

Skripsi

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

MARFA WAHYUNI ANANDA PRATIWI

H031 17 1024



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

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

Oleh:

**MARFA WAHYUNI ANANDA PRATIWI
H031 17 1024**



**MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

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

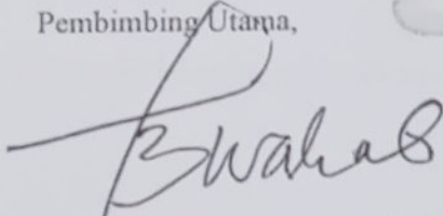
Disusun dan diajukan oleh

MARFA WAHYUNI ANANDA PRATIWI
H031171024

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 07 Juli 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

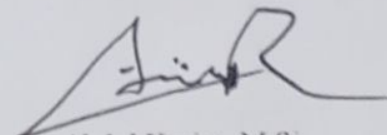
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



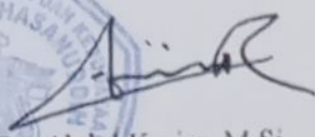
Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc.
NIP. 194908272019015001

Pembimbing Pertama

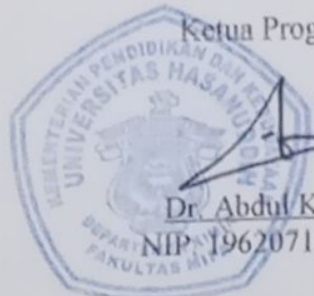


Dr. Abdul Karim, M.Si.
NIP. 196207101988031002

Ketua Program Studi,



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



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Marfa Wahyuni Ananda Pratiwi
NIM : H031171024
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul Desain dan Aplikasi Nanosensor Gula Darah Berbasis Nanopartikel Perak 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, 09 Juli 2021

 Yang Menyatakan

Marfa Wahyuni Ananda Pratiwi

저 수많은 별을
맞기 위해 난 떨어졌던가

but did I fall so that I could be hit by those countless stars?

—Answer: Love Myself, 방탄소년단.

skripsi ini ku persembahkan untuk orang tua, keluarga dan diri sendiri.

sebuah pembuktian diri sendiri setelah jatuh dan membentur lautan bintang-bintang.

PRAKATA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji bagi Allaah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya kepada Penulis, sehingga segala proses penelitian dapat dilewati dengan baik. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah SAW yang mengantarkan manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang terang benderang ini. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian syarat-syarat guna mencapai gelar Sarjana Sains di Universitas Hasanuddin, Makassar.

Penulis sadar dengan sangat bahwa penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak terkait yang menyokong secara moril maupun materil untuk terus yakin atas diri sendiri dalam pengerjaan tugas akhir. Oleh karena itu, Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak **Nasruddin S.** dan Ibu **Zulfa Ladewan** yang selalu percaya bahwa anak perempuannya mampu melewati segala jenis rintangan berkat doa-doa tanpa henti yang terus melindungi.
2. Adik Penulis **Ahmad Fahrudin Aditya**, atas segala perhatian yang tidak diperlihatkan secara langsung, mari tetap saling memperhatikan dalam diam dan doa yang tak pernah putus.
3. Dosen pembimbing utama, **Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc** dan Dosen pembimbing pertama, **Dr. Abd. Karim, M.Si** yang telah membimbing dengan sabar dan memberikan banyak masukan dan wejangan untuk Penulis dalam proses Penulisan berlangsung.

4. Penyokong materil dalam penelitian ini, **Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M)** Penulis berterima kasih sebanyak-banyaknya atas terpilih dalam penerimaan beasiswa Penelitian Dosen Penasehat Akademik sehingga biaya penelitian yang besar dapat ditanggung.
5. Seluruh Dosen Kimia, Univeristas Hasanuddin. Terima kasih banyak atas segala ilmu yang tak ternilai dan pembelajaran dalam membentuk diri Penulis untuk menjadi lebih baik lagi untuk kedepannya.
6. Teman Panel, **Muh. Fathir Hasyim** yang membantu Penulis dalam banyak hal dan juga memberikan banyak arahan yang bermanfaat.
7. Rumah Kedua, **UKM EBS FM Unhas**, terima kasih atas atap untuk bernaung, pengalaman menyenangkan dan kekeluargaan yang tidak bisa Penulis dapatkan dimanapun. Selamanya, EBS FM Unhas selalu menjadi rumah kedua yang begitu menyenangkan jika dikenang.
8. Sahabat Pokare, **Irfadiana Nurhasanah** dan **Fegi**, terima kasih untuk selalu hadir dan menguatkan disaat Penulis sedang kehilangan arah dan tujuan. Terima kasih tetap setia memegang tangan Penulis dan berbagi banyak hal bersama.
9. Musisi yang telah Penulis dengar musiknya selama pengerjaan skripsi dan menemani dalam malam-malam tanpa tidur, terima kasih banyak sudah menjadi teman support terdekat.
10. Pacar halu Penulis, **Jeon Jungkook**, **Jeon Wonwoo** dan **Na Jaemin**, terima kasih sudah memberikan kekuatan setiap Penulis melihat

ketampanan tiada tara sehingga dapat mengerjakan skripsi dengan perasaan yang menyenangkan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki Penulis. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak khususnya dalam bidang kimia.

Makassar, Juli 2021
Penulis,

(Marfa Wahyuni Ananda Pratiwi)

ABSTRAK

Penelitian tentang desain dan aplikasi nanosensor gula darah berbasis nanopartikel perak melalui bioreduktor ekstrak daun salam (*syzygium polyanthum*) telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel perak menggunakan bioreduksi ekstrak daun salam. AgNPs hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PSA, FTIR, XRD, dan SEM. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan nanopartikel perak berhasil disintesis pada selang waktu 2 jam dengan panjang gelombang maksimum 425,1 nm dan ukuran nanopartikel yang dihasilkan relatif stabil selama 10 hari. Analisis dengan XRD menguatkan bahwa nanopartikel yang disintesis adalah kristal perak dengan ukuran partikel rata-rata 34,62 nm. Hasil SEM menunjukkan bahwa nanopartikel perak memiliki struktur permukaan yang tidak seragam dan berbentuk bulat. Hasil pengukuran dengan PSA menunjukkan bahwa ukuran rata-rata nanopartikel perak adalah 79,80 nm. Sensor glukosa berbasis nanopartikel perak memiliki kisaran pengukuran 1–4 mM dengan regresi 0,8269, limit deteksi maksimum dari sensor pada konsentrasi 2,92 mM dengan sensitivitas sensor yaitu $0,15 \text{ A.mM}^{-1}.\text{mm}^{-2}$.

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

ABSTRACT

Research on the design and application of blood sugar nanosensor based on silver nanoparticles through the bioreduction bay leaf extract (*Syzygium polyanthum*) has been carried out. This study aims to synthesize silver nanoparticles using bay leaf extract bioreduction. The synthesized AgNPs were characterized using a spectrophotometer UV-Vis, PSA, FTIR, XRD, and SEM. The results showed that silver nanoparticles were successfully synthesized at an interval of 2 hours with a maximum wavelength of 425.1 nm and the resulting nanoparticles were relatively stable for 10 days. The XRD analysis confirmed that the nanoparticles synthesized were silver crystals in size particle averaged 34.62 nm. SEM results show that silver nanoparticles have a non-uniform surface structure and are spherical. The PSA measurement results showed that the average size of silver nanoparticles was 79.80 nm. The glucose sensor design based on silver nanoparticles has a measurement range of 1–4 mM with regression of 0.8269, the maximum detection limit of the sensor at a concentration of 2.92 mM with a sensor sensitivity of 0.15 A.mM⁻¹ mm⁻².

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

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Maksud Penelitian.....	4
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Nanopartikel.....	6
2.2 Tanaman Salam.....	8
2.3 Biosintesis Nanopartikel.....	11
2.4 Biosensor Nanopartikel.....	13
2.5 Glukosa Darah.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	19

3.1 Bahan Penelitian.....	19
3.2 Alat Penelitian.....	19
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
3.4 Prosedur Penelitian.....	20
3.4.1 Pembuatan Reagen.....	20
3.4.1.1 Pembuatan NaOH 0,1 M	20
3.4.1.2 Pembuatan Larutan Induk Glukosa 10 mM.....	20
3.4.1.3 Pembuatan Larutan Standar Glukosa.....	20
3.4.1.4 Pembuatan Larutan AgNO ₃ 1,5 mM.....	21
3.4.1.5 Pembuatan Larutan Poli Asam Akrilat (PAA) 1%	21
3.4.2 Sintesis Nanopartikel Perak.....	21
3.4.2.1 Preparasi Daun Salam.....	21
3.4.2.2 Pembuatan Ekstrak Daun Salam.....	21
3.4.2.3 Pembuatan Nanopartikel Perak.....	21
3.4.3 Karakterisasi Nanopartikel Perak.....	22
3.4.3.1 Karakterisasi dengan <i>Particles Size Analyzer</i> (PSA)..	22
3.4.3.2 Karakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Vis.....	22
3.4.3.3 Karakterisasi dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	22
3.4.3.4 Karakterisasi dengan Fourier Transform Infrared (FTIR).....	23
3.4.3.5 Karakterisasi dengan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	23
3.4.4 Desain Elektroda dan Pengendapan Nanopartikel Perak	23
3.4.5 Pengukuran Larutan Standar Glukosa.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25

4.1 Sintesis Nanopartikel Perak.....	25
4.2 Karakterisasi Nanopartikel Perak.....	25
4.2.1 Karakterisasi Warna Larutan Nanopartikel Perak.....	25
4.2.2 Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan Spektrofotometer UV-Vis.....	26
4.2.3 Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan PSA.....	28
4.2.4 Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan FTIR.....	30
4.2.5 Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan XRD.....	31
4.2.6 Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan SEM.....	32
4.3 Aplikasi Sensor Berbasis Nanopartikel Perak.....	33
4.3.1 Deteksi Pada Glukosa.....	33
4.3.2 Limit Deteksi.....	36
4.3.3 Sensitivitas.....	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Analisis Serapan UV-Vis.....	26
2. Hasil Pengukuran Elektroda Kerja yang dilapisi Nanopartikel Perak.....	35

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Tanaman Salam.....	9
2. Daun Salam.....	10
3. Perkiraan mekanisme reaksi dalam sintesis nanopartikel perak oleh senyawa kuersetin (flavonoid).....	11
4. Mekanisme reaksi glukosa pada permukaan elektroda yang dilapisi nanopartikel perak.....	16
5. Struktur Glukosa.....	17
6. Perubahan Warna larutan nanopartikel perak pada 1 menit (a), 30 menit (b) dan 60 menit (c).....	25
7. Spektrum UV-Vis nanopartikel perak hasil sintesis berdasarkan variasi hari.....	27
8. Hasil analisis PSA nanopartikel perak, yakni disperse ukuran dengan (a) intensitas, (b) volume, (c) nomor.....	29
9. Spektrum FTIR.....	30
10. Difaktogram Nanopartikel Perak dengan Ekstrak Daun Salam.....	32
11. Hasil analisis sampel nanopartikel perak dengan SEM pada (a) perbesaran 10.000x dan (b) perbesaran 20.000x.....	33
12. Voltamogram hubungan arus dan konsentrasi, (a) elektroda kerja tanpa modifikasi, (b) elektroda kerja termodifikasi	34
13. Kurva Regresi Linear Konsentrasi Glukosa terhadap Kuat Arus.....	35
14. Limit Deteksi Elektroda Kerja yang dilapisi Nanopartikel Perak.....	36

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Bagan Kerja.....	44
2. Perhitungan Ukuran Partikel.....	49
3. Perhitungan Limit Deteksi dan Sensitivitas	50
4. Perhitungan Glukosa Dalam Sampel Darah.....	51
5. Hasil Karakterisasi Nanopartikel Perak Menggunakan PSA.....	53
6. Data Hasil Karakterisasi Daun Salam Menggunakan FTIR.....	56
7. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Perak Menggunakan FTIR.....	57
8. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan XRD.....	58
9. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan SEM.....	59
10. Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	61

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti
DM	Diabetes Melitus
Ag	<i>Argentum</i> atau perak
nm	Nanometer
AgNPs	<i>Argentum 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

Penyakit degeneratif hingga saat ini masih menjadi penyebab kematian terbesar di dunia. Salah satu penyakit degeneratif yang cukup tinggi dalam penyebab kematian tersebar di dunia adalah Diabetes Mellitus. Penyakit Diabetes Mellitus adalah suatu kondisi kronis yang terjadi ketika tubuh tidak dapat menghasilkan cukup insulin atau tidak dapat menggunakan insulin, dan didiagnosis dengan mengamati peningkatan kadar glukosa dalam darah (Azis dkk., 2020). Menurut *International Diabetes Federation* (IDF) pada 2019, Indonesia menempati urutan ke-6 dari 10 negara dengan jumlah pasien diabetes tertinggi, yakni 10,3 juta pasien per tahun 2017 dan diperkirakan akan meningkat menjadi 16,7 juta pasien per tahun 2045. Bagi penderita diabetes, akses ke pengobatan yang terjangkau, termasuk insulin, dan alat kontrol gula darah sangat penting untuk kelangsungan hidup mereka. Namun, merujuk pada IDF (2019), 79% orang dewasa dengan diabetes tinggal di Negara berpenghasilan rendah dan menengah. Hal ini menyebabkan akses pada pengobatan dan pengontrolan gula darah masih belum merata karena terhalang faktor biaya. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian yang intensif untuk mengembangkan pemenuhan sensor yang murah, akurat dan mudah dalam penggunaannya dalam hal pengontrol gula darah.

Sampai saat ini, penelitian tentang sensor berbasis nanopartikel telah banyak dikembangkan. Secara khusus, pengembangan produk yang memanfaatkan nanoteknologi telah menjadi lebih menarik dan menantang karena cakupan aplikasi

nanomaterial yang luas untuk formulasi beberapa produk di bidang optik, elektronik, sensor biologi dan katalis. Nanopartikel merupakan suatu teknologi desain dan pemanfaatan struktur material yang berdimensi nanometer. Material nanopartikel yang banyak dimanfaatkan pada bidang industri ialah yang memiliki ukuran 1-100 nm (Kasim dkk., 2020). Aplikasi potensial dari nanopartikel yang disintesis untuk kepentingan masyarakat juga telah dieksplorasi (Biswal dan Misra, 2020). Di antara aplikasi biomedis, nanopartikel logam mulia sering digunakan dalam berbagai aplikasi seperti nanopartikel perak karena merupakan pengembangan agen anti bakteri, deteksi kanker dan tumor, dan agen pengiriman obat (Fatimah dkk., 2020). Nanopartikel perak terbukti paling efisien karena memiliki aktivitas antimikroba dan antioksidan yang baik dibandingkan nanopartikel logam mulia yang lain (Priya dkk., 2015). Perak telah mendapatkan banyak perhatian karena sifat fisik dan kimianya yang khas, termasuk konduktivitas, stabilitas termal, dan aktivitas katalitik, sehingga menghasilkan berbagai produk baru dan aplikasi ilmiah (Oktavia dan Sutoyo, 2021). Secara garis besar sintesis nanopartikel dilakukan dengan metode top-down (fisika) dan metode bottom-up (kimia). Metode top-down mereduksi ukuran padatan logam menjadi ukuran nano secara mekanik, sedangkan dengan metode bottom-up dilakukan dengan melarutkannya dengan agen pereduksi dan penstabil untuk merubahnya ke dalam bentuk nano. Pereduksi sintesis nanopartikel perak yang bisa digunakan adalah NaBH_4 namun hasil dari reaksi yang dihasilkan akan meninggalkan limbah gas B_2H_6 yang beracun.

Meninjau dari resiko dan dampak lingkungan yang ditimbulkan serta biaya yang mahal dari metode sintesis nanopartikel dengan metode top-down maupun

bottom-up, maka diperlukan metode lain dalam mensintesis nanopartikel dengan ramah lingkungan serta biaya murah. Cara mensintesis nanopartikel dengan memanfaatkan tumbuhan atau mikroorganisme sebagai agen pereduksi untuk menghasilkan nanopartikel yang dikenal dengan biosintesis nanopartikel. Beberapa jenis tumbuhan mengandung senyawa kimia tertentu yang dapat berperan sebagai bahan pereduksi (Taba dkk, 2019). Kandungan antioksidan dalam ekstrak tumbuhan seperti flavonoid, fenolik, tanin, dan metabolit sekunder yang lain dapat berperan sebagai bioreduktor dan *capping agent* yang dapat mereduksi ion Ag^+ dari prekursor senyawa AgNO_3 menjadi nanopartikel perak (Priya dkk., 2015). Daun salam (*Syzygium polyanthum*) merupakan salah satu tanaman herbal yang dianggap memiliki potensi sebagai anti hiperglikemia. Daun salam sendiri merupakan tanaman yang 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). Ekstrak daun salam mengandung metabolit sekunder yang dapat digunakan sebagai bioreduksi sehingga berpotensi untuk menghasilkan nanopartikel logam seperti nanopartikel perak (Taba dkk., 2019).

Melihat potensi dan prospek produksi nanopartikel perak menggunakan daun salam (*Syzygium polyanthum*) serta mengenai penyakit diabetes melitus, maka dalam penelitian ini akan dikembangkan sintesis dan karakterisasi nanopartikel perak dari daun salam sebagai sensor kadar gula darah. Nanopartikel perak kemudian diaplikasikan sebagai sensor kadar gula darah.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. bagaimana potensi ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) dalam mensintesis nanopartikel perak?
2. bagaimana karakteristik nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*)?
3. bagaimana respon sensor berbasis nanopartikel perak sebagai sensor kadar glukosa?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

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

1.3.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. menentukan kemampuan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) dalam mensintesis nanopartikel perak.
2. mengkarakterisasi nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*).
3. mengetahui respon sensor berbasis nanopartikel perak dengan sebagai sensor kadar glukosa darah.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan informasi tentang sintesis nanopartikel perak menggunakan bioreduktor dari alam yang mudah diperoleh,

murah, dan ramah lingkungan (*green synthesis*). Selain itu, diharapkan pula menjadi salah satu acuan dalam pembuatan sensor berbasis nanopartikel perak yang dapat diaplikasikan untuk menentukan kadar glukosa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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 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 terkendal obat ialah ukuran dan karakteristik permukaan nanopartikel mudah dimanipulasi untuk mencapai targer 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). Dibandingkan mikropartikel, nanopartikel memiliki kelebihan yaitu daya serap intraseluler yang relatif tinggi. Ukuran nanometer mampu melewati *biological barrier* (Ensafi, dkk, 2017). 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).

Nanopartikel logam yang paling banyak diteliti adalah nanopartikel perak, karena memiliki karakteristik yang unik yaitu memiliki serapan pada panjang gelombang daerah *visible* yang dapat digunakan sebagai sensor kolorimetrik nanopartikel perak (NPAg) adalah partikel logam perak yang memiliki ukuran kurang dari 100 nm. NPAg memiliki beberapa keunggulan, salah satunya sebagai katalis dalam proses fotodegradasi (Lestari dkk, 2019). Nanopartikel perak 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.

2.2 Tanaman Salam

Tanaman salam (*Syzygium polyanthum* (Wight) Walp) adalah salah satu dari keanekaragaman hayati Indonesia yang sangat besar keluarga *Myrtaceae*. Nama lain adalah *Eugenia polyantha* Wight, *E. nitida* Duthie, dan *E. balsamea* Ridley dan dikenal oleh masyarakat sebagai bahan memasak (kuliner). Pohon daun salam tumbuh liar di hutan dan gunung di Bagian barat semenanjung Asia Tenggara (Myanmar, Thailand hingga Malaysia) dan di Indonesia Barat. Itu tanaman dibudidayakan di halaman dan di lingkungan. Di Indonesia, daun salam memiliki banyak nama, seperti meselengan, ubar serai (Sumatera), Salam, gowok (Sunda), manting (Jawa), dan kastolam (Kangean) (Dewijanti, dkk, 2019).

Manfaat daun salam tidak hanya sebagai bumbu atau penyedap, tetapi juga sebagai obat. BPOM menyatakan bahwa daun salam adalah salah satu obat herbal favorit melalui penelitian dan teruji secara klinis untuk menyembuhkan penyakit tertentu. Secara etnobotani, daun salam digunakan sebagai obat untuk penderita diabetes, diare, sakit maag (gastritis), tekanan darah tinggi dan kolesterol tinggi, gatal-gatal (Dewijanti, dkk, 2018). Daun salam memiliki banyak aktivitas farmakologi terutama jika berada dalam bentuk ekstraknya. Aktivitas farmakologi daun salam diantaranya antijamur, antioksidan, antidiabetes, dan antihiperurisemia, serta dapat digunakan sebagai penghambat pembentukan plak dan karies pada gigi. Kandungan utama daun salam adalah flavonoid. Pelarut yang digunakan sebagai pelarut ekstrak daun salam yaitu etanol, air dan metanol (Novira dan Febrina, 2018).

Menurut Rivai (2019), tumbuhan salam dalam tata nama atau sistematika (taksonomi). Secara umum tumbuhan salam dimasukkan dalam klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom: Plantae

Divisio: Spermatophyta

Classis : Dicotyledoneae

Ordo : Myrtales

Familia : Myrtaceae

Genus : Syzygium

Spesies : *Syzygium polyanthum* (Wight.) Walp



Gambar 1. Tanaman Salam
(Rivai, dkk, 2019)

Daun salam di Indonesia digunakan untuk mengobati diabetes, anti-obesitas, hiperurisemia, radang sendi dan antidiare. Daun salam mengandung tannin, minyak atsiri (*salamol eugenol*), flavonoid (*quercetin, quercitrin, myricetin, myricitrin*), *sesquiterpen*, triterpenoid, fenol, steroid, sitral, lakton, saponin, dan karbohidrat. Pemanfaatan *Syzygium polyanthum* sebagai obat berhubungan dengan kandungan metabolit sekundernya. *Syzygium polianthum* mengandung berbagai metabolit sekunder terutama essential oils, tannin, flavonoid, dan terpenoid (Silalahi, 2017). Daun salam (*Syzygium polyanthum*) digunakan dalam bentuk herbal sebagai obat untuk diabetes mellitus. Dosisnya 2 x 1 sachet (bubuk 5 g) / hari, rebus dengan 2 gelas air hingga menjadi satu gelas (Peraturan MKRI, 2016).

Ekstrak metanol dari daun salam efektif mengurangi kadar glukosa darah yang diberikan kepada pasien diabetes (Widyawati, dkk, 2015).



Gambar 2. Daun Salam (Widyawati, dkk, 2015)

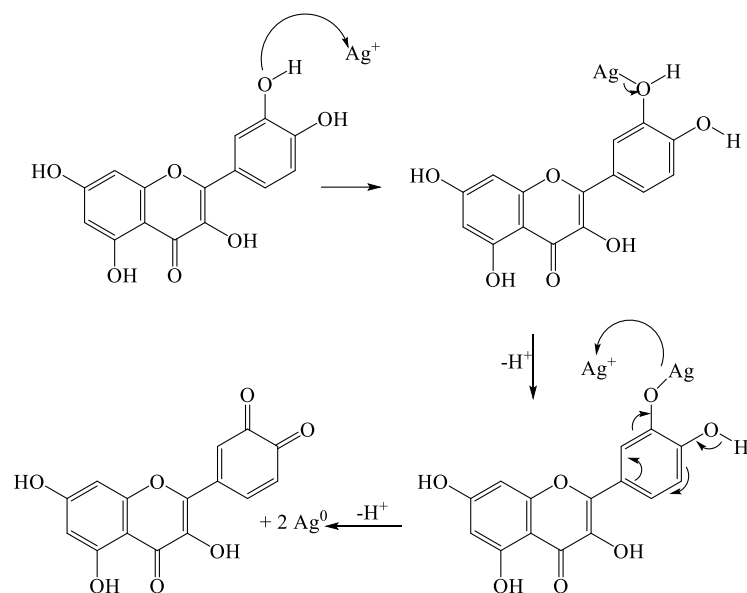
Dalam studi skrining fitokimia, tanaman obat daun salam mengandung flavonoid, alkaloid, steroid, dan tanin (Agustina, dkk, 2016). Penelitian lain menunjukkan bahwa ekstrak daun salam dengan pelarut metanol mengandung senyawa aktif dalam bentuk alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, dan steroid (Evedi, 2017). Senyawa metabolit sekunder berperan sebagai *capping agent* berinteraksi secara elektrostatis dengan nanopartikel perak agar pertumbuhan kluster nanopartikel yang terjadi tidak signifikan. *Capping agent* merupakan suatu zat yang berperan untuk menstabilkan nanopartikel perak yang telah disintesis dari suatu proses aglomerasi, yang merupakan suatu fenomena pertumbuhan ukuran nanopartikel perak yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antar sesama nanopartikel perak.

Selain itu, daun salam juga mengandung beberapa vitamin, diantaranya vitamin C, vitamin A, vitamin E, vitamin B6, vitamin B12, *thiamin*, riboflavin, *niacin*, dan asam folat. Beberapa mineral yang terkandung di dalam daun salam

yaitu zat besi, fosfor, kalsium, magnesium, selenium, seng, natrium dan kalium (Harismah dan Chusniatun, 2016). Ekstrak daun salam digunakan pula sebagai bioreduktor sintesis nanopartikel perak pada Taba dkk. (2019) dengan ukuran nanopartikel sebesar 45,7 nm. dan pada Parmitha (2018) dengan menguji aktivitas antioksidan dari nanopartikel perak yang disintesis menggunakan bantuan ekstrak daun salam.

2.3 Biosintesis Nanopartikel

Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan metode biosintesis dimana biosintesis dari nanoteknologi adalah sinkronisasi material nano (nanopartikel) tanpa menggunakan bahan kimia berbahaya yang dapat menghasilkan produk sampingan yang beracun. Dengan kata lain, metode biosintesis memanfaatkan bahan ramah lingkungan untuk mensintesis partikel yang tidak berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia (Yew, dkk., 2020). yaitu dengan ekstrak tumbuhan daun salam sebagai bioreduktor.



Gambar 3. Perkiraan mekanisme reaksi dalam sintesis nanopartikel perak oleh senyawa kuersetin (Kasim, 2020).

Mekanisme pembentukan nanopartikel terdiri dari tiga tahap: reduksi ion, pengelompokan, dan pertumbuhan nanopartikel lebih lanjut. Fitur masing-masing tahapan tergantung pada sifat zat pereduksi, konsentrasi, pH, dan konsentrasi AgNO_3 sebagai zat pereduksi. Menurut beberapa peneliti, gugus $-\text{OH}$ yang ada dalam flavonoid yang kemungkinan bertanggung jawab atas reduksi ion perak menjadi AgNPs. Ada kemungkinan bahwa transformasi tautomerik flavonoid dari bentuk enol menjadi bentuk keto dapat melepaskan atom hidrogen reaktif yang mereduksi ion perak menjadi nanopartikel perak (Siampa, dkk., 2020). Senyawa flavonoid kuersetin dapat mereduksi ion Ag^+ sedangkan kuersetin teroksidasi sehingga gugus hidroksilnya berubah menjadi gugus keton akibat dari pelepasan atom hidrogen. Setelah ion Ag^+ tereduksi dan membentuk nanopartikel perak, maka akan terjadi pertumbuhan nanopartikel atau yang disebut dengan kluster. Penerapan *green synthesis* telah dilakukan oleh Kuppusamy, dkk. (2016) yang memanfaatkan berbagai ekstrak tanaman dalam sintesis nanopartikel. Salah satu metode yang aman digunakan untuk sintesis NPAg adalah penggunaan sumber daya hayati yang tersedia di alam yaitu tanaman (Jyoti, dkk, 2016) karena efisien, cepat, hemat energi dan ramah lingkungan. Nanopartikel perak (NPP) memiliki keunggulan dibandingkan dengan nanopartikel emas karena sifat optis NPP lebih baik (Sari, dkk, 2017), sehingga NPP dapat digunakan sebagai detektor dalam penentuan gula darah. Nanopartikel Perak dapat disintesis dengan berbagai macam cara yaitu metode *wet chemical*, metode *reverse micell systems* dan juga HFILs, Namun, metode-metode tersebut menimbulkan berbagai masalah, seperti penggunaan pelarut beracun, mengeluarkan limbah berbahaya, dan konsumsi energi yang tinggi. Oleh itu perlu dikembangkan sebuah metode yang ramah

lingkungan, sehingga muncullah metode biosintesis. Proses dari metode biosintesis adalah reduksi ion perak oleh senyawa yang terdapat pada ekstrak tumbuhan, dimana reduksi yang terjadi adalah perubahan ion Ag^+ menjadi Ag^0 . Hal ini terjadi karena adanya gugus fungsi dalam senyawa metabolit sekunder yang mendonorkan elektron ke ion Ag^+ untuk menghasilkan Ag sebagai partikel-nano (Ag^0) (Prasetyaningtyas, dkk., 2020).

Lestari, dkk, (2019) menggunakan ekstrak air buah andalima untuk mereduksi ion perak dari senyawa AgNO_3 menjadi nanopartikel perak. Ningsih, dkk, (2017) menggunakan ekstrak kulit manggis merah untuk mensintesis nanopartikel perak dengan metode *green synthesis*. Siampa, dkk (2020) menggunakan infusa rimpang lakka-lakka (*Curculigo orchioides* Gaertn.) dengan konsentrasi AgNO_3 5 mM dan pada waktu reduksi ke-45 menit biosintesis nanopartikel perak terbentuk lebih awal disbanding konsentrasi AgNO_3 yang lainnya. Prasetyaningtyas, dkk (2020) mensintesis nanopartikel perak dengan bantuan ekstrak daun kemangi (*Ocimum basilicum* L.) dengan ukuran rata-rata terkecil 36 nm. Fakta sebelumnya mengungkapkan bahwa sintesis nanopartikel perak dengan pendekatan kimia hijau adalah kemungkinan menarik yang relatif kurang dieksploitasi (Lestari, dkk, 2019). Potensi ekstrak tanaman dalam mensintesis nanopartikel karena keberadaan senyawa metabolit sekunder dalam tanaman yang mampu mereduksi suatu zat menjadi ukuran nanopartikel (Yasser, dkk, 2017).

2.4 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).

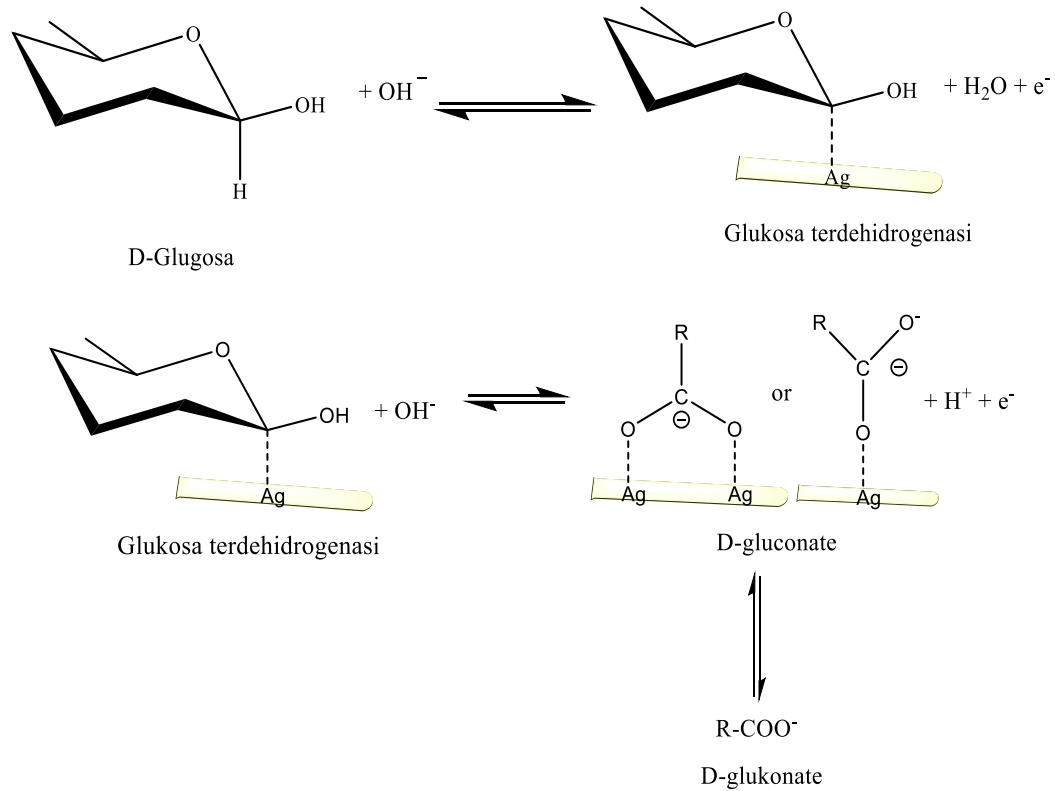
Sejarah biosensor dimulai melalui pengembangan elektroda enzim oleh Clark. Setelah itu, para peneliti dari berbagai bidang (fisika, kimia, dan ilmu material) bersama-sama mengembangkan perangkat biosensing yang lebih canggih, andal, dan matang. Biosensor dapat digunakan di bidang kedokteran, pertanian, 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 lebih sederhana, dan mudah untuk 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 bioreseptor. Intensitas sinyal muncul sebagai akibat dari reaksi biokimia berbanding lurus atau berbanding terbalik dengan konsentrasi analit (Malhotra dan Pandey, 2017).

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. 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, muatan permukaan 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.



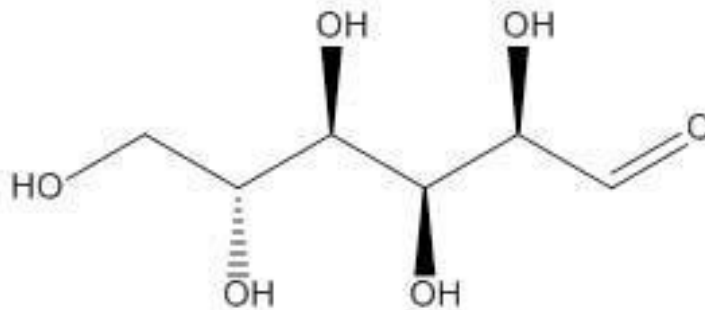
Gambar 4. Mekanisme reaksi glukosa pada permukaan elektroda yang dilapisi nanopartikel perak

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).

2.5 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 merupakan karbohidrat terpenting yang kebanyakan diserap ke dalam aliran darah sebagai glukosa dan gula lain diubah menjadi glukosa di hati. Glukosa dihasilkan dari makanan yang mengandung karbohidrat yang terdiri dari monosakarida, disakarida dan juga polisakarida. Glukosa adalah produk akhir metabolisme karbohidrat dan merupakan sumber energi utama bagi organisme hidup, yang fungsinya dikendalikan oleh insulin. (Subiyono, dkk, 2016).



Gambar 5. Struktur Glukosa (Subiyono, dkk, 2016)

Pasokan glukosa diperlukan terutama untuk sistem saraf dan eritrosit. Kegagalan glukoneogenesis biasanya berakibat fatal. Dapat menyebabkan hipoglikemia disfungsi otak, yang mengarah pada koma dan kematian (Bender and Mayes, 2015). 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*) (Subiyono, dkk, 2016). Glukosa darah adalah glukosa dalam

aliran darah yang dengan mudah melewati pembatas darah otak di otak, karena otak tidak dapat menyimpan glukosa, diperlukan pasokan glukosa yang konstan agar berfungsi dengan baik. Defisit pasokan glukosa ke otak dapat menyebabkan konsekuensi buruk pada fungsi otak (Bander and Mayes 2015). Glukosa darah normal pada manusia adalah 70-100 mg / dl dan dua jam setelah makan di bawah 180 mg / dl (American Diabetes Association 2020).

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). Kondisi kronis yang terjadi ketika kadar glukosa darah berada diatas normal akibat pankreas tidak cukup untuk memproduksi insulin atau tidak efektifnya tubuh dalam menggunakan insulin yang diproduksi (Tandi, 2016). Salah satu masalah kesehatan masyarakat yang sangat serius dan membutuhkan penanganan yang tepat bagi penderitanya adalah DM. 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 untuk menegakkan diagnosis DM. Kadar glukosa darah tinggi sering berkembang menjadi penyakit diabetes melitus tipe 2.