

SKRIPSI

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

TRI MELINEA RAMADHANI

H031 17 1507



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

**DESAIN DAN APLIKASI NANOSENSOR GULA DARAH BERBASIS
NANOPARTIKEL EMAS 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*

TRI MELINEA RAMADHANI

H031171507

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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

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

Disusun dan diajukan oleh

TRI MELINEA RAMADHANI
H031171507

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 04 Juni 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Prof. Dr. Abd Wahid Wahab, M.Sc
NIP. 194908271967021001002

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 : Tri Melinea Ramadhani
NIM : H031171507
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul “Desain dan Aplikasi Nanosensor Gula Darah Berbasis Nanopartikel Emas 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, 04 Juni 2021

Yang Menyatakan



Tri Melinea Ramadhani

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan, Shalawat dan salam penulis kirimkan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta para sahabat dan keluarga beliau yang telah memberikan tauladan dalam menjalani kehidupan di dunia dan di akhirat. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian syarat-syarat guna mencapai gelar Sarjana. Penyusunan skripsi ini banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi namun pada akhirnya penulis dapat melaluinya berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Ayahanda tercinta **Ardi** yang telah menemani dan membimbing penulis dengan penuh kasih sayang. Semoga Allah SWT selalu menjagamu di syurga-Nya. Terimakasih untuk Ibunda **Murniati Tallo** dan kakak-kakak tercinta **Ryan Mardi** dan **Aprialisda** juga segenap keluarga yang selalu melimpahkan doa, kasih sayang dan dukungannya kepada penulis. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat-Nya kepada kalian.

Penulis juga mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Pembimbing utama bapak **Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc** dan pembimbing pertama bapak **Dr. Abd. Karim, M.Si** yang selalu meluangkan

waktunya dan selalu memberikan arahan untuk membimbing penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

2. Bapak **Dr. Abd. Karim, M.Si** dan **Dr. St. Fauziah, M.Si** selaku ketua dan sekretaris departemen kimia beserta segenap dosen kimia yang telah membagi ilmunya.
3. Tim penguji ujian penulis, **Prof. Dr. Nunuk Hariani, MS** (ketua), **Dr. St. Fauziah, M.Si** (sekretaris), **Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc** dan **Dr. Abd. Karim, M.Si** (ex officio) terima kasih atas arahan, saran-saran beserta bimbingan yang diberikan.
4. Seluruh analis laboratorium: **Pak Taufik, Kak Fiby, Ibu Tini, Kak Tanto, Pak Iqbal, Kak Niluh** dan **Kak Anti** yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian.
5. Rekan penelitian sekaligus sahabat penulis **Nur Alfiah Mufidha** terima kasih untuk selalu menemani penulis di dunia perkuliahan dan penelitian serta selalu memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
6. Rekan-rekan yang baik **Fatir, Ebet, Furqan, Alim, Amrullah, Ica, Cimel, Layuk, Andre, Yos, Alfli, Nisa, Yayuk, Mecha** dan **Irzha** terimakasih karena selalu meluangkan waktu untuk membantu dan menemani penulis selama penelitian dan penyelesaian skripsi ini.
7. Teman-teman **BIDADARI PERPUS** Terima kasih untuk selalu ada di garda terdepan untuk membantu penulis dalam perkuliahan.
8. Teman-teman **ALIFATIK 2017**, terima kasih untuk selalu bersama dan membantu penulis, baik dalam dunia perkuliahan maupun di dunia organisasi. Terima kasih untuk selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis. Penulis sangat bersyukur karena Allah SWT. telah

mempertemukannya dengan kalian di kampus ini. Semoga kekeluargaan dan persahabatan kita tidak berakhir seiring berakhirnya perjalanan kita di Unhas.

9. Organisasi **HMK**, terimakasih untuk pelajaran-pelajaran berharga yang telah diberikan selama penulis berorganisasi.

Penulis sadar akan banyaknya kekurangan dalam penulisan laporan hasil penelitian ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan sarannya yang membangun dalam perbaikan dan penyempurnaannya.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dalam pengembangan wawasan bidang ilmu kimia secara umum.

Makassar, Maret 2021

Penulis

ABSTRAK

Penelitian tentang desain dan aplikasi nanosensor gula darah berbasis nanopartikel emas melalui bioreduksi daun afrika telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel emas menggunakan ekstrak daun afrika. Hasil sintesis nanopartikel emas dikarakterisasi menggunakan UV-Vis, XRD, PSA, SEM, dan FTIR, selanjutnya nanopartikel emas diaplikasikan sebagai sensor untuk mendeteksi kadar glukosa. Hasil karakterisasi menggunakan UV-Vis didapatkan absorbansi yang terus meningkat selama 5 hari. Kristal yang didapatkan berupa kristal nanopartikel emas, hal ini diperkuat dengan hasil karakterisasi menggunakan XRD dan didapatkan ukuran rata-rata kristal nanopartikel emas adalah 13,59 nm. Hasil SEM menunjukkan bahwa nanopartikel emas berbentuk bulat. Hasil pengukuran PSA menunjukkan ukuran nanopartikel emas adalah 112,7 nm. Sensor glukosa ini berhasil mengukur kadar glukosa dengan konsentrasi 1-4 mM dengan nilai koefisien korelasi 0,991, limit deteksi minimum 3,9941 mM dengan sensitivitas $0,2892 \text{ A mM}^{-1} \cdot \text{mm}^{-2}$.

Kata kunci : ekstrak daun afrika, sintesis, nanopartikel emas, sensor, glukosa

ABSTRACT

Research on the design and application of blood sugar nanosensor based on gold nanoparticles through bioreduction of African leaves has been carried out. This study aims to synthesize gold nanoparticles using African leaf extract. The results of the synthesis of gold nanoparticles were characterized using UV-Vis, XRD, PSA, SEM, and FTIR, then gold nanoparticles were applied as sensors to detect glucose levels. The results of characterization using UV-Vis showed that the absorbance continued to increase for 5 days. The crystals obtained were in the form of gold nanoparticles crystals, this was confirmed by the results of characterization using XRD and the average size of gold nanoparticles crystals was 13,59 nm. SEM results showed that gold nanoparticles round. The PSA measurement results showed that the size of the gold nanoparticles was 112,7 nm. This glucose sensor successfully measures glucose levels with a concentration of 1-4 mM with a correlation coefficient of 0,991, a minimum detection limit of 3,9941 mM with a sensitivity of $0,2892 \text{ mM}^{-1} \cdot \text{mm}^{-2}$.

Key words : African leaf extract, synthesis, gold nanoparticles, sensors, glucose

DAFTAR ISI

	halaman
PRAKATA	iv
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
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
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sensor Kimia	5
2.2 Nanopartikel	6
2.3 Nanopartikel Emas	8
2.4 Daun Afrika	10
2.5 Biosensor	13
2.6 Glukosa	14
BAB III. METODE PENELITIAN	16
3.1 Bahan Penelitian	16

3.2 Alat Penelitian	16
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.4 Prosedur Penelitian	17
3.4.1 Pembuatan Reagen	17
3.4.1.1 Pembuatan Larutan H ₂ AuCl ₄ 1000 ppm	17
3.4.1.2 Pembuatan Larutan Polivinil Alkohol (PVA) 1,5%	17
3.4.1.3 Pembuatan Larutan NaOH 0,1 M	17
3.4.1.4 Pembuatan Larutan Induk Glukosa 10 mM	17
3.4.1.5 Pembuatan Larutan Standar Glukosa	18
3.4.2 Sintesis Nanopartikel Emas	18
3.4.2.1 Pembuatan Larutan Ekstrak Daun Afrika	18
3.4.2.2 Pembuatan Nanopartikel Emas	19
3.5 Metode Analisis Data	19
3.5.1 Karakterisasi dengan <i>Particles Size Analyser</i> (PSA)	19
3.5.2 Karakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Vis	19
3.5.3 Karakterisasi dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD), <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) dan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	19
3.6 Desain Elektroda dan Pengendapan Nanopartikel Emas ...	20
3.7 Pengukuran Larutan Standar Glukosa	20
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Sintesis Nanopartikel Emas	21
4.2 Karakterisasi Nanopartikel Emas	21
4.2.1 Karakterisasi Warna Larutan Nanopartikel Emas	21
4.2.2 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan Spektrofotometer UV-Vis	23
4.2.3 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan PSA	24
4.2.4 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan FTIR	25
4.2.5 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan XRD	28
4.2.6 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan SEM	29
4.3 Aplikasi Sensor Berbasis Nanopartikel Emas	29
4.3.1 Deteksi Pada Glukosa	29

4.3.2 Limit Deteksi	32
4.3.3 Sensitivitas	33
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	40

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Pembuatan Larutan Standar	18
2. Hasil Analisa Serapan UV-Vis	23
3. Data Puncak Standar Emas Berdasarkan ICDD	28
4. Hasil Pengukuran Elektroda Kerja yang Dilapisi Nanopartikel Emas	31
5. Hasil Pengukuran Elektroda Kerja Tanpa Nanopartikel Emas	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Struktur sensor kimia yang bereaksi dengan lingkungan sekitar	5
2. Mekanisme sensor kimia dengan metode elektrokimia	6
3. Prinsip Kerja XRD	8
4. Ukuran berbagai nanopartikel emas	9
5. Tanaman afrika (<i>Vernonia amygdalina</i>)	11
6. Gambaran Metabolisme Glukosa	15
7. Kristal Nanopartikel Emas	21
8. Warna larutan H _{Au} Cl ₄ dan NPE	22
9. Spektrum FTIR	25
10. Reaksi Tanin dengan Emas	26
11. Pola Difraksi XRD Nanopartikel Emas	28
12. Hasil Analisis Nanopartikel Emas dengan SEM	29
13. Voltamogram Dengan Pelapisan Nanopartikel Emas	30
14. Voltamogram Tanpa Pelapisan Nanopartikel Emas	30
15. Kurva Regresi Linear Konsentrasi Vs Kuat Arus	32
16. Limit Deteksi Elektroda Kerja yang Dilapisi Nanopartikel Emas	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Bagan Kerja Penelitian	40
2. Perhitungan Ukuran Partikel	44
3. Perhitungan Limit Deteksi dan Sensitivitas	45
4. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis	46
5. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan PSA	48
6. Data Hasil Karakterisasi Ekstrak Daun Afrika Menggunakan FTIR	49
7. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan FTIR	50
8. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan XRD	51
9. Dokumentasi Kegiatan Penelitian	52

DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti
DM	Diabetes Mellitus
NPE	Nanopartikel Emas
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
PSA	<i>Particle Size Analyser</i>
IDF	<i>International Diabetes Federation</i>
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
TEM	<i>Transmission Electron Microscopy</i>
HR-TEM	<i>high resolution Transmission Electron Microscopy</i>
ICDD	<i>International Centre for Diffraction Data</i>
PI	<i>Polydispersi Intensity</i>
mg/dL	miligram/desiliter

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes melitus (DM) adalah gangguan metabolisme tubuh yang ditandai dengan terjadinya hiperglikemia parah akibat efek pada sekresi insulin dan aksi insulin. Secara global, diabetes terjadi pada 9,8% pria dan 9,2% wanita di dunia (Kaur dan Kochar, 2017). *International Diabetes Federation* (IDF) menyatakan bahwa prevalensi diabetes melitus di dunia adalah 1,9%, hal tersebut menjadikan diabetes melitus sebagai penyebab kematian urutan ke tujuh di dunia (Fatimah, 2015).

Indonesia merupakan negara dengan penderita penyakit diabetes mellitus terbanyak keempat di dunia. Banyaknya penderita penyakit diabetes mellitus berkisar antara 1,2 - 2,3% terhadap penduduk yang berusia diatas 15 tahun, angka tersebut akan terus meningkat terutama pada orang diatas umur 45 tahun (Mahendra dkk, 2008). IDF telah memprediksi adanya peningkatan jumlah penderita diabetes mellitus yang telah menjadi ancaman kesehatan di dunia. Penderita penyakit diabetes melitus di dunia maupun di Indonesia makin bertambah tiap tahunnya. IDF memprediksi jumlah penderita diabetes di Indonesia pada usia 20-79 tahun, yaitu dari 10 juta pada tahun 2015 menjadi 16,2 juta pada tahun 2040. Berdasarkan angka tersebut Indonesia akan menempati posisi keenam penyandang diabetes melitus terbanyak di dunia pada tahun 2040 atau naik satu tingkat peringkat dibanding dengan data IDF pada tahun 2015 yang menempati peringkat ke-7 di dunia (Zamaa dan Sainudin, 2019).

Prevalensi diabetes melitus yang terus meningkat mendorong banyaknya penelitian tentang bagaimana cara mendeteksi kadar gula dalam darah. Salah satu cara pengukuran kadar glukosa dalam darah dapat dilakukan dengan menggunakan biosensor nanopartikel (Yoo dan Lee, 2010). Dalam pengembangan biosensor, penggunaan nanopartikel merupakan salah satu pendekatan yang tepat karena dapat meningkatkan amobilisasi biomolekul, katalis reaksi elektrokimia, pelabelan molekul dan meningkatkan transfer elektron. Berbagai jenis nanopartikel logam mulia yang digunakan dalam aplikasi biosensor, tetapi nanopartikel emas (NPE) memiliki fitur yang cocok dalam meningkatkan sensitifitas dan selektifitas dari biosensor karena memiliki biokompatibilitas, sifat optik, elektronik, produksi dan modifikasinya yang relatif sederhana (Fazrin dkk., 2020). Nanopartikel emas memiliki sifat yang stabil serta dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti optik nonlinier, elektronik, sensor, katalis, biologi, dan pengobatan medis (Marfina dkk., 2019).

Tumbuhan merupakan salah satu media yang menjadi pereduksi dalam sintesis nanopartikel emas, salah satunya adalah daun afrika (*Vernonia amygdalina*). Daun Afrika (*Vernonia amygdalina*) memiliki Kandungan zat aktif yaitu saponin, flavonoid, tanin, polifenol dan alkaloid digunakan untuk menurunkan glukosa darah (Christomo dkk, 2018). Adanya komponen *polyphenolic* seperti tannin dalam ekstrak tanaman dapat berperan sebagai bioreduktor yang dapat mereduksi Au (III) menjadi Au (0) (Falahudin dkk., 2020). Penelitian tentang biosensor telah banyak dilakukan tetapi pemanfaatan tumbuhan ekstrak daun afrika sebagai agen pereduksi belum pernah dilakukan sebelumnya, oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan inovasi biosensor untuk mendeteksi diabetes melitus dengan menggunakan nanopartikel emas melalui bioreduksi daun afrika.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

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

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

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

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Melakukan sintesis nanopartikel emas menggunakan ekstrak daun afrika sebagai bioreduktor.
2. Menentukan karakteristik dari nanopartikel emas yang telah direduksi oleh ekstrak daun afrika menggunakan FTIR, XRD, SEM, dan PSA.
3. Menentukan tingkat absorbansi nanopartikel emas sebagai materi dalam sensor kadar gula darah menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

4. Mengukur kecepatan respon sensor berbasis nanopartikel emas dari ekstrak daun afrika (*Vernonia amygdalina*) sebagai sensor glukosa.

1.4 Manfaat Penelitian

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

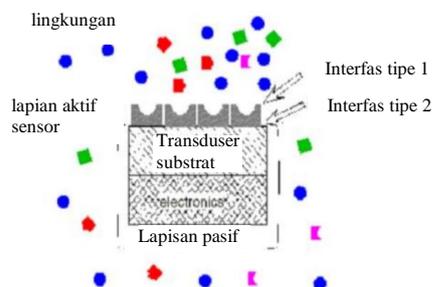
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

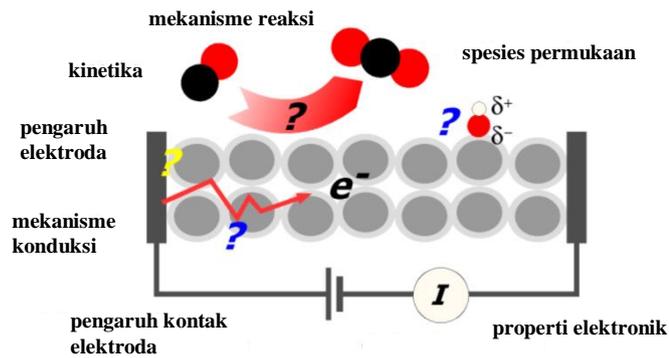
2.1 Sensor Kimia

International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) mendefinisikan bahwa sensor kimia adalah perangkat yang mengubah informasi kimia, mulai dari konsentrasi komponen sampel tertentu terhadap komposisi total analisis menjadi sinyal analitik yang berguna. Sensor kimia dapat mendeteksi jumlah suatu zat kimia dengan cara mengubah besaran kimia menjadi besaran listrik dan biasanya melibatkan beberapa reaksi kimia. Contoh dari sensor kimia adalah sensor pH, sensor gas, sensor oksigen dan sensor ledakan. Informasi kimia dapat berasal dari reaksi analit bahan kimia atau sistem fisik bahan yang diselidiki (Fan, 2013).

Sensor kimia yang ideal adalah sensor yang mampu berinteraksi dengan analit secara reversibel, sehingga sinyal sensor dapat dikontrol dengan mudah, baik secara kinetik maupun termodinamik. Gambar 1 merupakan ilustrasi sensor kimia yang bereaksi dengan analit. Saat sensor kimia tersebut bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia maka mekanisme transduksi yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 2 (Kuswandi, 2008).



Gambar 1. Struktur sensor kimia yang bereaksi dengan lingkungan sekitar (Kuswandi, 2008)



Gambar 2. Mekanisme sensor kimia dengan metode elektrokimia (Kuswandi, 2008)

IUPAC menyatakan bahwa sensor kimia memiliki dua fungsi dasar yaitu reseptor dan transduser. Reseptor mengubah informasi kimia dari sampel menjadi bentuk energi yang dapat diukur dengan transduser. Transduser kemudian mengubah energi menjadi sinyal analitis (Fan, 2013). Sensor ion merupakan jenis sensor kimia pertama yang dikembangkan dan diproduksi dalam skala besar. Awalnya, sensor ion didasarkan pada bahan padat, seperti kaca atau bahan kristal yang termasuk situs pengenalan selektif. Pada tahun 1967-1968, diperkenalkan reseptor ion molekuler, dapat berupa ion organik hidrofobik yang digabungkan ke dalam membran polimer hidrofobik (Banica, 2012).

2.2 Nanopartikel

Perkembangan teknologi dan sains sangat berkembang pesat di bidang material. Nanosains dan nanoteknologi merupakan kajian ilmu dan rekayasa material dalam skala nanometer yang sedang dikembangkan oleh para ilmuwan di seluruh dunia. Nanomaterial dibuat untuk membawa inovasi yang signifikan dan kemajuan bagi masyarakat serta memiliki manfaat untuk kesehatan manusia dan lingkungan (Amiruddin dan Taufikurrohman, 2013).

Nanomaterial adalah partikel berukuran nanometer. Sifat yang banyak dikembangkan dalam aplikasi teknologi nano yaitu sifat listrik dan optis,

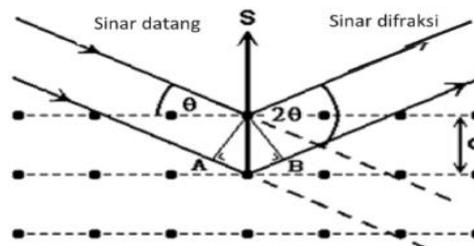
diantaranya adalah untuk konversi sel surya, katalis, sensor gas, hingga kosmetik (Yasser dan Widiyanti, 2017). Nanopartikel memiliki ukuran nanometer, yaitu sekitar 1-100 nm. Material nanopartikel memiliki sifat-sifat atau karakteristik yang berbeda dari ukuran besarnya (*bulk*) (Purnomo dkk., 2017). Beberapa kelebihan nanopartikel adalah kemampuan untuk menembus ruang-ruang antar sel yang hanya dapat ditembus oleh ukuran partikel koloidal. Kelebihan lain dari nanopartikel adalah adanya peningkatan afinitas dari sistem karena peningkatan luas permukaan kontak pada jumlah yang sama (Martien dkk, 2012).

Secara umum, terdapat dua jalur dalam pembuatan koloid nanopartikel dalam logam yaitu metode *top down* dengan memecah material yang besar menjadi nanopartikel dengan perlakuan fisik dan metode *bottom up* dengan menumbuhkan nanopartikel dari atom logam pada keadaan gas atau larutan (Prasetyo, 2018).

Transmission Electron Microscopy (TEM) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) secara luas dianggap sebagai standar yang baik untuk mengkarakterisasi nanopartikel (Fazrin dkk., 2020). SEM adalah alat yang dapat membentuk bayangan permukaan spesimen secara mikroskopik. Berkas elektron dengan diameter 5-10 nm diarahkan pada spesimen. Interaksi berkas elektron dengan spesimen menghasilkan beberapa fenomena yaitu hamburan balik berkas elektron, sinar X, elektron sekunder dan absorbsi elektron. Pengujian SEM pada hakekatnya merupakan pemeriksaan dan analisa morfologi. Data atau tampilan yang diperoleh adalah data dari bentuk morfologi atau dari lapisan yang tebalnya sekitar 20 μm dari permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan

morfologi dengan segala tonjolan, lekukan dan lubang pada permukaan (Kardiman dkk., 2018).

Karakterisasi nanopartikel juga dapat dilakukan dengan *X-Ray Diffraction* (XRD). Metode ini digunakan untuk mengetahui ciri utama pada sistem kristal seperti parameter kisi dan tipe struktur. Selain itu, juga untuk mengetahui susunan berbagai jenis atom dalam kristal, cacat pada kristal, dan orientasi kristal. Prinsip kerja XRD didasarkan pada analisis Bragg. Seberkas sinar-X mengenai suatu permukaan kristal dengan sudut sebesar θ dan sebuah detector digunakan untuk mencatat sinar hamburan dengan sudut θ . Ketika θ diubah, maka detektor akan mencatat puncak yang bersesuaian dengan orde n yang divisualisasikan dalam difraktogram (Fahmi, 2019).

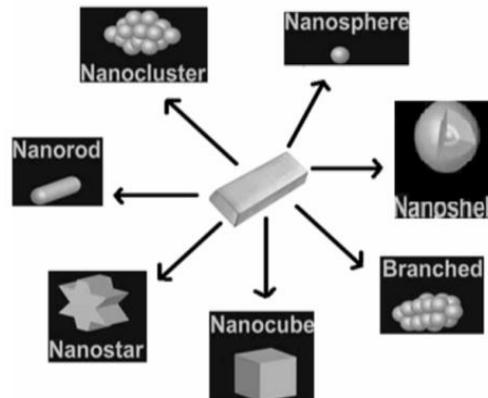


Gambar 3. Prinsip Kerja XRD (Fahmi, 2019)

2.3 Nanopartikel Emas

Nanopartikel emas merupakan material berukuran kecil, nanopartikel emas umumnya diperoleh dengan cara sintesis *in-situ* yaitu mereduksi HAuCl_4 dengan asam sitrat. Molekul sitrat digunakan sebagai agen pengkaping dan agen penstabil (Hidayati dkk, 2018). Nanopartikel emas memiliki banyak ukuran mulai dari 1 nm hingga 8 μm . Nanopartikel emas juga memiliki bentuk yang berbeda seperti sferis, sub-oktahedral, *octahedral*, *decahedral*, *icosahedral* berganda, bentuk tidak beraturan, tetrahedral, *nanotriangles*, nanoprisma, trombosit heksagonal, dan

nanoroda (Khan dkk., 2014).



Gambar 4. Ukuran berbagai nanopartikel emas (Khan dkk., 2014)

Berbagai sifat optic, termal, katalitik dan fisik dari nanopartikel emas yang bergantung pada ukuran dan bentuknya dalam proses sintesis. Penerapan organisme biologis seperti mikroorganisme, ekstrak tumbuhan, atau biomassa tumbuhan dapat dianggap sebagai alternatif dari metode kimia dan fisika untuk menghasilkan nanopartikel secara berkelanjutan. Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai tanaman telah berhasil digunakan dan dilaporkan untuk sintesis ekstraseluler yang efektif dan cepat dari nanopartikel emas, perak dan tembaga (Mofrad dkk., 2017).

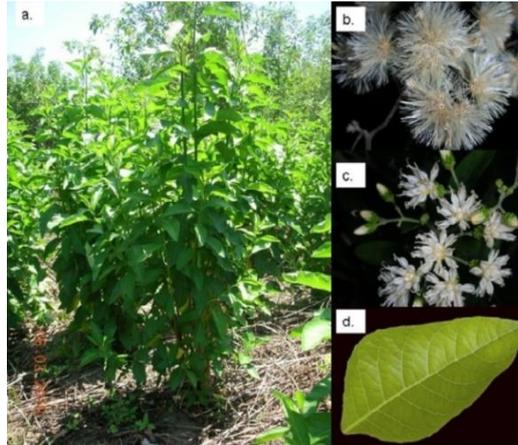
Nanopartikel juga dapat disintesis dengan cara fisika, kimia maupun *green synthesis*. Dari ketiga metode tersebut, *green synthesis* merupakan metode yang paling ramah lingkungan, tidak memerlukan biaya yang mahal, tidak memerlukan tekanan, energi dan temperatur yang tinggi serta tidak perlu bahan kimia yang beracun. *Green synthesis* nanopartikel emas dapat melibatkan ekstrak tumbuhan maupun enzim. Kandungan metabolit sekunder pada tumbuhan dapat berperan dalam proses reduksi emas menjadi ukuran nanopartikel (Yasser dan Akbar, 2018). *Green Synthesis* nanopartikel emas didasarkan pada kemampuan gugus aktif suatu bahan alam seperti flavonoid untuk mereduksi logam dalam ukuran

makro menjadi ukuran nanopartikel. Indikasi terbentuknya nanopartikel emas ditandai dengan perubahan warna dari kuning menjadi merah-ungu. Kekurangan dari *green synthesis* nanopartikel logam terutama nanopartikel emas adalah kestabilan nanopartikel terhadap penyimpanan (waktu) (Yasser dan Widiyanti, 2019).

Sintesis nanopartikel menggunakan ekstrak tumbuhan merupakan metode yang ramah lingkungan dan juga memiliki keunggulan khusus yaitu tumbuhan tersebar luas, lebih aman untuk ditangani, dan bertindak sebagai sumber beberapa metabolit. Berbagai senyawa metabolit yang dapat membantu mengurangi ion logam dan proses yang lebih cepat daripada sintesis menggunakan mikroba. Dalam dekade terakhir biosintesis dengan menggunakan tumbuhan telah mendapat perhatian penting dari banyak peneliti. Beberapa penelitian biosintesis nanopartikel logam telah menggunakan tumbuhan sebagai agen pereduksi. Pada sintesis nanopartikel emas menggunakan tumbuhan, Au yang tidak bermuatan dibentuk melalui reaksi oksidasi reduksi dari Au^{3+} dalam larutan dengan senyawa tertentu dari tanaman (Wahab dkk., 2018).

2.4 Daun Afrika

Daun afrika (*Vernonia amygdalina*) merupakan tumbuhan semak kayu lunak yang cepat beregenerasi, dapat mencapai 2 hingga 10 m dengan daun petiolat yang berdiameter sekitar 6 mm. Tanaman ini memiliki nama yang berbeda di berbagai etnis di seluruh dunia. Daun afrika (*Vernonia amygdalina*) menghasilkan berbagai flavonoid dan lakton seskuiterpen pahit yang berkontribusi terhadap bioaktivitas dari tanaman ini (Yeap dkk, 2010).



Gambar 5. Tanaman afrika (*Vernonia amygdalina*) (Yeap dkk., 2010)

Tanaman afrika (*Vernonia amygdalina*) memiliki sinonim *Gymnanthemum amygdalinum* yang di Indonesia dikenal dengan nama daun afrika. Daun afrika (*Vernonia amygdalina*) banyak mengandung nutrisi dan senyawa kimia, antara lain protein 19,2%, serat 19,2%, karbohidrat 68,4%, lemak 4,7%, asam askorbat 166,5 mg/100 g, karotenoid 30 mg/100 g, kalsium 0,97 g/100 g, besi 7,5 mg/100 g. sedangkan senyawa kimia yang terkandung dalam daun afrika (*Vernonia amygdalina*) antara lain adalah flavonoid, alkaloid, saponin, terpenoid, tannin, glikosida, alkaloid indol, antrakuinon dan luteolin (Sukmawati dkk., 2017).

Klasifikasi dari tanaman afrika (Danladi dkk, 2018).

Kingdom : Plantae
 Class : Angiospermae
 Order : Asterales
 Family : Asteraceae
 Genus : *Vernonia*
 Spesies : *amygdalina*

Tanaman afrika (*Vernonia amygdalina*) banyak tumbuh di benua Afrika bagian barat terutama di Nigeria dan negara yang beriklim tropis salah satunya

adalah Indonesia. Tanaman ini mudah tumbuh pada daerah yang mempunyai curah hujan cukup tinggi sehingga bisa tumbuh dengan baik di Indonesia. Tanaman afrika (*Vernonia amygdalina*) merupakan salah satu tanaman yang digunakan sebagai obat tradisional. Penggunaan daun afrika banyak digunakan oleh masyarakat sebagai obat dengan pengolahan sederhana, yaitu dengan cara meminum air rebusan daun yang dapat digunakan untuk berbagai macam penyakit, seperti obat kanker, pencegahan terhadap penyakit jantung, menurunkan kolesterol, mencegah stroke, mengatur gula darah, gangguan pencernaan, dan menurunkan berat badan (Musnaeni dan Indrayani, 2018).

Daun afrika telah diuji dan dilaporkan memiliki beberapa efek farmakologis seperti antimikroba, antimalarial, antitrombotik, antioksidan, antidiabetes, pencahar, hipoglikemik, antihelminik, antiinflamasi, katartik, antikanker, antifertilitas, anti jamur, dan masih banyak lagi (Alara dkk, 2017). Daun afrika berpotensi untuk dikembangkan sebagai pengobatan diabetes karena mengandung senyawa flavonoid yang berfungsi sebagai antioksidan utama. Flavonoid bertindak sebagai donor hidrogen, memiliki kemampuan untuk menstabilkan dan mendelokalikasi elektron yang tidak berpasangan dalam radikal bebas, dan mampu mengkelat ion logam (Silahooy dkk., 2018). Selain itu, daun afrika juga mengandung terpenoid yang dapat mengurangi kadar glukosa dalam darah melalui aktivitas insulin yang dapat menghambat gluconeogenesis dan glikogenolisis. Saponin dilaporkan dapat mengurangi *stress* oksidatif terkait hiperglikemia pada pasien diabetes mellitus tipe 2. Tannin dapat menghambat aktivitas alfa-amilase dan alfa-glukosidase yang kemudian dapat mengurangi transportasi glukosa ke epitel khusus (Putri, 2019).

2.5 Biosensor

Sejarah biosensor dimulai pada tahun 1962 dengan pengembangan elektroda enzim oleh ilmuwan Leland C. Clark. Sejak itu, komunitas riset dari berbagai bidang seperti VLSI, Fisika, Kimia, dan ilmu material bersama-sama mengembangkan perangkat biosensing yang lebih canggih, andal dan lebih baik untuk diaplikasikan di bidang kedokteran, pertanian serta bioteknologi (Darsnaki dkk., 2013). Biosensor adalah peralatan analitik yang merupakan penggabungan antara komponen biologi (enzim) dan transduser fisika untuk mendeteksi suatu senyawa target. Biosensor memiliki sensitivitas dan selektivitas yang tinggi, kecepatan respon, pengoperasiannya yang mudah, maka biosensor menjadi suatu peralatan untuk mendeteksi komponen kimia dan biologi, obat-obatan, makanan dan monitoring lingkungan (Mashuni, 2012).

Biosensor terdiri dari dua komponen utama, yaitu bioreseptor yang akan mengenali analit target dan transduser yang akan merubah sinyal biologis menjadi sinyal elektrik yang terukur. Pada umumnya, perangkat biosensor ditambah dengan amplifiser yang berfungsi untuk memperbesar sinyal elektrik yang diterima sehingga dapat dilanjutkan ke bagian pemroses data dengan mudah (Habibah, 2016).

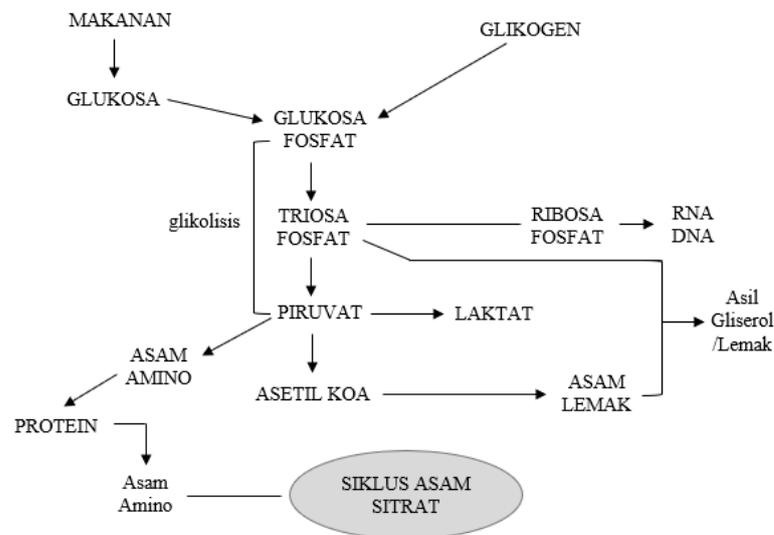
Biosensor elektrokimia menunjukkan keunggulan sensitivitas tinggi, biaya rendah, miniaturisasi yang dapat diterima serta kenyamanan dalam pengoperasiannya. Nanopartikel emas memiliki peran penting dalam meningkatkan sensitivitas biosensor elektrokimia, seperti memodifikasi permukaan penginderaan untuk meningkatkan konduktivitas, meningkatkan imobilisasi biomolekul, dan mengkatalis reaksi elektrokimia. Selain itu,

nanopartikel emas juga digunakan sebagai indikator elektrokimia (Jiang dkk., 2018).

Biosensor dapat dibuat dengan metode biosintesis, dimana biosintesis merupakan sintesis nanopartikel dengan menggunakan media dari bahan-bahan biologi baik mikroorganisme maupun tumbuh-tumbuhan. Biosintesis dengan ekstrak tumbuhan lebih sederhana dibandingkan dengan mikroorganisme, karena tidak perlu menyiapkan media mikroorganisme atau kultur sel, yang mana prosesnya cukup rumit. Beberapa tumbuhan telah berhasil disintesis dengan proses biosintesis nanopartikel perak dan emas (Purnomo dkk., 2017).

2.6 Glukosa

Glukosa adalah gula monosakarida yang dapat langsung diserap oleh tubuh dan dikonversi menjadi energi. Kadar glukosa dalam bahan pangan sumber karbohidrat meliputi monosakarida yang sudah tersedia atau berasal dari pemecahan polisakarida (pati/amilum) dalam bahan tersebut (Diyah dkk., 2016). Glukosa dan metabolitnya juga berperan dalam beberapa proses lain, seperti konversi menjadi polimer glikogen dalam otot rangka dan hepar, jalur pentosa fosfat yang merupakan jalur alternatif dalam glikolisis untuk biosintesis molekul pereduksi (NADPH) dan sumber ribosa bagi sintesis asam nukleat, triosa fosfat membentuk gugus gliserol dari triasilgliserol, serta piruvat dan zat-zat antara dalam siklus asam sitrat menyediakan kerangka karbon untuk sintesis asam amino dan asetil-KoA sebagai prekursor asam lemak dan kolesterol. Gambaran metabolisme glukosa dapat dilihat pada Gambar 7 (Murray dkk, 2006).



Gambar 6. Gambaran Metabolisme Glukosa (Murray dkk., 2006)

Glukosa merupakan bahan bakar utama dalam jaringan tubuh serta berfungsi untuk menghasilkan energi. Kadar glukosa darah sangat erat kaitannya dengan penyakit DM. Peningkatan kadar glukosa darah sewaktu ≥ 200 mg/dL yang disertai dengan gejala poliuria, polidipsia, polifagia, dan penurunan berat badan yang tidak dapat dijelaskan sebabnya sudah cukup menjelaskan diagnosis DM (Amir dkk, 2015). DM didefinisikan sebagai suatu penyakit atau gangguan metabolisme yang ditandai dengan tingginya kadar gula darah disertai dengan gangguan metabolisme karbohidrat, lipid dan protein sebagai akibat insufisiensi fungsi insulin. Insufisiensi fungsi insulin dapat disebabkan oleh gangguan sekresi insulin, kerja insulin yang tidak efektif atau keduanya. Insulin merupakan hormone penting yang diproduksi di kelenjar pancreas tubuh dan mengangkat glukosa dari aliran darah ke sel-sel tubuh dimana glukosa diubah menjadi energy. Kurangnya insulin atau ketidakmampuan sel untuk merespon insulin inilah yang menyebabkan kadar glukosa darah tinggi, atau hiperglikemia yang merupakan ciri khas diabetes (Putri, 2019).