P-ISSN: 2302-8270
E-ISSN: 2808-1048

Biosynthesis of Ag-ZnO Bimetallic Nanoparticles using Ethanol Extract of Salak Peel (*Salacca zalacca*)

Biosintesis *Bimetallic Nanoparticles* Ag-ZnO menggunakan Ekstrak Etanol Kulit Salak (*Salacca zalacca*)

Tsabitatun Ni'mah[1)], Aisy Prita Syafina[1)], Ary Madina[1)], Gilas Pandu Nur Fakhri[1)], Hendri Wasito[1)]*

[1]Study Program of Pharmacy, Faculty of Health Science, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia
*Corresponding author
E-mail: hendri.wasito@unsoed.ac.id

Article History:
Received: June 18, 2025; Revised: November 26, 2025; Accepted: December 08, 2025; Online: December 11, 2025

ABSTRACT

Bimetallic nanoparticles (BNPs), specifically the silver-zinc oxide (Ag-ZnO) complex, are highly interested due to their superior optical, catalytic, and biological properties compared to monometallic nanoparticles (MNPs). The biosynthesis of nanoparticles is gaining popularity because it is cost-effective, non-toxic, and environmentally friendly. Plant extracts, such as those from the peel of the snake fruit (*Salacca zalacca*), contain secondary metabolites that serve as bioreductants for metal precursors, facilitating the production of nanoparticles in various sizes and shapes. This research aims to biosynthesize and characterize Ag-ZnO-BNPs using ethanol extract from snake fruit bark as a bioreductant. The synthesized Ag-ZnO-BNPs were analyzed using UV-Vis spectrophotometry, X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy with energy-dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDX), and attenuated total reflectance Fourier-transform infrared spectroscopy (ATR-FTIR). The results indicate that the Ag-ZnO-BNPs exhibit a maximum wavelength of 300 nm, an average particle size of 89.74 nm, a spherical shape, and the presence of polyphenol and carbonyl groups serving as bioreductants demonstrating their role in the formation of nanomaterials.

Keywords: *Bimetallic nanoparticles, Ag-ZnO, Snake fruit, Salacca zalacca*

ABSTRAK

Bimetallic nanoparticles (BNPs), salah satunya kompleks perak-seng oksida (Ag-ZnO), cukup diminati karena memiliki sifat optik, katalitik, dan biologis yang jauh lebih baik dibandingkan *monometallic nanoparticles* (MNPs). Saat ini, biosintesis nanopartikel lebih banyak dipilih karena lebih ramah lingkungan, tidak toksik, dan ekonomis. Ekstrak tumbuhan seperti kulit salak (*Salacca zalacca*) mengandung metabolit sekunder yang dapat berfungsi sebagai bioreduktor logam prekursor untuk menghasilkan berbagai ukuran dan bentuk nanopartikel. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan biosintesis dan karakterisasi Ag-ZnO-BNPs mengunakan ekstrak etanol kulit salak sebagai bioreduktan. Ag-ZnO-BNPs hasil biosintesis menggunakan ekstrak etanol kulit salak dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, XRD, SEM-EDX, dan ATR-FTIR. Hasil penelitian menunjukkan nanopartikel Ag-ZnO-BNPs mempunyai panjang gelombang maksimum 300 nm, ukuran partikel 89,74 nm, bentuk speris, dan menunjukkan keterlibatan gugus polifenol dan karbonil sebagai bioreduktor.

Kata kunci: *Bimetalik nanopartikel, Ag-ZnO, Kulit salak, Salacca zalacca*

PENDAHULUAN

Nanopartikel merupakan material yang memiliki ukuran sekitar 1-100 nm (Parningotan & Hamzah, 2020). Saat ini, minat para ilmuwan dalam penelitian terkait sintesis nanopartikel semakin meningkat dikarenakan material nanopartikel memiliki keunggulan yaitu dapat meningkatkan stabilitas kimiawi, konduktivitas termal, kinerja optik nonlinear, dan meningkatkan aktivitas katalitik. Sifat-sifat tersebut sangat berguna dalam penerapannya di bidang penghantaran obat, sensor, biosensor, optik, kosmetik, elektronik, makanan, dan biomedis (Anjum *et al*., 2021).

Material nanopartikel dapat disintesis berupa *monometallic nanoparticles* (MNPs) maupun *bimetallic nanoparticles* (BNPs). Saat ini, *bimetallic nanoparticles* atau nanopartikel dengan komposisi dua logam, seperti salah satunya kompleks perak-seng oksida (Ag-ZnO), banyak diminati karena memiliki sifat optik, katalitik, dan

Cite this Ni'mah, T., Syafina, A.P., Madina, A., Fakhri, G.P.N. and Wasito, H. (2025) 'Biosynthesis of Ag-ZnO Bimetallic Nanoparticles using Ethanol Extract of Salak Peel (*Salacca zalacca*)', *Berkala Ilmiah Kimia Farmasi*, 12(2), pp. 36–42. doi: 10.20473/bikfar.v12i2.74513.

Copyright: ©2025 by the authors. Submitted for possible open-access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA) license

biologis jauh lebih baik dibandingkan MNPs (Ehsan *et al*., 2022; Srinoi *et al*., 2018).

Ag-ZnO-BNPs dapat disintesis secara fisika, kimia, maupun biosintesis. Namun, sintesis menggunakan metode kimiawi dengan menggunakan bahan atau senyawa kimia tertentu dapat menghasilkan produk sampingan yang berbahaya. Saat ini, metode biosintesis lebih banyak dipilih karena lebih ramah lingkungan, tidak toksik, dan ekonomis (Keat *et al*., 2015). Ekstrak tumbuhan merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan untuk biosintesis nanopartikel karena mengandung metabolit sekunder diantaranya fenol, flavonoid, alkaloid, steroid, saponin, dan lain-lain yang dapat mereduksi garam dari logam prekursor untuk menghasilkan berbagai ukuran dan bentuk nanopartikel (Ehsan *et al*., 2022).

Banyak tanaman telah dimanfaatkan untuk sintesis Ag-ZnO-BNPs. Namun, penggunaan ekstrak kulit salak (*Salacca zalacca*) untuk biosintesis Ag-ZnO-BNPs belum pernah dilaporkan sebelumnya. Kulit salak mengandung senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, tanin, fenol, triterpenoid, saponin, dan alkaloid (Girsang, 2020), sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai bioreduktor untuk biosintesis nanopartikel. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan biosintesis Ag-ZnO-BNPs menggunakan ekstrak etanol kulit salak sebagai bioreduktor serta melakukan karakterisasi terhadap Ag-ZnO-BNPs yang dihasilkan.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah simplisia kulit salak (*Salacca zalacca*), n-hexane, perak nitrat ($AgNO_3$), dan zink asetat (ZnC_4H_6O) dengan kualitas pro analisis. Sebagai pelarut digunakan etanol 70% dan aquades. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kertas saring, *waterbath, magnetic stirrer, freeze-dryer*, *chopper*, instrumen spektrofotometer Ultraviolet-Visibel (UV-Vis) Shimadzu UV-1780, X-Ray Diffraction (XRD) Bruker D2 Phaser, Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX) JEOL JED-2300 Analysis Station, dan *attenuated total reflection fourier-transform infrared spectroscopy* (ATR-FTIR) Nicolet Avatar 360 IR, serta alat-alat gelas yang ada di laboratorium kimia.

Preparasi Ekstrak Etanol Kulit Salak

Kulit salak dicuci, kemudian dijemur dibawah sinar matahari dengan ditutup kain hitam selama tujuh hari. Selanjutnya kulit salak yang sudah kering dihaluskan menggunakan chopper, kemudian diayak dengan ayakan mesh no. 44 untuk mendapatkan ukuran serbuk yang seragam dengan derajat kehalusan agak halus. Sebanyak satu kg simplisia serbuk salak dimaserasi dengan 10 Liter etanol 70% (rasio padatan dan pelarut 1:10). Maseratnya disaring dan dipanaskan di atas *waterbath* hingga didapatkan ekstrak kental, selanjutnya difraksinasi menggunakan n-heksana (1:1) untuk menghilangkan pengotor. Ekstrak dipanaskan kembali di atas *waterbath* hingga diperoleh ekstrak kental seperti pada Gambar 1.

Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Kulit Salak

Skrining fitokimia pada ekstrak kulit salak dilakukan menggunakan uji tabung, meliputi uji kandungan polifenol (pereaksi $FeCl_3$), alkaloid (pereaksi dragendorff), flavonoid (pereaksi wilstatter), steroid/triterpenoid (pereaksi Lieberman), dan saponin melalui penggojogan dengan kurkumin sebagai pembanding.

Biosintesis Ag-ZnO-BNPs

Magnetic stirrer diatur pada kecepatan 1000 rpm dan suhu 60°C (Sumbal *et al*., 2019). Sebanyak 10 mL ekstrak dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* selama 5 menit, kemudian ditambahkan 10 mL ZnC_4H_6O dan dihomogenkan selama 10 menit. Selanjutnya ditambahkan 10 mL $AgNO_3$ dan campuran larutan dihomogenkan selama 60 menit. Campuran larutan tersebut disonikasi dengan frekuensi 40 kHz, kekuatan osilasi diatur pada posisi *high* dan suhu 60°C selama 30 menit. Larutan disaring menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtrat berupa larutan bening untuk selanjutnya dilakukan tahapan karakterisasi.

Optimasi Formula Ag-ZnO-BNPs

Optimasi formula Ag-ZnO-BNPs dilakukan dengan membuat variasi konsentrasi $AgNO_3$, $ZnC_4H_6O_4$, dan ekstrak seperti tertera pada Tabel 1.

Karakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Vis

Filtrat sebanyak 5 mL dimasukkan ke dalam kuvet kuarsa, kemudian diukur nilai serapannya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 200-400 nm. Sebagai blanko pengukuran digunakan aquades.

Karakterisasi dengan ATR-FTIR

Filtrat dengan hasil optimum yang berupa cairan dianalisis menggunakan instrumen ATR-FTIR untuk mengetahui senyawa aktif tanaman yang berperan sebagai bioreduktor melalui gugus fungsi yang muncul pada spektra (Anjum *et al*., 2021). Bilangan gelombang diukur pada rentang 400–4500 cm^{-1}. Pengukuran dilakukan pada filtrat Ag-ZnO-BNPs dan ekstrak kulit salak.

Karakterisasi dengan XRD

Filtrat optimum yang berupa cairan dipadatkan menggunakan *freeze dryer*, kemudian dikarakterisasi struktur kristal nanopartikelnya dengan instrumen XRD pada sudut 2θ = 10º - 80º. Hasil XRD diperoleh difraktogram yang dibandingkan dengan difraktogram Ag dan ZnO standar dari JCPDS no 04-0738 dan 36-1451 (Anjum et al., 2021). Selanjutnya ukuran kristal dihitung menggunakan persamaan Debye–Scherrer *(Masruroh et al*., 2013):

$$D = \frac{k\,\lambda}{\beta cos\theta} \qquad (1)$$

Keterangan:
D : ukuran kristal (nm)
k : faktor bentuk kristal (k = 1)
λ : panjang gelombang sinar-X (0,15406 nm)
β : nilai dari full width at half maximum/FWHM (radian)
θ : sudut difraksi (derajat)

Karakterisasi dengan SEM) dan EDX

Filtrat Ag-ZnO BNPs yang telah dilakukan *freeze dryer* juga dianalisis menggunakan instrumen SEM untuk mengetahui morfologi Ag-ZnO-BNPs. Selanjutnya

P-ISSN: 2302-8270
E-ISSN: 2808-1048

analisis EDX dilakukan menggunakan detektor EDX yang dipasang pada SEM untuk menganalisis unsur dan komposisi unsur dari nanopartikel yang terbentuk (Sumbal *et al*., 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Preparasi Ekstrak Etanol Kulit Salak

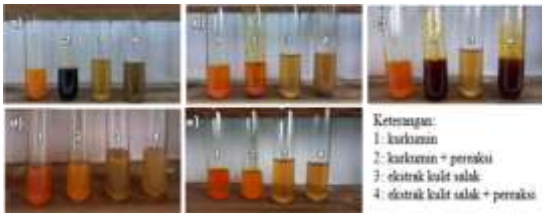
Sebanyak satu kg simplisia serbuk kulit salak yang dimaserasi dengan 10 L etanol 70% kemudian difraksinasi dengan n-heksan (1:1) sehingga diperoleh ekstrak kental sebanyak 41,034 g atau rendemen ekstrak sebesar 4,103%. Ekstrak etanol kulit salak berwarna coklat kehitaman, tekstur lengket, dan aroma khas kulit salak (Gambar 1).



Gambar 1. Ekstrak kental kulit salak

Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Kulit Salak

Skrining fitokimia bertujuan mengetahui golongan senyawa yang terkandung dalam ekstrak etanol kulit salak. Hasil skrining fitokimia menunjukkan hasil positif pada uji polifenol, flavonoid, dan steroid/triterpenoid, namun negatif terhadap alkaloid dan saponin (Gambar 2).



Gambar 2. Skrining fitokimia: a) Uji polifenol, b) Uji flavonoid, c) Uji alkaloid, d) Uji steroid/triterpenoid, e) Uji saponin

Hasil uji polifenol menggunakan pereaksi $FeCl_3$ menunjukkan hasil uji positif ditandai dengan adanya perubahan warna menjadi hijau, biru atau merah. Uji flavonoid menggunakan pereaksi Willstatter menunjukkan hasil positif karena terjadi perubahan warna menjadi jingga hingga merah. Hasil uji alkaloid menggunakan pereaksi Dragendorff menunjukkan hasil negatif karena tidak terbentuk endapan berwarna coklat kemerahan. Hasil uji steroid/triterpenoid menggunakan pereaksi Lieberman-Burchard menunjukkan hasil positif ditandai dengan perubahan warna menjadi merah. Selanjutnya, hasil uji saponin menunjukkan hasil negatif karena tidak tebentuk terbentuk busa (Widiawati & Qodri, 2023).

Biosintesis Ag-ZnO-BNPs

Pencampuran ekstrak dengan $ZnC_4H_6O_4$ menyebabkan perubahan warna larutan dari kekuningan menjadi kuning pucat. Selanjutnya penambahan $AgNO_3$ menyebabkan terjadinya perubahan warna larutan dari kuning pucat menjadi coklat kehitaman. Anjum *et al.* (2021) melakukan biosintesis Ag-ZnO-BNPs menggunakan ekstrak daun andalas (*Morus macroura*) dan menunjukkan perubahan warna yang sama. Setelah disonikasi, campuran disaring menggunakan kertas saring sehingga menghasilkan filtrat berwarna bening (larutan Ag-ZnO-BNPs) yang selanjutnya dikarakterisasi (Gambar 3).



Gambar 3. Ag-ZnO-BNPs: (a) sebelum (b) sesudah disaring

Formula Ag-ZnO-BNPs Optimum

Formula optimum merupakan formula yang menghasilkan absorbansi yang lebih tinggi dan pergeseran panjang gelombang pada daerah yang lebih besar saat pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Absorbansi yang tinggi menunjukkan jumlah nanopartikel Ag-ZnO yang terbentuk juga semakin tinggi yang disertai dengan pergeseran panjang gelombang lebih besar yang mengkonfirmasi telah terbentuknya nanopartikel. Formula dengan campuran berupa $AgNO_3$ 0,5M + $ZnC_4H_6O_4$ 0,1M + ekstrak kulit salak 0,6% dipilih sebagai formula optimum. Formula tersebut dilanjutkan uji untuk mengkonfirmasi selanjutnya terkait karakterisasi nanopartikel (Tabel 1).

Tabel 1. Absorbansi beberapa formula Ag-ZnO-BNPs

Sampel	λ Maks (nm)	Absorbansi
$AgNO_3$ 0,1 M + Zn asetat 0,5 M + Ekstrak 0,3%	234	4,00
$AgNO_3$ 0,5 M + Zn asetat 0,5 M + Ekstrak 0,3%	300	1,60
$AgNO_3$ 0,5 M + **Zn asetat 0,1 M** + Ekstrak 0,3%	300	1,82
$AgNO_3$ 0,5 M + **Zn asetat 0,5 M** + Ekstrak 0,3%	300	1,59
$AgNO_3$ 0,5 M + **Zn asetat 1 M** + Ekstrak 0,3%	300	1,65
$AgNO_3$ 0,5 M + Zn asetat 0,1 M + **Ekstrak 0,3%**	302	1,77
$AgNO_3$ 0,5 M + Zn asetat 0,1 M + **Ekstrak 0,6%**	300	2,15*
$AgNO_3$ 0,5 M + Zn asetat 0,1 M + **Ekstrak 0,9%**	296	2,87

*Formula optimum

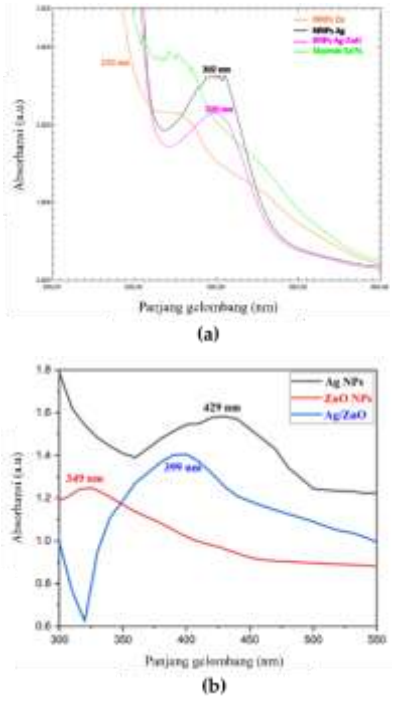
Analisis Spektra UV-Vis

Karakteristik Ag-ZnO-BNPs dengan spektrofotometer UV-Vis dilakukan untuk

P-ISSN: 2302-8270
E-ISSN: 2808-1048

membandingkan dengan ZnO-MNPs dan Ag-MNPs (Gambar 4a). Hasil pengujian menunjukkan bahwa panjang gelombang maksimum Ag-ZnO-BNPS, Zn-MNPs, dan Ag-MNPs masing-masing adalah 300, 233, dan 302 nm dengan perbandingan intensitas absorbansi antara Ag-ZnO-BNPs dengan Ag -MNPs dan Zn-MNPs sudah sesuai dengan penelitian Afzal *et al* (2023), dimana intensitas absorbansi Ag-ZnO-BNPs lebih tinggi dari absorbansi Zn-MNPs, namun lebih rendah dari absorbansi Ag-MNPs (Gambar 4b).

Panjang gelombang maksimum Ag-ZnO-BNPs dan Zn-MNPs sudah sesuai dengan literatur. Kyomuhimbo *et al* (2019) menyatakan bahwa panjang gelombang maksimum Ag-ZnO-BNPs berada di kisaran 300-450 nm. Selanjutnya panjang gelombang maksimum ZnO MNPs berkisar antara 200–400 nm (Anjum *et al*., 2021). Sedangkan panjang gelombang maksimum Ag-MNPs pada penelitian ini tidak sesuai dengan literatur. Nanopartikel perak memiliki sifat fenomena SPR (*surface plasmonic resonance*) (Zulaicha *et al*., 2021). Menurut literatur, Ag-MNPs menampilkan puncak SPR yang khas pada kisaran 400–500 nm (Anjum *et al*., 2021). Pertumbuhan nanopartikel perak secara kualitatif dapat diamati dari pergeseran puncak SPR nanopartikel perakdengan posisi puncak plasmon tergantung pada ukuran dan bentuk partikel (Willian *et al*., 2023).



Gambar 4.Spektra UV-Vis Ag MNPs, ZnO MNPs, dan Ag-ZnO BNPs: a) Hasil biosintesis, b) Hasil penelitian Afzal *et al*, 2023

Analisis spektra infra merah

Analisis dengan FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa aktif tanaman yang berperan sebagai agen pereduksi, pembatas (*capping agent*), dan penstabil nanopartikel (Anjum *et al*., 2021).

Hasil analisis dengan FTIR berupa spektra transmisi seperti yang disajikan pada Gambar 5 dan Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Spektra (cm^{-1}) Ekstrak Kulit Salak, Ag-MNPs, ZnO-MNPs, dan Ag-ZnO-BNPs

Ekstrak	Bilangan gelombang (cm^{-1})			Vibrasi gugus fungsi
	Ag-MNPs	ZnO-MNPs	Ag-ZnO-BNPs	
3307,29	3306,81	3307,35	3307,15	O-H *stretching*
-	-	-	2926,28	C-H *stretching*
-	-	-	2854,03	C-H *stretching*
2119,29	2119,15	2115,04	2118,73	C=C *stretching*
1634,7	1634,41	1634,41	1634,62	C=O *stretching*
-	1339,88	-	1348,31	N-O *stretching*
-	-	480,22	-	Metal-O
464,14	454,86	-	463,11	Metal-O
446,9	443,29	447,17	441,85	Metal-O
434,75	431,18	-	434,44	Metal-O
418,8	420	414,8	419	Metal-O
406,8	410,9	403,1	407,2	Metal-O

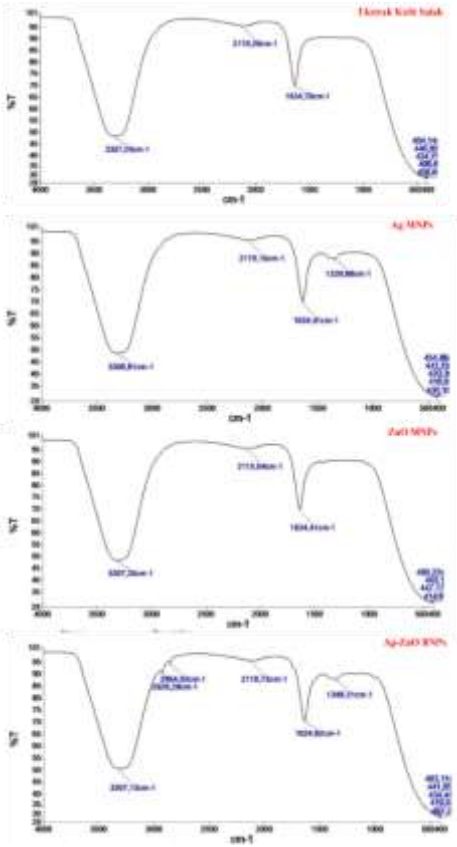
Hasil analisis spektra IR menunjukkan adanya pita serapan yang lebar pada bilangan gelombang 3306,81-3307,35 cm^{-1} yang menunjukkan gugus fungsi O-H *stretching*. Pita serapan ini diduga berasal dari adanya kontribusi senyawa fenolik pada ekstrak yang berpotensi sebagai bioreduktor. Serapan pada bilangan gelombang 1634,41-1634,7 cm^{-1} disebabkan adanya mode vibrasi C=O yang merupakan gugus karbonil yang terbentuk pada reduktor setelah mereduksi nanopartikel perak. Selain itu elektron bebas pada atom O dari C=O memberikan fungsi *capping agent* pada bioreduktor terhadap nanopartikel yang terbentuk yang memberikan stabilitas pada nanopartikel (Handoko *et al*., 2022; Willian *et al*., 2023).

Terdapat banyak gugus fungsi yang berperan sebagai bioreduktor. Kesamaan antara spektrum dengan beberapa pergeseran pada posisi puncak, secara jelas menunjukkan adanya sisa dari ekstrak tanaman dalam sampel sebagai bioreduktor maupun *capping agent* dalam membentuk nanopartikel. Oleh sebab itu, dapat disimpulkan bahwa biomolekul tersebut bertanggung jawab sebagai bioreduktor maupun *capping agent* dari nanopartikel yang disintesis (Wendri *et al*., 2017). Secara keseluruhan, dalam biosintesis nanopartikel monometalik atau bimetalik, data FTIR menunjukkan keterlibatan gugus polifenol dan karbonil sebagai bioreduktor maupun *capping agent* (Anjum *et al*., 2021).

Mekanisme pembentukan nanopartikel menggunakan ekstrak tumbuhan dapat dikaitkan dengan molekul fenolik yang bereaksi dengan ion Zn^{2+} maupun Ag^{+} melalui mekanisme donor-akseptor. Senyawa oksigen atau hidroksil yang terdapat pada ekstrak

P-ISSN: 2302-8270
E-ISSN: 2808-1048

tumbuhan cenderung mendonorkan elektron ke kompleks elektrofil Zn dan Ag sehingga mengakibatkan oksidasi gugus OH dan reduksi ion seng dan perak yang kekurangan elektron menjadi atom seng dan perak (Alamdari *et al*., 2020).



Gambar 5. Spektra transmisi FTIR ekstrak, Ag-MNPs, Zn-MNPs, dan Ag-ZnO-BNPs

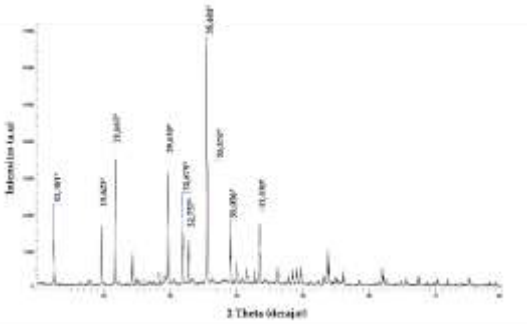
Analisis X-Ray Diffraction

Hasil analisis dengan XRD berupa difraktogram yang berupa susunan garis atau puncak dengan intensitas dan posisi berbeda-beda yang spesifik pada material yang dianalisis. Tiap fase kristalin mempunyai susunan difraktogram yang khas, sehingga dapat dijadikan sidik jari untuk uji identifikasi. Penentuan kesesuaian struktur kristal yang terbentuk dilakukan dengan mencocokkan setiap puncak yang muncul pada difraktogram pada nilai sudut 2θ dengan data dari *Joint Committee Powder Diffraction Standar* (JCPDS) sehingga diperoleh informasi orientasi bidang kristal yang terbentuk. Jika semua orientasi bidang kristal teridentifikasi dipastikan struktur kristal terdapat kesesuaian (Masruroh *et al*., 2013).

Hasil analisis XRD yang ditampilkan pada Gambar 6 memperlihatkan intensitas puncak yang tajam yang menunjukkan bahwa nanopartikel yang dihasilkan berbentuk kristal (Abel *et al*., 2021). Selain itu, XRD dapat digunakan untuk menentukan ukuran kristal. Penentuannya merujuk pada puncak-puncak utama pola difraktogram melalui pendekatan persamaan Debye Scherrer (Masruroh *et al*., 2013). Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus Debye–Scherrer diperoleh ukuran rata-rata kristal Ag-ZnO sebesar 89,74 nm seperti yang tersaji dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan XRD Ag-ZnO BNPs

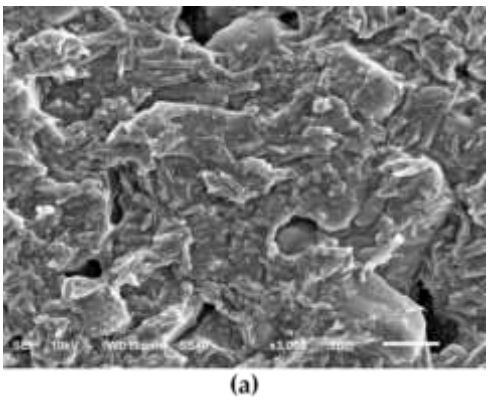
2θ (derajat)	FWMH (radian)	D (nm)	Rata-rata D (nm)
12,461	0,002	75,645	89,74
19,623	0,002	84,445	
21,683	0,002	88,464	
29,630	0,002	69,378	
31,875	0,002	67,902	
32,757	0,002	63,675	
35,481	0,001	131,363	
35,570	0,002	168,103	
39,056	0,002	63,025	
43,430	0,002	85,423	



Gambar 6. Hasil pemeriksaan XRD Ag-ZnO-BNPs

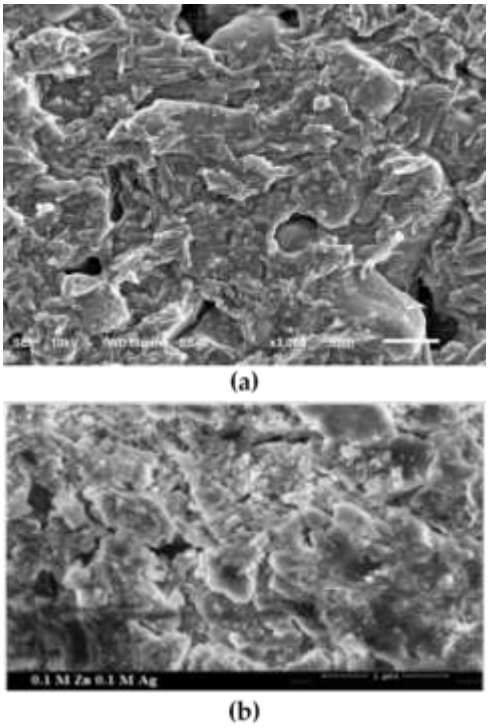
Analisis SEM dan EDX

Morfologi Ag-ZnO-BNPs hasil biosintesis dengan ekstrak etanol kulit salak menunjukkan penampakan morfologi yang sama dengan literatur (Gambar 7). Hasil tersebut menunjukkan bahwa morfologi nanopartikel Ag-ZnO BNPs berbentuk speris (Sumbal *et al*., 2019).



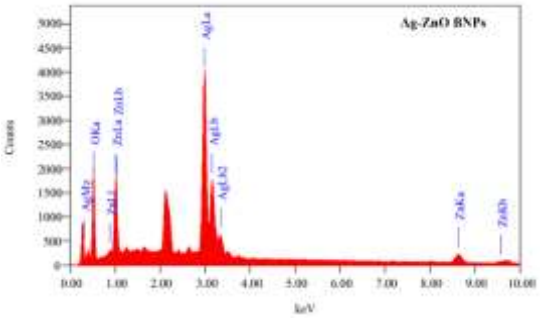
Gambar 7. Hasil SEM Ag-ZnO BNPs: a) Ag-ZnO BNPs hasil biosintesis dengan kulit salak.

P-ISSN: 2302-8270
E-ISSN: 2808-1048



Gambar 7. Hasil SEM Ag-ZnO BNPs: a) Ag-ZnO BNPs hasil sintesis dengan kulit salak. b) Penelitian Sumbal *et al* (2019)

Hasil pengujian EDX menunjukkan bahwa Ag-ZnO BNPs yang disintesis mengandung atom Ag, Zn, dan O (Gambar 8). Selanjutnya Spektrum EDX bimetalik Ag–ZnO-NP menunjukkan persentase berat Zn sebesar 13,98% dan Ag sebesar 53,33. Puncak karakteristik pada 1 keV dan 3 keV diamati masing-masing untuk Zn dan Ag. Terakhir, semua Ag–ZnO-NP bimetalik memiliki kemurnian tinggi karena komposisi unsurnya hanya terdiri dari O, Zn, dan Ag (Anjum *et al*., 2021).



Gambar 8. Hasil EDX Ag-ZnO BNPs

KESIMPULAN

Ag-ZnO BNPs berhasil disintesis menggunakan ekstrak etanol kulit salak yang mengandung senyawa fenolik sebagai agen bioreduktor dan *capping agent*. Formula optimum dalam biosintesis Ag-ZnO-BNPs yaitu $AgNO_3$ 0,5M + $ZnC_4H_6O_4$ 0,1M + ekstrak 0,6%. Karakteristik Ag-ZnO BNPs diantaranya mempunyai panjang gelombang maksimum pada 300 nm, berukuran 89,74 nm, dan berbentuk speris. Hasil analisis EDX menunjukkan Ag-ZnO-BNPs yang disintesis mengandung unsur Ag, Zn, dan O.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan yang telah memberikan pendanaan untuk terlaksananya penelitian ini melalui Program Kreativitas Mahasiswa Riset Eksakta (PKM-RE) tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

Abel, S., Tesfaye, J.L., Shanmugam, R., Dwarampudi, L.P., Lamessa, G., Nagaprasad, N., Benti, M. and Krishnaraj, R. (2021) 'Green synthesis and characterizations of zinc oxide (ZnO) nanoparticles using aqueous leaf extracts of coffee (*Coffea arabica*) and its application in environmental toxicity reduction', *Journal of Nanomaterials*, 2021, pp. 3–6.

Afzal, M.A., Javed, M., Aroob, S., Javed, T., Alnoman, M.M., Alelwani, W., Bibi, I., Sharif, M., Saleem, M., Rizwan, M., Raheel, A., Maseeh, I., Carabineiro, S.A.C. and Taj, M.B. (2023) 'The biogenic synthesis of bimetallic Ag/ZnO nanoparticles: A multifunctional approach for methyl violet photocatalytic degradation and the assessment of antibacterial, antioxidant, and cytotoxicity properties', *Nanomaterials*, 13(14), pp. 1–20.

Alamdari, S., Ghamsari, M.S., Lee, C., Han, W., Park, H.H., Tafreshi, M.J., Afarideh, H. and Ara, M.H.M. (2020) 'Preparation and characterization of zinc oxide nanoparticles using leaf extract of *Sambucus ebulus*', *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(10), pp. 1–19.

Anjum, S., Khan, A.K., Qamar, A., Fatima, N., Drouet, S., Renouard, S., Blondeau, J.P., Abbasi, B.H. and Hano, C. (2021) 'Light tailoring: Impact of UV-C irradiation on biosynthesis, physiognomies, and clinical activities of *Morus macroura* mediated monometallic (Ag and ZnO) and bimetallic (Ag–ZnO) nanoparticles', *International Journal of Molecular Sciences*, 22(20), pp. 1–31.

Ehsan, M., Raja, N.I., Mashwani, Z.U.R., Zohra, E., Abasi, F., Ikram, M., Mustafa, N., Wattoo, F.H., Proćków, J. and Lastra, J.M.P. de la (2022) 'Effects of phytogenically synthesized bimetallic Ag/ZnO nanomaterials and nitrogen-based fertilizers on biochemical and yield attributes of two wheat varieties', *Nanomaterials*, 12(17), pp. 1–23.

Girsang, E. (2020) *Kulit salak manfaat bagi kesehatan tubuh*, Unpri Press, Medan.

Handoko, V., Yusradinan, A., Nursyahid, A., Wandira, A. and Wulandari, A.P. (2022) 'Green synthesis nanopartikel perak dengan bioreduktor ekstrak

daun rami (*Boehmeria nivea*) melalui iradiasi microwave', *Chimica et Natura Acta*, 10(1), pp. 15–21.

Keat, C.L., Aziz, A., Eid, A.M. and Elmarzugi, N.A. (2015) 'Biosynthesis of nanoparticles and silver nanoparticles', *Bioresources and Bioprocessing*, 2(1), pp. 1–11.

Kyomuhimbo, H.D., Michira, I.N., Mwaura, F.B., Derese, S., Feleni, U. and Iwuoha, E.I. (2019) 'Silver–zinc oxide nanocomposite antiseptic from the extract of *Bidens pilosa*', *SN Applied Sciences*, 1, pp. 1–17.

Masruroh, M., Manggara, A.B., Papilaka, T. and Triandi, R. (2013) 'Penentuan ukuran kristal (crystallite size) lapisan tipis PZT dengan metode XRD melalui pendekatan persamaan Debye Scherrer', *Erudio Journal of Educational Innovation*, 1(2), pp. 24–27.

Parningotan, R. and Hamzah, Y. (2020) 'Sintesis dan karakterisasi NPP perak (Ag-NPs) menggunakan ekstrak kulit buah naga sebagai bioreduktor', *Komunikasi Fisika Indonesia*, 17(3), pp. 139–143.

Srinoi, P., Chen, Y.T., Vittur, V., Marquez, M.D. and Lee, T.R. (2018) 'Bimetallic nanoparticles: Enhanced magnetic and optical properties for emerging biological applications', *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(7), pp. 1–32.

Sumbal, N., Nadeem, A., Naz, S., Ali, J.S., Mannan, A. and Zia, M. (2019) 'Synthesis, characterization and biological activities of monometallic and bimetallic nanoparticles using *Mirabilis jalapa* leaf extract', *Biotechnology Reports*, 22, pp. 1–9.

Wendri, N., Rupiasih, N.N. and Sumadiyasa, M. (2017) 'Biosintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun sambiloto: Optimasi proses dan karakterisasi', *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 18(4), pp. 162–167.

Widiawati and Qodri, U.L. (2023) 'Analisis fitokimia dan penentuan kadar fenolik total pada ekstrak etanol tebu merah dan tebu hijau (*Saccharum officinarum* L.)', *Jurnal Farmasi Tinctura*, 4(2), pp. 91–102.

Willian, N., Pardi, H. and Arief, S. (2023) 'Pembuatan dan karakterisasi nanopartikel perak menggunakan ekstrak buah mangrove *Rhizophora stylosa*', *Alchemy: Jurnal Penelitian Kimia*, 19(1), pp. 53–60.

Zulaicha, A.S., Saputra, I.S., Sari, I.P., Ghifari, M.A., Yulizar, Y., Permana, Y.N. and Sudirman (2021) 'Green synthesis nanopartikel perak (AgNPs) menggunakan bioreduktor alami ekstrak daun ilalang (*Imperata cylindrica* L.)', *Rafflesia Journal of Natural and Applied Sciences*, 1(1), pp. 11–19.