

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL PERAK
MENGUNAKAN DAUN GEDI *Abelmoschus manihot* L.
UNTUK SENSOR KADAR GLUKOSA DARAH**

ZULFIAN ARMAH

P1100211004



PROGRAM MAGISTER

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2014

TESIS

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL PERAK
MENGUNAKAN DAUN GEDI *Abelmoschus manihot* L.
UNTUK SENSOR KADAR GLUKOSA DARAH**

Disusun dan diajukan oleh

ZULFIAN ARMAH

Nomor Pokok P1100211004

Menyetujui

Komisi Penasehat

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

Dr. Paulina Taba, M.Phil
Anggota

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Dr. Paulina Taba, M.Phil
NIP : 195711151988102001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Zulfian Armah

Nomor mahasiswa : P1100211004

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 2014

Yang menyatakan,

Zulfian Armah

ABSTRAK

ZULFIAN ARMAH: Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Perak Menggunakan Daun gedi *Abelmoschus manihot* L. Untuk sensor kadar glukosa darah

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

Penelitian ini bertujuan: (1) menyintesis dan mengkarakterisasi nanopartikel perak menggunakan pereduksi ekstrak daun gedi, (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. Puncak absorpsi spektrum UV-Vis dari sampel biosintesis nanopartikel perak di panjang gelombang 434,50-435,50 nm selama 1 minggu. Karakterisasi nanopartikel perak dengan XRD menunjukkan bahwa hasil sintesis merupakan nanopartikel perak berdasarkan difraktogram yang dihasilkan. Hasil SEM menunjukkan bahwa permukaan nanopartikel perak berbentuk bulat sedangkan data PSA memperlihatkan rata-rata ukuran nanopartikel perak sebesar 97,62 nm. Desain sensor berbasis nanopartikel perak memiliki kisaran pengukuran 3 – 10 mM dengan Regresi (R^2)= 0,989. Limit deteksi pada konsentrasi 2,82 mM dengan sensitivitas sensor = $1,45 \text{ A. mM}^{-1} \cdot \text{mm}^{-2}$. Analisis kadar glukosa dalam darah menggunakan sensor berbasis nanopartikel perak menunjukkan konsentrasi glukosa yaitu 90,61 mg/dL.

Kata kunci: nanopartikel perak, daun Gedi, sensor, glukosa.

ABSTRACT

ZULFIAN ARMAH: Synthesis And Characterization Of Silver Nanoparticle Using Leaves Gedi *Abelmoschus manihot* L. For Blood Glucose Sensor. (Supervised by: Abd. Wahid Wahab dan Paulina Taba).

The research aimed: (1) to synthesize and characterize the silver nanoparticle using the reducing agent of gedi leaf extract, (2) to design the silver nanoparticle based glucose sensor, and (3) to measure the glucose concentration in the blood.

The research result indicates greater absorbance values with increasing reaction time. The UV -Vis absorption spectra of the samples in the biosynthesis of silver nanoparticles were between 434,50-435,50 nm for 1 week. Diffractogram of silver nanoparticles showed that the result was silver nanoparticles. Results with SEM of silver nanoparticles is globular while PSA data showed an average size of silver nanoparticles is 97,62 nm. The silver nanoparticle based sensor design has the measurement approximation of 3 - 10 mM with Regression (R^2) of 0,989. Detection limit on the concentration of 2,82 mM and sensitivity sensor of $1,45 \text{ A. Mm}^{-1} \cdot \text{mm}^{-2}$. The analysis of the glucose content in the blood using the silver nanoparticle based sensor indicates the glucose concentration of 90,61 mg / dL

Keywords : silver nanoparticles, Gedi leaves, sensor, glucose.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil Alamin.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah, hanya atas karunia dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul **SINTESIS dan KARAKTERISASI NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN DAUN GEDI *Abelmoschus manihot* L. UNTUK SENSOR KADAR GLUKOSA DARAH.** Dalam tesis ini, dibahas mengenai pemanfaatan nanopartikel perak untuk keperluan sensor glukosa darah, yang penyusunannya berdasarkan atas hasil penelitian dan studi literatur.

Penulis menyadari bahwa terlaksananya tesis ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan dan ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Mursalim, M.Sc. selaku Direktur Program 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.
3. Dr. Paulina Taba, M.Phill., selaku komisi penasihat yang telah mencurahkan seluruh perhatian, bimbingan dan motivasi selama proses penyusunan tesis.
4. Prof. Ahyar Ahmad, PhD, Dr. Syarifuddin Liong, M.Si, Dr. Indah Raya, M.Si., selaku komisi penilai, terima kasih atas masukan yang telah diberikan demi penyempurnaan penulisan tesis.
5. Dr. Paulina Taba, M.Phill., selaku ketua program pascasarjana kimia terima kasih atas motivasi dan bantuannya.
6. Dekan F. MIPA, Ketua Jurusan Kimia F.MIPA dan seluruh dosen Kimia Pascasarjana UNHAS yang telah membagi ilmunya serta seluruh staff Fakultas MIPA UNHAS terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya.
7. Kepala 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 Pilot Plant Pusat Antar Universitas IPB, Laboratorium Instrumentasi Fisik IPB dan Laboratorium *Basic Science Center A* Fakultas MIPA ITB.terima kasih atas segala bantuan dan fasilitas yang telah diberikan selama proses penelitian.

8. Ibunda, ayahanda, serta saudara-saudaraku tersayang : H. Hijrah, S.pd, M.pd, Hj. Nurhaemah, A. Ma, Nur Aliah Armah dan Nurjannah Armah yang telah memberikan semangat, bantuan dan kasih yang tulus demi kesuksesan penulis.
9. Teman-teman seperjuangan: Mery, Sukarti, Hasty, Widi, Ischaedar, Desi, Santi, Loth, Yasser, Abdurrahman, Irham dan Oktavianus. Terima kasih atas bantuannya.

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

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 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xiv
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 Perak	9
C. Karakterisasi Nanopartikel Perak	12
D. Sensor dan Biosensor	13

E. Voltametri.....	16
F. Glukosa Darah	18
G. Tanaman Gedi	20
H. Kerangka Konseptual.....	22
I. Hipotesis	24
BAB III. METODE PENELITIAN	25
A. Waktu dan Tempat Penelitian	25
B. Alat dan bahan	25
C. Prosedur Penelitian	26
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
A. Biosintesis Nanopartikel Perak	30
B. Karakterisasi Nanopartikel Perak	31
C. Aplikasi Sensor Berbasis Nanopartikel Perak	39
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	46
A. Kesimpulan	46
B. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Mekanisme sintesis nanopartikel perak	12
2. Sel Voltametri.....	16
3. Tumbuhan Gedi	20
4. Senyawa metabolit sekunder tanaman Gedi.....	21
5. Kerangka Pikir.....	24
6. Ekstrak daun Gedi, b. Nanopartikel perak.....	30
7. Spektrum UV-Vis larutan Induk AgNO ₃	31
8. Spektrum UV-Vis Ekstrak Daun Gedi.....	32
9. Spektrum UV-Vis nanopartikel perak dari waktu ke waktu	33
10. Spektrum UV-Vis nanopartikel perak dari kuercetin standar.....	34
11. Hasil pengukuran PSA dari nanopartikel perak.....	35
12. Difraktogram nanopartikel perak	36
13. Morfologi Nanopartikel Perak hasil uji SEM	38
14. Spektrum EDS nanopartikel perak	38
15. Voltamogram elektroda kerja tanpa pelapisan nanopartikel perak.....	39
16. Voltamogram elektroda kerja dengan pelapisan nanopartikel perak.....	40
17. Mekanisme reaksi oksidasi elektrokimia glukosa pada permukaan Pt.....	41
18. Kurva Regresi linear konsentrasi vs arus	42

19. Limit deteksi elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel perak	43
20. Voltamogram pengukuran pada sampel darah	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
Nomor	
1. Jenis-jenis tumbuhan yang telah digunakan untuk biosintesis nanopartikel perak	11
2. Panjang gelombang dan absorbansi nanopartikel perak sebagai fungsi waktu.....	32
3. Data XRD Nanopartikel perak dan perak Standar	36
4. Kisaran Pengukuran elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel perak..	42
5. Kadar glukosa pada sampel darah	45

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Nomor	
1. Bagan pembuatan larutan perak induk AgNO_3 1 mM	54
2. Bagan kerja sintesis nanopartikel perak.....	55
3. Bagan kerja sintesis nanopartikel perak dari kuersetin	56
4. Karakterisasi nanopartikel perak dengan Spektroskopi UV-Vis	57
5. Karakterisasi Nanopartikel Perak	58
6. Persiapan elektroda	59
7. Bagan kerja pengujian terhadap larutan glukosa standar.....	60
8. Hasil pengukuran nanopartikel perak dengan menggunakan Spektroskopi UV-Vis	61
9. Hasil pengukuran nanopartikel perak dengan menggunakan XRD	64
10. Hasil pengukuran nanopartikel perak dengan menggunakan PSA.....	68
11. Hasil perhitungan uji statistik perbandingan kedua alat pengukuran glukosa darah metode sensor berbasis nanopartikel perak dengan alat Automated Analyzed Clinical Chemistry	73
12. Hasil pemeriksaan glukosa darah	76
13. Perhitungan konsentrasi glukosa dalam sampel darah	77
14. Dokumentasi penelitian	78

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
θ	Theta
et al.	et alii, dan kawan-kawan
SDM	Sumber Daya Manusia
IR	Infra Red
UV-Vis	Ultraviolet-Visible
XRD	X-ray diffraction
SEM	Scanning Electron Microscope
PSA	Particle Size Analyzer
AFM	Atomic Force Microscope
TEM	Transmission Electron Microscope
EDS	Energy Dispersive X-Ray Spectrometer
G	gram
mM	milli molar
cm	Centimeter
%	Persen
pH	Derajat keasaman
DM	Diabetes militus
R	Regresi linear
EKJ	Elektroda kolomel jenuh
FWHM	Full Width At Half Maximum
mL	Milli liter
nm	Nanometer
NP	Nanopartikel Perak
A	Ampere
V	Volt
°C	Derajat celcius
M	Molar
mg/dL	milli gram per desi liter
mV/s	milli volt per sekon
LBL	Lapis demi lapis

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Diabetes mellitus atau kencing manis adalah penyakit metabolik yang ditandai dengan tingginya kadar glukosa darah melebihi ukuran normal (Montgomery, *et al.*, 1993). Penderita diabetes mellitus cenderung mengidap penyakit menahun seperti katarak, gagal ginjal dan penyakit jantung koroner (Murray, *et al.*, 1999). Diabetes mellitus merupakan suatu masalah kesehatan di Indonesia, bahkan di seluruh dunia. Pada tahun 1995, terdapat 135 juta penderita diabetes mellitus dan diperkirakan akan naik menjadi 300 juta penderita pada tahun 2025 di seluruh dunia. Hal ini berarti akan terjadi kenaikan sebesar 122% (Liu, *et al.*, 2001). Menurut hasil survei WHO, jumlah penderita diabetes mellitus (DM) di Indonesia menduduki ranking ke 4 terbesar di dunia. Kematian karena DM diperkirakan akan meningkat sebanyak 50% sepuluh tahun yang akan datang (Nita, *et al.*, 2012).

Peningkatan prevalensi diabetes melitus di Indonesia dapat menimbulkan dampak negatif yaitu penurunan kualitas sumber daya manusia (SDM) terutama akibat penyakit menahun yang ditimbulkannya (Lely, Ayu. 2004). Beberapa diantara penderita diabetes baru mengetahui sakit yang diderita ketika sudah mengalami komplikasi. Ketidaktahuan ini

disebabkan karena kebanyakan penyakit diabetes terus berlangsung tanpa keluhan sampai beberapa tahun karena minimnya informasi yang diperoleh masyarakat tentang penyakit diabetes itu sendiri.

Bagi penderita diabetes melitus, upaya untuk menjaga kadar glukosa darah untuk mendekati normal dapat mengurangi resiko komplikasi lanjutan. Untuk itu diperlukan alat untuk memantau glukosa darah. Saat ini, sensor untuk keperluan tersebut sangat mahal sehingga masyarakat banyak yang tidak mampu membelinya. Oleh karena itu, penelitian yang intensif dibutuhkan untuk mengembangkan pemenuhan biosensor yang murah, akurat, dan mudah dalam penggunaannya.

Beberapa tahun terakhir, penelitian tentang sensor glukosa untuk penentuan kadar gula darah telah banyak dikembangkan. Metode yang dikembangkan meliputi metode tradisional analisis kuantitatif (reaksi cermin perak), serta polarometri, spektroskopi IR, sensor afinitas berdasarkan pada asam fenilboronat dan lektin dan biosensor enzimatik (Kurniawan, *et al.*, 2006), serta yang paling aktual adalah pengembangan sensor berbasis nanopartikel (Childs, *et al.*, 2005).

Saat ini, nanopartikel logam mulia sudah menarik perhatian karena aplikasinya dalam bidang optik, elektronik, sensor biologi, dan katalis. Salah satu nanopartikel logam mulia ialah nanopartikel perak. Nanopartikel perak digunakan karena dengan ukuran nano akan

meningkatkan kecepatan scanning pada analit, selain itu nanopartikel perak memiliki kestabilan dalam mempertahankan bioaktivitas dari biomolekul.

Secara garis besar, sintesis nanopartikel perak dapat dilakukan dengan metode top-down (fisika) dan metode bottom-up (kimia). Biosintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak tanaman merupakan pilihan lain yang layak selain metode fisika dan kimia. Beberapa jenis tumbuhan yang telah dipublikasikan sebagai reagen biosintesis adalah *Azadirachta indica* (Shankar, 2004), *Aloe vera* (Chandran, 2006), *Hibiscus rosa sinensis* (Philip, 2010), dan *geranium* (Shankar, 2003). Metode tersebut ternyata dapat menjadi alternatif produksi nanopartikel yang ramah lingkungan (*green synthesis*) karena mampu meminimalisir penggunaan bahan-bahan anorganik yang berbahaya dan sekaligus limbahnya (Handayani, *et al.*, 2010). Dalam biosintesis nanopartikel perak, yang menggunakan tumbuhan, Ag(0) terbentuk melalui reaksi oksidasi reduksi (redoks) dari ion Ag(I) yang terdapat pada larutan maupun ion Ag(I) yang terkandung dalam tumbuhan dengan senyawa tertentu. Tumbuhan *A. indica*, diduga mengandung terpenoid dan flavonoid dari air rebusan yang memfasilitasi terjadinya reduksi karena memiliki penstabil molekul aktif permukaan (Shankar, 2004).

Banyak tumbuhan yang berpotensi untuk dimanfaatkan di sekitar lingkungan kita berada dapat menjadi alternatif produksi nanopartikel. Salah satu dari sekian banyak tumbuhan yaitu *Abelmoschus manihot* L. yang lebih dikenal dengan nama Gedi. Menurut Tadarwal, *et al.*, (2009),

Abelmoschus manihot L mengandung sejumlah senyawa flavonoid yaitu mirisetin, mirisetin 3-O-beta-D-glukopiranosida, dan kuersetin. Widowati, *et al.*, (1995) juga melaporkan adanya senyawa flavanoid pada daun Gedi. Kandungan flavanoid inilah yang berpotensi sebagai agen pereduksi dalam pembuatan nanopartikel perak. Penelitian tentang *A. manihot* L. telah banyak seperti yang dilakukan Mamahit dan Soekanto (2010), tetapi pemanfaatannya dalam mensintesis nanopartikel belum dilakukan.

Nanopartikel perak telah disintesis dan diaplikasikan sebagai sensor seperti yang telah dilakukan oleh Bakir (2011) yang memanfaatkan nanopartikel perak sebagai sensor ion tembaga (II). Melihat prospek dari nanopartikel perak dan realita mengenai penyakit diabetes melitus maka dalam penelitian ini sintesis dan karakterisasi nanopartikel perak dari daun gedi (*A. manihot* L) akan dilakukan untuk digunakan sebagai sensor kadar gula darah. Metode ini sederhana dan murah sehingga bisa dibuat biosensor yang murah yang harganya terjangkau masyarakat luas. Hal ini jelas merupakan upaya yang sangat berharga untuk menyelesaikan isu nasional tentang mahalnya alat kesehatan.

B. Rumusan Masalah

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

1. Apakah nanopartikel perak dapat dibuat dengan bantuan ekstrak daun gedi (*A. manihot L.*) ,
2. Bagaimana karakter dari nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak daun gedi (*A. manihot L*) dengan Spektroskopi UV-Vis, *X-RAY Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Particle Size Analyzer* (PSA),
3. Bagaimanakah respon sensor berbasis nanopartikel perak sebagai sensor kadar glukosa darah.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mensintesis nanopartikel perak dengan bantuan ekstrak daun gedi (*A. manihot L.*) sebagai agen biosintesis,
2. Untuk mengetahui karakter dari nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak daun gedi (*A. manihot L*) dengan Spektroskopi UV-Vis, *X-RAY Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Particle Size Analyzer* (PSA),
3. Mengetahui respon sensor berbasis nanopartikel perak sebagai sensor kadar glukosa darah.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dan kegunaan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai tambahan informasi tentang sintesis dan karakterisasi nanopartikel perak,
2. Dapat dijadikan acuan dalam hal pengontrolan kuantitas glukosa darah yang berbasis nanopartikel,
3. Sebagai tambahan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang sensor.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Nanopartikel

Konsep nanoteknologi pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli Fisika bernama Richard P. Feynman dalam suatu pertemuan ahli Fisika di Amerika pada tahun 1979. Eric Drexler kemudian memperkenalkan konsep nanoteknologi kepada masyarakat luas melalui buku yang berjudul *Engines of Creation* pada pertengahan tahun 1980 (Park, 2007). Nanopartikel dianggap sebagai bahan dengan dimensi ukuran kurang dari 100 nm. Luas permukaan nanopartikel dibuat sangat besar sehingga ukuran partikelnya menjadi sangat kecil, yaitu kurang dari 100 nm. Luas permukaan ditentukan oleh ukuran, struktur, dan ukuran agregasi partikel (Park, 2007).

Nanopartikel dapat dihasilkan dalam tiga bentuk yaitu: (1) nanopartikel alami, (2) nanopartikel antropogenik, dan (3) nanopartikel buatan. Nanopartikel alami terbentuk secara sendirinya serta mencakup bahan yang mengandung nanokomponen dan kemungkinan ditemukan di atmosfer seperti garam laut yang dihasilkan oleh evaporasi air laut ke dalam bentuk *spray* air, debu tanah, abu vulkanik, sulfat dari gas biogenik, dan bahan organik dari gas biogenik. Kandungan dari masing-masing nanopartikel alami tersebut di atmosfer bergantung pada kondisi bumi.

Nanopartikel antropogenik merupakan nanopartikel yang terbentuk secara kebetulan yang dihasilkan dalam bentuk bahan bakar fosil. Nanopartikel antropogenik lain berada dalam bentuk asap dan partikulat yang dihasilkan dari oksidasi gas, seperti sulfat dan nitrat. Sedangkan, nanopartikel buatan merupakan nanopartikel yang dibentuk untuk tujuan tertentu dan kemungkinan ditemukan dalam satu atau beberapa bentuk yang berbeda (Parck, 2007).

Menurut Mikrajuddin dan khairurrijal (2009) dua hal utama yang membuat nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran yang besar, Hal tersebut di jelaskan di bawah ini :

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

Sifat-sifat yang berubah pada nanopartikel biasanya berkaitan dengan fenomena-fenomena fisika dan kimia. Fenomena 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. Fenomena 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 (Mikrajuddin dan khairurrijal, 2009).

Penelitian nanopartikel sedang berkembang pesat karena material ini dapat diaplikasikan secara luas seperti dalam bidang lingkungan, elektronik, optis, dan biomedis (Jain, 2008).

B. Nanopartikel Perak

Nanopartikel dapat berupa logam, oksida logam, semikonduktor, polimer, materi karbon, senyawa organik, dan biologi seperti DNA, protein, atau enzim (Nagarajan & Horton, 2008). Saat ini, nanopartikel logam mulia sudah menarik perhatian karena material ini dapat digunakan dalam bidang optik, elektronik, sensor biologi, dan katalis (Moores & Goettmann, 2006). Salah satu nanopartikel logam mulia ialah nanopartikel perak. Secara garis besar, sintesis nanopartikel perak dapat dilakukan dengan metode top-down (fisika) dan metode bottom-up (kimia). Metode top-down yaitu mereduksi padatan logam perak menjadi partikel perak berukuran nano secara mekanik melalui metode khusus, seperti litografi dan ablasi

laser. Metode bottom-up dilakukan dengan melarutkan garam perak ke dalam pelarut tertentu, kemudian agen pereduksi dan agen penstabil ditambahkan untuk mencegah aglomerasi nanopartikel perak jika diperlukan (Tolaymat, *et al.*, 2010). Tetapi, metode-metode tersebut menimbulkan banyak masalah, yakni penggunaan pelarut beracun, limbah yang dihasilkan berbahaya, dan konsumsi energi tinggi (Thakkar, *et al.*, 2011). Biosintesis nanopartikel perak merupakan pilihan lain yang layak selain metode fisika dan kimia.

Biosintesis nanopartikel logam memanfaatkan makhluk hidup sebagai agen biologi pada proses sintesis nanopartikel (Mohanpuria dan Yadav, 2008). Prinsip biosintesis nanopartikel logam ialah pemanfaatan tumbuhan ataupun mikroorganisme sebagai agen pereduksi. Mikroorganisme yang digunakan dapat berupa bakteri, khamir, dan jamur. Biosintesis nanopartikel logam menggunakan mikroorganisme memiliki kelemahan, seperti pemeliharaan kultur yang sulit dan waktu sintesis yang lama (Elumalai, *et al.*, 2011). Biosintesis nanopartikel menggunakan tumbuhan memberikan beberapa keuntungan, seperti ramah lingkungan, kompatibel untuk aplikasi farmasi dan biomedis, biaya yang rendah, dan tekanan, energi, dan temperatur yang tidak tinggi, serta tanpa bahan kimia yang beracun (Elumalai, *et al.*, 2011). Berbagai jenis tumbuhan telah dimanfaatkan sebagai agen biosintesis untuk menghasilkan nanopartikel perak secara ekstraseluler maupun intraseluler. Tumbuhan yang digunakan untuk biosintesis ekstraseluler nanopartikel dapat berupa air

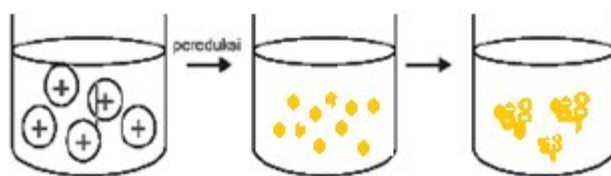
rebusan (Shankar 2004, Chandran, 2006, Shankar 2003), getah (Bar, 2009), ataupun hasil jus dari bagian tumbuhan, seperti bagian daun (Philip, 2010), buah (Jain, *et al.*, 2009), dan biji (Kumar, 2010). Beberapa tumbuhan yang telah dimanfaatkan untuk biosintesis nanopartikel perak diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis-jenis tumbuhan yang telah digunakan untuk biosintesis nanopartikel perak (Bakir, 2011).

No	Tumbuhan	Jenis agen Biosintesis
1.	Mimba (<i>Azadirachta indica</i>)	Air rebusan daun
2.	Lidah buaya (<i>Alloe vera</i>)	Air rebusan daun
3.	Kembang Sepatu (<i>Hibiscus rosa sinensis</i>)	Gerusan daun
4.	Geranium (<i>Geranium</i>)	Air rebusan daun
5.	Jarak pagar (<i>Jatropha curcas</i>)	Lateks/getah
6.	Pepaya (<i>Carica papaya</i>)	Gerusan buah
7.	Jamblang (<i>Syzygium cumini</i>)	Ekstrak daun dan biji
8.	Kecubung (<i>Datura metel</i>)	Ekstrak daun
9.	Bunga rampai (<i>Boswellia ovalifoliolata</i>)	Serbuk kulit kayu
10.	Padi (<i>Oryza sativa</i>)	Ekstrak dari rebusan daun

Dalam biosintesis nanopartikel perak, yang menggunakan tumbuhan, Ag(0) terbentuk melalui reaksi oksidasi reduksi (redoks) dari ion Ag(I) yang terdapat pada larutan maupun ion Ag(I) yang terkandung dalam tumbuhan dengan senyawa tertentu, seperti enzim dan reduktan yang berasal dari bagian tumbuhan (Kumar & Yadav, 2009) Proses reduksi hingga terbentuk nanopartikel perak tidak lepas dari peran senyawa tertentu yang terdapat pada jenis tumbuhan yang digunakan. Tumbuhan *A. indica*, diduga mengandung terpenoid dan flavonoid dari air rebusan yang memfasilitasi terjadinya reduksi karena memiliki penstabil molekul aktif permukaan (Shankar, 2004).

Khesarwani, *et al.*, (2009) menyatakan bahwa senyawa yang diduga plastohidrokuinon atau kuinol membantu proses reduksi hingga terbentuk nanopartikel perak. Menurut Jha, *et al.*, (2009) senyawa yang berperan dalam proses reduksi terdiri atas beberapa senyawa metabolit sekunder tumbuhan seperti, senyawa terpenoid jenis citronellol dan geraniol, lalu keton, aldehid, amida, dan asam karboksilat. Hasil tersebut diperoleh dari analisis IR spektrofotometri (Jha, *et al.*, 2009). Adapun ilustrasi pembentukan nanopartikel perak dapat dilihat pada Gambar 1.



Kation logam (Ag^+) Atom logam (Ag^0) Nanopartikel perak

Gambar 1. Mekanisme sintesis nanopartikel perak

C. Karakterisasi Nanopartikel Perak

Spektroskopi Ultraviolet-Visible (UV-Vis), SEM-EDS (*Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray Spectrometer*, PSA (*Particle Size Analyzer*) dan XRD (*X-ray diffraction*) merupakan alat-alat yang digunakan dalam karakterisasi nanopartikel.

Spektrofotometer UV-vis digunakan untuk mengetahui karakteristik dari nanopartikel yang terbentuk berdasarkan spektrum puncak absorbansinya. Dari hasil spektroskopi, nilai absorbansi dapat menunjukkan secara kualitatif jumlah nanopartikel perak yang terbentuk.

Sementara spektrum absorbansi maksimal (nm) dapat menunjukkan ukuran nanopartikel yang dihasilkan. Semakin besar λ maksimum semakin besar pula nanopartikel. Nanopartikel perak memiliki puncak absorpsi di kisaran panjang gelombang 400-500 nm.

Scanning Electron Microscope (SEM) digunakan dalam pengamatan morfologi dan penentuan ukuran nanopartikel (Bakir, 2011). Sedangkan *Energy Dispersive X-Ray Spectrometer* (EDS) merupakan salah satu alat yang dirangkai pada alat SEM. Analisis dengan EDS menghasilkan informasi kualitatif dan kuantitatif tentang komposisi dari lokasi-lokasi pada sampel dengan diameter beberapa mikrometer (Ferdiyan, 2013).

Analisis XRD digunakan untuk menentukan struktur fisik bahan. Data yang diperoleh dari analisis XRD berupa grafik hubungan sudut difraksi sinar X pada sampel dengan intensitas sinar yang dipantulkan oleh bahan (Sidqi 2011). Sedangkan karakterisasi kuantitatif untuk mengetahui ukuran diameter dan distribusi nanopartikel perak dalam sampel dilakukan menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) (Rusli, 2011).

D. Sensor dan Biosensor

Secara umum sensor didefinisikan sebagai alat yang mampu menangkap fenomena fisika atau kimia kemudian mengubahnya menjadi sinyal elektrik baik arus listrik ataupun tegangan. Fenomena fisik yang mampu menstimulus sensor untuk menghasilkan sinyal listrik meliputi

temperatur, tekanan, gaya, medan magnet cahaya, pergerakan dan sebagainya. Fenomena kimia berupa konsentrasi dari bahan kimia baik cairan maupun gas (Bagus, *et al.*, 2009).

Berdasarkan variabel yang diindranya, sensor dikategorikan ke dalam dua jenis : 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, biasanya melibatkan reaksi kimia, contohnya sensor pH, sensor oksigen, sensor ledakan, dan sensor gas (Setiawan, 2009).

Terkait dengan perkembangan teknologi yang begitu luar biasa, pada saat ini, banyak sensor telah diproduksi dengan ukuran sangat kecil hingga orde nanometer sehingga menjadikan sensor sangat mudah digunakan dan hemat energi. Sensor digunakan dalam kehidupan sehari-hari dalam berbagai bidang, yaitu seperti: *automobile*, mesin, kedokteran, industri, robot, maupun *aerospace*. Dalam lingkungan sistem kontrol dan robotika, sensor memberi fungsi seperti layaknya mata, pendengaran, hidung, maupun lidah yang kemudian akan diolah oleh controller sebagai otaknya (Setiawan, 2009).

Secara umum model sensor kimia meliputi bagian penerima yang memiliki sensitivitas terhadap zat yang akan dideteksi yang dikenal dengan hidung sensor (*sensitive layer/nose parts/chemical interface*). Bagian

berikutnya adalah transducer, yaitu bagian yang mampu mengubah hasil deteksi tersebut menjadi sinyal elektrik. Berdasarkan teknologi yang digunakan untuk mengubah zat kimia yang dideteksi menjadi sinyal elektrik, sensor kimia dapat juga digunakan sebagai sensor elektroaktif yang menimbulkan sifat selektif dan spesifik terhadap suatu analit tertentu. (Vania, *et al.*, 2010).

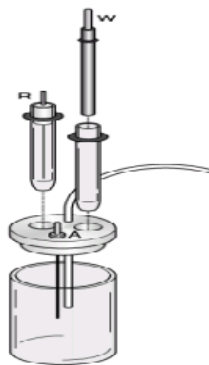
Biosensor adalah suatu sensor yang dapat digunakan untuk menelaah fungsi suatu material biologis atau jasad hidup, dan dapat juga digunakan untuk mengetahui berfungsinya jasad tersebut. Biosensor yang pertama kali dibuat adalah sensor gula darah. Gula darah yang berbentuk glukosa pada awalnya diukur secara kimiawi oleh para peneliti dari perusahaan Ames di Indiana, Amerika Serikat. Ernie Adams dan Anton Clemens adalah dua tokoh dalam pengembangan *paper strip* (potongan kertas) yang dapat berubah warna karena reaksi kimia dengan glukosa. Akan tetapi produk ini kurang populer karena banyak mengandung kelemahan seperti akurasi rendah, kecepatan pengukuran lambat.

Kebutuhan akan biosensor diperlukan sebagai perangkat analisis yang mampu merespons secara selektif terhadap sampel analit yang bersesuaian dan mengubah konsentrasinya menjadi sinyal listrik melalui sistem rekognisi yang merupakan kombinasi antara unsur biologis dan *transducer physico-chemical*. Biosensor dapat memberikan alternatif yang kuat dan murah untuk strategi analitis konvensional, untuk pengujian spesies kimia dalam matriks yang kompleks, biosensor dapat

membedakan analit target dari sejumlah zat yang tidak dapat bereaksi dan berpotensi menginterferensi proses kimiawi, kemudian mengidentifikasi sampel yang diujikan (Christopher, *at al.*, 1990).

E. Voltametri

Sensor elektrokimia adalah salah satu jenis sensor kimia, yaitu sensor yang prinsip kerjanya didasarkan pada reaksi elektrokimia. Voltametri adalah salah satu jenis sensor elektrokimia yang mengamati kerja pada kurva arus-potensial. Sel voltametri menggunakan sistem tiga elektroda (Gambar 2) yaitu elektroda pembanding, elektroda pembantu dan elektroda kerja. Ketiga elektroda ini dicelupkan ke dalam sel voltametri yang berisi analit (Mikkelsen dan Schroder, 1999).



Gambar 2. Sel Voltametri

Elektroda kerja merupakan tempat terjadinya reaksi reduksi atau oksidasi dari analit. Potensial elektroda kerja dapat divariasikan terhadap waktu untuk mendapatkan reaksi yang diinginkan dari analit. Elektroda pembanding adalah elektroda yang potensialnya diketahui dan stabil. Potensial elektroda pembanding tidak terpengaruh oleh komposisi sampel.

Elektroda kalomel jenuh (EKJ) atau 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).

Reaksi reduksi atau oksidasi dari spesi analit yang elektroaktif pada permukaan elektroda kerja akan menghasilkan arus listrik yang terukur. 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 tarik elektrostatik 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, untuk mempertahankan kebolehulangan pengukuran dan menjaga agar temperatur larutan yang diukur tetap, arus migrasi diminimalisasi dengan cara penambahan larutan elektrolit pendukung (Mikkelsen dan Schroder, 1999).

F. Glukosa Darah

Dalam ilmu kedokteran, gula darah adalah istilah yang mengacu kepada tingkat glukosa di dalam darah. Konsentrasi gula darah, atau tingkat glukosa serum, diatur dengan ketat di dalam tubuh. Glukosa yang dialirkan melalui darah adalah sumber energi untuk sel-sel tubuh. Tingkat gula darah diatur melalui umpan balik negatif untuk mempertahankan keseimbangan di dalam tubuh. Level glukosa dalam darah dimonitor oleh pankreas. Bila konsentrasi glukosa menurun, karena dikonsumsi untuk memenuhi kebutuhan energi tubuh, pankreas melepaskan glukagon, hormon yang menargetkan sel-sel di lever atau hati (Iskandar, 2009).

Kadar gula darah yang normal biasanya diperoleh pada pagi hari setelah makan sebelumnya berpuasa adalah 70 – 110 mg/dL. Kadar gula darah biasanya kurang dari 120 – 140 mg/dL pada 2 jam setelah makan atau minum cairan yang mengandung gula maupun karbohidrat lainnya. Kadar gula darah yang normal cenderung meningkat secara ringan tetapi progresif (bertahap) setelah usia 50 tahun, terutama pada orang-orang yang tidak aktif bergerak. Peningkatan kadar gula darah setelah makan dan minum merangsang pankreas menghasilkan insulin sehingga mencegah kenaikan kadar gula darah (Iskandar, 2009).

Faktor yang menentukan kadar glukosa darah adalah keseimbangan antara jumlah glukosa yang masuk dan glukosa yang

keluar melalui aliran darah. Hal ini dipengaruhi oleh masuknya makanan, kecepatan masuk kedalam sel otot, jaringan lemak dan organ lain serta aktivitas sintesis glikogen dari glukosa oleh hati. Lima persen dari glukosa yang dikonsumsi langsung dikonversi menjadi glikogen didalam hati dan 30-40% dikonversi menjadi lemak, sisanya dimetabolisme didalam otot dan jaringan lainnya (Ganong, 1999).

Konsentrasi gula darah diatur dengan ketat di dalam tubuh. Level glukosa dalam darah dimonitor oleh pankreas. Karena dikonsumsi untuk memenuhi kebutuhan energi tubuh, pankreas melepaskan glukagon, hormon yang menargetkan sel-sel di lever (hati). Glukosa dilepaskan ke dalam aliran darah, hingga meningkatkan level gula darah. Apabila level gula darah meningkat, karena perubahan glikogen atau pencernaan makanan, hormon yang lain dilepaskan dari butir-butir sel yang terdapat di dalam pankreas. Hormon ini yang disebut insulin menyebabkan hati mengubah lebih banyak glukosa menjadi glikogen (proses ini disebut glikogenesis) yang mengurangi level gula darah (Nagappa, 2003).

Salah satu penyakit yang dapat diakibatkan oleh pengaruh kadar glukosa dalam tubuh adalah Diabetes Melitus (DM). Diabetes Melitus merupakan penyakit menahun yang ditandai oleh kadar gula darah yang tinggi (Isnati, 2007), dan dengan kadar glukosa darah > 200 mg/dL (Rahadiyanti, 2011).

G. Tanaman Gedi

1. Klasifikasi dan Morfologi

Tanaman Gedi (*Abelmoschus manihot* L.) yang berasal dari suku Malvaceae, merupakan tumbuhan tahunan yang berbatang tegak dengan tinggi sekitar 1,2–1,8 m. Tumbuhan genus *Abelmoschus* hanya dapat ditemui di daerah beriklim tropika, terutama di Afrika dan Asia. *Abelmoschus* terdiri atas 15 spesies, dan hanya 3 spesies yang dikenal di Indonesia yaitu: *Abelmoschus moschatus*, *A. esculentus* dan *A. manihot*. *Abelmoschus* adalah kelompok tanaman herbal dengan pertumbuhan cepat, tinggi tanaman sampai 2 meter, panjang daun 20-40 cm, bentuk daun menjari sebanyak 3-7 helai daun. *Abelmoschus* mengandung lendir pada daun segar jika dipotong-potong kecil (Mamahit, 2009).

Adapun taksonomi dari tanaman Gedi (Gambar 3) adalah sebagai berikut :

Kingdom: Plantae

Subkingdom: Tracheobionta

Super Divisi: Spermatophyta

Kelas: Magnoliopsida

Sub Kelas: Dilleniidae

Ordo: Malvales

Famili: [Malvaceae](#)

Genus: [Abelmoschus](#)

Spesies: *Abelmoschus manihot* L

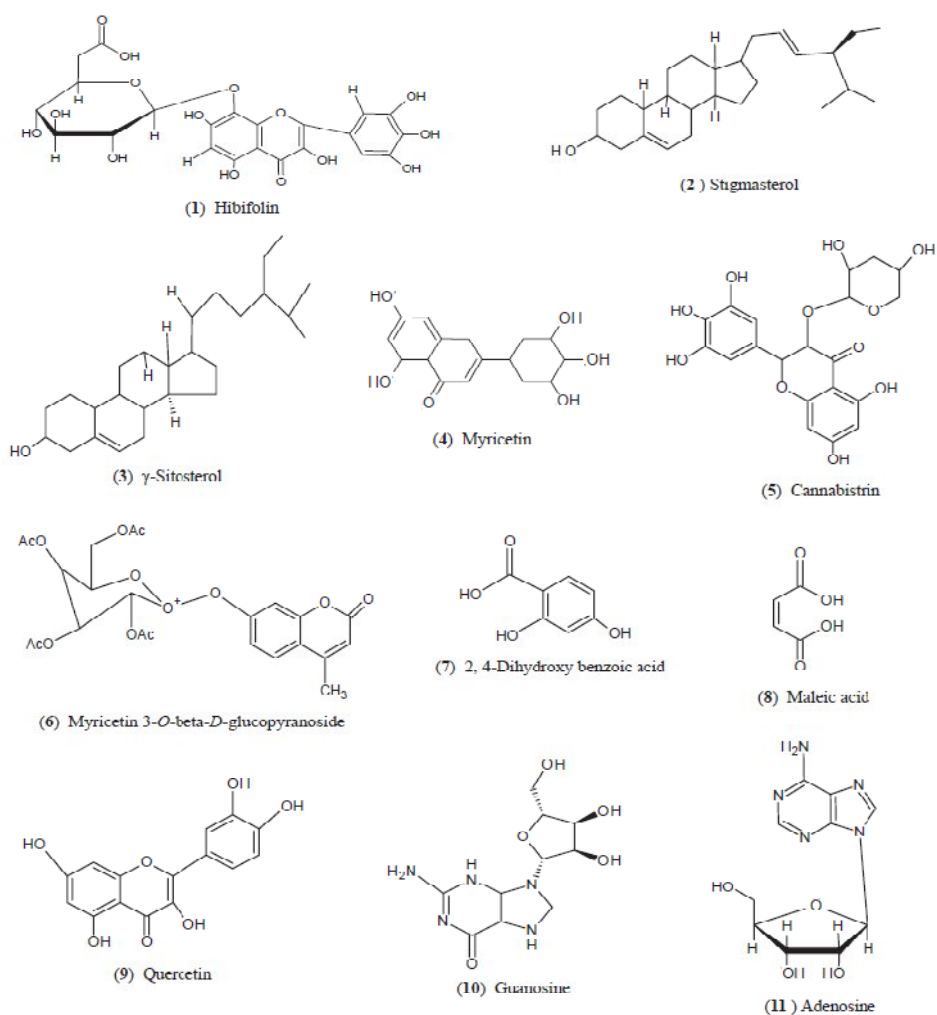
(Preston, 1988).



Gambar 3. Tumbuhan Gedi (Endang, 2011)

2. Kandungan Kimia

Tanaman Gedi telah diidentifikasi mengandung beberapa jenis senyawa metabolit sekunder seperti Hibifolin, Stigmasterol, Sitosterol, Miricetin, Kanabistrin, Miricetin 3-*O*-beta-*D*- glukopiranosida, asam 2,4-Dihidroksii benzoat, asam Maleik, Kuersetin, Guanosin, dan Adenosin (Gambar 4).



Gambar 4. Senyawa metabolit sekunder tanaman Gedi (Todawal,*et al.*, 2011)

H. Kerangka Konseptual

Diabetes mellitus atau kencing manis adalah penyakit metabolik yang ditandai dengan tingginya kadar glukosa darah melebihi ukuran normal (Montgomery, *et al.*, 1993). Bagi penderita diabetes mellitus, menjaga kadar glukosa darah mendekati normal dapat mengurangi resiko komplikasi lanjutan. Untuk menjaga tingkat glukosa darah pada daerah aman, diperlukan alat untuk memantau glukosa darah. Saat ini, sensor untuk keperluan tersebut sangat mahal sehingga masyarakat banyak yang tidak mampu membelinya. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian yang intensif untuk mengembangkan pemenuhan biosensor yang murah, akurat, dan mudah dalam penggunaannya.

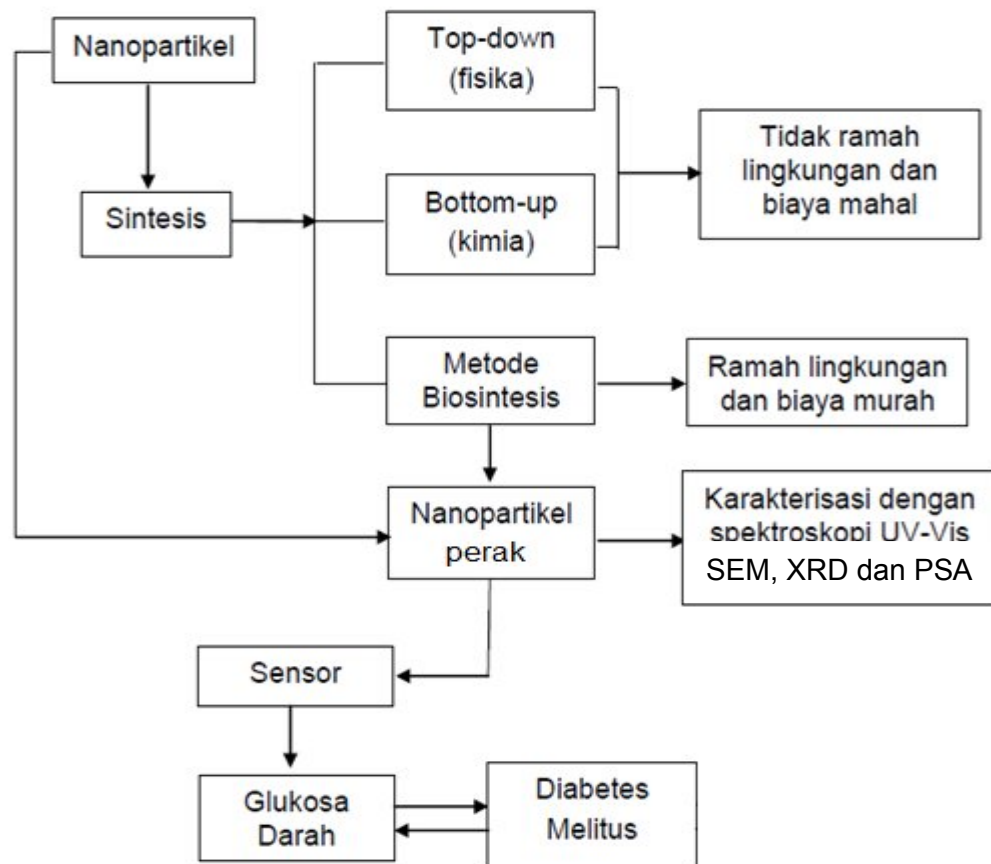
Beberapa tahun terakhir, penelitian tentang sensor glukosa untuk penentuan kadar gula darah telah banyak dikembangkan. Yang paling aktual adalah pengembangan sensor berbasis nanopartikel. Salah satu jenis nanopartikel logam adalah nanopartikel perak. Nanopartikel perak digunakan karena dengan ukuran nano akan meningkatkan kecepatan scanning pada analit, selain itu nanopartikel perak memiliki kestabilan dalam mempertahankan bioaktivitas dari biomolekul.

Dalam penelitian ini sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan metode biosintesis. Keunggulan metode biosintesis nanopartikel jika dibandingkan dengan metode yang secara umum digunakan (kimia dan fisika) yaitu lebih ramah lingkungan dan biayanya yang murah.

Biosintesis nanopartikel logam memanfaatkan ekstrak tumbuhan

lebih menguntungkan dibandingkan dengan biosintesis nanopartikel dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai agen pereduksi. Biosintesis nanopartikel logam dengan memanfaatkan mikroorganisme seperti bakteri, jamur dan khamir memiliki kelemahan seperti pemeliharaan kultur yang sulit dan waktu sintesis yang lama. Sedangkan 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 perlu bahan kimia yang beracun (Elumalai, *et al.*, 2011).

Tanaman *A. manihot* L. yang lebih dikenal dengan nama Gedi digunakan dalam sintesis nanopartikel perak karena kandungan kimia yang dimiliki memungkinkan dapat dijadikan sebagai pereduksi dalam sintesis nanopartikel perak. Menurut Tadarwal, *et al.*, (2009) yang melaporkan bahwa *A. manihot* L mengandung sejumlah senyawa flavonoid yaitu mirisetin, mirisetin 3-O-beta-D-glukopiranosida, dan kuersetin. Kandungan flavanoid inilah yang berpotensi sebagai agen pereduksi dalam pembuatan nanopartikel perak. Pada penelitian ini, nanopartikel perak akan digunakan sebagai sensor kadar glukosa darah.



Gambar 5. Kerangka Pikir

I. Hipotesis

1. Nanopartikel perak dapat disintesis dengan metode biosintesis nanopartikel menggunakan ekstrak daun Gedi *A. manihot L.* sebagai agen pereduksi.
2. Nanopartikel perak dapat digunakan sebagai sensor kadar glukosa darah.