

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL EMAS
MENGUNAKAN EKSTRAK AIR UMBI SARANG SEMUT (*Myrmecodia
pendans*) UNTUK SENSOR KADAR GULA DARAH**

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF GOLD NANOPARTICLES
USING AQUEOUS EXTRACT OF SARANG SEMUT PLANTS
(*Myrmecodia pendans*) FOR BLOOD GLUCOSE SENSORS**

ANDI SUCIATI

P1100216006



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



Optimization Software:
www.balesio.com

TESIS

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

Disusun dan diajukan oleh :

ANDI SUCIATI
Nomor Pokok P1100216006

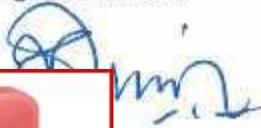
Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 02 Januari 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,
Komisi Penasehat


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


Dr. Paulina Taba, M. Phil
Anggota

Ketua Program Studi
Magister Kimia,


Dr. Eng. Amiruddin, M.Si

Dekan Fakultas MIPA
Universitas Hasanuddin,


Dr. Eng. Amiruddin, M.Si



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Andi Suciati

Nomor mahasiswa : P1100216006

Program studi : Pascasarjana 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 di kemudian 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,



Andi Suciati



KATA PENGANTAR

*Bismillahi Rohmanirohim
Alhamdulillah Rabbil Alami*

Segala puji kepada Allah *Subhanahu wa Ta'ala*, Shalawat dan salam tidak lupa dikirimkan kepada Rasulullah Muhammad *shallallahu 'alaihi wasallam* sebagai teladan serta panutan terbaik sepanjang masa. *Alhamdulillah*, rasa syukur penulis panjatkan pada-Nya, yang telah melimpahkan rahmat dan nikmat sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “**Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Ekstrak Air Umbi Sarang Semut (*Myrmecodia pendan*) untuk Sensor Kadar Gula Darah**”. Pemanfaatan bahan alam dalam mensintesis nanopartikel untuk sensor gula darah yang merujuk pada hasil penelitian dan studi literatur.

Limpahan rasa hormat penulis persembahkan kepada Ayahanda **Andi Muis**, Ibunda **Hasna Mattona** dan ketiga Saudaraku: Andi Hatijah, Andi Risnah, dan Andi Erlangga telah memberikan dukungan dan senantiasa mendoakan perjalanan ini dalam menuntut ilmu. Ungkapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir, Jamaluddin, M.Sc, selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
2. Prof. Dr. H. Abd. Wahid Wahab, M.Sc., selaku ketua komisi penasihat yang telah mencurahkan seluruh perhatian, bimbingan dan motivasi selama proses penyusunan tesis.

aulina Taba, M.Phill selaku komisi penasihat yang telah mencurahkan seluruh perhatian, bimbingan dan motivasi selama proses penyusunan tesis.



3. Dr. Paulina Taba, M.Phil selaku komisi penasihat yang telah mencurahkan seluruh perhatian, bimbingan dan motivasi selama proses penyusunan tesis.
4. Dr. Maming, M. Si., Dr. Firdaus, MS., Dr. Abdul Karim, M. Si., selaku komisi penilai, terima kasih atas masukan yang telah diberikan demi penyempurnaan penulisan tesis.
5. Dr. Hasnah Natsir, M.Si., selaku ketua program pascasarjana kimia terima kasih atas motivasi dan bantuannya.
6. 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.
7. 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.
8. Sahabatku Nurhajawarsi, Cysa Kinanti, Yusran dan Didi yang selalu menyemangati dan mendoakan penulis.
9. Teman-teman seperjuangan: Rosalinda Maarebia, Sartika, Leliani, Bahria, Ni Kadek Ayu, Amiruddin . Terima kasih atas bantuannya.

Semoga segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan pahala dari Allah SWT.

Akhir kata penulis mengharapkan tesis ini bisa bermanfaat dan penulis juga menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, olehnya itu saran dan kritikan yang membangun bagi penulis sangat diharapkan untuk penelitian dan penulisan yang lebih baik pada kesempatan mendatang.

Makassar, Januari 2019


Penulis



ABSTRAK

ANDI SUCIATI: Sintesis dan karakterisasi nanopartikel emas menggunakan ekstrak air umbi sarang semut (*Myrmecodi pendan*) untuk sensor kadar gula darah.

(Dibimbing oleh: Abd. Wahid Wahab dan Paulina Taba)

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mensintesis nanopartikel emas dengan bantuan ekstrak tanaman umbi sarang semut, (2) menentukan respon sensor berbasis nanopartikel emas sebagai sensor kadar gula darah.

Nanopartikel emas berhasil disintesis dengan metode sederhana dan relatif aman dengan menggunakan ekstrak air sarang semut sebagai agen pereduksi. Pembentukan nanopartikel diidentifikasi oleh perubahan warna (kuning ke merah) terjadi dalam larutan asam kloroaurat setelah ditambahkan ekstrak air dari tanaman sarang semut. Spektrum UV-Visible menunjukkan keberhasilan pembentukan NPAu dengan panjang gelombang maksimal 521,5 nm yang stabil selama 4 hari yang dibuktikan dengan Analisis PSA yang mengkonfirmasi kehadiran partikel dengan ukuran 53,2 nm. Analisis XRD menunjukkan difraktogram untuk partikel yang diperoleh adalah nanopartikel emas. Hasil SEM memperlihatkan permukaan nanopartikel emas berbentuk bulat dan batang. Sensor glukosa yang memanfaatkan nanopartikel emas sebagai katalis memiliki kisaran pengukuran 2–5 mM dengan regresi 0,868, limit deteksi sensor pada konsentrasi 2-5 mM adalah sebesar 7,5 mM dengan sensitivitas adalah 0,736 A.mM⁻¹.mm⁻². Konsentrasi glukosa dalam serum darah diperoleh yaitu 78,48mg/dL. Nanopartikel emas sangat menjanjikan untuk deteksi gula darah dengan sederhana, aman, dan biaya rendah tanpa menggunakan enzim dan bahan berbahaya.

Kata kunci: nanopartikel emas, sarang semut, sensor, glukosa darah.



ABSTRACT

ANDI SUCIATI: Synthesis and characterization of gold nanoparticles using aqueous extract of sarang semut plants (*Myrmecodia Pendans*) for blood glucose sensors.

(Supervised by: Abd. Wahid Wahab and Paulina Taba)

The aims of the research are: (1) to synthesize gold nanoparticles using extract of sarang semut plant (*Myrmecodia pendans*)(2) to determine the response of gold nanoparticles based sensor as the sensor of blood sugar level.

Gold nanoparticles have been synthesized using simple and relatively safe method by using kaemferol and quercetin containing aqueous extract of *Myrmecodia pendans* (sarang semut plant). Under this method, it was able to obtain AuNPs and measured the size. The formation of the nanoparticles were identified by the color change (yellow to red) occurred in the chloroauric acid solution after additional aqueous extract of sarang semut plant. The UV-Visible spectra and particle size analyzer indicated the successful formation of AuNPs with wavelength of 521.5 nm which was stable for 4 days, evidenced by the presence of particles with a size 53.2 nm. XRD analysis showed the diffractogram peak of gold nanoparticle. The result of SEM analysis indicated gold nanoparticle surface with spherical and stick shapes. Glucose sensor utilized gold nanoparticle as catalyst with measurement ranges of 2–5 mM and a regression of 0.868, detection limit of sensor in the concentration ranges of 2-5 mM was 7.5 mM with a sensitivity of $0.736 \text{ A.mM}^{-1}.\text{mm}^{-2}$. Glucose concentration obtained in blood serum was 78.48mg/dL. Gold nanoparticles is very promising to detect blood glucose simply, securely, low cost without using enzyme and harmful material.

Keywords: gold nanoparticles, sarang semut, sensors, blood glucose



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xvi



BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar belakang.....	1
B. Rumusan masalah.....	5
C. Tujuan penelitian.....	5
D. Manfaat penelitian.....	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Nanopartikel.....	7
B. Nanopartikel Emas.....	11
C. Sensor.....	19
D. Glukosa Darah.....	23
E. Umbi Sarang Semut.....	24
F. Kerangka Pikir dan Hipotesis.....	26
1. Kerangka pikir.....	26
2. Hipotesis penelitian	29
BAB III. METODE PENELITIAN.....	30
a. Lokasi dan tempat penelitian.....	30
b. Bahan dan bahan.....	30



C. Objek penelitian.....	31
D. Prosedur penelitian.....	31
1. Pembuatan Larutan Glukosa Standar.....	31
2. Pembuatan Larutan Kaempferol dan Kuersetin.....	31
3. Pembuatan Ekstrak Air Umbi Sarang Semut.....	32
4. Pembuatan Larutan Emas Induk HAuCl_4	33
5. Sintesis Nanopartikel Emas.....	33
a. Biosintesis dengan Ekstrak Air Umbi Sarang Semut.....	33
b. Sintesis dengan Kaempferol.....	33
c. Sintesis dengan Kuersetin.....	34
6. Karakterisasi Nanopartikel Emas.....	34
7. Aplikasi sensor berbasis nanopartikel.....	35
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
A. Biosintesis Nanopartikel Emas.....	37
B. Karakterisasi Nanopartikel Emas.....	38
Karakterisasi dengan spektrofotometri UV-Vis.....	38
Karakterisasi dengan Particle Size Analyze.....	42



3. Karakterisasi X-RD.....	43
4. Karakterisasi SEM-EDS.....	45
C. Aplikasi Sensor Berbasis Nanopartikel Emas.....	47
1. Deteksi pada Glukosa.....	47
2. Pengukuran Sampel Darah.....	54
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
A. Kesimpulan.....	56
B. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	58
LAMPIRAN.....	69



DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Sintesis nanopartikel logam menggunakan biomolekul logam.....	9
2.	Biosintesis nanopartikel logam menggunakan tanaman.....	12
3.	Kemampuan tanin dan flavonoid untuk mereduksi nanopartikel Au.....	16
4.	Mekanisme Kaemferol mereduksi HAuCl_4 menjadi K-AuNP.....	16
5.	Mekanisme flavonol dan molekul bioaktif sebagai bioreduktor.....	17
6.	Mekanisme senyawa flavonoid sebagai agen pereduksi dan penstabil.....	18
7.	Bioreduksi emas menjadi nanopartikel emas.....	18
8.	Skema voltametrik.....	21
9.	Struktur Glukosa	23
10.	<i>Myrmecodia pendans</i>	25
11.	Skema sensor dan sifat nanopartikel emas (AuNP) untuk penginderaan (<i>sensing</i>).....	28
12.	Kerangka pikir.....	29
13.	Ekstrak air umbi sarang semut, Larutan HAuCl_4 dan Nanopartikel emas.....	37
14.	Spektrum UV-Vis nanopartikel emas.....	38
15.	Spektrum UV-Vis Larutan Au, ekstrak air umbi sarang semut dan nanopartikel emas.....	39
	Spektrum UV-Vis nanopartikel emas dari kaemferol dan rutin standar.....	41
	Pengukuran PSA nanopartikel emas; distribusi ukuran	



berdasarkan intensitas, volume, dan jumlah.....	42
18. Difraktogram nanopartikel emas.....	44
19. Foto Scanning Electron Microscopy (SEM) Nanopartikel emas: perbesaran 10.000 kali dan 40.000 kali.....	45
20. Spektrum EDS nanopartikel Emas	46
21. Voltammogram siklik elektroda kerja tanpa nanopartikel emas dan dengan modif nanopartikel emas.....	47
22. Mekanisme skema reaksi oksidasi reduksi glukosa pada permukaan elektroda nanopartikel emas	49
23. Skema ilustrasi peran nanopartikel sebagai katalis dalam pembentukan asam glukonat.....	50
24. Skema ilustrasi reaksi mengoksidasi glukosa berdasarkan NPAu berpasangan dengan NPAg.....	50
25. Kurva regresi linear konsentrasi dan arus.....	52
26. Limit deteksi elektroda kerja modif nanopartikel emas.....	55
27. Voltamogram pengukuran sampel darah.....	55



DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Sintesis nanopartikel emas dengan menggunakan ekstrak tumbuhan.....	14
2. Data Diafratogram nanopartikel emas	44
3. Hasil pengukuran elektroda kerja modifikasi nanopartikel emas.....	51
4. Hasil pengukuran sampel serum darah menggunakan sensor elektroda kerja NPAu dan Automated Analyzed Clinical Chemistry.....	55



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pembuatan Ekstrak Air Umbi Sarang Semut.....	63
2. Pembuatan Larutan Induk AuHCl ₄	64
3. Sintesis Nanopartikel Emas.....	65
4. Pembuatan Larutan Glukosa Standar.....	66
5. Karakterisasi Nanopartikel Emas.....	67
6. Perisapan Elektroda Emas (Elektroda Kerja).....	68
7. Perhitungan Ukuran Partikel.....	69
8. Perhitungan Limit Deteksi dan Sensitivitas.....	70
9. Perhitungan Konsentrasi Gula dalam darah.....	71
10. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan UV-Vis.....	72
11. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan PSA.....	76
12. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan SEM EDS.....	84
13. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan XR.....	86
14. Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	87



DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
	Theta
et al.	et alii, dan kawan-kawan
IR	Infra Red
UV-Vis	Ultraviolet-Visible
XRD	X-ray diffraction
SEM	Scanning Electron Microscope
PSA	Particle Size Analyzer
EDS	Energy Dispersive X-Ray
Spectrometer	
G	gram
mM	milli molar
cm	Centimeter
%	Persen
pH	Derajat keasaman
DM	Diabetes militus
R	Regresi linear
FWHM	Full Width At Half Maximum
MI	Milli liter
nm	Nanometer
NPAu	Nanopartikel Emas
A	Ampere
V	Volt
°C	Derajat celcius
	Molar
	milli gram per desi liter
	milli volt per sekon
	Lapis demi lapis



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penyakit DM merupakan penyakit tidak menular yang mengalami peningkatan terus menerus dari tahun ke tahun. Menurut *International Diabetes Federation (IDF)*, DM diderita oleh 382 juta penduduk dunia pada tahun 2013, dan diperkirakan akan meningkat menjadi 592 juta penduduk pada tahun 2035 (IDF, 2013 dalam pusat data dan informasi kementerian kesehatan RI, 2014). DM adalah penyakit metabolik yang ditandai dengan kadar gula darah tinggi (hiperglikemia) yang diakibatkan oleh gangguan sekresi insulin, dan resistensi insulin atau keduanya. Hiperglikemia yang berlangsung lama (kronik) pada DM akan menyebabkan kerusakan berbagai organ (komplikasi).

Penderita DM memerlukan perawatan medis dan evaluasi diri (*self monitoring*) untuk mencegah komplikasi akut maupun kronis. Hal utama yang diperlukan adalah menjaga kadar glukosa darah agar tetap mendekati normal. Oleh karena itu, alat yang dapat memantau kadar glukosa darah diperlukan. Salah satu alat pengontrol glukosa darah yang dikembangkan adalah sensor yang masih memiliki kelemahan karena membutuhkan biaya yang besar dan masih kurang stabil sehingga dibutuhkan penelitian yang

untuk mengembangkan sensor yang ekonomis, akurat, dan praktis penggunaannya serta tidak berdampak negatif terhadap lingkungan.



Beberapa metode untuk menghasilkan sensor kadar glukosa yang telah dikembangkan antara lain adalah metode tradisional, metode analisis kualitatif (reaksi cermin perak), polarimetri, spektroskopi IR, dan saat ini para peneliti banyak tertarik pada pengembangan metode sintesis nanopartikel (Fernandez, 2011). Kebutuhan untuk mengembangkan teknologi ramah lingkungan dalam sintesis material telah mendapat perhatian. Hal ini memotivasi para peneliti untuk mensintesis nanopartikel menggunakan ekstraksi tumbuhan yang memungkinkan untuk mengontrol bentuk dan ukuran material tersebut yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi, antara lain untuk sensor glukosa.

Nanopartikel merupakan suatu partikel yang terdispersi pada ukuran nanometer atau skala per seribu mikron (Martien, *dkk.*, 2012). Nanopartikel memiliki beberapa kelebihan, partikel ini memiliki kemampuan untuk menembus ruang-ruang antar sel yang hanya dapat ditembus oleh ukuran partikel koloidal (Buzea, *dkk.*, 2007), kemampuan untuk menembus dinding sel yang lebih tinggi, baik melalui difusi maupun opsonifikasi, dan fleksibilitas untuk digabungkan dengan berbagai teknologi lain sehingga membuka potensi yang luas untuk dikembangkan pada berbagai keperluan dan target. Selain itu nanopartikel memiliki afinitas yang tinggi karena luas permukaan kontak lebih tinggi daripada material biasa dengan jumlah yang sama jumlah yang sama (Kawashima, 2000). Salah satu nanopartikel yang banyak dipelajari adalah nanopartikel emas. Nanopartikel emas merupakan partikel logam yang paling stabil, dan menarik karena memiliki sifat



elektronik, magnetik dan optik yang terkait dengan ukuran, sifat biokompatibel, non-sitotoksik, fungsionalisasi permukaan, dan aplikasinya terhadap katalisis dan biologi (Astruc dan Daniel, 2004).

Pembuatan nanopartikel dapat dilakukan dengan metode top down (fisika) dan metode bottom up (kimia), tetapi metode-metode tersebut memiliki banyak masalah yang mencakup penggunaan pelarut beracun, produksi limbah yang berbahaya dan konsumsi energi yang tinggi (Asri, 2015 dan Mo, *dkk.*, 2015). Selain metode fisika dan kimia, cara mensintesis nanopartikel telah dikembangkan dengan memanfaatkan tumbuhan atau mikroorganisme sebagai agen pereduksi yang disebut biosintesis nanopartikel. Pemanfaatan mikroorganisme dalam sintesis nanopartikel logam sebagai agen pereduksi membutuhkan waktu sintesis yang lama, pemeliharaan kultur yang cukup rumit, kemampuan yang terampil dan biaya besar. Beberapa biosintesis nanopartikel logam dengan menggunakan tumbuhan sebagai agen pereduksi telah dilaporkan. Tumbuhan tersebut meliputi *Aloe vera* (Chandran, *dkk.*, 2006), *Hibiscus Rosa sinensis* (Reveendran. 2016) ekstrak daun *Dalbergia sisso* (Singh, *dkk.*, 2012), dan ekstrak air *Myrmecodia pendan* (Zuas, *dkk.*, 2014). Metode tersebut menjadi alternatif produksi nanopartikel yang ramah lingkungan karena dapat meminimalisir penggunaan bahan kimia serta limbahnya yang berbahaya. Selain itu, ketersediaan tanaman di alam melimpah sehingga membuat tanaman lebih banyak disukai dari pada mikroorganisme.



Pemanfaatan tumbuhan dalam biosintesis nanopartikel berkaitan dengan kandungan senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktifitas antioksidan. Ekstrak tumbuhan yang merupakan senyawa metabolik sekunder 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 paling penting yang mempengaruhi morfologi nanopartikel yang disintesis (Mukunthan dan Balaji, 2012).

Indonesia memiliki berbagai jenis tumbuhan, sebagian diantaranya mempunyai khasiat sebagai obat dan telah dimanfaatkan sejak zaman dahulu. Salah satu tumbuhan yang dapat dimanfaatkan yaitu *Myrmecodia pendan* yang lebih dikenal dengan nama umbi sarang semut.

Senyawa metabolik yang terdapat pada ekstrak air umbi sarang semut (*Myrmecodia pendan*) diantaranya Flavonoid, asam fenolik, tanin, polifenol, tokoferol, terpenoid, keton, aldehyd, protein, asam amino, vitamin, alkaloid, tanin, fenolat, saponin, dan polisakarida serta beberapa mineral (Engida, *dkk.* (2013); Nath (2013) dan Kurniawati dan Santuri (2016)). Senyawa organik yang terkandung di dalam tumbuhan diketahui memiliki kemampuan sebagai agen pereduksi ion logam pada proses biosintesis nanopartikel logam (Philip, *dkk.* 2010). Oleh karena itu, ekstrak air umbi sarang semut diharapkan dapat digunakan sebagai bioreduktor untuk mensintesis nanopartikel emas yang bersifat biokompatibel untuk aplikasi sensor kadar gula darah. Aplikasi

kel sangat bergantung pada ukuran, bentuk, kristalinitas dan



strukturnya sehingga nanopartikel emas yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan Spektroskopi UV-Vis, *Particle Size Analyzer* (PSA), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive X-Ray Spectrometer* (EDS).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan, terdapat beberapa hal yang menjadi masalah, antara lain :

1. apakah nanopartikel emas dapat dibuat dengan bantuan ekstrak air umbi sarang semut?
2. bagaimana karakter dari nanopartikel emas yang disintesis menggunakan ekstrak air umbi sarang semut dengan Spektroskopi UV-Vis, *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Particle Size Analyzer* (PSA)?
3. bagaimanakah respon sensor berbasis nanopartikel emas sebagai sensor kadar glukosa darah?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk,

1. mensintesis nanopartikel emas dengan bantuan ekstrak air umbi sarang semut
2. menentukan karakter dari nanopartikel emas yang disintesis dengan

akan ekstrak air umbi sarang semut dengan Spektroskopi UV-Vis,



X-RAY Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Particle Size Analyzer (PSA).

3. menentukan respon sensor berbasis nanopartikel emas sebagai sensor kadar glukosa darah.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. tambahan pengetahuan tentang sintesis dan karakterisasi nanopartikel emas khususnya dalam bidang sensor
2. pengetahuan tentang sarana pengontrol kadar glukosa darah berbasis nanopartikel.
3. pengetahuan tentang bahan alam sebagai sensor gula darah berbasis nanopartikel dari ekstrak air umbi sarang semut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. NANOPARTIKEL

Nanoteknologi merupakan teknik untuk mendesain dan menyusun material pada skala nano dimana struktur material memungkinkan untuk dimanfaatkan dan direkayasa (Thomas 2006; Yokoyama, 2007). Modifikasi material dapat dilakukan untuk menciptakan materi yang memiliki ukuran, struktur dan sifat yang dikehendaki dengan lebih efektif dan efisien. Suatu material dikategorikan sebagai nanopartikel jika berukuran 1-100 nm. Material nanopartikel memiliki sifat yang unik, ukuran, bentuk, sifat kimia serta fungsionalisasi permukaannya dapat dikontrol dan dimodifikasi (Nagarajan dan Horton, 2008). Material berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material berukuran besar (bulk) karena semakin kecil ukuran suatu material, maka luas permukaannya akan semakin besar sehingga material dalam orde nanometer mempunyai jarak antar atom yang sangat kecil yang akan memudahkan terjadinya reaksi antar atom (Astuti, 2007 dalam Fatimah dan Hidajati, 2012).

Berdasarkan asalnya, nanopartikel dikelompokkan menjadi tiga jenis: alami, insidental dan rekayasa. Nanopartikel alami sudah ada sejak awal sejarah bumi dan masih terjadi di lingkungan (debu vulkanik, debu bulan, mineral, dll). Nanopartikel insidental didefinisikan sebagai partikel



limbah, dibentuk sebagai hasil proses industri buatan manusia (knalpot diesel, pembakaran batubara, asap pengelasan, dll.). Nanopartikel yang direayasa dapat dikelompokkan menjadi empat jenis:

1. bahan berbasis karbon, termasuk *fullerene*, *single-walled carbon nanotubes* dan *multi-walled carbon nanotubes*.
2. bahan berbasis logam seperti titik kuantum, nanopartikel emas, nanopartikel seng, nanopartikel aluminium dan nanopartikel perak.
3. *dendrimer* yang merupakan polimer ukuran nano yang dibangun dari unit bercabang dan mampu disesuaikan untuk melakukan reaksi kimia tertentu.
4. komposit yang menggabungkan nanopartikel dengan nanopartikel lain sehingga memberikan morfologi yang berbeda seperti bola, tabung, batang dan prisma (Dahl, *dkk.*, 2007; Monica dan Cremonini, 2009).

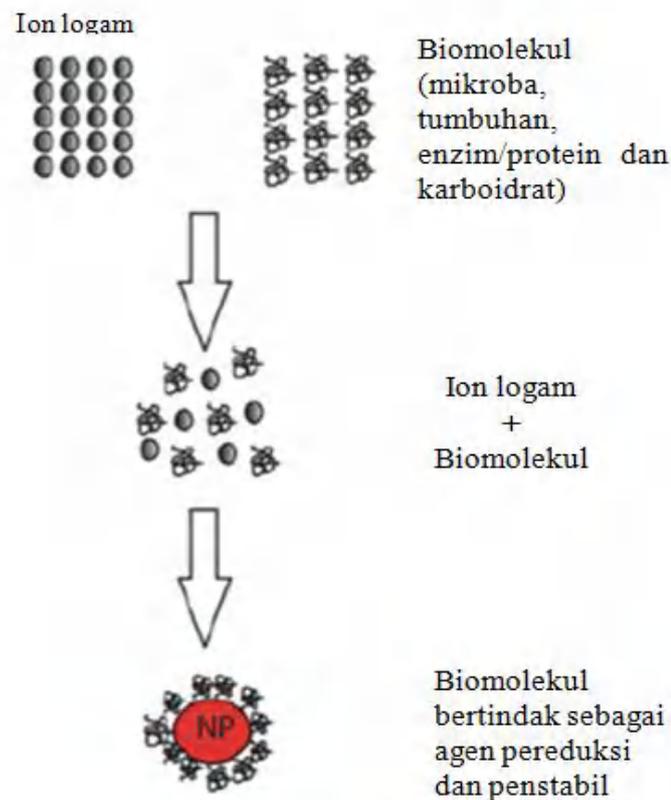
Nanopartikel yang direayasa telah mendapat banyak perhatian karena dapat diaplikasikan pada berbagai bidang. Nanopartikel dapat berupa logam, oksida logam, semikonduktor, polimer, materi karbon, senyawa organik dan biologi seperti DNA, protein, atau enzim (Nagarajan dan Horton, 2008). Salah satu nanopartikel yang banyak dikembangkan adalah nanopartikel logam.

Menghasilkan nanopartikel dengan toksisitas rendah merupakan salah satu tujuan utama nanoteknologi. Untuk mencapai tujuan ini, para peneliti telah mengarahkan sintesis nanopartikel logam dengan metode biologi,

cepat, hemat biaya dan ramah lingkungan. Sintesis nanopartikel



logam yang dimediasi ekstrak tanaman telah terbukti menghasilkan nanopartikel dengan bentuk dan ukuran yang sebanding dengan yang dihasilkan melalui metode kimia dan fisik (Kumar dan Yadav, 2009). Sintesis nanopartikel logam menggunakan metode biologi disebut biosintesis. Biosintesis nanopartikel logam dimediasi oleh biomolekul seperti enzim, protein, DNA, lipid, karbohidrat, virus, bakteri, jamur, ganggang, dan tanaman. Sintesis nanopartikel logam dengan menggunakan biomolekul yang diperoleh dari organisme hidup ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1: Sintesis nanopartikel logam menggunakan biomolekul (Tiwari dan Anthony, 2014)



Berbeda dengan sintesis nanopartikel yang dimediasi mikroorganisme, penggunaan biomassa tanaman atau ekstrak tanaman relatif sederhana dan lebih efektif. Dari berbagai biomaterial, pemanfaatan ekstrak biomassa tumbuhan telah dianggap lebih andal dan ramah lingkungan untuk biosintesis nanopartikel. Keuntungan dari biosintesis nanopartikel yang dimediasi dengan biomaterial meliputi; ketersediaan biomaterial yang mudah, penanganan yang aman, biaya yang rendah, proses yang sederhana (satu langkah), penggunaan metabolit yang bervariasi untuk membantu reduksi, penghapusan pemeliharaan kultur sel yang rumit, tingkat sintesis yang cepat, proses yang lebih ramah lingkungan, nanopartikel yang dihasilkan lebih stabil, ukuran dan bentuk nanopartikel yang lebih mudah dikontrol dan cocok untuk sintesis berskala besar (Iravani, 2011 dan Shankar, 2003).

Beberapa ekstrak tumbuhan telah digunakan untuk sintesis nanopartikel perak dan emas yang efisien dan efektif. Pembentukan nanopartikel terjadi melalui interaksi ion atau elektrostatik antara logam kompleks dan gugus fungsi pada permukaan biomassa. Beberapa senyawa bioorganik dalam sistem tanaman seperti flavonoid, terpenoid, protein, gula pereduksi dan alkaloid sebagai zat pereduksi atau pelindung selama pembentukan nanopartikel, dan konsentrasinya sangat penting dalam proses pengarahan bentuk (Zhou, 2010). Ahmed dan Ikram (2015) melaporkan ekstrak tanaman dapat bertindak baik sebagai agen pereduksi dan agen dalam sintesis nanopartikel. Thakar, *dkk.*(2010) melaporkan bahwa



mikroba dan tumbuhan dapat mereduksi ion logam Ag, Au, dan Pd menjadi nanopartikel.

Proses pembuatan nanopartikel dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya suhu, kecepatan pengadukan, zat penstabil (*capping agent*), pH larutan dan konsentrasi biomassa (Philip, 2010; Ghodake, 2010 dan Lukman. 2011), karena faktor-faktor tersebut menentukan ukuran dari *cluster* nanopartikel emas yang dihasilkan.

Nanopartikel biasanya ditandai dengan ukuran, bentuk, luas permukaan dan sifat dispersi. Teknik umum untuk mengkarakterisasi nanopartikel adalah spektrofotometri UV-visible, spektroskopi infra merah Fourier transformator (FTIR), difraksi sinar X (XRD), pemindaian mikroskop elektron (SEM), mikroskop elektron transmisi (SU), spektroskopi sinar-X dispersif energi (EDX) dan kekuatan atom mikroskop (AFM).

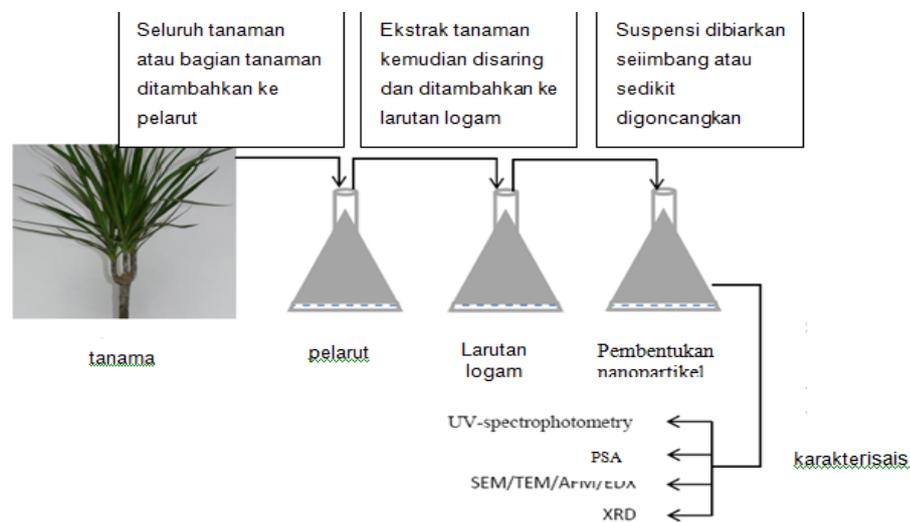
B. NANOPARTIKEL EMAS

Berbagai pengembangan penelitian sintesis nanopartikel telah dilakukan untuk logam mulia, seperti emas, perak dan platina. Salah satu logam mulia yang banyak dikembangkan adalah nanopartikel emas karena nanopartikel logam ini paling stabil, dan memperlihatkan beberapa aspek menarik seperti dengan sifat elektronik, magnetik dan optik yang terkait dengan ukuran, sifat biokompatibel, non-sitotoksik dan aplikasinya terhadap dan biologi (Jingyue dan bernd, 2015). Aplikasi nanopartikel logam



sangat bergantung pada ukuran, bentuk, kristalinitas dan struktur (Kelly, 2003). Nanopartikel ini telah digunakan untuk berbagai aplikasi biomedis termasuk biosensor, bioimaging, dan terapi fototermal (Murugan, 2013).

Sintesis nanopartikel yang menggunakan biomassa tanaman ditujukan pada Gambar 2. Bagian tanaman seperti batang, daun, bunga, buah, akar, lateks, biji dan benih digunakan untuk sintesis nanopartikel logam.



Gambar 2: Biosintesis nanopartikel logam menggunakan tanaman (Vijayaraghavan dan Ashokkumar, 2017).

Sintesis nanopartikel emas yang menggunakan ekstrak tumbuhan dapat memproduksi nanopartikel dalam jumlah besar. Nagaraj, *dkk.* (2012) melaporkan penggunaan *Plumeria alba* (bunga Frangipani) sebagai agen pereduksi dalam sintesis AuNP. Pembentukan nanopartikel emas dalam reaksi disebabkan oleh sifat spesifiknya (resonansi Plasmon permukaan). Perubahan warna karakteristik dari kuning pucat menjadi coklat tua menandakan reaksinya selesai. Mikroskopi elektron transmisi (TEM) dan spektroskopi UV-Vis digunakan untuk mengkarakterisasi nanopartikel emas



yang diperoleh. Spektrum UV-Vis menunjukkan puncak plasmon pada ~ 550 nm. Gambar TEM yang diperoleh membuktikan bahwa sampel berbentuk bulat dalam morfologi yang memiliki dua ukuran partikel berbeda, 20-30 nm untuk partikel yang lebih kecil dan 80-150 nm untuk yang lebih besar. Aroma dan Philip (2012), mensintesis AuNPs dengan menggunakan ekstrak fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) sebagai agen pereduksi dan agen pelindung. Dengan mengendalikan parameter sintesis, nanopartikel emas dengan ukuran berkisar antara 15 sampai 25 nm tercapai. Castro, *dkk.* (2010), menggunakan ekstrak air pulp gula bit sebagai zat pereduksi dan pelindung untuk sintesis AuNP. Spektrum penyerapan AuNP menunjukkan puncak pada 560 nm. Untuk hasil optimal, pH larutan dan waktu reaksi harus dikendalikan.

Biosintesis nanopartikel emas yang menggunakan ekstrak tumbuhan semakin populer karena sifat biokompatibilitas dan katalitik yang unik. Prosedur langkah tunggal yang sederhana dalam biosintesis nanopartikel sesuai untuk produksi skala besar karena harganya murah, efektif, cepat, ramah lingkungan dan aman untuk penelitian klinis, Tabel 1 menunjukkan beberapa tumbuhan yang telah digunakan dalam sintesis nanopartikel (Ahmed dan Ikram, 2015).



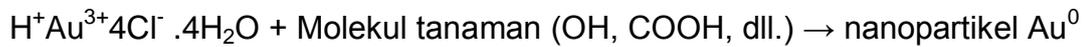
Tabel I: Sintesis nanopartikel emas dengan menggunakan ekstrak tumbuhan

Ekstraksi Tumbuhan	Ukuran dan Bentuk Nanopartikel	Referensi
Mango	6.03-18 nm; bola	Yang, <i>dkk.</i> 2014
<i>Gymnocladus assamicus</i>	4-22 nm; heksa, penta dan triangular	Tamuly, <i>dkk.</i> 2013
<i>Cacumen Platycladi</i>	Variable	Wu, <i>dkk.</i> 2013
<i>Pogestemon benghalensis</i>	13.07 nm; kubik	Paul. 2015
Coriander	6.75-57.91 nm; bola	Narayanan, <i>dkk.</i> 2008
<i>Nerium oleander</i>	2-10 nm; bola	Tahir, <i>dkk.</i> 2015
<i>Butea monosperma</i>	10-100 nm; bola, triangular	Patra, <i>dkk.</i> 2015
Pea nut	110 to 130 nm; variable	Raju, <i>dkk.</i> 2014
<i>Solanum nigrum</i>	50 nm; bola	Muthuvel, <i>dkk.</i> 2014
<i>Hibiscus cannabinus</i>	10-13 nm; bola	Bindhu, <i>dkk.</i> 2014
<i>Sesbania grandiflora</i>	7-34 nm; bola	Das dan Velusamy. 2014
<i>Salix alba</i>	50-80 nm; ---	UI, <i>dkk.</i> 2015
<i>Eucommia ulmoides</i>	----; bola	Guo, <i>dkk.</i> 2015
<i>Galaxaura elongata</i>	3.85–77.13 nm; bola	Abdel-Raouf, <i>dkk.</i> 2013
<i>Ocimum sanctum</i>	30 nm; heksagonal	Philip dan Unni . 2011
<i>Torreya nucifera</i>	10-125 nm; bola	Kalpana, <i>dkk.</i> 2014
Olive	50-100 nm; triangular, heksagonal, bola	Khalil, <i>dkk.</i> 2012
<i>Rosa indica</i>	23.52-60.83 nm; bola	Manikandan, et al. 2014
<i>Pistacia integerrima</i>	20-200 nm; ----	Islam, <i>dkk.</i> 2015
<i>Terminalia arjuna</i>	60 nm, bola	Mohan Kumar, <i>dkk.</i> 2013
<i>Euphorbia hirta</i>	6-71 nm, bola	Annamalai, <i>dkk.</i> 2013
<i>Morinda citrifolia</i>	12.17-38.26 nm, bola	Suman, <i>dkk.</i> 2014
<i>Zizyphus mauritiana</i>	20-40 nm, bola	Sadegi. 2015
<i>Hovenia dulcis</i>	20 nm, bola and heksagonal	Basavegowda, <i>dkk.</i> 2014
<i>Syzgium cumini</i>	5–100 nm, ireguler	Ragunandan, <i>dkk.</i> 2010

(Ahmed dan Ikram, 2015).



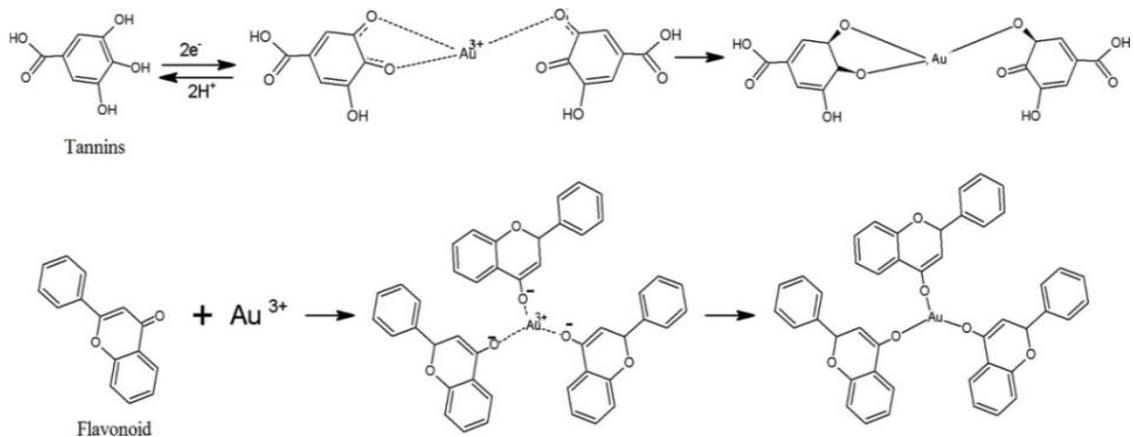
Nanopartikel Au disintesis melalui jalur ramah lingkungan dan bebas bahan kimia. Secara umum, bioreduksi asam kloroaurat (HAuCl_4) ke Au nanopartikel mengikuti reaksi di bawah ini:



Reaksi di atas umumnya mengubah suspensi menjadi warna merah rubi, yang menegaskan pembentukan nanopartikel Au dalam larutan. perubahan warna kuning menjadi merah anggur disebabkan oleh eksitasi getaran permukaan plasmon dalam nanopartikel logam (Vijayaraghavan, 2017). Shankar, *dkk.*(2003) melaporkan kemungkinan pembentukan nanopartikel Au menggunakan daun geranium (*Pelargonium graveolens*), Penelitian ini melaporkan bahwa terpenoid di daun bertindak sebagai agen pereduksi dan penstabil untuk mereduksi cepat ion kloroquin menjadi nanopartikel Au yang stabil dengan ukuran bervariasi.

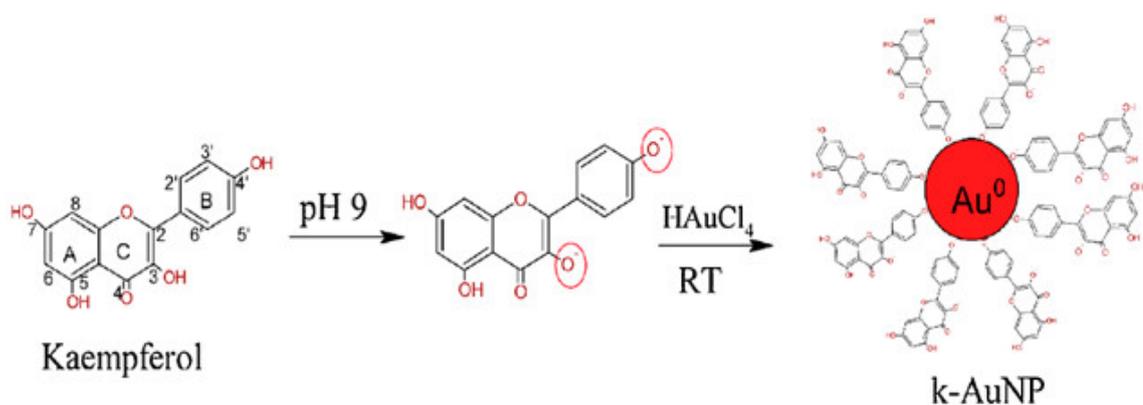
Shabestarian, *dkk.*(2017) melaporkan penggunaan ekstrak air *sumac* (*Rhus coriaria L.*) sebagai agen pereduksi ion emas dan juga agen pelindung dalam sintesis nanopartikel emas (Au-NPs). Tanin dan senyawa fenolik lainnya dioksidasi oleh AuCl_4 dan gugus hidroksil diubah menjadi gugus karbonil. Elektron gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) dari biomolekul ini dalam sistem Red/Ox dapat dipindahkan ke orbital bebas ion logam dan mengubahnya menjadi partikel logam seperti pada Gambar 3.





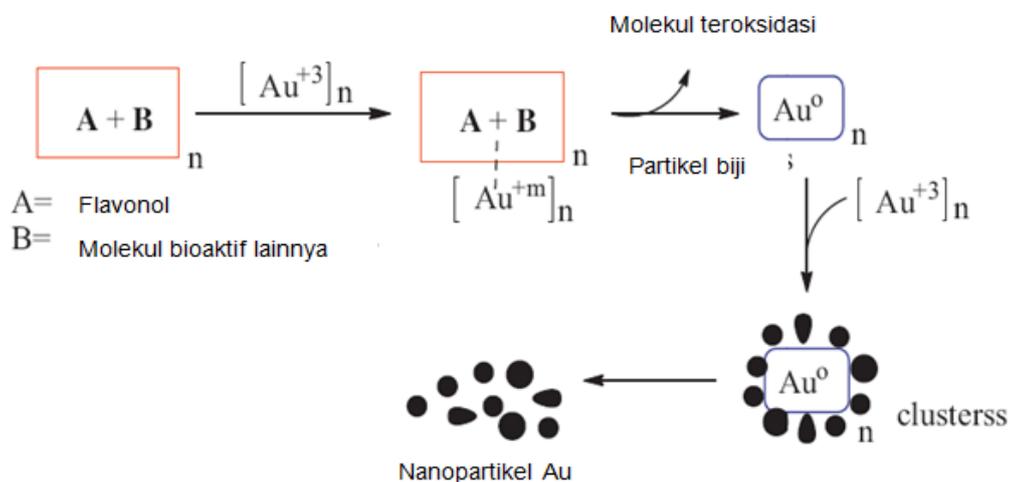
Gambar 3: Kemampuan tanin dan flavonoid untuk mereduksi nanopartikel Au (Shabestarian, *dkk.* 2017).

Bhuvanaree, *dkk.*(2015) melaporkan bahwa kaempferol telah digunakan untuk pembentukan nanopartikel emas (k-AuNPs) tanpa zat penstabil (Gambar 4). Ukuran k-AuNPs diamati $16,5 \pm 2,5$ nm melalui mikroskop elektron transmisi resolusi tinggi (HR-TEM). K-AuNPs ditemukan bersifat hemokompatibel dan memiliki sifat anti-oksidan yang telah dievaluasi dengan menggunakan uji hemolisis dan uji pemulungan radikal DPPH.



Gambar 4: Mekanisme Kaempferol mereduksi $HAuCl_4$ menjadi K-AuNP (Bhuvanaree, *dkk.*2015).

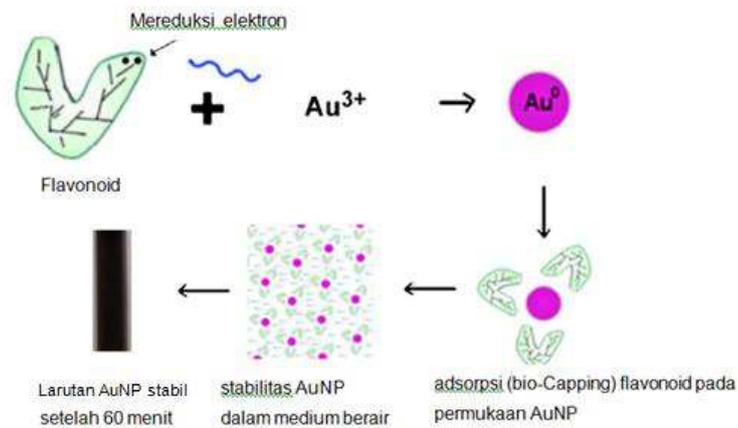
Basavegowda, *dkk.* (2014) melaporkan bahwa gugus hidroksil dan karbonil dari turunan flavonol dan molekul bioaktif lainnya dalam ekstrak air *Hovenia dulcis* mengikat ion emas untuk membentuk kompleks emas, yang direduksi menjadi partikel biji logam (Au^0). Partikel biji logam yang direduksi mengalami aglomerasi dan membentuk *clusters*, yang bertindak sebagai pusat nukleasi dan mengkatalisis pengurangan ion logam yang tersisa menjadi partikel nano (Gambar 5).



Gambar 5: Mekanisme flavonol dan molekul bioaktif sebagai bioreduktor (Basavegowda, *dkk.*, 2014).

Ragunandan, *dkk.*(2010) melaporkan sintesis nanopartikel emas dilakukan dengan menggunakan ekstrak buah *Syzygium aromaticum* pada suhu kamar dimana flavonoid sebagai agen pereduksi dan penstabil (Gambar 6).

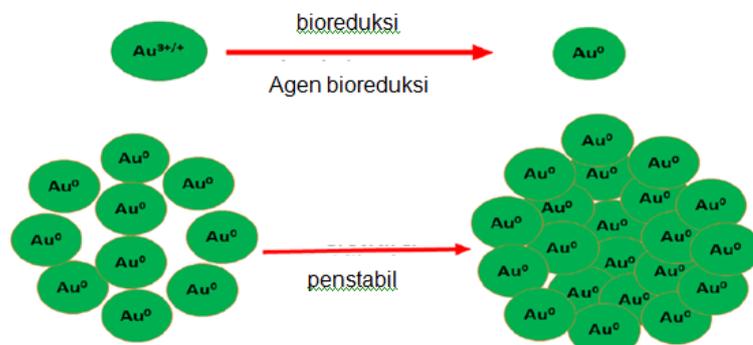




Gambar 6: Mekanisme senyawa flavonoid sebagai agen pereduksi dan penstabil (Ragunandan, *dkk.* 2010).

Molekul bioaktif seperti luteolin, epigalokatekin galat (EGCG), kuersetin, rutin, kurkumin dan lain-lain telah dilaporkan mereduksi garam emas dan membentuk nanopartikel emas yang stabil (Levchenko, *dkk.*, 2011; Nune, *dkk.*, 2009; Sindhu, *dkk.* 2014).

Bioreduksi ion emas menjadi nanopartikel emas (Gambar 7) dapat disebabkan oleh berbagai senyawa yang ada dalam agen biologis seperti gula pereduksi, amina, pati, gingerol, sal, singeron, katekin, senyawa fenolik, flavonoid, enzim (naftokuinon, antrakuinon atau nitrat reduktase) dan protein. (Ahmed, *dkk.*, 2016).



Gambar 7: Bioreduksi emas menjadi nanopartikel emas (Ahmed, *dkk.*, 2016).



Entitas kimia yang berbeda dalam senyawa biogenik dapat bertindak sebagai agen pereduksi yang bereaksi dengan ion logam yang menyebabkan reduksi dan terjadi sintesis nanopartikel logam. Nanopartikel logam yang diperoleh dari biogenik bebas dari kontaminasi racun, berbeda dengan nanopartikel logam yang disintesis secara kimia. Selain itu, komponen biogenik tanaman dan mikroorganisme berperan sebagai zat penstabil dan pelindung. Waktu yang lebih singkat diperlukan untuk biosintesis nanopartikel emas yang dibandingkan dengan sintesis kimia nanopartikel emas. Biosintesis nanopartikel emas memiliki beberapa keunggulan seperti sederhana, satu langkah, ramah lingkungan, hemat biaya dan sifat biokompatibel (Sing, 2016). Biokompatibilitas diperlukan nanopartikel emas untuk aplikasi biomedis, salah satunya sensor glukosa darah.

C. SENSOR

Sensor merupakan perangkat yang menghasilkan respons terukur terhadap perubahan kondisi fisik atau konsentrasi kimia. Secara umum, sensor dibedakan menjadi dua jenis yaitu sensor fisika dan sensor kimia. Sensor fisika mendeteksi suatu besaran berdasarkan hukum-hukum fisika contohnya sensor cahaya, sensor suara, sensor kecepatan, sensor percepatan dan sensor suhu. Sedangkan sensor kimia mendeteksi jumlah zat kimia dengan cara mengubah besaran kimia menjadi besaran listrik, yang melibatkan reaksi kimia, contohnya sensor pH, sensor oksigen, sensor dan sensor gas (Setiawan, 2009). Berdasarkan sensor kimia yang



diubah menjadi sinyal elektrik, ada beberapa sensor kimia yaitu sensor elektrokimia, sensor elektrik, sensor optik, sensor sensitif berat, biosensor dan lain-lain.

Peran dan aplikasi dari sensor kimia dan biosensor sangat luas dan beragam mulai dari biomedis hingga industri (Spichiger-Keller, 1998). Hingga saat ini, aplikasi utama dari sensor kimia dan biosensor masih didominasi oleh bidang klinis, seperti biosensor untuk deteksi glukosa dalam darah, mengingat kebutuhan pasar akan peralatan ini yang sangat besar.

Biosensor adalah Suatu perangkat/instrumen analitik yang menggunakan biomolekul (molekul dari makhluk hidup) seperti enzim, antibodi, jaringan, sel, mikroba, dan lain-lain untuk melakukan pengenalan/deteksi/ rekognisiakan suatu zat (bio) kimia tertentu, yang kemudian perubahan sifat fisika-kimia pada biomolekul itu yg merepresentasikan informasi ditransduksikan dengan transduser fisis menjadi besaran elektronik untuk bisa diolah selanjutnya.

Pada dasarnya biosensor terdiri atas tiga bagian penting, yaitu (1) bagian biorekognisi (pendetektian secara biomolekul/ biokimia), pada bagian inilah biasanya reagen atau biomolekul (misalnya enzim, antibodi, DNA, sel) ditempatkan/diintegrasikan, sering disebut pula diimmobilisasi pada permukaan sensor; (2) bagian transduksi (pengubah menjadi sinyal), biasanya dapat berupa transduksi elektrokimia atau optik; (3) bagian pemrosesan sinyal (signal processing) yang kemudian ditampilkan dalam

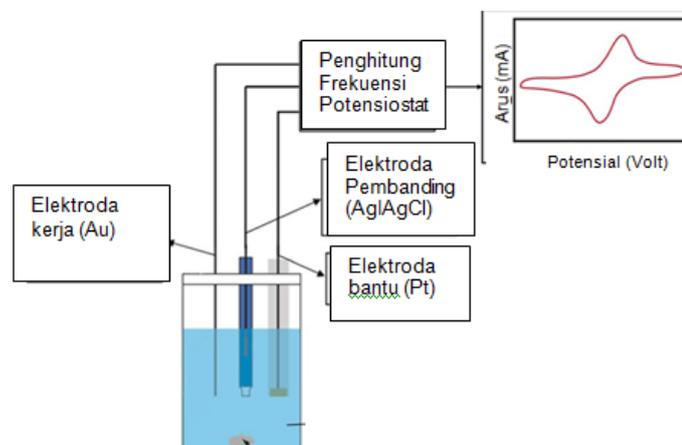
ampilan atau *display*, bagian ini biasanya berupa sirkuit elektronik



yang merubah atau memproses sinyal menjadi sinyal listrik yang kemudian dilakukan penguatan untuk meningkatkan sensitivitas kerja suatu biosensor, yang kemudian dapat diberikan dalam bentuk tampilan dari suatu sinyal listrik (display pada monitor/data) (Eggins, 2002; Diamond, 1998; Kuswandi, 2010).

Transduser yang banyak digunakan dalam suatu biosensor adalah transduser elektrokimia. Salah satu jenis sensor elektrokimia yang mengamati kerja pada kurva arus-potensial adalah voltametri.

Sel voltametri menggunakan sistem tiga elektroda (Gambar 8) 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).



Gambar 8: Skema voltametri



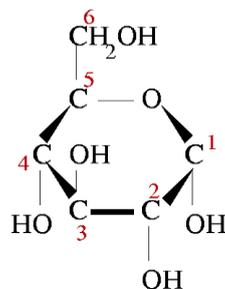
Metode voltametrik atau analisis polarografimerupakan metode elektroanalisis dimana informasi tentang analit diperoleh dari pengukuran arus fungsi potensial. Teknik pengukurannya dilakukan dengan cara mempolarisasikan elektroda kerja. Metode ini termasuk metode aktif karena pengukurannya berdasarkan potensial yang terkontrol (Skoog, *dkk.* 1996). Prinsip voltametri siklik adalah pengukuran nilai arus listrik yang terukur sebagai fungsi aliran potensial, potensial awal sama dengan potensial akhir. Potensial diubah secara linear dengan laju tertentu yang memungkinkan senyawa elektroaktif yang ada di dalam sel elektrokimia mengalami reaksi oksidasi reduksi (Wang, 2000). 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 plot arus fungsi potensial yang disebut voltamogram siklik dibuat. Scan tegangan dengan metode voltametri siklik ini akan menghasilkan respon arus yang spesifik. Jika respon arus fungsi scan potensial ini digambarkan, maka akan berbentuk voltamogram (Puranto dan Imawan, 2010). Ada tiga macam arus yang dihasilkan pada teknik voltametri, yaitu arus difusi, arus migrasi, dan arus konveksi. Arus difusi adalah arus yang disebabkan oleh perubahan gradien konsentrasi pada lapis tipis difusi dan besarnya sebanding dengan konsentrasi analit dalam larutan. Arus migrasi adalah arus yang timbul akibat gaya elektrostatis antara elektroda dengan ion-ion dalam larutan. Arus



konveksi adalah arus yang timbul akibat gerakan fisik, seperti rotasi atau vibrasi elektroda dan perbedaan rapat massa. Arus yang diharapkan pada pengukuran secara voltametri adalah arus difusi, karena informasi yang dibutuhkan adalah konsentrasi analit. Arus konveksi diminimalisasi dengan tidak melakukan pengadukan sesaat sebelum pengukuran (Mikkelsen dan Schroder, 1999).

D. GLUKOSA DARAH

Glukosa adalah monosakarida yang mempunyai rumus molekul $C_6H_{12}O_6$ dengan rumus struktur seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Glukosa mempunyai suatu gugus aldehida pada karbon 1 dan gugus hidroksil pada karbon lainnya. Glukosa merupakan suatu aldohexosa yang mempunyai sifat optik aktif yang dapat memutar cahaya terpolarisasi ke arah kanan (Fessenden, 1997).



Gambar 9: Struktur Glukosa (Fessenden, 1997)

Glukosa memiliki banyak manfaat, selain sebagai sumber energi juga dimanfaatkan sebagai analit dalam tes darah.

1. Sumber energi



Glukosa merupakan suatu bahan bakar pada sebagian besar makhluk. Penggunaan glukosa antara lain adalah sebagai respirasi aerobik,

respirasi anaerobik, atau fermentasi. Melalui respirasi aerob, satu gram glukosa mengandung sekitar 3,75 kkal (16 kilo Joule) energi. Pemecahan karbohidrat menghasilkan monosakarida dan disakarida, dengan hasil yang paling banyak adalah glukosa. Melalui glikolisis dan siklus asam sitrat, glukosa dioksidasi membentuk CO₂ dan air, menghasilkan sumber energi dalam bentuk ATP. Glukosa merupakan sumber energi utama untuk otak. Kadar glukosa yang rendah akan mengakibatkan efek tertentu.

2. Analit dalam tes darah

Glukosa merupakan analit yang diukur pada sampel darah. Darah manusia normal mengandung glukosa dalam jumlah atau konsentrasi tetap yaitu antara 70-100 mg tiap 100mL darah. Glukosa dalam darah dapat bertambah setelah mengkonsumsi makanan berkarbohidrat. Namun 2 jam setelah itu, jumlah glukosa akan kembali pada keadaan semula. Pada penderita diabetes mellitus atau kencing manis, jumlah glukosa darah lebih besar dari 130 mg per 100 mL darah (Poedjiadi, 2009).

E. UMBI SARANG SEMUT

Umbi sarang semut (*Myrmecodia pendan*) merupakan tumbuhan obat potensial asal Merauke yang terbukti secara empiris berkhasiat untuk menyembuhkan berbagai macam penyakit. Secara etnofarmakologi umbi sarang semut telah digunakan sebagai obat oleh masyarakat pedalaman Merauke, diantaranya penyembuh radang, menguatkan imunitas tubuh dan mengurangi nyeri otot. Masyarakat setempat memanfaatkan serbuk umbi



(hipokotil) tanaman sarang semut sebagai minuman seduhan seperti teh. Salah satu khasiat utamanya adalah membantu pengobatan berbagai jenis tumor dan kanker seperti: kanker otak, kanker payudara, kanker hidung, kanker lever, kanker paru-paru, kanker usus, kanker rahim, kanker kulit, kanker prostat dan leukemia.

Secara empiris, umbi sarang semut terbukti berkhasiat untuk mengobati penyakit tumor, kanker, TBC, stroke, diabetes, jantung koroner, mimisan, maag, asam urat, wasir, memperlancar ASI dan meningkatkan stamina (Subroto dan Saputro, 2008; Manoi, 2008; Chrisnasari 2010).

Umbi sarang semut (Gambar 10) merupakan salah satu tumbuhan epifit dari Rubiaceae yang dapat berasosiasi dengan semut. Secara ekologi, umbi sarang semut tersebar dari hutan bakau dan pohon-pohon dipinggir pantai hingga ketinggian 2.400 m di atas permukaan laut. Taksonomi dari umbi sarang semut dapat dilihat berikut ini.

Divisi : *Tracheophyta*

Kelas : *Magnoliopsida*

Subkelas : *Lamiidae*

Ordo : *Rubiales*

Familia : *Rubiaceae*

Genus : *Myrmecodia*

Species : *Myrmecodia pendans*



Gambar 10: *Myrmecodia*

Umbi sarang semut mengandung beberapa senyawa aktif. Engida,

3) melaporkan bahwa terdapat lima jenis flavonoid pada ekstrak



umbi sarang semut (*Myrmecodia pendan*) diantaranya, kaemferol (13.767 mg/g), luteolin (0.005 mg/g), rutin (0.003 mg/g), quercetin (0.030 mg/g) dan apigenin (4.700 mg/g).

Subroto & Saputro (2006) melaporkan bahwa senyawa aktif yang terkandung dalam umbi sarang semut adalah flavonoid, tanin, dan polifenol yang berfungsi sebagai antioksidan dalam tubuh. Selain itu dalam sarang semut juga ditemukan kandungan 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 anti-mikroba, antidiabetes, dan antikanker. Kurniawati (2016) melaporkan bahwa flavonoid yang terkandung dalam umbi sarang semut (*myrmecodia pendan*) memiliki kemampuan sebagai antidiabetes dengan meningkatkan sensitivitas insulin.

F. KERANGKA PIKIR DAN HIPOTESIS

1. Kerangka pikir

Penderita DM meningkat tiap tahun, akibat pola hidup yang berubah seiring berkembangnya zaman. Salah satu diantaranya adalah pola makan dimana masyarakat lebih memilih makanan yang siap saji tanpa memperhatikan efek sampingnya. Selain pengobatan medis, penderita diabetes juga perlu mengontrol kadar glukosa darah agar tetap mendekati normal sehingga resiko komplikasi lanjutan dapat dihindari. Untuk itu alat

u glukosa darah diperlukan. Saat ini sensor untuk keperluan

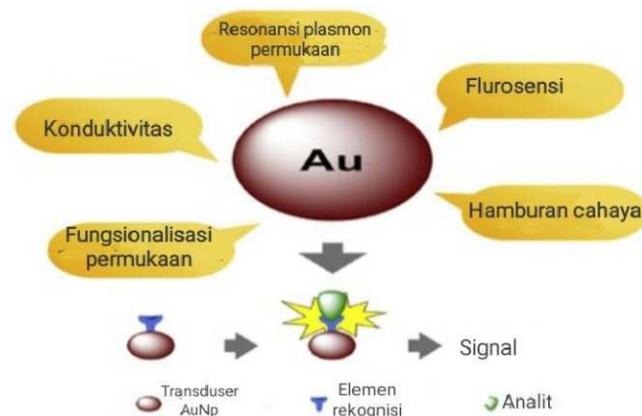


tersebut telah dikembangkan, salah satunya biosensor dengan tetap mempertimbangkan biaya yang murah, cepat, ramah lingkungan dan aman untuk penelitian klinis.

Nanopartikel logam telah sering digunakan untuk biosensor karena sifat konduktivitas dan katalitik yang sangat baik (Luo, *dkk.*, 2006). Ukuran partikel kecil ini memungkinkan interaksi yang dekat dengan agen biorekognisi, yang sangat menguntungkan biosensor elektrokimia karena laju transfer elektron berbanding terbalik dengan jarak antara elektroda (Murphy, 2006). Nanopartikel elektrokimia dapat membantu dalam adsorpsi biomolekul, katalisis spesies elektroaktif, transfer elektron, dan pelabelan biomolekul (Luo, *dkk.*, 2006). Sehingga dapat meningkatkan kecepatan *scanning* pada analit. Nanopartikel emas adalah nanopartikel yang paling umum digunakan dalam biosensing karena karakteristik katalitik dan biokompatibilitas yang sangat baik (Wang, 2005).

Sifat unik kimia, optik, dan listrik nanopartikel emas telah menyebabkan penggunaan intensif sebagai biosensor. Sifat-sifat ini meliputi resonansi plasmon permukaan, jarak bergantung peningkatan atau penurunan fluoresensi, konduktivitas listrik tinggi, dan sifat hamburan cahaya yang luar biasa. Strategi pengikatan biomolekul untuk nanopartikel emas meliputi pembentukan lapisan pelindung dari molekul gugus ganda yang mampu mengikat kuat ke permukaan emas. Jenis agen pelindung ini lebih "ramah lingkungan", mudah, fleksibel, dan sederhana untuk menyerap elemen rekognisi ke permukaan nanopartikel emas (Gambar 11).





Gambar 11: Skema sensor dan sifat nanopartikel emas (AuNP) untuk penginderaan (*sensing*) (Almeida, *dkk.* 2014).

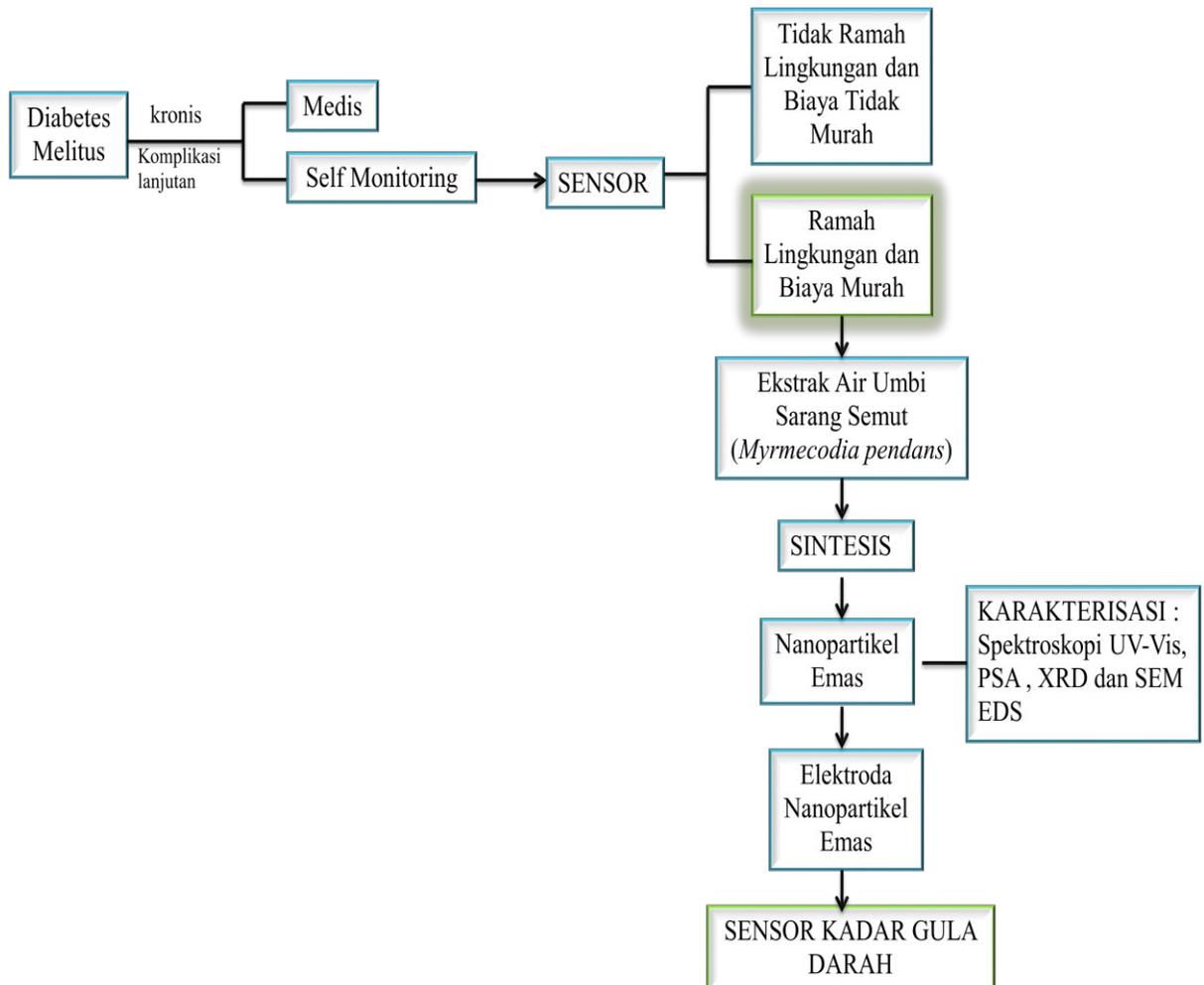
Sensor berbasis nanopartikel emas dibentuk oleh elemen rekognisi (biomolekul) yang digabungkan dengan nanopartikel emas, yang akhirnya menjadi transduser, pada pengikatan analit, menghasilkan peristiwa transduksi sinyal (Gambar 10). Elemen (bio) rekognisi memberikan spesifisitas sensor melalui biomolekul yang mampu berinteraksi dengan analit yang diminati (Almeida, *dkk.*,2014).

Dalam penelitian ini, sintesis nanopartikel emas akan dilakukan dengan metode biosintesis. Pemanfaatan tumbuhan sebagai agen biosintesis nanopartikel lebih menguntungkan dibandingkan mikroorganisme. Biosintesis nanopartikel menggunakan mikroorganisme (bakteri, jamur dan khamir) sebagai agen pereduksi memiliki kelemahan seperti pemeliharaan kultur yang rumit dan membutuhkan waktu yang lama untuk sintesis. Sedangkan biosintesis nanopartikel logam memanfaatkan ekstrak tumbuhan sebagai agen pereduksi memberikan beberapa keuntungan, seperti ramah

n, biaya rendah, tidak memerlukan tekanan, energi dan temperatur tinggi serta tidak menggunakan bahan kimia yang beracun (Elumalai,



dkk., 2011). Dalam penelitian ini (Gambar 12) memanfaatkan tanaman umbi sarang semut (*Myrmecodia pendans*) untuk mensintesis nanopartikel emas yang digunakan sebagai sensor kadar glukosa darah.



Gambar 12: Kerangka pikir

2. Hipotesis

- a. nanopartikel emas dapat disintesis dengan metode biosintesis nanopartikel dari ekstrak air umbi Sarang Semut (*Myrmecodia pendans*)

ngan pereduksi.

artikel emas dapat digunakan sebagai sensor kadar glukosa darah.



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan April 2018. Preparasi dan analisis sampel dilakukan di laboratorium Kimia Fisika Fakultas MIPA UNHAS, Laboratorium Terpadu Fakultas MIPA UNHAS, Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar, Laboratorium Pengembangan Sains Fakultas MIPA UNHAS.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipet tetes, pipet volum, gelas kimia, erlenmeyer, labu ukur, timbangan analitik, batang pengaduk, spatula, corong, cawan petri *magnetik stirer*, botol semprot, oven, blender, elektroda emas, gunting, kulkas, botol sampel, sentrifugasi TOMY mx-305, *freeze dryer* Alpha 1-2 LD, Voltameter siklik, *Automated Analyzed Clinical Chemistry Pentra C-200*, serta untuk tahap karakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV-2600, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive X-Ray Spectrometer* (EDS) MA10-14-37 ZEI ss EVO, *X-Ray Diffraction* (XRD) Shimadzu 7000 dan *Size Analyzer* (PSA) VASCO DLS.

