

**SKRIPSI**

**DESAIN DAN APLIKASI NANOSENSOR GULA DARAH BERBASIS  
NANOPARTIKEL PERAK MELALUI BIOREDUKSI DAUN AFRIKA**

**NUR ALFIAH MUFIDHA JAMALUDDIN**

**H031 17 1515**



**DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**DESAIN DAN APLIKASI NANOSENSOR GULA DARAH BERBASIS  
NANOPARTIKEL PERAK MELALUI BIOREDUKSI DAUN AFRIKA**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
gelar Sarjana Sains pada Departemen Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin*

**NUR ALFIAH MUFIDHA JAMALUDDIN  
H031 17 1515**



**MAKASSAR**

**2021**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

DESAIN DAN APLIKASI NANOSENSOR GULA DARAH BERBASIS  
NANOPARTIKEL PERAK MELALUI BIOREDUKSI DAUN AFRIKA

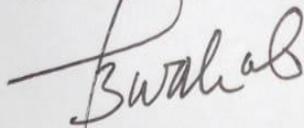
Disusun dan diajukan oleh

**NUR ALFIAH MUFIDHA JAMALUDDIN**  
H031171515

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kimia Fakultas Matematika  
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 02 Juni 2021  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

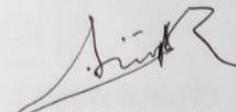
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc.  
NIP. 194908272019015001

Pembimbing Pertama



Dr. Abdul Karim, M.Si.  
NIP. 196207101988031002

Ketua Program Studi,



Dr. Abdul Karim, M.Si.  
NIP. 196207101988031002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Alfiah Mufidha Jamaluddin  
NIM : H031171515  
Program Studi : Kimia  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul Desain dan Aplikasi Nanosensor Gula Darah Berbasis Nanopartikel Perak Melalui Bioreduksi Daun Afrika adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari Skripsi karya saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 03 Juni 2021

Yang Menyatakan



Nur Alfiah Mufidha Jamaluddin

Bismillahirrahmanirrahim

*“... dan aku belum pernah kecewa dalam berdo’a kepada*

*Engkau, ya Rabb-ku”*

**(QS. Maryam: 4)**

untuk orang tua ku tersayang

## PRAKATA

### *Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Segala puji milik Allah *Subhanahu wa Ta'ala*, Tuhan seluruh alam yang telah menciptakan semesta dengan segala keteraturannya. Shalawat dan salam tidak lupa dikirimkan kepada Nabiullah Muhammad *shallallahu 'alaihi wasallam* sebagai kekasih-Nya dan teladan serta qudwah terbaik sepanjang masa. *Alhamdulillah*, rasa syukur penulis panjatkan pada-Nya, yang telah melimpahkan rahmat dan nikmat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Desain dan Aplikasi Nanosensor Gula Darah Berbasis Nanopartikel Perak Melalui Bioreduksi Daun Afrika”** sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Limpahan hormat dan bakti serta do'a, penulis persembahkan kepada yang tercinta Ibunda **Fitriani, SH** dan Ayahanda **Ir. Jamaluddin** yang telah mendidik dan membimbing dengan penuh kasih sayang serta do'a tulus yang senantiasa mengiringi perjalanan penulis hingga dititik ini. Saudara-saudara penulis **Nurul Faikha J., S.Si, Apt., Ahmad Fajril J., Muh. Dirgahayu J.**, serta **Semua Keluarga Besar** yang telah memberikan dukungan dan senantiasa mendoakan. *Syukran jazaakumullah khairan katsiran*, semoga Allah *Azza wa jalla* melimpahkan kemuliaan dan keridhoan kepada kita di dunia hingga di syurga-Nya kelak. Ungkapan hormat, terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc** selaku pembimbing utama dan Bapak **Dr. Abd. Karim, M.Si** selaku pembimbing pertama yang telah banyak memberikan saran, pertimbangan, motivasi, dan

nasihat selama proses persiapan penelitian hingga pengusunan skripsi ini. Penulis juga menghaturkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Ketua dan Sekretaris Departemen Kimia, **Dr. Abd. Karim, M.Si** dan **Dr. St. Fauziah, M.Si**, serta seluruh Dosen yang telah membimbing dan mengajarkan ilmu dan kepada Staf Departemen Kimia yang telah banyak membantu.
2. Tim Penguji Ujian Sarjana Kimia, **Prof. Dr. Nunuk Hariani, MS** (Ketua), **Dr. St. Fauziah, M.Si** (Sekretaris), **Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc** (Ex Officio), **Dr. Abd. Karim, M.Si** (Ex Officio). Terima kasih atas arahan, bimbingan, dan saran-saran yang diberikan.
3. Ayahanda penasehat akademik **Dr. Syahrudin Kasim, M.Si** dan **Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc** yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama mengikuti proses perkuliahan di Departemen Kimia.
4. Seluruh analis laboratorium yakni **Kak Fiby, Pak Sugeng, Kak Akbar, Kak Linda, Ibu Tini, Ibu Anti, Pak Iqbal, Kak Hanna, Kak Tanto,** dan **Pak Taufik** terima kasih atas bantuan yang diberikan selama penelitian.
6. Sahabat dan rekan penelitian penulis, **Trimel** yang bersama-sama berjuang dalam perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir.
7. Sahabat dan saudara seperjuangan Bidadari Perpus **Trimel, Herna, Riskaf, Sumi, Yura, Cimel, Wiwi, Tenri, Anni** yang selalu ada dan menemani dalam suka maupun duka selama proses perkuliahan.

8. Teman-teman penulis **Farda, Eka, Riskaf, Fathir, dan Ebet**. Terima kasih atas bantuannya selama proses perkuliahan dan penelitian.
9. Teman-teman **Kimia Unhas 2017 dan Alifatik 2017**, terima kasih atas bantuan, kerjasama dan kebersamaannya.
10. Organisasi **HMK**, terima kasih atas pengalaman dan pelajaran berharga yang diberikan kepada penulis.
11. Teman-teman **KKN Unhas Gel. 104 “Bersatu Melawan Covid” posko Maros 5**.

Penulis sadar akan segala kekurangan dalam skripsi ini, maka penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran demi penyempurnaan skripsi ini. Penulis hanya dapat berdoa agar termasuk ke dalam orang-orang yang diridhoi-Nya dan apa yang dikerjakan semoga bernilai ibadah disisi-Nya serta agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan orang-orang yang membacanya. Aamiin.

Penulis

Makassar, 27 Maret 2021

## ABSTRAK

Penelitian mengenai desain dan aplikasi nanosensor gula darah berbasis nanopartikel perak melalui bioreduksi daun afrika” telah dilakukan. Hasil dari sintesis AgNPs di karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, FTIR, PSA, SEM, dan XRD, serta diaplikasikan sebagai sensor pada deteksi kadar glukosa. Hasil karakterisasi nanopartikel perak dengan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan serapan maksimum dengan panjang gelombang 435,80-442,20 nm dan mengalami peningkatan absorbansi selama 5 hari. Nanopartikel perak hasil karakterisasi dengan PSA berukuran rata-rata 78,3 nm. Morfologi nanopartikel perak hasil karakterisasi dengan SEM menunjukkan struktur permukaan tidak seragam dan berbentuk bulat. Ukuran rata-rata kristal perak nanopartikel perak hasil karakterisasi dengan XRD sebesar 49,41 nm. Sensor glukosa berbasis nanopartikel perak memiliki kisaran pengukuran 1-6 mM dengan Regresi (R) 0,932, limit deteksi minimum sebesar 6,820 mM dan sensitivitas sebesar 0,01946 A.mM<sup>-1</sup>.mm<sup>-2</sup>.

Kata kunci: ekstrak daun afrika, glukosa, nanopartikel perak, sensor, sintesis.

## ABSTRACT

Research on “the design and application of blood sugar nanosensors silver nanoparticles through bioreduction of African leaves” has been carried out. The results of the synthesis of AgNPs were characterized using a spectrophotometer UV-Vis, FTIR, PSA, SEM, and XRD, and applied as sensors for detection of glucose levels. The results of characterization of silver nanoparticles with a UV-Vis spectrophotometer showed maximum absorption with a wavelength of 435.80-442.20 nm and increased absorbance for 5 days. The silver nanoparticles were characterized by sized PSA average 78.3 nm. The morphology of silver nanoparticles resulted from characterization by SEM showed that the surface structure was not uniform and spherical. The average size of silver nanoparticle crystals characterized by XRD was 49.41 nm. The silver nanoparticle-based glucose sensor has a measurement range of 1-6 mM with a Regression (R) of 0.932, a minimum detection limit of 6,820 mM and a sensitivity of 0.01946 A.mM-1.mm-2.

Keywords: africa leaf extract, glucose, silver nanoparticles, sensor, synthesis.

## DAFTAR ISI

	<b>halaman</b>
PRAKATA.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvi
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1 Maksud Penelitian.....	3
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Sensor Kimia.....	5
2.2 Nanopartikel.....	7
2.3 Nanopartikel Perak.....	10
2.4 Biosensor Nanopartikel.....	13
2.5 Daun Afrika.....	17
2.6 Glukosa.....	19

### BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian .....	23
3.2 Alat Penelitian.....	23
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	23
3.4 Prosedur Penelitian .....	24
3.4.1 Pembuatan Reagen.....	24
3.4.1.1 Pembuatan NaOH 0,1 M .....	24
3.4.1.2 Pembuatan Larutan Induk Glukosa 10 mM..	24
3.4.1.3 Pembuatan Larutan Standar Glukosa .....	24
3.4.1.4 Pembuatan Larutan AgNO <sub>3</sub> 1 mM .....	25
3.4.1.5 Pembuatan Polivinil Alkohol (PVA) 2 % .....	25
3.4.2 Sintesis Nanopartikel Perak.....	25
3.4.2.1 Preparasi Daun Afrika .....	25
3.4.2.2 Pembuatan Ekstrak Daun Afrika.....	25
3.4.2.3 Pembuatan Nanopartikel Perak .....	26
3.4.3 Karakterisasi Nanopartikel Perak .....	26
3.4.3.1 Karakterisasi dengan PSA .....	26
3.4.3.2 Karakterisasi dengan UV-Vis.....	26
3.4.3.3 Karakterisasi dengan XRD .....	27
3.4.3.4 Karakterisasi dengan FTIR.....	27
3.4.3.5 Karakterisasi dengan SEM.....	27
3.4.4 Desain Elektroda dan Pengendapan NPP.....	27
3.4.5 Pengukuran Larutan Standar Glukosa .....	28

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil intesis Nanopartikel Perak.....	29
4.2 Karakterisasi Nanopartikel Perak .....	29
4.2.1 Karakterisasi Warna Larutan Nanopartikel Perak .....	29
4.2.2 Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan Uv-Vis....	30
4.2.3 Karakterisasi Nanopartikel Perak Dengan PSA.....	32
4.2.4 Karakterisasi Nanopartikel Perak Dengan FTIR .....	33
4.2.5 Karakterisasi Nanopartikel Perak Dengan SEM.....	35
4.2.6 Karakterisasi Nanopartikel Perak Dengan XRD.....	36
4.3 Aplikasi Sensor Berbasis Nanopartikel Perak .....	38
4.3.1 Deteksi Pada Glukosa .....	38
4.3.2 Limit Deteksi .....	41
4.3.3 Sensitivitas .....	42
BAB V KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran .....	43
DAFTAR PUSTAKA .....	44
LAMPIRAN.....	52

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>halaman</b>
1. Pembuatan larutan standar.....	25
2. Hasil analisis serapan UV-Vis.....	31
3. Hasil pengukuran elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel perak.....	40

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>halaman</b>
1. Reaksi yang terjadi pada sensor .....	6
2. Skema reduksi, pertumbuhan dan stabilisasi nanopartikel .....	11
3. Polivinil alkohol.....	12
4. Komponen dasar biosensor .....	16
5. Tanaman daun afrika.....	18
6. Ekstrak daun afrika (a), larutan AgNO <sub>3</sub> 1 mM (b), larutan PVA 2 % (c), larutan nanopartikel perak (d).....	29
7. Warna larutan nanopartikel perak pada 1 menit (a), 10 menit (b) dan 20 menit (c), 30 menit (d).....	30
8. Spektrum FTIR.....	33
9. Perkiraan mekanisme reaksi dalam sintesis nanopartikel perak oleh senyawa tanin .....	35
10. Hasil analisis sampel nanopartikel perak dengan SEM pada skala 10 µm dan 20 µm .....	36
11. Pola difraksi XRD nanopartikel perak .....	37
12. Voltamogram elektroda dengan pelapisan nanopartikel perak .....	39
13. Voltamogram elektroda tanpa pelapisan nanopartikel perak .....	39
14. Kurva regresi linear konsentrasi vs kuat arus .....	40
15. Limit deteksi elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel perak .....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>halaman</b>
1. Bagan Kerja .....	52
2. Perhitungan Ukuran Partikel .....	58
3. Perhitungan Limit Deteksi Dan Sensitivitas .....	59
4. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Perak Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis .....	60
5. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Perak Menggunakan PSA .....	61
6. Data Hasil Karakterisasi Ekstrak Daun Afrika Menggunakan FTIR .....	62
7. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Perak Menggunakan FTIR .....	63
8. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Perak Menggunakan XRD .....	64

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti
Ag	: Argentum atau perak
ATP	: <i>Adenosine Triphosphate</i>
DM	: Diabetes Mellitus
FTIR	: <i>Fourier Transform Infrared</i>
FWHM	: <i>Full Width at Half Maximum</i>
ICDD	: <i>International Centre for Diffraction Data</i>
IDF	: <i>International Diabetes Federation</i>
IUPAC	: <i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
mg/dL	: miligram/deciliter
NPP	: Nanopartikel Perak
PI	: <i>Polydispersity Index</i>
PSA	: <i>Particle Size Analyser</i>
PAA	: Poli Asam Akrilat
PEG	: Poli Etilen Glikol
PSS	: Poli Stiren Sulfonat
PVA	: Polivinil Alkohol
PVP	: Polivinil Pirolidin
SEM	: <i>Scanning Electron Microscope</i>
SPR	: <i>Surface Plasmon Resonance</i>

TEM : *Transmission Electron Microscopy*  
WHO : *World Health Organization*  
XRD : *X-Ray Diffraction*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Diabetes melitus (DM) merupakan suatu penyakit metabolisme dimana kadar glukosa darah dalam tubuh melebihi batas normal hingga mencapai  $\geq 126$  mg/dL (Darmansyah, 2013). Kadar glukosa dalam darah mengalami peningkatan akibat tubuh tidak dapat memproduksi insulin atau tidak dapat menggunakan insulin secara efektif. Angka kejadian diabetes melitus terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. *International Diabetes Federation (IDF)* tahun 2017 mengatakan bahwa 425 juta atau 8,8 % orang dewasa pada rentang usia 20-79 tahun orang di seluruh dunia menderita diabetes melitus. Pada tahun 2017 ditemukan sekitar 4 juta orang umur diantara 20-79 tahun meninggal akibat diabetes yang berarti setiap 8 detik satu orang meninggal karena diabetes melitus. Negara Indonesia menempati urutan ke-6 negara dengan penderita diabetes melitus terbanyak setelah China, India, Amerika Serikat, Brazil, dan Meksiko yaitu berjumlah 10,3 juta orang (IDF, 2017). Salah satu cara untuk mencegah atau memperlambat jalan perkembangan penyakit diabetes adalah dengan pengendalian kadar gula darah yang ketat (Widodo, 2014). Berbagai metode telah dikembangkan dalam sensor kadar glukosa darah seperti metode tradisional, analisis kualitatif (reaksi cermin perak), polarometri, dan spektroskopi IR. Salah satu penelitian yang banyak diteliti adalah pengembangan sensor gula darah menggunakan nanopartikel (Maarebia dkk., 2019).

Pada awal tahun 2000, diketahui bahwa nanopartikel dapat disintesis oleh makhluk hidup. Sejak saat itu, mulai berkembang pemanfaatan makhluk hidup seperti mikroorganisme, ekstrak tumbuhan atau biomassa tumbuhan untuk sintesis nanopartikel (Shankar dkk., 2004). Metode ini ternyata dapat menjadi alternatif produksi nanopartikel yang ramah lingkungan (*green synthesis*) karena mampu meminimalisir penggunaan bahan-bahan anorganik yang relative lebih berbahaya. Proses sintesis nanopartikel dengan memanfaatkan makhluk hidup dikenal dengan proses biosintesis (Kumar dkk., 2009).

Nanopartikel merupakan suatu partikel berukuran nano sekitar 1-100 nm. Berbagai jenis nanopartikel saat ini telah banyak disintesis seperti nanopartikel emas, perak, besi, zink, dan logam oksida. Nanopartikel perak (NPP) memiliki keunggulan dibandingkan dengan nanopartikel emas karena sifat optis NPP lebih baik, sehingga NPP dapat digunakan sebagai detektor dan sekaligus sebagai indikator pewarnaan (kolorimetri) (Fabiani, 2018).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Tonukari dkk., menunjukkan bahwa daun afrika yang dikenal juga dengan daun pahit mengandung banyak senyawa fitokimia seperti tannin, saponins, sesquiterpenes, lactones, flavonoids dan steroid glucosides. Beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan ekstrak daun afrika menunjukkan hasil yang signifikan dalam aktivitasnya menurunkan kadar gula darah, kolesterol dan memiliki antioksidan (Tonukari dkk., 2015). Senyawa dalam ekstrak daun afrika yang berupa fenolik secara teoritis memiliki sifat pereduksi sehingga dapat digunakan sebagai bioreduktor pada sintesis nanopartikel perak (Philip, 2010).

Berdasarkan potensi dan prospek produksi nanopartikel perak menggunakan daun afrika serta menyangkut penyakit diabetes melitus, maka akan dikembangkan sintesis dan karakterisasi nanopartikel perak dari daun afrika sebagai sensor kadar gula darah. Nanopartikel perak kemudian diaplikasikan sebagai sensor kadar gula darah.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. bagaimana potensi ekstrak daun afrika sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak?
2. bagaimana karakteristik dari nanopartikel perak yang telah direduksi oleh ekstrak daun afrika menggunakan FTIR, XRD, PSA dan SEM?
3. bagaimana tingkat absorbansi nanopartikel perak sebagai materi dalam sensor kadar gula darah menggunakan spektrofotometer UV-Vis?
4. bagaimana respon sensor berbasis nanopartikel perak dari ekstrak daun afrika sebagai sensor kadar gula darah?

## **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

### **1.3.1 Maksud Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mensintesis dan mengkarakterisasi nanopartikel perak dari daun afrika sebagai materi dalam sensor kadar gula darah, serta dilakukan uji kecepatan respon pada nanopartikel perak dari daun afrika.

### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. melakukan sintesis nanopartikel perak ekstrak menggunakan daun afrika

sebagai bioreduktor pada sintesis.

2. menentukan karakteristik dari nanopartikel perak yang telah direduksi oleh ekstrak daun afrika menggunakan FTIR, XRD, PSA dan SEM.
3. menentukan tingkat absorbansi nanopartikel perak sebagai materi dalam sensor kadar gula darah menggunakan spektrofotometer UV-Vis.
4. mengukur kecepatan respon sensor berbasis nanopartikel perak dari ekstrak daun afrika sebagai sensor kadar gula darah.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah memanfaatkan bahan alam (tanaman) yang ada disekitar kita menjadi sesuatu yang berdaya guna tinggi, contohnya sebagai bioreduktor dalam pembuatan nanopartikel perak sebagai materi dalam sensor gula darah, serta menjadi tambahan pengetahuan tentang sintesis nanopartikel dan karakterisasinya.

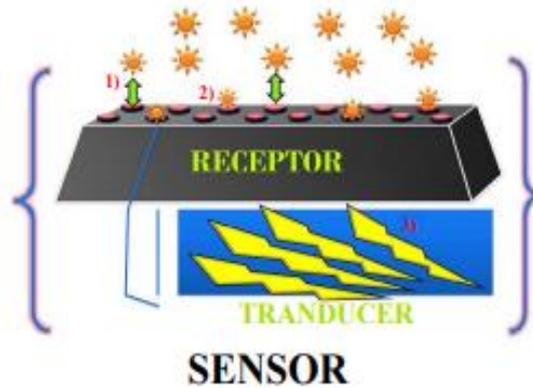
## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sensor Kimia**

Kata "sensor" berasal dari bahasa Latin yaitu *sentire* yang berarti 'mengidentifikasi' (Ali dkk., 2017). Sensor mentransform (mengubah) suatu energi ke energi yang lain, seperti sensor temperatur yaitu alat atau piranti yang memiliki respon terhadap suhu, sehingga mampu mengubah energi panas menjadi satuan temperatur seperti celcius/kelvin. Salah satu contoh sensor kimia yang paling umum adalah kertas pH atau kertas lakmus, yang digunakan untuk menentukan sifat asam atau basa dari suatu larutan. Kertas lakmus ini memberikan indikasi secara kualitatif sifat asam atau basa larutan berdasarkan adanya perubahan warna yang terjadi pada kertas lakmus (Kuswandi, 2008).

Reaksi yang terjadi pada sensor digambarkan dalam Gambar 1, dimana analit atau stimulus memicu interaksi kimiawi dan mengonversi informasi menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik kemudian dikirim ke unit lain, unit pemrosesan yang selanjutnya dibawa keluar respon deteksi. Secara teknis, sensor terdiri dari dua bagian yaitu, reseptor dan transduser. Reseptor menerima fisik atau stimulus kimiawi dan mentransmisikan informasi ini dalam bentuk energi listrik, sementara transduser berfungsi mentransduksi energi ini menjadi sinyal analitik, yang selanjutnya dapat dianalisis dan disajikan dalam bentuk elektronik (Ali dkk., 2017).



**Gambar 1.** Reaksi yang terjadi pada sensor (Ali dkk., 2017)

Sensor kimia merupakan suatu alat analisa (*analytical device*) yang berisi reagen kimia (*chemical material/reagent*) yang akan bereaksi dengan analit dalam larutan atau gas sehingga akan menghasilkan perubahan fisika-kimiawi yang dapat berubah (*physicochemical transducer*) menjadi sinyal elektrik proporsional dengan memanfaatkan konsentrasi dari analit. Sensor kimia melibatkan reaksi kimia yang spesifik terhadap analit tertentu dengan instrumentasi, yang mampu merubah (transdus) dari perubahan fisika-kimia tersebut menjadi sinyal listrik sehingga mudah dibaca secara analog dengan jarum penunjuk maupun secara digital dengan digital display (Kuswandi, 2008).

Sensor kimia adalah komponen penting dari penganalisis. Selain sensor, penganalisis berisi perangkat yang berfungsi dalam pengambilan sampel, pengangkutan sampel, pemrosesan sinyal, pengolahan data. Penganalisis mungkin merupakan bagian penting dari sistem otomatis. Penganalisis bekerja menurut rencana pengambilan sampel sebagai fungsi waktu bertindak sebagai monitor. Sensor kimia mengandung dua unit fungsional dasar, yaitu bagian reseptor dan transduser. Beberapa sensor dapat memiliki membran sebagai pemisah. Pada bagian reseptor, informasi kimiawi akan diubah menjadi bentuk energi sehingga

dapat diukur dengan transduser. Bagian reseptor dari sensor kimia dapat didasarkan pada berbagai prinsip (Kuswandi, 2008):

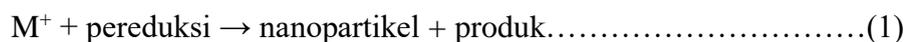
- fisika, dimana tidak ada reaksi kimia. Tipe ini didasarkan pada pengukuran absorbansi, indeks bias, konduktivitas, suhu atau perubahan massa.
- kimia, dimana reaksi kimia dengan konsentrasi analit yang menghasilkan sinyal analitis.
- biokimia, dimana proses biokimia menjadi sumber sinyal analitik. Contoh tipe ini adalah sensor potensiometri mikroba atau immunosensor. Sensor ini dikenal dengan sebutan biosensor.

## **2.2 Nanopartikel**

Nanopartikel adalah partikel dengan ukuran kurang dari 100 nm. Nanopartikel menghasilkan sifat-sifat yang baru atau lebih baik dibandingkan dengan partikel atau bubuk material asalnya (Mahdieh dkk., 2012). Material dengan struktur nanopartikel memiliki sifat yang berbeda dengan struktur aslinya. Berbagai sifat ini dimodifikasi dengan pengontrolan ukuran partikel, komposisi kimia, modifikasi permukaan, dan interaksi antar partikel (Bandyopandhyay, 2008, Feldheim dan Foss, 2002). Nanopartikel mempunyai keunikan karakteristik ukuran butiran, distribusi dan morfologi. Karakteristik nanopartikel lebih baik dari material asalnya, salah satu ditunjukkan pada sifat antibakteri nanopartikel perak yang dipengaruhi oleh ukuran partikel. Semakin kecil ukuran nanopartikel perak, semakin besar efek antibakterinya. Jika ukuran partikel semakin kecil, luas permukaan nanopartikel perak akan semakin besar sehingga meningkatkan kontak terhadap bakteri atau jamur, dan dapat meningkatkan efektivitas bakterisida dan fungisida (Guzman dkk., 2009, Montazer dkk., 2012).

Secara umum, nanopartikel logam dapat dipreparasi dan distabilkan menggunakan metode fisika dan kimia. Metode kimia seperti reduksi kimia, teknik elektrokimia dan reduksi fotokimia merupakan beberapa metode yang banyak digunakan. Reduksi kimia merupakan metode yang digunakan untuk melakukan preparasi nanopartikel perak yang stabil dan membentuk dispersi koloid dalam air atau pelarut organik lainnya. Bahan kimia yang paling umum digunakan dalam proses reduksi adalah borohidrat, sitrat, askorbat dan elemen hidrogen (Sharma dkk., 2009).

Ada dua macam metode pembuatan nanopartikel, yaitu dengan memecah partikel berukuran besar menjadi partikel yang berukuran nanometer (*top-down*), dan penggabungan material berukuran skala kecil, seperti cluster membentuk partikel berukuran nanometer yang dikehendaki (*bottom-up*) tanpa mengubah sifat bahannya (Abdullah, 2009). Nanopartikel logam mempunyai struktur 3 dimensi berbentuk seperti bola (padat). Partikel ini dibuat dengan cara mereduksi ion logam menjadi logam yang tidak bermuatan. Reaksi yang terjadi dapat dilihat pada persamaan 1.



$M^+$  adalah ion logam yang akan dibuat menjadi M (nanopartikel). Logam yang dapat dibuat nanopartikel diatas antara lain Ag, Au, Pt, Pd, Co, Fe. Zat pereduksi kimia yang digunakan dalam reduksi dapat berupa natrium sitrat, borohidrat,  $\text{NaBH}_4$  dan alkohol. Proses pembentukan nanopartikel ini terjadi karena adanya transfer elektron dari zat pereduksi menuju ion logam. Faktor yang dapat mempengaruhi sintesis nanopartikel yaitu konsentrasi reaktan, dari molekul pelapis (*capping agent*), tinggi suhu dan proses pengadukan (Garcia, 2011).

Saat ini telah banyak dikembangkan sintesis nanopartikel menggunakan metode biologi, yang lebih dikenal dengan metode biosintesis. Biosintesis adalah metode sintesis nanopartikel dengan memanfaatkan bahan biologi baik mikroorganisme ataupun ekstrak tumbuh-tumbuhan. Penggunaan bahan yang ramah lingkungan memberikan dampak positif terhadap keamanan lingkungan serta cocok untuk diaplikasikan dalam bidang biomedis dan farmasi karena tidak menggunakan bahan kimia beracun dalam proses sintesisnya (Wendri dkk., 2017).

Pemanfaatan nanopartikel dalam bidang biomedik, memberikan tantangan tersendiri dalam metode sintesisnya. Metode sintesis nanopartikel didasarkan pada tiga pendekatan yaitu proses kimia, fisika, dan biologi (Iravani dkk, 2014). Metode fisikokimia pada penerapannya menggunakan senyawa kimia yang beresiko menimbulkan *adverse effects* pada aplikasi di bidang medis.. Dewasa ini, sintesis nanopartikel secara biologi lebih disukai dibandingkan metode fisikokimia, karena dinilai lebih banyak membawa manfaat, diantaranya yaitu lebih *ecofriendly*, *non toxic*, lebih *reproducible*, lebih mudah di-*scale up* serta morfologinya permukaannya lebih baik (Kim dkk., 2016, Parashar dkk, 2009).

Sumber sintesis nanopartikel secara biologi adalah mikroorganisme dan tumbuhan. Namun demikian, penggunaan tanaman untuk sintesis nanopartikel lebih disukai dibandingkan dengan mikroorganisme karena berbagai alasan, diantaranya: proses yang lebih sederhana, lebih cepat, lebih *cost-effective*, lebih *biocompatible* sehingga lebih aplikatif untuk dimanfaatkan pada bidang medis. Hampir semua komponen dalam tanaman seperti protein, asam amino, asam organik, vitamin, dan metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, polifenol, terpenoid, komponen heterosiklik, dan polisakarida mempunyai peran yang

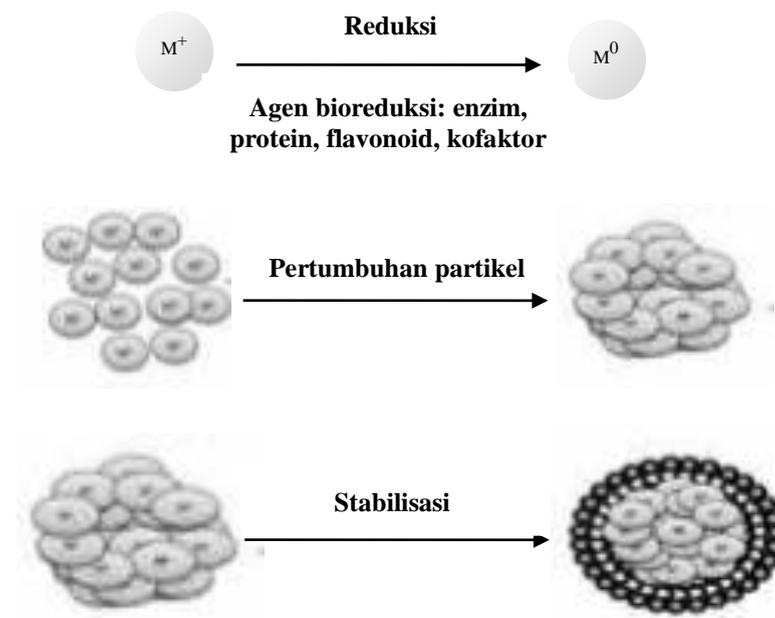
signifikan dalam mereduksi logam, mampu bertindak sebagai *capping* dan *stabilizing agent* dalam sintesis nanopartikel (Kim dkk., 2016).

### **2.3 Nanopartikel Perak**

Struktur nanomaterial memiliki sifat fisik dan kimia yang unik karena ukurannya yang sangat kecil. Sifat ini berbeda dengan material yang berukuran makro. Terdapat beberapa penelitian untuk menguji sifat fotofisika dari struktur berdimensi rendah, seperti titik kuantum, nanopartikel, *nanowire*, *nanotube*, dan struktur nano. Struktur nano logam melekat dalam matrik dielektrik transparan sangat menarik karena memiliki sifat fotoabsorpsi yang selektif, memiliki fotoluminesen nonlinear yang mengelilingi resonansi plasma dan respon ultra yang cepat. Nanopartikel merupakan dispersi partikulat dengan ukuran 10-100 nm. Nanopartikel perak dapat larut dalam zat cair yang mencegah aglomerasi atau terjerap dalam matriks yang digunakan sebagai sistem pembawa obat (misalnya obat terlarut, terjerap, terkapsul atau melekat pada matriks nanopartikel). Partikel ini memiliki efektivitas dalam dosis kecil, toksisitas dan efek samping yang kecil (Lee dan Lee, 2008).

Berbagai jenis nanopartikel telah banyak disintesis seperti nanopartikel emas, perak, besi, zink, dan logam oksida. Nanopartikel perak (NPP) memiliki keunggulan dibandingkan dengan nanopartikel emas karena memiliki sifat optis yang lebih baik, sehingga NPP dapat digunakan sebagai detektor dan sekaligus sebagai indikator pewarnaan (kolorimetri). Selain itu, hasil sintesis nanopartikel perak telah banyak diaplikasikan dalam produksi pakaian, alas kaki, cat, perban, peralatan rumah tangga, kosmetik, dan plastik karena memiliki sifat antibakteri (Fabiani, 2018, Oldenburg, 2014). Proses sintesis

nanopartikel perak membentuk polimer perak dan terhidrolisis membentuk inti perak. Inti perak muncul dalam kondisi jenuh sehingga menyebabkan terbentuknya koloid seperti dijelaskan pada Gambar 2 (Fatimah dan Mutiara, 2016).

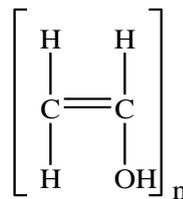


**Gambar 2.** Skema reduksi, pertumbuhan dan stabilisasi nanopartikel (Fatimah dan Mutiara, 2016)

Reduksi ion-ion dalam sintesis nanopartikel perak pada umumnya menghasilkan koloid perak dengan diameter berukuran nanometer. Stabilitas nanopartikel perak memegang peranan yang sangat penting ketika akan dikarakterisasi dan diaplikasikan ke dalam sebuah produk. Nanopartikel perak cenderung mengalami agregasi membentuk ukuran yang besar, oleh karena itu dibutuhkan zat penstabil untuk menjaga kestabilan nanopartikel. Upaya pencegahan terjadinya agregat antar nanopartikel dapat dilakukan dengan penambahan *stabilizer* (Haryono dkk., 2008, Wang dkk., 2008).

Zat penstabil (*stabilizer*) yang paling efektif digunakan adalah polimer yang dapat mencegah terjadinya aglomerasi. Beberapa polimer yang telah digunakan sebagai *stabilizer*, diantaranya adalah polivinil alkohol (PVA), polivinil pirolidin (PVP), poli etilen glikol (PEG), poli stiren sulfonat (PSS), poli asam akrilat (PAA) dan kitosan. PVA merupakan polimer yang paling umum digunakan (Marliyana, dkk., 2006).

Polivinil alkohol (PVA) merupakan polimer hasil hidrolisis polivinil asetat yang tidak berwarna, tidak larut pada sebagian besar pelarut organik dan minyak, tetapi larut dalam air (Gaaz dkk., 2015).



**Gambar 3.** Polivinil Alkohol (Gaaz dkk., 2015)

polivinil alkohol (PVA) lebih banyak digunakan menstabilkan nanopartikel karena biayanya yang murah, serta kemampuannya dalam menghalangi terjadinya aglomerasi dan proses oksidasi yang tidak diharapkan (Bakir, 2011). Penambahan PVA sebagai zat penstabil telah berhasil dilakukan Rahmadani dkk. (2020) dan diperoleh hasil nanopartikel perak dengan penambahan PVA yang lebih stabil dibandingkan nanopartikel perak tanpa penambahan PVA.

Karakterisasi nanopartikel perak sangat diperlukan untuk membuktikan keberhasilan proses sintesis nanopartikel perak. Karakterisasi nanopartikel perak dapat dilakukan dengan menggunakan Scanning Electron microscopy (SEM) untuk mengamati bentuk morfologi nanopartikel perak yang terbentuk, karakterisasi nanopartikel perak dengan X-ray Diffraction (XRD) untuk

mendapatkan informasi derajat kristalinitas (penentuan struktur kristal-amorf) dan orientasi (hkl) serta dapat diketahui ukuran kristal pada identifikasi pola difraksi dan intensitas puncak, adapun karakterisasi nanopartikel perak dengan PSA dinilai akurat dalam menentukan distribusi ukuran partikel. Data ukuran partikel yang diperoleh berupa tiga distribusi yaitu intensitas, nomor dan volume, sehingga dapat menggambarkan kondisi sampel secara keseluruhan (Dewi, dkk., 2019, Nikmatin dkk., 2011, Payapo, 2016).

Nanopartikel perak dapat menyerap dan menyebarkan sinar secara efisien. Fenomena interaksi kuat dengan sinar disebut *Surface Plasmon Resonance* dalam ikatan konduksi elektron secara kolektif dengan sinar dengan panjang gelombang yang spesifik. Deteksi molekul biologis tunggal membutuhkan sampel terang dengan sinar intens. Hal ini meningkatkan *photobleaching*. Sifat penyebaran sinar kuat nanopartikel perak menurunkan intensitas eksitasi dan waktu fluoresensi, yang mengurangi *photobleaching* secara signifikan. Sifat optis tersebut dikembangkan pada skala aplikasi analitis seperti biolabeling, fluoresensi, dan biosensor (Singh dkk., 2013).

## **2.4 Biosensor Nanopartikel**

Biosensor adalah perangkat analitik yang memungkinkan terjadinya interaksi molekuler dan mengubahnya menjadi sinyal listrik terdeteksi. Biosensor melibatkan kombinasi unsur biologis, seperti enzim, DNA, RNA, metabolit, sel, oligonukleotida, dan transduser, seperti elektrokimia, optik, piezoelektrik, akustik, dan kalorimetri (Dzyadevych dkk., 2008). Kemampuan untuk mengubah interaksi biokimia dalam suatu bentuk listrik yang dapat dideteksi dan dapat diukur adalah manfaat utama dari biosensor. Biosensor mampu menganalisis perubahan

kecil yang terjadi selama proses biologis secara efisien, seperti berbagai interaksi biomolekul. Biosensor juga telah dikembangkan dalam mendiagnosis penyakit, secara medis, biosensor dirancang secara akurat dan tepat untuk mendeteksi tumor, patogen, racun, dan biomarker yang dapat diidentifikasi pada tahap awal. Biosensor sangat bermanfaat karena biaya produksinya yang murah, memiliki waktu respons yang cepat, mudah dibawa, dapat digunakan dalam mengukur unsur-unsur biologis pada skala kecil, memiliki spesifisitas dan sensitivitas yang tinggi (Malik dkk., 2013).

Nanoteknologi diaplikasikan dalam dibidang biosensing karena memiliki luas permukaan yang lebih tinggi dari rasio volume, bersifat elektrokimia, dan memiliki kemampuan dalam mekanisme pensinyalan biologis dan transduksi yang baik. Nano-biosensor digunakan dalam analisis yang beragam, seperti perangkat amperometrik dalam menentukan reaksi enzimatik, titik kuantum berbasis neon perangkat untuk menentukan efisiensi pengikatan, immunosensing dan aplikasi imunolabel untuk interaksi biomolekul yang menggunakan bahan nano terkonjugasi. Beberapa nanomaterial telah dieksploitasi untuk perangkat biosensing seperti nanotube, nanorods dan nanopartikel. Partikel nano adalah yang paling banyak dipelajari dan dianalisis diantaranya karena sifat optik, elektroaktif, dan magnetiknya, sehingga memberikan berbagai aplikasi bioanalitik dalam *bio-imaging*, diagnostik, pemberian obat, dan terapi. Biosensor berbasis nano yang menawarkan berbagai aplikasi karena sifatnya yang serbaguna dan multifungsi. Sensor diabetes yang mengukur kadar glukosa pada pasien, deteksi antigen HIV-AIDS, mikroba deteksi *bio-load* dalam kasus infeksi saluran kemih dan diagnosis kanker dimungkinkan oleh penggunaan nanoteknologi yang luar

biasa dengan biosensing. Oleh karena itu, nano-biosensor berguna untuk diagnostik atau tujuan terapeutik yang dapat digunakan dalam aplikasi pembentukan komponen rekayasa jaringan (Solaimuthu dkk., 2020).

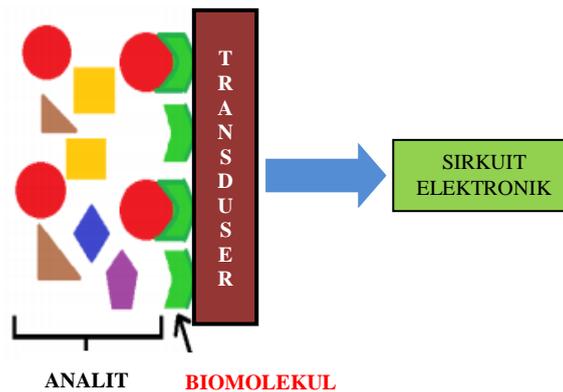
Nanoteknologi berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir karena telah melahirkan berbagai inovasi aplikasi untuk digunakan dalam *nanomedicine* dan nanobioteknologi seperti sistem mekanisme obat, biosensing dan biodeteksi, penemuan terapi baru untuk berbagai penyakit, seperti kanker. Berdasarkan mekanismenya, biosensor dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama yang terdiri dari biosensor berbasis biokatalitik dan bioafinitas. Dalam sistem biokatalitik, bioresseptor yang berupa enzim, seluruh sel, jaringan, dan lain-lain akan mendeteksi analit dan mengkatalisis reaksi, sementara dalam sistem bioafinitas, bioresseptor yang berupa antibodi atau aptamer secara khusus mengikat analit dan agar tercapai kesetimbangan (Malekzad dkk., 2016).

Dalam nanobiosensor, nanopartikel logam sangat berguna dan banyak diaplikasikan dalam komponen transduser pada biosensor. Banyak logam dan nanopartikel logam organik telah digunakan dalam nanobiosensor. Logam mulia seperti emas, perak, dan platinum telah menjadi yang paling populer dan telah lama dipelajari secara ekstensif. Logam mulia ini secara kimiawi bersifat lembam dalam bentuk makroskopisnya dan menampilkan fitur fisiokimia yang unik pada skala nano (Malekzad dkk., 2016).

Biosensor dapat didefinisikan sebagai alat penginderaan atau sistem pengukuran yang dirancang khusus untuk estimasi suatu bahan dengan menggunakan interaksi biologis dan kemudian menilai interaksi ini menjadi bentuk yang dapat dibaca dengan bantuan transduksi dan interpretasi

elektromekanis. Komponen-komponen ini adalah, bioresseptor, transduser, dan detektor. Fungsi atau tujuan utama dari biosensor adalah mendeteksi bahan yang spesifik secara biologis (Solaimuthu dkk., 2020).

Komponen dasar biosensor pada umumnya ditunjukkan pada Gambar 4. Dimana biomolekul dapat berupa enzim, DNA, protein, sel utuh, antibodi dan lain-lain. Platform sensor yang merupakan tempat terjadinya reaksi kimia antara analit dan biomolekul merupakan permukaan transduser. Transduser mengubah satu jenis energi menjadi energi lain seperti mengubah energi kimia menjadi energi atau sinyal listrik, selanjutnya sirkuit elektronik akan memproses sinyal (Bhardwaj, 2015).



**Gambar 4.** Komponen Dasar Biosensor (Bhardwaj, 2015)

Pada prinsipnya, biosensor adalah reseptor-transduser alat berbasis yang dapat digunakan untuk menafsirkan biofisik atau properti biokimia dari media. Perbedaan jenis sensor ini dari yang lain adalah keberadaan elemen pengenalan biologis/organik yang memungkinkan untuk deteksi molekul biologis. Perkembangan biosensor membawa era baru dalam kemajuan sains. Teknologi ini merupakan teknologi yang interdisipliner dan melibatkan upaya kolaboratif teknik, mikrobiologi, fisika, kimia, biologi, bioteknologi dan teknologi lain. Biosensor telah banyak digunakan dalam berbagai disiplin ilmu karena hasilnya

yang luar biasa. Secara medis, biosensor dapat digunakan untuk deteksi tumor, patogen, darah tinggi yang akurat dan tepat kadar glukosa pada pasien diabetes dan toksin lain. Fluoresensi memproduksi biosensor yang dikodekan oleh gen dan menganalisis proses kimia yang kompleks terjadi di dalam sel. Biosensor juga dapat digunakan menargetkan beberapa lokasi tertentu di dalam sel dan juga dapat diekspresikan dalam sel spesifik suatu organisme. Pada bidang industri makanan, biosensor dapat digunakan dalam deteksi gas dari makanan yang telah mengalami pembusukan, mendeteksi makanan yang telah kontaminasi atau untuk memeriksa dan meminimalkan pertumbuhan bakteri atau jamur dalam makanan. Pada bidang lingkungan, biosensor dapat digunakan untuk mendeteksi polusi di udara dan mendeteksi keberadaan patogen dan logam berat. Pada sistem pertahanan militer, biosensor digunakan untuk mendeteksi keberadaan bahan biologis menyebabkan kematian, contohnya dalam deteksi serangan bioterroris seperti penggunaan bahan biologis seperti *Bacillus anthracis*, Ebola, virus hepatitis C dan lain-lain (Ali dkk, 2017, Malik dkk., 2013, Singh dkk., 2013, Solaimuthu dkk., 2020).

Menurut Ali dkk. (2017), biosensor pertama adalah enzim potensiometri yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur kadar glukosa. Sensor ini sangat dibutuhkan karena terus meningkatnya jumlah pasien penderita diabetes mellitus setiap tahun. Sensor kadar glukosa masih terus dikembangkan seiring perkembangan teknologi. Enzim oksidase glukosa (G-ox) dan glukosa dehidrogenase adalah dua enzim yang digunakan secara konvensional yang secara efektif digunakan pada skala besar untuk deteksi glukosa (Ali dkk, 2017).

## **2.5 Daun Afrika**

Daun Afrika atau *Vernonia amygdalina* adalah tumbuhan semak yang berasal dari benua Afrika dan bagian lain dari Afrika, khususnya

Nigeria, Kamerun dan Zimbabwe dan negara yang beriklim tropis salah satunya adalah Indonesia. Tumbuhan ini dapat ditemukan di halaman rumah, sepanjang sungai dan danau, di tepi hutan, dan di padang rumput (Yeap dkk, 2010).

Daun Afrika mempunyai batang tegak, tinggi 1-3 m, bulat, berkayu, berwarna coklat; daun majemuk, anak daun berhadapan, panjang 15-25 cm, lebar 5-8 cm, berbentuk seperti ujung tombak, tepi bergerigi, ujung runcing, pangkal bulat, pertulangan yang menyirip, berwarna hijau tua; berakar tunggang, berwarna coklat (Ijeh, 2010). Klasifikasi dari tumbuhan daun Afrika (Gambar 5) adalah sebagai berikut (Fatimah, 2019):

Regnum : Plantae  
Divisi : Spermatophyta  
Subdivisio : Angiospermae  
Classis : Dicotyledone  
Ordo : Asterales  
Familia : Compositae  
Genus : Vernonia  
Species : Vernonia amygdalina



**Gambar 5.** Tumbuhan Daun Afrika

Daun afrika telah lama digunakan di bagian Tenggara dari Nigeria dalam mengendalikan kadar glukosa dalam darah. Tahun 2008 di Asia Tenggara, terutama di Malaysia dan Singapura daun afrika selatan sudah banyak digunakan untuk pengobatan diabetes melitus. Hasil uji skrining fitokimia yang dilakukan penelitian sebelumnya, diketahui bahwa daun afrika mengandung senyawa kimia

golongan alkaloid, tannin, saponin, kumarin, asam fenolat, dan flavonoid, polifenol, lignan, terpen dan flavonoid. Senyawa golongan flavonoid yang terkandung didalamnya yaitu luteolin, luteolin 7-O- $\beta$ -glucuroniside, luteolin 7- O- $\beta$ -glucosida. Kegunaan yang paling utama adalah untuk pengobatan diabetes, hipertensi, gout dan kanker (Ijeh dan Ejike, 2010).

Kandungan dari ekstrak daun afrika yang mampu menghambat aktivitas enzim alfa glukosidase adalah alkaloid. Tanaman daun afrika atau *Vernonia amygdalina* memiliki banyak kandungan nutrisi dan senyawa kimia didalamnya, antara lain protein 19,2%, serat 19,2%, karbohidrat 68,4%, lemak 4,7%, asam askorbat 166,5 mg/100g, karotenoid 30 mg/100g, kalsium 0,97g/100g, besi 7,5 mg/100 gram. Terpenoid dapat mengurangi glukosa darah melalui aktivitasnya yang seperti insulin dan menghambat gluconeogenesis dan glikogenolisis. Saponin dilaporkan dapat mengurangi stress oksidatif terkait hiperglikemia pada pasien diabetes mellitus tipe 2. Tanin dapat menghambat aktivitas alfa-amilase dan alfaglukosidase yang kemudian dapat mengurangi transportasi glukosa ke epitel usus. Flavonoid dan alkaloid juga dilaporkan dapat menghambat aktivitas alfa-glukosidase. Fitokimia yang dapat ditemukan dalam daun afrika (*Vernonia amygdalina*) dimanfaatkan sebagai antidiabetik pada penderita diabetes mellitus dengan meningkatkan sensitivitas insulin serta menghambat glukoneogenesis (Asante dkk, 2016, Ijeh dan Ejike, 2010).

## **2.6 Glukosa**

Glukosa merupakan salah satu karbohidrat penting yang digunakan sebagai sumber tenaga utama. Glukosa dapat diperoleh dari bahan makanan yang mengandung senyawa karbohidrat. Glukosa berperan sebagai molekul utama pada

proses pembentukan energi di dalam tubuh dan sumber energi utama bagi kerja otak dan sel darah merah (Subiyono dkk, 2016).

Glukosa dihasilkan dari makanan yang mengandung karbohidrat yang terdiri dari monosakarida, disakarida dan juga polisakarida. Karbohidrat akan konversikan menjadi glukosa di dalam hati dan seterusnya berguna untuk pembentukan energi dalam tubuh. Glukosa tersebut akan diserap oleh usus halus kemudian akan dibawa oleh aliran darah dan didistribusikan ke seluruh sel tubuh. Glukosa yang disimpan dalam tubuh dapat berupa glikogen yang disimpan pada plasma darah dalam bentuk glukosa darah (*blood glucose*). Jika kadar glukosa darah turun, misalnya pada saat puasa maka glikogen akan dipecah kembali menjadi glukosa untuk memenuhi kebutuhan energi. Fungsi glukosa dalam tubuh adalah sebagai bahan bakar bagi proses metabolisme dan juga merupakan sumber utama bagi otak (Medika, 2008, Subiyono dkk, 2016).

Karbohidrat dari makanan dihirolisis menjadi monosakarida yaitu glukosa, galaktosa dan fruktosa dalam saluran cerna. Monosakarida akan diserap di usus dan masuk ke dalam sistem sirkulasi untuk ditransfer ke dalam sel-sel tubuh yang memerlukannya atau diubah menjadi molekul lain. Glukosa dalam bentuk glikogen akan tersimpan di dalam otot dan hati, sedangkan glukosa dalam bentuk glukosa darah akan tersimpan di dalam plasma darah (Irawan, 2007, Medika, 2008).

Peranan glukosa dalam tubuh manusia bukan hanya sebagai bahan bakar bagi proses metabolisme dan sumber energi bagi kerja otak, tetapi juga sebagai penghasil energi pada saat berolahraga. Pada saat berolahraga, jaringan otot hanya akan memperoleh energi dari pemecahan molekul *Adenosine Triphosphate* (ATP).

Melalui simpanan energi yang terdapat di dalam tubuh, molekul ATP ini akan dihasilkan melalui metabolisme energi yang melibatkan beberapa reaksi kimia kompleks, yang penggunaannya akan bergantung terhadap jenis aktivitas, intensitas, durasi dan frekuensi yang dilakukan saat berolahraga (Irawan, 2007).

Pada kadar glukosa darah yang rendah, akan terjadi rasa pusing dan gejala-gejala malfungsi otak terkait. Hal itu disebabkan otak hampir sepenuhnya bergantung pada glukosa sebagai bahan bakar. Ketika kadar glukosa meningkat maka kelebihan glukosa akan dibawa ke sel hati kemudian dirombak menjadi glikogen dan disimpan. Hormon terpenting yang bekerja pada siklus ini adalah hormon insulin. Insulin berguna menjaga kadar glukosa darah agar tetap stabil. Insulin adalah suatu pelindung homeostasis karbohidrat; yakni, insulin mengurangi kadar glukosa dalam darah dengan cara mendorong pemanfaatan, penyimpanan dan mengonversi metabolik glukosa yang disimpan. Kegagalan menghasilkan insulin, kurangnya suplai insulin yang mencukupi, menyebabkan kelainan yang disebut diabetes mellitus (Hasanah, 2013, Triana dan Salim, 2017).

Proses perjalanan diabetes adalah dengan meningkatnya penolakan terhadap insulin atau tubuh tidak merespon fungsi insulin, pankreas kehilangan kemampuan untuk merespon makanan yang dikonsumsi. Selanjutnya, penolakan insulin (sel dalam keadaan sangat lapar akan bahan bakar) memaksa hati untuk merespon terhadap peningkatan produksi glukosa, yang menyebabkan kadar glukosa dalam darah pada saat puasa menjadi meningkat. Glukosa dalam darah selalu berubah-ubah sepanjang hari, kadar glukosa darah puasa yang normal adalah 80-110 mg/dL (Hestiana, 2017, Triana dan Salim, 2017). Kadar glukosa darah yang diukur 2 jam setelah makan di atas 200 mg/dL dan kadar glukosa

darah puasa di atas 126 mg/dL dapat disimpulkan bahwa pasien menderita diabetes mellitus. Gejala lain yang dapat mengindikasikan bahwa pasien menderita diabetes mellitus adalah sering buang air kecil, sering merasa haus dan lapar, serta badan terasa lemas (Hasanah, 2013).