan selama 30 menit. Larutan kemudian didiamkan hingga mencapai suhu ruangan. Kemudian ditambahkan 2 gram emolien, 1 gram nanopartikel perak dan 7 gram gliserin ke dalam larutan, dan dilakukan pengadukan selama 30 menit [10]. *Hand sanitizer* selanjutnya didiamkan selama 2 jam dan kemudian diuji untuk aktivitas antibakterinya.

Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Koloid nanopartikel perak di analisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis yang berfungsi dalam identifikasi nanopartikel yang terbentuk berdasarkan nilai absorbansi dan panjang gelombang [11]. Pengujian ini dilakukan terhadap koloid nanopartikel perak yang terbentuk dengan variasi konsentrasi prekursor AgNO_3 0,5; 1,0 dan 1,5 mM dengan waktu reaksi 0 dan 24 jam, sehingga nilai absorbansi maksimum dan panjang gelombang dalam setiap variasi sampel dapat diketahui. Pada karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, larutan blanko yang digunakan adalah larutan *aquadest* [12].

Karakterisasi Menggunakan Particle Size Analysis

Untuk mengetahui distribusi ukuran rata-rata dari koloid nanopartikel perak, digunakan analisis menggunakan PSA. PSA menggunakan metode *dynamic light scattering* (DLS) yang memanfaatkan hamburan inframerah [13]. Pengujian ini dilakukan terhadap koloid nanopartikel perak yang terbentuk dengan variasi konsentrasi prekursor AgNO_3 0,5; 1,0 dan 1,5 mM, sehingga ukuran rata-rata nanopartikel perak yang terbentuk dapat diketahui.

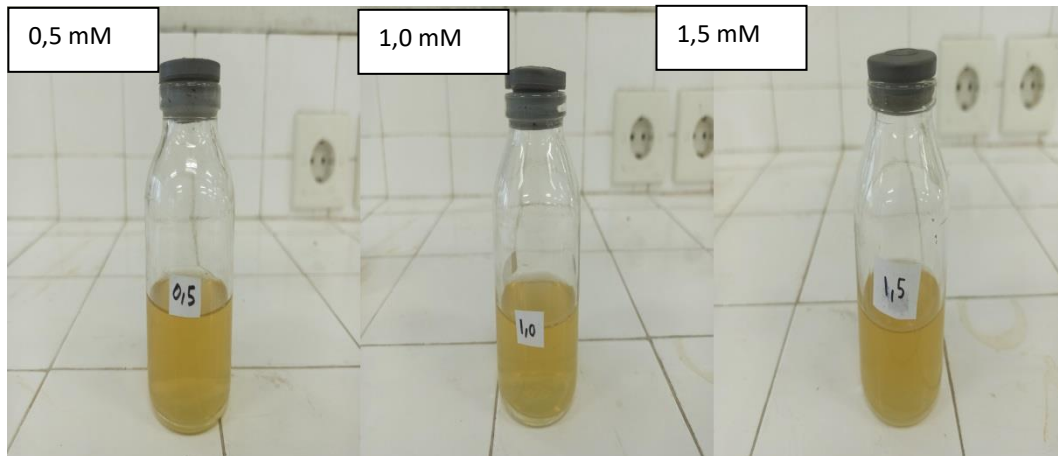
Uji Aktivitas Antibakteri

Pengujian antibakteri dimulai dengan menyiapkan media agar dengan cara menimbang 3 gram nutrisi agar dan larutkan dengan 150 mL akuades dalam erlenmeyer yang ditutup dengan aluminium foil. Kemudian, dipanaskan menggunakan hot plate hingga mendidih. Larutan agar dan cawan petri steril disterilkan dengan *autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah sterilisasi selesai, larutan agar dituang ke dalam cawan petri dan dibiarkan mengeras. Selanjutnya, telapak tangan dicuci dan dikeringkan, lalu disentuh pada media di dalam cawan petri sebagai kontrol jumlah koloni bakteri. Pada pengujian selanjutnya, telapak tangan kembali dicuci dan dikeringkan, kemudian *hand sanitizer* diteteskan sesuai formulasi, diratakan pada telapak tangan, dan dibiarkan selama satu menit. Setelah itu, sidik ibu jari diaplikasikan pada media dalam cawan petri yang berbeda. Media ditempatkan pada suhu 37°C selama 24 jam [14] dan jumlah koloni bakteri dihitung sebagai hasil pengujian.

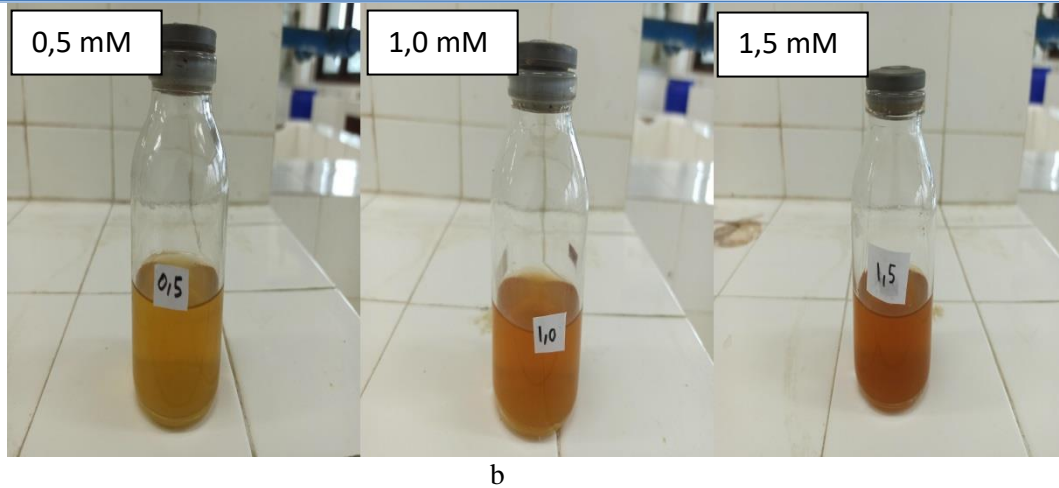
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Green Synthesis Nanopartikel Perak

Pembentukan nanopartikel perak dapat diketahui secara kualitatif yang ditandai dengan perubahan warna larutan campuran prekursor AgNO_3 dengan ekstrak biji buah Bungong Jeumpa dari yang awalnya berwarna kuning pada awal pencampuran menjadi kecokelatan setelah 24 jam seperti yang ditampilkan pada **Gambar 1**.



a



Gambar 1. Warna Larutan Sampel pada Variasi Konsentrasi Prekursor AgNO_3 dengan Waktu Reaksi (a) 0 jam dan (b) 24 jam

Berdasarkan **Gambar 1** Dapat diamati perubahan warna kuning menjadi kecokelatan, dimana semakin besar konsentrasi prekursor AgNO_3 maka semakin pekat warna coklat koloid nanopartikel perak. Perubahan warna kuning menjadi kecokelatan ini terjadi akibat reduksi ion perak oleh bioreduktor ekstrak biji buah Bungong Jeumpa yang mengindikasikan terbentuknya nanopartikel perak [15]. Proses reduksi pada nanopartikel perak dapat disebabkan karena adanya kandungan terpenoid pada biji buah Bungong Jeumpa, dalam hal ini senyawa terpenoid mendonasikan elektron dan mereduksi ion Ag^+ pada AgNO_3 menjadi nanopartikel Ag^0 [16].

Hasil Karakterisasi Spektrofotometri UV-Vis

Nilai absorbansi maksimum nanopartikel berada pada *range* panjang gelombang 350-500 nm [17]. Dari hasil penelitian ini diperoleh panjang gelombang maksimum nanopartikel perak untuk seluruh konsentrasi prekursor pada panjang gelombang 366 nm seperti yang ditampilkan pada **Tabel 1.** sebagai berikut.

Tabel 1. Perolehan Nilai Panjang Gelombang dan Absorbansi Maksimum pada Koloid Nanopartikel Perak

No.	Konsentrasi AgNO_3 (mM)	Prekursor	Waktu Reaksi (Jam)	Panjang Gelombang (λ)	Absorbansi Maksimum
1.	0,5		0	366	1,00305
			24	366	3,99988
2.	1,0		0	366	1,07251
			24	366	4,06304
3.	1,5		0	366	1,11621
			24	366	4,10674

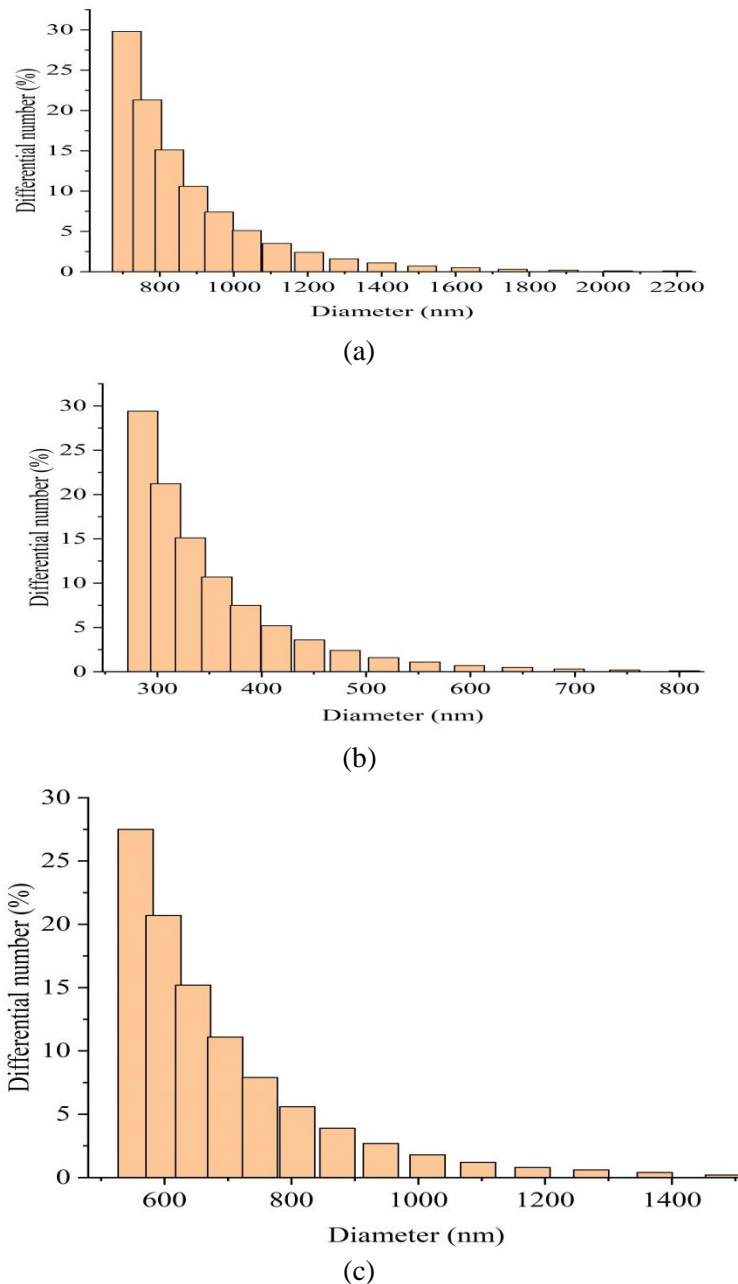
Berdasarkan **Tabel 1** di atas dapat dilihat bahwa puncak serapan nanopartikel pada waktu reaksi 0 jam konsentrasi prekursor AgNO_3 0,5; 1,0 dan 1,5 mM didapatkan nilai absorbansi maksimum berturut-turut sebesar 1,0035; 1,0725 dan 1,1162, sedangkan pada waktu reaksi 24 jam dengan konsentrasi prekursor yang sama didapatkan nilai absorbansi maksimum berturut-turut sebesar 3,99988; 4,06304 dan 4,10674. Dari data tersebut diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi prekursor AgNO_3 dan semakin lama waktu reaksi maka nilai absorbansi maksimum yang didapat juga semakin besar. Hal ini disebabkan karena dengan meningkatnya konsentrasi prekursor dan waktu reaksi maka nanopartikel perak yang terbentuk menjadi bertambah banyak yang ditandai oleh peningkatan absorbansi [18].

Hasil Karakterisasi Particle Size Analyzer

Penentuan distribusi menggunakan PSA menggunakan metode *Dinamyc Light Scattering* (DLS) yang dapat digunakan untuk mempelajari distribusi ukuran partikel kecil, bahkan untuk polimer atau molekul dalam skala submikron hingga satu nanometer baik dalam larutan atau suspensi dengan menggunakan sumber cahaya monokromatik [19]. Pengujian ini dilakukan terhadap semua variasi sampel sehingga ukuran rata-rata nanopartikel perak dalam setiap variasi sampel dapat diketahui.

Distribusi Ukuran Nanopartikel Perak

Hasil pengukuran distribusi ukuran rata-rata nanopartikel dengan menggunakan PSA dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 2. Distribusi Ukuran Nanopartikel Perak pada Konsentrasi Prekursor $AgNO_3$ (a) 0,5 mM (b) 1,0 mM (c) 1,5 mM

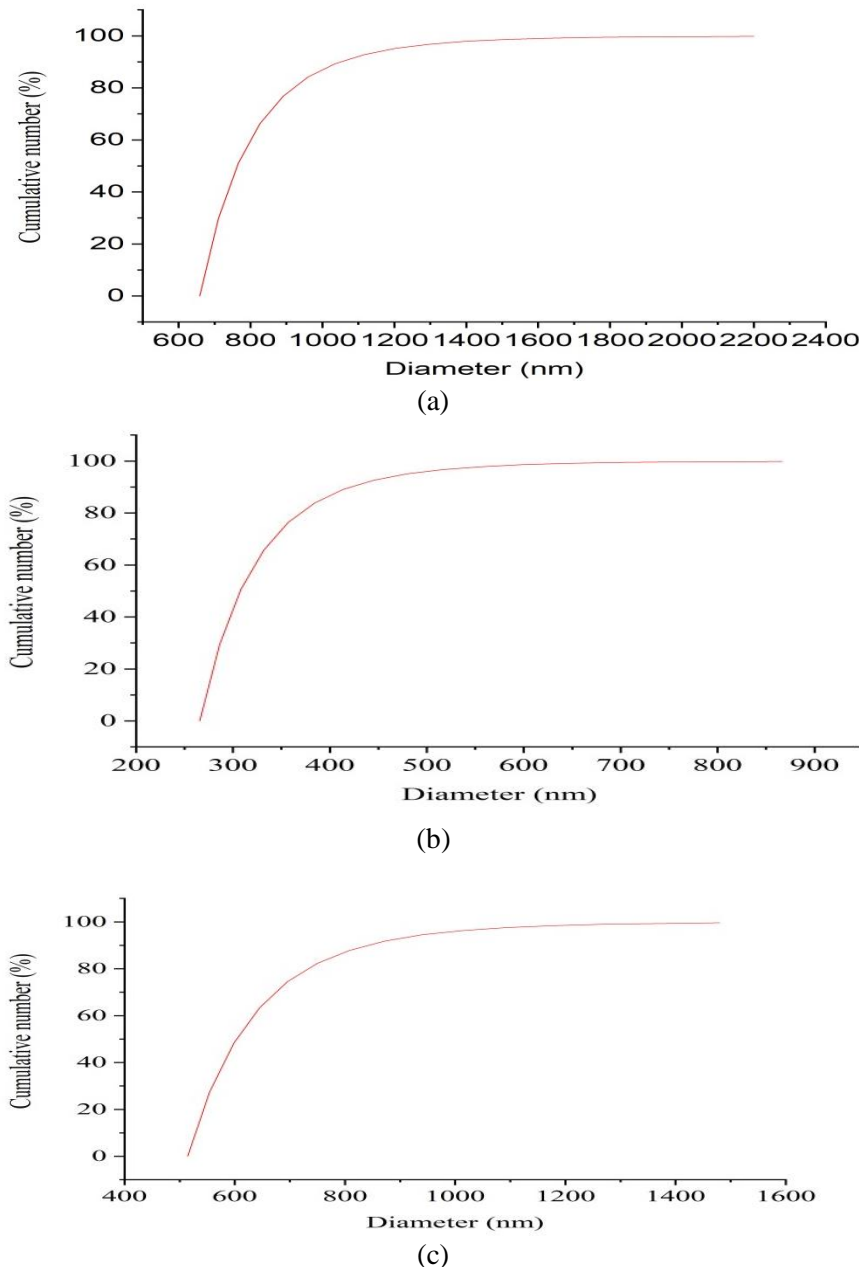
Berdasarkan **Gambar 2** diketahui ukuran nanopartikel yang terbentuk memiliki ukuran yang bervariasi. Distribusi ukuran nanopartikel perak pada konsentrasi prekursor $AgNO_3$ 0,5; 1,0 dan 1,5 mM berturut-turut terbentuk pada rentang ukuran 710,5-2199,9; 286,1-805,1 dan 554,7-1596,5 nm, distribusi rata-rata ukuran nanopartikel yang didapat berturut-turut sebesar 859,5; 345,4 dan 680,4 nm. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa distribusi ukuran partikel *green synthesis* nanopartikel perak menggunakan bioreduktor biji buah Bungong Jeumpa memiliki ukuran yang relatif masih besar yaitu berkisar antara 266-2199 nm, sedangkan ukuran nanopartikel perak yang lebih baik berkisar antara 1-100 nm, meskipun demikian ukuran nanopartikel yang diperoleh masih dapat dikategorikan sebagai nanopartikel, karena sebagian ukuran nanopartikel perak yang dihasilkan <1000 nm [20].

Ukuran partikel yang relatif besar dapat disebabkan karena proses homogenisasi yang belum maksimal, sehingga memungkinkan terjadinya agregasi pada partikel yang menyebabkan peningkatan ukuran partikel. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat juga diketahui bahwa distribusi ukuran partikel paling baik didapat pada konsentrasi prekursor $AgNO_3$ 1,0 mM. Hal ini dapat disebabkan karena pada saat

konsentrasi prekursor terlalu rendah maka proses reduksi berlangsung tidak optimal. Apabila konsentrasi prekursor terlalu tinggi maka agregasi partikel lebih mudah terjadi [21]. Kondisi yang sama dapat pula dilihat pada penelitian yang dilakukan oleh [22], dimana pada sintesis kimia nanopartikel perak dengan reduktor Natrium Sitrat ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) dengan konsentrasi prekursor AgNO_3 0,5; 1,0 dan 1,5 mM didapatkan ukuran nanopartikel paling kecil yang diperoleh pada konsentrasi prekursor AgNO_3 1,0 mM.

Persentase Kumulatif Ukuran Nanopartikel Perak

Hasil lain yang diperoleh dari pengukuran ukuran partikel dengan menggunakan PSA adalah persentase kumulatif ukuran partikel nanopartikel perak. Persentase kumulatif ukuran partikel nanopartikel perak pada berbagai konsentrasi prekursor AgNO_3 seperti ditampilkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Persentase Angka Kumulatif Ukuran Nanopartikel Perak pada Konsentrasi Prekursor AgNO_3 (a) 0,5 mM (b) 1,0 mM (c) 1,5 mM

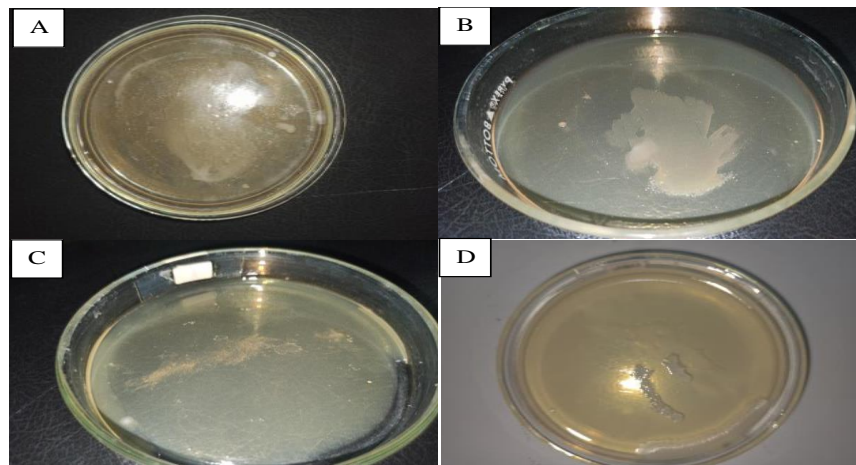
Tabel 2. Data Persentase Angka Kumulatif Distribusi Ukuran Nanopartikel

Konsentrasi AgNO_3 (mM)	Persentase Ukuran Nanopartikel (nm)			
	< 800	800 - 1000	1000-1200	> 1200
0,5	80,9 %	3,3 %	8,6 %	7,2 %
1,0	99,6 %	0,3 %	0,1 %	0 %
1,5	82,4 %	12,1 %	3,9 %	1,6 %

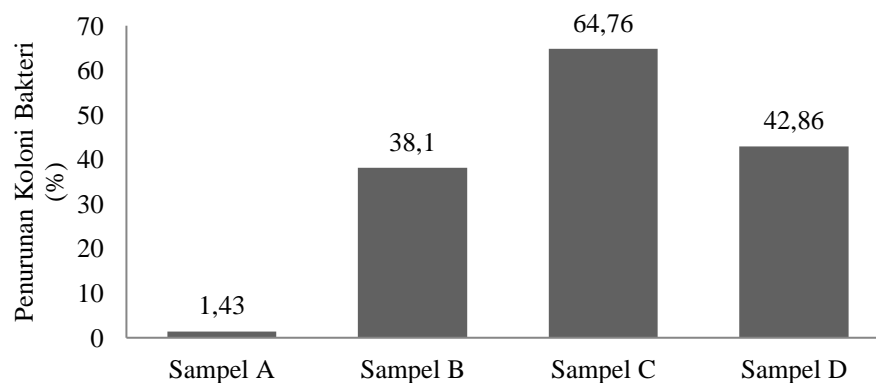
Berdasarkan **Tabel 2** diketahui bahwa pada konsentrasi prekursor AgNO_3 0,5; 1,0 dan 1,5 mM dengan ukuran < 800 nm didapatkan persentasi ukuran nanopartikel berturut-turut sebesar 80,9; 99,6 dan 82,4 %, pada rentang ukuran partikel 800 – 1000 nm sebesar 3,3; 0,3 dan 12,1 %, selanjutnya pada rentang ukuran partikel 1000-1200 nm sebesar 8,6; 0,1 dan 3,9 %, sedangkan nanopartikel yang terbentuk pada ukuran > 1200 sebesar 7,2; 0 dan 1,6%. Dari data tersebut diketahui bahwa ukuran partikel perak yang terbentuk pada masing-masing konsentrasi prekursor AgNO_3 sebagian besar telah dapat dikategorikan sebagai nanopartikel dikarenakan memiliki ukuran < 1000 nm, dimana pada konsentrasi prekursor AgNO_3 1,0 mM diperoleh hasil yang paling baik dengan persentase ukuran partikel yang terbentuk < 1000 nm sebesar 99,9 %.

Hasil Uji Aktivitas Anti Bakteri

Pengujian selanjutnya dilakukan pengujian pada masing-masing formulasi *hand sanitizer*, dimana dilakukan pengontakan ibu jari yang telah menggunakan masing-masing formulasi *hand sanitizer* pada permukaan media agar. Adapun Hasil pengujian aktivitas antibakteri pada masing-masing formulasi *hand sanitizer* dapat dilihat pada **Gambar 4** sebagai berikut.



Gambar 4. Uji Aktivitas Antibakteri Formulasi Hand Sanitizer pada Sampel (a) Hand Sanitizer tanpa Penambahan Nanopartikel Perak (b) Hand Sanitizer dengan Penambahan Nanopartikel Perak pada Prekursor AgNO_3 0,5 mM (c) Hand Sanitizer dengan Penambahan Nanopartikel Perak pada Prekursor AgNO_3 1,0 mM (d) Hand Sanitizer dengan Penambahan Nanopartikel Perak pada Prekursor AgNO_3 1,5 mM



Gambar 5. Persentase penurunan koloni bakteri pada masing-masing sampel

Berdasarkan **Gambar 5** dapat diketahui bahwa nilai penurunan koloni bakteri pada masing-masing sampel A, B, C dan D berturut-turut sebesar 1,43; 38,1; 64,76 dan 42,86. Dapat disimpulkan bahwa sampel B, C dan D yang menggunakan formulasi *hand sanitizer* dengan penambahan nanopartikel perak memiliki sifat anti bakteri yang baik dibanding sampel A yang menggunakan *hand sanitizer* tanpa penambahan nanopartikel perak. Pada sampel C didapatkan persentase penurunan koloni paling besar, hal ini dikarenakan penambahan nanopartikel perak dengan prekursor AgNO_3 1,0 mM yang memiliki ukuran nanopartikel paling kecil. Nanopartikel perak memiliki luas permukaan spesifik yang lebih besar; dengan demikian, nanopartikel perak mampu menembus membran sel atau menempel pada permukaan bakteri.

Nanopartikel perak yang berkontak dengan dinding sel bakteri akan merubah bentuk dan menghancurkan struktur dinding sel bakteri dan membran sel [23].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, nilai absorbansi maksimum nanopartikel perak terjadi pada panjang gelombang 366 nm, Hasil absorbansi menunjukkan semakin tinggi konsentrasi prekursor AgNO_3 dan semakin lama waktu reaksi maka nilai absorbansi maksimum yang didapat juga semakin besar. Sedangkan hasil karakterisasi menggunakan *particle size analyzer* (PSA) menunjukkan distribusi ukuran partikel paling baik didapat pada konsentrasi prekursor AgNO_3 1,0 mM. Sampel B, C dan D yang menggunakan formulasi *hand sanitizer* dengan penambahan nanopartikel perak memiliki sifat anti bakteri yang baik dibanding sampel A yang menggunakan *hand sanitizer* tanpa penambahan nanopartikel perak dan pada sampel C didapatkan persentase penurunan koloni bakteri paling besar.

5. Daftar Pustaka

- [1] A. Daphedar, M. Ritti, N. Patil, S. Patil, S. Kakkalameeli, and C. C. Taranath, 'Synthesis and characterization of Silver nanoparticles from fruit extract of *Michelia Champaca* L.: Their antioxidant and antibacterial activity', *Int. J. Nano Dimens*, vol. 11, no. 3, pp. 267–276, 2020, [Online]. Available: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
- [2] C. Ramyashree and K. Hemalatha, 'Ethnomedicinal profile on magnolia species (*Magnoliaceae*): A review', *Int. J. Herb. Med.*, vol. 8, no. 3, pp. 39–46, 2020.
- [3] V. Vorobyova, G. Vasyliiev, and M. Skiba, 'Eco-friendly "green" synthesis of silver nanoparticles with the black currant pomace extract and its antibacterial, electrochemical, and antioxidant activity', *Appl. Nanosci.*, no. 0123456789, 2020, doi: 10.1007/s13204-020-01369-z.
- [4] M. Swaminathan and N. K. Sharma, 'Antimicrobial activity of the engineered nanoparticles used as coating agents', *Handb. Ecomater.*, vol. 1, no. April, pp. 549–563, 2019, doi: 10.1007/978-3-319-68255-6_1.
- [5] Erdogan, O., Abbak, M., Demirbolat, G. M., Birtekocak, F., Aksel, M., Pasa, S., & Cevik, O, 'Green synthesis of silver nanoparticles via *Cynara scolymus* leaf extracts: The characterization, anticancer potential with photodynamic therapy in MCF7 cells', *PLoS One*, vol. 14, no. 6, Jun. 2019, doi: 10.1371/journal.pone.0216496.
- [6] A. Kalińska, S. Jaworski, M. Wierzbicki, and M. Gołębiewski, 'Silver and copper nanoparticles— an alternative in future mastitis treatment and prevention', *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 20, no. 7, 2019, doi: 10.3390/ijms20071672.
- [7] S. Vijayanand and A. S. Thomas, 'Screening of *Michelia champacca* and *Muntingia calabura* extracts for potential Bioactives', *Int. J. Pharma Sci. Res.*, vol. 7, no. 6, pp. 266–273, 2016.
- [8] S. Alex, P. R. M. R, K. B. Soni, D. S. Nair, and B. R. Reghunath, 'Biosynthesis of silver nanoparticles with antibacterial activity using leaf extract of *Michelia champaca*', *J. Plant Sci. Res.*, vol. 28, no. 2, pp. 81–86, 2012.
- [9] Yadi, M., Mostafavi, E., Saleh, B., Davaran, S., Aliyeva, I., Khalilov, R., ... & Milani, M, 'Current developments in green synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts: a review', *Artif. Cells, Nanomedicine Biotechnol.*, vol. 46, no. sup3, pp. S336–S343, 2018, doi: 10.1080/21691401.2018.1492931.
- [10] H. D. Kyomuhimbo, I. N. Michira, F. B. Mwaura, S. Derese, U. Feleni, and E. I. Iwuoha, 'Silver–zinc oxide nanocomposite antiseptic from the extract of *Bidens pilosa*', *SN Appl. Sci.*, vol. 1, no. 7, 2019, doi: 10.1007/s42452-019-0722-y.
- [11] H. I. Badiah, F. Seede, G. Supriyanto, and A. H. Zaidan, 'Synthesis of Silver Nanoparticles and the Development in Analysis Method', *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 217, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/217/1/012005.
- [12] Naveed, M., Batool, H., Rehman, S. U., Javed, A., Makhdoom, S. I., Aziz, T., ... & Alhomrani, M, 'Characterization and Evaluation of the Antioxidant, Antidiabetic, Anti-Inflammatory, and Cytotoxic Activities of Silver Nanoparticles Synthesized Using *Brachychiton populneus* Leaf Extract', *Processes*, vol. 10, no. 8, 2022, doi: 10.3390/pr10081521.
- [13] Alsareii, S. A., Manaa Alamri, A., AlAsmari, M. Y., Bawahab, M. A., Mahnashi, M. H., Shaikh, I. A., ... & Kumbar, V, 'Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles from *Rhizophora apiculata* and Studies on Their Wound Healing, Antioxidant, Anti-Inflammatory, and Cytotoxic Activity', *Molecules*, vol. 27, no. 19, 2022, doi: 10.3390/molecules27196306.

- [14] M. Shu, 'Formulasi sediaan gel hand Sanitizer dengan bahan aktif Triklosan 0,5% dan 1%. Calyptra, 2(1), 1-14.', *J. Ubaya*, vol. 2, no. 1, pp. 1–14, 2013.
- [15] S. B. Supriya and H. T. Navyashree, 'Green Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles from Justicia Betonica L Leaves Extract and their Antimicrobial Activities', *Int. J. Res. Eng. Sci. Manag.*, vol. 3, no. 8, pp. 3–6, 2019.
- [16] S. Fahimirad, F. Ajalloueian, and M. Ghorbanpour, 'Synthesis and therapeutic potential of silver nanomaterials derived from plant extracts', *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 168, no. October 2018, pp. 260–278, 2019, doi: 10.1016/j.ecoenv.2018.10.017.
- [17] H. Zukhrufa, W. Handayani, Y. Yasman, and C. Imawan, 'The effect of extract concentration of Diospyros discolor Willd. as silver nanoparticles synthesis', *AIP Conf. Proc.*, vol. 2242, no. June, 2020, doi: 10.1063/5.0013037.
- [18] Dada, A. O., Adekola, F. A., Adeyemi, O. S., Bello, O. M., Oluwaseun, A. C., Awakan, O. J., & Grace, F. A. A., 'Exploring the Effect of Operational Factors and Characterization Imperative to the Synthesis of Silver Nanoparticles', *Silver Nanoparticles - Fabr. Charact. Appl.*, no. October 2018, 2018, doi: 10.5772/intechopen.76947.
- [19] Shnoudeh, A. J., Hamad, I., Abdo, R. W., Qadumii, L., Jaber, A. Y., Surchi, H. S., & Alkelany, S. Z., *Synthesis, Characterization, and Applications of Metal Nanoparticles*. Elsevier Inc., 2019.
- [20] DeFrates, K., Markiewicz, T., Gallo, P., Rack, A., Weyhmler, A., Jarmusik, B., & Hu, X., 'Protein polymer-based nanoparticles: Fabrication and medical applications', *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 19, no. 6, pp. 1–20, 2018, doi: 10.3390/ijms19061717.
- [21] M. Pris, K. Trzaskuś, A. J. B. Kemperman, and I. D. C. Nijmeijer, 'Influence of different parameters on wet synthesis of silver nanoparticles', *Membr. Sci. Technol. Gr.*, p. 43, 2008.
- [22] I. Ristian, S. Wahyuni, and I. Supardi, 'Kajian Pengaruh Konsentrasi Perak Nitrat Terhadap Ukuran Partikel Pada Sintesis Nanopartikel Perak', *IJCS - Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 3, no. 1, 2014.
- [23] H. Shang, Z. Zhou, X. Wu, X. Li, and Y. Xu, 'Sunlight-induced synthesis of non-target biosafety silver nanoparticles for the control of rice bacterial diseases', *Nanomaterials*, vol. 10, no. 10, pp. 1–17, 2020, doi: 10.3390/nano10102007.