

Pengaruh Penambahan PVA terhadap Ukuran Nanopartikel Perak Hasil Sintesis Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Sirsak (*Annona muricata* L.)

Effect of Adding PVA to The Size of Silver Nanoparticle Synthesized Using Bioreductor Soursop Leaf Extract (Annona muricata L.)

Dewi Rahmadani^{1)*}, Sumiati Side¹⁾, Suriati Eka Putri¹⁾

¹ Jurusan Kimia/ Program Studi Kimia, Universitas Negeri Makassar

Received 22th January 2020 / Accepted 3rd March 2020

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh penambahan Polivinil Alkohol (PVA) terhadap ukuran nanopartikel perak hasil sintesis menggunakan bioreduktor ekstrak daun sirsak (*Annona muricata* L.). Nanopartikel perak dibuat melalui metode bioreduksi, larutan bioreduktor dicampur dengan prekursor AgNO₃, tanpa penambahan PVA dan dengan penambahan PVA dengan variasi konsentrasi yang berbeda yaitu 1%; 1,5%; 2%; dan 2,5%. Berdasarkan hasil analisis gugus fungsi ekstrak daun sirsak menggunakan spektrofotometer FT-IR (Fourier Transform Infrared), menunjukkan serapan pada bilangan gelombang 3443 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya gugus -OH. Proses pembentukan nanopartikel perak dilihat dengan mengamati serapan UV-Vis. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai absorbansi meningkat dengan meningkatnya waktu kontak. Proses pembentukan nanopartikel diamati menggunakan Spektrofotometer UV-Vis melalui serapan UV-Vis. Hasil pengukuran serapan maksimum dari sampel hasil sintesis masing-masing konsentrasi menunjukkan λ_{max} 503.0; 463.1; 436.0; 476.1; 503.1 nm selama dua hari dengan variasi konsentrasi PVA berturut-turut tanpa PVA 1%; 1,5%; 2%; dan 2,5%. Ukuran nanopartikel perak ditentukan menggunakan XRD (X-Ray Diffraction), distribusi rata-rata ukuran nanopartikel perak dengan tanpa penambahan PVA yaitu 30,80-50,25 nm dan kisaran ukuran terkecil nanopartikel perak yaitu 9,90-10,20 nm dengan penambahan PVA 1,5%. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa penambahan PVA mempengaruhi ukuran nanopartikel perak. Hal ini terjadi karena stabilisator berperan untuk mengontrol ukuran nanopartikel perak.

Kata Kunci: *Annona muricata* Linn, PVA, reduksi, nanopartikel perak

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of adding Polyvinyl Alcohol (PVA) to the size of silver nanoparticle synthesized using bioreductor soursop leaf extract (*Annona muricata* L.). Silver nanoparticle made through method bioreduction, bioreductor solution was mixed with AgNO₃ precursor, without addition of PVA and with the

*Korespondensi:
email: dewirahmadani829@gmail.com

Pengaruh Penambahan PVA terhadap Ukuran Nanopartikel Perak Hasil Sintesis Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Sirsak (Annona muricata L.)

addition of PVA. That the variant of concentrations is 1%; 1.5%; 2%; and 2.5%. Based on the analysis of functional groups of soursop leaf extract using a spectrophotometer FT-IR (Fourier Transform Infrared), showed absorption at wave number 3443 cm^{-1} which indicate a -OH group. The process of formation of silver nanoparticles seen by UV-Vis absorption. The measurement results shows that the absorbance value increased with increasing contact time. The maximum absorbance measurement result of the samples synthesized each concentration showed λ_{max} 503.0; 463.1; 436.0; 476.1; 503.1 nm for two days with various concentrations without PVA, 1%, 1.5%, 2%, and 2.5%. The size of silver nanoparticle were determined using XRD (X-Ray Diffraction), the average size distribution of silver nanoparticle without the addition of PVA is 30.80-50.25 nm and the smallest size range is 9.90-10.20 nm silver nanoparticle with addition PVA 1.5%. Based on research that has been done, it can concluded that addition of PVA have the effect to the size of silver nanoparticle. The stabilizer acts to control the size of silver nanoparticle.

Keywords: Annona muricata Linn, PVA, reduction, silver nanoparticle.

PENDAHULUAN

Nanoteknologi menjadi salah satu bidang ilmu fisika, kimia, dan biologi yang penting dan menarik beberapa tahun terakhir ini. Richard Feynman adalah seorang ilmuwan ahli fisika yang pertama kali memperkenalkan studi nano pada tahun 1959. Studi nano kini dikembangkan oleh berbagai negara maju melihat keuntungan yang diperoleh dari produk-produk nanoteknologi sangat besar. Jepang dan Amerika Serikat merupakan dua negara terdepan dalam riset nanoteknologi (Wahyudi dkk, 2011).

Pengembangan nanoteknologi yang menarik saat ini yaitu nanopartikel karena dapat diaplikasikan secara luas seperti dalam bidang lingkungan, kosmetik, elektronik, optis, dan biomedis. Nanopartikel memiliki ukuran partikel yang sangat kecil yaitu 1 - 100 nm. Nanopartikel yang berkembang saat ini adalah nanopartikel logam seperti emas, perak, zink, besi dan logam oksida yang memiliki peluang besar dalam aplikasi biomedis (Bakir, 2011). Nanopartikel logam yang paling banyak dikembangkan adalah nanopartikel perak. Nanopartikel perak memiliki peluang besar dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, utamanya dibidang kesehatan karena pemanfaatannya sebagai bakterisida. Ion perak merupakan antibakteri yang kuat dan juga bersifat toksik bagi sel. Nanopartikel perak secara kimia lebih reaktif dan lebih mudah terionisasi dibandingkan partikel perak pada material ukuran besarnya. Oleh karena itu, nanopartikel diindikasikan memiliki kemampuan antibakteri yang lebih kuat (Haryono dkk, 2008).

Beberapa metode dapat digunakan dalam mensintesis nanopartikel perak seperti metode solvotermal, mikroemulsi, fotokimia, reaksi sonokimia dan reduksi kimia (Guzman dkk, 2009). Namun metode yang sangat populer saat ini adalah metode reduksi kimia. Hal ini dikarenakan faktor kemudahan, ramah lingkungan, biaya relatif murah, dan kemungkinannya untuk memproduksi nanopartikel dalam skala yang besar. Banyak zat pereduksi yang dapat digunakan dalam sintesis nanopartikel perak seperti hidrogen, alkohol, natrium boronhidrida, natrium sitrat dan banyak lagi zat pereduksi lainnya (Omar dkk, 2013). Penggunaan zat pereduksi tersebut dapat memberikan

dampak yang berbahaya bagi lingkungan. Diperlukan reduktor yang berasal dari bahan alam untuk mengurangi penggunaan bahan kimia yang berbahaya.

Sintesis nanopartikel dengan menggunakan bahan alam dikenal sebagai biosintesis. Prinsip kerja tanaman dalam membentuk nanopartikel perak adalah kemampuan senyawa pada tanaman yang mampu mereduksi Ag yang bermuatan menjadi nanopartikel Ag (0) (Kumar dkk, 2015). Pemanfaatan tumbuhan dalam biosintesis nanopartikel berkaitan dengan kandungan senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktifitas antioksidan (Handayani, 2010). Kandungan senyawa metabolit sekunder tersebut terdapat pada bagian-bagian tanaman dan tumbuhan.

Salah satu tanaman yang mengandung banyak antioksidan adalah sirsak (*Annona muricata* Linn). Daun sirsak memiliki kandungan kimia berupa steroid/terpenoid, flavonoid, kumarin, alkaloid, dan tanin. Hasil identifikasi golongan flavonoid menunjukkan ekstrak daun sirsak mengandung flavonoid golongan flavon, dihidroflavonol, flavonol, dan flavanon (Puspitasari dkk, 2016). Oleh karena itu, daun sirsak berpotensi untuk digunakan sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak.

Sintesis nanopartikel perak dengan metode reduksi kimia telah dilakukan oleh Renugadevi (2012) menggunakan reduktor ekstrak daun *Azadirachta indica*, Naik (2013) telah berhasil mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun Strawberry dan ekstrak daun *Stigmaphyllon littorale* disintesis oleh Kudle (2013).

Nanopartikel perak dapat mengalami agregasi membentuk ukuran yang besar. Upaya untuk menstabilkan nanopartikel perak yang terbentuk agar tidak mengalami agregasi dapat dilakukan dengan penambahan stabilizer. Zat yang umum digunakan untuk dijadikan sebagai zat penstabil koloid nanopartikel perak adalah polivinil pirolidon (PVP) dan polivinil alkohol (PVA) namun Polivinil alkohol (PVA) lebih banyak digunakan karena biayanya yang murah serta kemampuannya dalam menghalangi terjadinya aglomerasi dan proses oksidasi yang tidak diinginkan (Bakir, 2011).

Penambahan polivinil alkohol (PVA) untuk menstabilkan ukuran berhasil dilakukan Bakir (2011), menggunakan ekstrak daun bisbul, nanopartikel perak yang dihasilkan memiliki ukuran 35 – 43 nm dan Herlia (2017) telah berhasil mensintesis nanopartikel dari ekstrak daun bintaro yang memiliki distribusi rata-rata ukuran nanopartikel perak dengan penambahan polivinil alkohol (PVA) yaitu 97,31- 97,71 nm.

Kisaran ukuran nanopartikel perak dapat dihitung menggunakan rumus Debye-Scherrer. Rumus Scherrer ditunjukkan sebagai berikut :

$$D = \frac{K \cdot \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

dengan : D = ukuran Kristal

K = konstanta

λ = panjang gelombang

β = nilai FWHM (full width at half maximum)

θ = sudut puncak

Pengaruh Penambahan PVA terhadap Ukuran Nanopartikel Perak Hasil Sintesis Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Sirsak (Annona muricata L.)

Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan polivinil alkohol (PVA) untuk mempelajari pengaruh terhadap ukuran nanopartikel perak yang dihasilkan dari ekstrak air rebusan daun sirsak (*Annona muricata L.*).

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen meliputi preparasi sampel, pembuatan larutan 1 mM AgNO₃, pembuatan air rebusan daun sirsak, pembuatan PVA 1%; 1,5%; 2%; dan 2,5% sintesis nanopartikel perak, dan karakterisasi nanopartikel perak. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia FMIPA UNM, objek pada penelitian ini adalah daun sirsak.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu timbangan analitik, spektrofotometer UV-Vis Shimadzu, XRD Pananalytical, FTIR Shimadzu 820 IPC, hotplate VELP, *magnetic stirrer*, pipet tetes, erlenmeyer, labu ukur, batang pengaduk, *sentrifuge* Hermle, gelas ukur, gelas kimia, corong Buchner, botol semprot, dan gunting.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu daun sirsak (*Annona muricata L.*), padatan AgNO₃ (p.a.), akuades, akuabides, padatan polivinil alkohol (PVA) (p.a.), kertas saring Whatman No.1, dan aluminium foil.

PROSEDUR KERJA:

1. Pembuatan Larutan 1 mM AgNO₃.

Larutan AgNO₃ 1 mM dibuat dengan melarutkan 0,085 g serbuk AgNO₃ kedalam akuabides hingga volume 500 mL. Selanjutnya, larutan perak nitrat dikocok dan dapat digunakan langsung. Larutan perak nitrat disimpan didalam lemari es ketika tidak dipakai.

2. Pembuatan Air Rebusan Daun Sirsak Segar.

Tumbuhan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun sirsak (*Annona Muricata L.*). Tumbuhan ini diperoleh di Jalan Muhajirin V, Makassar Sulawesi Selatan. Bagian tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun dalam kondisi segar. Daun sirsak dipetik lalu dicuci hingga bersih dengan akuades. Daun tersebut dipotong-potong kecil dan ditimbang sebanyak 25 g. Daun dimasukkan kedalam erlenmeyer 400 mL dan ditambahkan 100 mL akuabides lalu dipanaskan hingga mendidih. Setelah mencapai suhu ruang, air rebusan dituang dan disaring menggunakan kertas saring Whatman.

3. Pembuatan Larutan PVA

Larutan PVA 1%; 1,5 %; 2 %; dan 2,5% dibuat dengan menimbang 0,75 g; 1,125 g; 1,50 g; 1,875 g PVA pada gelas kimia yang berbeda dan dilarutkan dengan akuabides 75 mL. Selanjutnya larutan PVA diaduk dan dipanaskan pada suhu 85 °C.

4. Analisis Gugus Fungsi Ekstrak Daun Sirsak dengan FTIR

Analisis menggunakan FTIR dilakukan untuk menentukan gugus fungsi dari ekstrak daun sirsak. Untuk sampel cair digunakan metode yang paling sederhana pada persiapan sampel. Setetes sampel ditempatkan antara dua pellet KBr untuk membuat film tipis. Kemudian pellet ditempatkan dalam tempat sampel alat spektroskopi inframerah untuk dianalisis. Kemudian data analisis sampel gugus fungsi akan muncul pada spektra.

5. Sintesis Nanopartikel Perak

Sintesis nanopartikel perak dilakukan secara triplo dengan mencampur larutan AgNO_3 dan air rebusan daun sirsak. Ada 2 macam proses sintesis yang dilakukan yaitu sampel A (tanpa penambahan PVA) dan sampel B (penambahan PVA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Preparasi Sampel Daun Sirsak (*Annona muricata L.*).

Langkah awal yang dilakukan adalah daun sirsak yang segar dicuci kemudian dipotong kecil-kecil dan ditambahkan akuabides setelah itu dipanaskan sampai mendidih. Ekstrak daun yang telah didapatkan berwarna kuning agak bening, Ekstrak yang diperoleh kemudian disaring dengan kertas saring Whatman no.1. Ekstrak daun sirsak yang telah disaring kemudian dapat digunakan sebagai bioreduktor dalam pembuatan nanopartikel perak, seperti yang terlihat pada Gambar 1.

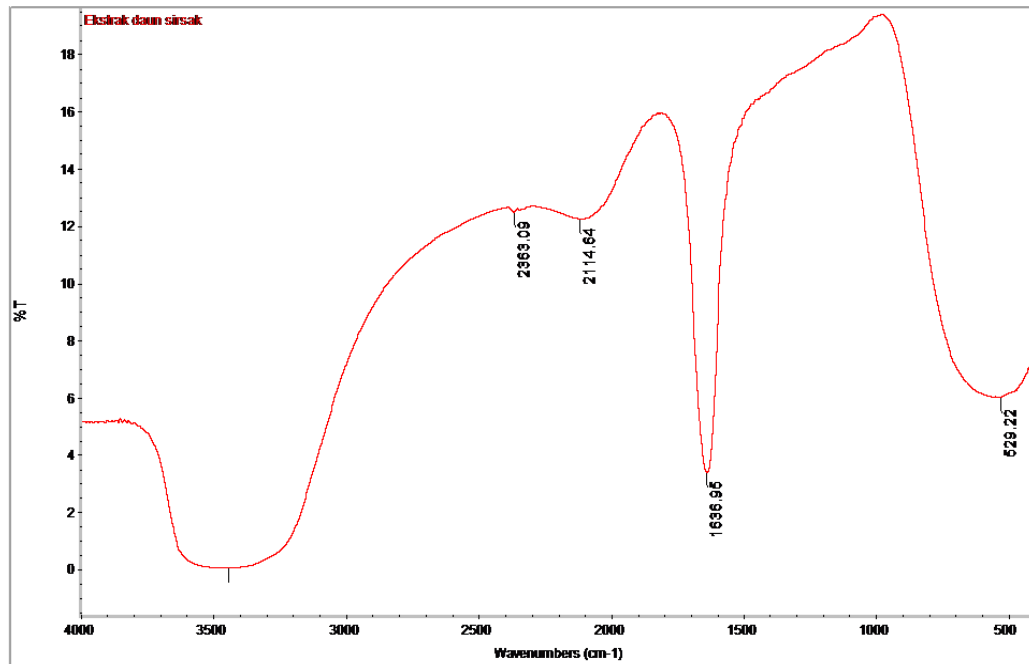


Gambar 1. Ekstrak daun sirsak

2. Analisis Gugus Fungsi ekstrak daun Sirsak menggunakan FT-IR.

Analisis menggunakan FT-IR dilakukan untuk menentukan gugus fungsi dari ekstrak daun sirsak yang berperan sebagai bioreduktor dalam pembuatan nanopartikel perak. Hasil analisis gugus fungsi ekstrak daun sirsak dapat dilihat pada Gambar 2.

Pengaruh Penambahan PVA terhadap Ukuran Nanopartikel Perak Hasil Sintesis Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Sirsak (Annona muricata L.)

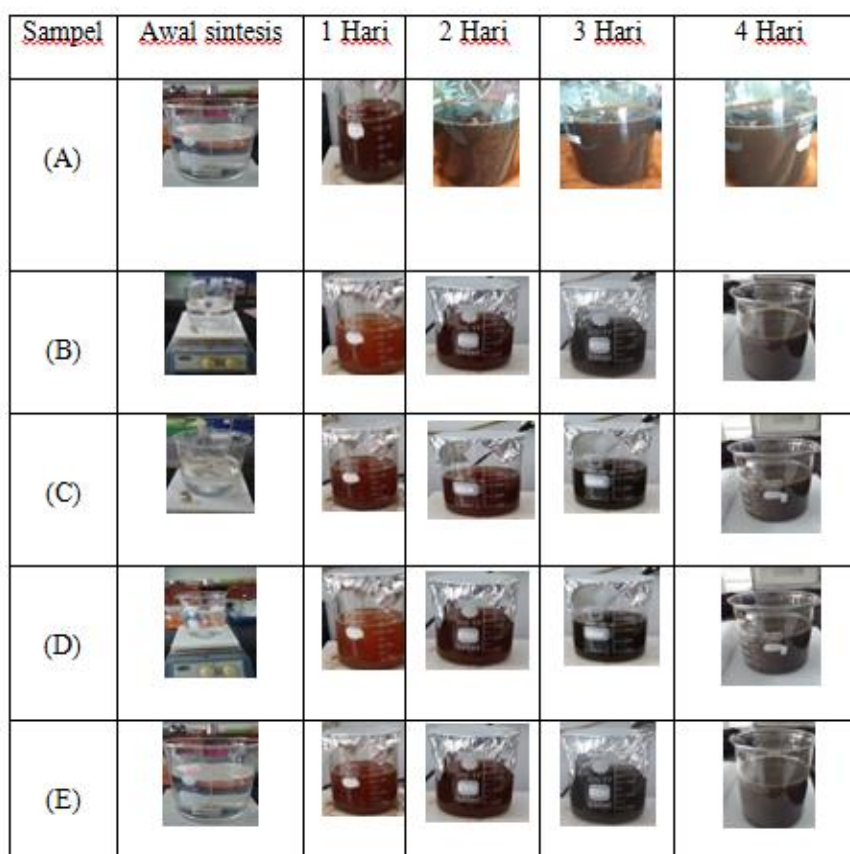


Gambar 2. Hasil analisis FTIR ekstrak daun sirsak.

Hasil pengamatan pada Gambar 2 menunjukkan serapan pada bilangan gelombang 3443 cm^{-1} yang terlihat pada spektrum IR ekstrak daun sirsak. Serapan ini menunjukkan serapan khas dari gugus -OH dengan pita yang melebar dan kuat.

3. Sintesis Nanopartikel Perak.

Nanopartikel perak disintesis dengan menggunakan metode bioreduksi yang dilakukan dengan mencampur larutan AgNO_3 sebanyak 1 mM sebagai prekursor dengan larutan ekstrak daun sirsak. Sintesis dilakukan dengan tanpa tanpa penambahan PVA dan variasi konsentrasi penambahan PVA 1%; 1,5%; 2%; dan 2,5%. Digunakan konsentrasi yang berbeda pada PVA bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan PVA terhadap ukuran nanopartikel perak. Perubahan warna larutan dapat dilihat pada Gambar 3.



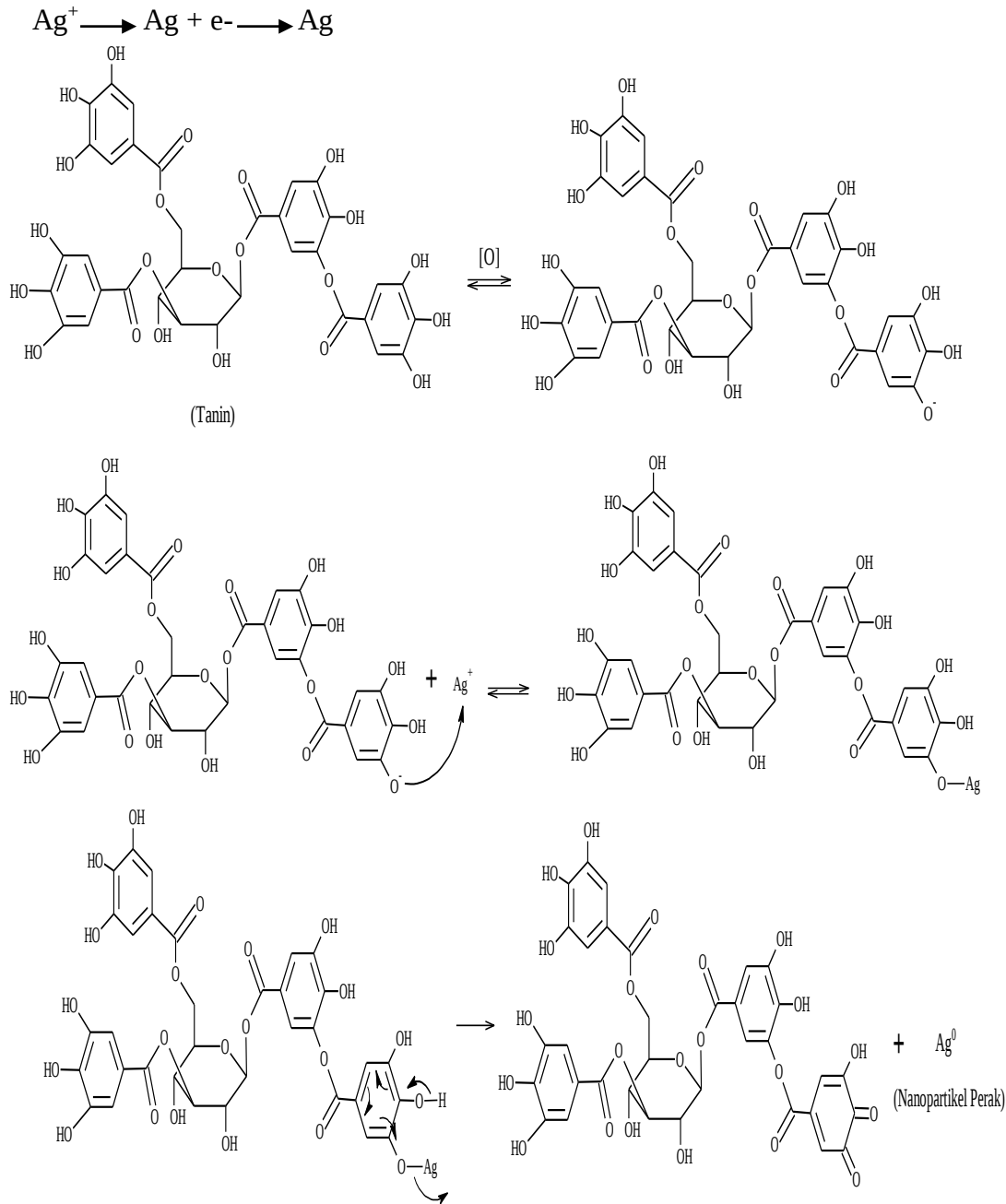
Gambar 3. Perubahan warna larutan dari awal sintesis ke hari keempat, pembentukan nanopartikel perak ini akan terlihat pada perubahan warna yang terjadi dalam tiap sintesis.

Penelitian ini menghasilkan warna larutan yaitu dari larutan bening menjadi larutan coklat kehitaman hal ini sesuai teori karena warna larutan menjadi gelap seiring bertambahnya waktu, perubahan warna menunjukkan proses reduksi ion perak (Ag^+) jika terikat pada gugus fungsi $-\text{OH}$ yang terdapat dalam senyawa yang ada pada ekstrak daun sirsak yang berperan sebagai bioreduktor sehingga terbentuk nanopartikel perak (Ag) (Muhaini dkk, 2014).

Hasil pencampuran menunjukkan perubahan warna pada campuran dari warna bening menjadi coklat. Sampel A (tanpa PVA) dan Sampel B,C,D, dan E (dengan penambahan PVA yang konsentrasinya masing-masing 1%; 1,5%; 2%; dan 2,5%). Kelima sampel tersebut mendapatkan perlakuan yang sama yaitu pengadukan selama 2 jam setelah pencampuran. Sampel A, B, C, D, dan E pada awal pencampuran berwarna bening setelah diaduk mengalami perubahan warna menjadi coklat dan setelah 3 hari warna larutan menjadi coklat kehitaman

Perubahan warna menunjukkan proses reduksi ion perak oleh senyawa fenolik yang terkandung dalam ekstrak daun sirsak salah satunya tanin, karena senyawa tersebut memiliki gugus $-\text{OH}$ yang dapat mereduksi ion perak (Ag^+) menjadi nanopartikel perak (Ag). Mekanisme reaksi reduksi ion perak (Ag^+) oleh tannin dapat dilihat pada Gambar 4.

Pengaruh Penambahan PVA terhadap Ukuran Nanopartikel Perak Hasil Sintesis Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Sirsak (Annona muricata L.)



Gambar 4. Mekanisme Reaksi Pembentukan Nanopartikel Perak dengan Bioreduktor Tannin (Fabiani dkk, 2018).

4. Analisis Nanopartikel Perak dengan UV-Vis.

Salah satu instrumen yang dapat digunakan untuk menganalisis nanopartikel adalah spektrofotometer UV-Vis. Untuk mengetahui bahwa nanopartikel perak dapat terbentuk maka dilakukan pengukuran absorbansi dengan UV-Vis. Reaksi yang terjadi dalam proses sintesis adalah reaksi reduksi dan dapat diketahui dengan cara pengukuran absorbansi panjang gelombang dengan UV-Vis. Keberhasilan reaksi reduksi dilihat dari munculnya serapan pada panjang gelombang 395-515 nm (Masakke dkk, 2014).

Tabel 1. Hubungan Antara Panjang Gelombang Dan Absorbansi UV-Vis Nanopartikel Perak Terhadap Waktu Reaksi.

[PVA] (%)	Waktu kontak (Hari)	λ (nm)	Abs
0	1	515,0	0,433
	2	503,0	0,649
	3	507,0	0,610
	4	502,0	0,643
1	1	471,0	1,463
	2	463,1	4,675
	3	440,0	2,266
	4	503,0	1,938
1,5	1	471,0	1,425
	2	436,0	1,815
	3	438,1	1,999
	4	465,0	2,631
2	1	454,0	1,938
	2	396,0	2,266
	3	475,1	4,675
	4	438,0	1,463
2,5	1	503,1	3,608
	2	503,1	3,131
	3	481,1	3,786
	4	484,1	3,482

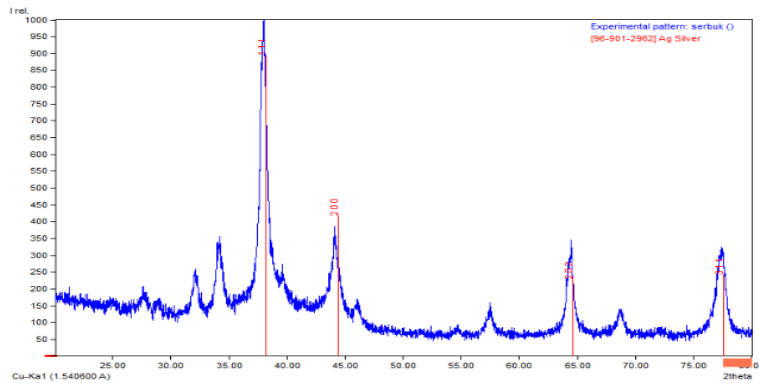
Berdasarkan Tabel 1. dapat dilihat bahwa nilai absorbansi semakin bertambah seiring bertambahnya waktu reaksi. Hasil pengukuran UV-Vis nanopartikel perak dengan serapan maksimum dari sampel hasil sintesis dengan konsentrasi PVA yang berbeda yaitu tanpa PVA, 1%; 1,5%; 2% dan 2,5% masing-masing pada absorbansi 0,649 pada $\lambda = 503,0$ nm, 4,675 pada $\lambda = 463,1$ nm, 1,815 pada $\lambda = 436,0$ nm dan 4,675 pada $\lambda = 475,1$ nm, 3,131 pada $\lambda = 503,1$ nm. Nanopartikel perak tanpa penambahan PVA menunjukkan nilai absorbansi yang lebih rendah, hal ini dikarenakan nanopartikel perak teraglomerasi pada proses aglomerasi ini partikel memerlukan banyak energi sehingga panjang gelombang semakin kecil (Herlia, 2017).

Dari hasil bioreduksi Ag^+ menjadi nanopartikel perak (Ag) diperoleh serbuk nanopartikel perak tanpa penambahan PVA sebanyak 0,016 gram sedangkan dengan penambahan PVA 1% sebanyak 0,028 gram dengan penambahan PVA 1,5% sebanyak 0,014 gram dengan penambahan PVA 2% sebanyak 0,014 gram dengan penambahan PVA 2,5% sebanyak 0,010 gram. Serbuk yang dihasilkan berwarna hitam, hal ini sesuai dengan nanopartikel perak hasil produksi industri.

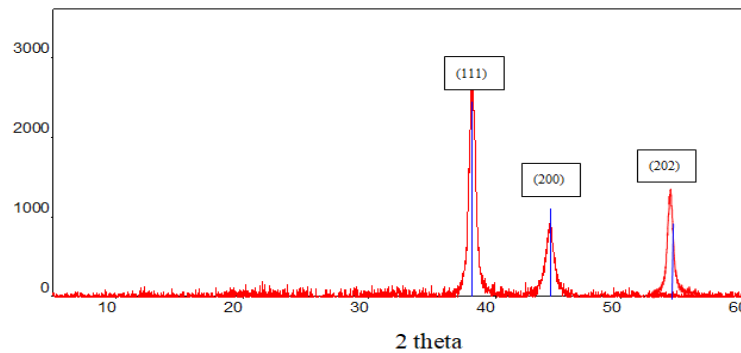
Pengaruh Penambahan PVA terhadap Ukuran Nanopartikel Perak Hasil Sintesis Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Sirsak (Annona muricata L.)

5. Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan *X-Ray Diffraction (XRD)*

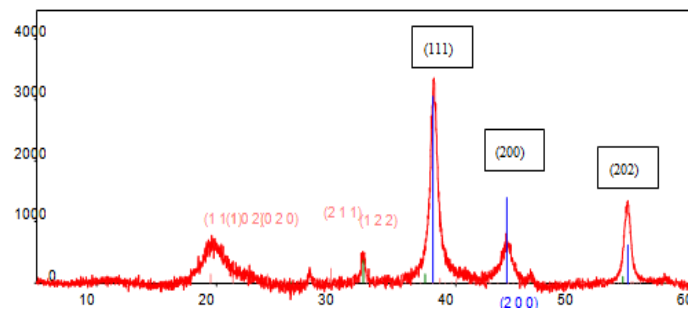
Karakterisasi XRD ini bertujuan untuk mendapatkan informasi derajat kristalinitas dan orientasi (hkl). Hasil analisis XRD juga dapat digunakan untuk menentukan ukuran kristal pada nanomaterial melalui analisis kuantitatif pada identifikasi pola difraksi dan intensitas puncak.



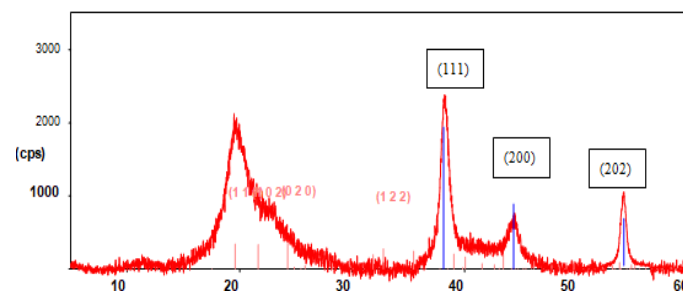
(a)



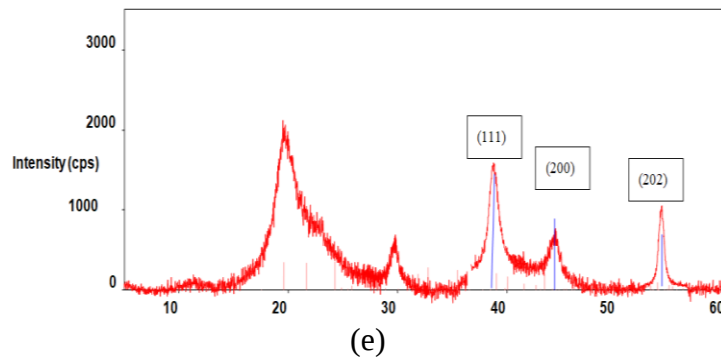
(b)



(c)



(d)



Gambar 5. Hasil karakterisasi menggunakan XRD: (a) PVA 0%, (b) 1%, (c) PVA 1.5%, (d) PVA 2%, (e) PVA 2.5% yang menunjukkan puncak-puncak pola difraksi nanopartikel perak pada nilai 2θ dengan nilai Indeks Miller (111), (200), dan (220). Indeks Miller merupakan bidang kisikristal (hkl) yang menyatakan sistem kristal material.

Berdasarkan indeks miller yang diperoleh dari nanopartikel perak keenam sampel merupakan kubik dengan bentuk kisi FCC (*Face Centered Cubic*), dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Ukuran Nanopartikel Perak Hasil XRD.

[PVA] (%)	hkl	Ukuran partikel (nm)	Rata-rata ukuran (nm)
0	111	50.25	43.00
	200	30.80	
	220	48.00	
1	111	3.60	40.00
	200	55.00	
	220	22.63	
1.5	111	9.90	14.55
	200	10.00	
	220	9.00	
2	111	15.88	40.30
	200	11.01	
	220	94.00	
2.5	111	3.77	20.92
	200	23.30	
	220	35.30	

Hasil analisis XRD digunakan untuk menentukan ukuran partikel. Rumus scherrer (Persamaan 1) digunakan untuk menentukan ukuran nanopartikel perak. Seperti pada Tabel 2 dimana ukuran 6 jenis sampel telah memenuhi ukuran partikel yaitu 1-100 nm. Adapun rata-rata ukuran nanopartikel perak tanpa penambahan 43,01 nm. Nanopartikel perak dengan penambahan, PVA 1% yaitu 40,00 nm, PVA 1,5% yaitu

Pengaruh Penambahan PVA terhadap Ukuran Nanopartikel Perak Hasil Sintesis Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Sirsak (Annona muricata L.)

14,55 nm, PVA 2% yaitu 40,30 nm, PVA 2,5% yaitu 20,92 nm. penggunaan stabilisator dapat mengontrol ukuran nanopartikel perak.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa penambahan polivinil alkohol (PVA) mempengaruhi karakteristik nanopartikel perak. Adapun ukuran nanopartikel perak tanpa penambahan sebesar 43,0100 nm. Nanopartikel perak dengan penambahan PVA sebesar 40,0000 nm, 14,5500 nm, 40,3000 nm, dan 20,9276 nm dengan masing-masing konsentrasi PVA 1%; 1,5%; 2%; dan 2,5% dan optimum pada PVA 1,5%. Berdasarkan data tersebut diperoleh bahwa ukuran nanopartikel dengan penambahan PVA lebih kecil dari ukuran nanopartikel tanpa penambahan PVA hal ini disebabkan karena PVA dapat menstabilkan ukuran nanopartikel sehingga mencegah terjadinya aglomerasi pada pembentukan nanopartikel perak.

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh melalui penelitian ini, maka penulis menyarankan:

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi konsentrasi Perak Nitrat (AgNO_3).
2. Dilakukan penelitian mengenai penambahan stabilizer lain seperti Poli Asam Akrilat (PAA).
3. Melakukan pengujian lebih lanjut seperti PSA dan XRF.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakir. 2011. *Pengembangan Biosintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Air Rebusan Daun Bisbul (Diospyros blancoi) Untuk Deteksi Ion Tembaga (II) Dengan Metode Kolorimetri*, [Skripsi]. Makassar: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Indonesia.
- Fabiani, A, Sutanti, Silvia, Putri. 2018. Green Syntesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Pucut Idat (*Cratoxylum glaucum*) sebagai bioreduktor. *Indo. Jurnal. Pure. App. Chem.* 1(2): 68-76.
- Guzman, M.G., D. J. dan Godet. 2009. Synthesis of Silver Nanoparticles By Chemical Reduction Method and Their Antifungal Activity. *International Research Journal of Pharmacy*, 4(10), 111–113.
- Handayani W. 2010. *Potensi Ekstrak Beberapa Jenis Tumbuhan Sebagai Agen Pereduksi Untuk Biosintesis Nanopartikel Perak*. Seminar Nasional Biologi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Haryono, A, Sondari D, Harmami S. 2008. *Sintesa Nanopartikel Perak Dan Potensi Aplikasinya*, *Jurnal Riset Industri*, 2 (3). 156-163.

- Herlia. 2017. *Pengaruh Penambahan PVA Terhadap Nanopartikel Perak dengan Metode Reduksi Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Bintaro (C. Mangas)*. [Skripsi]. Makassar: Jurusan Kimia FMIPA UNM.
- Kudle, K. R., Donda, M. R., Merugu, R., Prashanthi, Y., & Rudra, M. P. P. 2013. Microwave assisted green synthesis of silver nanoparticles using *Stigmaphyllon littorale* leaves , their characterization and anti-microbial activity. *International Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 3(1), 13–16.
- Kumar, P. P. N. V., Shameem, U., Kollu, P., Kalyani, R. L., & Pammi, S. V. N. 2015. Green Synthesis of Copper Oxide Nanoparticles Using Aloe vera Leaf Extract and Its Antibacterial Activity Against Fish Bacterial Pathogens. *BioNanoScience*, 5(3), 135–139.
- Masakke, Y., Sulfikar, & Rasyid, M. (2015). Biosintesis Partikel-nano Perak Menggunakan Ekstrak Metanol Daun Manggis (*Garcinia mangostana* L .). *Jurnal Sainsmat*, IV(1), 28–41.
- Muhaini, Syukri Arief, dan S. 2014. Sintesis Dan Karakterisasi Nanokristal Tembaga Dari Terusi Dengan Variasi Reduktor Melalui Metoda Reduksi Kimia. *Jurnal Kimia Unand (ISSN No. 2303-3401)*, 3(4), 12–17.
- Naik, L. S., Marx, K. P., Sree, P., & R., D. V. 2013. Green synthesis of silver nanoparticles using Strawberry leaf extract (*Arbutus unedo*) and evaluation of its antimicrobial activity-a Novel study. *International Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 3(3), 47–50.
- Omar, H., Elkader, A., dan Deraz, N.M. 2013. Synthesis and Characterization of New Copper based Nanocomposite. *Int. J. Electrochem. Sci.* Saudi Arabia: Electron Microscope Unit, Zoology Department, College of Science, King Saud University.
- Puspitasari, M. L., Wulansari, T. V., Widyaningsih, T. D., Maligan, J. M., & Nugrahini, N. I. P. 2016. Aktivitas Antioksidan Suplemen Herbal Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) Dan Kulit Manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 4(1), 283–290.
- Renugadevi, K dan R.V. Aswini. 2012. Microwave Irradiation Assisted Synthesis of Silver Nanoparticle using *Azadirachta indica* Leaf Extract as A Reducing Agent and In Vitro Evaluation of Its Antibacterial and Anticancer Activity. *International Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 2(2), 5-10.
- Wahyudi T, Sugiyama Doni, H. Q. 2011. Sintesis Nanopartikel Perak dan Uji Aktivitasnya terhadap Bakteri *E. Coli* dan *S.Aureas*. *Arena Tekstil*, 26(1), 55–60.