

*Skripsi*

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK  
DAUN SALAM (*Syzygium polyanthum*) SEBAGAI BIOREDUKTOR DAN  
UJI AKTIVITASNYA SEBAGAI ANTIOKSIDAN**

**NADYA YULI PARMITHA**

**H311 14 023**



**DEPARTEMEN KIMIA  
ULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2018**



Optimization Software:  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN  
SALAM (*Syzygium polyanthum*) SEBAGAI BIOREDUKTOR DAN  
UJI AKTIVITASNYA SEBAGAI ANTIOKSIDAN**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat  
Untuk memperoleh gelar sarjana*

**NADYA YULI PARMITHA**

**H311 14 023**



Optimization Software:  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

**MAKASSAR**

**2018**

**SKRIPSI**

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN  
SALAM (*Syzygium polyanthum*) SEBAGAI BIOREDUKTOR DAN  
UJI AKTIVITASNYA SEBAGAI ANTIOKSIDAN**


**Disusun dan diajukan oleh:**

**NADYA YULI PARMITHA**

**H311 14 023**

**Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh:**

**Pembimbing Utama**



**Ruddin Kasim, S.Si, M.Si**  
**90705 199703 1 001**

**Pembimbing Pertama**



**Dr. Paulina Taba, M.Phil**  
**NIP. 19571115 198810 2 001**



## PRAKATA

**Om Swastyastu,**

Segala puji bagi **Tuhan Yang Maha Esa**, tidak ada kata yang pantas untuk memuji keagungan dan kebesaran-Mu. Maha Suci Engkau atas limpahan rahmat dan hidayah-Mu sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi berjudul **“Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) sebagai Bioreduktor dan Uji Aktivitasnya sebagai Antioksidan”** sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana sains Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Semua kejadian yang penulis alami selama menempuh pendidikan ini, senyum, tangis, sehat dan sakit mudah-mudahan selalu menjadi inspirasi dan motivasi dikemudian hari walaupun kadang kurang bijak menyikapinya pada saat betul-betul mengalaminya.

Dengan setulus hati, pertama dari yang paling utama, melalui lembaran ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orangtua penulis Ayahanda **Drs. I Ketut Suarta** dan ibunda **Ni Made Sukawinadi** tercinta untuk perhatian, kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, dukungan materi, dan ketulusan doa yang tiada henti bagi penulis. Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas semua pengorbanan mereka.

Terima kasih untuk kedua saudaraku tercinta dan tersayang **Ade Indah**

dan **Rika Nadila** yang selalu mendukung, menyemangati, memotivasi,



menasehati dan yang tiada henti memberikan doa terbaik sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.

Untuk kakak, adik, keponakan dan seluruh keluarga yang selalu merindukan penulis dan menjadi sumber semangat dan motivasi penulis untuk segera menyelesaikan pendidikan. Semoga penulis dapat memenuhi harapan dan diberi kesempatan untuk bisa membahagiakan mereka.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Syahrudin Kasim, M.Si** dan Ibu **Dr. Paulina Taba, M.Phil** selaku Pembimbing Utama dan selaku Pembimbing Pertama, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing dan memberikan ilmu yang tak ternilai selama penelitian dan penyusunan skripsi sehingga berbagai kendala dapat diatasi serta ucapan maaf atas segala kesalahan selama persiapan penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai. Ucapan terima kasih juga kepada:

1. Ketua dan Sekretaris Departemen Kimia, **Dr. Abd. Karim, M.Si** dan **Dr. St. Fauziah, M.Si** seluruh Dosen yang telah membagi ilmunya serta staf Departemen Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin. Terima kasih bantuan dan kerjasamanya.
2. Tim Penguji Ujian Sarjana Kimia, **Prof. Dr. Nunuk Hariani, MS** dan **Dr. Seniwati Dali, M.Si** Terima kasih atas bimbingan dan saran-saran yang diberikan.
3. Seluruh **Analisis Laboratorium** terima kasih atas segala saran-saran dan bantuan serta motivasi yang diberikan selama penelitian.

penelitian **Indrawati Patabang** terima kasih atas kerjasama dan bantuannya.



5. Rekan Special dan tersayang Aypot **Novayani Pagiling, Besse Illang Sari, Faridhatun Sholehah, Elfa Sihaya, Ni Putu Kasturisiasih** dan **Risma Achmad** terima kasih telah banyak memberi arti, menghargai, makna dan warna warni dalam kehidupan penulis.
6. Terima kasih kepada kak **Putu Kerta Yuse, S.P** atas bantuan dan dukungannya untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. Kawan-kawanku **Prekursor 2014** Terima kasih atas semua dukungan, semangat dan persahabatan yang telah kalian berikan selama ini.
8. Seluruh warga dan alumni **KMK FMIPA Unhas**. HMK tempat kita dibina, HMK tempat kita ditempa.
9. Kakak-kakak, adik-adik, serta alumni **KM FMIPA Unhas**. *Salam Use Your Mind Be The Best.*
10. KKN Gel. 96 Kabupaten Takalar, Galesong, Posko Desa Bontoloe: **Nining Angriani, Faisal, Grace Vielty** dan **Syamsir Syarif** Terima kasih atas kebersamaan dan pengalaman berharga selama di lokasi KKN.
11. Teman-teman ku **SMPN 2 ANGKONA** dan **SMAN 9 LUWU TIMUR**, terima kasih atas motivasi dan pengalaman berharga selama di bangku SMP dan SMA.
12. Semua pihak yang tidak sempat disebut namanya yang telah memberikan bantuan, dukungan dan doa kepada penulis.

Penulis sadar bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritikan adalah sahabat terbaik seorang penulis, maka penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak. Semoga menjadi

masukan yang berharga untuk penulis supaya berkarya lebih baik lagi. , penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dalam



pengembangan wawasan bidang ilmu Kimia secara umum dan bidang anorganik khususnya.

**Om Shanti Shanti Shanti Om**

Makassar, 2018

Penulis



## ABSTRAK

Nanopartikel perak telah disintesis dengan metode reduksi menggunakan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) sebagai bioreduktor. Nanopartikel perak yang dihasilkan kemudian diuji aktivitasnya sebagai antioksidan. Proses pembentukan nanopartikel perak dilakukan dengan penambahan larutan ekstrak daun salam kedalam larutan AgNO<sub>3</sub> dan dihomogenasikan dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Analisis spektrofotometer UV-Vis, PSA, SEM, XRD dan FTIR digunakan untuk mengkarakterisasi nanopartikel perak yang dihasilkan, sebelum diuji aktivitasnya sebagai antioksidan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai absorbansi meningkat dengan meningkatnya waktu kontak reaksi. Serapan maksimum diperoleh pada panjang gelombang 432-446 nm dengan menggunakan UV-Vis. Ukuran nanopartikel perak ditentukan menggunakan PSA dengan distribusi ukuran rata-rata partikel sebesar 45,7 nm. Diameter rata-rata yang dimiliki nanopartikel perak yaitu 10,06 nm – 13,97 nm, nanopartikel perak berbentuk batang agak memanjang. Analisis gugus fungsi yang berperan dalam sintesis menggunakan FTIR. Nanopartikel perak menghambat radikal bebas sebagai antioksidan dengan nilai IC<sub>50</sub> yaitu 582,657 ppm.

Kata Kunci : antioksidan, metode reduksi, nanopartikel perak, *Syzygium polyanthum*





## ABSTRACT

Silver nanoparticles have been synthesized by the reduction method using bay leaf extract (*Syzygium polyanthum*) as a conductor. The silver nanoparticles produced were then tested for their activity as antioxidants. The process of forming silver nanoparticles was carried out by adding a solution of bay leaf extract into the AgNO<sub>3</sub> solution and homogenized using a *magnetic stirrer*. UV-Vis, PSA, SEM, XRD and FTIR spectrophotometer analyzes were used to characterize the silver nanoparticles produced before being tested for antioxidant activity. The results showed that the absorbance value increased with increasing reaction contact time. Maximum uptake was obtained at wavelengths of 432-446 nm using UV-Vis. The size of silver nanoparticles was determined using a PSA with an average particle size distribution of 45,7 nm. The average diameter of silver nanoparticles is 10,06 nm – 13,97 nm, the silver nanoparticles are rod-shaped rather elongated. Analysis of functional groups that play a role in synthesis using FTIR. Silver nanoparticles inhibited free radicals as antioxidants with IC<sub>50</sub> values of 582,657 ppm.

Keywords: antioxidants, reduction method, silver nanoparticles, *Syzygium polyanthum*.



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
PRAKATA .....	iv
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	xi
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
DAFTAR SINGKATAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian .....	4
1.3.1 Maksud Penelitan .....	4
1.3.2 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Umum Nanopartikel Perak .....	5
2.2 Sintesis Nanopartikel Perak .....	6
2.3 Daun Salam .....	11
3.1 Morfologi Daun Salam .....	11
3.2 Taksonomi Daun Salam .....	11



2.3.3 Kandungan Daun Salam .....	12
2.4 Kajian Sintesis Nanopartikel Perak dari Ekstrak Tumbuhan .....	14
2.5 Antioksidan .....	15
2.6 Karakterisasi Nanopartikel .....	17
2.6.1 Spektrofotometer UV-Vis .....	17
2.6.2 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) .....	18
2.6.3 <i>Particle Size Analysis</i> (PSA) .....	19
2.6.4 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) .....	19
2.6.5 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>21</b>
3.1 Bahan Penelitian.....	21
3.2 Alat Penelitian.....	21
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	21
3.3.1 Waktu dan Tempat Pengambilan Sampel .....	21
3.3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	21
3.4 Prosedur Penelitian.....	22
3.4.1 Preparasi dan Pembuatan Ekstrak Daun Salam .....	22
3.4.2 Pembuatan Larutan AgNO <sub>3</sub> Variasi Konsentrasi 2 Mm, 1,5 mM, 1 Mm, dan 0,5 mM .....	22
3.4.3 Optimasi Konsentrasi Larutan AgNO <sub>3</sub> .....	23
3.4.4 Optimasi Komposisi Larutan AgNO <sub>3</sub> 2 mM .....	23
3.4.5 Sintesis Nanopartikel Perak .....	23
3.4.6 Uji Aktivitas Antioksidan .....	23
4.6.1 Pembuatan Larutan Induk Nanopartikel Perak 500 ppm .....	23
4.6.2 Pembuatan Larutan Induk Ekstrak Daun Salam 500 ppm .....	24



3.4.6.3 Penentuan Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH .....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Sintesis Nanopartikel Perak .....	25
4.1.1 Optimasi Konsentrasi Larutan AgNO <sub>3</sub> .....	25
4.1.2 Optimasi Komposisi Larutan AgNO <sub>3</sub> 2 mM .....	27
4.2 Karakterisasi Nnaopartikel Perak .....	28
4.2.1 Kestabilan Nanopartikel Perak dengan Spektrofotometer UV-Vis	28
4.2.2 Ukuran Nanopartikel Perak dengan <i>Particle Size Analyzer</i> .....	29
4.2.3 Morfologi Nanopartikel Perak dengan SEM .....	30
4.2.4 Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan FTIR .....	31
4.2.5 Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan XRD .....	32
4.3 Uji Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Perak .....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	37
5.1 Kesimpulan .....	37
5.2 Saran .....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN .....	44



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Aplikasi Nanopartikel .....	9
2. Penelitian Mengenai Sintesis Nanopartikel Perak .....	10
3. Hasil Uji Aktivitas Antioksidan Daun Salam .....	13
4. Hasil Analisis Serapan UV-Vis Nanopartikel Perak pada Hari ke-1 larutan AgNO <sub>3</sub> Konsentrasi 2 mM .....	27
5. Hasil Analisis Serapan UV-Vis Nanopartikel Perak .....	28
6. Data Difraktogram XRD Nanopartikel Perak .....	33
7. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Salam dan NPAg .....	34
8. Nilai Aktivitas Antioksidan Vitamin C sebagai Pembanding .....	34
9. Nilai IC <sub>50</sub> dari Ekstrak Daun Salam, Nanopartikel Perak dan Vitamin C ..	35



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Daun Salam ( <i>Syzygium polyanthum</i> Wight Walp) .....	12
2. Kerangka Golongan Flavonoid (kuersetin) .....	14
3. Spektrum Serapan UV-Vis dari Nanopartikel Perak Variasi Konsentrasi Larutan AgNO <sub>3</sub> (a) 0,5 mM, (b) 1 mM, (c) 1,5 mM dan (d) 2 mM .....	26
4. Hasil Analisis PSA Nanopartikel Perak, Histogram Dipersi Ukuran (a) dengan Intensitas, (b) dengan Nomor dan (c) dengan Volume .....	29
5. Hasil Analisis Sampel Nanopartikel Perak dengan Menggunakan SEM pada (a) Skala 2 μm (x7.500) dan (b) Skala 1 μm (x15,000) .....	30
6. Spektrum FTIR Ekstrak Daun Salam dan Nanopartikel Perak .....	31
7. Difraktogram XRD Nanopartikel Perak .....	32



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Bagan Kerja Preparasi Sampel dan Pembuatan Larutan AgNO <sub>3</sub> Variasi Konsentrasi .....	44
2. Optimasi Konsentrasi Larutan AgNO <sub>3</sub> .....	46
3. Optimasi Komposisi Larutan AgNO <sub>3</sub> 2 mM .....	47
4. Bagan Kerja Sintesis Nanopartikel Perak .....	48
5. Bagan Kerja Uji Aktivitas Antioksidan .....	49
6. Foto Penelitian .....	52
7. Perhitungan .....	55
8. Persamaan <i>Scherrer</i> .....	59
9. Hasil Analisis Spektrofotometri UV-Vis .....	61
10. Data Antioksidan .....	64
11. Hasil SEM .....	73
12. Hasil Analisis <i>Particle Size Analyzer</i> .....	75
13. Spektrum FTIR .....	83
14. Hasil XRD .....	85



## DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Arti
IC <sub>50</sub>	<i>Inhibition Concentration</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscopy</i>
PSA	<i>Particel Size Analyzer</i>
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infra Red</i>
SPR	<i>Surface Plasmon Resonance</i>
TEM	<i>Transmission Electron Microscopy</i>
EDS	<i>Energy Dispersive Spectroscopy</i>
DLS	<i>Dynamic Light Scattering</i>
EDX	<i>Energy Dispersive X-Ray</i>





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi menjadi salah satu bidang ilmu Fisika, Kimia, Biologi dan rekayasa yang penting serta menarik beberapa tahun terakhir ini. Nanoteknologi merupakan salah satu teknologi generasi baru dan mempengaruhi secara signifikan perkembangan berbagai bidang (Keat dkk., 2015; Nath dan Banerjee, 2013; Sharma dkk., 2009). Beberapa Negara seperti Jepang dan Amerika Serikat merupakan negara terdepan dalam riset nanoteknologi. Salah satu pengembangan nanoteknologi yaitu nanopartikel, karena dapat diaplikasikan secara luas seperti dalam bidang lingkungan, elektronik, optis dan biomedis (Lembang dkk., 2013).

Nanopartikel merupakan partikel yang memiliki ukuran 1 - 100 nm. Secara garis besar sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan metode *top down* (fisika) dan metode *bottom up* (kimia) (Wahyudi dan Rismayani, 2008). Namun karena sifatnya yang toksik dan harganya mahal menyebabkan terjadinya kesulitan mengaplikasikan nanopartikel khususnya di bidang kesehatan. Karena alasan tersebut maka suatu metode alternatif dikembangkan dalam sintesis nanopartikel atau nanomaterial berdasarkan konsep *green chemistry* yaitu metode *green synthesis* nanopartikel yang lebih ekonomis dan memiliki resiko pencemaran lingkungan rendah atau bahkan nol, sehingga produk yang dihasilkan lebih aman dan ramah

dan serta dapat digunakan dalam berbagai bidang termasuk kesehatan dan (Schmidt, 2007; Sharma dkk., 2009).



Metode *green synthesis* nanopartikel adalah metode sintesis yang membentuk nanopartikel logam dengan bantuan bahan alam yang berasal dari organisme (hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme) baik darat maupun laut (Asmathunisha dan Kathiresan, 2013). Salah satu nanopartikel yang dapat disintesis dengan metode *green synthesis* adalah nanopartikel perak (Haryono dkk., 2008). Teknik bioreduksi dalam preparasi nanopartikel yang menggunakan mikroorganisme memiliki kelemahan seperti pemeliharaan kultur yang sulit dan waktu sintesis yang lama sehingga tumbuhan menjadi alternatif sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak (Lembang dkk., 2013).

Beberapa jenis tumbuhan mengandung senyawa kimia tertentu yang dapat berperan sebagai agen pereduksi dan saat ini penelitian yang berkaitan dengan sintesis nanopartikel dengan bahan dasar ion logam dan ekstrak tumbuhan telah banyak dilakukan. Lembang dkk., (2013) mensintesis nanopartikel perak yang berdiameter 40 – 80 nm dari ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*). Matutu dkk., (2016) mensintesis nanopartikel perak yang berdiameter 35 – 43 nm dari ekstrak buah merah (*Pandanus conoideus*). Tapa dkk., (2016) mensintesis nanopartikel perak yang berdiameter 10,59 – 50,07 nm dan memiliki aktivitas sebagai antioksidan dari ekstrak empelur batang sagu baruk (*Arenga microcarpha*). Nurafni (2018) mensintesis nanopartikel perak yang memiliki diameter 97,04 nm dari ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura* L.). Ekstrak yang digunakan mengandung metabolit sekunder seperti terpenoid dan flavonoid yang memiliki

antioksidan sehingga ekstrak tersebut dapat berperan sebagai bioreduktor menghasilkan nanopartikel perak.



Daun salam (*Syzygium polyanthum*) memiliki kandungan alkaloid, saponin, quinon, fenolik, triterpenoid, steroid dan flavonoid. Berdasarkan hasil penelitian, flavonoid merupakan salah satu kelompok senyawa fenolik yang bersifat antioksidan serta berperan dalam mencegah kerusakan sel dan komponen selularnya oleh radikal bebas reaktif. Peran antioksidan flavonoid terjadi dengan cara mendonasikan atom hidrogennya atau melalui kemampuannya mengelat logam, berada dalam bentuk glukosida (mengandung rantai samping glukosa) atau dalam bentuk bebas yang disebut aglikon (Hasanah, 2015). Menurut Bahriul dkk., (2014), ekstrak daun salam yang meliputi daun muda, daun setengah tua dan daun tua memiliki daya antioksidan yang sangat kuat dengan nilai  $IC_{50}$  yang diperoleh masing-masing dari larutan dengan konsentrasi berturut-turut 37,441 ppm, 14,889 ppm dan 11,001 ppm.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini difokuskan untuk melakukan preparasi ekstrak daun salam yang akan digunakan untuk mensintesis nanopartikel perak yang fungsinya sebagai bioreduktor dan aktivitasnya sebagai antioksidan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini akan dirumuskan sebagai berikut:

1. bagaimana potensi ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak?
2. bagaimana karakteristik nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*)?
3. bagaimana aktivitas nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*)?



### 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

#### 1.3.1 Maksud Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) sebagai bioreduktor dan menguji bioaktivitasnya sebagai antioksidan.

#### 1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini sebagai berikut:

1. mensintesis nanopartikel perak menggunakan prekursor  $\text{AgNO}_3$  dan bioreduktor ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*).
2. mengkarakterisasi nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*).
3. menguji bioaktivitas nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*).

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi mengenai potensi ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) sebagai agen pereduksi dalam sintesis nanopartikel perak dan aktivitasnya sebagai antioksidan serta diharapkan dapat menjadi alternatif produksi nanopartikel perak 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

Nanopartikel adalah partikel yang berukuran 1 - 100 nm dan memiliki peran cukup signifikan di bidang nanoteknologi. Nanopartikel yang telah dikembangkan dapat berupa logam, oksida logam semikonduktor, polimer, material karbon, atau senyawa organik. Nanopartikel merupakan salah satu material yang berperan sebagai *building block* dalam berbagai aplikasi teknologi di bidang lingkungan, energi, kesehatan, biomedis dan industri. Di bidang lingkungan nanopartikel dapat diaplikasikan untuk bioremediasi dan indikator dari polutan tertentu (Handayani dkk., 2010).

Secara kimia, nanopartikel memiliki luas permukaan yang besar dengan intensitas yang tinggi pada lapisan permukaan sehingga jauh lebih reaktif dibandingkan dengan molekul biasa. Selain itu ukuran nanopartikel di bawah 50 nm, berdasarkan hukum fisika klasik, akan memberikan efek kuantum, menimbulkan ilusi optik, serta memiliki perilaku elektrik dan magnetik yang berbeda dari material biasa. Hal ini menyebabkan nanopartikel memiliki sifat fisik yang berguna seperti sifat konduktor yang luar biasa dan mampu menyimpan atau mentransfer panas. Sedangkan perubahan biologis yang terlihat mampu memodifikasi nanopartikel menjadi bakterisida (Mittal, 2011; Nagarajan dan Hatton, 2008; Lauterwasser, 2007).

Pada umumnya setiap orang ingin memahami lebih mendalam mengapa

material dapat memiliki sifat atau fungsi yang berbeda dari material sejenis ukuran besar. Menurut Abdullah dan Khairurrijal (2009) dua hal utama



membuat nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran yang besar, sebagai berikut :

1. nanopartikel memiliki ukuran yang kecil sehingga nanopartikel memiliki rasio antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Hal ini membuat nanopartikel lebih reaktif. Reaktivitas material ditentukan oleh fraksi atom-atom di permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain ketika terjadi reaksi kimia.
2. karena ukuran partikel berada dalam orde nanometer, maka hukum fisika yang berlaku didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum. Hukum-hukum fisika klasik yang umumnya diterapkan pada material ukuran besar mulai menunjukkan penyimpangan prediksi.

## 2.2 Sintesis Nanopartikel Perak

Secara umum, sintesis nanopartikel diklasifikasikan menjadi dua metode pendekatan yaitu *top down* dan *bottom up*. Dalam metode pendekatan *top down*, partikel logam dipecah menjadi partikel-partikel kecil yang berukuran nano. Sedangkan pendekatan *bottom up* adalah metode yang menggunakan homogenisasi sehingga atom, molekul dan partikel kecil akan bergabung. Reaksi homogenisasi dilakukan dengan menggunakan katalis yang berupa agen pengreduksi dan enzim. Sintesis nanopartikel dalam metode ini dipengaruhi oleh sifat katalis, reaksi media dan juga kondisi seperti jenis pelarut, pengstabilisasi dan suhu (El-Nour dkk., 2010; P. dkk., 2014).

Berdasarkan sifat teknik yang dilakukan dalam sintesis nanopartikel, maka sintesis diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu metode sintesis secara fisika



dan metode sintesis secara kimia. Metode sintesis secara fisika ialah teknik yang menghancurkan secara mekanik seperti reaksi fase padat, ablasi laser, deposisi uap fisik, pengeringan beku, sintesis solvotermal, metode sol-gel dan pengendapan. Sedangkan metode sintesis secara kimia ialah metode reduksi dengan air atau tanpa air, reduksi elektrokimia, metode templat, reduksi ultrasonik, reduksi fotokatalitik, sintesis yang menggunakan gelombang mikro, reduksi biokimia, reduksi irradiasi dan metode mikro emulsi (Nagarajan dan Hatton, 2008).

Nanopartikel dapat disintesis dalam semua fase, baik gas, cair maupun padat. Dalam fase gas kita dapat menggunakan metode iradiasi gelombang mikro atau sintesis deposisi uap kimia dan fisik. Sedangkan dalam fase cair, koloid atau padat, kita dapat menggunakan metode lainnya baik dengan pendekatan fisika dan kimia lainnya. Pada fase koloid, proses pembentukan koloid dilakukan terlebih dahulu dengan teknik pelarutan, kemudian dilakukan sintesis nanopartikel. Dalam metode ini digunakan prinsip pengendapan, dimana larutan atau koloid yang memiliki ion berbeda dicampurkan pada kondisi tertentu (suhu dan tekanan) untuk mendapatkan endapan yang tidak larut. Selain itu dapat diproduksi nanopartikel dengan berbagai ukuran dan morfologi partikel dengan mengontrol kecepatan nukleasi dan tahap pertumbuhan. Proses nukleasi dapat dikontrol dengan menggunakan efek ultrasonik atau metode reduksi sonikasi. Berbagai nanopartikel logam, oksida logam dan organik dapat diproduksi dalam metode cair/koloid (Nagarajan dan Hatton, 2008).

Nanopartikel perak dapat menyerap dan menyebarkan sinar secara efisien. Fenomena interaksi kuat dengan sinar disebut Resonansi Plasmon Permukaan dalam

produksi elektron secara kolektif dengan sinar yang memiliki panjang gelombang spesifik. Deteksi molekul biologis tunggal membutuhkan sampel terang



dengan sinar intens. Hal ini meningkatkan *photobleaching*. Sifat penyebaran sinar kuat nanopartikel perak menurunkan intensitas eksitasi dan waktu fluoresensi, yang mengurangi *photobleaching* secara signifikan. Sifat optis tersebut dikembangkan pada skala aplikasi analitis seperti *biolabeling*, fluoresensi dan biosensor (Singh dkk., 2013).

Nanopartikel perak memiliki sifat optis dan elektronis yang tidak ditemukan pada ukuran makro. Hanya logam seperti Au, Ag, Cu dan logam alkali yang memiliki Resonansi Plasmon pada spektrum cahaya tampak yang dapat memberikan warna yang baik. Nanopartikel perak memiliki kenampakan plasma lokal permukaan dalam respon optis linier dan nonlinier. Resonansi Plasmon Permukaan memainkan peran penting dalam penentuan penyerapan optik spektrum nanopartikel logam, yang bergeser ke panjang gelombang yang lebih panjang dengan peningkatan ukuran partikel (Elumalai dkk., 2011).

Nanopartikel perak digunakan dalam berbagai bidang dan aplikasi termasuk penggunaannya sebagai katalis, sebagai sensor optik konsentrasi *zeptomole*, teknik tekstil, elektronik, optik dan yang paling penting dibidang kesehatan sebagai bakterisida dan sebagai agen terapeutik. Ion perak digunakan dalam formula komposit resin gigi, dalam lapisan perangkat medis; sebagai pelapis bakterisida dalam filter air (Purnamasari, 2015).

Nanopartikel perak juga diaplikasikan pada serat, seperti serat katun dan nilon untuk mendapatkan sifat antimikroba, beberapa bakteri menunjukkan

fungsi yang meningkat pada daya tahannya terhadap antibiotik. Dispersi kecil nanopartikel perak pada serat telah terbukti efektif dan hemat biaya





untuk meningkatkan kinerja sifat serat terhadap mikroba (Keat dkk., 2015). Untuk aplikasi lainnya dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Aplikasi nanopartikel (Keat dkk., 2015)

<b>Bidang Ilmu</b>	<b>Aplikasi</b>
Tekstil	Pelindung sinar UV pada tekstil, anti noda pada tekstil dan medikal tekstil
Biomedis	Terapi kanker, diagnosis, pengantar obat dan pencitraan sel
Kesehatan	Melindungi dari sinar UV, krim obat salep dan kurap
Makanan dan Pertanian	Pembungkus makanan dan sensor analisa kualitas makanan
Katalisis	Katalisator bahan bakar, katalisator bahan aditif dan fotokatalisis produksi hydrogen
Lingkungan	Air disinfektan, filter karbon aktif dan pengelolaan limbah air

Nanopartikel perak dapat disintesis dari beberapa bagian tumbuhan. Air rebusan daun *Aloe vera* (Chandran dkk., 2006), *Azadirachta indica* (Shankar dkk., 2004) dan *Geranium* (Shankar dkk., 2003) dapat digunakan untuk biosintesis nanopartikel perak. Gerusan buah *Carica papaya* (Jain dkk., 2009), getah *Jatropha curcas* (Bar dkk., 2009), ekstrak daun dan biji *Syzygim cumini* (Kumar dkk., 2010) dan serbuk kulit *Boswellia ovalifoliolata* (Ankana, 2010) dimanfaatkan untuk biosintesis nanopartikel. Penelitian mengenai sintesis nanopartikel dapat dilihat pada



**Tabel 2.** Penelitian mengenai Sintesis Nanopartikel Perak (Irwan, 2017).

<b>Jenis Tanaman</b>	<b>Senyawa Pereduksi</b>	<b>Aplikasi Produk Nanopartikel</b>	<b>Referensi</b>
Ekstrak kulit palem	Polifenol	Aktivitas katalis	Vanaamudan dkk., 2016
Ekstrak daun <i>Hamamelis virginiana</i>	Asam galik, katesin, tannin, galokatekin	Aktivitas katalis	Vartooni dkk., 2016
Ekstrak daun <i>Tamarix gallica</i>	Senyawa aromatik	Antibakteri <i>Escherichia coli</i>	Miranda dkk., 2016
Ekstrak kulit kayu <i>Terminalia cuneata</i>	Polifenol, tannin dan asam galik	Aktivitas katalitik	Edison dkk., 2016
Ekstrak melon	Residu asam amino protein	Insektisida alami terhadap lalat rumahan ( <i>Musca domestica</i> )	Gul dkk., 2016
Ekstrak daun <i>Rosmarinus officinalis</i>	Polifenol	Aktivitas antimikroba	Ghaedi dkk., 2015
Ekstrak kelopak <i>Acacia nilotica</i>	Asam galik, asam elagik, epikatekin dan rutin	Katalis elektro	Edison dan sethuraman, 2013

Dalam sintesis nanopartikel perak, reduksi ion-ion perak dalam larutan pada umumnya menghasilkan koloid perak yang berukuran nanometer. Dengan bertambahnya waktu, nanopartikel perak dapat beragregasi sehingga luas permukaannya menurun. Oleh sebab itu, material penstabil dibutuhkan untuk menjaga kestabilan nanopartikel. Material yang dapat dijadikan stabilisator

ya adalah ligan dan polimer (Wang dkk., 2008).



## 2.3 Daun Salam (*Syzygium polyanthum*)

### 2.3.1 Morfologi Daun Salam

Tanaman salam berupa pohon yang mempunyai ketinggian sekitar 20 meter dan sangat baik dibudidayakan di daerah ketinggian 5 - 1000 meter dari permukaan laut. Pemeliharaan tanaman ini cukup mudah dengan lahan yang mengandung air yang cukup serta dapat tumbuh dengan baik di daerah terbuka dengan unsur hara dalam tanaman seimbang (Winarto, 2004).

Helaian daun berbentuk lonjong sampai elips atau bundar telur sungsang, ujung meruncing pangkal runcing, tepi rata, pertulangan menyirip, permukaan atas licin berwarna hijau tua, permukaan bawah berwarna hijau muda, panjang 5 - 15 cm, lebar 3 - 8 cm dan jika diremas berbau harum. Bunga majemuk tersusun dalam malai yang keluar dari ujung ranting berwarna putih dan harum. Buahnya merupakan buah buni yang bulat dengan diameter 8 - 9 mm, buah muda berwarna hijau, setelah masak menjadi merah gelap dan rasanya agak sepat. Biji berbentuk bulat dengan diameter sekitar 1 cm dan berwarna coklat (Indrayana, 2008).

### 2.3.2 Taksonomi Daun Salam

Secara ilmiah, daun salam bernama *Eugenia polyantha wight* dan memiliki nama ilmiah lain, yaitu *Syzygium polyantha wight*. dan *Eugenia lucidula Miq* (Sumono dan Wulan, 2008). Tanaman ini masuk di dalam suku *myrtaceae*. Adapun nama yang sering digunakan dari daun salam, di antaranya ubar serai, meselengan (Malaysia); *Indonesia Bay leaf*, *Indonesian laurel*, *Indian bay leaf* (Inggris); *Salamblatt* (Jerman); dan *Indonesische lorbeerblatt* (Belanda). Di beberapa wilayah Indonesia, daun salam dikenal sebagai salam (Sunda, Jawa, Madura); gowok manting (Jawa); kastolam (kangean, Sumenep); dan meselengan (Sumatera) (Syaiful, 2005). Daun salam dapat dilihat pada Gambar 1.





**Gambar 1.** Daun Salam (*Syzygium polyanthum* Wight Walp) (Sumono dan Wulan, 2008).

Menurut Indrayana (2008), klasifikasi daun salam (*Syzygium polyanthum*

Wight Walp) yaitu:

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Spermatophyta
- Sub Divisi : Angiospermae
- Kelas : Dicotyledoneae
- Sub Kelas : Dialypetalae
- Bunga : Myrtales
- Suku : Myrtaceae
- Marga : *Syzygium*
- Spesies : *Syzygium polyanthum* Wight Walp

### 2.3.3 Kandungan Daun Salam

Daun salam memiliki kandungan alkaloid, tanin, saponin, quinon, fenolik, triterpenoid, steroid dan flavonoid. Berdasarkan hasil penelitian, bahwa flavonoid sebagai salah satu kelompok senyawa fenolik yang memiliki sifat antioksidan serta berperan dalam mencegah kerusakan sel dan komponen selularnya oleh radikal bebas

peran antioksidan flavonoid dengan cara mendonasikan atom hidrogennya melalui kemampuannya mengelat logam, berada dalam bentuk glukosida



(mengandung rantai samping glukosa) atau dalam bentuk bebas yang disebut aglikon. Antioksidan didefinisikan sebagai senyawa yang mampu menunda, memperlambat atau menghambat reaksi oksidasi makanan atau obat. Antioksidan merupakan zat yang mampu melindungi sel melawan kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas (Hasanah, 2015). Menurut Bahriul dkk., (2014), ekstrak daun salam yang meliputi daun muda, daun setengah tua dan daun tua memiliki daya antioksidan yang sangat kuat dengan nilai  $IC_{50}$  yang dapat dilihat pada Tabel 3.

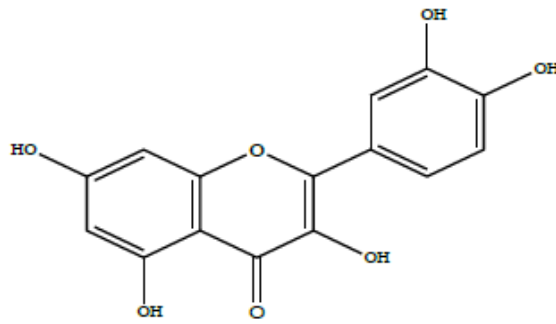
**Tabel 3.** Hasil Uji Aktivitas Antioksidan Daun Salam (Bahriul, dkk., 2014).

No	Sampel	$IC_{50}$ (ppm)	Daya Antioksidan
1	Daun salam muda	37,441	Sangat kuat
2	Daun salam setengah tua	14,889	Sangat kuat
3	Daun salam tua	11,001	Sangat kuat
4	Vitamin C	9,898	Sangat kuat

Flavonoid merupakan metabolit sekunder dalam tumbuhan yang mempunyai variasi struktur yang beraneka ragam, namun saling berkaitan karena alur biosintesis yang sama. Salah satu kelompok senyawa flavonoid adalah kuersetin yang memiliki lima gugus hidroksil yang mampu menangkal radikal bebas DPPH. Struktur kuersetin dapat dilihat pada Gambar 2. Sebagian besar flavonoid ditemukan dalam bentuk glikosida yang terikat pada satu gula. Glikosida adalah kombinasi antara suatu gula (glikon) dan suatu alkohol yang saling berikatan. Flavonoid yang berupa

... merupakan senyawa polar sehingga dapat diekstrak dengan etanol, metanol  
... air (Latifah, 2015).





**Gambar 2.** Kerangka Golongan Flavonoid (kuersetin) (Sudirman, 2014).

#### 2.4 Kajian Sintesis Nanopartikel Logam dari Ekstrak Tumbuhan

Beberapa penelitian terkait sintesis nanopartikel menggunakan ekstrak tumbuhan telah dilakukan. Lembang dkk., (2013) mensintesis nanopartikel perak dengan menggunakan ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*). Nanopartikel perak yang dihasilkan memiliki diameter 40 – 80 nm. Tapa dkk., (2016) mensintesis nanopartikel perak dengan menggunakan ekstrak empelur batang sagu baruk (*Arenga microcarpha*). Nanopartikel perak yang dihasilkan memiliki diameter 10,59 – 50,07 nm dan memiliki aktivitas antioksidan yaitu 54,42%.

Matutu dkk., (2016) mensintesis nanopartikel perak dengan menggunakan ekstrak buah merah (*Pandanus conoideus*). Nanopartikel perak yang dihasilkan memiliki diameter 35 – 43 nm. Nurafni (2018) mensintesis nanopartikel perak dengan menggunakan ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura* L.). Nanopartikel perak yang dihasilkan memiliki diameter 97,04 nm.



## 2.5 Antioksidan

Antioksidan merupakan suatu aktivitas inhibitor yang mampu menghambat reaksi oksidasi dengan cara bereaksi dengan radikal aktif untuk membentuk radikal nonaktif yang relatif stabil. Radikal bebas sendiri didefinisikan sebagai sebuah atom atau molekul yang tidak stabil yang memiliki satu elektron atau lebih dan tidak berpasangan. Elektron yang tidak berpasangan inilah yang menyebabkan sifat radikal menjadi reaktif. Radikal ini dapat timbul akibat dari proses kimia yang terjadi dalam tubuh manusia seperti proses pernafasan, metabolisme sel, olahraga yang berlebihan, atau bahkan ketika tubuh terpapar zat polusi kendaraan bermotor (Rahim, 2012).

Pemanfaatan tumbuhan sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel berkaitan dengan kandungan senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antioksidan. Beberapa jenis tumbuhan tertentu mengandung senyawa kimia tertentu yang dapat berperan sebagai agen pereduksi (Handayani dkk., 2010). Antioksidan alami yang terkandung dalam tumbuhan umumnya merupakan senyawa fenolik atau polifenolik yang dapat berupa golongan flavonoid, turunan asam sinamat, kumarin, tokoferol dan asam-asam polifungsional. Golongan flavonoid yang memiliki aktivitas antioksidan meliputi flavon, flavonol, flavanon, isoflavon, katekin, dan kalkon (Markham, 1988). Senyawa fenolik merupakan antioksidan alami yang umumnya bersifat polar sehingga lebih mudah larut dalam pelarut polar. Metanol dan etanol merupakan pelarut yang paling umum digunakan untuk mengekstrak komponen antioksidan karena polaritasnya dan kemampuannya melarutkan komponen antioksidan (Margaretta dkk., 2011).

ktivitas antioksidan dapat diukur dengan menggunakan metode *in vitro* dan akni pada prinsipnya mengukur kemampuan untuk memindahkan sumber



inisiasi oksidatif, seperti inhibisi enzim, menghelat ion logam transisi dan absorpsi radiasi UV. Metode yang umum digunakan untuk menguji aktivitas antioksidan suatu senyawa adalah menggunakan senyawa radikal bebas 1,1-Difenil-2-Pikrilhidrazil (DPPH). Prinsip reaksi metode tersebut adalah mendonorkan atom hidrogen pada radikal DPPH yang berwarna ungu. Reaksi tersebut menghasilkan senyawa non radikal DPP Hidrazin. Oleh karena itu, absorbansi akan berkurang menjadi kuning pucat atau warnanya hilang. DPPH yang tersisa diukur serapannya pada panjang gelombang 517 nm. Metode DPPH dipilih karena beberapa alasan yaitu metode ini menguji antioksidan yang langsung bereaksi dengan radikal, mudah dilakukan dan hemat biaya (Molyneux, 2013).

Metode ini menggunakan  $IC_{50}$  sebagai parameter untuk menentukan konsentrasi senyawa antioksidan yang mampu menghambat 50% oksidasi. Semakin kecil nilai  $IC_{50}$ , maka semakin tinggi aktivitas antioksidan. Jika nilai  $IC_{50}$  suatu ekstrak berada dibawah 50 ppm maka aktivitas antioksidannya sangat kuat, nilai  $IC_{50}$  berada diantara 50 - 100 ppm berarti aktivitas antioksidannya kuat, nilai  $IC_{50}$  berada di antara 100 - 150 ppm berarti aktivitas antioksidannya sedang, nilai  $IC_{50}$  berada di antara 150 - 200 ppm berarti aktivitas antioksidannya lemah, sedangkan apabila nilai  $IC_{50}$  berada diatas 200 ppm maka aktivitas antioksidannya sangat lemah (Molyneux, 2013).

## 2.6 Karakterisasi Nanopartikel

### 2.6.1 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui apakah nanopartikel sintesis telah terbentuk. Nanopartikel perak memiliki absorpsi yang kuat pada





panjang gelombang antara 400 - 500 nm (Solomon dkk., 2007). Pada umumnya dari hasil spektrofotometer, semakin besar ukuran partikel maka puncak serapan akan bergeser ke arah panjang gelombang yang lebih besar, yang berarti bahwa spektrum absorbansi maksimum (nm) dapat diperkirakan ukuran nanopartikel yang dihasilkan (Bakir, 2011).

Spektroskopi UV-Vis merupakan teknik umum yang digunakan untuk melihat intensitas serapan molekul. Perubahan warna yang terjadi mengindikasikan terbentuknya nanopartikel perak sebagai hasil dari fenomena *surface Plasmon resonance* (SPR). Panjang gelombang 200-800 nm umumnya digunakan untuk mengarakterisasi nanopartikel dengan jangkauan ukuran 2 sampai 100 nm (Mittal dkk., 2012; Yousefzadi dkk., 2014).

Nanopartikel perak mempunyai absorbansi dan transmisi cahaya yang sangat efisien dan spesifik. Nanopartikel perak memiliki warna yang bergantung dari ukuran dan bentuk partikel. Umumnya nanopartikel perak memiliki warna kuning coklat kemerahan yang gelap. Ketika nanopartikel perak menyerap cahaya panjang gelombang tertentu, medan elektromagnetik dari cahaya menyebabkan polarisasi elektron pita konduksi (elektron bebas) dan berosilasi secara kolektif permukaan nanopartikel. Fenomena ini diketahui sebagai *localized surface plasmon resonance* (LSPR), osilasi ini menghasilkan sifat absorpsi dan hamburan yang kuat. Sifat unik dari nanopartikel perak berbentuk bulat adalah panjang gelombang dari puncak SPR dapat diatur dari 400 nm hingga 530 nm (Das dkk., 2009; Oldenburg dkk, 2010).

### 2.6.2 *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

*Scanning electron microscopy* (SEM) digunakan untuk analisis morfologi

nanopartikel yang terbentuk dan distribusinya (Raman dkk., 2012) sedangkan

*transmission electron microscopy* (TEM) digunakan untuk mengarakterisasi ukuran,



bentuk dan morfologi dari AgNPs yang terbentuk (Umadevi dkk., 2013). SEM merupakan tipe mikroskop elektron yang menggambarkan sampel dengan melakukan *scanning* dengan sinar energi tinggi dari elektron dalam pola *scan raster* (Ponarulselvam dkk., 2012). Foto SEM sampel yang diamati akan tampak bahwa ukuran partikel bervariasi dari yang sangat kecil hingga yang cukup besar. Partikel dengan ukuran seragam (monodispersi) jarang diperoleh dari nanopartikel. Ketika para ahli mengatakan berhasil membuat partikel monodispersi, partikel tersebut sebenarnya adalah partikel polidispersi yang memiliki sebaran ukuran partikel yang rapat. Komposisi unsur dari nanopartikel logam umumnya ditentukan dengan menggunakan *energy dispersive spectroscopy* (EDS) (Mittal dkk., 2012).

SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan profil permukaan benda. Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi (Abdullah dan Khairurrijalah, 2009). Analisis dengan SEM bertujuan menentukan morfologi partikel hasil sintesis dan alat ini dapat digabungkan menjadi satu unit dengan EDX (*Energy Dispersive X-Ray*) sehingga dapat pula ditentukan komposisi elemen yang terkandung di dalamnya (Hasmiah, 2012).

### **2.6.3 Particle Size Analysis (PSA)**

Analisis nanopartikel lainnya ialah dengan menggunakan instrumen *Particle Size Analysis* (PSA). PSA digunakan untuk mengukur ukuran nanopartikel yang terdistribusi dalam nanopartikel yang terdispersi dalam suatu larutan. PSA mampu mengukur partikel dalam rentang 0,3 nm hingga 8  $\mu\text{m}$  (instrumen Nanopartica SZ-1000) (Horiba, 2012).



Prinsip kerja dari alat PSA adalah *dynamic light scattering* (DLS), yaitu suatu metode pengukuran yang memanfaatkan prinsip penghamburan cahaya. Partikel, emulsi dan molekul dalam suspensi pada dasarnya memiliki gerak Brown, yang diinduksi oleh energi termal (Horiba, 2012). Ketika partikel atau molekul disinari cahaya, intensitas dari cahaya yang dihamburkan partikel akan berfluktuasi dengan kecepatan yang bergantung pada ukuran partikel. Semakin kecil partikel tersebut maka semakin cepat berfluktuasi (Skoog dkk., 2007). Hasil utama dari teknik DLS ialah intensitas distribusi dan indeks polidispersitas yang menjabarkan distribusi partikel (Horiba, 2012).

#### **2.6.4 *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)**

Analisis spektroskopi inframerah bertujuan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang berperan dalam proses reduksi logam pada sintesis nanopartikel. Dari analisis gugus fungsi kita dapat mengetahui kelompok senyawa metabolit sekunder apakah yang berperan sebagai agen pengreduksi dalam sintesis nanopartikel. Metode FTIR didasarkan pada ikatan antar dua atom yang bervibrasi dengan frekuensi yang tertentu. Sinar inframerah yang diserap akan menaikkan amplitude gerakan vibrasi ikatan dalam molekul dan sinar infamerah yang tidak diserap akan diteruskan dan dideteksi menuju detektor yang kemudian direalisasikan dalam bentuk data spektrum. Dari data spektrum dapat diketahui ikatan-ikatan apa saja yang terdapat dalam sampel dan yang berubah karena mengalami reaksi redoks dengan logam

ner, 2015).



### 2.6.5 *X-Ray Diffraction (XRD)*

Analisis *X-ray Diffraction (XRD)* dapat memberikan informasi mengenai struktur sampel, meliputi sistem kristal, parameter kisi, dan orientasinya. Analisis ini juga berguna untuk mengidentifikasi suatu campuran yang merupakan identifikasi fase sampel semi kuantitatif dengan menghitung fraksi volume sampel, rasio fraksi area kristalin terhadap fraksi total area. Metode penentuan struktur kristal material dengan analisis XRD ini berdasarkan pada hukum Bragg. Hukum Bragg menyatakan bahwa jika seberkas sinar-X dijatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Semakin banyak bidang kristal yang terkandung dalam sampel, semakin kuat pula intensitas pembiasan yang dihasilkan. Setiap puncak pembiasan yang terdapat pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang didapat dari data pengukuran akan dicocokkan dengan standar (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*) (Irvina dkk., 2009).

