

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL PERAK
DENGAN MENGGUNAKAN EKSTRAK AIR UMBI SARANG
SEMUT (*Myrmecodia pendans*) UNTUK SENSOR KADAR
GLUKOSA DARAH**

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF SILVER
NANOPARTICLES USING WATER EXTRACT OF SARANG
SEMUT (*Myrmecodia pendans*) FOR BLOOD GLUCOSE
SENSORS

ROSALINDA ZENIONA MAAREBIA

P1100216401



**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
KULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2019**



Optimization Software:
www.balesio.com

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL PERAK
DENGAN MENGGUNAKAN EKSTRAK AIR UMBI SARANG
SEMUT (*Myrmecodia pendans*) UNTUK SENSOR KADAR
GLUKOSA DARAH**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Magister Kimia

Disusun dan diajukan oleh

ROSALINDA ZENIONA MAAREBIA

Kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
KULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2019**



TESIS

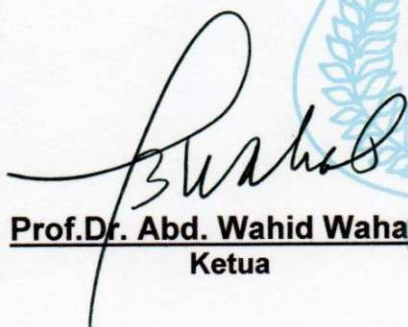
SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK AIR UMBI SARANG SEMUT (*Myrmecodia pendans*) UNTUK SENSOR KADAR GLUKOSA DARAH

Disusun dan diajukan oleh :

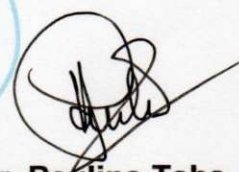
ROSALINDA ZENIONA MAAREBIA
Nomor Pokok P1100216401

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 21 Januari 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,
Komisi Penasehat



Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc
Ketua



Dr. Paulina Taba, M. Phil
Anggota

Ketua Program Studi
Magister Kimia,



Dr. Hasnah Natsir, M.Si

Dekan Fakultas MIPA
Universitas Hasanuddin,



Dr. Eng. Amiruddin, M.Si



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Rosalinda Zeniona Maarebia
Nomor Mahasiswa : P1100216401
Program Studi : Magister Kimia

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Januari 2019
Yang menyatakan

Rosalinda Zeniona Maarebia



KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur, penuh cinta yang tulus serta ucapan terima kasih yang begitu dalam, tesis ini kupersembahkan untuk **Vader Zijn Zoon Jesu Christe, Moeder Marie an al de Heiligen in de Hamel** atas berkat dan rahmatnya sehingga penulis berhasil menyelesaikan tesis dengan judul: **“Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan Menggunakan Ekstrak air Umbi Sarang Semut (*Myrmecodia pendans*) sebagai Sensor Kadar Glukosa Darah”**.

Limpahan rasa hormat dan bakti serta doa yang tulus, penulis persembahkan kepada Papa dan Mama tercinta, Petrus K. Maarebia dan Merryana D. Moningka, yang dengan penuh kasih sayang dan kesabaran mendidik, membimbing serta mengarahkan penulis setiap saat dalam suka maupun duka. Ucapan yang teramat dalam pun penulis ucapkan untuk Suami tercinta, Adrianus Rafly Mandagi yang dengan penuh pengorbanan baik tenaga dan waktu mengijinkan, mendukung, memotivasi, mencintai dan mendoakan penulis sehingga boleh menyelesaikan studi magister.

Terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada Bapak Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc selaku pembimbing utama dan Ibu Dr. Paulina Taba, M.Phill selaku pembimbing pertama yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing

motivasi penulis.

Setelah melalui perjuangan panjang dengan berbagai kendala, penulis mampu melewatinya. Tesis ini tidak dapat selesai dengan



baik tanpa adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir, Jamaluddin, M.Sc, selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
2. Dr. Firdaus, MS, Dr. Maming, M.Si, dan Dr. Abdul Karim, M.Si, selaku komisi penilai, terima kasih atas masukan yang telah diberikan demi penyempurnaan penulisan tesis.
3. Dr. Hasnah Natsir, M.Si, selaku ketua program pascasarjana kimia terima kasih atas motivasi dan bantuannya.
4. Dekan Fakultas MIPA, Ketua Jurusan Kimia FMIPA dan seluruh dosen Kimia Pascasarjana UNHAS yang telah membagi ilmunya serta seluruh staff Fakultas MIPA UNHAS terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya.
5. Kepala Laboratorium dan seluruh Staff Laboratorium Kimia Fisika, Kimia Anorganik, Kimia Analitik, Biokimia, Kimia Organik dan IPA terpadu FMIPA UNHAS, Laboratorium Kimia Analitik, Laboratorium kimia terpadu FMIPA Universitas Hasanuddin, Laboratorium Science Building Universitas Hasanuddin, dan Sekolah Farmasi ITB, terima kasih atas segala bantuan dan fasilitas yang telah diberikan selama proses penelitian.
6. Terlebih khusus untuk Rektor Universitas Musamus, Dr. Phillipus

bun, M.T yang telah membantu penulis hingga boleh mendapatkan swa magister.



7. Keluarga besar Maarebia-Mamangge, Keluarga besar Moningka-Kerna, Keluarga Besar Mandagi-Mamahit, serta semua saudara dan sahabat yang telah mendukung penulis selama ini.
8. Teman-teman kost Pondok ijo : Chitra, Yanti, Sofie, Stella, Wawan, Ronny, dan Nyonk, yang selalu menguatkan dan menyemangati penulis, terlebih khusus buat Chitra yang selalu mendukung, menemani, dan menjadi penasehat buat penulis.
9. Teman-teman seperjuangan: Uchi, Ria, Tika, Leli, Kak Kadek, Liska dan Pak Amir, yang selalu mendoakan penulis

Terima kasih atas bantuannya. Semoga segala kebaikan hati yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan berkat yang melimpah dari Tuhan. Akhir kata, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi tambahan dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, Januari 2019

Penulis



ABSTRAK

ROSALINDA MAAREBIA: Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Perak Dengan Menggunakan Ekstrak Air umbi Sarang Semut (*Myrmecodia Pendans*) untuk sensor kadar glukosa darah (Dibimbing oleh: Abd. Wahid Wahab dan Paulina Taba)

Penelitian ini bertujuan: 1) mensintesis dan mengkarakterisasi nanopartikel perak menggunakan pereduksi ekstrak umbi sarang semut, 2) mendesain sensor glukosa berbasis nanopartikel perak, dan 3) mengukur kandungan glukosa dalam darah. Hasil penelitian menunjukkan nilai absorbansi semakin besar seiring dengan bertambahnya waktu reaksi. Penyerapan maksimum AgNPs menggunakan *Polyvinyl Alcohol* (PVA) berada pada panjang gelombang 408.50 nm sedangkan AgNPs tanpa menggunakan PVA berada pada panjang gelombang 408 nm. Karakterisasi nanopartikel perak dengan XRD menunjukkan bahwa hasil sintesis merupakan nanopartikel perak berdasarkan difraktogram dengan distribusi ukuran 8,86 nm – 32,59 nm. Hasil SEM menunjukkan bahwa morfologi AgNPs adalah globular. Ukuran rata-rata nanopartikel perak menggunakan PVA dan tanpa menggunakan PVA adalah 78,3 nm dan 76,1 nm. Desain sensor berbasis nanopartikel perak memiliki kisaran pengukuran 1-5 mM dengan Regresi (r^2) = 0,8613. Limit deteksi pada konsentrasi 4,53 mM dengan sensitivitas sensor = 1.91 A. mM⁻¹. mm⁻². Analisis kadar glukosa dalam darah menggunakan sensor berbasis nanopartikel perak menunjukkan konsentrasi glukosa yaitu 81,54 mg/dL.

Kata kunci : nanopartikel perak, sarang semut (*Myrmecodia pendans*), sensor, glukosa darah



ABSTRACT

ROSALINDA MAAREBIA: *Synthesis and characterization of silver nanoparticles using water extract of sarang semut (Myrmecodia Pendans) for blood glucose sensors (Supervised by: Abd. Wahid Wahab and Paulina Taba)*

The aims of this reserach are: 1) to synthesize and characterize silver nanoparticles using reducing agent of sarang semut extracts, 2) to design the glucose sensors based silver nanoparticle, and 3) to measure the glucose content in the blood. The results showed that the absorbance increases with increasing reaction time. Maximum absorption of AgNPs using Polyvinyl Alcohol (PVA) was 408.50 nm while the one without using PVA was 408 nm. The characterization of silver nanoparticles with XRD showed that the synthesis results were silver nanoparticles based on diffraction with a size distribution of 8,86 nm – 32,59 nm. SEM results indicated that the morphology of AgNPs was globular. The average size of silver nanoparticles using PVA and without using PVA was 78.3 and 76.1 nm, respectively. The design of glucose sensor based on silver nanoparticle had a measurement range of 1-5 mM with a regression (r^2) of 0.8613. The detection limit at a concentration of 4,53 mM with a sensor sensitivity of 1.91 A. mM⁻¹. mm⁻². Analysis of glucose levels in blood using the sensor based on silver nanoparticles showed that the glucose concentration was 81,54 mg / dL.

Keywords: silver nanoparticles, sarang semut (Myrmecodia pendans), sensors, blood glucose



DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar belakang	1
B. Rumusan masalah	7
C. Tujuan penelitian	7
D. Manfaat penelitian	8
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	9
A. Nanopartikel.....	9
B. Nanopartikel perak.....	13
C. Sintesis dan karakterisasi nanopartikel perak	20
D. Sensor kimia.....	22
E. Glukosa	27



F. Sarang semut (<i>Myrmecodia pendans</i>).....	28
G. Kerangka pikir	32
H. Hipotesis penelitian.....	35
BAB III. METODE PENELITIAN.....	36
A. Waktu dan tempat penelitian.....	36
B. Alat dan bahan.....	36
C. Objek penelitian	37
D. Rancangan penelitian	37
1. Pembuatan ekstrak umbi sarang semut	37
2. Pembuatan larutan AgNO_3	38
3. Sintesis nanopartikel perak	38
4. Pembuatan larutan kaempferol	40
5. Pembuatan larutan kuersetin	40
6. Sintesis nanopartikel perak dengan kaempferol	40
7. Sintesis nanopartikel perak dengan kuersetin	41
8. Pembuatan larutan glukosa standar	41
9. Pengeringan nanopartikel perak.....	41
10. Karakterisasi nanopartikel perak	41
11. Aplikasi sensor berbasis nanopartikel	44
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	45
A. Biosintesis nanopartikel perak	46
1. Variasi konsentrasi AgNO_3	46
2. Variasi lama pengadukan.....	47



B. Karakterisasi nanopartikel perak	48
1. Karakterisasi warna larutan	48
2. Karakterisasi dengan spektrofotometri UV-Vis	50
3. Karakterisasi dengan Particle Size Analyzer	57
4. Karakterisasi SEM-EDS	60
5. Karakterisasi X-RD.....	63
C. Aplikasi sensor berbasis nanopartikel perak	66
1. Deteksi pada glukosa.....	66
2. Deteksi pada sampel darah.....	72
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	75
A. Kesimpulan	75
B. Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....	77
LAMPIRAN	87



DAFTAR TABEL

Tabel	Hal.
1. Aplikasi sensor dengan menggunakan tumbuhan.....	12
2. Aplikasi nanopartikel dalam berbagai bidang.....	13
3. Sintesis nanopartikel perak oleh beberapa tumbuhan	16
4. Hasil analisis serapan UV-Vis nanopartikel perak.....	52
5. Hasil analisis serapan UV-Vis nanopartikel perak dengan penstabil	53
6. Panjang gelombang pada absorbansi maksimum menunjukkan kisaran ukuran nanopartikel.....	53
7. Data XRD nanopartikel perak tanpa penstabil dan perak standar	64
8. Data XRD nanopartikel perak dengan penstabil dan perak standar	65
9. Kadar glukosa pada sampel darah	74



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal.
1. Sintesis biologis nanopartikel.....	17
2. Usulan pengikatan molekul flavonoid dengan ion perak	18
3. Skema dari biosintesis AgNP.....	19
4. Mekanisme reduksi ion perak menjadi nanopartikel perak oleh molekul kuersetin	20
5. Sel voltametri.....	25
6. Sarang semut	29
7. Kerangka berpikir	34
8. Variasi konsentrasi AgNO ₃	47
9. Variasi lama pengadukan	48
10. Karakterisasi warna:	
a. Tanpa penambahan PVA	
b. Dengan penambahan PVA.....	49
11. Spektrum UV-Vis nanopartikel perak tanpa stabilisator dan dengan stabilisator.....	51
12. Spektrum UV-Vis nanopartikel perak dari kaempferol standar	56
13. Spektrum UV-Vis nanopartikel perak dari kuersetin.....	57
14. Distribusi ukuran nanopartikel perak tanpa penstabil berdasarkan:	



c. dispersi ukuran dengan volume	58
15. Distribusi ukuran nanopartikel perak dengan penstabil berdasarkan:	
a. dispersi ukuran dengan jumlah	
b. dispersi ukuran dengan intensitas	
c. dispersi ukuran dengan volume	59
16. a. Morfologi nanopartikel perak tanpa penstabil	
b. Morfologi nanopartikel perak dengan penstabil	61
17. Spektrum EDS nanopartikel perak:	
a. tanpa penstabil	
b. dengan penstabil	62
18. Difraktogram nanopartikel perak tanpa penstabil	64
19. Difraktogram nanopartikel perak dengan penstabil	65
20. Skema ilustrasi peran nanopartikel sebagai katalis.....	67
21. Voltamogram elektroda kerja,	
a). Tanpa pelapisan,	
b).dengan pelapisan nanopartikel perak.....	69
22. Kurva linear konsentrasi glukosa terhadap arus	70
23. Limit deteksi elektroda kerja yang dilapisi	
nanopartikel perak	71
24. Voltamogram pengukuran pada sampel darah	73



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal.
1. Pembuatan ekstrak umbi sarang semut.....	87
2. Pembuatan larutan induk AgNO_3	89
3. Variasi konsentrasi dan lama pengadukan	90
4. Sintesis nanopartikel perak.....	92
5. Pembuatan larutan glukosa standar	94
6. Karakterisasi nanopartikel perak.....	95
7. Persiapan elektroda modifikasi	96
8. Perhitungan XRD.....	97
9. Bagan kerja pengujian terhadap larutan gula standar	101
10. Hasil pengukuran nanopartikel perak dengan menggunakan XRD	102
11. Hasil pengukuran nanopartikel perak dengan menggunakan PSA.....	106
12. Perhitungan limit deteksi.....	109
13. Uji Statistik (Uji t)	110
14. Dokumentasi penelitian	115



DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
PVA	Polivinil alkohol
AgNPs	Nanopartikel Perak
XRD	X-ray diffraction
PSA	Particle size analyzer
SEM-EDS	Scanning electron microscopy with energy dispersive spectroscopy
UV-Vis	Ultraviolet dan visibel
mM	Mili molar
mL	Mili liter
mg	Mili gram
g	Gram
nm	nanometer
<i>et al.</i>	dan kawan-kawan
pH	Derajat keasaman
PAA	Poli asam akrilat



BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Diabetes Melitus (DM) merupakan penyakit gangguan metabolik menahun akibat pankreas tidak memproduksi cukup insulin atau tubuh tidak dapat menggunakan insulin yang diproduksi secara efektif. Insulin adalah hormon yang mengatur keseimbangan kadar glukosa darah. Akibatnya terjadi peningkatan konsentrasi glukosa di dalam darah (Kementerian Kesehatan, 2014). Kelebihan gula yang kronis dalam darah (hiperglikemia) tersebut akan menjadi racun dalam tubuh (Raya, *et al.*, 2016).

Angka penderita DM dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Berdasarkan data *International Diabetes Federation (IDF)*, Indonesia menempati peringkat ke-7 dunia untuk prevalensi penderita diabetes tertinggi di dunia bersama dengan China, India, Amerika Serikat, Brazil, Rusia, dan Meksiko dengan jumlah estimasi orang yang menderita diabetes sebesar 10 juta (IDF Atlas, 2015). Jumlah penderita DM yang semakin meningkat membuktikan bahwa penyakit DM merupakan masalah kesehatan masyarakat yang serius. Meningkatnya jumlah penderita DM ini dapat disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya adalah faktor lingkungan/genetik, obesitas, perubahan gaya hidup, pola makan yang tidak sehat, dan penggunaan obat-obatan yang mempengaruhi kadar glukosa darah, kurangnya



aktifitas fisik, proses menua, kehamilan, perokok dan stres (Soegondo, dkk., 2011).

Lebih dari 50% penderita tidak menyadari bahwa penyakit DM telah menggerogoti tubuhnya. Akibatnya, penderita DM tidak pernah berobat yang menimbulkan berbagai macam komplikasi kronis yang dapat berakibat fatal seperti penyakit jantung, penyakit ginjal, kebutaan atau koma diabetik yang dapat mengakibatkan kematian. Oleh karena itu, kebutuhan deteksi glukosa sangat penting bagi pasien yang menderita diabetes.

Bagi penderita DM, upaya untuk menjaga kadar glukosa darah untuk mendekati normal dapat mengurangi resiko komplikasi lanjut. Untuk itu diperlukan alat untuk memantau glukosa darah. Saat ini, alat untuk memantau glukosa darah masih memiliki kekurangan yaitu bila angka hasil pengukuran sangat tinggi atau rendah, kita harus mengulangi pengukuran untuk memastikan keakuratannya, selain itu terdapat pula batasan dalam penggunaan alat, sehingga kita harus melakukan kalibrasi kembali untuk hasil yang didapatkan bisa maksimal. Oleh karena itu sensor glukosa diperlukan untuk dapat digunakan secara mudah, murah, aman dan terjangkau serta mendapatkan hasil yang akurat (Anwar, dkk., 2016).

Berbagai metode telah dikembangkan untuk sensor kadar glukosa darah antara lain dengan metode tradisional, analisis kualitatif (reaksi cermin perak), polarometri, dan spektroskopi IR. Salah satu yang menarik

nyak peneliti adalah pengembangan sensor dengan menggunakan nanoteknologi. Nanopartikel merupakan suatu partikel dengan ukuran



nanometer, yaitu sekitar 1-100 nm (Hosokawa, dkk., 2007). Kebanyakan penelitian telah mampu menghasilkan nanopartikel yang lebih bagus dengan menggunakan metoda yang umum digunakan, seperti kopresipitasi, sol-gel, mikroemulsi, sintesis biomimetik, metoda cairan superkritis dan sintesis cairan ionik (Fernandez, 2011). Namun, metode sintesis nanopartikel ini memiliki kelemahan seperti pembentukan cacat permukaan, tingkat produksi yang rendah, butuh biaya dan energi yang besar. Metode sintesis secara kimia misalnya reduksi kimia, teknik sol gel menggunakan bahan kimia beracun, hasil samping yang berbahaya serta kontaminasi dari prekursor kimia (Muliadi, dkk., 2015). Oleh karena itu perlu dikembangkan sebuah metode yang ramah lingkungan, sehingga metode biosintesis nanopartikel dengan menggunakan ekstrak tanaman menjadi metode alternatif yang ramah lingkungan. Mikroba dan tumbuhan dilaporkan dapat mereduksi ion logam Ag, Au, dan Pd menjadi nanopartikel (Thakkar, 2010).

Dalam dekade terakhir sintesis nanopartikel berbasis mikroba, dan biosintesis dengan menggunakan tanaman telah mendapat perhatian penting dari banyak peneliti (Torresdey, 2003). Beberapa biosintesis nanopartikel logam dengan menggunakan tumbuhan sebagai agen pereduksi telah dilaporkan. Tumbuhan tersebut meliputi *Aloe Vera* (Chandran, dkk. 2006), *Hibiscus Rosa Sinensis* (Philip, 2010) ekstrak daun

a sisso (Singh, dkk. 2012), menggunakan ekstrak air *Myrmecodia* (Zuas, dkk. 2014). Penggunaan ekstrak tanaman sebagai agen



pereduksi ion logam relatif lebih singkat dibandingkan dengan penggunaan mikroba untuk menghasilkan nanopartikel logam. Nanopartikel dapat disintesis dalam beberapa menit atau jam sedangkan metode sintesis berbasis mikroba membutuhkan waktu yang lebih lama (Rai, 2008). Pemanfaatan mikroorganisme sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel memiliki beberapa kelemahan seperti pemeliharaan kultur yang sulit dan waktu sintesis yang lama sehingga tumbuhan menjadi alternatif dalam sintesis nanopartikel.

Beberapa jenis tumbuhan yang berpotensi dalam biosintesis nanopartikel perak adalah ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*) (Lembang, 2013), ekstrak kayu manis, *Cinnamomum sp.*, (Nur, 2013), ekstrak daun bintaro (*Cerbera manghas*), dan ekstrak daun matoa (*Pometia pinnata*). Ekstrak tumbuhan dapat bertindak sebagai reduktor dan agen penstabil dalam sintesis nanopartikel. Sifat ekstrak tumbuhan mempengaruhi jenis nanopartikel yang disintesis. Selain itu, sumber ekstrak tumbuhan menjadi faktor yang paling penting yang mempengaruhi morfologi nanopartikel yang disintesis (Mukunthan, 2012).

Penggunaan nanopartikel logam untuk sensor kimia merupakan topik yang sangat menarik saat ini. Salah satu nanopartikel logam yang digunakan untuk sintesis adalah nanopartikel perak. Nanopartikel perak menarik karena sifat uniknya (misalnya, ukuran dan bentuk yang

yang pada sifat optik, listrik, dan magnetik) yang dapat digabungkan
m bahan biosensor. Sintesis nanopartikel perak menggunakan



larutan perak nitrat (AgNO_3) sebagai prekursor dan tumbuhan sebagai pereduksi. Ekstrak tumbuhan yang digunakan sebagai agen pereduksi diketahui mengandung senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antioksidan (Handayani dkk., 2010). Senyawa bioaktif yang terkandung pada tumbuhan tersebut adalah senyawa antioksidan dan senyawa metabolit sekunder tertentu seperti terpenoid, fenolik, flavonoid, dan tanin.

Pemanfaatan sumber daya hayati telah banyak dikembangkan untuk mensintesis nanopartikel. Salah satu tumbuhan yang digunakan untuk mensintesis nanopartikel dengan kandungan antioksidan yang tinggi adalah sarang semut (*Myrmecodia pendans*) yang secara empiris dimanfaatkan oleh masyarakat lokal Papua sebagai obat tradisional. Mardany, dkk (2016) menunjukkan bahwa sarang semut (*M. pendans*) mengandung senyawa metabolit sekunder flavonoid dalam jumlah banyak dan tanin dalam jumlah sedang, serta saponin dalam jumlah yang sedikit. Subroto dan Saputro (2006) mengungkapkan bahwa senyawa aktif yang terkandung dalam sarang semut adalah flavonoid, tanin, dan polifenol yang berfungsi sebagai antioksidan dalam tubuh. Selain itu dalam sarang semut juga mengandung senyawa yang bermanfaat lainnya, seperti tokoferol, magnesium, kalsium, besi, fosfor, natrium, dan seng. Senyawa aktif polifenol yang terkandung dalam sarang semut memiliki banyak khasiat, yaitu sebagai antimikroba, antidiabetes, dan antikanker. Salah satu jenis

yang merupakan hasil ekstrak tumbuhan sarang semut dimana
nya telah dianalisis memiliki kandungan flavonoid. Senyawa



organik yang terkandung di dalam tumbuhan diketahui memiliki kemampuan sebagai agen pereduksi ion logam pada proses biosintesis (Philip, dkk, 2011). Hasil penelitian Sianturi dan Kurniawati (2016) menunjukkan bahwa tanaman sarang semut mengandung senyawa aktif, berupa asam fenolik, flavonoid, tanin, polifenol, tokoferol, serta berbagai macam mineral. Berdasarkan hasil penelitian *Engida*, dkk (2012), jenis-jenis senyawa flavonoid yang terkandung dalam sarang semut yaitu kaempferol (13,767 mg/g), luteoline (0,005 mg/g), rutine (0,003 mg/g), kuersetin (0,030 mg/g), dan apigenin (4,700 mg/g).

Senyawa flavonoid inilah yang kemungkinan akan berfungsi sebagai bioreduktor untuk sintesis nanopartikel perak. Berdasarkan potensi yang ada, umbi sarang semut (*Myrmecodia pendans*) diharapkan dapat digunakan sebagai bioreduktor dalam mensintesis nanopartikel perak untuk aplikasinya sebagai sensor kadar glukosa darah.



B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan sebelumnya, terdapat beberapa hal yang menjadi masalah yang perlu penanganan yang tepat, antara lain:

1. bagaimana potensi ekstrak sarang semut (*Myrmecodia pendans*) dalam mensintesis nanopartikel perak ?
2. bagaimana karakteristik nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak *Myrmecodia pendans*?
3. bagaimana respon sensor berbasis nanopartikel perak sebagai sensor kadar glukosa darah?

C. Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. menentukan kemampuan ekstrak *Myrmecodia pendans* dalam mensintesis nanopartikel perak
2. mengkarakterisasi nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak *Myrmecodia pendans*
3. mengetahui respon sensor berbasis nanopartikel perak sebagai sensor kadar glukosa darah.



D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk:

1. memberikan tambahan informasi tentang sintesis dan karakterisasi nanopartikel perak dari umbi sarang semut.
2. bagi peneliti, memberikan kemampuan dan pengalaman dalam bidang penelitian dan sebagai modal untuk melakukan pengembangan diri lebih lanjut.
3. bagi pembaca, menambah wawasan mengenai sensor kadar glukosa darah nanopartikel perak hasil biosintesis menggunakan ekstrak umbi sarang semut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Nanopartikel

Nanoteknologi adalah ilmu dan rekayasa dalam penciptaan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer. Material berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material berukuran besar (*bulk*) (Abdullah & Khairurijal 2010). Nanopartikel merupakan suatu partikel dengan ukuran nanometer, yaitu sekitar 1–100 nm (Hosokawa *et al.* 2007). Partikel primer, nanopartikel, dapat berupa bola, batang atau tabung, serat, atau berbentuk acak (Elzey, 2010). Hal ini dikarenakan material nanopartikel memiliki ukuran partikel yang sangat kecil dan sifat permukaannya dapat dengan mudah diatur dan diubah sesuai pemanfaatannya.

Abdullah (2008) menjelaskan bahwa terdapat dua hal utama yang membuat nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar (*bulk*) yaitu: (a) karena ukurannya yang kecil, nanopartikel memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Ini membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif. Reaktivitas material ditentukan oleh atom-

permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan dengan material lain; (b) ketika ukuran partikel menuju orde



nanometer, maka hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum. Sifat-sifat yang berubah pada nanopartikel biasanya berkaitan dengan fenomena-fenomena berikut ini. Pertama adalah fenomena kuantum sebagai akibat keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan lainnya dalam partikel. Fenomena ini berimbas pada beberapa sifat material seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, dan magnetisasi. Kedua adalah perubahan rasio jumlah atom yang menempati permukaan terhadap jumlah total atom. Fenomena ini berimbas pada perubahan titik didih, titik beku, dan reaktivitas kimia. Perubahan-perubahan tersebut diharapkan dapat menjadi keunggulan nanopartikel dibandingkan dengan partikel sejenis dalam keadaan bulk. Preparasi material nanopartikel juga menunjukkan potensi dalam bidang katalis, karena nanopartikel memiliki luas permukaan yang cukup tinggi dan rasio atom-atomnya dapat menyebar merata pada permukaan serta dapat meningkatkan stabilitas termal. Hal ini memudahkan transfer massa reaktan untuk dapat berdifusi masuk ke dalam situs aktif katalis di dalam pori-pori (Widegren et al., 2003).

Selain itu ada beberapa kelebihan nanopartikel yaitu kemampuan untuk menembus ruang-ruang antar sel yang hanya dapat ditembus oleh ukuran partikel koloidal (Buzea et al., 2007), kemampuan untuk menembus dinding sel yang lebih tinggi, baik melalui difusi maupun opsonifikasi, dan

asnya untuk dikombinasi dengan berbagai teknologi lain sehingga
a potensi yang luas untuk dikembangkan pada berbagai keperluan



dan target. Kelebihan lain dari nanopartikel adalah adanya peningkatan afinitas dari sistem karena peningkatan luas permukaan kontak pada jumlah yang sama (Kawashima, 2000).

Pembentukan nanopartikel dapat dilakukan dengan berbagai metode yaitu metode fisika dan metode kimia, namun kedua metode tersebut menimbulkan berbagai masalah, seperti penggunaan pelarut yang beracun, dihasilkannya limbah yang berbahaya, dan konsumsi energi yang tinggi. Oleh karena itu, metode yang ramah lingkungan perlu dikembangkan. Ekstrak tanaman dapat bertindak baik sebagai agen pereduksi dan agen penstabil dalam sintesis nanopartikel.

Berbagai senyawa kimia yang terdapat dalam ekstrak tumbuhan dapat digunakan untuk mereduksi dan menstabilkan nanopartikel (Ahmed, 2015). Oleh karena itu, biosintesis nanopartikel logam dengan menggunakan ekstrak tanaman merupakan salah satu pilihan selain kedua metode di atas, karena metode ini dapat meminimalisir penggunaan bahan-bahan anorganik yang berbahaya dan limbah yang dihasilkan. Adapun pengembangan nanopartikel yang telah diaplikasikan sebagai sensor dengan menggunakan tumbuhan sebagai bioreduktor seperti terlihat pada Tabel 1.



Tabel 1. Aplikasi sensor dengan menggunakan tumbuhan

No.	Ekstrak tanaman	Aplikasi	Sumber
1.	<i>Cyamopsis tetragonaloba</i>	Deteksi amonia	Pandey, dkk. 2012
2.	<i>Anacardium occidentale</i>	Sensor Cr	Balavigneswaran, 2014
3.	<i>Terminalia chebula</i>	Deteksi amonia	Edison, 2016
4.	<i>Ocimum sanctum</i> dan <i>Azadirachta indica</i>	Sensor Cr	Kannaiyan, dkk. 2017
5.	<i>Matricaria recutita</i> (Babunah)	Sensor ion mercury	Uddin, dkk. 2017
6.	<i>Aconitum violaceum</i>	Deteksi Pb ²⁺	Khan, dkk. 2018

Peran nanoteknologi begitu penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk kesejahteraan kehidupan manusia. Nanopartikel telah banyak dikaji untuk berbagai aplikasi teknologi dan dalam penelitian ilmu material, kimia, fisika, biologi, dan ilmu lingkungan (Apriandanu, dkk., 2013). Aplikasi nanopartikel perak antara lain pada diagnosa molekuler dan alat fotonik dengan memanfaatkan sifat optis nanopartikel. Penggunaan nanopartikel perak antara lain adalah sebagai bahan pelapis antimikroba (Oldenburg, 2014). Aplikasi yang semakin umum adalah penggunaan nanopartikel perak untuk antimikroba, tekstil, pembalut luka, dan perangkat biomedis sekarang mengandung nanopartikel perak

melepaskan ion perak untuk memberi perlindungan terhadap bakteri (Sudhakar & Turner, 2014). Dewasa ini, nanopartikel telah diaplikasikan pada



berbagai bidang diantaranya tekstil, kesehatan, industri, pangan dan pertanian, elektronik, lingkungan dan energi seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Aplikasi Nanopartikel dalam berbagai bidang

No.	Bidang	Aplikasi
1.	Tekstil	Bahan antinoda, bahan penutup luka, dan serat polimer alami.
2.	Kesehatan dan biomedis	Terapi kanker, biomarker, media pembawa obat (<i>drug delivery</i>), antibakteri, dan proteksi UV.
3.	Industri	Katalis, pigmen nano, dan tinta nano.
4.	Pangan dan Pertanian	Fungisida, katalis pemroses makanan, sensor analisis keamanan pangan, dan pengemasan makanan.
5.	Elektronik	Sensor dengan sensitivitas tinggi, komputer quantum, sensor kimia, sensor gas, dan laser kuantum.
6.	Lingkungan	Sensor polusi, katalis lingkungan, penangkap polutan, dan penanganan air limbah.
7.	Energi	Katalis <i>fuel cell</i> dan fotokatalisis.

Sumber : Nagarajan, 2008

B. Nanopartikel Perak

Penelitian di bidang nanoteknologi telah menunjukkan terciptanya produk-produk baru dengan kinerja yang lebih baik (Ristian, 2013). Hal ini

melakukan penelitian kimia untuk mensintesis material berukuran nano (nanopartikel). Salah satu nanopartikel yang banyak dipelajari adalah



nanopartikel perak. Nanopartikel perak memiliki sifat yang stabil dan aplikasi yang potensial dalam berbagai bidang antara lain sebagai katalis, detektor sensor optik, dan agen antimikroba. Nanopartikel perak menarik karena sifat uniknya (misalnya, ukuran dan bentuk yang bergantung pada sifat optik, listrik, dan magnetik) yang dapat digabungkan ke dalam aplikasi antimikroba, bahan biosensor, serat komposit, bahan superkonduktor kriogenik, produk kosmetik, dan komponen elektronik.

Kemajuan dalam bidang nanoteknologi berhasil mengembangkan metode deteksi yang sangat sensitif dan selektif. Dalam hal ini, nanopartikel emas dan perak telah muncul sebagai alat sensor yang baik karena sifat optis yang dimiliki. Perak memiliki banyak manfaat dibandingkan emas, seperti koefisien ekstensi yang lebih tinggi atau pita ekstensi yang lebih tajam, namun stabilitas kimia dari nanopartikel perak lebih rendah bila dibandingkan dengan emas. Meskipun demikian, telah dilakukan perkembangan yang mencakup perlindungan permukaan nanopartikel perak untuk dapat meningkatkan stabilitas kimianya. Akibatnya, penggunaan nanopartikel perak menjadi populer (Caro, dkk. 2010).

Secara garis besar sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan metode fisika dan kimia. Selain itu, ada juga dua pendekatan untuk sintesis nanopartikel yang dinamakan pendekatan *bottom-up* dan pendekatan *top-down* (Prathna, dkk. 2010). Pada pendekatan *top-down* biasanya dimulai

dengan skala besar (biasanya skalamikro) dan kemudian direduksi skalanano. Pendekatan *bottom-up* merupakan pendekatan dalam



pembuatan nano yang melibatkan penambahan secara bertahap dari atom-atom atau sekelompok atom. Teknik pendekatan ini menggunakan cara kimia atau fisika pada skalanano untuk menyatukan unit-unit dasar menjadi struktur yang lebih besar (Psaro, dkk. 2009).

Sintesis nanopartikel juga dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti metode elektrokimia, reduksi kimia, iradiasi ultrasonik, fotokimia dan sonokimia (Ristian, 2013). Metode yang paling umum dilakukan adalah reduksi kimia. Metode ini banyak dipakai karena dapat memberikan hasil yang cukup baik, sederhana dan mudah. Selain metode-metode kimia tersebut, saat ini sudah cukup banyak dikembangkan metode sintesis nanopartikel dengan menggunakan media dari bahan-bahan biologi baik mikroorganisme maupun ekstrak dari tumbuh-tumbuhan, yang disebut dengan metode biosintesis. Metode biosintesis ini memiliki beberapa keuntungan antara lain hemat biaya, ramah lingkungan dan tidak berbahaya. Metode ini tergolong masih dalam tahap perkembangan, sehingga berbagai masalah sering dihadapi berkenaan dengan stabilitas sintesis, pengendalian pertumbuhan kristal dan agregasi partikel. Beberapa tumbuhan yang telah digunakan dalam sintesis nanopartikel perak dapat ditunjukkan dalam Tabel 3.

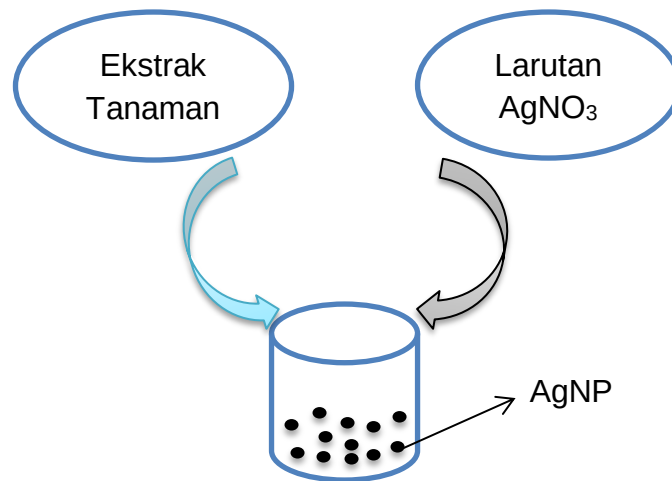
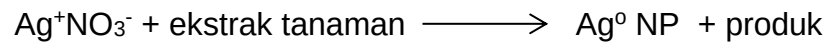


Tabel 3. Sintesis nanopartikel perak oleh beberapa tumbuhan

Tanaman	Jaringan tumbuhan untuk ekstraksi	Bentuk	Ukuran	Sumber
<i>Euphorbia prostrata</i>	Daun	Bulat	10–15 nm	Zahir dkk., 2015
<i>Panax ginseng</i>	Akar	Bulat	10-30 nm	Singh dkk., 2015
Ginseng merah	Akar	Bulat	10-30 nm	Singh dkk., 2015
<i>Azadirachta indica</i>	Daun	-	41-60 nm	Poopathi, 2015
<i>Nigella sativa</i>	Daun	Bulat	15 nm	Amooaghaie dkk.,2015
<i>Pistacia atlantica</i>	Biji	Bulat	27 nm	Sadeghi dkk.,2015
<i>Abutilon indicum</i>	Daun	Bulat	5 nm	Ashokkumar,2015

Pada biosintesis nanopartikel perak dengan menggunakan tumbuhan, Ag terbentuk melalui reaksi reduksi oksidasi dari ion Ag^+ yang terdapat pada larutan maupun ion Ag^+ yang terkandung dalam tumbuhan dengan senyawa tertentu, seperti enzim dan reduktan yang berasal dari bagian tumbuhan. Gugus fungsi dalam senyawa metabolit sekunder bekerja dengan cara mendonorkan elektron ke ion Ag^+ untuk menghasilkan nanopartikel Ag. Secara biokimia, AgNO_3 bereaksi dengan ekstrak tanaman yang mengarah pada pembentukan AgNP (Tripathy dkk., 2010). Gambar 1 menjelaskan mekanisme yang diusulkan sebagai sintesis biologis nanopartikel.





Gambar 1. Sintesis biologis nanopartikel

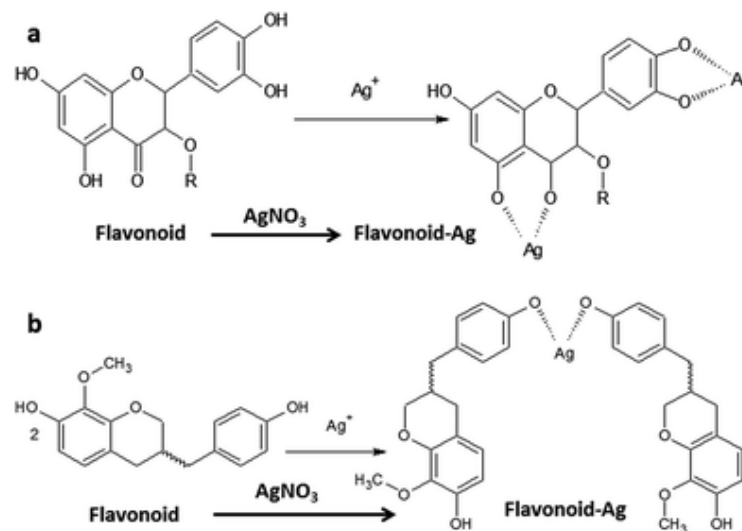
Ali, dkk (2016) melaporkan bahwa mekanisme interaksi ion perak dengan kelompok fungsional dapat dijelaskan dengan dua cara. Di satu arah, interaksi terjadi dalam molekul yang sama, di mana satu atau lebih banyak kelompok fungsional membuat ikatan koordinasi dengan ion logam seperti ditunjukkan pada Gambar 2a. Dengan cara lain, bentuk ion perak beberapa kompleks dengan flavonoid yang tidak memiliki situs chelating pada struktur eksternal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2b. Pengurangan ion perak terutama disebabkan oleh aktivitas antioksidan flavonoid dan tanin pada ekstrak tanaman. Flavonoid dapat dengan mudah membentuk senyawa kelat dengan ion logam dan menciptakan senyawa kompleks karena kemampuannya untuk menyumbang elektron dan atom hidrogen. Sebagai tambahan, pH dan pelarut memainkan peran penting

pH dan pelarut adalah sumber utama gugus hidroksil dalam reaksi.

h besar kelompok fungsional "OH" dalam flavonoid merupakan



faktor kunci dalam proses reduksi. Faktor ini mendukung pembentukan permukaan hidrofilik yang timbul dari oksigen terlarut (dari udara), yang cocok untuk pembentukan nanopartikel.

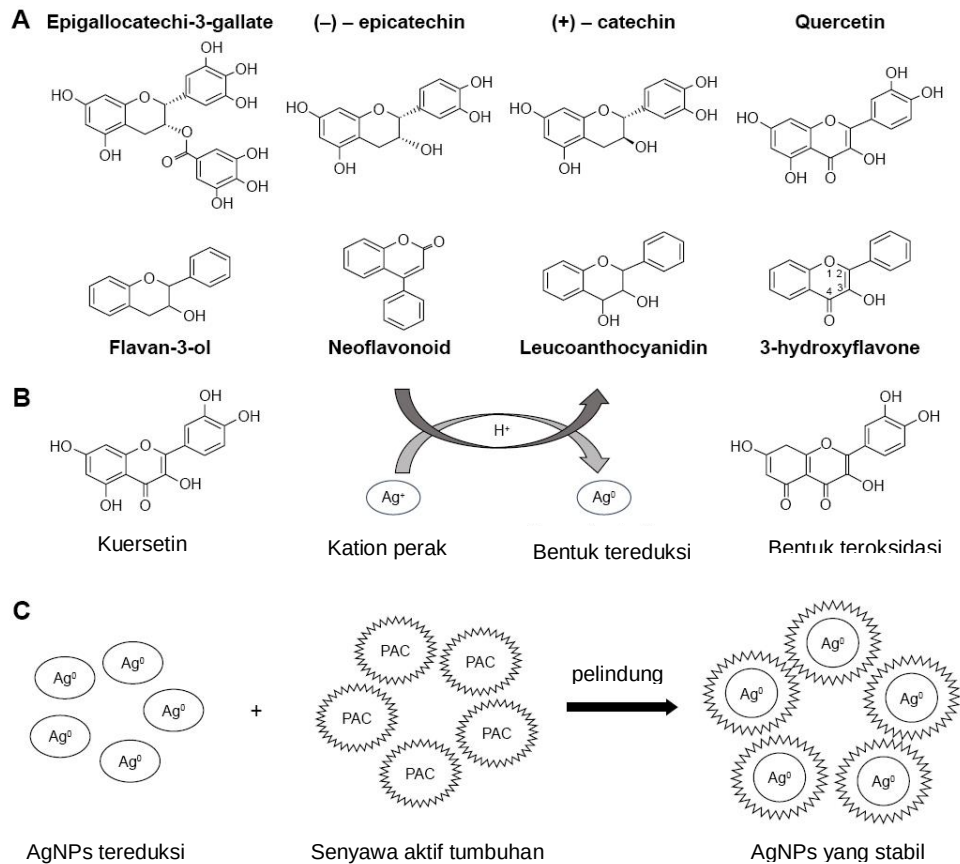


Gambar 2. Usulan pengikatan molekul flavonoid (dalam *Dragon's blood-aided synthesis*) dengan ion perak.

Anjum dan Abbasi (2016) melaporkan bahwa mekanisme yang mungkin terjadi dalam biosintesis AgNP oleh metabolit tumbuhan masih banyak yang belum dijelajahi. Beberapa senyawa penting dari kelas fenolik dan flavonoid, yang mungkin terlibat dalam reduksi ion perak, ditunjukkan pada Gambar 3a. Mekanisme reduksi dengan menunjukkan pengurangan Ag(I) ke Ag(0) oleh senyawa standar flavonoid (kuersetin) melalui reaksi redoks yang ditunjukkan pada Gambar 3b. Selain itu, senyawa aktif tanaman dari ekstrak juga bertanggung jawab atas pembatasan dan stabilisasi AgNP

r 3c).

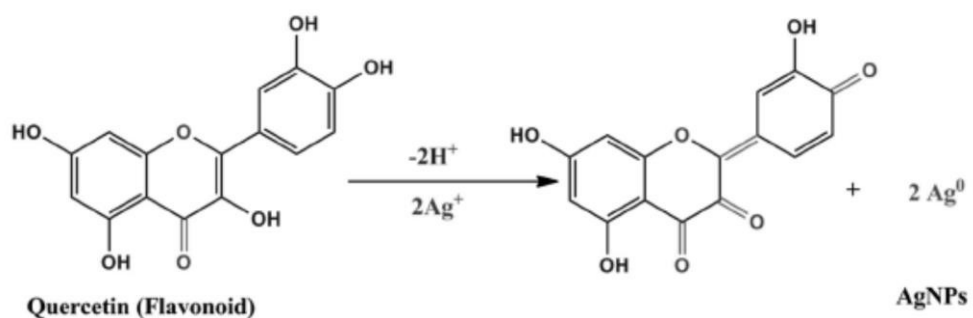




Gambar 3. Skema dari biosintesis AgNP

Pemanfaatan nanopartikel logam mengalami perkembangan yang sangat pesat, diantaranya dalam bidang katalisis, biosensor, elektronik, dan optik. Nanopartikel perak adalah salah satu nanopartikel yang banyak digunakan dalam bidang biologi dan farmasi (Hasan, 2012). Dalam pengujian kalorimetri, nanopartikel perak memiliki beberapa keunggulan dibanding nanopartikel emas, karena nanopartikel perak memiliki koefisien molar absorpsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan nanopartikel emas pada ukuran yang sama. Hal ini juga menyebabkan karakterisasi nanopartikel perak menggunakan Spektrofotometer UV-Vis memberikan hasil yang lebih jelas.

Jain dan Mehata (2017) melaporkan bahwa mekanisme pembentukan nanopartikel terbentuk melalui tiga tahap: reduksi ion, pengelompokan dan pembentukan nanopartikel. Fitur masing-masing tahap bergantung pada sifat zat pereduksi, konsentrasinya, pH, konsentrasi agen pereduksi. Menurut beberapa peneliti, kelompok -OH yang terdapat dalam flavonoid seperti kuersetin akan bertanggung jawab dalam reduksi ion perak ke AgNP. Ada kemungkinan transformasi tautomerik flavonoid dari bentuk enol ke bentuk keto dapat melepaskan atom hidrogen reaktif yang mereduksi ion perak ke nanopartikel perak. Zhang dkk. (2011) melaporkan bahwa kuersetin memiliki potensi reduksi yang tinggi, oleh karena itu, kuersetin bertindak sebagai agen pereduksi. Gambar 4 menunjukkan mekanisme reduksi ion perak menjadi nanopartikel perak oleh flavonoid (kuersetin).



Gambar 4. Mekanisme reduksi ion perak menjadi nanopartikel perak oleh molekul kuersetin

C. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Perak

Kebutuhan untuk sintesis nanopartikel secara *green synthesis* yang karena proses fisika dan kimia menggunakan pelarut toksik, silkan limbah berbahaya, membutuhkan banyak energi dan mahal.



Sehingga untuk mencari jalan yang lebih ramah lingkungan, efisien energi, dan murah dalam sintesis nanopartikel, ilmuwan menggunakan mikroorganisme dan ekstrak tanaman untuk sintesis atau dikenal dengan *green synthesis*. Sintesis nanopartikel dengan menggunakan ekstrak tumbuhan juga memiliki keunggulan khusus bahwa tanaman dapat didistribusikan secara luas, mudah didapat, lebih aman untuk ditangani dan bertindak sebagai sumber beberapa senyawa metabolit, serta memiliki berbagai senyawa metabolit yang dapat membantu dalam mereduksi ion perak, dan prosesnya lebih cepat dari sintesis dengan menggunakan mikroba.

Fitokimia tanaman dengan antioksidan atau agen pereduksi biasanya bertanggung jawab untuk reduksi komponen logam menjadi bentuk nanopartikel. Tiga langkah utama dalam preparasi nanopartikel yang perlu dievaluasi adalah pemilihan medium pelarut untuk sintesis, pemilihan agen pereduksi yang ramah lingkungan dan pemilihan material non-toksik untuk stabilisasi nanopartikel (Thakkar, dkk. 2010).

Sintesis nanopartikel menggunakan ekstrak tanaman saat ini sedang banyak dimanfaatkan (Leela dan Vivekanandan, 2008). Keuntungan menggunakan tanaman untuk sintesis nanopartikel adalah mereka mudah tersedia, aman untuk ditangani dan memiliki variabilitas metabolit yang luas sehingga dapat membantu proses reduksi membentuk nanopartikel

, dkk. 2010). Pengaturan pH, sumber tanaman, dan suhu inkubasi



dalam metode sintesis nanopartikel dapat mempengaruhi karakteristik nanopartikel yang dihasilkan (Leela dan Vivekanandan, 2008)

Spektroskopi Ultraviolet-Visible (UV-Vis), Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS), Particle Size Analyzer (PSA) dan X-Ray Diffraction (XRD) merupakan instrumen yang digunakan dalam karakterisasi nanopartikel. Spektroskopi UV-Vis berfungsi dalam identifikasi, karakterisasi dan pengkajian nanopartikel yang terbentuk berdasarkan spektrum puncak absorbansinya. Nanopartikel perak memiliki puncak serapan dengan kisaran rentang 400 nm hingga 530 nm pada analisis spektrofotometer. Instrumen TEM berfungsi untuk analisis permukaan berdasarkan serapan elektron pada material yang bergantung pada ketebalan dan komposisi dari material yang dianalisis. XRD digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Sedangkan karakterisasi kuantitatif untuk mengetahui ukuran diameter dan distribusi nanopartikel perak dalam sampel dilakukan dengan menggunakan PSA.

D. Sensor Kimia

Sensor kimia merupakan piranti kimia yang berkembang pesat dalam dua dekade terakhir, sensor ini bukan hanya digunakan dalam bidang kimia, akan tetapi telah berkembang ke bidang lainnya seperti: lingkungan,

kesehatan, pertanian, dan lain sebagainya. Sensor secara kimia ditinjau dari respon yang diukur ada 3 macam yaitu: sensor



potensiometrik, amperometrik, dan konduktometrik. Kegunaan sensor kimia khususnya dalam bidang kimia analisis memiliki keunggulan antara lain: zat kimia yang digunakan sebagai reagen dalam jumlah kecil, biaya operasional rendah, sensitif, selektif, mudah dibawa ke lapangan dan praktis dalam pemakaiannya.

Secara umum sensor dibedakan menjadi dua jenis yaitu sensor fisika dan sensor kimia. Sensor fisika lebih kepada kemampuannya untuk mendeteksi kondisi besaran fisika seperti tekanan, gaya, tinggi permukaan air laut, kecepatan angin, dan sebagainya. Sedangkan sensor kimia merupakan alat yang mampu mendeteksi fenomena kimia seperti komposisi gas, keasaman, susunan zat suatu bahan makanan, dan sebagainya. Termasuk ke dalam sensor kimia ini adalah biosensor. Biosensor merupakan salah satu jenis sensor kimia yang menggunakan elemen biologis sebagai fungsi sensingnya. Sensor kimia dalam hal ini biosensor sekarang telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang (multi guna) antara lain: bidang sains, farmasi, kedokteran, pertanian, dan lingkungan. Biosensor dapat didefinisikan sebagai perangkat yang terdiri dari pengenalan biologis sistem dan transduser untuk bioanalisis selektif. Ini memberi isyarat pengolahan untuk menyimpulkan dan mengukur analit tertentu. Transduser adalah elektrode yang menghasilkan sinyal elektrokimia seperti perubahan potensial atau perubahan saat ini, sistem ini

elektrokimia biosensor.



Pengembangan sistem sensor yang selektif dan sensitif diperlukan karena adanya tuntutan baru dalam analisis lingkungan. Biosensor adalah alat untuk mendeteksi suatu analit yang menggabungkan komponen biologis dengan komponen detektor fisikokimia. Sensor ini terdiri atas 3 bagian:

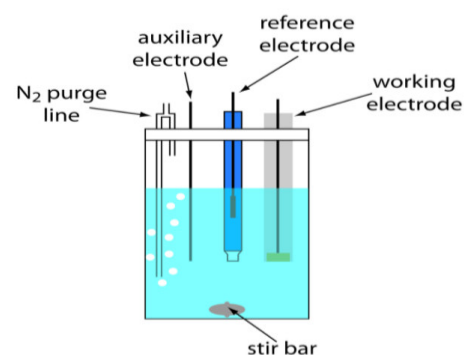
1. unsur biologis sensitif bahan biologis misalnya jaringan, mikroorganisme, organel, reseptor sel, enzim, antibodi, asam nukleat yang berasal dari bahan biologis atau biomimic.
2. transduser atau elemen detektor, bekerja dengan cara fisikokimia; optik, piezoelektrik, elektrokimia yang mengubah sinyal yang dihasilkan dari interaksi antara analit dengan unsur biologis menjadi sinyal listrik.
3. elektronik yang terkait atau prosesor sinyal yang terutama bertanggung jawab untuk menampilkan hasil dalam cara yang *user-friendly*.

Karena sifatnya yang dapat digunakan sebagai pendeteksi, maka dapat dikatakan bahwa nanopartikel perak dapat digunakan sebagai basis dari pembuatan elemen sensor. Penggunaan nanopartikel logam mulia, seperti perak dan emas secara luas sudah dimanfaatkan. Hal ini disebabkan oleh sifat nanopartikel logam mulia yang memiliki koefisien punah (extinction coefficient) yang sangat tinggi dan sifat optis yang bergantung pada ukuran

partikel, konstanta dielektrik medium, komposisi, dan jarak partikel (Moores & Goettmann, 2006, Yao, dkk., 2010).



Metode elektrokimia telah menjadi alternatif yang menarik untuk analisis logam berat karena sensitivitasnya yang tinggi, waktu respon singkat, dan biaya rendah. Selain itu metode elektrokimia lebih unggul dalam sistem pengukuran. Pengukuran elektrokimia dalam hal ini biosensor elektrokimia bisa memberi pendeteksian secara cepat, sederhana, dan murah (Prokopovich, 2016). Bergantung pada mode deteksi atau pengukuran, biosensor elektrokimia diklasifikasikan lebih lanjut ke dalam tiga kategori utama: amperometri atau voltametri (ukuran arus), potensiometri (mengukur perbedaan potensial atau akumulasi muatan), dan konduktometri (mengukur konduktansi). Biosensor amperometri didasarkan pada pengukuran arus elektroda kerja yang dihasilkan dari oksidasi atau pengurangan elektroaktif dalam reaksi biokimia. Hasilnya arus yang diukur dalam rentang potensial linier berbanding lurus dengan konsentrasi dari elektroaktif pada lapisan biokatalitik (Banerjee dkk.,2011).



Gambar 5. Sel voltametri



voltametri menggunakan sistem tiga elektroda (Gambar 5) yaitu elektroda pembanding, elektroda pembantu dan elektroda kerja. Elektroda kerja merupakan tempat terjadinya reaksi reduksi atau oksidasi dari analit.

Elektroda pembanding adalah elektroda yang potensialnya diketahui dan stabil. Elektroda Ag/AgCl merupakan elektroda pembanding yang umum digunakan. Elektroda pembantu yaitu elektroda yang digunakan untuk mengalirkan arus antara elektroda kerja dan elektroda pembanding, sehingga arus dapat diukur. Elektroda pembantu yang biasa digunakan adalah kawat platina yang bersifat inert (Wang, 2000).

Sensor elektrokimia adalah salah satu jenis sensor kimia, yaitu sensor yang prinsip kerjanya berdasarkan reaksi elektrokimia. Metode voltametrik atau *polarography* atau *polarographic analysis* merupakan metode elektroanalisis dimana informasi tentang analit diperoleh dari pengukuran arus fungsi potensial. Pengukuran ini dilakukan dengan menerapkan suatu potensial ke dalam sel elektrokimia, kemudian respon arus yang dihasilkan dari proses reaksi redoks diukur. Respon arus diukur pada daerah potensial yang telah ditentukan. Kemudian dibuat plot arus fungsi potensial yang disebut voltamogram siklik. Scan tegangan dengan metode voltametri siklik ini akan menghasilkan respon arus yang spesifik. Jika respon arus fungsi scan potensial ini digambarkan, maka akan berbentuk kurva voltamogram (Puranto dan Imawan. 2010).



E. Glukosa

Glukosa yang kita kenal juga sebagai gula darah, merupakan bahan bakar utama yang akan diubah menjadi energi atau tenaga. Kadar glukosa darah yang tinggi setelah makan akan merangsang sel β Langerhans untuk mengeluarkan insulin. Glukosa ($C_6H_{12}O_6$, juga dikenal sebagai D-glukosa, dekstrosa, atau gula anggur) adalah gula sederhana (monosakarida) dan sebuah karbohidrat yang penting dalam biologi. Glukosa juga merupakan produk dari respirasi sebuah sel. Glukosa dalam tubuh digunakan sebagai penyedia sumber energi (Anwar, dkk., 2016). Glukosa darah adalah gula yang terdapat dalam darah yang terbentuk dari karbohidrat dalam makanan dan disimpan sebagai glikogen di hati dan otot rangka (Purwaningsih, 2017).

Di dalam tubuh manusia, glukosa, asam amino, dan asam lemak diserap melalui dinding usus halus dan masuk ke dalam peredaran darah. Glukosa sebagian disimpan dalam sel hati menjadi glikogen, sebagian lagi masuk ke dalam sel jaringan lain seperti otak, otot, dan jaringan lemak (*adipose tissue*) untuk disimpan atau dimetabolisir menjadi energi atau tenaga (Dalimartha, 2005). Pada orang normal, konsentrasi glukosa darah biasanya berkisar antara 80 dan 90 mg/100 ml, darah pada orang yang puasa setiap pagi sebelum makan pagi. Konsentrasi ini meningkat menjadi 120-140 mg/100 mL selama satu jam pertama atau lebih setelah makan,

system umpan-balik yang mengatur glukosa darah mengembalikan



konsentrasi glukosa dengan cepat ke tingkat pengaturan, biasanya dalam dua jam setelah absorpsi karbohidrat yang terakhir.

Glukosa merupakan satu-satunya gizi yang dapat digunakan oleh otak, retina, dan epitel germinativum dalam jumlah yang cukup untuk mensuplai energi sesuai dengan yang dibutuhkan. Salah satu penyakit yang dapat diakibatkan oleh pengaruh kadar glukosa dalam tubuh adalah Diabetes Melitus. DM merupakan suatu kelompok penyakit metabolik dengan karakteristik hiperglikemia yang terjadi karena kelainan sekresi insulin, kerja insulin, atau kedua-duanya (Amir, dkk., 2015).

Bila pH cairan tubuh turun di bawah kira-kira 7,0 penderita diabetes mengalami koma. Selain asidosis, dehidrasi dianggap mengeksaserbasi koma. Sekali penderita diabetes mencapai stadium ini, akibatnya bisa fatal kecuali segera diobati (Dalimartha, 2005).

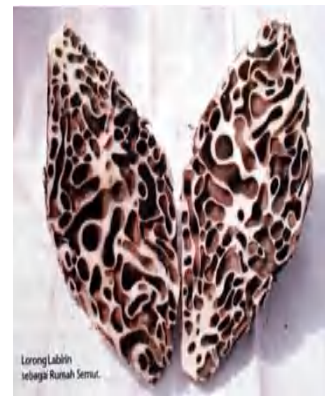
F. Sarang semut (*Myrmecodia Pendans*)

Tanaman sarang semut (famili *Rubiaceae*) merupakan tumbuhan obat potensial asal Papua yang terbukti secara empiris berkhasiat untuk menyembuhkan berbagai macam penyakit secara alami dan relatif aman. Kajian secara etnofarmakologi, secara turun temurun tumbuhan sarang semut telah digunakan sebagai obat oleh masyarakat pedalaman Papua khususnya di Kabupaten Merauke sebagai obat penyembuh radang, meningkatkan imunitas tubuh dan mengatasi nyeri otot.



Sarang semut (Gambar 6) merupakan tumbuhan epifit yang memiliki keistimewaan karena mampu bersimbiosis dengan semut dan cendawan. Simbiosis yang terjadi merupakan simbiosis mutualisme. Secara ekologi, tumbuhan sarang semut tersebar dari hutan bakau dan pohon-pohon dipinggir pantai hingga ketinggian 2.400 m di atas permukaan laut. Berikut taksonomi dari tumbuhan sarang semut:

Divisi : Tracheophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Subkelas : Lamiidae
 Ordo : Rubiales
 Familia : Rubiaceae
 Genus : *Myrmecodia*
 Species : *Myrmecodia pendens*



Gambar 6. Sarang semut

Pada habitat aslinya, tanaman sarang semut dihuni oleh beragam jenis semut terutama *Ochtellus sp.* Kestabilan suhu yang ada di dalam umbi membuat koloni semut bersarang di dalam umbi tersebut. Dalam jangka waktu yang lama terjadi reaksi kimiawi secara alami antara senyawa yang dikeluarkan semut dengan zat yang terkandung dalam tanaman semut. Perpaduan inilah yang diduga membuat sarang semut memiliki kemampuan mengatasi berbagai jenis penyakit.

Penelitian yang dilakukan oleh Trisatya (2015) menunjukkan bahwa

sarang semut (*Myrmecodia pendans*) dapat menurunkan kadar glukosa darah (antidiabetes) pada mencit jantan (*Mus musculus*) yang



diinduksi dengan glukosa. Sarang semut (*Myrmecodia pendans*) mengandung 85% gula. Glukosa dalam sarang semut termasuk jenis kompleks, bukan glukosa sederhana. Dari hasil penelitian ditemukan beberapa senyawa aktif yang mampu mengobati berbagai penyakit diantaranya yaitu flavonoid, tannin, dan polifenol yang memiliki fungsi sebagai antioksidan dalam tubuh (Retnowati, 2012).

Penelitian terdahulu oleh Subroto dan Saputro (2006), mengungkapkan bahwa senyawa aktif yang terkandung dalam sarang semut itu adalah flavonoid, tanin, dan polifenol yang berfungsi sebagai antioksidan dalam tubuh. Selain itu, dalam sarang semut juga mengandung senyawa yang bermanfaat lainnya, seperti tokoferol, magnesium, kalsium, besi, fosfor, natrium, dan seng. Hasil penelitian Sianturi dan Kurniawati (2016) juga menunjukkan bahwa tanaman sarang semut mengandung senyawa aktif, berupa asam fenolik, flavonoid, tanin, polifenol, tokoferol, serta berbagai macam mineral. Engida, dkk., (2012) melaporkan juga bahwa telah didapatkan jenis-jenis senyawa flavonoid yang terkandung dalam sarang semut yaitu kaempferol (13,767 mg/g), luteoline (0,005 mg/g), rutine (0,003 mg/g), kuersetin (0,030 mg/g), dan apigenin (4,700 mg/g). Senyawa organik yang terkandung di dalam tumbuhan ini memiliki kemampuan sebagai agen pereduksi ion logam pada proses biosintesis (Philip, dkk., 2011).



Flavonoid sebagai salah satu kelompok senyawa fenolik yang banyak terdapat pada jaringan tanaman dapat berperan sebagai antioksidan yang memiliki efek hipoglikemi pada penderita diabetes melitus. Antioksidan pada flavonoid dapat menyumbangkan atom hidrogennya. Flavonoid akan teroksidasi dan berikatan dengan radikal bebas sehingga radikal bebas menjadi senyawa yang lebih stabil. Mekanisme yang mungkin untuk biosintesis AgNPs dapat dilihat pada gambar 7. Reaksi redoks menunjukkan mekanisme reduksi Ag(I) menjadi Ag (0) dengan menggunakan kuersetin (flavonoid): gugus–gugus OH pada kuersetin bertanggung jawab untuk mereduksi Ag^+ ke AgNPs. AgNO_3 berdisosiasi menjadi Ag^+ dan NO_3^- dalam pelarut (aquabides). Kuersetin bereaksi dengan Ag^+ melalui OH yang paling reaktif yang melekat pada atom karbon cincin aromatik yang dapat mereduksi ion perak menjadi partikel perak dan memberikan stabilitas terhadap aglomerasi.



G. Kerangka pikir

DM merupakan sekumpulan gejala yang timbul pada seseorang, ditandai dengan kadar glukosa darah yang melebihi normal (hyperglikemia) akibat tubuh kekurangan insulin baik absolut maupun relatif. Penyakit ini sering muncul tanpa gejala dan kerap baru diketahui bila yang bersangkutan melakukan pemeriksaan kesehatan rutin. Apabila penyakit ini dibiarkan tidak terkendali atau penderita tidak menyadari penyakitnya maka bertahun-tahun kemudian akan timbul berbagai komplikasi kronis yang berakibat fatal. Kandungan kadar glukosa dalam darah dapat diukur dengan cara invasif yakni dengan mengambil sampel darah kemudian dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer. Namun, cara ini kurang menguntungkan mengingat untuk pasien dengan kondisi serius jelas tidak mungkin dilakukan pengambilan sampel darah berkali-kali. Oleh karena itu, penelitian yang intensif dibutuhkan untuk mengembangkan pemenuhan biosensor yang murah, akurat, dan mudah dalam penggunaannya.

Beberapa tahun terakhir ini, penelitian tentang sensor glukosa darah telah banyak dikembangkan. Yang paling aktual adalah pengembangan sensor berbasis nanopartikel. Salah satu jenis nanopartikel logam adalah nanopartikel perak. Nanopartikel perak digunakan dalam biosensor karena dengan ukuran nano kecepatan *scanning* pada analit akan meningkat, dan nanopartikel perak juga memiliki kestabilan dalam mempertahankan status dari biomolekul.



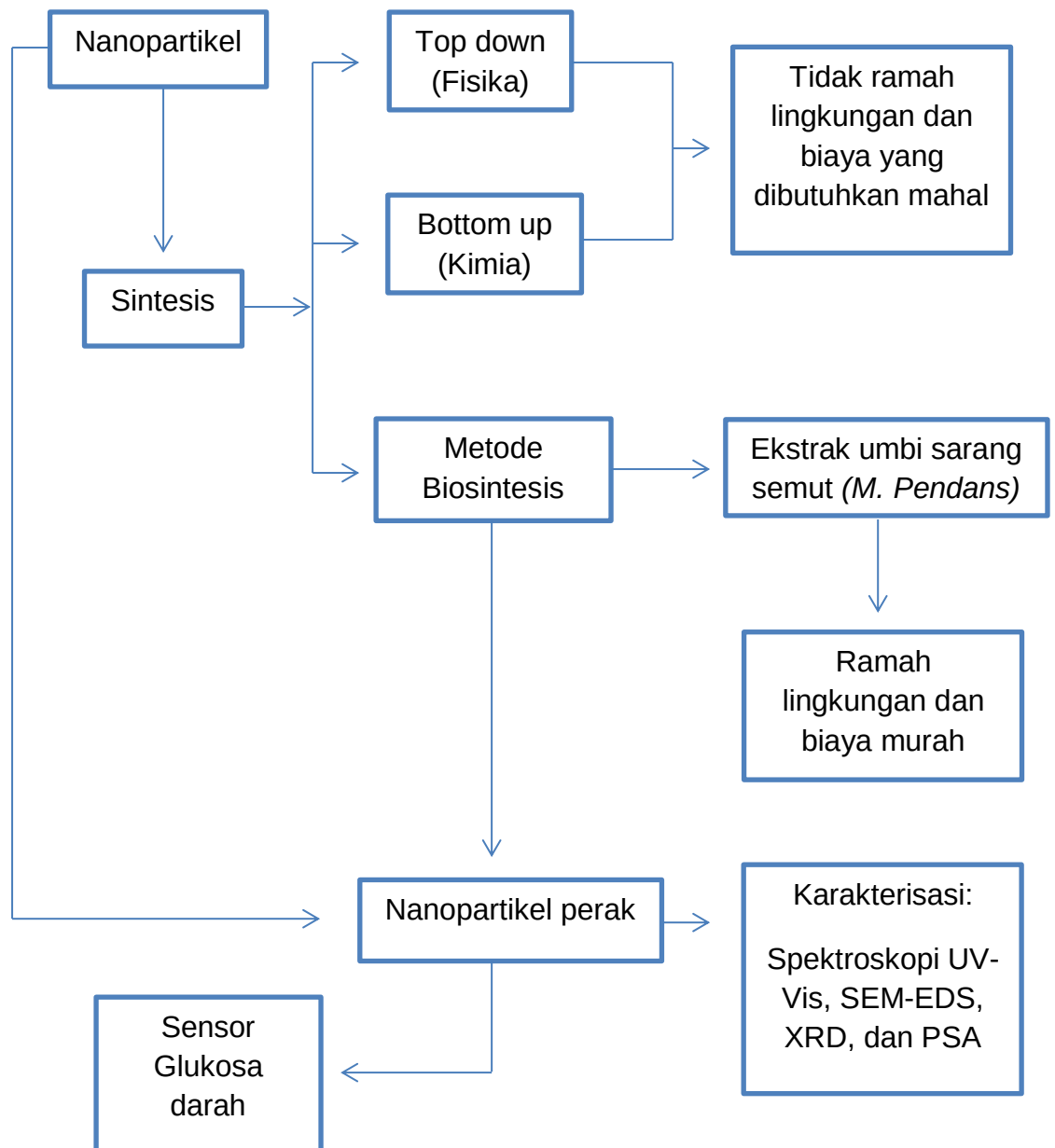
Metode atau inovasi baru dalam mensintesis nanopartikel yang lebih bersifat ramah lingkungan serta biaya murah sangat dibutuhkan. Biosintesis nanopartikel logam dengan memanfaatkan ekstrak tumbuhan sebagai agen pereduksi memberikan beberapa keuntungan seperti ramah lingkungan, biaya rendah dan tidak memerlukan tekanan, energi dan temperatur yang tinggi serta tidak menggunakan bahan kimia yang beracun (Pratama, 2014). Beberapa ekstrak tumbuhan seperti ekstrak daun bintaro (*Cerbera manghas*), ekstrak daun *Piper pedicellatum*, ekstrak daun matoa (*Pometia pinnata*), ekstrak kayu manis (*Cinnamomum sp.*) memiliki senyawa flavonoid seperti quersetin, katekin, dan kaempferol yang dapat menghasilkan nanopartikel.

Dalam hal ini digunakan ekstrak umbi sarang semut untuk sintesis nanopartikel perak karena kandungan kimia yang dimiliki memungkinkan dapat dijadikan sebagai agen pereduksi dalam sintesis nanopartikel perak. Dimana kelompok $-OH$ yang terdapat dalam flavonoid seperti kuersetin akan bertanggung jawab dalam reduksi ion perak ke AgNP. Ada kemungkinan transformasi tautomerik flavonoid dari bentuk enol ke bentuk keto dapat melepaskan atom hidrogen reaktif yang mereduksi ion perak ke nanopartikel perak. Zhang dkk. (2011) melaporkan bahwa kuersetin memiliki potensi reduksi yang tinggi, oleh karena itu, kuersetin bertindak sebagai agen pereduksi. Dalam penelitian ini (Gambar 7), tanaman umbi

semut (*Myrmecodia pendan*) dimanfaatkan untuk mensintesis dan



mengkarakterisasi nanopartikel logam yang akan digunakan sebagai sensor kadar glukosa darah.



Gambar 7. Kerangka Berpikir

H. Hipotesis Penelitian

Adapun yang menjadi hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Nanopartikel perak dapat disintesis dengan metode biosintesis nanopartikel dari ekstrak umbi sarang semut sebagai agen pereduksi.
2. Nanopartikel perak dapat digunakan sebagai sensor kadar glukosa darah

