

*Skripsi*

**DESAIN DAN APLIKASI NANOSENSOR GULA DARAH BERBASIS  
NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR  
EKSTRAK DAUN SALAM (*Syzygium polyanthum*)**

**MUHAMMAD FATHIR HASYIM**

**H031 17 1304**



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

**DESAIN DAN APLIKASI NANOSENSOR GULA DARAH BERBASIS  
NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR EKSTRAK  
DAUN SALAM (*Syzygium polyanthum*)**

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

**MUHAMMAD FATHIR HASYIM**

**H031171304**

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

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**DESAIN DAN APLIKASI NANOSENSOR GULA DARAH BERBASIS  
NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR EKSTRAK  
DAUN SALAM (*Syzygium polyanthum*)**

**Disusun dan diajukan oleh**

**MUHAMMAD FATHIR HASYIM  
H031171304**

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 Mei 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 : Muhammad Fathir Hasyim

NIM : H031171304

Program Studi : Kimia

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul Desain dan Aplikasi Nanosensor Gula Darah Berbasis Nanopartikel Emas Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Salam (*Syzygium Polyanthum*) 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, 11 Mei 2021

Yang Menyatakan



Muhammad Fathir Hasyim

## بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Kamu sungguh-sungguh akan diuji terhadap hartamu dan dirimu. Dan (juga) kamu sungguh-sungguh akan mendengar dari orang-orang yang diberi kitab sebelum kamu dan dari orang-orang yang mempersekutukan Allah, gangguan yang banyak yang menyakitkan hati. Jika kamu bersabar dan bertakwa, maka sesungguhnya yang demikian itu termasuk urusan yang patut diutamakan”

(Ali ‘Imran ayat 186)

“Barang siapa yang tidak mau merasakan pahitnya belajar, ia akan merasakan hinanya kebodohan sepanjang hidupnya”

(Imam Syafi’i)

***Kupersembahkan karya kecil ini untuk orang tua, keluarga dan orang-orang yang mengasihiku, serta dirimu yang saat ini membacanya...***

## PRAKATA

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah *Subhanahu wa Ta'ala*, Tuhan seluruh alam yang telah menciptakan semesta beserta keteraturannya. Shalawat dan salam tidak lupa dikirimkan kepada Rasulullah Muhammad *shallallahu 'alaihi wasallam* sebagai kekasih-Nya dan teladan serta panutan 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 Emas Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Salam (*Syzigium Polyanthum*)”** sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Limpahan rasa hormat dan bakti serta doa yang tulus, penulis persembahkan kepada Ayaha tercinta **Dr. Muhammad Hasyim, M.Si**, Ibunda tercinta **Sutia Anggrayni** dan Kakek tercinta **Alm. Hj. Pilo Abbas** yang telah mengasuh, membimbing dengan kasih sayang serta do'a tulus mereka yang senantiasa mengiringi perjalanan ini dalam menuntut ilmu. Saudara-saudaraku **Farah Fadilah Hasyim dan Muhammad Faqih** yang telah memberikan dukungan dan senantiasa mendoakan. *Syukran jazaakumullah khairan katsiran*, semoga Allah Azza wa jalla melimpahkan kemuliaan dan keridhoan kepada kita di dunia dan di akhirat.

Ungkapan 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 ilmu, saran, inspirasi, pertimbangan, motivasi, dan nasihat selama proses persiapan penelitian hingga penyusunan skripsi ini. Ungkapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada **Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M)** yang telah membiayai penelitian kami hingga akhir melalui skem penelitian “**Penelitian Dosen Penasehat Akademik (PDPA)**”. 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 senantiasa sabar mengajarkan ilmu kimia dan ilmu membangun *attitude* yang baik dan Staf Departemen Kimia yang juga telah banyak membantu.
2. Tim Penguji Ujian Sarjana Kimia, **Dr. Yusafir Hala, M.Si** (Ketua), **Ir. Abd Hayat Kasim, MT** (Sekretaris), **Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc** (Ex Officio), **Dr. Abd. Karim, M.Si** (Ex Officio). Terima kasih atas bimbingan dan saran-saran yang diberikan.
3. Seluruh analis laboratorium yakni **Pak Iqbal, Pak Sugeng, Ibu Tini, Kak Anti, Kak Tanto, Pak Taufik, Kak Tri, Kak Mila, Pak Bambang Hermawan, Pak Luki** dan terkhusus **Kak Fiby, Kak Triana, Kak Gusnita, Kak Alfian** dan **Kak Lhia** yang selalu memberikan solusi atas keluh kesah kami dan terima kasih atas bantuan yang diberikan selama penelitian.
4. Rekan-rekan peneliti di Laboratorium Kimia Analitik yaitu **Tri Melinea, Alfiah, Kak Amel**, dan **Kak Pado**. Terima kasih atas kerja sama, diskusi-diskusi dan pengalaman selama penelitian.

5. Teman Panel, **Marfa Wahyuni A. P** yang berjuang bersama dalam menyelesaikan penelitian di Laboratorium Kimia Analitik.
6. Sahabat **UKM-Renang Unhas** yakni **Nurlindah Suldar, Widy, Ibnu** dan **Ismul** yang selalu menyemangati, menghibur, dan menemani dalam menulis skripsi saya.
7. Teman-teman Kimia **Unhas 2017 dan AL17ATIK 2017**, terima kasih atas persahabatan dan kebersamaan yang terjalin selama ini.
8. Sahabat-sahabat saya sejak SMK (**Aryan, Juan, Irvandi, Yayat, Syifa, Carman, Malik** dan **Rivaldi**) yang selalu mengajak ngumpul untuk refreshing ketika lagi pusing-pusingnya dengan tugas perkuliahan.
9. Wakil Dekan III FMIPA Unhas, **Dr. Andi Ilham Latunra, M.Si** sekaligus asisten WD III, **Kak Anto** dan **Ardi** yang selalu membantu baik secara eksternal maupun internal dalam proses penelitian tugas akhir saya.

Penulis sadar akan segala kekurangan dalam penulisan skripsi ini, maka penulis sangat menghargai bila ada kritik dan saran demi penyempurnaan isi skripsi ini. Penulis hanya dapat berdoa agar apa yang dikerjakan semoga bernilai ibadah disisi-Nya serta agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan orang-orang yang membacanya. Aamiin.

Makassar, April 2021

Penulis

## ABSTRAK

Penelitian tentang desain dan aplikasi nanosensor gula darah berbasis nanopartikel emas melalui bioreduktor ekstrak daun salam (*syzygium polyanthum*) telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel emas menggunakan bioreduksi ekstrak daun salam. Nanopartikel emas hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PSA, FTIR, XRD, dan SEM serta diaplikasikan sebagai sensor untuk mendeteksi glukosa darah. Berdasarkan hasil Hasil penelitian menunjukkan nanopartikel emas berhasil disintesis pada selang waktu 2 jam dengan panjang gelombang maksimum 533,8 nm dan ukuran nanopartikel yang dihasilkan relatif stabil selama 10 hari. Analisis dengan XRD menguatkan bahwa nanopartikel yang disintesis adalah kristal emas yang sesuai dengan standar nanopartikel emas. Hasil SEM menunjukkan bahwa nanopartikel emas memiliki struktur permukaan yang tidak seragam dan berbentuk bulat. Hasil pengukuran dengan PSA menunjukkan bahwa ukuran rata-rata nanopartikel emas adalah 47,54 nm. Desain sensor glukosa berbasis nanopartikel emas memiliki kisaran pengukuran 1–6 mM dengan regresi 0,9736, limit deteksi maksimum dari sensor pada konsentrasi 5,66 mM dengan sensitivitas sensor yaitu 0,2064 A.mM<sup>-1</sup>.mm<sup>-2</sup> dan analisis kandungan glukosa yang terkandung dalam sampel darah yaitu 93,88 mg/dL.

Kata kunci: ekstrak daun salam, nanopartikel emas, glukosa, sensor, sintesis.

## ABSTRACT

Research on the design and application of blood sugar nanosensors based on gold nanoparticles through the bioreductor bay leaf extract (*Syzygium polyanthum*) has been carried out. This study aims to synthesize gold nanoparticles using bay leaf extract bioreduction. The synthesized AuNPs were characterized using UV-Vis, PSA, FTIR, XRD, and SEM spectrophotometers and were applied as sensors to detect blood glucose. The results showed that the gold nanoparticles were successfully synthesized at an interval of 2 hours with a maximum wavelength of 533.8 nm and the resulting nanoparticles were relatively stable for 10 days. The XRD analysis confirmed that the nanoparticles synthesized were gold crystals which conformed to the gold nanoparticle standard. SEM results show that the gold nanoparticles have a non-uniform surface structure and are spherical in shape. The PSA measurement results showed that the average size of gold nanoparticles was 47.54 nm. The design of the glucose sensor based on gold nanoparticles has a measurement range of 1–6 mM with a regression of 0.9736, detection of the maximum limit of the sensor at a concentration of 5.66 mM with a sensitivity sensor of 0.2064 A.mM<sup>-1</sup>.mm<sup>-2</sup> and analysis of glucose content contained in the blood sample is 93.88 mg / dL.

Keywords: bay leaf extract, gold nanoparticles, glucose, sensors, synthesis.

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Maksud Penelitian.....	5
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Daun Salam.....	7
2.2 Nanopartikel.....	11
2.3 Nanopartikel Emas.....	13
2.4 Glukosa Darah.....	17
2.5 Biosensor Nanopartikel.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	24

3.1 Bahan Penelitian.....	24
3.2 Alat Penelitian.....	24
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
3.4 Prosedur Penelitian.....	25
3.4.1 Pembuatan Reagen.....	25
3.4.1.1 Pembuatan Larutan HAuCl <sub>4</sub> 1000 ppm.....	25
3.4.1.2 Pembuatan Larutan Asam Poli Akrilat (PAA) 1%.....	25
3.4.1.3 Pembuatan Larutan NaOH 0,1 M.....	25
3.4.1.4 Pembuatan Larutan Induk Glukosa 10 mM.....	26
3.4.1.5 Pembuatan Larutan Standar Glukosa.....	26
3.4.2 Sintesis Nanopartikel Emas.....	26
3.4.2.1 Preparasi Daun Salam.....	26
3.4.2.2 Pembuatan Ekstrak Daun Salam.....	27
3.4.2.3 Pembuatan Nanopartikel Emas.....	27
3.4.3 Karakterisasi Nanopartikel Emas.....	27
3.4.3.1 Karakterisasi dengan <i>Particles Size Analyzer</i> (PSA)..	27
3.4.3.2 Karakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Vis.....	27
3.4.3.3 Karakterisasi dengan X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Scanning Electron Microscopy (SEM).....	28
3.4.4 Desain Elektroda dan Pengendapan Nanopartikel Emas	28
3.4.5 Pengukuran Larutan Standar Glukosa.....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>30</b>
4.1 Pembuatan Larutan HAu Cl <sub>4</sub> 1000 ppm.....	30

4.2 Sintesis Nanopartikel Emas.....	31
4.3 Karakterisasi Nanopartikel Emas.....	32
4.3.1 Karakterisasi Warna Larutan Nanopartikel Emas.....	32
4.3.2 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan Spektrofotometer UV-Vis.....	33
4.3.3 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan PSA.....	35
4.3.4 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan FTIR.....	36
4.3.5 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan XRD.....	37
4.3.6 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan SEM.....	39
4.4 Aplikasi Sensor Berbasis Nanopartikel Emas.....	40
4.4.1 Kisaran Pengukuran Sensor Berbasis Nanopartikel Emas.....	40
4.4.2 Limit Deteksi.....	42
4.4.3 Sensitivitas.....	43
4.4.4 Pengukuran Sensor pada Sampel Darah.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN.....	55

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Pembuatan Larutan Standar.....	25
2. Hasil analisis serapan spektrofotometri UV-Vis.....	32
3. Hasil pengukuran elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas.....	41
4. Hasil pengukuran pada sampel darah.....	43

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
1. Daun Salam.....	7
2. Kerangka dasar flavonoid.....	9
3. Perkiraan mekanisme reaksi dalam sintesis nanopartikel emas oleh senyawa quersetin.....	10
4. Sintesis Nanopartikel.....	13
5. Mekanisme reaksi sintesis nanopartikel emas.....	15
6. Skema Klasifikasi Biosensor.....	20
7. Gabungan Elektroda dalam EC Transduser.....	21
8. Reaksi oksidasi dari glukosa menjadi glukonolakton.....	22
9. Mekanisme reaksi glukosa pada permukaan elektroda yang dilapisi nanopartikel emas.....	23
10. Pelarutan logam emas dengan aqua regia (a) dan larutan H <sub>AuCl</sub> <sub>4</sub> 1000ppm (b).....	30
11. Warna larutan nanopartikel emas pada 1 menit (a), 30 menit (b) dan 60 menit (c).....	32
12. Spektrum UV-Vis nanopartikel emas hasil sintesis berdasarkan variasi hari.....	33
13. Hasil analisis PSA nanopartikel emas, yakni disperse ukuran dengan (a) intensitas, (b) volume, (c) nomor.....	35
14. Spektrum FTIR.....	36
15. Pola difraksi XRD nanopartikel emas.....	37
16. Hasil analisis sampel nanopartikel emas dengan SEM pada (a) skala 10 $\mu\text{m}$ dan (b) skala 20 $\mu\text{m}$ .....	38
17. Voltamogram elektroda kerja, (a) elektroda kerja tanpa modifikasi, (b) elektroda kerja termodifikasi.....	39
18. Kurva regresi linear konsentrasi vs kuat arus.....	40
19. Limit deteksi elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas.....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
1. Bagan Kerja.....	53
2. Perhitungan Ukuran Nanopartikel Nanopartikel.....	58
3. Perhitungan Limit Deteksi dan Sensitivitas .....	59
4. Perhitungan Glukosa Dalam Sampel Darah.....	60
5. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.....	61
6. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan PSA...	64
7. Data Hasil Karakterisasi Ekstrak Daun Salam Menggunakan FTIR....	67
8. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan FTIR.....	68
9. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan XRD.....	69
10. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan SEM.....	71
11. Data Hasil Analisis dengan Potensiostat.....	73
12. Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	79

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti
DM	Diabetes Melitus
Au	<i>Aurum</i> atau emas
nm	Nanometer
AuNPs	<i>Aurum Nanoparticles</i>
PAA	<i>Poly acrilat acid</i> atau asam poli akrilat
UV-Vis	<i>Ultraviolet-Visible</i>
SPR	<i>Surface Plasmon Resonance</i>
LSPR	<i>Localized Surface Plasmon Resonance</i>
FTIR	<i>Fourier ransform Infrared</i>
PSA	<i>Particles Size Analyzer</i>
PI	<i>Polydispersity Indeks</i>
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
LBL	<i>Layer By Layer</i> atau lapis demi lapis

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Salah satu penyakit yang menjadi masalah paling umum di dunia adalah Diabetes melitus (DM). Banyak negara maju dan berkembang yang penduduknya menderita penyakit ini. Diabetes melitus merupakan kumpulan gejala yang timbul pada seseorang akibat tubuh mengalami gangguan dalam mengontrol kadar gula darah (Anani dkk., 2012). Menurut *International Diabetes Federation (IDF)* menyatakan bahwa terdapat 382 juta orang (175 juta diperkirakan belum terdiagnosis) di dunia yang menderita DM pada tahun 2013, dari jumlah ini diperkirakan akan meningkat menjadi 592 juta orang di tahun 2035. Peningkatan penyakit ini sebagian besar akan terjadi di Negara berkembang, di sebabkan oleh pertumbuhan penduduk, penuaan, diet tidak sehat, obesitas dan gaya hidup yang menetap (WHO Dalam Kemenkes RI, 2016).

Penyakit ini juga masih menjadi salah satu penyebab kematian terbesar di Indonesia, bahkan juga di dunia. Insidensi tingginya angka kematian akibat penyakit ini kebanyakan disebabkan oleh komplikasi multi organ. Selain itu, penyakit diabetes mellitus tidak bisa sembuh sehingga membutuhkan terapi seumur hidup (Parisa, 2016). Bagi penderita diabetes melitus, 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 belum efektif, cukup mahal dan sensitivitas alat masih kurang akurat. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian yang

intensif untuk mengembangkan pemenuhan sensor yang murah, akurat dan mudah dalam penggunaannya (Baghayeri dkk., 2016; Ensafi dkk., 2017; Wu dkk., 2017; Bijang dkk., 2015; Misriyani, 2015).

Sampai saat ini, penelitian tentang sensor telah banyak dikembangkan. Metode yang paling aktual adalah pengembangan sensor berbasis nanopartikel (Baghayeri dkk., 2016; Wang dkk., 2016; Ensafi dkk., 2017). Dalam beberapa tahun belakangan ini, nanopartikel logam mulia sudah banyak menarik perhatian para peneliti karena potensi aplikasinya dalam bidang optik, elektronik, sensor biologi dan katalis. Nanopartikel logam mulia yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi adalah nanopartikel emas karena memiliki *extinction coefficient* yang sangat tinggi dan sifat optis yang bergantung pada ukuran dan bentuk partikel, konstanta dielektrik medium, komposisi dan jarak antartikel (Garcia dkk., 2016; Murugavelu dkk., 2016; Taei dkk., 2017).

Beberapa teknik penelitian tersedia untuk sintesis nanopartikel logam seperti metode kimia maupun metode fisika. Namun, metode sintesis yang melibatkan berbagai bahan kimia dapat menyebabkan kehadiran spesies kimia beracun yang dapat memberikan efek samping terhadap aplikasi biologis (Mittal dkk., 2014). Oleh karena hal tersebut, berbagai metode yang telah dikembangkan para ahli bermunculan yang dinamakan *green nanotechnology* berbasis tumbuhan sebagai bioreduktor untuk sintesis nanopartikel emas (Singh dkk., 2018).

Telah ditemukan cara mensintesis nanopartikel dengan memanfaatkan tumbuhan atau mikroorganisme sebagai agen pereduksi untuk menghasilkan nanopartikel yang dikenal dengan biosintesis nanopartikel. Sementara itu, biosintesis nanopartikel logam dengan memanfaatkan tumbuhan sebagai agen

pereduksi seperti yang telah dilakuakn oleh Kuppusamy dkk., (2016) yang memanfaatkan berbagai ekstrak tanaman dalam sintesis nanopartikel. Potensi ekstrak tanaman dalam mensintesis nanopartikel karena keberadaan senyawa metabolit sekunder dalam tanaman seperti flavonoid yang mampu mereduksi suatu zat menjadi ukuran nanopartikel. Sementara itu, nanopartikel yang paling banyak digunakan adalah nanopartikel emas. Emas adalah logam yang unik diantara logam lainnya karena tahan terhadap oksidasi dan korosi. Emas tertanam dalam tubuh tidak memberikan efek yang merugikan (Fatimah dan Hidajati, 2012).

Nanopartikel emas mempunyai kelebihan yang menonjol dibandingkan emas dalam bentuk ruahnya. Nanopartikel merupakan dispersi partikulat dengan ukuran 1-100 nm. Nanopartikel emas yang disintesis dilakukan dengan cara mereduksi ion logam  $Au^{3+}$  menjadi  $Au^0$ . Sintesis nanopartikel emas dilakukan dengan metode *green synthesis*. *Green synthesis* merupakan metode yang berbasis tumbuhan sebagai bioreduktor. Bioreduktor berfungsi sebagai agen pereduksi dan agen penstabil dalam pembentukan AuNPs (Rahma, 2019).

Indonesia sebagai negara beriklim tropis, memiliki kekayaan sekitar 30.00 jenis tumbuhan. Banyak tumbuhan yang potensial dapat dimanfaatkan, salah satu tanaman herbal yang dianggap memiliki potensi adalah daun salam (Mamahit 2009). Daun salam dengan nama latin *Syzygium polyanthum* merupakan tanaman yang umum dan mudah dijumpai di Indonesia. Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kandungan utama senyawa flavonoid dalam ekstrak daun salam dapat menurunkan kadar glukosa darah secara signifikan. Senyawa glikosida flavonoid yang terdapat pada daun salam berfungsi sebagai penangkap radikal hidroksil sehingga dapat mencegah aksi diabetogenik (Parisa, 2016).

Menurut Silalahi (2017), daun salam (*Syzygium polianthum*) mengandung berbagai metabolit sekunder terutama essential oils, tannin, flavonoid, dan terpenoid, senyawa utama yang terkandung di dalam daun salam adalah flavonoid. Proses terbentuknya nanopartikel emas karena kemampuan dari senyawa flavonoid yang terkandung di dalam daun salam berperan mereduksi ion emas ( $\text{Au}^{3+}$ ) menjadi nanopartikel emas. Nanopartikel emas terbentuk karena adanya transfer elektron dari flavonoid menuju ion logam. Namun setelah tereduksi maka muatan atom Au menjadi netral sehingga memungkinkan atom Au berinteraksi satu sama lain membentuk *cluster* yang berukuran nano melalui ikatan antar logam (Amiruddin dan Taufikurrohmah, 2013).

Nanopartikel emas dapat dijadikan sebagai sensor kadar gula darah dengan menggunakan metode voltametri. Voltametri adalah salah satu jenis sensor elektrokimia yang mengamati kerja pada arus potensial yang dihasilkan analit. Dimana nanopartikel emas yang diaplikasikan sebagai sensor gula darah menggunakan elektroda kerja dilapisi dengan nanopartikel emas. Elektroda kerja merupakan tempat terjadinya reduksi atau oksidasi dari glukosa dalam darah.

Melihat potensi dan prospek produksi nanopartikel emas menggunakan daun salam (*Syzygium polyanthum*) serta mengenai penyakit diabetes melitus, maka dalam penelitian ini akan dikembangkan sintesis dan karakterisasi nanopartikel emas dengan bioreduktor ekstrak daun salam sebagai sensor kadar gula darah. Sensor gula darah berbasis nanopartikel emas dengan bioreduktor ekstrak daun salam kemudian dilakukan pengukuran dengan larutan standar glukosa, limit deteksi dari elektroda kerja, dan sensitivitas sensor kemudian biosensor diaplikasikan kedalam sampel darah.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. bagaimana potensi ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel emas?
2. bagaimana karakteristik nanopartikel emas dengan bioreduktor ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) menggunakan spektrofotometer UV-Vis, FTIR, PSA, XRD, dan SEM?
3. bagaimana respon sensor berbasis nanopartikel emas dari ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) sebagai sensor glukosa?

## **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

### **1.3.1 Maksud Penelitian**

Adapun maksud dari penelitian ini adalah untuk mengkarakterisasi dan mengetahui potensi sensor berbasis nanopartikel emas yang disintesis menggunakan bioreduktor ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) terhadap glukosa.

### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. mensintesis nanopartikel emas menggunakan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) sebagai bioreduktor,
2. mengkarakterisasi nanopartikel emas yang telah dihasilkan dari bioreduksi ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PSA, FTIR, XRD, dan SEM.
3. menentukan respon sensor berbasis nanopartikel emas dengan bioreduktor ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) sebagai sensor glukosa.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan informasi tentang sintesis dan karakterisasi nanopartikel emas menggunakan bioreduktor ekstrak daun salam yang mudah diperoleh, murah, dan ramah lingkungan (*green synthesis*). Selain itu, diharapkan pula menjadi salah satu acuan dalam pembuatan sensor berbasis nanopartikel emas hasil biosintesis menggunakan ekstrak daun salam yang dapat diaplikasikan untuk menentukan kadar glukosa dalam darah.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Daun Salam**

Daun salam merupakan daun dari tanaman salam dengan pohon yang tinggi dan rimbun yang tumbuh pada daerah yang beriklim hangat seperti negara-negara Asia. Daun salam berbentuk oval dengan Panjang sekitar 7-10 cm dengan lebar 3-5 cm, daun salam yang segar berwarna hijau gelap dengan permukaan daun yang halus dan berkilau pada bagian atasnya sedangkan bagian bawah daun berwarna hijau muda. Daun salam kering memiliki karakteristik yang cenderung liat dan berwarna gelap. Daun salam memiliki rasa yang pahit dan sedikit tajam dengan aroma mirip bunga (Putri dan Fibrianto, 2018).

Daun salam mengandung senyawa antioksidan, vitamin A, dan C, asam folat, kalium, kalsium, mangan, besi dan selenium. Kandungan selenium dalam daun salam lebih tinggi dari pada rempah lainnya. Daun salam mengandung saponin, triterpen, flavonoid, tannin dan alkanoid sedangkan minyak atsiri dalam daun salam terdiri dari seskuiterpen, lakton dan fenol (Putri dan Fibrianto, 2018).

Daun salam merupakan salah satu spesies dari famili *Myrtaceae* yang digunakan sebagai obat tradisional oleh berbagai etnis khususnya di Asia Tenggara. Pemanfaatan daun salam (*Syzygium polyanthum*) sebagai obat berhubungan dengan kandungan metabolit sekundernya. Daun salam (*Syzygium polianthum*) mengandung berbagai metabolit sekunder terutama essential oils, tannin, flavonoid, dan terpenoid, senyawa utama yang terkandung di dalam daun salam adalah flavonoid (Silalahi, 2017).

Menurut Van Steenis (2003), klasifikasi tumbuhan salam adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
Divisio : Spermatophyta  
Classis : Dicotyledoneae  
Ordo : Myrtales  
Familia : Myrtaceae  
Genus : *Syzygium*  
Spesies : *Syzygium polyanthum*



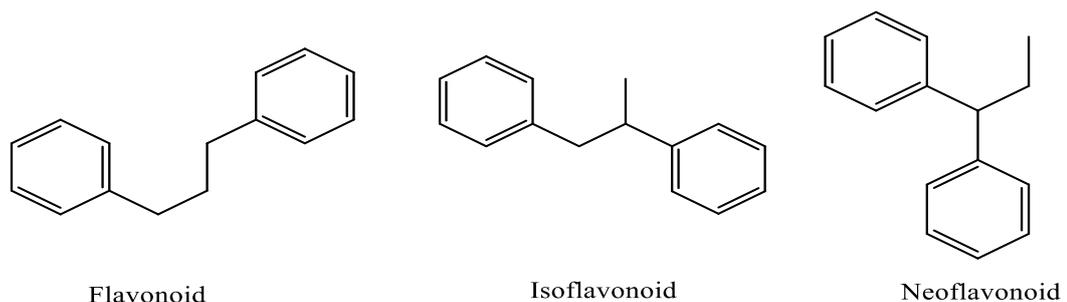
**Gambar 1.** Daun salam (Harismah dan Chusniatum, 2016)

Senyawa utama yang terkandung di dalam daun salam adalah flavonoid. Flavonoid adalah senyawa polifenol yang memiliki manfaat sebagai antivirus, antimikroba, antialergik, antiplatelet, antiinflamasi, antitumor, dan antioksidan sebagai sistem pertahanan tubuh. Selain itu, daun salam juga mengandung beberapa vitamin, diantaranya vitamin C, vitamin A, vitamin E, vitamin B6, vitamin B12, dan asam folat. Beberapa mineral yang terkandung di dalam daun salam yaitu zat besi, fosfor, kalsium, magnesium, selenium, seng, natrium dan kalium (Harismah dan Chusniatum, 2016). Daun salam (*Syzygium polyanthum*) merupakan tanaman yang secara luas digunakan sebagai salah satu bumbu masakan dan secara

tradisional digunakan dalam tatalaksana diabetes di Indonesia (Parisa, 2016). Ekstrak metanol dari daun salam efektif dalam mengurangi kadar glukosa darah yang diberikan kepada pasien diabetes (Widyawati dkk., 2015). Dalam studi skrining fitokimia, tanaman obat daun salam mengandung flavonoid, alkaloid, steroid, dan tanin (Agustina dkk., 2016).

Tanaman ini tumbuh di wilayah iklim tropis dan subtropis, termasuk di Asia Tenggara dan Cina. Tanaman ini dapat tumbuh di dataran rendah atau pun pegunungan, di Indonesia pohon ini kebanyakan tumbuh di pegunungan, tetapi ada juga yang ditanam orang untuk pelengkap bumbu masak. Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) memiliki banyak manfaat yaitu mengobati kencing manis, kolesterol tinggi, hipertensi, diare, dan gastritis. Analisis fitokimia menunjukkan kandungan minyak esensial, tanin, flavonoid dan terpenoid dari daun salam. Flavonoid merupakan salah satu golongan senyawa fenol yang diduga dapat menurunkan kadar glukosa darah (Widyawati dkk., 2015).

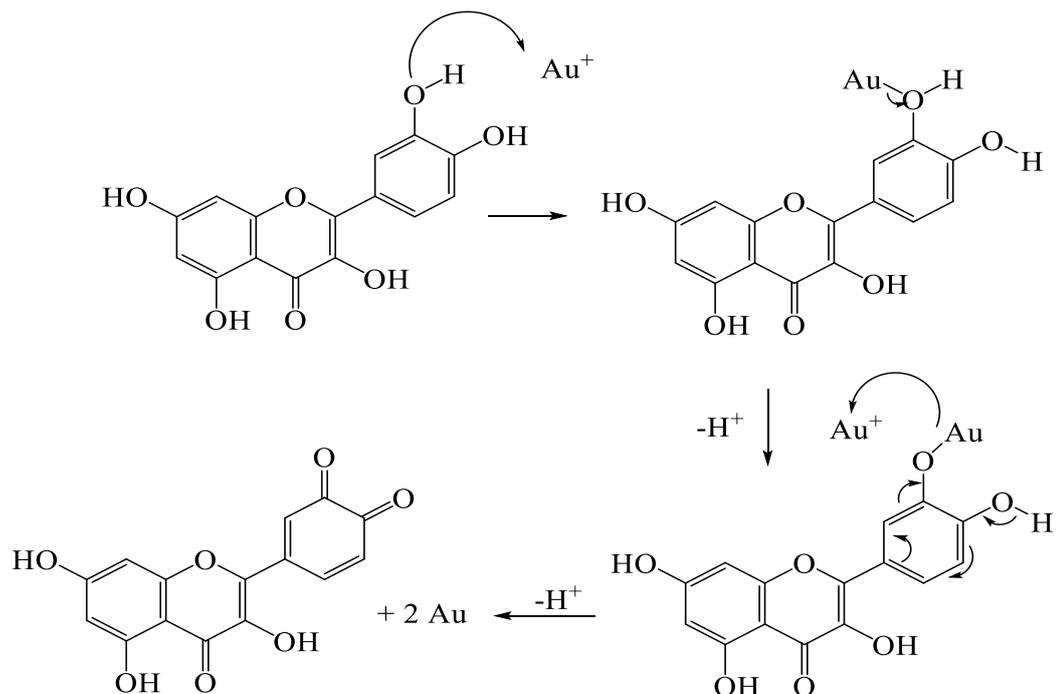
Flavonoid merupakan suatu senyawa polifenol yang strukturnya merupakan turunan dari anti aromatik flavan atau 2-fenilbenzopira. Golongan flavonoid dapat digambarkan sebagai deretan senyawa C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>. Artinya kerangka karbonnya terdiri atas dua gugus C<sub>6</sub> (cincin benzen terdistribusi) disambungkan oleh rantai alifatik tiga karbon (Rohman, 2007).



**Gambar 2.** Kerangka dasar flavonoid

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk memanfaatkan tanaman salam, bagian dari tanaman ini banyak diteliti dan dimanfaatkan salah satunya adalah daun salam (*Syzygium Polyanthum*). Salah satu penelitian yang memanfaatkan daun salam telah dilakukan oleh Taba (2019), yang memanfaatkan ekstrak daun salam sebagai agen pereduksi pembentukan nanopartikel perak kemudian menguji aktivitasnya sebagai antioksidan.

Data hasil uji fitokimia yang dilakukan oleh Siagian dkk., (2020) dan Mamay (2018) melaporkan bahwa ekstrak daun salam (*Syzygium Polyanthum*) di dapati positif flavonoid, tannin dan saponin. Sementara senyawa alkanoid dalam daun salam mendapatkan hasil yang negatif. Menurut Hafid dkk., (2015) perkiraan mekanisme reaksi oleh senyawa quersetin membentuk nanopartikel emas diperlihatkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Perkiraan mekanisme reaksi dalam sintesis nanopartikel emas oleh senyawa quersetin

## 2.2 Nanopartikel

Nanoteknologi merupakan ranah yang penting pada bidang penelitian modern. Pendekatan nanoteknologi berkaitan dengan desain, sintesis, dan manipulasi yang dilakukan untuk memperoleh struktur partikel dengan ukuran berkisar 1-100 nm yang kemudian disebut dengan partikel berukuran nano atau nanopartikel. Nanopartikel logam dapat didesain dengan memodifikasi permukaan sesuai dengan kebutuhan aplikasi yang diinginkan. Nanopartikel memiliki cakupan aplikasi yang sangat luas di berbagai bidang seperti kesehatan, kosmetik, makanan, kesehatan lingkungan, ilmu biomedis, industri kimia, elektronik, mekanik, optik, industri penerbangan, dan masih banyak lagi (Kim dkk., 2016).

Saat ini teknologi nano banyak dikembangkan dan menjadi tren dalam pengembangan dan peningkatan kualitas produk pangan fungsional. Nanoteknologi sangat berkembang karena memiliki banyak keunggulan seperti ukuran partikel yang lebih kecil memiliki sifat yang khas dibandingkan dengan ukuran partikel yang lebih besar dan fleksibel dikombinasikan dengan teknologi lain sehingga dapat dikembangkan untuk berbagai keperluan. Teknologi nano banyak dikembangkan sebagai penghantar zat aktif dalam suatu produk pangan maupun obat untuk mengatur laju pelepasan senyawa zat aktif, meningkatkan kelarutan, dan meningkatkan penyerapan dalam tubuh. Enkapsulasi berbasis nanopartikel merupakan pendekatan yang efektif dalam memasukkan senyawa bioaktif dalam bahan pangan (Ningsih dkk., 2017).

Keuntungan penggunaan nanopartikel sebagai sistem pengantaran terkendali obat ialah ukuran dan karakteristik permukaan nanopartikel mudah dimanipulasi untuk mencapai target pengobatan. Nanopartikel juga mengatur dan

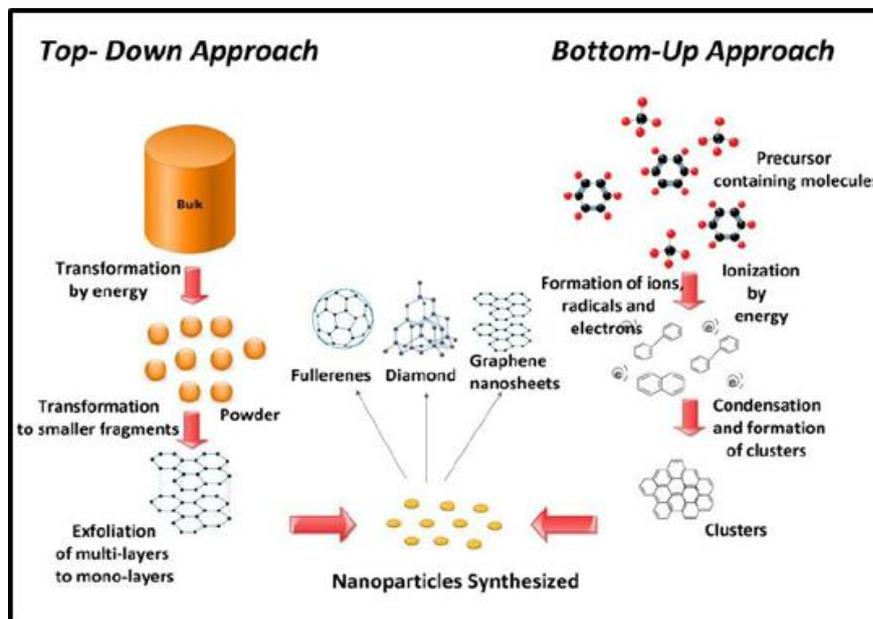
memperpanjang pelepasan obat selama proses transpor ke sasaran dan obat dapat dimasukkan ke dalam sistem peredaran darah dan dibawa oleh darah menuju target pengobatan (Baghayeri dkk., 2016; Ensafi dkk., 2017).

Sifat nanopartikel yang dapat dikontrol dan dimodifikasi berupa ukuran, bentuk, sifat kimia, dan fungsionalisasi permukaannya (Nagarajan dan Halton, 2008). Ukuran partikel dan distribusinya merupakan karakteristik penting dari system nanopartikel emas. Disamping itu keuntungan tersebut, nanopartikel emas juga memiliki keterbatasan (Lee dan Lee, 2008).

Di era sekarang ini, nanopartikel makin berperan di berbagai bidang kehidupan. Oleh karenanya perlu terus dikembangkan metode sintesis yang tidak sekedar efektif, tetapi sekaligus harus berbasis prinsip kimia hijau, yakni berupa teknologi ramah lingkungan dan berkelanjutan yang tidak hanya memperhatikan aspek kuantitas hasil, tetapi juga aspek keamanan bagi lingkungan terdampak. Upaya tersebut dapat dilakukan dengan memanfaatkan pereduksi alami dalam sintesis nanopartikel (Fajaroh, 2018).

Penelitian sensor berbasis nanopartikel yang memanfaatkan bahan alami sebagai agen pereduksi telah dilakukan oleh Rahma (2019), dimana nanopartikel emas disintesis dengan agen pereduksi menggunakan ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*) dengan bantuan pemanasan *irradiasi microwave*. Pada penelitian tersebut dilakukan variasi volume bioreduktor dari 0,15; 0,3; 0,6; 0,9 dan 1,2 mL kemudian variasi waktu pemanasan dari 30, 90 150, 210 dan 300 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume bioreduktor yang optimum berada pada kisaran 1,2 mL dan waktu pemanasan yang optimum dengan menggunakan bantuan pemanasan *irradiasi microwave* adalah 150 detik.

Secara umum, sintesis nanopartikel logam dapat dilakukan dengan metode fisika (*top down*) dan kimia (*bottom up*) seperti yang terlihat pada Gambar 4. Metoda fisika (*top down*) yaitu dengan cara memecah padatan logam menjadi partikel-partikel kecil dengan ukuran nano. Sedangkan metode kimia (*bottom up*) dilakukan dengan menumbuhkan partikel nano mulai dari atom logam yang didapat dari prekursor molekular atau ionik. Sintesis nanopartikel logam dengan metode kimia dilengkapi dengan penggunaan surfaktan atau polimer yang membentuk susunan teratur pada permukaan nanopartikel logam (Fernandez, 2011).



**Gambar 4.** Sintesis nanopartikel (Habiba dkk., 2014).

### 2.3 Nanopartikel Emas

Emas merupakan logam yang tidak reaktif. Sifat ini ditunjukkan pada posisinya dalam deret elektrokimia mempunyai nilai potensial reduksi standar untuk reaksi reduksi  $\text{Au}^+$  menjadi  $\text{Au}$  adalah +1,69 volt sedangkan nilai potensial reduksi standar untuk reaksi  $\text{Au}$  dari  $\text{Au}^{3+}$  adalah +1,40 volt. Kedua nilai ini dapat menunjukkan bahwa emas termasuk unsur yang sangat tidak reaktif dan sangat

mudah untuk direduksi dengan menggunakan bioreduktor dari ekstrak tanaman (Nurdiani dkk., 2015). Selain itu emas banyak dimanfaatkan untuk produk kesehatan, dan masih banyak lagi (Amiruddin dan Taufikkurohmah, 2013).

Nanopartikel logam yang paling banyak diteliti adalah nanopartikel emas, karena memiliki karakteristik yang unik yaitu memiliki serapan pada panjang gelombang daerah *visible* yang dapat digunakan sebagai sensor kolorimetrik. Nanopartikel emas merupakan salah satu produk nanosains yang telah dikembangkan dan memiliki banyak manfaat (Kumar dkk., 2016).

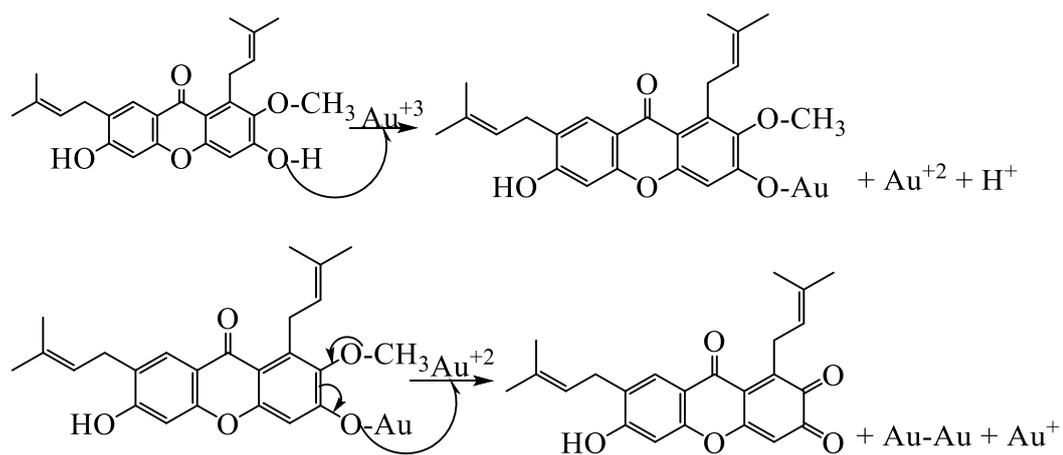
Nanopartikel emas dapat disintesis dengan metode fisika dan metode kimia. Metode fisika mereduksi padatan logam menjadi ukuran nano secara mekanik, sedangkan metode kimia dilarutkan dalam agen pereduksi dan penstabil untuk merubahnya menjadi bentuk nano (Awad dkk., 2015). Tetapi terdapat kekhawatiran terhadap penggunaan bahan kimia ini karena merupakan bahan yang sangat beracun untuk lingkungan. Selain dari keracunan bahan kimia, metode ini juga tidak efektif karena dapat menyebabkan kerugian untuk sintesis nanopartikel pada skala industri. Oleh karena itu, berbagai metode yang telah dikembangkan ahli bermunculan yang dinamakan *green nanotechnology* berbasis tumbuhan sebagai bioreduktor untuk sintesis emas (Purnamasari, 2015).

Baik metode fisika maupun metode kimia memiliki kekurangan yaitu membutuhkan waktu, tenaga, biaya yang banyak dan tidak ramah lingkungan. Nanopartikel emas dapat disintesis dengan prinsip ramah lingkungan yang disebut *Green Synthesis* yaitu memanfaatkan alam seperti ekstrak tumbuhan. Penerapan *green synthesis* telah dilakukan oleh Kuppusamy dkk., (2016) yang memanfaatkan berbagai ekstrak tanaman dalam sintesis nanopartikel. Potensi ekstrak tanaman

dalam mensintesis nanopartikel karena keberadaan senyawa metabolit sekunder dalam tanaman seperti flavonoid yang mampu mereduksi suatu zat menjadi ukuran nanopartikel (Yasser dkk., 2017).

Untuk membentuk nanopartikel oleh nukleasi homogen, reduksi ion  $\text{Au}^{3+}$  harus dilakukan, diikuti oleh proses agregasi dari spesies tereduksi ini. Pengurangan ion  $\text{Au}^{3+}$  menjadi Au mengubah kation yang larut menjadi atom logam tidak larut, menghasilkan spesies atom padat dalam medium cair. Proses ini menghasilkan permukaan yang besar energi karena pemisahan tinggi spesies atom, yang mengacaukan sistem dan mendorong pembentukan agregat koloid. Karena konsentrasi prekursor rendah digunakan, difusi atom emas pada partikel nano permukaan berlangsung lambat dan terarah (Calagua dkk., 2015).

Berikut perkiraan reaksi proses reduksi  $\text{Au}^{3+}$  menjadi  $\text{Au}^0$  dalam jurnal yang ditulis oleh Inayah, dkk (2015):



**Gambar 5.** Mekanisme reaksi sintesis nanopartikel emas (Inayah dkk., 2015)

Pada gambar di atas menunjukkan perkiraan reaksi yang terjadi pada proses bioreduksi oleh  $\alpha$ -mangostin. Nanopartikel ( $\text{Au}^0$ ) terbentuk melalui reaksi reduksi oksidasi dari ion Au dengan senyawa antioksidan yaitu  $\alpha$  mangostin yang

merupakan senyawa aktif yang terdapat pada kulit buah manggis.

Nanopartikel emas (AuNP) telah banyak diteliti karena mudah dalam proses sintesis dan fungsionalisasi, biokompatibilitas (toksisitas rendah), sifat optik dan elektroniknya mudah diatur. Sifat nanopartikel emas berbeda dengan emas dalam bentuk logam. Logam emas memiliki bentuk padat kuning dan inert sementara nanopartikel emas berwarna merah anggur dan larutan yang sebagai antioksidan. Interaksi partikel dan pembentukan jaringan nanopartikel emas merupakan kunci dalam penentuan sifat nanopartikel (Khan dkk., 2014).

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 (Yasser dan Widiyanti, 2019). Nanopartikel emas yang terbentuk dapat diketahui dengan melihat perubahan warna larutan seiring bertambahnya waktu. Larutan yang mengalami perubahan warna dari bening menjadi ungu dengan bertambahnya waktu mengindikasikan bahwa telah terbentuk nanopartikel emas. Proses terbentuknya nanopartikel emas karena kemampuan dari senyawa-senyawa yang terkandung di dalam daun salam berperan mereduksi ion emas ( $\text{Au}^{3+}$ ) menjadi nanopartikel emas. Nanopartikel emas terbentuk karena adanya transfer elektron dari quersetin menuju ion logam. Muatan negatif dari pelepasan gugus Hidrogen pada quersetin akan diadsorpsi oleh permukaan nanopartikel emas sehingga antar nanopartikel emas akan saling bertolakan karena adanya muatan negatif di sekeliling permukaannya (Hafid, 2015).

Suatu nanopartikel dikatakan baik untuk digunakan apabila bersifat stabil yang ditandai dengan ukuran diameter nanopartikel relatif tetap. Kestabilan

nanopartikel emas dapat berkurang seiring waktu yang bertambah apabila terjadi agregasi yaitu penggabungan antar sesama nanopartikel ini dapat diamati secara kuantitatif menggunakan spektroskopi UV-Vis (Yasser, 2013). Dalam sintesis nanopartikel emas agar mempunyai kestabilan yang baik maka dibutuhkan zat penstabil seperti poli asam akrilat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Lembang (2014), dimana poli asam akrilat sebagai zat penstabil, PAA dapat digunakan sebagai zat penstabil hal ini dapat dilihat dari struktur PAA yang memiliki gugus -OH. Atom O pada PAA suka menempel pada atom emas karena atom O mempunyai pasangan elektron bebas, sedangkan gugus akrilat yang mempunyai rantai Panjang akan menjadi ligan-ligan yang menjauhi permukaan emas dan melindungi emas agar tidak membentuk agregat.

#### **2.4 Glukosa Darah**

Glukosa merupakan salah satu karbohidrat penting yang digunakan sebagai sumber tenaga. Glukosa dapat diperoleh dari makanan yang mengandung karbohidrat. Glukosa berperan sebagai molekul utama bagi pembentukan energi di dalam tubuh, sebagai sumber energi utama bagi kerja otak dan sel darah merah. 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 energy 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*). Fungsi glukosa dalam tubuh adalah sebagai bahan bakar bagi proses metabolisme (Subiyono dkk., 2016).

Diabetes mellitus (DM) merupakan suatu kelompok penyakit metabolik dengan karakteristik hiperglikemia yang terjadi karena adanya kelainan pada sekresi insulin, kerja insulin atau kedua-duanya. Hiperglikemia kronik pada diabetes berhubungan dengan kerusakan beberapa organ tubuh terutama pada mata, ginjal, saraf jantung dan pembuluh darah (Amir dkk., 2015).

Glukosa darah adalah gula yang terdapat dalam darah yang terbentuk dari karbohidrat dalam makanan dan disimpan sebagai glikogen dihati dan otot rangka (Umami, 2013). Kadar gula darah adalah jumlah kandungan glukosa dalam plasma darah. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kadar glukosa darah antara lain, bertambahnya jumlah makanan yang dikonsumsi, meningkatnya stress dan faktor emosi, penambahan berat badan dan usia, serta berolahraga (Harymbawa, 2016).

Kadar glukosa darah sangat erat kaitannya dengan penyakit diabetes mellitus (DM), kadar glukosa normal berkisar 108 mg/dL sedangkan penderita diabetes diatas 125 mg/dL. Peningkatan kadar glukosa darah di atas 200 mg/dL yang disertai dengan gejala polyuria, polydipsia, polifagia, dan penurunan berat badan secara mendadak cukup untuk mendiagnosis seseorang terkena diabetes mellitus (Amir dkk., 2015).

## **2.5 Biosensor Nanopartikel**

Peran proses biologis dan biokimia sangat penting dalam diagnostik klinis, aplikasi medis, bioreaktor, pertanian, pertambangan juga industri pertahanan militer. Namun, konversi data biologis untuk sinyal listrik yang terukur saat ini memiliki proses yang memakan waktu (Fogel and Limpson, 2016). Dalam konteks ini, biosensor telah dieksplorasi secara luas karena mereka dapat digunakan untuk

mengubah proses biokimia menjadi sinyal yang dapat diukur. Perbedaan mendasar antara biosensor dan sensor fisik / kimia adalah bahwa elemen pengenalannya bersifat biologis. Dengan kemajuan dalam teknologi perangkat, penggunaan biosensor telah meningkat dan dapat digunakan untuk mendeteksi apa yang tidak dapat dilakukan oleh sistem penginderaan tradisional lainnya. Saat ini, banyak biosensor sedang diproduksi secara industri. Banyak penelitian sedang dilakukan di bidang biosensor, dengan perkiraan tingkat pertumbuhan tahunan 60%, dengan kontribusi utama berasal dari industri kesehatan (Malhotra and Pandey, 2017).

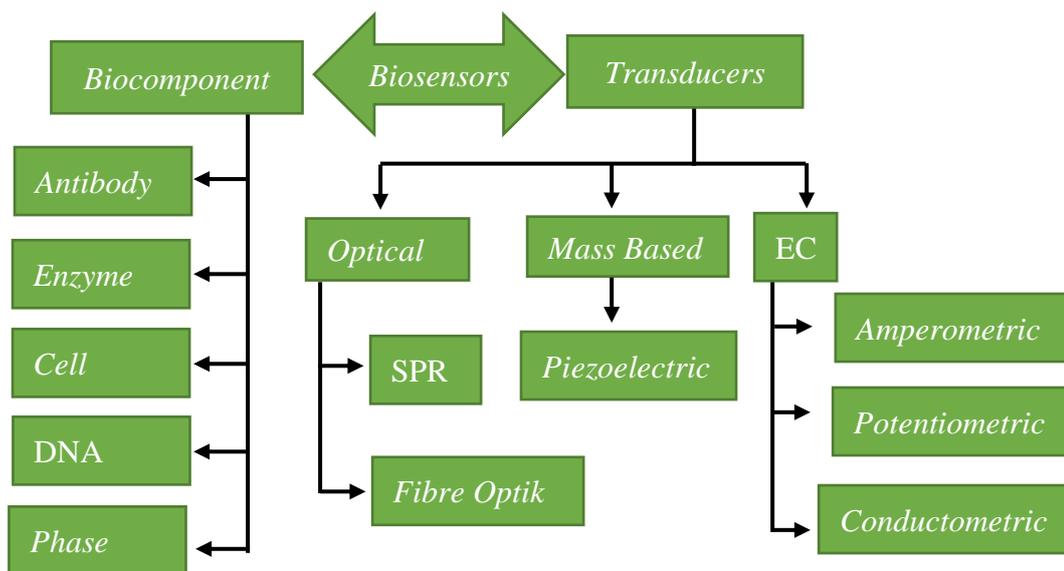
Sejarah biosensor dimulai melalui pengembangan elektroda enzim oleh Clark. Setelah itu, para peneliti dari berbagai bidang (fisika, kimia, dan ilmu material) bersama-sama mengembangkan perangkat biosensing yang lebih canggih, andal, dan matang. Biosensor dapat digunakan di bidang kedokteran, pertanian, bioteknologi, pertahanan serta perang melawan bioterorisme. Bergantung pada area aplikasi, berbagai definisi dan terminologi digunakan untuk mendefinisikan biosensor (Vigneshvar dkk., 2016).

Definisi yang paling sering dikutip adalah yang oleh Higson “alat pengindra kimiawi di mana entitas pengakuan yang diturunkan secara biologis digabungkan ke transduser, untuk memungkinkan pengembangan kuantitatif beberapa parameter biokimia kompleks”. Secara umum, biosensor adalah perangkat analitis yang menggabungkan unsur penginderaan biologis yang terintegrasi dengan transduser fisikokimia yang mengukur sensitivitas dan spesifisitas reaksi biokimia untuk menghasilkan pengukuran bioanalitik yang kompleks dengan format sederhana, mudah digunakan (Malhotra and Pandey, 2017).

Bioreseptor adalah elemen pengakuan biologis yang terdiri dari

biokomponen amobil yang dapat mendeteksi target spesifik analit. Bagian kedua dan terpenting dari biosensor adalah transduser, yang mengubah sinyal biokimia menjadi listrik sinyal, yang dihasilkan dari interaksi analit dengan bioreceptor. Intensitas sinyal muncul sebagai akibat dari reaksi biokimia berbanding lurus atau berbanding terbalik dengan konsentrasi analit (Malhotra and Pandey, 2017).

Biosensor terdiri dari dua elemen yaitu bioreseptor dan transduser seperti yang ada pada gambar berikut:



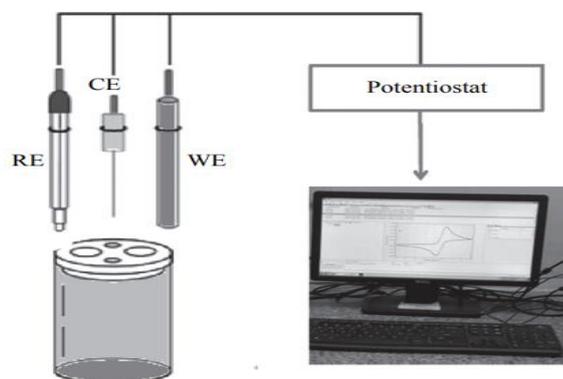
**Gambar 6.** Skema Klasifikasi Biosensor (Zhu dkk., 2015)

Biosensor berbasis nanomaterial memanfaatkan biologis yang unik dan sifat fisik dari bahan nano untuk memudahkan pengenalan molekul target, menghasilkan perubahan terukur dari sinyal elektronik yang dapat dideteksi menggunakan transduser (Zhu dkk., 2015). Enzim mengenali molekul target dengan transfer langsung kecepatan reaksi menjadi arus listrik. Salah satu biosensor yang paling populer adalah biosensor untuk mendeteksi gula darah yang diperlukan untuk memantau kadar gula darah seseorang (Nur dkk., 2010).

Dengan kemajuan terbaru dalam nanoteknologi, nanomaterial telah

menerima banyak minat untuk aplikasi ke biosensor. Nanomaterial telah diteliti menghasilkan peningkatan mekanik, elektrokimia (EC), sifat optik dan magnetik dari biosensor, yang mengarah pada pengembangan biosensor molekul tunggal dan susunan biosensor dengan *output* tinggi. Kemajuan yang signifikan telah dibuat dalam protokol sintetik untuk menyiapkan berbagai bahan nano dengan ukuran, bentuk yang terkontrol, dan karakteristik fisika-kimia (Zhu dkk., 2015).

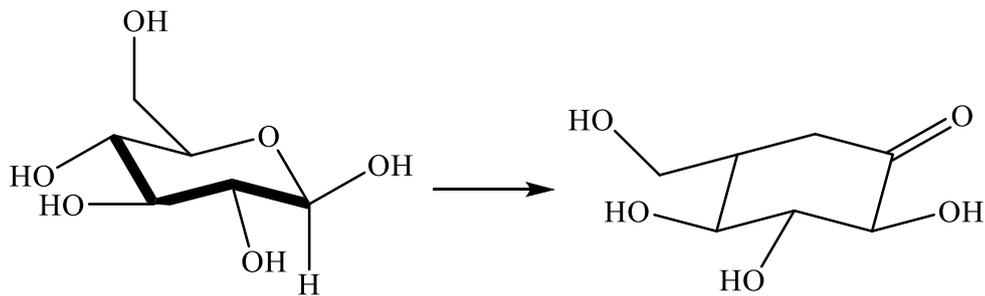
Penerapan bahan nano dalam biosensing telah dikaitkan dengan kebutuhan untuk mengontrol molekul tertentu yang ada di lingkungan atau tubuh manusia. Ini termasuk kemungkinan untuk meningkatkan kualitas hidup dengan pengembangan perangkat biosensing yang efisien. Dengan demikian, merupakan tantangan untuk mengembangkan biosensor yang lebih sensitif dan selektif yang dapat mendeteksi sejumlah kecil molekul yang memanfaatkan elemen transduksi yang efisien dan bahan pengenalan khusus untuk biosensor. Keuntungan menggunakan nanomaterial dalam biosensor berhubungan dengan respon cepat, sensitivitas tinggi, mudah dibawa dan miniaturisasi mudah dibandingkan dengan elektroda massal yang ada (Vigneshvar dkk., 2016).



**Gambar 7.** Gabungan Elektroda dalam EC Transduser (Zhu dkk., 2015).

Penelitian sensor berbasis nanopartikel dari hasil biosintesis telah dilakukan oleh Yasser (2013), dimana aplikasi nanopartikel emas dalam mengukur

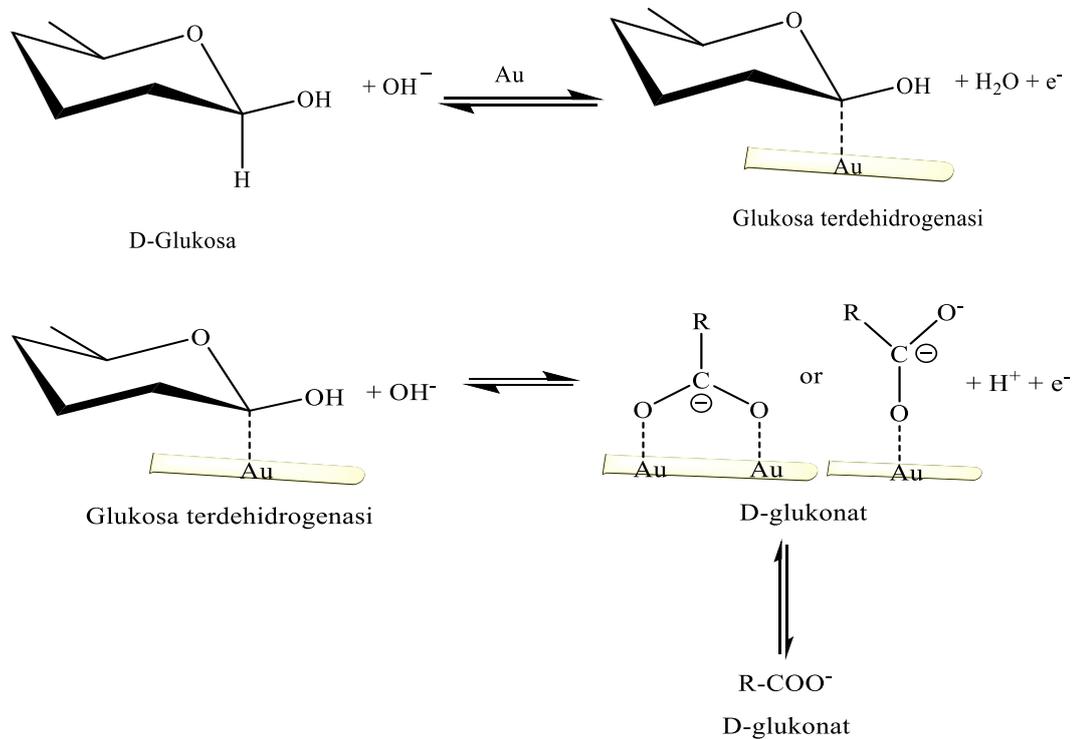
kadar glukosa dilakukan dengan menggunakan metode voltametri siklik. Pada penelitian tersebut digunakan dua elektroda kerja yaitu elektroda yang dimodifikasi dengan nanopartikel emas dan elektroda tanpa modifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja elektroda kerja yang tidak dilapisi nanopartikel emas kurang baik dalam mendeteksi kadar glukosa. Sedangkan hasil voltamogram pada elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas menunjukkan adanya kenaikan arus seiring dengan peningkatan konsentrasi glukosa. Voltamogram elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas menunjukkan adanya puncak oksidasi. Hal ini menunjukkan bahwa glukosa mengalami reaksi oksidasi menjadi glukonolakton seperti yang terlihat pada Gambar 8. Hal ini disebabkan penggunaan nanopartikel emas dapat meningkatkan transfer elektron secara langsung antara senyawa biomolekul (glukosa) dengan permukaan elektroda dan dapat memperluas permukaan elektroda dengan analit sehingga arus yang dihasilkan lebih tinggi. Hal ini menandakan bahwa elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas dapat digunakan dalam analisis glukosa.



**Gambar 8.** Reaksi oksidasi dari glukosa menjadi glukonolakton (Yasser, 2013)

Nanopartikel emas merupakan logam yang menarik untuk oksidasi glukosa, karena potensi oksidasinya dalam medium netral dan basa lebih negatif dibandingkan dengan logam lain, dimana mekanisme elektrooksidasi glukosa pada

potensi tinggi, di mana lapisan oksida emas terbentuk pada permukaan elektroda emas dapat memiliki efek katalitik yang hebat. Menurut Pasta dkk. (2010), mekanisme reaksi glukosa pada permukaan elektroda yang dilapisi nanopartikel emas sebagai berikut:



**Gambar 9.** Mekanisme reaksi glukosa pada permukaan elektroda yang dilapisi nanopartikel emas

Gambar tersebut merangkum mekanisme dan spesies utama yang terlibat. Pertama, glukosa molekul teradsorpsi secara elektrokimia di permukaan elektroda dengan dehidrogenasi (reaksi (1)), dehidrogenasi molekul dapat diubah menjadi glukonat dengan oksidasi langsung (reaksi (2)), yang melibatkan produksi ion hidroksida dan penghapusan kation H<sup>+</sup>. Jalur alternatif adalah oksidasi dari glukosa terdehidrogenasi menjadi - glukonolakton (reaksi (3)). Glukonolakton kemudian diubah menjadi glukonat setelah bereaksi dengan ion hidroksida (Pasta, 2010).