

SKRIPSI

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK DENGAN METODE REDUKSI
MENGUNAKAN BIOREDUKTOR EKSTRAK
DAUN KETAPANG (*Terminalia catappa*)**

ESTY YUNITA LEMBANG

H311 09 279



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK DENGAN METODE REDUKSI
MENGUNAKAN BIOREDUKTOR EKSTRAK
DAUN KETAPANG (*Terminalia catappa*)**

*Laporan hasil penelitian ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana sains*

Oleh

ESTY YUNITA LEMBANG

H311 09 279



MAKASSAR

2013

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK DENGAN METODE REDUKSI
MENGUNAKAN BIOREDUKTOR EKSTRAK
DAUN KETAPANG (*Terminalia catappa*)**

**Disusun dan diajukan oleh
ESTY YUNITA LEMBANG
H311 09 279**

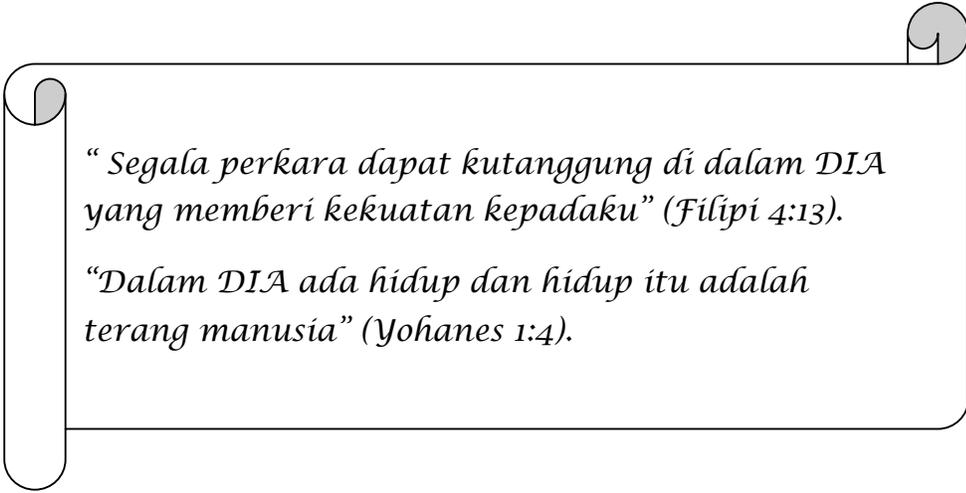
Laporan hasil penelitian ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Utama

**Dr. Maming, M.Si.
NIP. 19631231 198903 1 031**

Pembimbing Pertama

**Dr. Muhammad Zakir, M.Si
NIP. 19701103 199903 1 001**



“Segala perkara dapat kutanggung di dalam DIA yang memberi kekuatan kepadaku” (Filipi 4:13).

“Dalam DIA ada hidup dan hidup itu adalah terang manusia” (Yohanes 1:4).

*Kupersembahkan karya kecil ini kepada kedua orang tuaku
dan semua orang yang menyanyangiku*

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yesus yang telah melimpahkan berkat dan anugerah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Sintesis Nanopartikel Perak dengan Metode Reduksi Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa*)**”. Penulisan skripsi ini sebagai syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa betapa banyaknya hambatan dan beratnya menyelesaikan skripsi ini dan skripsi ini tidak akan selesai tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ayahanda dan Ibunda, **Eldit dan Erni Lembang** atas segala perhatian, kasih sayang, dan selalu menjadi motivator dalam kehidupan ini. Terima kasih juga buat bundaku, **Ita** yang selalu membimbing dan menemani selama menyelesaikan skripsi ini. Untuk keempat adikku, Erwin, Eva, Evi dan Eveline aku sayang kalian semua.
2. Bapak **Dr. Maming, M.Si** selaku pembimbing utama serta Bapak **Dr. Muhammad Zakir, M.Si** selaku pembimbing pertama, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam mengarahkan penulis mulai dari penyusunan proposal hingga skripsi ini.

3. Ketua Jurusan Kimia, Bapak Dr. Firdaus Zenta, MS dan Sekretaris Jurusan, Ibu Dr. Hj. Seniwati Dali, M.Si dan seluruh dosen yang telah membagi ilmunya kepada penulis selama 4 tahun menempuh pendidikan serta staf Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin terima kasih atas bantuan dan kerja samanya.
4. Ibu Dr. Hj. Nursiah La Nafie, M.Sc, Ibu Dr. Hasnah Natsir, M. Si, dan Ibu Prof. Dr. Nunuk Hariani S., MS, sebagai tim penguji yang telah banyak memberikan arahan dan masukan bagi penulis.
5. Seluruh analis di Jurusan Kimia FMIPA UNHAS yang telah banyak membantu penulis selama melakukan penelitian.
6. Kak Ugi tersayang terima kasih karena selalu memberi semangat, bantuan, solusi dan menjadi motivator selama ini.
7. Sahabat-sahabat terbaik “309” Kimia 2009 atas persahabatan dan dukungan kalian yang selalu diberikan kepada penulis. Kenangan ini tidak akan pernah terlupakan dan akan menjadi kenangan yang terindah.
8. Patnerku yuji terima kasih atas bantuan, solusi, dan kerja samanya selama melakukan penelitian.
9. Teman-teman segerakan “GMKI Kom. FMIPA UNHAS”, yang telah menjadi teman berbagi baik suka maupun duka dan yang selalu memotivasi serta mendukung lewat doa. UT OMNES UNUM SINT. GBU
10. Kakak-kakak Kimia Angkatan 2006, 2007, 2008 dan adik-adik 2010, 2011, atas kerja sama dan semangat selama ini.
11. Semua pihak yang tidak sempat tersurat namanya yang telah memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis hanyalah manusia biasa yang tidak luput dari kesalahan sehingga penulis menyadari bahwa apa yang penulis sajikan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak.

Penulis

2013

ABSTRAK

Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan metode reduksi menggunakan ekstrak daun ketapang (*Terminalia cappa*) yang berperan sebagai agen pereduksi untuk prekursor AgNO_3 . Proses pembentukan nanopartikel perak dimonitoring dengan mengamati serapan UV-Vis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai-nilai absorbansi meningkat dengan meningkatnya waktu kontak reaksi. Serapan maksimum UV-Vis dari sampel biosintesis tanpa pengadukan, dengan pengadukan, dan penambahan PAA 1%, masing-masing pada panjang gelombang 421 - 431 nm, 425 - 431 nm, dan 440,5 - 436,5 nm selama penyimpanan satu minggu. Proses biosintesis dengan pengadukan mempercepat pembentukan nanopartikel perak. Ukuran nanopartikel perak ditentukan menggunakan PSA (*Particle Size Analyzer*) dengan distribusi rata-rata ukuran untuk sampel biosintesis tanpa pengadukan, dengan pengadukan, dan penambahan PAA 1%, masing-masing adalah 62,61 nm, 71,56 nm dan 55,77 nm. Morfologi nanopartikel perak diamati dengan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan karakterisasi struktur senyawa dianalisis dengan menggunakan *X-Ray diffraction*.

Kata kunci: nanopartikel perak, reduksi, ketapang, PAA, karakterisasi.

ABSTRACT

Synthesis of silver nanoparticles was made by using the reduction method with catappa leaf extract (*Terminalia catappa*). The extract which acts as a reducing agent for AgNO₃ precursor. The process of silver nanoparticles formation was monitored by UV-Vis method. The results showed that absorbance values increased with the increase of reaction time. For one week storage, maximum absorption of the sample biosynthesis without stirring, with stirring and the addition of PAA 1 % by using UV-Vis at a wavelength 421 - 431 nm, 425 - 431 nm, and 440.5 - 436.5 nm, respectively. Biosynthetic by stirring process accelerates the formation of silver nanoparticles. Silver nanoparticle size is determined by using PSA (Particle Size Analyzer) with an average size distribution for sample biosynthesis without stirring, with stirring and the addition of 1 % PAA 62.61 nm, 71.56 nm and 55.77 nm, respectively. Morphology of the silver nanoparticles was observed by Scanning Electron Microscope instrument and the structure characterization of the compounds were analyzed using by X-Ray Diffraction.

Keywords: silver nanoparticles, reduction, catappa, PAA, characterization.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.3.1 Maksud Penelitian	4
1.3.2 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Tinjauan Umum Nanopartikel	6
2.2 Nanopartikel Perak	8
2.3 Daun Ketapang (<i>Terminalia catappa</i>)	13
2.4 Instrumen dalam Analisis Nanopartikel Perak	14
2.4.1 UV-Vis	14

2.4.2	PSA	16
2.4.3	XRD	18
2.4.4	SEM	19
BAB III METODE PENELITIAN		21
3.1	Bahan Penelitian	21
3.2	Alat Penelitian	21
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.4	Prosedur Penelitian	22
3.4.1	Dekontaminasi Material Organik dan Anorganik pada Alat Gelas	22
3.4.2	Pembuatan Larutan 1 mM AgNO ₃	22
3.4.3	Pembuatan Larutan PAA 1%	22
3.4.4	Pembuatan Air Rebusan Daun Ketapang Segar	23
3.4.5	Uji Fitokimia Daun Ketapang	23
3.4.6	Sintesis Nanopartikel Perak	24
3.4.7	Modifikasi Nanopartikel Perak	25
3.4.8	Karakterisasi Produk	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Uji Fitokimia Daun Ketapang	27
4.2	Sintesis Nanopartikel Perak	28
4.2.1	Karakterisasi Warna dan pH Larutan	28
4.2.2	Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan UV-Vis	29
4.2.3	Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan PSA	33
4.2.4	Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan XRD	37
4.2.5	Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan SEM	40

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur molekul asam poliakrilat (PAA) yang merupakan polimer anionik	11
2. Daun ketapang (<i>Terminalia catappa</i>)	13
3. Hasil UV-Vis spektrofotometer biosintesis nanopartikel perak dengan ekstrak bintaro (<i>C. manghas</i>)	15
4. Hasil analisis ukuran nanopartikel perak modifikasi PVA dengan alat PSA selama 1 minggu	17
5. Pola XRD nanopartikel perak dari <i>Pseudomonas putida</i>	18
6. Lapisan kloroform dan lapisan air	27
7. Karakterisasi warna sampel A (tanpa pengadukan), B (pengadukan) dan (Penambahan PAA 1%) mulai dari pembuatan, 1 hari, dan 7 hari	28
8. Spektrum serapan UV-vis pada rentang panjang gelombang 200 - 800 nm, (a) ekstrak daun ketapang, (b) larutan AgNO ₃ 1mM, dan (c) larutan PAA 1%	30
9. Spektrum serapan UV-Vis pada rentang panjang gelombang 300 - 600 nm, (a) sintesis nanopartikel perak tanpa pengadukan, (b) sintesis nanopartikel perak dengan pengadukan, dan (c) sintesis nanopartikel perak dengan penambahan PAA 1%	33
10. Hasil Analisa PSA sampel A (sintesis nanopartikel perak tanpa pengadukan), (a) <i>size dispersion by intensity</i> , (b) <i>size dispersion by volume</i> , dan (c) <i>size dispersion by number</i>	34
11. Hasil Analisa PSA sampel B (sintesis nanopartikel perak dengan pengadukan), (a) <i>size dispersion by intensity</i> , (b) adalah <i>size dispersion by volume</i> , dan (c) <i>size dispersion by number</i>	35
12. Hasil Analisa PSA sampel C (sintesis nanopartikel perak dengan penambahan PAA 1%), (a) <i>size dispersion by intensity</i> , (b) <i>size dispersion by volume</i> , dan (c) <i>size dispersion by number</i>	36

13. Pola XRD sampel C (sintesis nanopartikel perak dengan penambahan PAA 1%)	37
14. Analisis Morfologi Nanopartikel perak menggunakan nanopartikel perak, (a) pembesaran 2500 kali (skala 5 μm) dan (b) adalah pembesaran 2000 kali (skala 20 μm)	40
15. Perkiraan reaksi dalam sintesis nanopartikel perak dengan menggunakan ekstrak daun ketapang (<i>Terminalia catappa</i>)	42

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Aplikasi nanopartikel perak pada bidang pangan dan kemasan	12
2. Ukuran nanopartikel perak berdasarkan nilai FWHM dan 2-theta	38

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar	Halaman
1. Skema Pembuatan Larutan AgNO ₃ 1 mM	47
2. Skema Pembuatan Larutan PAA 1%.....	47
3. Skema Pembuatan Air Rebusan Daun Ketapang Segar	48
4. Uji Fitokimia Ekstrak Daun Ketapang	49
5. Skema Sintesis Nanopartikel Perak Tanpa Pengadukan (Sampel A)	50
6. Skema Sintesis Nanopartikel Perak dengan Pengadukan (Sampel B)	51
7. Skema Sintesis Nanopartikel Perak dengan Penambahan PAA 1% (Sampel C)	52
8. Uji Fitokimia Ekstrak Daun Ketapang	53
9. Gambar Sampel A	54
10. Gambar Sampel B	55
11. Gambar Sampel C	56
12. Hasil UV-Vis Ekstrak Daun Ketapang	57
13. Hasil UV-Vis Sampel A 1 Jam	58
14. Hasil UV-Vis Sampel A 2 Jam	58
15. Hasil UV-Vis Sampel A 3 Jam	59
16. Hasil UV-Vis Sampel A 4 Jam	59
17. Hasil UV-Vis Sampel A 1 Hari	60
18. Hasil UV-Vis Sampel A 2 Hari	60

19.	Hasil UV-Vis Sampel A 3 Hari	60
20.	Hasil UV-Vis Sampel A 1 Minggu	61
21.	Hasil UV-Vis Sampel B 1 Jam	61
22.	Hasil UV-Vis Sampel B 2 Jam	62
23.	Hasil UV-Vis Sampel B 3 Jam	62
24.	Hasil UV-Vis Sampel B 4 Jam	63
25.	Hasil UV-Vis Sampel B 1 Hari	63
26.	Hasil UV-Vis Sampel B 2 Hari	64
27.	Hasil UV-Vis Sampel B 3 Hari	64
28.	Hasil UV-Vis Sampel B 1 Minggu	65
29.	Hasil UV-Vis Sampel C Tanpa PAA	65
30.	Hasil UV-Vis Sampel C 1 Hari	66
31.	Hasil UV-Vis Sampel C 3 Hari	66
32.	Hasil UV-Vis Sampel C 4 Hari	67
33.	Hasil UV-Vis Sampel C 1 Minggu	67
34.	Hasil UV-Vis Sampel A, Ekstrak Daun Ketapang dan AgNO ₃ 1mM	68
35.	Hasil UV-Vis Sampel B, Ekstrak Daun Ketapang dan AgNO ₃ 1mM	68
36.	Hasil UV-Vis Sampel C, Ekstrak Daun Ketapang dan AgNO ₃ 1mM	69
37.	Serbuk Nanopartikel Perak Sampel A	70
38.	Serbuk Nanopartikel Perak Sampel B	70
39.	Serbuk Nanopartikel Perak Sampel C	70

40.	Gambar dan Hasil XRD	71
41.	Gambar PSA	72
42.	Hasil PSA sampel A, B, dan C	73
43.	Gambar SEM	85
44.	Gambar <i>Spray Dryer</i>	86

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

BSE	=	<i>Backscattered Electron</i>
FWHM	=	<i>Full Width at Half Maximum</i>
IC	=	<i>Inhibitor Concentration</i>
DLS	=	<i>Dynamic Light Scattering</i>
LSPR	=	<i>Localized Surface Plasmon Resonance</i>
nm	=	Nanometer
PAA	=	Poli Asam Akrilat
pH	=	Derajat Keasaman
PI	=	<i>Polydispersity Index</i>
ppm	=	<i>Part Per Million</i>
PVA	=	Poli Vinil Alkohol
PVP	=	Poli Vinil Pirolidin
PSA	=	<i>Particle Size Analyzer</i>
SE	=	<i>Secondary Electron</i>
SEM	=	<i>Scanning Electron Microscope</i>
SPR	=	<i>Surface Plasmon Resonance</i>
UV – VIS	=	<i>Ultraviolet – Visible</i>
XRD	=	<i>X – Ray Diffraction</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Nanoteknologi menjadi salah satu bidang ilmu Fisika, Kimia, Biologi, dan rekayasa yang penting dan menarik beberapa tahun terakhir ini. Jepang dan Amerika Serikat merupakan dua negara terdepan dalam riset nanoteknologi. Salah satu pengembangan nanoteknologi yang sedang berkembang yaitu nanopartikel. Penelitian nanopartikel sedang berkembang pesat karena dapat diaplikasikan secara luas seperti dalam bidang lingkungan, elektronik, optis, dan biomedis (Wahyudi dkk., 2011 dalam Ma, 2004).

Suatu bahan tergolong nano jika memiliki ukuran 1 - 100 nm. Secara garis besar sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan metode *top down* (fisika) dan metode *bottom up* (kimia). Metode fisika yaitu dengan cara memecah padatan logam menjadi partikel-partikel kecil berukuran nano sedangkan metode kimia dilakukan dengan cara membentuk partikel-partikel nano dari prekursor molekular atau ionik (Wahyudi dan Rismayani, 2008 dalam Cao, 2004).

Beberapa teknik yang dapat digunakan dalam memproduksi nanopartikel seperti cara reduksi kimia, fotokimia, sonokimia, dan lain-lain. Sintesis nanopartikel dengan teknik sonokimia menggunakan alat ultrasonik untuk memecah padatan logam menjadi partikel yang berukuran nano sedangkan teknik fotokimia menggunakan radiasi tinggi dari sinar UV. Akan tetapi, cara yang sangat populer karena alasan faktor kemudahan, biaya yang relatif murah serta kemungkinannya untuk diproduksi dalam skala besar adalah dengan cara reduksi kimia (Lu and Chou, 2008). Prinsip biosintesis dengan metode reduksi dalam

preparasi nanopartikel ialah memanfaatkan tumbuhan dan mikroorganisme sebagai agen pereduksi. Mikroorganisme yang digunakan seperti jamur, khamir, dan bakteri. Teknik bioreduksi dalam preparasi nanopartikel yang menggunakan mikroorganisme memiliki kelemahan seperti pemeliharaan kultur yang sulit dan waktu sintesis yang lama sehingga tumbuhan menjadi alternatif dalam bioreduksi nanopartikel (Bakir, 2011 dalam Mohanpuria dkk., 2008).

Indonesia merupakan negara dengan sumber daya alam dan keanekaragaman hayati yang melimpah dan memiliki potensi untuk penelitian yang terkait dengan eksplorasi pemanfaatan tumbuhan sebagai agen biosintesis nanopartikel. Pemanfaatan tumbuhan dalam biosintesis nanopartikel berkaitan dengan kandungan senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktifitas antioksidan. Beberapa jenis tumbuhan tertentu mengandung senyawa kimia tertentu yang dapat berperan sebagai agen pereduksi. Antioksidan tersebut dapat menjadi alternatif produksi nanopartikel yang ramah lingkungan (*green synthesis*) karena mampu mengurangi penggunaan bahan-bahan kimia yang berbahaya termasuk limbah yang dihasilkan (Handayani dkk., 2010).

Salah satu nanopartikel yang dapat disintesis dengan metode reduksi adalah nanopartikel perak. Sintesis nanopartikel perak menggunakan larutan perak nitrat (AgNO_3) sebagai prekursor dan tumbuhan sebagai pereduksi. Nanopartikel perak memiliki banyak manfaat dalam kehidupan manusia, terutama sebagai agen antijamur dan antibakteri sehingga sering digunakan pada industri produk konsumsi (Haryono dan Harmami, 2010). Beberapa jenis tumbuhan yang berpotensi dalam biosintesis nanopartikel perak adalah ekstrak daun bisbul (*Diospyros blancoi*) (Bakir, 2011), ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica*), ekstrak daun matoa (*Pometia pinnata*), ekstrak daun bintaro (*Cerbera manghas*),

dan ekstrak daun dillenia atau simpur (*Dilleniaindica*). Ekstrak daun yang digunakan sebagai agen pereduksi diketahui mengandung senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antioksidan (Handayani dkk., 2010).

Sintesis nanopartikel perak cenderung mengalami agregasi membentuk ukuran besar. Stabilitas nanopartikel perak memegang peranan yang sangat penting ketika akan dikarakterisasi dan diaplikasikan ke dalam sebuah produk. Nanopartikel cenderung mengalami agregasi (ukuran besar). Upaya pencegahan terjadinya agregat antar nanopartikel dapat dilakukan dengan penambahan material atau molekul pelapis partikel (Haryono dkk., 2008).

Senyawa yang biasa digunakan untuk menstabilkan ukuran nanopartikel adalah polimer. Polimer diharapkan mampu menjadi dinding penghalang terjadinya proses aglomerasi dan proses oksidasi yang tidak diinginkan. Beberapa jenis polimer seperti PVP, PAA, PAH, CMC telah digunakan untuk menstabilkan nanopartikel perak (Bae dkk., 2011). Penambahan polivinil alkohol (PVA) untuk menstabilkan ukuran berhasil dilakukan (Bakir, 2011) dan nanopartikel perak hasil sintesis menggunakan PAA 1% terdistribusi antara 23 - 86 nm dengan ukuran rata-rata 71,8 nm sedangkan dengan PVP 1% terdistribusi di antara 40 - 164 nm dengan ukuran rata-rata 96,0 nm (Wahyudi dkk., 2011).

Karakterisasi pembentukan nanopartikel perak dilakukan dengan UV-Vis (Bakir, 2011) (Handayani dkk., 2010) sedangkan penentuan ukuran nanopartikel perak dilakukan dengan menggunakan PSA (*Particle Size Analyzer*) (Hasan, 2012) dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) (Hasmia, 2012).

Menurut penelitian telah diketahui bahwa ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*) mempunyai aktivitas antioksidan yang cukup baik, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti antioksidan sintetis (Marliyana dkk.,

2006). Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka dilakukan penelitian dengan menentukan pengaruh waktu kontak dan penambahan poliasam akrilat (PAA) 1% untuk mempelajari pengaruh terhadap sifat dan ukuran nanopartikel perak yang dihasilkan dari ekstrak air rebusan daun ketapang (*Terminalia catappa*).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dapat dirumuskan masalah yaitu:

1. Bagaimana sintesis nanopartikel perak melalui proses bioreduksi Ag^+ menggunakan ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*) ?
2. Bagaimana pengaruh waktu kontak terhadap sifat dan ukuran yang dihasilkan dalam sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*) ?
3. Bagaimana pengaruh penambahan PAA terhadap sifat dan ukuran yang dihasilkan dalam sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*) ?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh waktu kontak dan penambahan PAA terhadap sifat dan ukuran yang dihasilkan dalam sintesis nanopartikel perak melalui proses bioreduksi Ag^+ menggunakan ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*).

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Melakukan sintesis nanopartikel perak melalui proses bioreduksi Ag^+ menggunakan ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*).
2. Menentukan pengaruh waktu kontak terhadap sifat dan ukuran yang dihasilkan dalam sintesis nanopartikel perak melalui proses bioreduksi Ag^+ menggunakan ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*).
3. Menentukan pengaruh penambahan PAA terhadap sifat dan ukuran yang dihasilkan dalam sintesis nanopartikel perak melalui proses bioreduksi Ag^+ menggunakan ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai potensi ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*) sebagai agen pereduksi dan PAA sebagai pelapis dalam sintesis nanopartikel perak, serta diharapkan dapat menjadi alternatif produksi nanopartikel yang ramah lingkungan (*green synthesis*) karena mampu meminimalisir penggunaan bahan-bahan kimia yang berbahaya dan sekaligus limbahnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2. 1 Tinjauan Umum Nanopartikel

Richard Feynman, seorang ahli fisika yang pertama kali memperkenalkan studi nano pada tahun 1959. Studi nano kini intensif dikembangkan oleh berbagai negara maju melihat keuntungan yang diperoleh dari produk-produk nanoteknologi sangat besar (Rochani dan Wahyudi, 2010).

Nanopartikel adalah partikel berukuran 1 - 100 nm. Nanopartikel memiliki luas permukaan per satuan berat lebih besar dari pada lebar partikel, sehingga lebih reaktif terhadap beberapa molekul lain. Material nanopartikel adalah material-material buatan manusia yang berskala nano (Park, 2007).

Karakter bahan nano yang istimewa, diakibatkan oleh efek dari luas permukaan dan kuantum yang mendominasi perubahan sifat dari bahan nano. Efek luas permukaan meliputi sifat konduktivitas, katalitik, kekuatan material, kemampuan tahan api, anti air dan anti karat. Sedangkan efek kuantum mencakup sifat elektrik, magnetik dan optik. Sifat-sifat tersebut tidak akan berubah apabila sudah mencapai ukuran nano. Fenomena kuantum terjadi akibat keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan lainnya dalam partikel. Fenomena ini berpengaruh pada sifat material seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, dan magnetisasi (Rochani dan Wahyudi, 2010)

Perkembangan teknologi nano tidak terlepas dari riset mengenai material nano. Dalam pengembangannya, material nano diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu material nano berdimensi nol (*nano particle*), material nano

berdimensi satu (*nanowire*), dan material nano berdimensi dua (*thin films*). Pengembangan metode sintesis nanopartikel merupakan salah satu bidang yang menarik minat banyak peneliti. Nanopartikel dapat terjadi secara alamiah ataupun melalui proses sintesis oleh manusia (Fernandes, 2011).

Nanoteknologi tidak hanya sebatas bagaimana cara menghasilkan material atau partikel yang berukuran nanometer, melainkan memiliki pengertian yang lebih luas termasuk bagaimana cara memproduksi serta mengetahui kegunaan dari sifat baru yang muncul dari material nano yang telah dibuat. Sintesis nanopartikel logam dengan metode kimia dilengkapi dengan penggunaan surfaktan atau polimer yang membentuk susunan teratur (*self-assembly*) pada permukaan nanopartikel logam (Wahyudi dan Rismayani, 2008).

Menurut Hasmia (2012), penggunaan surfaktan natrium silikat dari bahan dasar abu sekam padi sebagai elektrolit pelapis dalam sintesis nanopartikel magnetit, ukuran partikel Fe_3O_4 yang diperoleh adalah 6,76 nm dengan menggunakan metode elektrokimia. Bagian surfaktan atau polimer yang hidrofob langsung teradsorpsi pada permukaan nanopartikel dan bagian hidrofilnya berada pada larutan *bulk*. Bahan organik tersebut (surfaktan dan polimer) dapat mengontrol kecepatan reduksi dan agregasi nanopartikel logam (Fernandes, 2011).

Pembentukan nanopartikel dengan keteraturan yang tinggi dapat menghasilkan pola yang lebih seragam dan ukuran yang seragam pula. Kebanyakan penelitian telah mampu menghasilkan nanopartikel yang lebih bagus dengan menggunakan metode-metode yang umum digunakan adalah kopresipitasi, sol-gel, mikroemulsi, hidrotermal/solvotermal, menggunakan cetakan (*templated synthesis*), sintesis biomimetik, metode cairan superkritis,

metode kimia basah (*wet chemical method*), dan sintesis cairan ionik (Fernandes, 2011).

2. 2 Nanopartikel perak

Nanopartikel perak memiliki banyak manfaat dalam kehidupan manusia, terutama sebagai agen antijamur dan antibakteria sehingga sering digunakan pada industri produk konsumsi. Penggunaan partikel nano logam perak (Ag), tembaga (Cu) dan oksida logam seperti TiO_2 , ZnO , dan MgO pada proses penyempurnaan akan menghasilkan tekstil yang mempunyai fungsi sebagai antimikroba yang berukuran nanometer. Partikel Ag dapat mengikat protein, sehingga metabolisme sel mikroba menjadi terhambat dan akhirnya mikroba mati. Seluruh nanopartikel perak logam memiliki karakteristik warna tersendiri karena ukurannya yang sangat kecil (satu nanometer = sepemiliar meter). Efek ini disebut sebagai “resonansi plasma permukaan” yang terjadi akibat osilasi secara serempak elektron-elektron pada permukaan. Aktivasinya sebagai agen antifungal dan antibakteri yang baik dikarenakan luas permukaannya yang besar (Haryono dan Harmami, 2010).

Banyak teknik yang dapat digunakan dalam memproduksi nanopartikel perak seperti cara reduksi kimia, fotokimia, sonokimia, dan lain-lain. Akan tetapi cara yang sangat populer karena alasan faktor kemudahan, biaya yang relatif murah serta kemungkinannya untuk diproduksi dalam skala besar adalah dengan cara reduksi kimia. Berbagai zat pereduksi dapat digunakan mulai dari yang bersifat lemah (contoh glukosa), reduktor yang bersifat medium (contoh formaldehida), hingga yang bersifat kuat (hidrazin dan natrium borohidrida). Satu hal yang penting diperhatikan adalah bagaimana upaya untuk menstabilkan

partikel koloid nanopartikel perak yang terbentuk agar tidak mengalami proses aglomerasi (penggumpalan) antar partikel (Lu and Chou, 2008).

Menurut Handayani dkk. (2010), dari 8 jenis tumbuhan yang diteliti, hanya 5 jenis yang berpotensi sebagai agen pereduksi pada proses biosintesis nanopartikel perak, yaitu *Azadirachta indica* (mimba), *Pometia pinnata* (matoa), *Diospyros blancoi* (bisbul), *Cerberamanghas* (bintaro), dan *Dilleniaindica* (dillenia atau simpur). Nanopartikel perak yang terbentuk, dapat diamati secara visual setelah larutan ekstrak dicampur dengan larutan AgNO₃, larutan berubah warna menjadi kuning atau coklat. Semakin bertambah waktu kontak warna larutan menjadi semakin gelap. Saat terbentuk nanopartikel perak, data spektrum serapan UV-Vis pada panjang gelombang antara 400 - 500 nm dan nilai absorbansi semakin besar dengan semakin bertambahnya waktu kontak (Handayani dkk., 2010).

Menurut Haryono dan Harmami (2010), beberapa metode telah dikembangkan dalam preparasi nanopartikel perak untuk mendapatkan kontrol yang baik terhadap bentuk dan ukuran partikel perak. Nanopartikel cenderung mengalami agregasi membentuk *bulk* kembali. Nanopartikel perak mempunyai karakteristik mudah mengalami aglomerasi antar partikel dan mudah teroksidasi sehingga pada umumnya pada proses pembentukan nanopartikel perak ditambahkan zat untuk menstabilkan ukuran.

Senyawa yang biasa digunakan untuk menstabilkan ukuran nanopartikel adalah polimer. Polimer diharapkan mampu menjadi dinding penghalang terjadinya proses aglomerasi dan proses oksidasi yang tidak diinginkan. Beberapa jenis surfaktan seperti NaDDBS, SDS, TW80, CTAB dan juga beberapa polimer

seperti PVP, PAA, PAH, CMC telah digunakan dalam sintesis nanopartikel (Bae dkk., 2011).

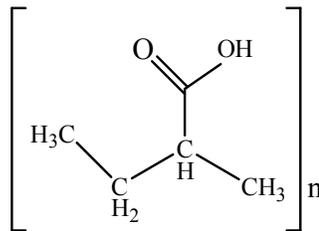
Sifat kimia dan fisika dari material yang berukuran nanometer lebih unggul dari material berukuran besar (bulk) karena material tersebut dapat menghasilkan sifat yang tidak dimiliki oleh material berukuran besar. Sejumlah sifat dapat diubah-ubah dengan melalui pengontrolan ukuran material, pengaturan komposisi kimiawi, modifikasi permukaan, dan pengontrolan interaksi antar partikel (Astuti, 2007).

Ukuran nanopartikel perak dapat dikontrol dengan berbagai cara, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah mengatur jenis atau konsentrasi dari agen pereduksinya. Reaksi reduksi yang cepat akan membentuk nanopartikel yang banyak pada permulaan proses sintesanya. Jumlah nanopartikel yang banyak ini akan menghambat nanopartikel yang besar. Konsentrasi larutan yang homogen akan membantu terbentuknya nanopartikel perak yang homogen (Haryono dkk., 2008).

Menurut Bakir (2011), biosintesis nanopartikel perak menggunakan air rebusan daun bisbul (*Diospyros blancoi*) dapat dilakukan modifikasi dengan penambahan PVA. Reduksi ion Ag ditunjukkan oleh perubahan warna larutan dari bening menjadi kuning muda setelah satu jam selanjutnya larutan tersebut berwarna coklat setelah satu hari. Hal ini karena PVA tidak mereduksi Ag^+ tetapi menstabilkan nanopartikel perak. Hasil pengamatan menunjukkan nilai absorbansi semakin besar seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Puncak absorpsi spektrum UV-Vis dari sampel biosintesis nanopartikel perak tanpa dan dengan *magnetic stirrer* masing-masing pada panjang gelombang 414 - 418 dan

414 - 419 nm selama 2 minggu. Efek mekanik dalam proses biosintesis nanopartikel perak cenderung mempercepat pembentukan nanopartikel perak.

Sintesis larutan koloid nanopartikel perak dari perak nitrat (AgNO_3) dengan menggunakan larutan natrium borohidrida (NaBH_4) sebagai pereduksi, asam poliakrilat (PAA) 1% dan larutan polivinil pirolidon (PVP) 17% untuk menstabilkan ukuran telah dilakukan. Wahyudi dkk. (2011), memperoleh hasil bahwa penambahan PAA memiliki kemampuan yang relatif lebih baik dalam menstabilkan partikel perak daripada PVP. Asam poliakrilat (PAA) merupakan bahan polimer superabsorben yang paling banyak digunakan karena mempunyai daya afinitas yang paling baik. Struktur molekul asam poliakrilat yang merupakan polimer anionik terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur molekul asam poliakrilat (PAA) yang merupakan polimer anionik (Swantomo dkk., 2008).

Wahyudi dkk. (2011), menentukan ukuran nanopartikel perak serta distribusinya dilakukan dengan menggunakan alat analisis ukuran partikel (PSA) dan SEM. Nanopartikel perak yang dianalisis merupakan hasil sintesis yang menggunakan PAA dan PVP untuk menstabilkan nanopartikel perak. Ukuran nanopartikel perak dengan PAA terdistribusi antara 23 - 86 nm dengan ukuran rata-rata 71,8 nm. Ukuran partikel perak dengan PVP terdistribusi di antara 40 - 164 nm dengan ukuran rata-rata 96,0 nm.

Diantara nanopartikel logam, nanopartikel perak banyak mendapat perhatian karena sifat fisik dan kimia. Koloid perak diketahui memiliki sifat antimikroba dan juga ramah lingkungan. Kemampuan antimikroba perak dapat membunuh semua mikroorganisme patogenik (Haryono dkk., 2008). Tabel 1 menunjukkan aplikasi nanopartikel perak pada bidang pangan dan kemasan.

Tabel 1. Aplikasi nanopartikel perak pada bidang pangan dan kemasan (Haryono dkk., 2008):

Perusahaan/Institusi	Aplikasi
Sharper Image	Kemasan plastik penyimpanan makanan
Bluemonn Goods, A. DO. Global, Quan Zhou Hu Zheng	Wadah penyimpanan makanan
Daewco, Samsung dan LG	Lemari es
Baby Dream CO	Cangkir bayi
A. DO. Global	Talenan (alas potong)
Songsing Nano Technology Co	Cangkir teh
Nano Care Technology	Peralatan dapur

Perkembangan nanoteknologi dapat meningkatkan nilai tambah pada serat tekstil. Ukuran nanopartikel yang berkisar antara 1 hingga 100 nanometer yang ditambahkan pada serat katun dapat memberikan fungsi khusus atau modifikasi fungsi serat katun yang memiliki sifat antimikroba. Larutan koloidal nanopartikel perak dapat dipreparasi dengan beberapa metode, seperti proses pencampuran larutan AgNO_3 dengan larutan *aminoterminated hyperbranched polymer* (HBP-NH₂), reduksi kimia larutan perak nitrat (AgNO_3) dalam satu tahap lewat pencampuran dengan pengadukan yang kuat pada suhu ruang. Preparasi

nanopartikel perak pada serat katun dilakukan dengan metode deposisi atau presipitasi nanopartikel perak dalam celah-celah serat. Aktivitas antimikroba partikel perak yang terdeposisi pada serat katun diuji terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* atau *E. Coli*. Selain itu, hasil (SEM) dan *X-ray Photoelectron Spectroscopy* (XPS) menunjukkan adanya nanopartikel perak yang terdispersi secara baik pada permukaan serat katun dan mayoritas perak berada dalam bentuk Ag (Haryono dan Harmami, 2010).

2.3 Daun Ketapang (*Terminalia catappa*)

Ketapang merupakan spesies *T. catappa* dengan klasifikasi sebagai berikut (Rahayu dkk., 2008) :

Kingdom : Plantae
Division : Magnoliophyta
Class : Magnoliopsida
Ordo : Myrtales
Family : Combretaceae
Genus : *Terminalia*
Spesies : *T. catappa*



Gambar 2. Daun ketapang (*Terminalia catappa*) (Rahayu dkk., 2008).

Ketapang merupakan tumbuhan dari famili *combretaceae* dilaporkan bahwa di dalam daun memiliki aktivitas antioksidan secara in vitro (Pauly, 2001). Menurut Rahayu dkk. (2008), daun ketapang mengandung banyak senyawa yang bersifat antioksidan. Daun ketapang mampu meredam 50% aktivitas radikal bebas DPPH (IC_{50}). Metabolit sekunder dalam daun ketapang antara lain flavonoid, alkaloid, saponin, kuinon, dan fenolik. Senyawa tanin adalah senyawa fenolik yang merupakan polimerasi polifenol sederhana. Tanin adalah senyawa yang terdapat dalam daun ketapang.

Menurut Marliyana dkk. (2006), aktivitas antioksidan ekstrak kulit biji ketapang tidak mengalami perubahan yang cukup signifikan selama penyimpanan 1,7,14 dan 21 hari pada suhu kamar. Besarnya aktivitas antioksidan pada ekstrak kulit biji ketapang berkisar antara 66,53% sampai dengan 66,61%. Daun ketapang mengandung metabolit sekunder seperti fenolik, kuinon, saponin, alkaloid dan flavonoid yang memiliki aktivitas antioksidan (Rahayu dkk., 2008).

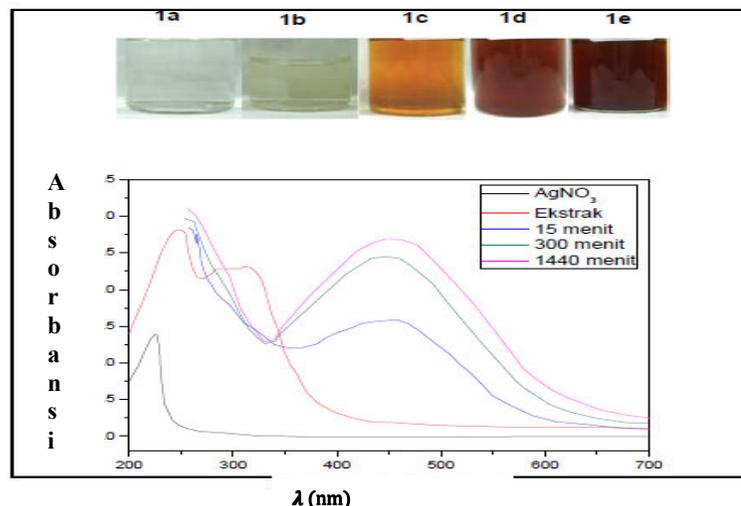
2.4 Instrumen dalam Analisis Nanopartikel Perak

2.4.1 UV-vis

Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui apakah nanopartikel yang disintesis telah terbentuk. Nanopartikel perak memiliki absorpsi yang kuat pada panjang gelombang antara 400 - 500 nm (Solomon dkk., 2007). Nanopartikel perak stabil yang dihasilkan ditandai dengan terbentuknya koloid perak berwarna kuning. Pada pengukuran dengan spektrofotometer UV-Vis, *localized surface plasmon resonance* (LSPR) memiliki hubungan dengan warna larutan nanopartikel perak. LSPR merupakan gabungan dari elektron konduksi pada nanopartikel. Eksitasi LSPR diinduksi oleh medan listrik dari

cahaya datang dimana resonansi terjadi. Perpindahan awan elektron karena medan listrik membuat permukaan bermuatan, positif dimana kekurangan awan elektron, negatif dimana awan elektron terkonsentrasi. Ketika resonansi terjadi, muncul pita absorpsi yang kuat dari plasmon permukaan. Posisi, bentuk, dan intensitas LSPR merupakan fungsi beberapa faktor, seperti bentuk, ukuran, komposisi partikel, jarak antar partikel, spesies yang teradsorpsi, serta konstanta dielektrik medium (Moores and Goettmann, 2006).

Nilai spektrum puncak absorpsi dari nanopartikel perak yang spesifik menunjukkan karakter dari resonansi permukaan plasmon (SPR) dari partikel berukuran nano. SPR merupakan hasil eksitasi dari plasmon permukaan oleh cahaya terhadap suatu struktur yang berukuran nanometer. Resonansi plasmon getaran yang terjadi akan memberi serapan pada pengukuran menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Serapan antara 400 - 500 nm tersebut menunjukkan adanya partikel berukuran nano (Shankar dkk., 2004).



Gambar 3. Hasil UV-Vis spektrofotometer biosintesis nanopartikel perak dengan ekstrak *C. manghas*. Foto: 1a. Larutan AgNO₃, 1b. Ekstrak rebusan *C. manghas*, 1c - 1e. Larutan AgNO₃ + ekstrak *C. manghas* masing-masing setelah 15 menit, 300 menit, dan 1440 menit (Handayani dkk., 2010).

Larutan ekstrak bintaro (*Cerbera manghas*) hanya mempunyai puncak-puncak absorpsi pada panjang gelombang 250 - 350 nm. Setelah larutan ekstrak dicampur dengan larutan AgNO₃, spektrum UV-Vis yang diperoleh sangat jauh berbeda dan diperoleh puncak absorpsi di daerah sekitar 450 nm. Hasil tersebut sesuai dengan daerah absorpsi nanopartikel perak seperti pada Gambar 3 (Handayani dkk., 2010).

2.4.2 PSA (*Particle Size Analyzer*)

PSA digunakan untuk menentukan ukuran partikel, dimana partikel didispersikan ke dalam media cair sehingga partikel tidak saling beraglomerasi (menggumpal). Ukuran partikel yang terukur adalah ukuran dari partikel tunggal. Data ukuran partikel yang didapatkan berupa tiga distribusi yaitu intensitas, nomor, dan volume distribusi sehingga dapat diasumsikan menggambarkan keseluruhan kondisi sampel (Nikmatin dkk., 2011).

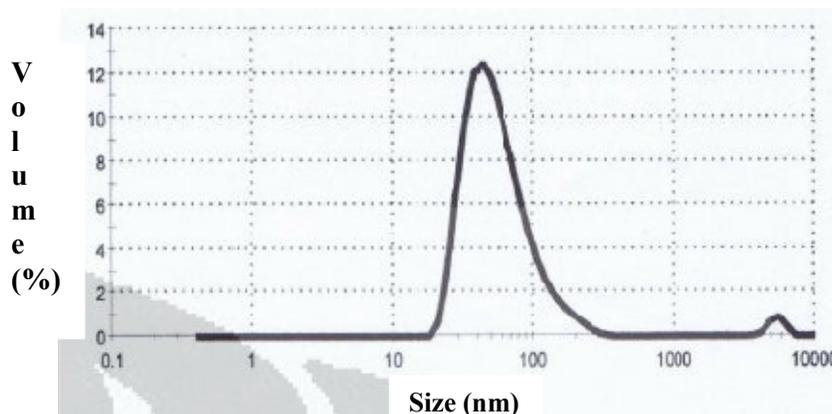
Metode pengukuran distribusi ukuran nanopartikel menggunakan PSA dinilai lebih akurat dalam menentukan distribusi ukuran partikel dibandingkan metode analisa gambar. Metode PSA merupakan metode dengan prinsip hamburan cahaya dinamis (DLS). Metode pengukuran menggunakan PSA dapat berupa metode basah dengan menggunakan media pendispersi serta metode kering dengan memanfaatkan udara atau aliran udara untuk melarutkan partikel dan membawanya ke sensing zone. Pengukuran partikel dengan menggunakan PSA umumnya menggunakan metode basah agar partikel tidak saling beraglomerasi (menggumpal). Prinsip penggunaan dengan metode basah tersebut membuat PSA mampu mengukur ukuran partikel dari partikel tunggal. Hasil pengukuran dalam

bentuk distribusi sehingga hasil pengukuran dapat diasumsikan sudah menggambarkan keseluruhan kondisi sampel (Hasan, 2012).

Ukuran partikel yang diukur menggunakan hamburan cahaya dinamis (DLS) yaitu diameter dari lingkaran partikel yang terdifusi dengan kecepatan yang sama pada saat pengukuran. Prinsip kerja alat ini adalah pengukuran gerak *brown* partikel pada sampel dengan prinsip DLS, kemudian diinterpretasikan dengan perangkat lunak (Hasan, 2012).

Gerak *brown* adalah gerak acak pada partikel di dalam cairan yang disebabkan tumbukan antarmolekul di sekitarnya. Kecepatan pergerakan ini digunakan untuk menganalisis ukuran partikel. Partikel berukuran kecil akan bergerak lebih cepat dibandingkan partikel berukuran besar (Hasan, 2012).

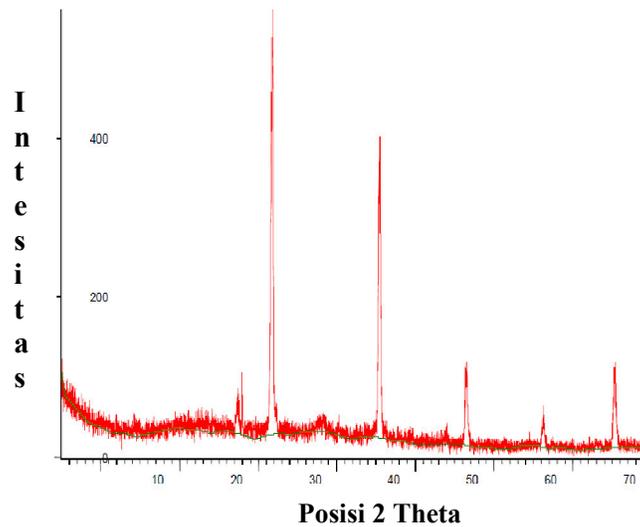
Berdasarkan hasil analisis PSA dari modifikasi nanopartikel perak dengan polivinil alkohol selama 1 minggu, diketahui rata-rata distribusi ukuran partikel sebesar 61,07 nm dengan persentase volume sebesar 97,9% seperti pada Gambar 4 (Hasan, 2012).



Gambar 4. Hasil analisis ukuran nanopartikel perak modifikasi PVA dengan alat PSA selama 1 minggu (Hasan, 2012).

2.4.3 XRD (X-Ray Diffraction)

Spektroskopi difraksi sinar-X merupakan salah satu metode karakterisasi material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. XRD terdiri atas slit dan film serta monokromator (Irvina dkk., 2009).



Gambar 5. Pola XRD nanopartikel perak dari *Pseudomonas putida* (Thamilselvi and Radha, 2013).

Sintesis nanopartikel perak dari *Pseudomonas putida*, Pola XRD menunjukkan nilai 2θ pada posisi $27,37^\circ$, $27,90^\circ$, $31,81^\circ$, $45,48^\circ$, $53,90^\circ$, $56,51^\circ$, $66,23^\circ$ dan $75,31^\circ$ dengan index Miller $\{111\}$, $\{111\}$, $\{200\}$, $\{220\}$, $\{311\}$, $\{222\}$, $\{400\}$, $\{420\}$ (Thamilselvi and Radha, 2013).

Ukuran nanopartikel perak dapat dihitung menggunakan rumus *Debye-Scherrer* (Persamaan 1). Rumus *Scherrer* ditunjukkan sebagai berikut (Thamilselvi and Radha, 2013):

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

Dengan :

D = ukuran Kristal

K = 0.89

λ = panjang gelombang (0,154056)

β = nilai FWHM (*full width at half maximum*)

θ = sudut puncak

2.4.4 SEM (*Scanning Electron Microscope*)

SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi. Permukaan benda yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Tetapi ada satu arah di mana berkas dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Pada saat dilakukan pengamatan, lokasi permukaan benda yang ditembak dengan berkas elektron di-scan ke seluruh area daerah pengamatan. Kita dapat membatasi lokasi pengamatan dengan melakukan *zoom-in* atau *zoom-out*. Berdasarkan arah pantulan berkas pada berbagai titik pengamatan maka profil permukaan benda dapat dibangun menggunakan program pengolahan gambar yang ada dalam komputer (Abdullah dan Khairurrijal, 2009).

Sewaktu berkas elektron menumbuk permukaan sampel sejumlah elektron direfleksikan sebagai *backscattered electron* (BSE) dan yang lain membebaskan energi rendah dari elektron sekunder (SE). Elektron-elektron BSE dan SE yang

direfleksikan dan dipancarkan sampel dikumpulkan oleh sebuah sintilator yang memancarkan sebuah pulsa cahaya pada elektron yang datang. Cahaya yang dipancarkan kemudian diubah menjadi sinyal listrik dan diperbesar oleh *photomultiplier*. Setelah melalui proses pembesaran sinyal tersebut dikirim ke bagian kisi tabung sinar katoda. sintilator biasanya memiliki potensial positif sebesar 5 – 10 kV untuk mempercepat energi rendah yang dipancarkan elektron agar cukup untuk mengemisikan cahaya tampak ketika menumbuk sintilator (Nikmatin dkk., 2011).