

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

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF GOLD
NANOPARTICLES USING GEDI LEAF EXTRACT
(ABELMOSCHUS MANIHOT L) FOR BLOOD
GLUCOSE CONTENT SENSOR**

M YASSER

P1100211401



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

HALAMAN PENGESAHAN

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

Disusun dan diajukan oleh

Nama : M. Yasser

NIM : P1100211401

Menyetujui

Komisi Penasihat,

Ketua,

Anggota,

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

Dr. Paulina Taba, M.Phill.

Mengetahui
Ketua Program Studi Kimia

Dr. Paulina Taba, M.Phill.

KATA PENGANTAR



Puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas Karunia dan Ridho Nya penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas dari Daun Gedi *Abelmoschus manihot* L untuk Sensor Kadar Glukosa Darah”. Tesis ini penulis susun dalam rangka memenuhi persyaratan menyelesaikan Pendidikan Program Pascasarjana Magister Ilmu Kimia pada Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan hingga terwujudnya Tesis ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, terutama kepada yang terhormat :

1. Bapak Prof. Dr. H. Abd. Wahid Wahab, M.Sc selaku pembimbing utama dan Ibu Dr. Paulina Taba, M.Phil selaku pembimbing pertama atas segala saran, bimbingan, dan nasehatnya selama penelitian dan penulisan tesis ini.
2. Bapak Prof. Dr. H. Alfian Noor, M.Sc, Bapak Dr. Maming, M.Si dan Ibu Dr. Seniwati Dali, M.Si atas kesediannya sebagai tim penguji/penilai dan saran atas penyempurnaan tesis ini.

3. Bapak Rektor, Direktur Pascasarjana, Dekan FMIPA, Ketua dan Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA UNHAS, Ketua Program Studi S2 Kimia beserta staff atas dukungan yang diberikan dalam jenjang Program Pascasarjana.
4. Kepala Laboratorium Kimia Fisika FMIPA UNHAS, Kepala Laboratorium Kimia Analitik FMIPA UNHAS, Kepala Laboratorium Kimia Terpadu, Kepala Laboratorium Pengembangan Sains FMIPA UNHAS, Kepala Laboratorium Pilot Plant Pusat Antar Universitas IPB, Kepala Laboratorium Instrumentasi Fisik IPB dan Kepala Laboratorium *Basic Science Center A* FMIPA ITB beserta analis dan staff atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melakukan penelitian di Laboratorium.
5. Bapak dan Ibu dosen di lingkungan FMIPA Universitas Hasanuddin khususnya dosen pada Jurusan Kimia yang senantiasa membimbing penulis sejak dibangku kuliah sampai menyelesaikan tesis ini.
6. Rekan peneliti, serta rekan seperjuangan Program Pascasarjana Kimia UNHAS 2011 : Irham Pratama, Loth Botahala, Zulfian Armah, Abdur Rahman Arif, Oktavianus, Desi Kartina, Ischaidar, Mery Arafah, Widiastini Arifuddin, Hasti Hamzah, Sukarti dan Santi dan rekan-rekan Pascasarjana Kimia UNHAS lainnya yang telah memberi motivasi dan dorongan selama melalui suka duka masa perkuliahan dan penelitian.
7. Penghargaan kepada teman-teman Kimia angkatan 2006, terkhusus kepada Arini Rajab, Nur Qadri Rasyid, Subakir Salnus, Faturrahman

M, Hardin dan Nurhidayah serta kerabat atas bantuan dan dorongan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan tesis.

8. Penghargaan terkhusus penulis sampaikan kepada Ayahanda tercinta Drs. Syarifuddin dan Ibunda tersayang Dra. A. Nuraeni Nawir, Bapak angkat tercinta A. Chaeruddin, S. Sos., dan Ibu angkat tersayang Hj. A. Fatmawati, Nenek tersayang A. Muliati dengan segala pengorbanannya dalam mengasuh, mendidik, membiayai penulis dengan penuh sabar dan penuh kasih sayang, serta doa yang dipanjatkan demi kesehatan, keselamatan dan keberhasilan penulis. Kepada saudaraku tersayang (Alm) Musyawir Reza Putra, Rizki Rifandi, SE, A. Yusreni Nawir, SE, dan A. Muh. Reza Putra atas kasih sayang yang diberikan kepada saya selama ini.

Akhir kata, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi tambahan dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, 27 Desember 2013

Penulis

ABSTRAK

M Yasser 2013. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas dari Ekstrak Daun Gedi (*Abelmoschus manihot* L) untuk Sensor Kadar Glukosa Darah (Dibimbing oleh: **Abd. Wahid Wahab** dan **Paulina Taba**)

Penelitian ini bertujuan: (1) mensintesis dan mengkarakterisasi nanopartikel emas menggunakan ekstrak daun Gedi, (2) mendesain sensor glukosa berbasis nanopartikel emas dan (3) mengukur kandungan glukosa dalam darah. Hasil penelitian menunjukkan panjang gelombang maksimum nanopartikel emas dengan Spektroskopi UV-Vis selama 2 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam berturut-turut yaitu 535,5 nm, 535,5 nm, 535,5 nm, 535,5 nm dan 536 nm menunjukkan ukuran nanopartikel emas relatif stabil selama 96 jam. Pengukuran dengan XRD menguatkan bahwa nanopartikel yang disintesis adalah kristal emas dengan distribusi ukuran 21,74 nm – 53,18 nm. Hasil SEM menunjukkan bahwa nanopartikel emas memiliki struktur permukaan yang tidak seragam yaitu berbentuk bola dan persegi. Hasil pengukuran dengan PSA menunjukkan rata-rata ukuran nanopartikel emas adalah 38,88 nm. Desain sensor berbasis nanopartikel emas memiliki kisaran pengukuran 2 mM – 10 mM dengan Regresi (R) 0,9808, Limit deteksi pada konsentrasi 3,36 mM dan sensitivitas 0,27 A. mM⁻¹. Mm⁻². Analisis kadar glukosa dalam darah menggunakan sensor berbasis nanopartikel emas menunjukkan konsentrasi glukosa 5,03 mM atau 90,54 mg/dL. Analisis glukosa dalam darah menggunakan Automated Analyzed Clinical Chemistry sebesar 89 mg/dL.

Kata kunci: nanopartikel emas, daun Gedi (*Abelmoschus manihot* L), sintesis, sensor, glukosa darah

ABSTRACT

M Yasser 2013. Synthesis and Characterization of Gold Nanoparticles using Gedi Leaf Extract (*Abelmoschus manihot* L) for Blood Glucose Content Sensor (Supervised by : **Abd . Wahid Wahab** and **Paulina Taba**)

The aims of this research are: (1) synthesize and characterization gold nanoparticles using leaf extract Gedi, (2) to construct glucose sensor based on gold nanoparticles, and (3) to measure the glucose concentration in blood. The results showed the maximum wavelength of gold nanoparticles by UV-Vis Spectroscopy for 2 hours, 24 hours, 48 hours, 72 hours and 96 hours respectively is 535,5 nm, 535,5 nm, 535,5 nm, 535,5 nm and 536 nm to shows the size of the gold nanoparticles is relatively stable for 96 hours. XRD measurements corroborates that the synthesized nanoparticles are gold crystalline with size distribution about 21,74 nm – 53,18 nm. SEM results showed that the gold nanoparticles have a uniform surface structure that is round and square. The measurement of PSA showed average size of gold nanoparticles is 38.88 nm. Design of glucose sensor based on gold nanoparticles have measurement range 2 mM - 10 mM with regression (R) 0,9808, detection limit of sensor is 3,36 mM, sensitivity of sensor is 0,27 A. mM⁻¹. mm⁻². Analysis of glucose concentration in blood using the sensor based on gold nanoparticles showed glucose concentration is 5,03 mM or 90,54 mg/dL. Analysis of glucose concentration in blood using Automated Clinical Chemistry Analyzed is 89 mg/dL.

Keywords: gold nanoparticles, Gedi leaf (*Abelmoschus manihot* L), synthesis, sensor, blood glucose

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Tinjauan Umum Emas	8
B. Nanopartikel.....	9
C. Nanopartikel Emas	12
D. Sintesis Nanopartikel Emas	14
E. Sensor	16
F. Glukosa Darah	20

	9
G. Tanaman Gedi	22
H. Kerangka Pikir dan Hipotesis	25
BAB III. METODE PENELITIAN.....	29
A. Alat dan Bahan	29
B. Objek Penelitian	29
C. Waktu dan Tempat Penelitian	30
D. Pelaksanaa Penelitian	30
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
A. Biosintesis Nanopartikel Emas	34
B. Karakterisasi Nanopartikel Emas	37
C. Aplikasi Sensor Berbasis Nanopartikel Emas	43
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	51
A. Kesimpulan	51
B. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Panjang gelombang dan absorbansi pada variasi waktu	39
2. Data difratogram nanopartikel emas	42
3. Kisaran pengukuran elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas	47
4. Hasil pengukuran pada sampel darah	50

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Mekanisme sintesis nanopartikel emas	16
2. Sel Voltametri	18
3. Struktur Glukosa	21
4. Tanaman Gedi	23
5. Beberapa senyawa metabolit sekunder tanaman Gedi	24
6. Kerangka Pikir	28
7. a. Larutan HAuCl ₄	
b. Larutan nanopartikel emas	34
8. Spektrum UV-Vis ekstrak daun Gedi	35
9. Spektrum UV-Vis larutan induk HAuCl ₄	35
10. Spektrum UV-Vis Nanopartikel emas dengan pereduksi	
11. quersetin	37
12. Spektrum UV-Vis Nanopartikel emas dengan pereduksi	
13. ekstrak daun gedi	38
14. Distribusi ukuran nanopartikel emas berdasarkan,	
(a) dispersi ukuran dengan intensitas,	
(b) dispersi ukuran dengan volume, dan	
(c) dispersi ukuran dengan jumlah	40
15. Difraktogram nanopartikel emas	41
16. Foto <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) nanopartikel emas	43
17. a. Voltamogram elektroda kerja tanpa pelapisan nanopartikel emas	
b. Voltamogram elektroda kerja dengan pelapisan	
nanopartikel emas	44
18. Kurva hubungan arus dan konsentrasi	
19. a. Elektroda kerja yang tidak dilapisi nanopartikel emas	
b. Elektroda kerja yang tidak dilapisi nanopartikel emas	45

20. Kurva Regresi linear konsentrasi vs arus	47
21. Limit deteksi elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas	47
22. Voltamogram pengukuran pada sampel darah	50

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Bagan pembuatan larutan emas induk HAuCl_4 1000 ppm	60
2. Bagan kerja sintesis nanopartikel emas dari ekstrak daun Gedi	61
3. Bagan kerja sintesis nanopartikel emas dari quersetin	62
4. Karakterisasi Nanopartikel emas dengan Spektroskopi UV-Vis	63
5. Karakterisasi Nanopartikel emas dengan <i>X-RAY Diffraction (XRD)</i>	64
6. Karakterisasi Nanopartikel emas dengan <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	65
7. Karakterisasi Nanopartikel emas dengan <i>Particle Size Analyzer (PSA)</i>	66
8. Persiapan elektroda emas dan pengendapan nanopartikel	67
9. Bagan kerja pengujian terhadap larutan gula standar	68
10. Hasil pengukuran nanopartikel emas dengan menggunakan Spektroskopi UV-Vis	69
11. Hasil pengukuran nanopartikel emas dengan menggunakan XRD ...	74
12. Hasil pengukuran nanopartikel emas dengan menggunakan SEM ...	78
13. Hasil pengukuran nanopartikel emas dengan menggunakan PSA ...	79
14. Hasil pengukuran larutan standar glukosa dengan elektroda kerja yang tidak dilapisi nanopartikel emas	86
15. Hasil pengukuran larutan standar glukosa dengan elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas	87
16. Perhitungan konsentrasi glukosa dalam sampel darah	90
17. Dokumentasi penelitian	92

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Masalah kesehatan dipengaruhi oleh pola hidup, pola makan, faktor lingkungan kerja, olahraga dan stress. Perubahan gaya hidup terutama di kota-kota besar menyebabkan peningkatan prevalensi penyakit degeneratif seperti penyakit jantung koroner, diabetes melitus, obesitas dan tekanan darah tinggi (Isnati, 2007). Diabetes melitus (DM) menjadi masalah paling umum di dunia. Banyak penduduk di negara maju dan berkembang menderita penyakit ini (Rahadiyanti, 2011).

Diabetes mellitus (DM) merupakan kumpulan gejala yang timbul pada seseorang akibat tubuh mengalami gangguan dalam mengontrol kadar gula darah (Anani, *et al*, 2012). Diabetes mellitus merupakan penyakit menahun yang ditandai oleh kadar gula darah yang tinggi (Isnati, 2007), Diabetes melitus ditandai dengan kadar glukosa darah sewaktu > 200 mg/dl (Rahadiyanti, 2011). Menurut hasil survei WHO, jumlah penderita diabetes mellitus (DM) di Indonesia menduduki peringkat ke 4 terbesar di dunia. Kematian karena DM diperkirakan akan meningkat sebanyak 50% sepuluh tahun yang akan datang (Nita, *et al*, 2012).

Prevalensi diabetes melitus di Indonesia dapat menimbulkan dampak negatif yang berupa penurunan kualitas sumber daya manusia (SDM) terutama akibat penyakit menahun yang ditimbulkannya (Lely, 2004). Beberapa diantara penderita diabetes mellitus baru mengetahui sakit yang diderita ketika sudah mengalami komplikasi. Ketidaktahuan ini disebabkan karena kebanyakan penyakit diabetes mellitus terus berlangsung tanpa keluhan sampai beberapa tahun dan kurangnya informasi yang diperoleh masyarakat tentang penyakit tersebut.

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

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

2005). Nanopartikel emas banyak digunakan dalam fabrikasi biosensor karena dengan ukuran nano kecepatan scanning pada analit akan meningkat, selain itu nanopartikel emas memiliki kestabilan dalam mempertahankan bioaktivitas dari biomolekul (Sahadi, *et al*, 2011).

Nanopartikel didefinisikan sebagai dispersi partikel atau partikel padat dengan ukuran dalam kisaran 1-1000 nm (Mohanraj, dan Chen, 2006). Penelitian tentang nanopartikel terutama tentang nanopartikel emas saat ini menjadi topik yang menarik karena kegunaannya yang sangat luas. Secara garis besar sintesis nanopartikel dilakukan dengan metode top-down (fisika) dan metode bottom-up (kimia). Pada metode top-down padatan logam dibuat menjadi ukuran nano secara mekanik, sedangkan dengan metode bottom-up, logam dilarutkan dengan agen pereduksi dan penstabil untuk merubahnya ke dalam bentuk nano (Khairurrijal dan Mikrajuddin, 2009). Tetapi, metode-metode tersebut memiliki banyak masalah yang mencakup penggunaan pelarut yang beracun, limbah yang berbahaya dan konsumsi energi yang tinggi (Thakkar, *et al*, 2011).

Oleh karena itu, inovasi baru diperlukan untuk mensintesis nanopartikel yang ramah lingkungan dengan biaya yang murah. Cara mensintesis nanopartikel telah ditemukan dengan memanfaatkan makhluk hidup sebagai agen pereduksi untuk menghasilkan nanopartikel yang disebut biosintesis nanopartikel.

Biosintesis nanopartikel logam dengan memanfaatkan mikroorganisme seperti bakteri, jamur dan khamir memiliki kelemahan seperti pemeliharaan kultur yang sulit dan waktu sintesis yang lama (Elumalai, *et al*, 2011). Sedangkan biosintesis nanopartikel logam dengan memanfaatkan tumbuhan sebagai agen pereduksi memberikan beberapa keuntungan seperti ramah lingkungan, biaya yang rendah dan tidak memerlukan tekanan, energi dan temperatur yang tinggi serta tidak digunakannya bahan kimia yang beracun (Elumalai, *et al*, 2011).. Singh, *et al* (2012) telah memanfaatkan ekstrak daun *Dalbergia sissoo* untuk mensintesis nanopartikel emas dan perak.

Dalam sintesis nanopartikel emas dengan menggunakan tumbuhan, nanopartikel emas terbentuk melalui reaksi reduksi oksidasi dari Au^{3+} yang terdapat pada larutan dengan senyawa tertentu dari tumbuhan (Kumar dan Yadav. 2009). Shankar, *et al* (2004) melaporkan bahwa terpenoid dan flavanoid pada *A. Indica* berperan untuk memfasilitasi reaksi reduksi karena memiliki molekul aktif permukaan. Jha, *et al* (2009), menyatakan bahwa senyawa yang berperan dalam proses reduksi terdiri atas beberapa senyawa metabolit sekunder tanaman seperti, senyawa terpenoid jenis *citronellol* dan *geraniol*, keton, aldehyd, amida dan asam karboksilat.

Indonesia sebagai negara beriklim tropis, memiliki kekayaan sekitar 30.000 jenis tumbuhan (Mamahit, 2009). Banyak tumbuhan yang potensial dapat dimanfaatkan. Salah satu dari sekian banyak tumbuhan adalah

Abelmoschus manihot L. yang lebih dikenal dengan nama Gedi. Menurut Todarwal, *et al* (2009), *Abelmoschus manihot* L mengandung sejumlah senyawa flavonoid yaitu mirisetin, mirisetin 3-O-beta-D-glukopiranosida, dan quersetin. Widowati, *et al* (1995) juga melaporkan adanya senyawa flavanoid pada daun Gedi. Quersetin merupakan salah satu senyawa flavanoid yang banyak terdapat dalam tanaman Gedi. Meskipun penelitian tentang *Abelmoschus manihot* L. telah banyak dilakukan seperti yang dilakukan oleh Mamahit dan Soekamto (2010), pemanfaatannya dalam mensintesis nanopartikel termasuk nanopartikel emas belum dilakukan.

Melihat prospek dari nanopartikel emas dan daun Gedi (*Abelmoschus manihot* L) serta realita mengenai penyakit diabetes mellitus, maka penelitian ini akan mengembangkan sintesis dan karakterisasi nanopartikel emas dari daun Gedi (*Abelmoschus manihot* L) untuk digunakan sebagai sensor glukosa darah

B. Rumusan Masalah

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

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

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan adalah :

1. Mensintesis nanopartikel emas dengan bantuan ekstrak daun gedi (*Abelmoschus manihot* L).
2. Menentukan karakteristik nanopartikel emas yang disintesis dengan menggunakan Spektroskopi UV-Vis, *Particle Size Analyzer* (PSA), *X-RAY Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).
3. Mengetahui respon sensor berbasis nanopartikel emas sebagai sensor glukosa darah.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dan kegunaan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai tambahan informasi tentang sintesis dan karakterisasi nanopartikel emas secara biosintesis.
2. Dapat dijadikan acuan dalam hal pengontrolan glukosa darah yang berbasis nanopartikel.
3. Sebagai tambahan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang kimia analitik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Emas

Emas merupakan unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Au (bahasa Latin: 'aurum') dan nomor atom 79, merupakan logam transisi (trivalen dan univalen) yang mengkilap, kuning, berat, "*malleable*", dan "*ductile*". Emas merupakan logam yang bersifat mudah ditempa, kekerasannya berkisar antara 2,5-3(skala Mohs), serta berat jenisnya bergantung pada jenis dan kandungan logam lain. Logam emas (Au) memiliki massa atom 196,96 dan jari-jari atom 0,1442 nm; dengan konfigurasi elektron [Xe] 4f¹⁴5d¹⁰6s¹; titik leleh 1064°C; dan titik didih 2808°C. Kemampuan emas dalam menghantarkan panas dan listrik lebih baik daripada tembaga dan perak (Diantoro, 2010).

Dalam bentuk bubuk warna emas adalah coklat-kemerahan. Emas tidak bereaksi dengan zat kimia lainnya tetapi dapat bereaksi dengan klorin, fluorin dan akuaregia. Akuaregia dapat melarutkan emas di mana terbentuk anion tetrakloroaurat AuCl₄⁻. Emas larut dengan lambat dalam kalium sianida dimana terbentuk anion disianoaurat AuCN₂⁻. Baik dari bentuk monovalen maupun trivalennya, emas dapat dengan mudah direduksi menjadi logamnya (Shevla, 1985).

Emas diketahui sangat tidak reaktif. Sifat ini diduga karena posisinya dalam deret elektrokimia, dimana nilai potensial reduksi standar

untuk reaksi reduksi Au^+ menjadi Au adalah +1,69 sedangkan nilai potensial reduksi standar untuk reaksi reduksi Au^{3+} menjadi Au adalah +1,40. Kedua nilai ini merupakan nilai yang cukup positif untuk menunjukkan emas termasuk unsur yang sangat tidak reaktif (Cotton dan Wilkinson, 2007).

Pelarutan Au dalam akuaregia atau Au_2Cl_6 dalam HCl menghasilkan larutan dimana pada penguapannya menghasilkan kristal kuning $[\text{H}_3\text{O}][\text{AuCl}_4] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Ion tetrakloroaurat(III) sangat mudah terhidrolisis menjadi AuCl_3OH^- (Cotton dan Wilkinson, 2007).

B. Nanopartikel

Nanoteknologi merupakan penerapan sains dan teknologi untuk mengendalikan materi pada tingkat molekul. Pada tingkat skala nano, sifat materi secara signifikan berbeda dari sifat makroskopiknya dalam jumlah besar. Nanoteknologi juga disebut kemampuan untuk merancang, karakterisasi, produksi, penerapan struktur, perangkat dan sistem dengan bentuk pengendalian dan ukuran pada skala nanometer (Vahabi, *et al*, 2011). Penelitian tentang nanopartikel terutama tentang nanopartikel emas belakangan ini banyak dilakukan oleh para ilmuwan.

Nanoteknologi adalah teknologi yang menarik perhatian yang berkaitan dengan produksi nanopartikel dengan berbagai variasi ukuran, bentuk, komposisi kimia, dan kemungkinan untuk dapat diaplikasikan dan dimanfaatkan oleh manusia (Andeani, *et al*, 2011).

Nanopartikel adalah partikel yang sangat halus berukuran orde nanometer atau partikel yang ukurannya dalam interval 1-1000 nm dan minimal dalam satu dimensi. Nanopartikel tersebut dapat berupa logam, oksida logam, semikonduktor, polimer, materi karbon, senyawa organik, dan biologi seperti DNA, protein, atau enzim (Mohanraj dan Chen, 2006). Pada skala nano, sifat materi secara signifikan berbeda dari sifatnya dalam bentuk makroskopik.

Pada umumnya setiap orang ingin memahami lebih mendalam mengapa nanomaterial dapat memiliki sifat atau fungsi yang berbeda dari material sejenis dalam ukuran besar. Menurut Mikrajuddin dan khairurrijal (2009) dua hal utama membuat nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran yang besar, sebagai berikut :

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

Sifat-sifat yang berubah pada nanopartikel biasanya berkaitan dengan fenomena-fenomena fisika dan kimia. Fenomena pertama adalah fenomena kuantum sebagai akibat keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan lainnya dalam partikel. Fenomena ini berimbas pada beberapa sifat material seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, dan magnetisasi. Fenomena kedua adalah perubahan rasio jumlah atom yang menempati permukaan terhadap jumlah total atom. Fenomena ini berimbas pada perubahan titik didih, titik beku, dan reaktivitas kimia (Mikrajuddin dan khairurrijal, 2009).

Nanopartikel dapat dibagi dalam tiga kategori yaitu: (1) nanopartikel alami, (2) nanopartikel antropogenik, dan (3) nanopartikel buatan. Nanopartikel alami terbentuk secara sendirinya serta mencakup bahan yang mengandung nanokomponen dan kemungkinan ditemukan di atmosfer seperti garam laut yang dihasilkan oleh evaporasi air laut ke dalam bentuk spray air, debu tanah, abu vulkanik, sulfat dari gas biogenik, dan bahan organik dari gas biogenik. Kandungan dari masing-masing nanopartikel alami tersebut di dalam atmosfer bergantung kepada kondisi bumi. Nanopartikel antropogenik merupakan nanopartikel yang terbentuk secara kebetulan yang dihasilkan dalam bentuk bahan bakar fosil. Nanopartikel antropogenik lain berada dalam bentuk asap dan partikulat yang dihasilkan dari oksidasi gas, seperti sulfat dan nitrat. Sedangkan, nanopartikel buatan merupakan nanopartikel yang dibentuk

untuk tujuan tertentu dan kemungkinan ditemukan dalam satu atau beberapa bentuk yang berbeda (Park, 2007).

Jain (2008) mengklasifikasikan nanopartikel menjadi lima macam berdasarkan jenis materi partikel yaitu kuantum dot, nanokristal, lipopartikel, nanopartikel magnetik, dan nanopartikel polimer. Penelitian nanopartikel sedang berkembang pesat karena dapat diaplikasikan secara luas seperti dalam bidang lingkungan, elektronik, optis, dan biomedis.

C. Nanopartikel Emas

Salah satu bagian penting dari nanoteknologi adalah pengembangan penelitian tentang proses sintesis nanopartikel. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk sintesis nanopartikel, diantaranya dari logam mulia, seperti emas, perak, dan platina. Nanopartikel logam mulia yang banyak dipelajari adalah nanopartikel emas karena memiliki sifat yang stabil dan aplikasi yang potensial dalam berbagai bidang sains dan teknologi mulai dari obat untuk optik, pelabelan biologis dan lain sebagainya (Singh, *et al*, 2012).

Berbagai metode kimia telah dilakukan dalam sintesis nanopartikel emas, diantaranya irradiasi laser, sonokimia, sonoelektrokimia, fotokimia dengan sinar UV, reduksi kimia, elektrokimia. Selain dengan metode kimia, sintesis nanopartikel emas dapat juga dilakukan dengan metode

biologi, yaitu dengan mikroorganisme, enzim, dan ekstrak tanaman (Singh, *et al*, 2012).

Sifat optik-elektronik nanopartikel emas yang unik telah diteliti dan digunakan dalam aplikasi teknologi tinggi seperti fotovoltaiik organik, pemeriksaan sensorik, agen terapi, penghantaran obat dalam aplikasi biologi dan medis, konduktor elektronik dan katalisis. Sifat optik dan elektronik dari nanopartikel emas sangat baik dengan mengubah ukuran, bentuk, kimia permukaan, atau kondisi agregat.

Berbagai aplikasi untuk nanopartikel emas berkembang pesat dan diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Elektronik : Nanopartikel emas digunakan untuk menghubungkan resistor, konduktor, dan elemen lain dari sebuah perangkat elektronik.
2. Terapi fotodinamik – IR dekat menyerap nanopartikel emas (termasuk nanoshells emas dan nanorods) menghasilkan panas pada panjang gelombang 700-800 nm. Hal ini memungkinkan nanopartikel untuk memberantas tumor.
3. Sensor - nanopartikel emas digunakan dalam berbagai sensor. Sebagai contoh, sebuah sensor kolorimetri berdasarkan nanopartikel emas dapat mengidentifikasi suatu makanan layak untuk konsumsi atau tidak.
4. Diagnosis - nanopartikel emas juga digunakan untuk mendeteksi penanda biologis dalam diagnosis penyakit jantung, kanker, dan agen penginfeksi.

5. Katalisis - nanopartikel emas digunakan sebagai katalis dalam beberapa reaksi kimia. Permukaan nanopartikel emas dapat digunakan untuk oksidasi selektif atau dalam kasus-kasus tertentu permukaan dapat mengurangi reaksi (nitrogen oksida).

D. Sintesis Nanopartikel Emas

Pada saat ini, pengembangan nanoteknologi terus dilakukan oleh para peneliti dari dunia akademik maupun dari dunia industri. Semua peneliti seolah berlomba untuk mewujudkan karya baru dalam dunia nanoteknologi. Salah satu bidang yang menarik minat banyak peneliti adalah pengembangan metode sintesis material skala nanometer. Material dalam skala ini dapat terjadi secara alamiah ataupun proses sintesis oleh manusia (Khairurrijal dan Mikrajuddin, 2009).

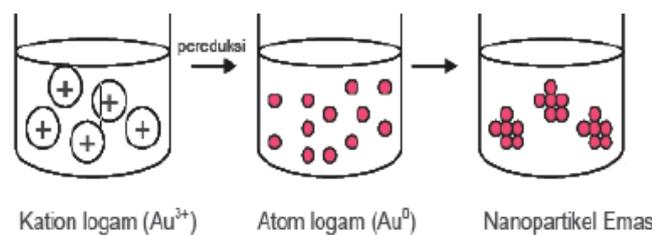
Sintesis nanopartikel dapat dilakukan dalam fasa padat, cair, maupun gas. Proses sintesis dapat berlangsung secara fisika dan kimia. Proses sintesis secara fisika tidak melibatkan reaksi kimia, yang terjadi hanya pemecahan material besar menjadi material berukuran nanometer, atau penggabungan material berukuran sangat kecil, seperti kluster, menjadi partikel berukuran nanometer tanpa mengubah sifat bahan. Proses sintesis secara kimia melibatkan reaksi kimia dari sejumlah material awal (prekursor) sehingga dihasilkan material lain yang berukuran nanometer. Contohnya adalah pembentukan nanopartikel garam dengan mereaksikan asam dan basa yang sesuai (Khairurrijal dan Mikrajuddin, 2009).

Sintesis nanopartikel emas dilakukan dengan mereaksikan larutan emas dengan zat pereduksi. Ketika berada dalam bentuk ionnya, Au^{3+} akan saling tolak-menolak karena pengaruh muatan sejenis, namun setelah direduksi menjadi Au^0 maka muatan atom Au menjadi netral sehingga memungkinkan antar atom Au akan saling mendekat dan berinteraksi satu sama lain melalui ikatan antar logam membentuk suatu *cluster* yang berukuran nano.

Perkembangan ilmu pengetahuan tentang nanopartikel memunculkan suatu metode baru dalam hal sintesis nanopartikel yaitu dengan memanfaatkan makhluk hidup atau yang dinamakan biosintesis nanopartikel. Prinsip biosintesis nanopartikel logam ialah memanfaatkan tumbuhan atau mikroorganisme sebagai agen pereduksi. Mikroorganisme yang digunakan seperti bakteri, jamur dan khamir (Mohanpuria, *et al*, 2008).

Salah satu aplikasi dari biosintesis nanopartikel telah dilakukan oleh Rakhi, *et al* (2012) yang memanfaatkan ekstrak *Terminalia arjuna* untuk mensintesis nanopartikel emas dan perak. Dalam biosintesis nanopartikel emas menggunakan tumbuhan, nanopartikel emas terbentuk melalui reaksi reduksi oksidasi dari Au^{3+} yang terdapat pada larutan dengan senyawa metabolit sekunder dari tumbuhan (Rakhi, *et al*, 2012). Shankar, *et al* (2004) melaporkan bahwa terpenoid dan flavanoid pada *A. Indica* berperan untuk memfasilitasi reaksi reduksi karena memiliki pengstabil molekul aktif permukaan. Jha, *et al* (2009), menyatakan bahwa senyawa

yang berperan dalam proses reduksi terdiri atas beberapa senyawa metabolit sekunder tanaman seperti, senyawa terpenoid jenis *citronello* dan *geraniol*, keton, aldehid, amida dan asam karboksilat. Adapun ilustrasi pembentukan nanopartikel emas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme sintesis nanopartikel emas

Menurut Lubis (2009) berbagai metode yang digunakan untuk mengkarakterisasi nanopartikel antara lain :

1. Karakterisasi ukuran dan luas permukaan : mikroskop elektron, difraksi sinar X (XRD), PSA dan pengukuran magnetic
2. Karakterisasi komposisi permukaan dan kompleks permukaan :AES, XPS, SIMS, EPMA, dan EXAFS
3. Karakterisasi struktur permukaan (topografi) : LEED, SEM, TEM, EXAFS
4. Karakterisasi komposisi dan struktur permukaan : FTIR, UV Vis, ESR, NMR dan Raman.

E. SENSOR

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

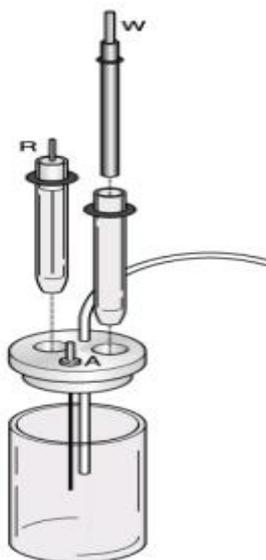
mampu menstimulus sensor untuk menghasilkan sinyal listrik meliputi temperatur, tekanan, gaya, medan magnet cahaya, pergerakan dan sebagainya. Sementara fenomena kimia berupa konsentrasi dari bahan kimia baik cairan maupun gas. (Bagus, *et al*, 2009).

Berdasarkan variabel yang diindranya, sensor dikategorikan kedalam dua jenis yaitu sensor fisika dan sensor kimia. Sensor fisika mendeteksi suatu besaran berdasarkan hukum-hukum fisika contohnya sensor cahaya, sensor suara, sensor kecepatan, sensor percepatan dan sensor suhu. Sedangkan sensor kimia mendeteksi jumlah zat kimia dengan cara mengubah besaran kimia menjadi besaran listrik. Biasanya melibatkan reaksi kimia, contohnya sensor pH, sensor oksigen, sensor ledakan, dan sensor gas (Setiawan, 2009).

Aplikasi penggunaan sensor telah mengalami banyak perkembangan. Sensor sendiri dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu biosensor dan kemosensor. Biosensor melibatkan aktifitas enzimatik yang terjadi pada membran yang berisi unsur biologis seperti jaringan, jasad renik, organel, enzim, antibodi serta asam nukleat yang telah diimobilisasi. Sedangkan kemosensor adalah sensor yang berfungsi mengkonversi respon kimia ke dalam sinyal listrik tanpa melibatkan aktifitas enzimatik seperti pada biosensor. Saat ini telah berkembang sensor non-enzimatik untuk mendeteksi secara voltametri berbasis nanopartikel emas. Nanopartikel emas banyak digunakan dalam fabrikasi biosensor karena dengan ukuran nano akan meningkatkan kecepatan scanning pada analit,

selain itu nanopartikel emas memiliki kestabilan dalam mempertahankan bioaktivitas dari biomolekul (Sahadi, *et al*, 2011).

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



Gambar 2. Sel Voltametri

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

Potensial elektroda pembanding tidak terpengaruh oleh komposisi sampel. Elektroda kalomel jenuh (EKJ) atau Ag/AgCl merupakan elektroda pembanding yang umum digunakan. Elektroda pembantu yaitu elektroda yang digunakan untuk mengalirkan arus antara elektroda kerja dan elektroda pembanding, sehingga arus dapat diukur. Elektroda pembantu yang biasa digunakan adalah kawat platina yang bersifat inert (Wang, 2000).

Reaksi reduksi atau oksidasi dari spesi analit yang elektroaktif pada permukaan elektroda kerja akan menghasilkan arus listrik yang terukur. Ada tiga macam arus yang dihasilkan pada teknik voltametri, yaitu arus difusi, arus migrasi dan arus konveksi. Arus difusi adalah arus yang disebabkan oleh perubahan gradien konsentrasi pada lapis tipis difusi dan besarnya sebanding dengan konsentrasi analit dalam larutan. Arus migrasi adalah arus yang timbul akibat gaya tarik elektrostatik antara elektroda dengan ion-ion dalam larutan. Arus konveksi adalah arus yang timbul akibat gerakan fisik, seperti rotasi atau vibrasi elektroda dan perbedaan rapat massa. Arus yang diharapkan pada pengukuran secara voltametri adalah arus difusi, karena informasi yang dibutuhkan adalah konsentrasi analit. Arus konveksi diminimalisasi dengan tidak melakukan pengadukan sesaat sebelum pengukuran, untuk mempertahankan kebolehlungan pengukuran dan menjaga agar temperatur larutan yang diukur tetap, arus migrasi diminimalisasi dengan cara penambahan larutan elektrolit pendukung (Mikkelsen dan Schroder, 1999).

F. Glukosa Darah

Glukosa dengan rumus molekul $C_6H_{12}O_6$ adalah monosakarida yang terpenting dan paling banyak terdapat di alam sebagai produk dari hasil fotosintesis (Dyah, 2012). Glukosa adalah suatu aldoheksosa dan sering disebut dekstrosa karena mempunyai sifat dapat memutar cahaya terpolarisasi ke arah kanan. Di alam, glukosa terdapat dalam buah-buahan dan madu lebah. Darah manusia normal mengandung glukosa dalam jumlah atau konsentrasi yang tetap, yaitu antara 70-100 mg tiap 100 mL darah. Glukosa darah ini bertambah setelah mengkonsumsi sumber karbohidrat, namun kira-kira 2 jam setelah itu, jumlah glukosa darah akan kembali pada keadaan semula. Pada orang yang menderita diabetes mellitus atau kencing manis, jumlah glukosa darah lebih besar dari 130 mg per 100 mL darah (Poedjiadi, 2009).

Monosakarida seperti glukosa merupakan turunan dari gliseraldehida, dimana gugus karbonil (aldehida) disubstitusi dengan gugus lain, sehingga menjadi D-Glukosa atau gula sederhana lain. Meskipun ada bentuk D dan L, tetapi monosakarida yang terdapat di alam pada umumnya dalam bentuk D, dan jarang sekali dalam bentuk L, (Winarno, 2004).

Di dalam tubuh manusia, glukosa diserap oleh usus halus kemudian akan terdistribusi ke dalam semua sel tubuh melalui aliran darah. Di dalam tubuh, glukosa tidak hanya dapat tersimpan dalam bentuk glikogen di dalam otot & hati namun juga dapat tersimpan pada plasma

darah dalam bentuk glukosa darah (Anwari, 2007). Fungsi glukosa dalam tubuh adalah sebagai bahan bakar bagi proses metabolisme dan juga merupakan sumber energi utama bagi otak (Mumtazah, 2011).

Karakteristik dari glukosa (Gambar 3) adalah sebagai berikut :

Nama Lain: α -D-Glucopyranose, α -DGlucose

Rumus Molekul: $C_6H_{12}O_6$

Berat molekul : 180

Warna : putih atau tidak berwarna

Bau : tidak berbau

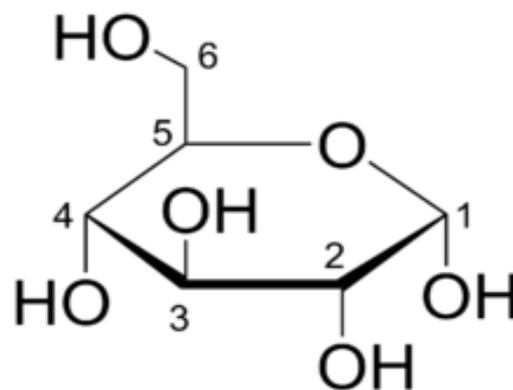
Bentuk : kristal

Titik leleh : $146^{\circ}C$

Titik didih : $-^{\circ}C$

kelarutan (Air) : 85,0 kg/ 100 kg H_2O

Kelarutan (Alkohol) : Larut sedikit



Gambar 3. Struktur Glukosa

Salah satu penyakit yang dapat diakibatkan oleh pengaruh kadar glukosa dalam tubuh adalah Diabetes Melitus (DM). Diabetes Melitus merupakan penyakit menahun yang ditandai oleh kadar gula darah yang

tinggi (Isnati, 2007), Diabetes melitus ditandai dengan kadar glukosa darah sewaktu > 200 mg/dl (Rahadiyanti, 2011).

G. Tanaman Gedi

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

Gedi (*Abelmoschus manihot* L. Medik) merupakan tumbuhan tropis famili Malvaceae. Secara tradisional telah lama dikenal di Sulawesi Utara sebagai tanaman sayuran. Berbagai jenis sayuran berkhasiat obat karena mengandung senyawa kimia tertentu. Senyawa kimia ini mempunyai efek farmakologis untuk membantu penyembuhan berbagai jenis penyakit. Masyarakat memanfaatkan daun gedi yang direbus tanpa garam sebagai obat tradisional, antara lain untuk sakit ginjal, maag, dan kolesterol tinggi (Mamahit dan Soekamto, 2010)

Banyak penelitian telah dilakukan untuk tanaman Gedi. Bagian dari tanaman ini yang banyak diteliti dan dimanfaatkan oleh masyarakat adalah

daun. Daun Gedi ini bentuknya berjari dan berlekuk-lekuk, mirip daun pepaya. Warnanya hijau segar dan sering dipakai sebagai campuran beragam sayuran. Tidak hanya di Indonesia tetapi juga di berbagai negara Asia lainnya. Tanaman ini di Filipina disebut dengan *Lagikuway*, sedangkan di Thailand disebut *Po fai* dan Inggris menyebutnya dengan *Edible hibiscus*. Daun ini sering dimasak sebagai sayur dan dikenal dengan nama sayur yondok (Dyah, 2012).

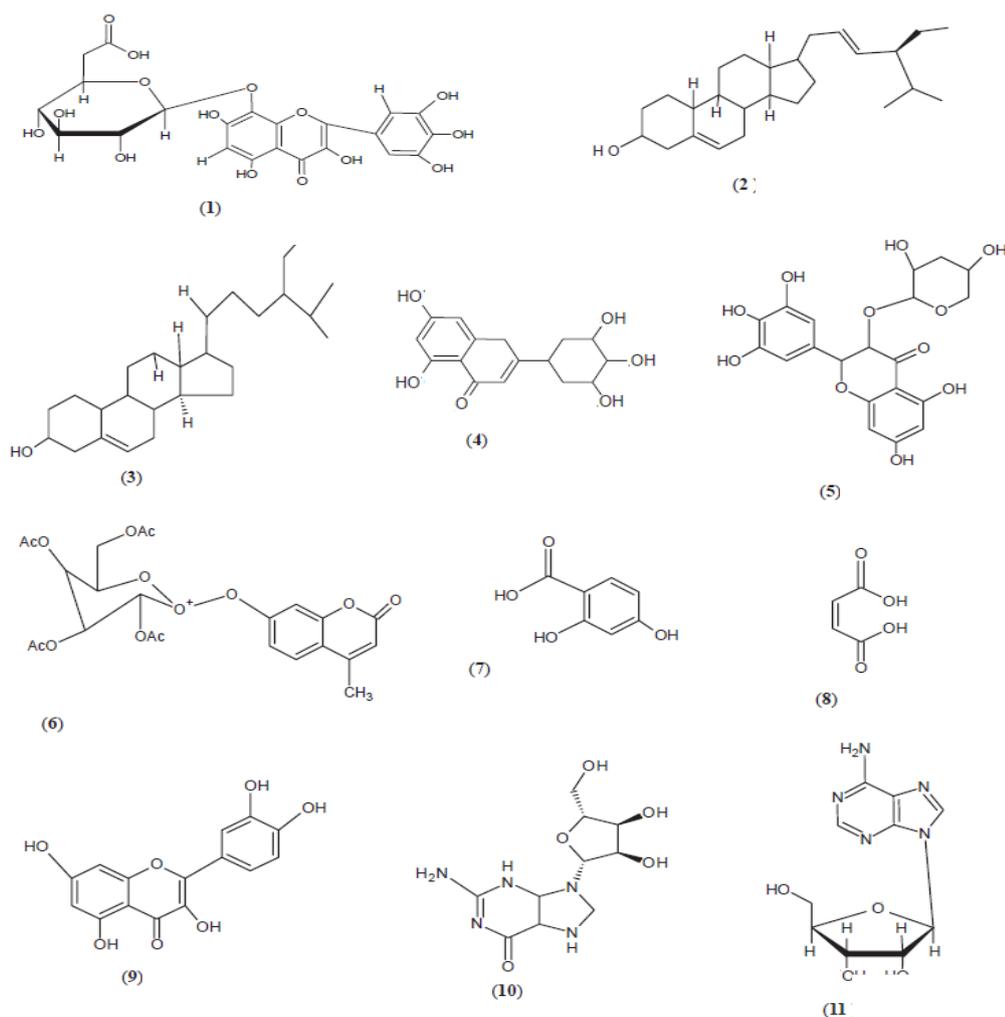
Adapun klasifikasi dari tanaman Gedi (Gambar 4) adalah sebagai berikut :

Kingdom: Plantae
 Subkingdom: Tracheobionta
 Super Divisi: Spermatophyta
 Kelas: Magnoliopsida
 Sub Kelas: Dilleniidae
 Ordo: Malvales
 Famili: [Malvaceae](#)
 Genus: [Abelmoschus](#)
 Spesies: *Abelmoschus manihot* L.



Gambar 4. Tanaman Gedi

Tanaman Gedi telah diidentifikasi mengandung beberapa jenis senyawa metabolit sekunder (Gambar 5) seperti [1] Hibifolin, [2] Stigmasterol, [3] Sitosterol, [4] Mirisetin, [5] Kanabistrin, [6] Mirisetin 3-O-beta-D- glukopiranosida, [7] asam 2,4-Dihidroxi benzoat, [8] asam Maleik, [9] Quersetin, [10] Guanosin, dan [11] Adenosin



Gambar 5. Beberapa senyawa metabolit sekunder tanaman Gedi
(Sumber : Todawal, *et al.*, 2011)

Bagian daun gedi mengandung alkohol, dari hasil penelitian ekstrak bahan ini dapat mencegah kematian tikus percobaan akibat serangan kejang. Hasil tersebut menguatkan pemakaian ekstrak bunga gedi untuk mengatasi kejang akibat epilepsi, sebagai obat anti depresi dan melindungi saraf otak. Melalui pemeriksaan lebih lanjut terhadap bagian otak tikus percobaan, delapan senyawa golongan flavonoid yang aktif

diperoleh. Karena kandungan flavonoid itulah, ekstrak tanaman gedi banyak di pakai untuk mengobati diabetes dan gangguan ginjal (Agusyanti, 2012).

H. Kerangka Pikir Dan Hipotesis

1. Kerangka Pikir

Masalah kesehatan dipengaruhi oleh pola hidup, pola makan, faktor lingkungan kerja, olahraga dan stress. Perubahan gaya hidup terutama di kota-kota besar menyebabkan peningkatan prevalensi penyakit degeneratif seperti penyakit jantung koroner, diabetes melitus, obesitas dan tekanan darah tinggi (Isnati, 2007). Diabetes melitus (DM) menjadi masalah paling umum di dunia. Banyak negara maju dan berkembang yang penduduknya menderita penyakit ini (Rahadiyanti, 2011).

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 sangat mahal sehingga masyarakat banyak yang tidak mampu membelinya. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian yang intensif untuk mengembangkan pemenuhan biosensor yang murah, akurat, dan mudah dalam penggunaannya.

Penelitian tentang nanopartikel emas saat ini menjadi topik yang hangat dibicarakan oleh banyak orang karena kegunaannya yang sangat

luas. Nanopartikel emas banyak digunakan dalam fabrikasi biosensor karena dengan ukuran nano akan meningkatkan kecepatan scanning pada analit, selain itu nanopartikel emas memiliki kestabilan dalam mempertahankan bioaktivitas dari biomolekul (Sahadi, *et al*, 2011).

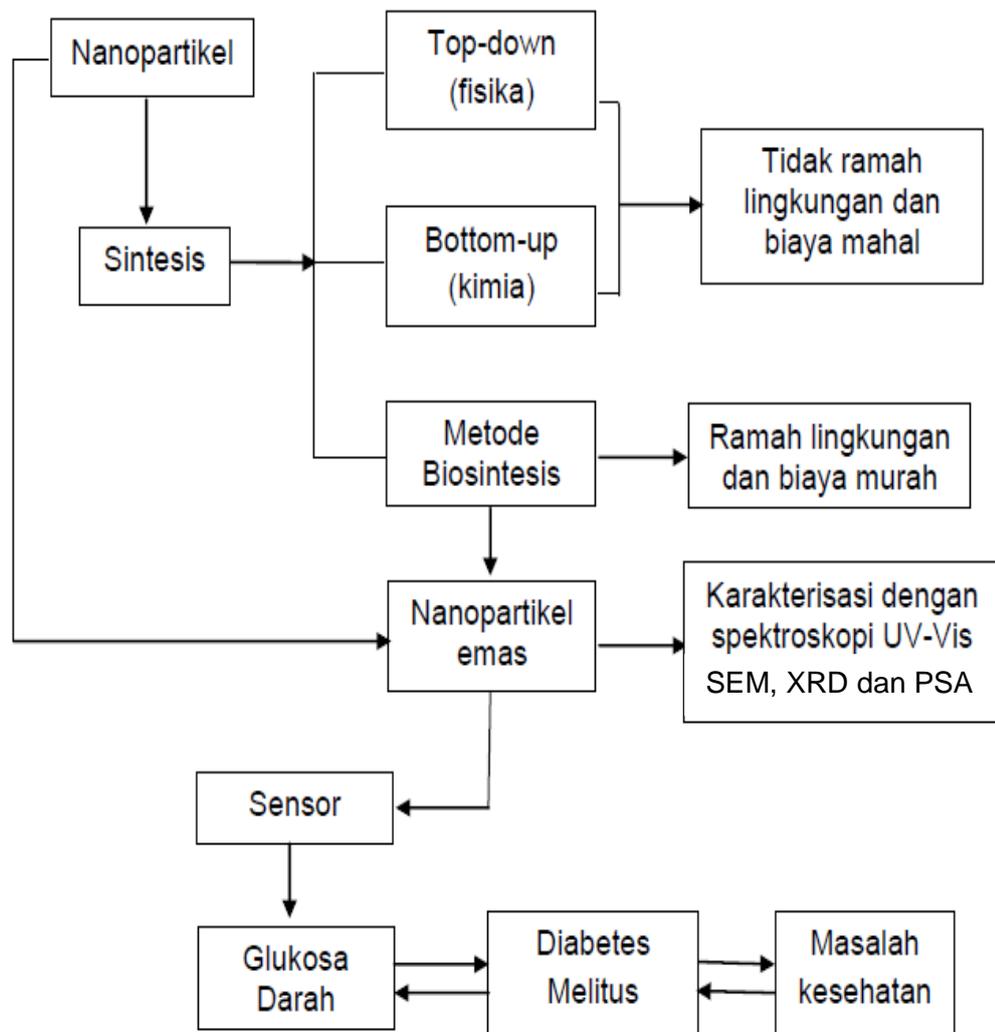
Salah satu aplikasi nanopartikel emas dalam fabrikasi sensor adalah biosensor glukosa non-enzimatik berbasis nanopartikel emas. Biosensor glukosa non-enzimatik memiliki banyak kelebihan seperti sederhana, stabilitasnya yang tinggi, reproduibilitasnya yang baik dan bebas dari keterbatasan oksigen. Dalam pengembangan sensor glukosa non-enzimatik, penggunaan nanopartikel emas untuk mempertahankan kestabilan bioaktivitas dari analit (Park, *et al*, 2005).

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

Biosintesis nanopartikel logam memanfaatkan ekstrak tumbuhan lebih menguntungkan dibandingkan dengan biosintesis nanopartikel dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai agen pereduksi. Biosintesis nanopartikel logam dengan memanfaatkan mikroorganisme seperti bakteri, jamur dan khamir memiliki kelemahan seperti pemeliharaan kultur yang sulit dan waktu sintesis yang lama. Sedangkan biosintesis nanopartikel logam dengan memanfaatkan ekstrak tumbuhan sebagai agen pereduksi memberikan beberapa keuntungan, seperti ramah

lingkungan, biaya rendah dan tidak memerlukan tekanan, energi dan temperatur yang tinggi serta tidak menggunakan bahan kimia yang beracun (Elumalai, *et al*, 2011).

Tanaman *A. manihot* L. yang lebih dikenal dengan nama Gedi digunakan dalam sintesis nanopartikel emas karena kandungan kimia yang dimilikinya. Menurut Todarwal, *et al* (2009), *A. manihot* L mengandung sejumlah senyawa flavonoid yaitu Mirisetin, mirisetin 3-O-beta-D-glukopiranosida, dan Quersetin. Widowati, *et al* (1995) juga melaporkan bahwa adanya senyawa flavanoid pada daun Gedi. Meskipun penelitian tentang *Abelmoschus manihot* L. telah banyak dilakukan seperti yang dilakukan oleh Mamahit dan Soekamto (2010), pemanfaatannya dalam mensintesis nanopartikel termasuk nanopartikel emas belum dilakukan. Nanopartikel emas juga banyak digunakan dalam fabrikasi biosensor karena memiliki kestabilan dalam mempertahankan bioaktivitas dari biomolekul.



Gambar 6. Kerangka Pikir

2. Hipotesis

- a. Nanopartikel emas dapat disintesis dengan metode biosintesis nanopartikel dari ekstrak daun Gedi *Abelmoschus manihot L.* sebagai agen pereduksi.
- b. Nanopartikel emas dapat digunakan sebagai sensor glukosa darah.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah timbangan analitik, Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV-2600, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) JEOL-JSM-6510LV, *X-RAY Diffraction* (XRD) Shimadzu 7000, *Particle Size Analyzer* (PSA) Vasco, *magnetic stirrer*, pipet tetes, pipet volum, erlenmeyer, gelas kimia, labu ukur, batang pengaduk, botol semprot, *Spray Dryer* Buchi 190, Voltameter siklik, *Automated Analyzed Clinical Chemistry* Pentra C-200.

2. Bahan

Beberapa bahan yang digunakan adalah glukosa anhidrid, daun Gedi, akuades, akuabides, methanol, kertas Whatmann No. 1, HCl 16 N, HNO₃ 12 N, logam emas, NaOH 0,1 M, asam poliakrilat, quersetin, buffer pH 10.

B. Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah nanopartikel emas yang disintesis dengan bantuan ekstrak daun Gedi (*A. manihot* L) yang selanjutnya diaplikasikan sebagai sensor kadar gula darah.

C. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Maret 2013 sampai Oktober 2013. Preparasi dan analisis sampel dilakukan di laboratorium Kimia Fisika Fakultas MIPA UNHAS, Laboratorium Terpadu Fakultas MIPA UNHAS, Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar, Laboratorium Pengembangan Sains Fakultas MIPA UNHAS, Laboratorium Pilot Plant Pusat Antar Universitas IPB, Laboratorium Instrumentasi Fisik IPB dan Laboratorium *Basic Science Center A* Fakultas MIPA ITB.

D. Pelaksanaan Penelitian

1. Pembuatan larutan gula standar

Larutan glukosa standar 10 mM dibuat dengan cara melarutkan 90 mg glukosa anhidrid dengan NaOH 0,1 M sampai 50 mL. Selanjutnya dilakukan pengenceran untuk mendapatkan konsentrasi glukosa dengan variasi konsentrasi antara 1 mM – 10 mM.

2. Pembuatan quersetin 0,1 M

Larutan quersetin 0,1 M dibuat dengan cara melarutkan 0,302 g quersetin anhidrat dengan metanol sampai 100 mL. Selanjutnya quersetin siap untuk digunakan untuk sintesis nanopartikel emas

3. Pembuatan ekstrak daun Gedi

Tanaman yang digunakan untuk proses biosintesis yaitu *Abelmoschus manihot* L (Gedi). Tanaman tersebut diperoleh di lingkungan

kampus FMIPA UNHAS, Sulawesi Selatan. Bagian tanaman yang digunakan ialah daun dalam kondisi segar. Daun tersebut dipetik lalu dicuci hingga bersih dengan akuades. Setelah itu, daun tersebut dipotong-potong dan ditimbang seberat 10 gram, lalu direbus dengan 50 mL akuabides dalam Erlenmeyer 500 mL. Selanjutnya, rebusan dibiarkan mendidih selama 5 menit. Setelah mencapai suhu ruang, air rebusan dituang dan disaring dengan menggunakan kertas Whatman No.1. Air rebusan tersebut selanjutnya dapat digunakan langsung untuk proses biosintesis. Air rebusan daun Gedi disimpan dalam lemari es ketika tidak dipakai.

4. Pembuatan larutan emas induk HAuCl_4 1000 ppm

Emas sebanyak 1 gram dilarutkan dengan 8 mL aquaregia sambil dipanaskan. Pemanasan dilakukan hingga emas larut sempurna dan telah dihasilkan gas nitrit, dan gas hidrogen. Setelah yang tersisa air dan larutan HAuCl_4 pemanasan dihentikan dan larutan HAuCl_4 diencerkan dalam labu ukur 1000 mL dengan aquades. 8 mL aquaregia dibuat dengan cara mencampurkan 6 mL larutan HCl 16 N dengan 2 mL larutan HNO_3 12 N ($\text{HCl} : \text{HNO}_3 = 3 : 1$).

5. Sintesis nanopartikel emas

a. Biosintesis dengan ekstrak daun Gedi

Biosintesis nanopartikel emas dilakukan dengan mencampurkan larutan HAuCl_4 dan air rebusan daun Gedi. Sebanyak 10 mL air rebusan

daun gedi dicampurkan ke dalam larutan 40 mL H_{AuCl}₄, kemudian diaduk selama 2 jam. Pembentukan nanopartikel emas ditandai dengan berubahnya larutan dari warna kuning menjadi merah.

b. Sintesis dengan quersetin

Biosintesis nanopartikel emas dilakukan dengan mencampurkan larutan H_{AuCl}₄ dan quersetin 0,1 M. Sebanyak 5 mL quersetin 0,1 M dicampurkan ke dalam larutan 40 mL H_{AuCl}₄, kemudian diaduk selama 2 jam. Pembentukan nanopartikel emas ditandai dengan berubahnya larutan dari warna kuning menjadi merah.

6. Karakterisasi nanopartikel emas dengan Spektroskopi UV-Vis

Larutan nanopartikel emas yang terbentuk dikarakterisasi dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis setelah 2 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam 96 jam untuk melihat kestabilan nanopartikel emas yang dihasilkan.

7. Karakterisasi nanopartikel emas dengan *Particle Size Analyzer* (PSA)

Larutan nanopartikel emas yang terbentuk dikarakterisasi dengan menggunakan PSA untuk melihat distribusi ukuran nanopartikel emas yang dihasilkan.

8. Karakterisasi Nanopartikel emas dengan *X-RAY Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Padatan Nanopartikel emas yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan XRD untuk melihat kemurnian nanopartikel emas yang dihasilkan dan SEM untuk melihat morfologi nanopartikel emas yang dihasilkan.

9. Persiapan elektroda emas dan pengendapan nanopartikel emas

Pengendapan nanopartikel emas dilakukan dengan teknik LBL (*Layer by Layer*) yaitu elektroda emas dicelupkan ke dalam larutan asam poliakrilat 0,2% (pH 10) selama 30 menit, kemudian dibilas dengan air, dan dicelupkan ke dalam suspensi nanopartikel emas selama 15 menit, dan dibilas dengan air lagi. Siklus ini diulang tiga kali.

10. Pengukuran elektrokimia

Pengukuran larutan glukosa standar dilakukan dengan metode voltametri. Perakitan elektroda terdiri atas elektroda emas sebagai elektroda kerja, kawat platina sebagai elektroda pembantu, dan elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding. Pengukuran elektrokimia dilakukan pada NaOH 0,1 M. Elektroda yang digunakan dicelupkan ke larutan glukosa kemudian diukur dengan voltametri siklik pada potensial -1 sampai +1 V. Limit deteksi dan sensitivitas dari elektroda dihitung. Pengukuran untuk sampel darah juga dilakukan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Biosintesis Nanopartikel Emas

Dalam biosintesis nanopartikel emas, perubahan warna larutan dari kuning hingga menjadi merah anggur menjadi indikator terbentuknya nanopartikel emas. Larutan campuran yang terdiri atas larutan HAuCl_4 (Gambar 7a) yang ditambahkan dengan air rebusan daun Gedi mengalami perubahan warna setelah 90 menit. Perubahan warna ini terjadi karena ion Au emas mengalami reduksi, sehingga terbentuk larutan nanopartikel emas (Gambar 7b).



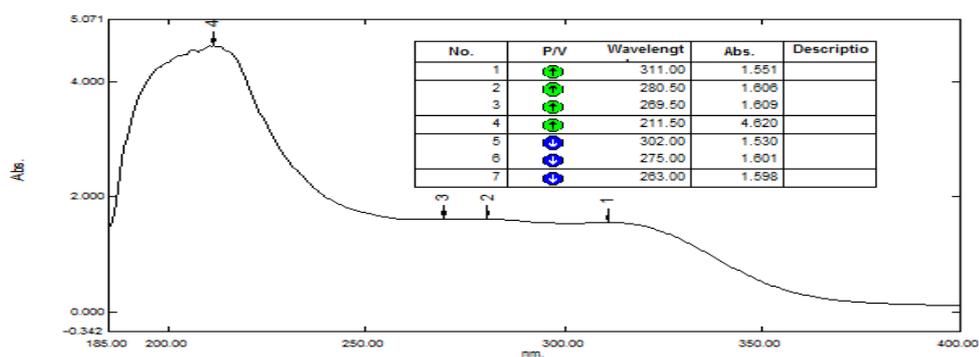
(a)



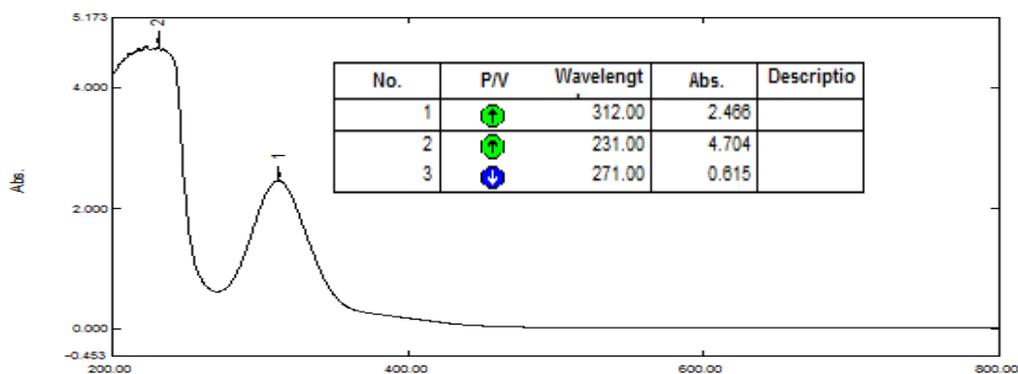
(b)

Gambar 7. (a) Larutan HAuCl_4 , (b) Larutan nanopartikel emas

Spektrum UV-Vis ekstrak daun Gedi (Gambar 8) mempunyai panjang gelombang serapan maksimum pada daerah 211 nm dan 312 nm, pada panjang gelombang serapan maksimum yang lebih besar, tidak terjadi absorpsi cahaya. Sedangkan Spektrum UV-Vis larutan induk H_{AuCl}₄ (Gambar 9) mempunyai panjang gelombang serapan maksimum pada daerah 231 nm dan 312 nm.



Gambar 8. Spektrum UV-Vis ekstrak Daun Gedi



Gambar 9. Spektrum UV-Vis larutan Induk H_{AuCl}₄

Setelah larutan induk H_{AuCl}₄ dicampur dengan air rebusan daun Gedi, diperoleh panjang gelombang serapan maksimum pada 535,5-536 nm yang merupakan daerah serapan nanopartikel emas dalam pengamatan selama 96 jam. Hasil tersebut sangat jauh berbeda dari pada

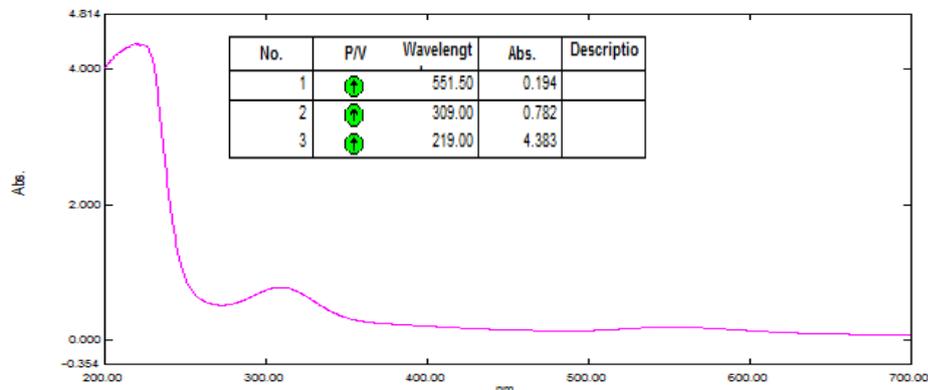
panjang gelombang serapan maksimum untuk air rebusan daun Gedi serta larutan induk HAuCl_4 . Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi proses reduksi menjadi nanopartikel emas.

Proses terbentuknya nanopartikel emas karena kemampuan dari senyawa flavanoid kandungan daun Gedi yang salah satunya adalah quersetin untuk mereduksi ion emas (Au^{3+}) menjadi nanopartikel emas. Nanopartikel emas terbentuk karena adanya transfer elektron dari quersetin menuju ion logam. Muatan negatif dari pelepasan gugus H pada quersetin akan diadsorpsi oleh permukaan nanopartikel emas sehingga antar nanopartikel emas akan saling bertolakan karena adanya muatan negatif di sekeliling permukaannya.

Ketika berada dalam bentuk ionnya, Au akan saling tolak-menolak karena pengaruh muatan sejenis, namun setelah direduksi menjadi Au^0 maka muatan atom Au menjadi netral sehingga memungkinkan antar atom Au akan saling mendekat dan berinteraksi satu sama lain melalui ikatan antar logam membentuk suatu cluster yang berukuran nano.

Spektrum UV-Vis yang dihasilkan setelah mereaksikan larutan induk HAuCl_4 dengan quersetin murni yang diperlihatkan pada Gambar 10. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya perubahan warna dari kuning menjadi merah anggur dengan panjang gelombang maksimum 551,5 nm. Perubahan warna dan Spektrum UV-Vis ini menunjukkan

bahwa quersetin mampu mereduksi ion logam (Au^{3+}) menjadi nanopartikel emas.



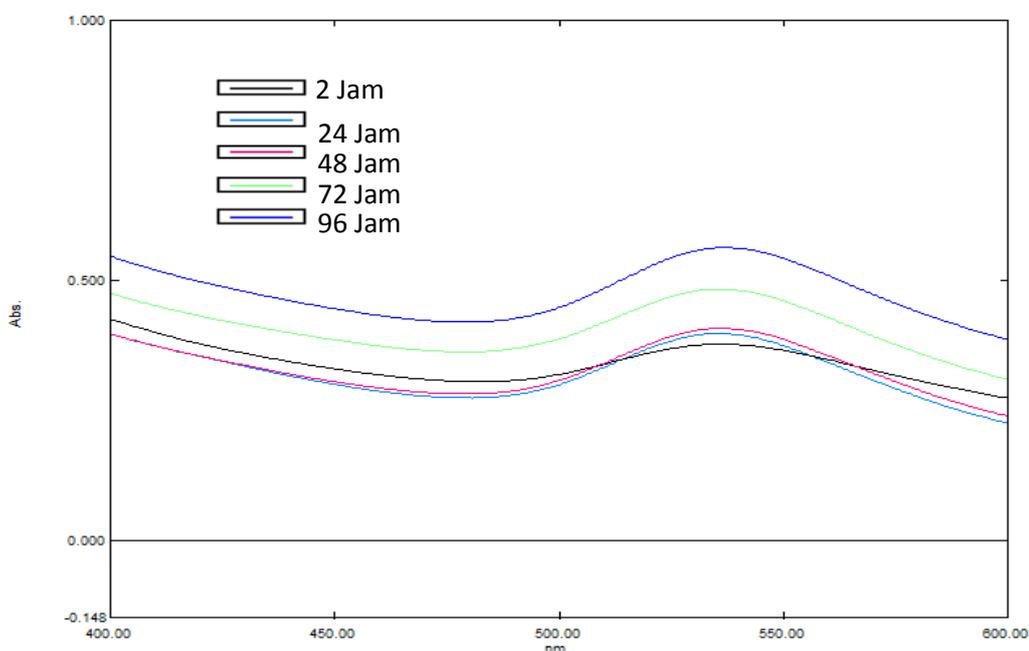
Gambar 10. Spektrum UV-Vis Nanopartikel emas dengan pereduksi quersetin

B. Karakterisasi Nanopartikel Emas

Karakterisasi Nanopartikel emas dilakukan menggunakan beberapa instrumen yaitu Spektroskopi UV-Vis, *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Particle Size Analyzer* (PSA). Spektroskopi UV-Vis digunakan untuk mengetahui kestabilan nanopartikel emas yang dihasilkan melalui pengamatan terhadap nilai panjang gelombang dan absorbansi terhadap waktu. Hal ini mengindikasikan ukuran dari nanopartikel emas yang terbentuk. *X-Ray Diffraction* (XRD) digunakan untuk mengidentifikasi kemurnian nanopartikel emas yang terbentuk dengan mengacu pada pola difraktogram. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) digunakan untuk mengetahui struktur permukaan atau morfologi nanopartikel emas yang dihasilkan. *Particle Size Analyzer* (PSA) digunakan untuk mengetahui dan memastikan distribusi ukuran diameter nanopartikel emas yang berhasil disintesis.

1. Karakterisasi Spektroskopi UV-Vis

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 terjadi penggabungan antar sesama nanopartikel emas membentuk ukuran yang lebih besar. Agregasi nanopartikel ini dapat diamati secara kuantitatif menggunakan Spektroskopi UV-Vis. Spektrum UV-Vis nanopartikel emas dengan pereduksi daun Gedi dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Spektrum UV-Vis Nanopartikel emas dengan Pereduksi ekstrak daun Gedi

Pengamatan pada selama 96 jam (Tabel 1) dihasilkan panjang gelombang yang relatif tetap pada kisaran 535,5-536,0 nm dengan absorbansi yang semakin lama semakin besar.

Tabel 1. Panjang gelombang dan absorbansi pada variasi waktu

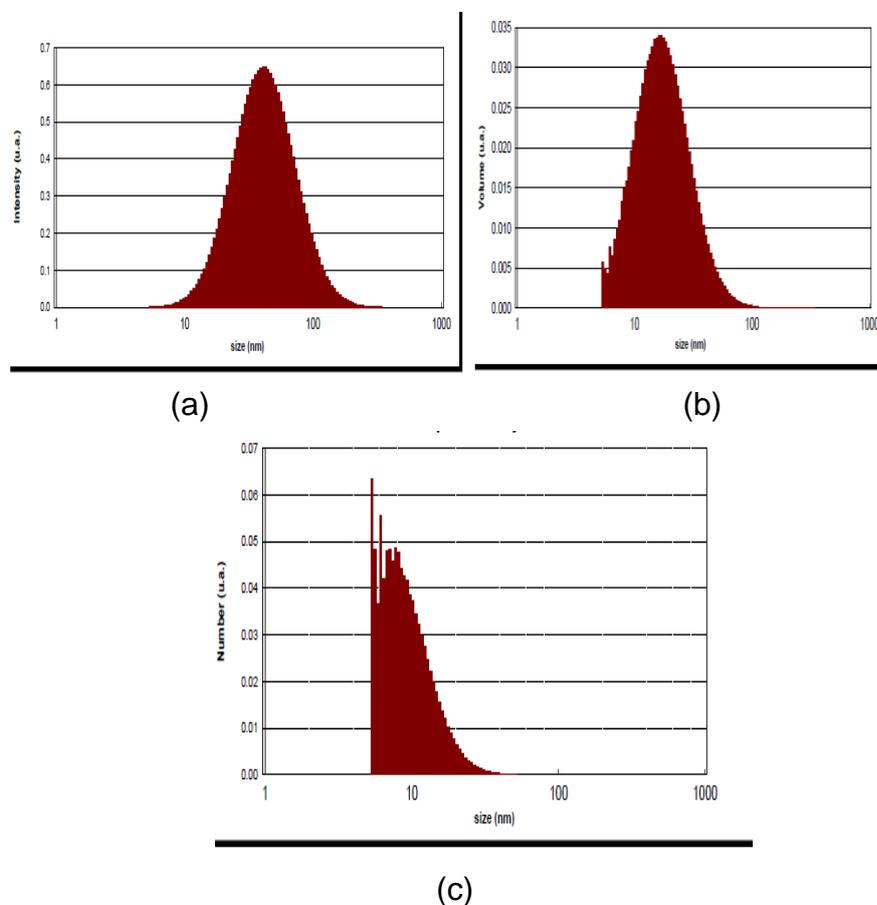
Waktu (Jam)	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi
2	535.5	0.379
24	535.5	0.399
48	535.5	0.409
72	535.5	0.484
96	536.0	0.564

Panjang gelombang serapan maksimum yang dihasilkan dari sintesis nanopartikel emas mengindikasikan ukuran nanopartikel yang terbentuk. Semakin besar panjang gelombang serapan maksimumnya maka semakin besar pula ukuran nanopartikel emas yang dihasilkan. Tabel 1 menunjukkan tidak terjadinya perubahan signifikan panjang gelombang serapan maksimum seiring bertambahnya waktu sehingga dapat disimpulkan ukuran nanopartikel emas yang dihasilkan relatif stabil.

Absorbansi berhubungan dengan jumlah nanopartikel yang terbentuk. Absorbansi semakin besar dengan penambahan waktu. Dari hasil penelitian ini jumlah nanopartikel emas yang terbentuk bertambah seiring dengan bertambahnya waktu.

2. Karakterisasi *Particle Size Analyzer* (PSA)

Karakterisasi kuantitatif nanopartikel emas menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk menentukan rata-rata ukuran diameter nanopartikel emas secara keseluruhan. Data yang diperoleh berupa diagram yang menunjukkan rata-rata ukuran diameter nanopartikel emas yang telah berhasil disintesis beserta kuantitasnya dan distribusi ukuran nanopartikel emas. Hasil karakterisasi menggunakan *Particle Size Analyzer* dapat diamati pada Gambar 12.

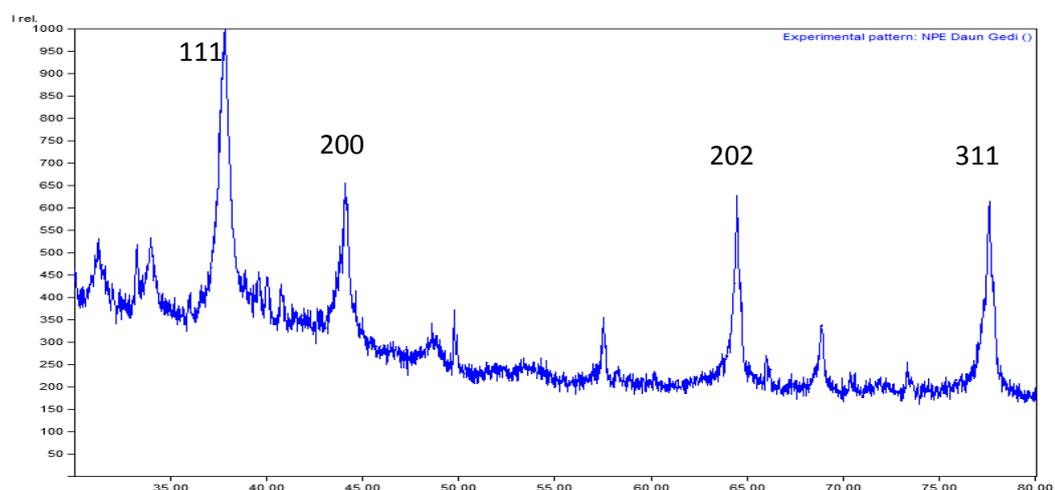


Gambar 12. Distribusi ukuran nanopartikel emas berdasarkan, (a) dispersi ukuran dengan intensitas, (b) dispersi ukuran dengan volume, dan (c) dispersi ukuran dengan jumlah

Dari hasil karakterisasi dengan menggunakan PSA diketahui secara keseluruhan rata-rata ukuran diameter nanopartikel emas yang telah berhasil disintesis yaitu 38,88 nm dengan distribusi ukuran berkisar antara 6,76 nm – 323,68 nm. Ukuran dalam skala nano yang dihasilkan membuktikan bahwa ekstrak daun Gedi memiliki potensi sebagai agen pereduksi dalam pembuatan nanopartikel emas dengan indikator berubahnya ukuran partikel emas dari ukuran berkisar 2 mm menjadi partikel emas dengan ukuran 38,88 nm.

3. Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD)

Karakterisasi nanopartikel emas dengan menggunakan XRD untuk mendukung pembuktian bahwa nanopartikel yang disintesis adalah murni nanopartikel emas. Difraktogram nanopartikel emas (Gambar 13) diperlihatkan pada 4 peak tinggi dengan intensitas paling tinggi yang dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 13. Difraktogram nanopartikel emas

Tabel 2. Data difraktogram nanopartikel emas

No	2-theta	d (A)	Indeks Miller	Ukuran (nm)
1	37,77	2,37	111	21,74
2	44,04	2,05	200	27,57
3	64,39	1,44	202	41,15
4	77,49	1,23	311	53,18

Puncak-puncak pola difraksi nanopartikel emas dengan jelas ditunjukkan pada nilai 2-theta yaitu 37,77; 44,04; 64,39 dan 77.49, nilai d(A) yaitu 2,37; 2,05; 1,44 dan 1.23 dengan Indeks Miller {111}, {200}, {202} dan {311}. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ahmad, et al (2012) yang menghasilkan pola difraksi untuk nanopartikel emas pada nilai 2-theta yaitu 38; 45; 65,77 dan 82 dengan Indeks Miller {111}, {200}, {202} dan {311}. Dari difraktogram terdapat puncak selain puncak khas emas, hal ini menandakan bahwa nanopartikel emas yang dihasilkan masih terdapat pengotor atau belum murni 100% nanopartikel emas.

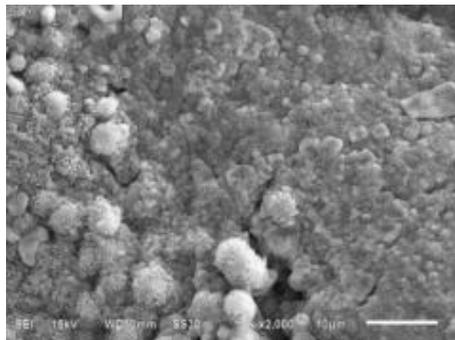
Data difraktogram juga memberikan informasi distribusi ukuran butir nanopartikel emas. Dari perhitungan ukuran butir melalui XRD terlihat bahwa distribusi ukuran naopartikel emas yang berhasil disintesis memiliki ukuran yang bervariasi yakni 21,74 nm – 53,18 nm.

4. Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) bertujuan untuk mengetahui bentuk morfologi lapisan permukaan. Pada

penelitian ini nanopartikel emas yang terbentuk di ukur menggunakan SEM secara sampling atau tidak secara keseluruhan.

Dari hasil SEM dengan perbesaran 2000 kali terlihat bahwa butiran nanopartikel emas memiliki struktur permukaan dengan bentuk butiran yang tidak seragam. Morfologi nanopartikel emas yang dianalisis memiliki bentuk bola dan adapula yang berbentuk persegi. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Singh, et al (2012) yang menyatakan bahwa nanopartikel emas yang dihasilkan memiliki struktur yang bervariasi berbentuk bola, heksagonal dan segitiga. Hasil penelitian dengan menggunakan SEM dapat dilihat pada Gambar 14.



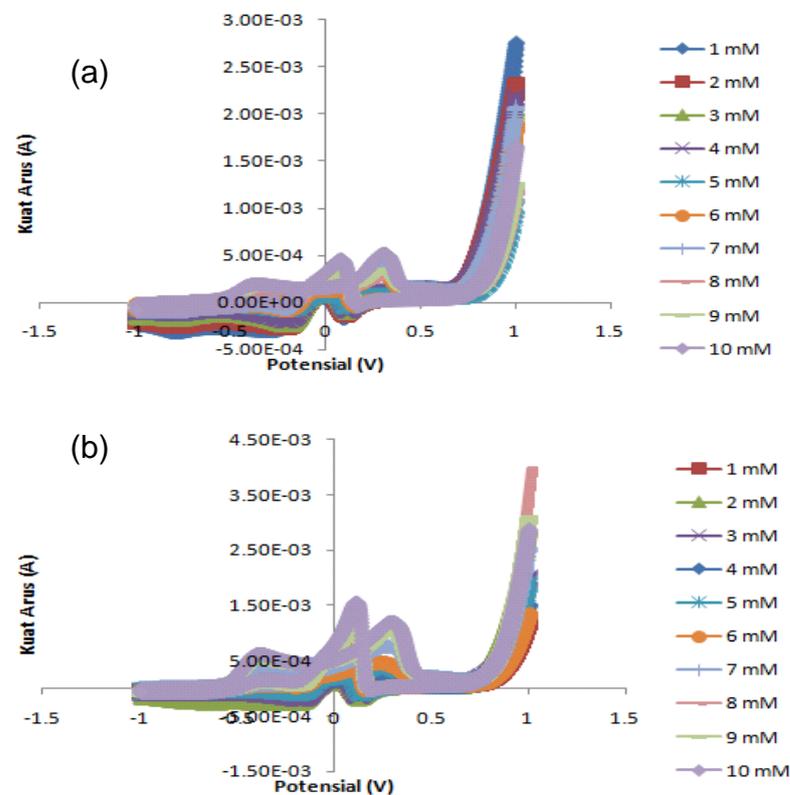
Gambar 14. Foto *Scanning Electron Microscopy* (SEM) nanopartikel emas

C. Aplikasi Sensor Berbasis Nanopartikel Emas

1. Kisaran Pengukuran Sensor Berbasis Nanopartikel Emas

Dalam penelitian ini, aplikasi nanopartikel emas dalam mengukur kadar glukosa dilakukan dengan menggunakan voltametri siklik. Pengamatan dilakukan dengan membandingkan voltamogram 2 elektroda

kerja yang digunakan dalam pengukuran glukosa 1 mM – 10 mM yaitu elektroda kerja yang tidak dilapisi nanopartikel emas (Gambar 15a) dan elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas (Gambar 15b).

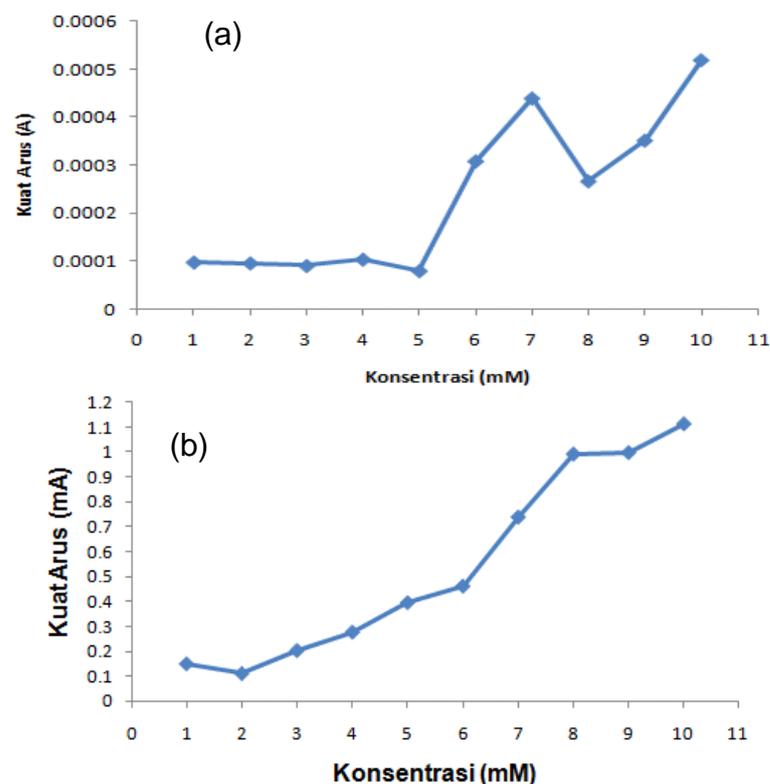


Gambar 15. (a) Voltamogram elektroda kerja tanpa pelapisan nanopartikel emas, (b) Voltamogram elektroda kerja dengan pelapisan nanopartikel emas

Puncak oksidasi voltamogram dari elektroda kerja yang tidak dilapisi nanopartikel emas tak terlihat secara jelas dan cenderung tertumpuk. Sedangkan hasil voltamogram pada elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas menunjukkan adanya kenaikan arus seiring dengan peningkatan konsentrasi glukosa dari 1 mM – 10 mM.

Hubungan arus dan konsentrasi glukosa pada elektroda kerja yang tidak dilapisi nanopartikel emas menunjukkan adanya ketidakteraturan

pola arus yang terukur pada berbagai variasi konsentrasi glukosa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16a. Elektroda kerja yang tidak dilapisi nanopartikel emas kurang sensitif terhadap glukosa, sehingga elektroda emas ini tidak bisa digunakan untuk analisis glukosa. Hubungan arus dan konsentrasi glukosa pada elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas dapat dilihat pada Gambar 16b. Pola arus yang terukur pada berbagai konsentrasi glukosa teratur. Hal ini menandakan bahwa elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas sensitif terhadap glukosa dan dapat digunakan dalam analisis glukosa.



Gambar 16. Kurva hubungan arus dan konsentrasi, (a) elektroda kerja yang tidak dilapisi nanopartikel emas, (b) elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas

Voltamogram elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas menunjukkan adanya puncak oksidasi. Hal ini memperlihatkan bahwa glukosa mengalami reaksi oksidasi menjadi glukonolakton seperti persamaan berikut :

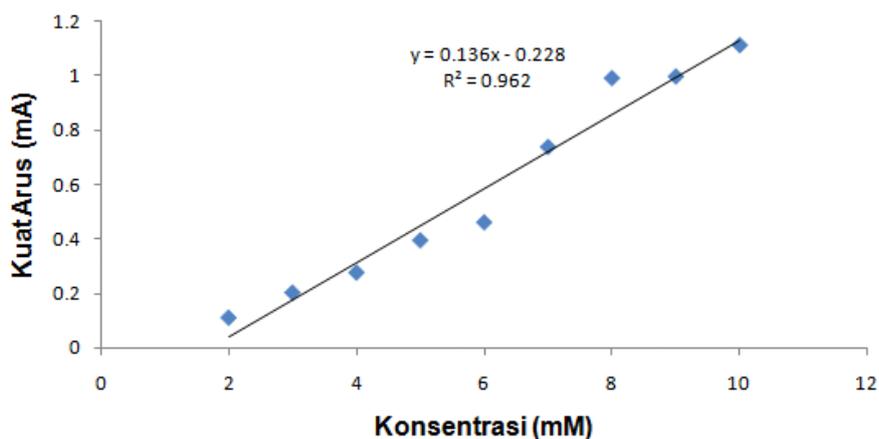


Hal tersebut disebabkan karena penggunaan nanopartikel emas pada sensor dapat meningkatkan transfer elektron secara langsung antara senyawa biomolekul (glukosa) dengan permukaan elektroda. Selain itu, adanya nanopartikel emas yang menempel pada asam poliakrilat dapat memperluas permukaan elektroda dengan analit sehingga arus yang dihasilkan lebih tinggi.

Dari kurva hubungan arus dan konsentrasi, kisaran pengukuran dari elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas adalah pada kisaran 2 mM – 10 mM. Hal ini ditunjukkan dari kurva linear konsentrasi glukosa vs arus (Gambar 17) dan kisaran pengukuran elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas (Tabel 3)

Tabel 3. Kisaran Pengukuran elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas

Konsentrasi (mM)	Kuat Arus (mA)
1	0,14958437
2	0,110787497
3	0,203012505
4	0,276621857
5	0,395271874
6	0,461334381
7	0,738359375
8	0,991181183
9	0,997274933
10	1,112456207
Kisaran Pengukuran	2 mM - 10 mM
R	0,9808
Pers. Regresi linear	$y = 0,1360 x - 0.228$



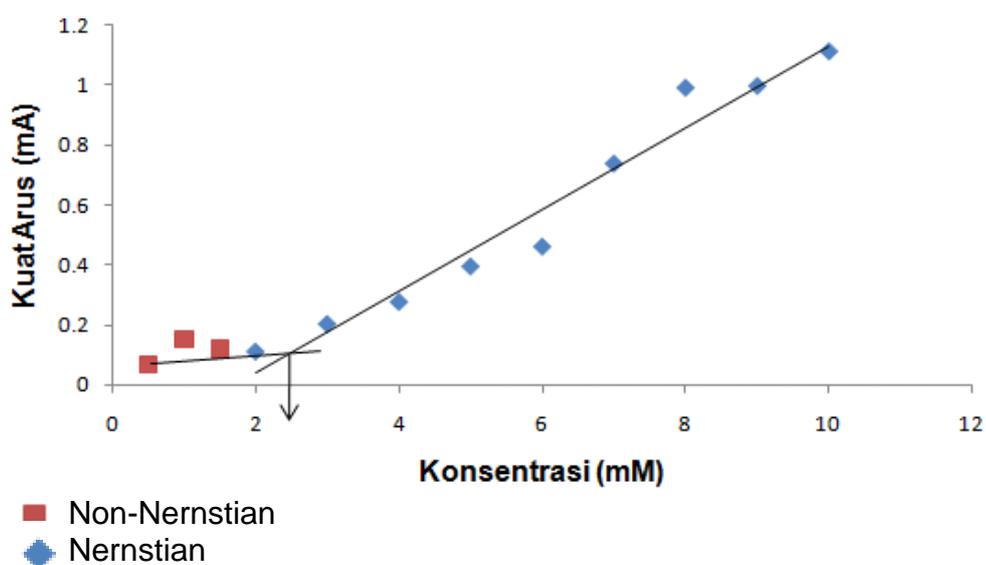
Gambar 17. Kurva Regresi linear konsentrasi vs arus

Pada kisaran pengukuran 2 mM – 10 mM diperoleh persamaan regresi linear $y = 0,1360 x - 0.228$ dengan $R = 0,9808$ yang menunjukkan bahwa elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas memiliki kemampuan yang baik dalam mengukur kadar glukosa.

Pengukuran limit deteksi dan sensitivitas juga dilakukan untuk mengetahui kemampuan dan kinerja dari sensor berbasis nanopartikel emas.

2. Limit Deteksi

Limit deteksi elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas (Gambar 18) ditentukan dengan membuat garis singgung pada fungsi linear yang nernstian dan non nernstian. Titik potong kedua garis diekstrapolasikan ke sumbu x sehingga diperoleh konsentrasi limit deteksi.



Gambar 18. Limit deteksi elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas

Dari hasil ekstrapolasi antara kurva linear nernstian dengan kurva linear non nernstian diperoleh limit deteksi pada konsentrasi 3,36 mM.

3. Sensitivitas

Uji sensitivitas ditentukan dengan membagi slope dari kurva linearitas dengan luas permukaan elektroda kerja yang digunakan. Uji sensitivitas dilakukan untuk mengetahui kepekaan suatu sensor terhadap analit.

$$\begin{aligned}\text{Sensitivitas} &= \frac{\text{Slope}}{A} \\ \text{Sensitivitas} &= \frac{0.1360}{3.14 \times 0.4 \times 0.4} \\ &= 0,27 \text{ A. mM}^{-1}. \text{ mm}^{-2}\end{aligned}$$

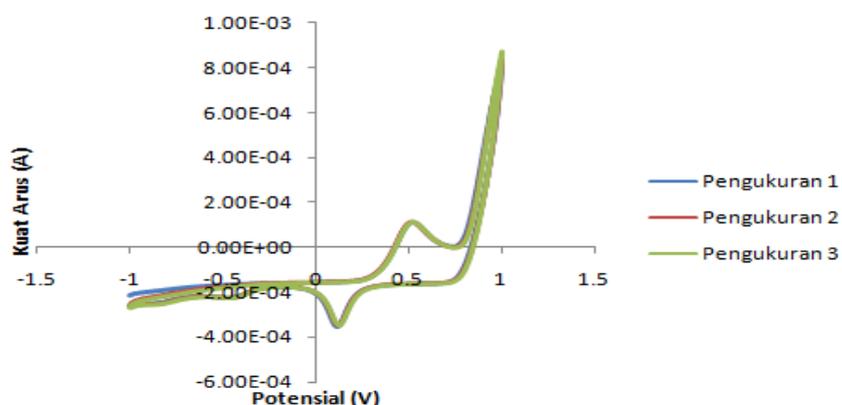
Nilai sensitivitas sensor menunjukkan bahwa sensor berbasis nanopartikel emas memiliki sensitivitas $0,27 \text{ A. mM}^{-1}. \text{ mm}^{-2}$.

4. Pengukuran Sampel Darah

Sensor berbasis nanopartikel emas yang telah dibuat kemudian diuji dengan mengukur berapa besar konsentrasi glukosa yang terkandung dalam sampel darah manusia. Sampel darah diambil di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar.

Analisis sampel darah dalam penentuan kadar glukosa darah menggunakan elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas. Kinerja elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas dipelajari berdasarkan pengamatan voltamogram berupa kuat arus.

Hasil pengukuran sampel diperlihatkan pada Gambar 19 dan Tabel 4 yang menunjukkan voltamogram dan nilai kuat arus yang relatif stabil pada pengukuran sebanyak 3 kali.



Gambar 19. Voltamogram pengukuran pada sampel darah

Tabel 4. Hasil pengukuran pada sampel darah

Pengukuran Ke-	Sensor		Automated Analyzed Clinical Chemistry
	Kuat Arus (mA)	Konsentrasi	Konsentrasi
1	0.11385	5,027 mM (90,48 mg/dL)	89 mg/dL
2	0.11425	5,033 mM (90,59 mg/dL)	88 mg/ dL
3	0.11402	5,029 mM (90,52 mg/dL)	90 mg/dL
Rata-rata	0.11404	5,03 mM (90,54 mg/dL)	89 mg/dL

Nilai kuat arus yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi linear sehingga diperoleh konsentrasi glukosa dalam darah sebesar 5,03 mM (90,54 mg/dL). Hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran sampel dengan menggunakan Automated Analyzed Clinical Chemistry yaitu 89 mg/dL. Dari kedua hasil pengukuran tersebut, kisaran nilai konsentrasi tidak terlalu jauh berbeda.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Ekstrak daun Gedi dapat digunakan dalam mensintesis nanopartikel emas.
2. Berdasarkan hasil analisis, distribusi ukuran butir nanopartikel emas hasil *X-Ray Diffraction* adalah 21,74 – 53,18 nm. Hasil analisis nanopartikel emas dengan *Scanning Electron Microscopy* menunjukkan nanopartikel emas yang dihasilkan memiliki bentuk yang tidak seragam. Hasil karakterisasi nanopartikel emas dengan *Particle Size Analyzer* menunjukkan rata-rata ukuran diameter nanopartikel perak sebesar 38,88 nm. Hasil analisis nanopartikel emas dengan Spektroskopi UV-Vis menunjukkan ukuran nanopartikel emas relatif stabil selama 96 jam dengan panjang gelombang serapan maksimum berkisar 535,5 – 536 nm.
3. Sensor berbasis nanopartikel emas sangat baik digunakan dalam pengukuran kadar glukosa. Kisaran pengukuran sensor berada pada kisaran 2 mM – 10 mM dengan Regresi (R) 0,9808. Limit deteksi

sensor pada konsentrasi 3.36 mM dengan sensitivitas sensor $0,27 \text{ A} \cdot \text{mM}^{-1} \cdot \text{mm}^{-2}$.

4. Kandungan glukosa yang terkandung dalam sampel darah yaitu 5,03 mM atau 90,54 mg/dL.

B. Saran

Diharapkan dari data hasil penelitian ini dapat dilakukan kajian lebih lanjut mengenai pemanfaatan nanopartikel emas dalam pengembangan sensor glukosa darah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusyanti. 2012. *Osteoporosis*. Dinas Kesehatan Sulawesi Selatan. Diakses dari <http://dinkes-sulsel.go.id/new> pada 5 Januari, 2013, 13:45.
- Ahmad, N., Sharma, S., dan Rai, R. 2012. Rapid green synthesis of silver and gold nanoparticles using peels of *Punica granatum*. *Adv. Mat. Lett.* 2012, 3(5), 376-380.
- Aldrich. 2013. *Gold Nanoparticle : Properties and Application*. Diakses dari <http://www.sigmaaldrich.com/materials-science/nanomaterials/gold-nanoparticles.html>. pada 5 Januari 2012
- Anani, S., Udiyono, A., dan Ginanjar, P. 2012. Hubungan antara Perilaku Pengendalian Diabetes dan Kadar Glukosa Darah Pasien Rawat Jalan Diabetes Militus. *J. Kes. Mas.*, Volume 1, Nomor 2, Tahun 2012, Hal. 466 – 478.
- Andeani, J.K., Kazemi, H., Mohsenzadeh, S., dan Safavi, A. 2011. Biosynthesis of Gold Nanoparticles Using Dried Flowers Extract of *Achillea Wilhelmsii* Plant. *Digest J. of Nanomat. and Biostruc.* Vol. 6, No 3, July-September 2011, p. 1011-1017.
- Bagus, R., Setiawan, I., dan Setiyono, B. 2009. *Pemodelan dan Pengujian Sensor TGS2600 untuk Aplikasi Sistem Monitoring Kandungan Gas Karbon Monoksida (CO) di Udara*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Basset, J., Denney, R.C., Jeffery, G.H., dan Mendham J. 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta : Buku Kedokteran EGC.
- Chen, G. 2007. *Studies on The Chemical Constituents and Antihyperglycemic Action of *Abelmoschus Manihot* L. Medic.* Diakses pada 20 Januari 2013 dari <http://www.globethesis.com/?t=1104360185479479>.
- Childs, K., Dirk, S., Howell, S., Simonson, R.J., dan Wheeler, D. 2005. *Functionalized Nanoparticles for Sensor Applications*. New Mexico : Sandia National Laboratories.
- Cortie, M.B. 2004. *The Weird World og Nanoscale Gold*. Gold Bulletin 2004-37/1

- Cotton, F.A., dan Wilkinson, G. 1976. *Basic Inorganic Chemistry*. USA : John Willey and Son, Inc.
- Diantoro, Y. 2010. *Emas: Investasi dan Pengolahannya*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Dyah, O. 2012. *Daun Gedi, Pengental Alami yang Kaya Antioksidan*. Diakses dari <http://food.detik.com/read/2012/07/09/140518/1961021/297/daun-gedi-pengental-alami-yang-kaya-antioksidan>. pada 5 Januari 2013
- Egerton, R.F. 2005. *Physical Principle of Electron Microscopy*. New York. Springer Science+Business Media, Inc.
- Elumalai, E.K., Prasad, T., Nagajyothi, P.C., dan David, E. 2011. A bird's Eye View on Biogenic Silver Nanoparticles and Their Application. *Der Chem. Sin.* 2 (2):88-9.
- Handayani, W., Bakir, I.C., dan Purbaningsih, S. 2010. *Potensi Ekstrak Beberapa Jenis Tumbuhan Sebagai Agen Pereduksi untuk Biosintesis Nanopartikel Perak*. Seminar Nasional Biologi 2010 Fakultas Biologi UGM, Yogyakarta 24-25 September 2010
- Irawan, M.A. 2007. *Glukosa dan Metabolisme Energi*. Sports Science Brief. www.pssplab.com.
- Isniati. 2007. Hubungan tingkat Pengetahuan Penderita Diabetes Militus dengan Keterkendalian Gula Darah di Poliklinik RS Perjan Dr. Djamil Padang Tahun 2003. *J. Kes. Mas.*, September 2007, I (2).
- Jain, K.K. 2008. *The Handbook of Nanomedicine*. Basel: Humana Press.
- Jha, A.K., Prasad, K., Prasad, L., dan Kulkarni, A.R. 2009. Plant system: Nature's nanofactory. *Colloids Surf. B: Biointerfaces* 73, 219—223.
- Joni, I.M. 2007. *Diktat Mata Kuliah Pengantar Biospektroskopi*. Padjajaran : Universitas Padjajaran.
- Khairurrijal dan Mikrajuddin. 2009. *Membangun Kemampuan Riset Nanomaterial di Indonesia*. Bandung : ITB
- Kumar, V., dan Yadav, S. K. 2009. Plant-Mediated Synthesis of Silver and Gold Nanoparticles and Their Applications. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 84,151—157.

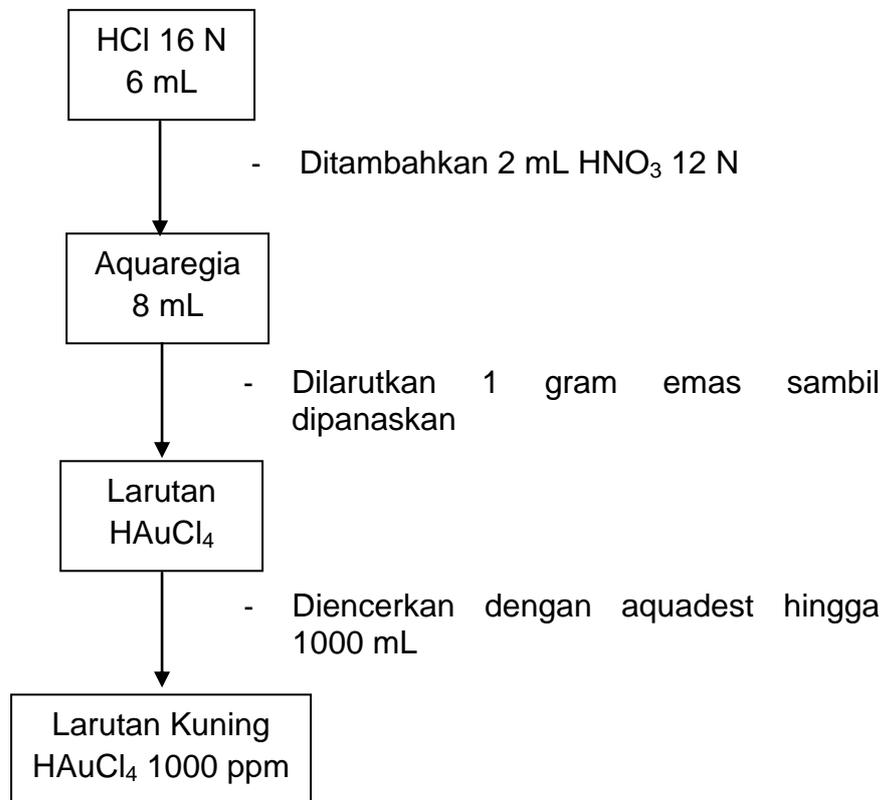
- Kurniawan, F., Tsakova, V., dan Mirsky, V.M. 2006. Gold Nanoparticles in Nonenzymatic Electrochemical Detection of Sugars. *J. Electroanal.* 18, 2006, No. 19-20, 1937 – 1942.
- Leela, A., dan Vivekanandan, M. 2008. Tapping the Unexploited Plant Resources for The Synthesis of Silver Nanoparticles. *Afr. J. of Biotechnol.* Vol. 7 (17), pp. 3162-3165, 3 September, 2008.
- Lely, M., dan Indirawati. 2004. *Pengaruh Kadar Glukosa Darah yang Terkontrol terhadap Penurunan Derajat Kegoyahan Gigi Penderita Diabetes Mellitus Di RS Persahabatan Jakarta.* Media Litbang Kesehatan Volume XIV Nomor 3 Tahun 2004.
- Lubis, P., Latununuwe, A., dan Winata, T. 2009. Penumbuhan Nanopartikel Nikel dengan DC- Unbalanced Magnetron Sputtering. *J. Nano Saintek.* Edisi Khusus, Agust. 2009.
- Mamahit, L. 2009. Satu Senyawa Steroid dari Daun Gedi (*Abelmoschus Manihot* L. Medik) Asal Sulawesi Utara. *Chem. Prog.* Vol. 2, No. 1. Mei 2009.
- Mamahit, L., dan Soekamto, N. 2010. Satu Senyawa Asam Organik yang Diisolasi dari Daun Gedi (*Abelmoschus Manihot* L. Medik) Asal Sulawesi Utara. *Chem. Prog.* Vol. 3, No. 1. Mei 2010.
- Matheka, D.M., dan Alkizim, F.O. 2012. Complementary and Alternative Medicine for Type 2 Diabetes Mellitus: Role of Medicinal Herbs. *J. of Diabetes and Endocr.*, Vol. 3 (4), pp. 44-56, October 2012.
- Mikkelsen, O., dan Schroder, K.H. 1999. Sensitivity Enhancement in Stripping Voltammetry from Exposure to Low Frequency Sound. *J. Electroanal*, 401-405.
- Mohanpuria, P., Rana, N.K., dan Yadav., S.K. 2008. Biosynthesis of Nanoparticles: Technological Concept and Future Application. *J. Nanopart. Res.* 10, 507—517.
- Mohanraj, V.J., dan Chen, Y. 2006. Nanoparticles – A Review. *Tropical J. Pharm. Res.* 5(1):561–573.
- Moore, A. dan Goettmann, F. 2006. The Plasmon Band in Noble Metal Nanoparticles : an Introduction to Theory and Applications. *New J. Chem.*, 30, 1121-1132.

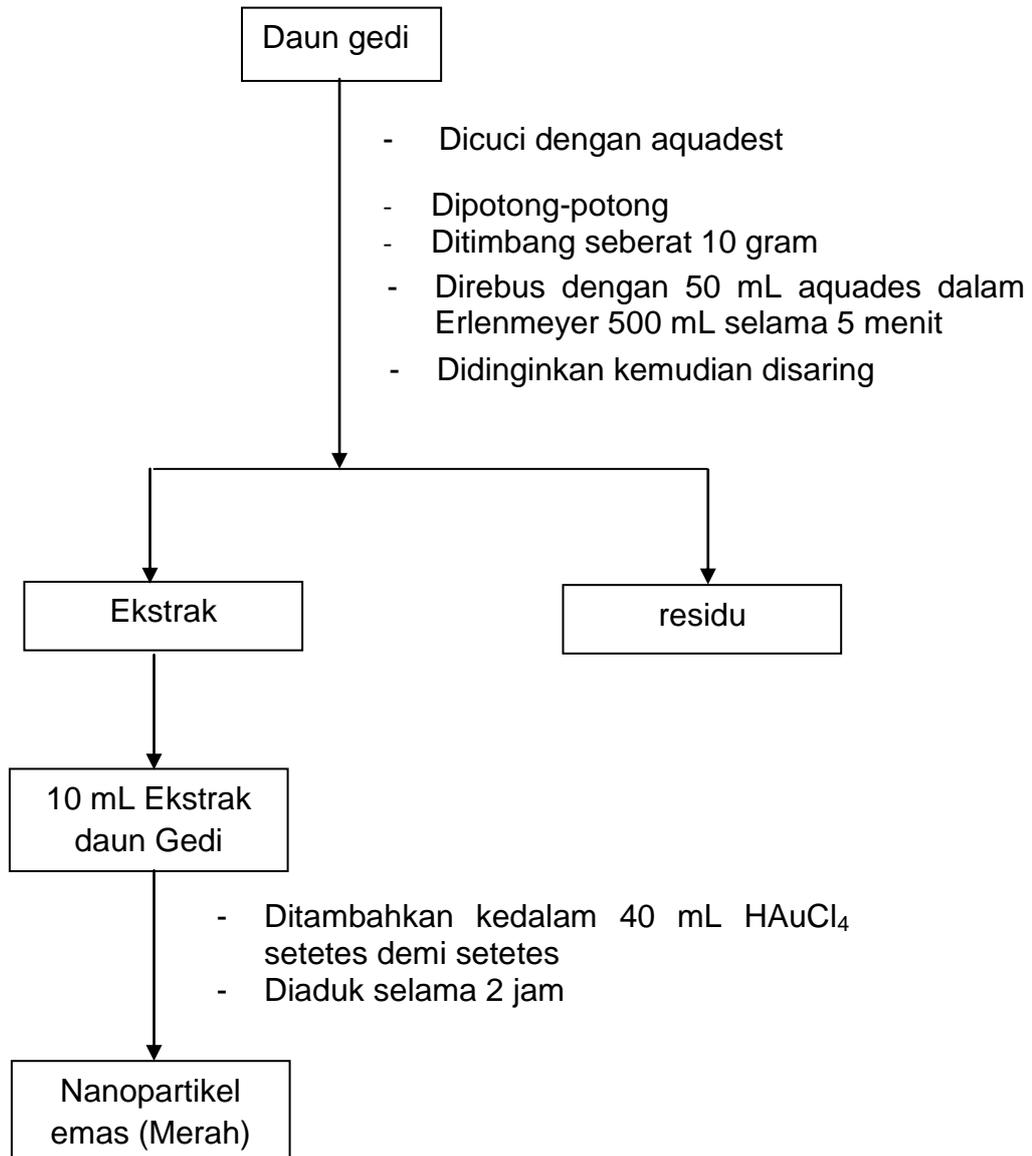
- Mumtazah, L. 2011. *Hubungan Perubahan Kadar Glukosa pada Fase Pasca Ovulatori dan Fase Menstrual pada Usia Muda*. Diakses dari <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/23200/5/Chapter%20I.pdf> pada tanggal 20 Januari 2013.
- Nita, Y., Yuda, A., dan Nugraheni, G. 2012. Pengetahuan Pasien tentang Diabetes dan Obat Antidiabetes Oral. *J. Farmasi Indonesia* Vol. 6 No.1 Januari 2012: 38-47
- Park, B. 2007. Current and future applications of nanotechnology. *Issues in Env. Sci. Technol.* 24: 1-18.
- Perwitasari, D.S. Pembuatan Glukosa Cair dari Bahan Baku Rebung. *J. Kim. dan Tekn.* ISSN 0216 – 163 X.
- Poedjiadi, A., dan Supriyanti, F.M. 2009. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: UI-Press.
- Preston, S.R. 1988. *Aibika/Bele. Abelmoschus manihot (L.) Medik. Promoting the Conservation and Use of underutilized and neglected crops.* 24. Rome : Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research.
- Rahadiyanti, A. 2011. Pengaruh Tempe Kedelai terhadap Kadar Glukosa Darah pada Prediabetes. Semarang : Universitas Diponegoro. *Artikel Penelitian disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Ilmu Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.*
- Rakhi, M., dan Gopal, B.B. 2012. Terminalia Arjuna Bark Extract Mediated Size Controlled Synthesis of Polyshaped Gold Nanoparticles and Its Application in Catalysis. *Int. J. Res. Chem. Environ.* Vol.2 Issue 4 Oct. 2012(338-342).
- Reis, C.P, Neufeld, R.J., Riberio, A.J., dan Veiga, F. 2005. Nanoencapsulation I. Methods for preparation of drug-laded polymeric nanoparticles. *Nanomed: Nanotechnol, Biol Med* 2:8-21.
- Rufaida, E.Y., dan Indriastuti, S. 2010. Kajian SNI Barang-Barang Emas. *J. Standardisasi* Vol. 12, No. 1 Tahun 2010: 7 – 13.
- Sahadi, V.A., Kurniawan, F., dan Putra, S.R. 2011. *Fabrikasi Elektroda Polianilin/Invertase/Emas Nanopartikel untuk Deteksi Sukrosa*. Prosiding Kimia FMIPA-ITS.

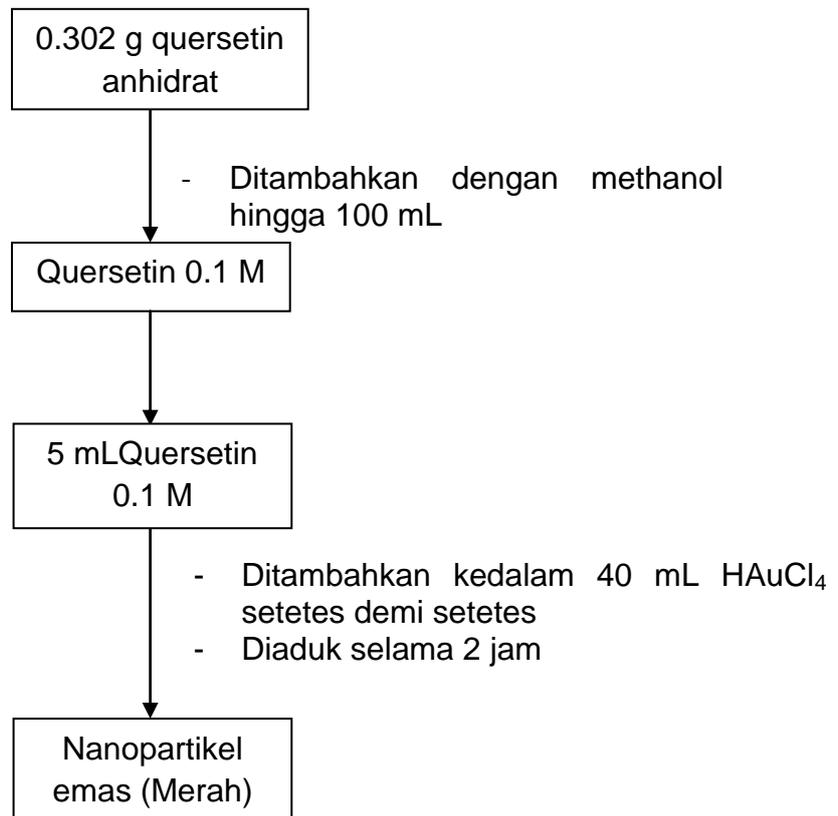
- Setiawan, Iwan. 2009. *Buku Ajar Sensor dan Transduser*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Settle, F. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. New Jersey : Prentice-Hall, Inc,
- Shankar, S.S., Rai, A., Ahmad, A., dan Sastry, M. 2004. Synthesis of Au, Ag, and Bimetallic Au Core-Ag Shell Nanoparticles Using Neem (*Azadirachta indica*) Leaf Broth. *J. Colloid Interface Sci.*
- Svehla, G. 1979. *Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Chemistry*. London : Longman Group Limited.
- Singh, C., Baboota, R.K., Naik, P.K., dan Singh, H. 2012. Biocompatible Synthesis of Silver and Gold Nanoparticles Using Leaf Extract of *Dalbergia Sissoo*. *Adv. Mat. Lett.* 2012, **3**(4), 279-285.
- Solomon, Sally, D., Bahadory, M., Jeyarajasingam, A., Rutkowsky, S.A., dan Boritz, C. 2007. Synthesis and Study of Silver Nanoparticles. *J. of Chem. Edu.* Vol. 84 No. 2 February 2007
- Thakkar, K.N., Mhatre, S.S., dan Parikh, R., 2009. Biological Synthesis of Metallic Nanoparticles. *J. Nanomed. Nanotech, Biol, and Med.* (2009).
- Tim Penyusun. 2007. *Modul Kuliah Spektroskopi*. Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma.
- Tim Praktikum Kimia Anorganik. 2012. *Panduan Praktikum Kimia Anorganik I*. Yogyakarta : UIN Sunan Kalijaga.
- Todarwal, A., Jain, P., dan Bari, S., 2011. *Abelmoschus manihot* linn: Ethnobotany, Phytochemistry and Pharmacology. *Asian J. Trad. Med.* 2011, 6 (1).
- Tolaymat, T.M., El Badawy, A., Genaidy, A., dan Scheckel, K. 2010. An Evidence-Based Environmental Perspective of Manufactured Silver Nanoparticle in Syntheses and Applications: A Systematic Review and Critical Appraisal of Peer-Reviewed Scientific Papers. *Sci. of the Total Envi*, 408, 999-1006.
- Vahabi, K., Mansoori, G.A., dan Karimi, S. 2011. Biosynthesis of Silver Nanoparticles by Fungus *Trichoderma Reesei*. *Insciencas J.* 2011, **1**(1), 65-79; doi:10.5640/insc.010165.

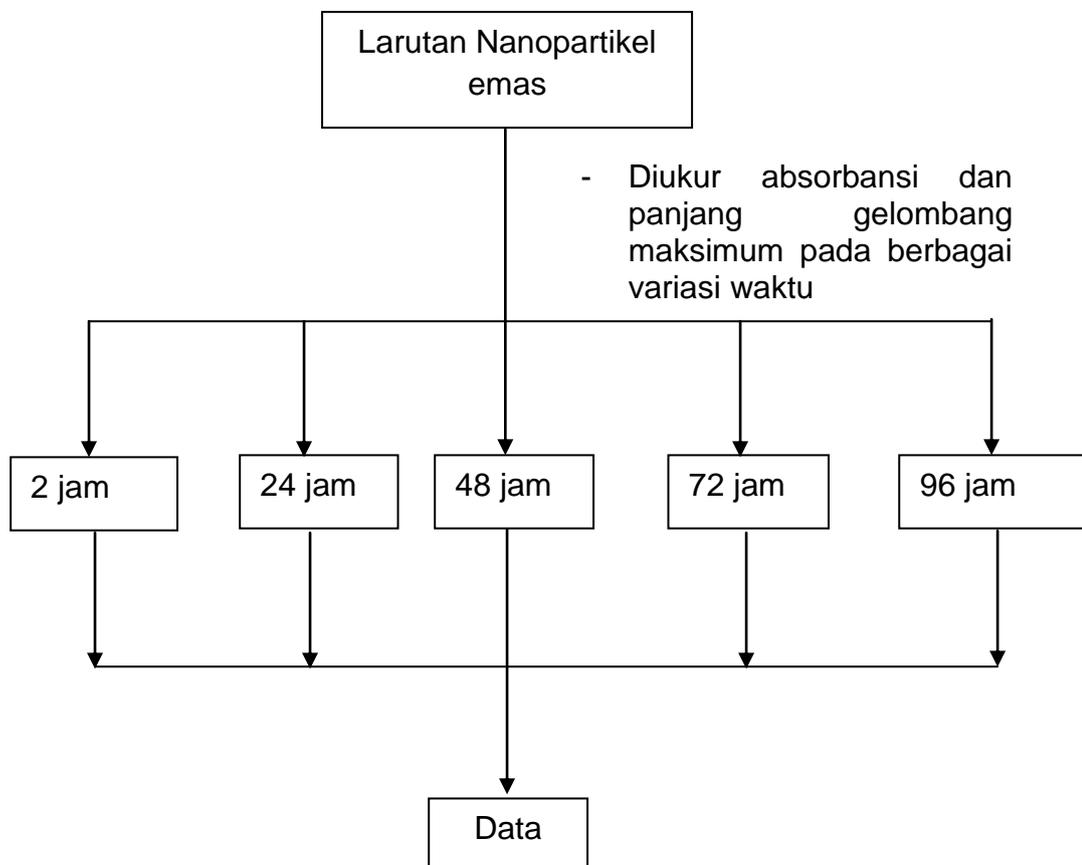
- Wang, J. 2000. *Analytical Electrochemistry, 2nd Edition*. New York : John Wiley and Sons, Inc.
- Widowati, L., Wahjoedi, B., Dzulkarnain, B., Sa'roni., Adjirni., Winarno, M.W., dan Sundari, D. 1995. *Penelitian Tanaman Obat di Beberapa Perguruan Tinggi di Indonesia VII*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Farmasi Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Departemen Kesehatan RI.
- Winarno, F.G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Yao, Y., Tian, D.M., dan Li, H.B. 2010. Cooperative Binding of Bifunctionalized and Click Synthesized Silver Nanoparticles for Colorimetric Co^{2+} Sensing. *ACS Appl. Mat. and Interfaces*, 2(3), 684-690.

LAMPIRAN

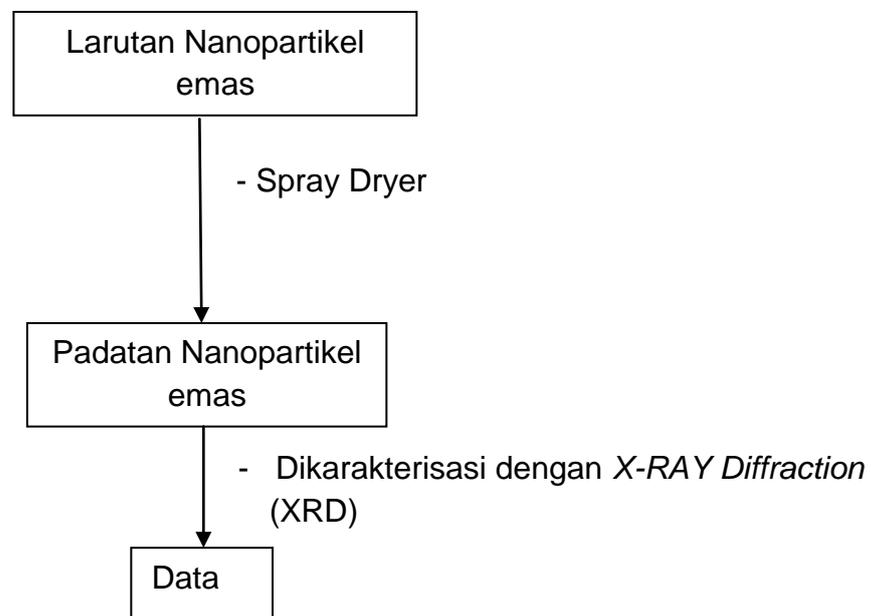
Lampiran 1. Bagan pembuatan larutan emas induk HAuCl_4 1000 ppm

Lampiran 2. Bagan kerja sintesis nanopartikel emas dari ekstrak daun Gedi

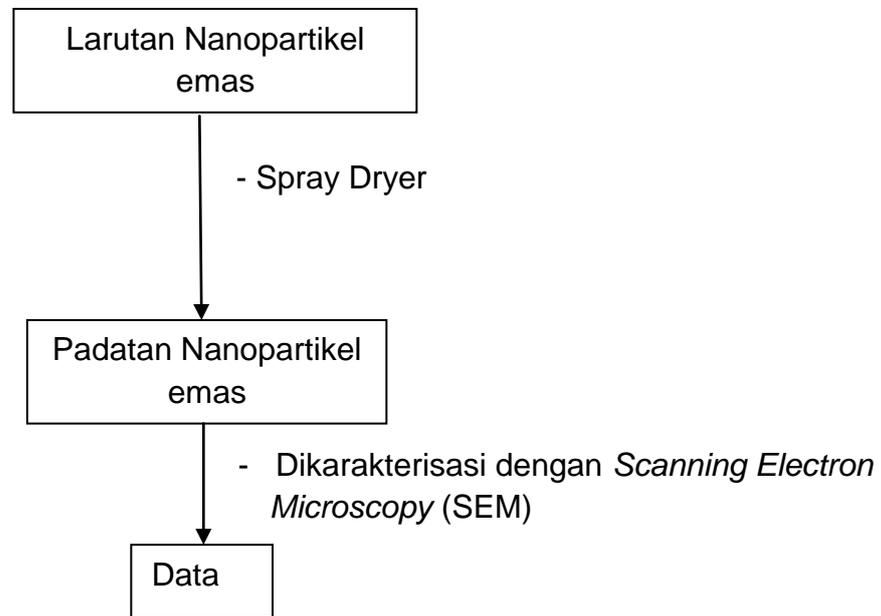
Lampiran 3. Bagan kerja sintesis nanopartikel emas dari quersetin

Lampiran 4.Karakterisasi Nanopartikel emas dengan Spektroskopi UV-Vis

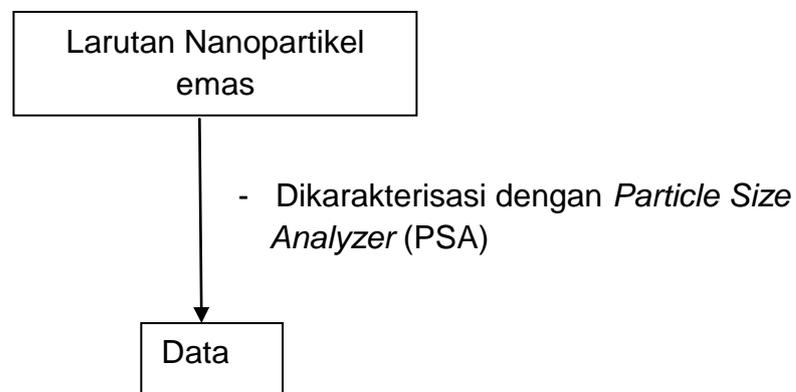
Lampiran 5. Karakterisasi Nanopartikel emas dengan *X-RAY Diffraction* (XRD)

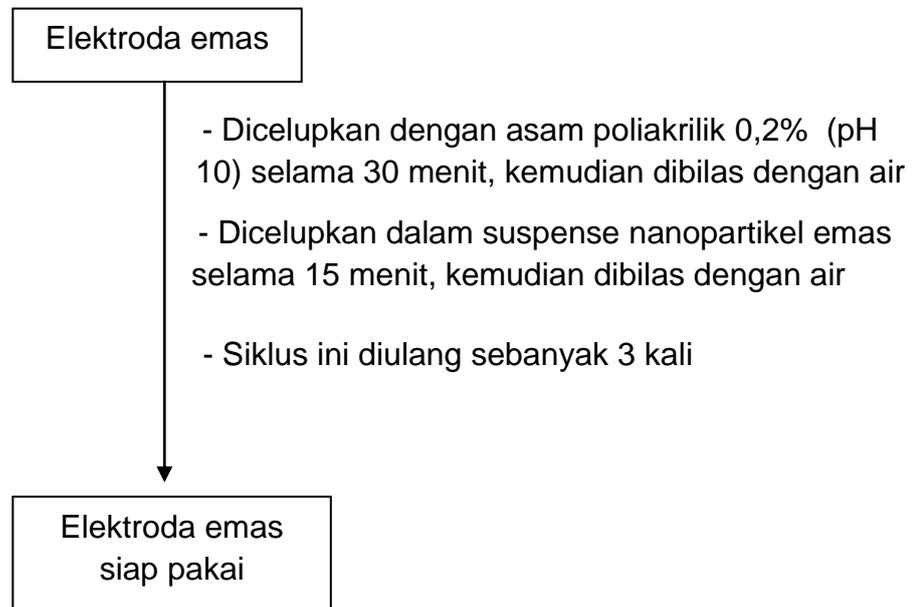


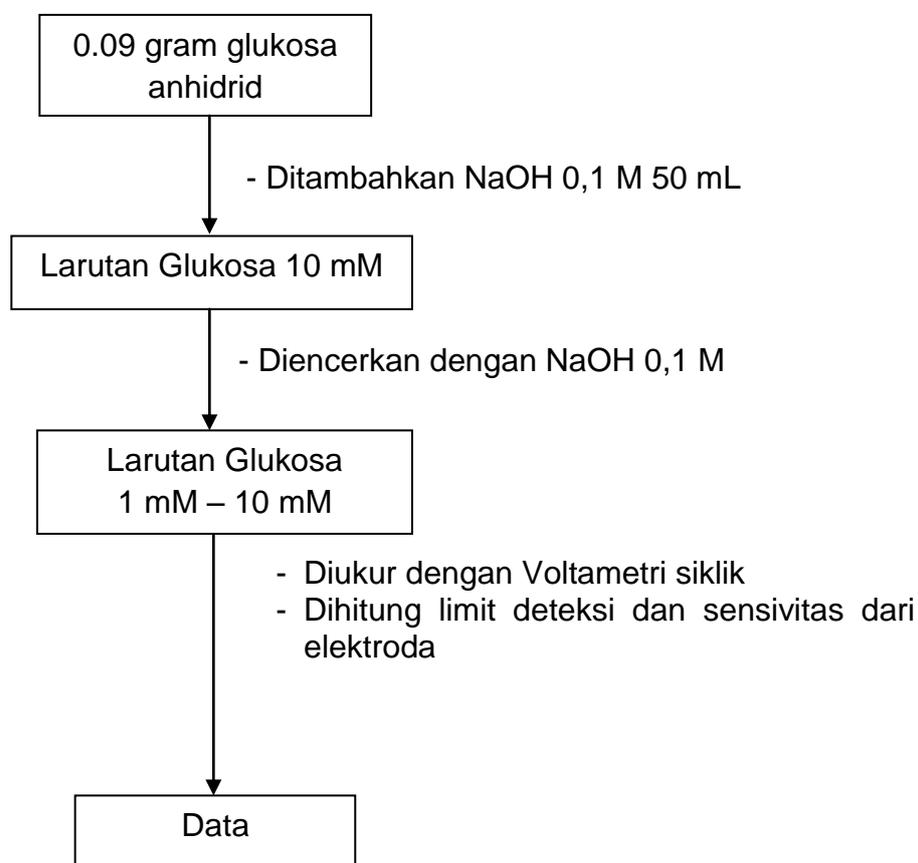
Lampiran 6. Karakterisasi Nanopartikel emas dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)



Lampiran 7. Karakterisasi Nanopartikel emas dengan *Particle Size Analyzer* (PSA)



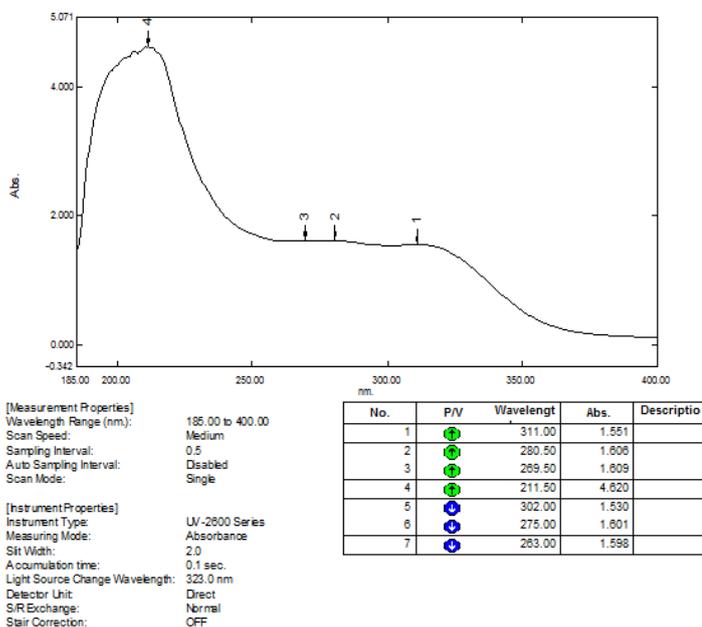
Lampiran 8. Persiapan elektroda emas dan pengendapan nanopartikel

Lampiran 9. Bagan kerja pengujian terhadap larutan gula standar

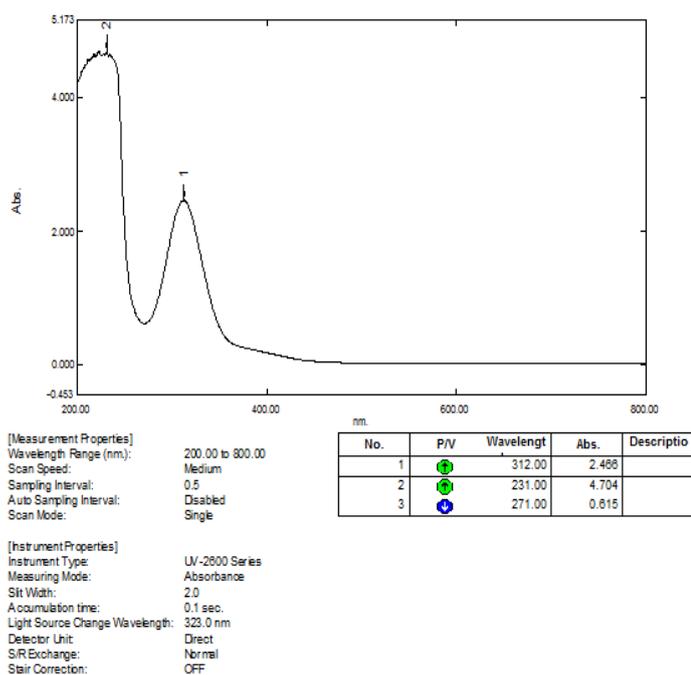
- **Catatan : Hal yang sama dilakukan pada sampel darah**

Lampiran 10. Hasil pengukuran nanopartikel emas dengan menggunakan Spektroskopi UV-Vis

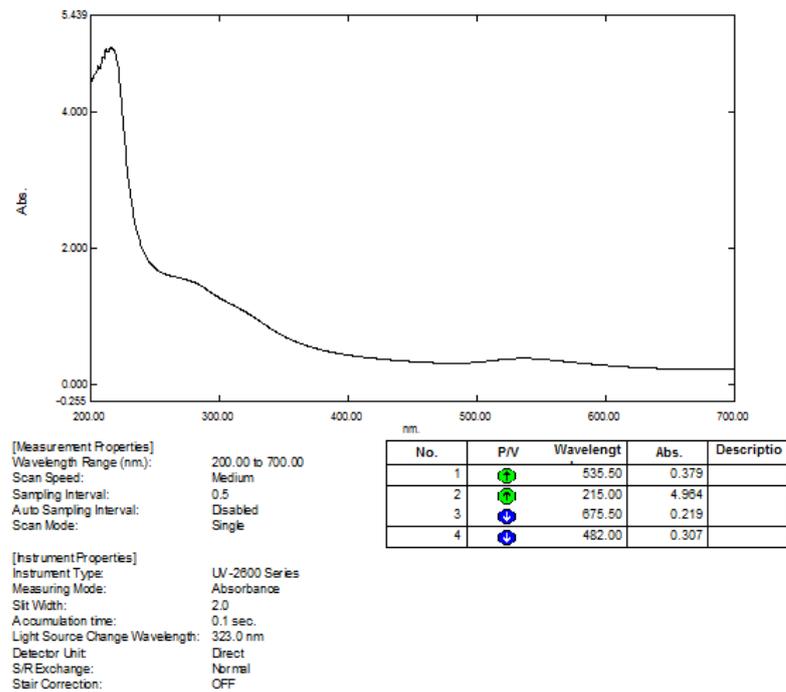
Data Set: Ekstrak daun gedil - RawData



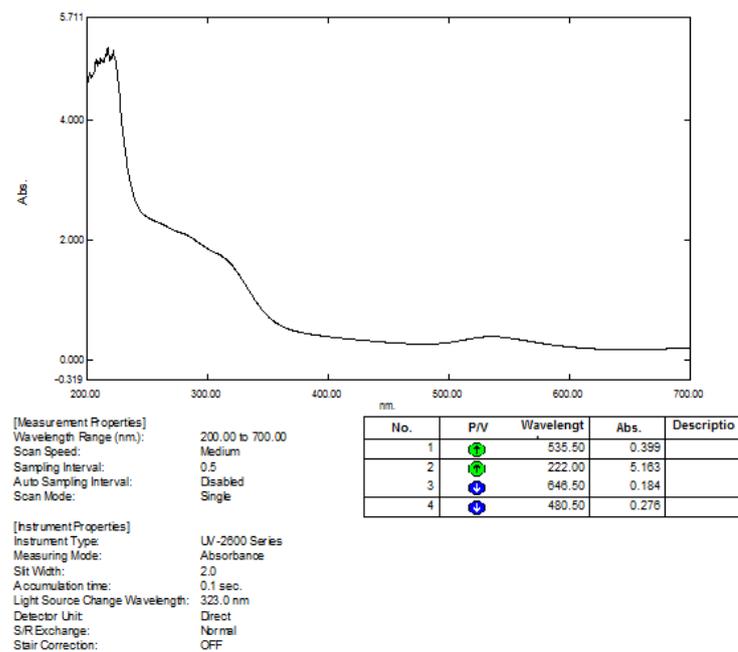
Gambar. Spektrum UV-Vis ekstrak daun Gedi



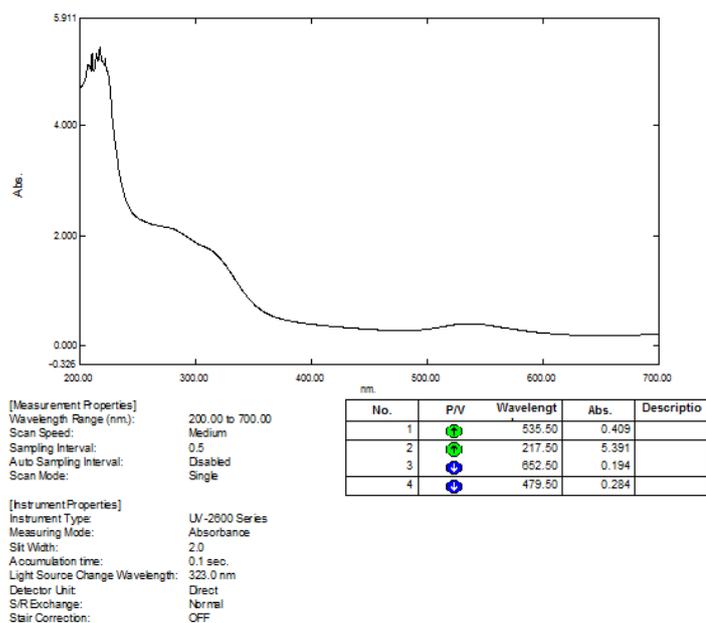
Gambar. Spektrum UV-Vis larutan H_{AuCl}₄



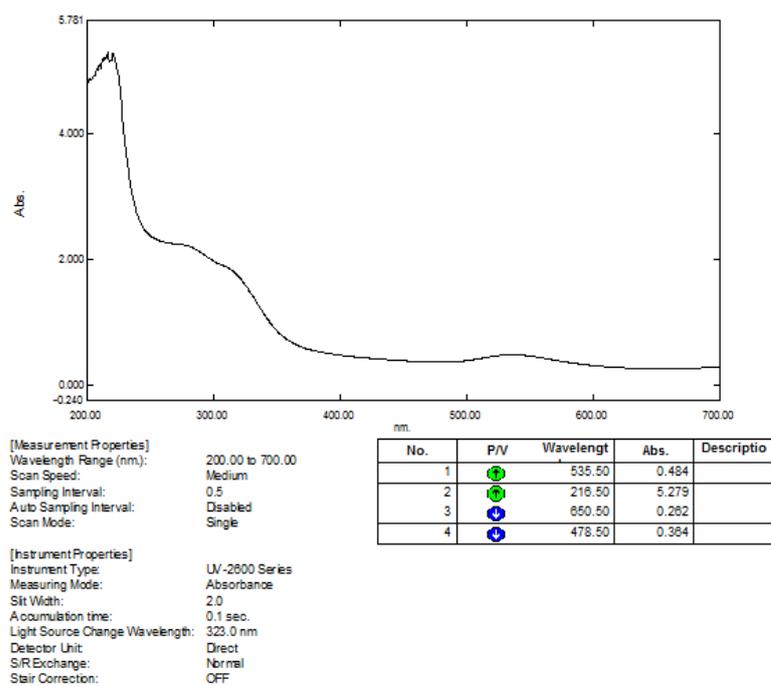
Gambar. Spektrum UV-Vis nanopartikel emas setelah 2 jam



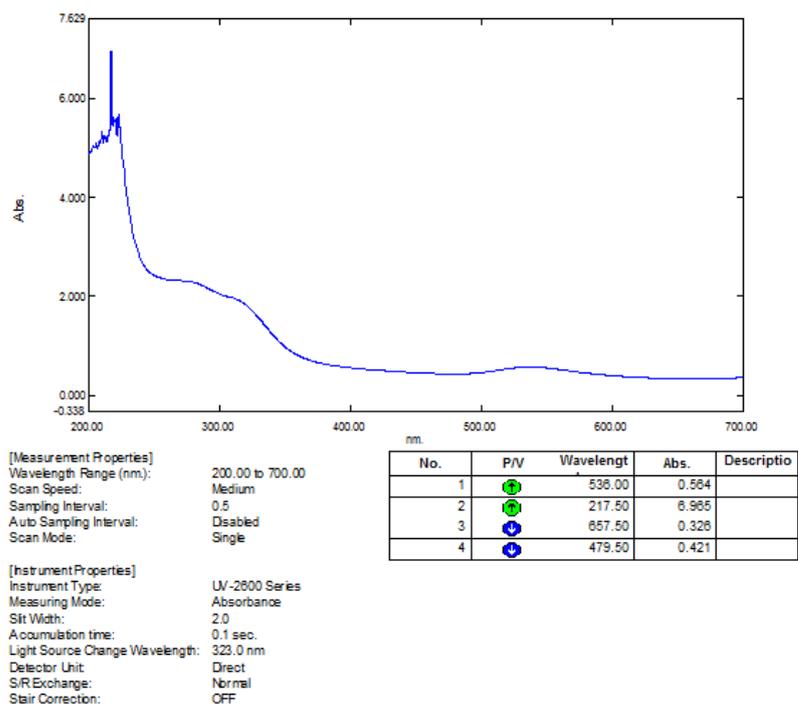
Gambar. Spektrum UV-Vis nanopartikel emas setelah 24 jam



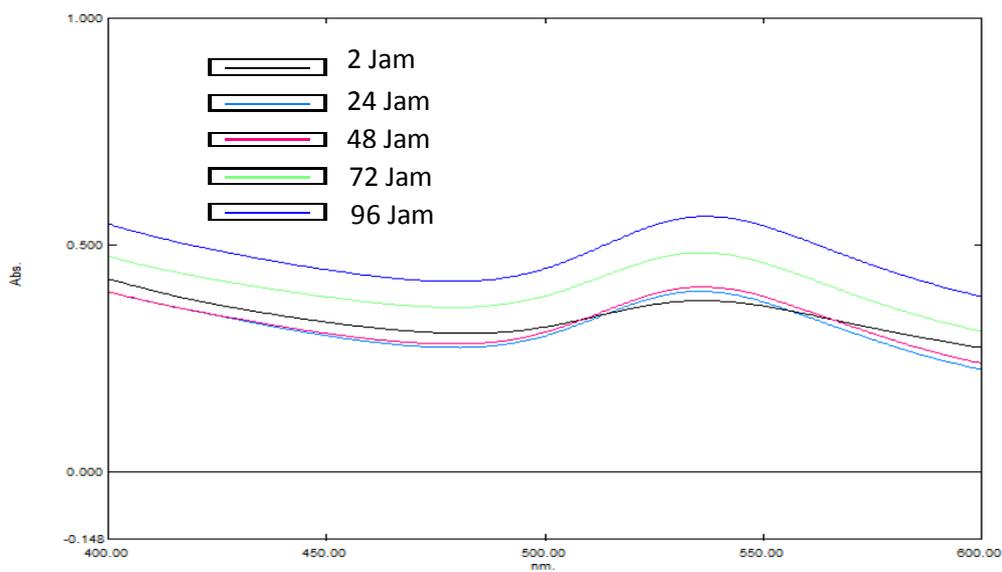
Gambar. Spektrum UV-Vis nanopartikel emas setelah 48 jam



Gambar. Spektrum UV-Vis nanopartikel emas setelah 72 jam

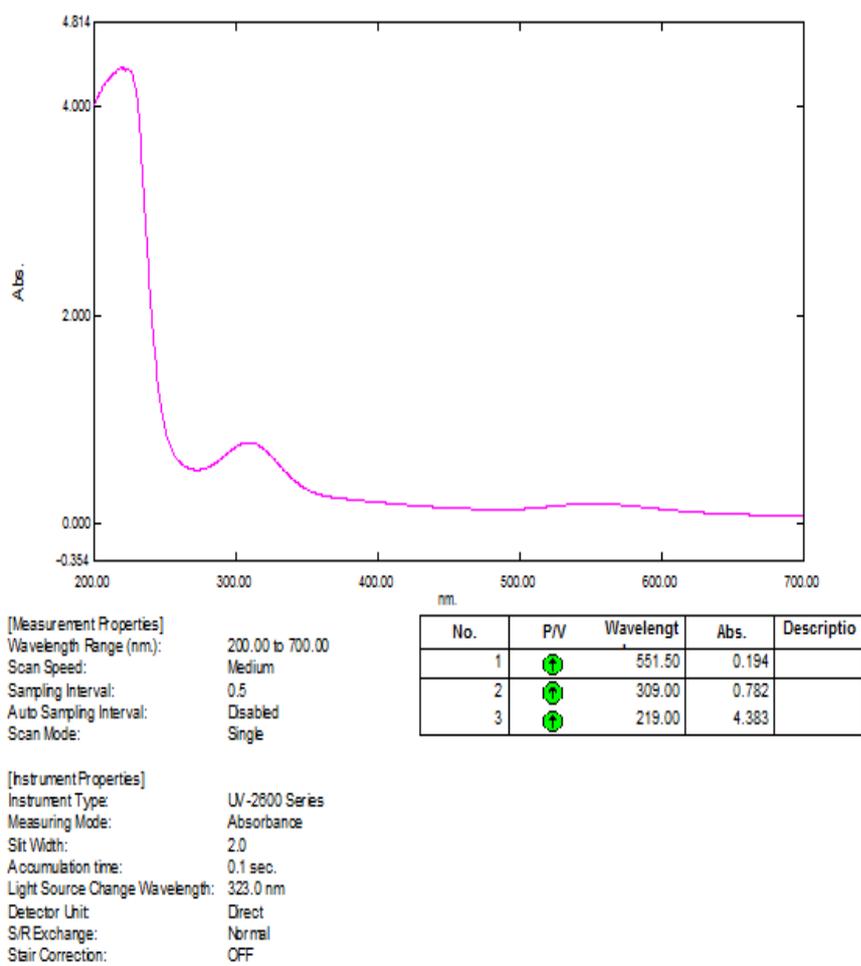


Gambar. Spektrum UV-Vis nanopartikel emas setelah 96 jam



Gambar. Spektrum UV-Vis nanopartikel emas setelah 2 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam

Data Set: quersetin + emas - RawData



Gambar. Spektrum UV-Vis nanopartikel emas dengan pereduksi quersetin

Lampiran 11. Hasil pengukuran nanopartikel emas dengan menggunakan XRD

*** Basic Data Process ***

Group : Standard
Data : Yasser#NPE

Strongest 3 peaks

no. peak	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	5	37.7741	100	0.73170	784	32958
2	32	77.4993	61	0.60130	476	17117
3	24	64.3992	53	0.54600	419	11637

Peak Data List

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	31.2662	2.85851	14	0.61250	112	3490
2	33.3200	2.68686	12	0.52000	95	2288
3	33.9639	2.63738	20	0.59790	156	4616
4	36.7200	2.44550	8	0.46660	59	2510
5	37.7741	2.37965	100	0.73170	784	32958
6	38.8400	2.31676	14	0.00000	112	0
7	39.4600	2.28177	13	0.00000	104	0
8	39.8200	2.26197	13	0.88720	99	3777
9	40.7641	2.21174	10	0.48170	78	1798
10	41.4800	2.17520	6	0.52800	48	1596
11	41.9600	2.15142	6	0.00000	46	0
12	42.7000	2.11584	6	0.72000	50	2258
13	43.4200	2.08240	15	0.58660	114	3449
14	44.0467	2.05422	48	0.66220	375	11205
15	44.8200	2.02056	7	0.34000	53	1879
16	48.6360	1.87057	9	0.80800	74	3411
17	49.7600	1.83091	9	0.46660	68	1552
18	53.4200	1.71378	4	0.90000	33	1596
19	53.8200	1.70198	3	1.55000	24	1320
20	57.4655	1.60237	14	0.46890	111	3004
21	58.2533	1.58256	3	0.44000	25	772
22	62.5400	1.48400	3	0.98000	27	1652
23	63.4600	1.46468	7	0.60000	54	2449
24	64.3992	1.44557	53	0.54600	419	11637
25	65.2400	1.42896	5	0.53340	37	1286
26	65.9710	1.41488	6	0.51800	50	1344
27	68.7893	1.36363	19	0.49140	149	4189
28	70.4050	1.33624	3	0.45000	27	639
29	71.9100	1.31193	4	0.70000	29	1381
30	73.3500	1.28969	6	0.42000	48	1253
31	75.9600	1.25173	4	0.45000	35	1955
32	77.4993	1.23067	61	0.60130	476	17117

*** Basic Data Process ***

Data Infomation

Group : Standard
Data : Yasser#NPE
Sample Nmae : NPE Daun Gedi
Comment :
Date & Time : 07-30-13 11:14:47

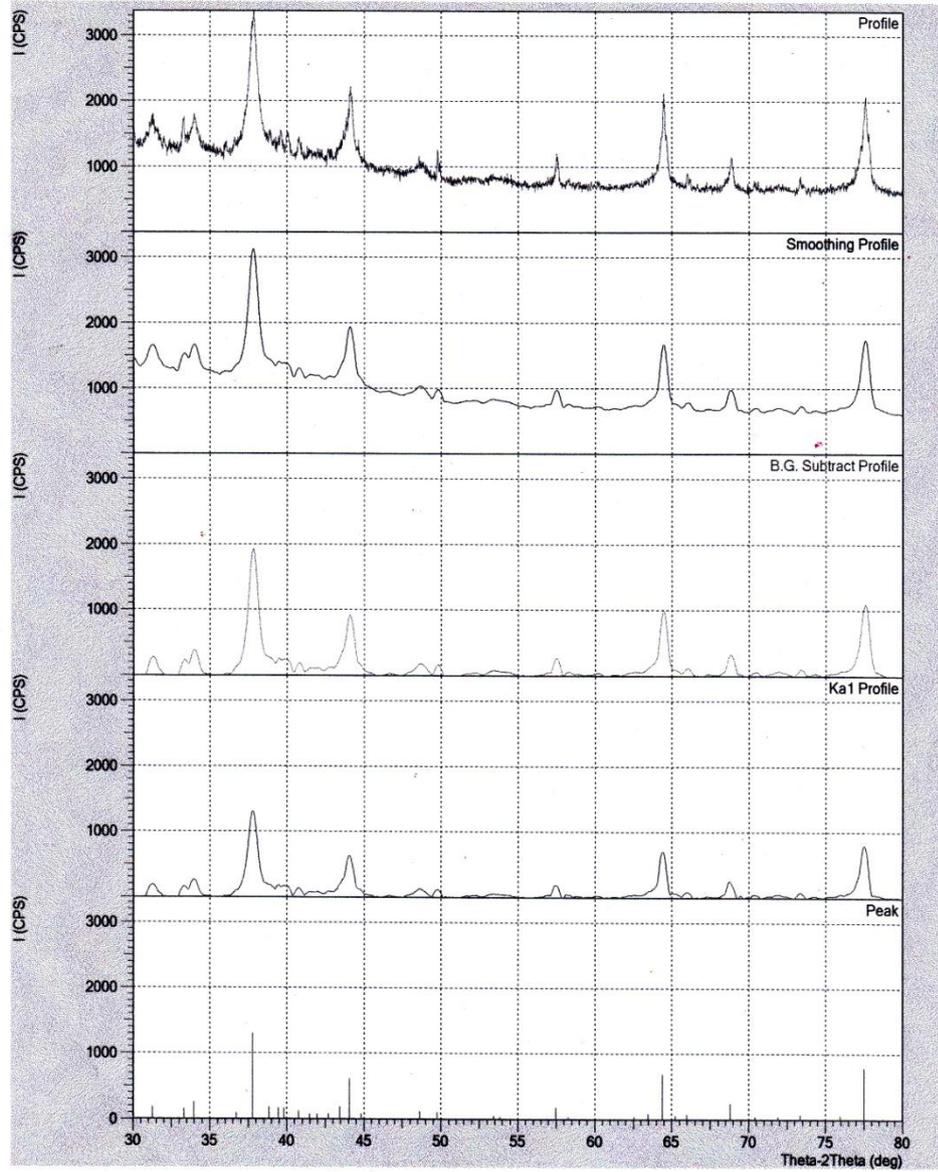
Measurement Condition

X-ray tube
target : Cu
voltage : 40.0 (kV)
current : 30.0 (mA)
Slits
Auto Slit : Used
divergence slit : 1.00000 (deg)
scatter slit : 1.00000 (deg)
receiving slit : 0.30000 (mm)
Scanning
drive axis : Theta-2Theta
scan range : 30.0000 - 80.0000 (deg)
scan mode : Continuous Scan
scan speed : 2.0000 (deg/min)
sampling pitch : 0.0200 (deg)
preset time : 0.60 (sec)

Data Process Condition

Smoothing [AUTO]
smoothing points : 43
B.G.Subtruction [AUTO]
sampling points : 51
repeat times : 30
Kal-a2 Separate [MANUAL]
Kal a2 ratio : 50 (%)
Peak Search [AUTO]
differential points : 37
FWHM threhold : 0.050 (deg)
intensity threshold : 30 (par mil)
FWHM ratio (n-1)/n : 2
System error Correction [NO]
Precise peak Correction [NO]

< Group: Standard Data: Yasser#NPE >



Pengukuran Ukuran Butir Nanopartikel Emas

$$D = \frac{K\lambda}{B \cos \theta}$$

D = Ukuran (diameter) Kristal

λ = Panjang gelombang sinar X (0,1540598)

K = Konstanta material (0,9)

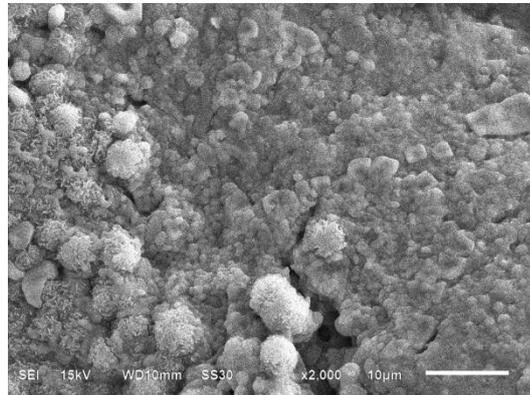
B = FWHM satu puncak yang dipilih

$\cos \theta$ = sudut Bragg

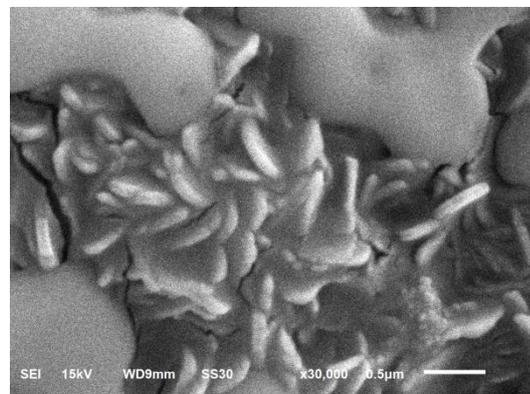
Tabel. Data difraktogram nanopartikel emas

No	2-theta (deg)	d (Å)	hkl	Ukuran (nm)
1	37,77	2,37	111	21,74
2	44,04	2,05	200	27,57
3	64,39	1,44	202	41,15
4	77,49	1,23	311	53,18

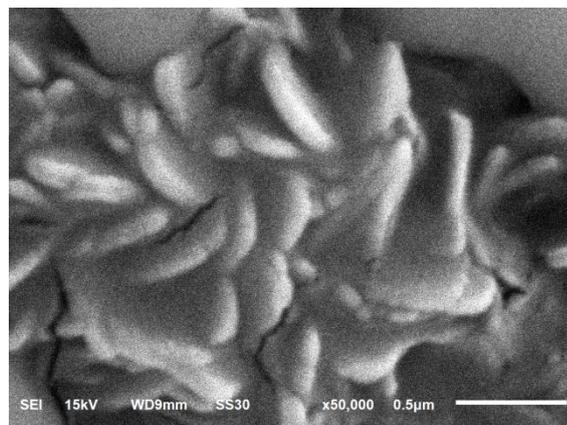
Lampiran 12. Hasil pengukuran nanopartikel emas dengan menggunakan SEM



Gambar. SEM nanopartikel emas perbesaran 2000 x



Gambar. SEM nanopartikel emas perbesaran 30.000 x



Gambar. SEM nanopartikel emas perbesaran 50.000 x

Lampiran 13. Hasil pengukuran nanopartikel emas dengan menggunakan PSA



NanoQ Report

Sample

Name	: nano partikel emas	Mode:	Acquisition
Measured on	: 12/9/2013 14:09:33	Profil:	Admin
by	: admin		

Comments from user:

SOP

Name defaultSOP	Operating mode	Statistical
------------------------	-----------------------	-------------

Dispersant / solvent properties	Particles refractive Index
Refractive Index (nd) : 1.33	Real Part : 1.427
Viscosity : 0.894	Imaginary Part : 0.10

Device settings	SOP comment :
Time interval : 2.000µs	Default Procedure
Number of channels : 600	

Analysis mode	<input checked="" type="checkbox"/> Cumulants	Results	<input checked="" type="checkbox"/> Intensity
	<input checked="" type="checkbox"/> Pade-Laplace		<input checked="" type="checkbox"/> Volume
			<input checked="" type="checkbox"/> Number

Measure conditions

Temperature : 25.0°C	Duration : 0h 1min 59s
Acquisitions : 20	Laser power : 41%
Average count rate : 1 767.32 kcps	DTC position : DOWN
	Wavelength : 657.00

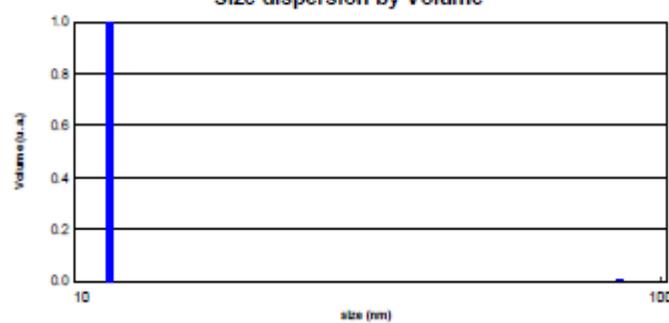
Pade-Laplace method

Dv10: 11.22 Dv50: 11.22 Dv90: 11.22
 Dmean Intensity: 44.47 Dmean volume: 11.41 Dmean number: 11.22

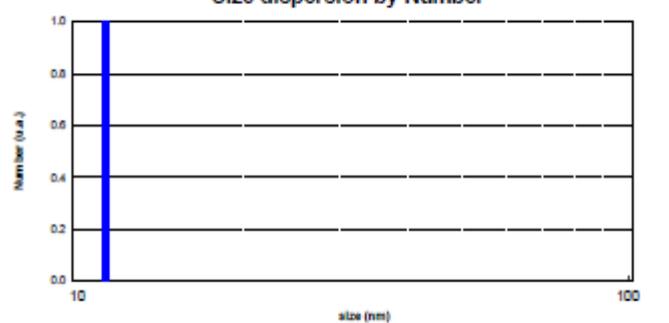
Size dispersion by Intensity



Size dispersion by Volume



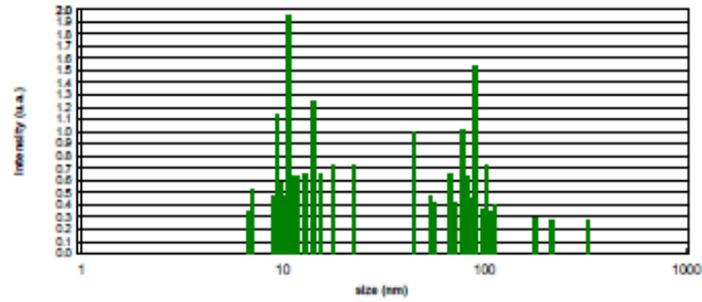
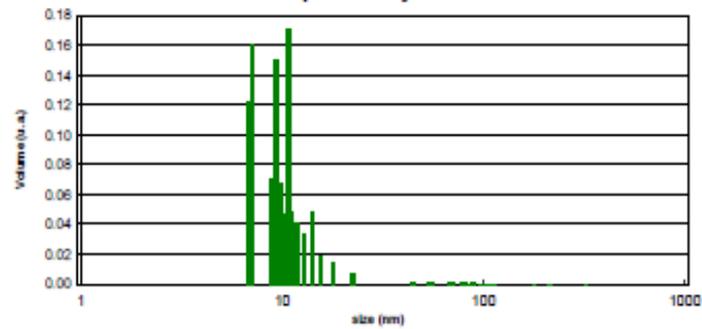
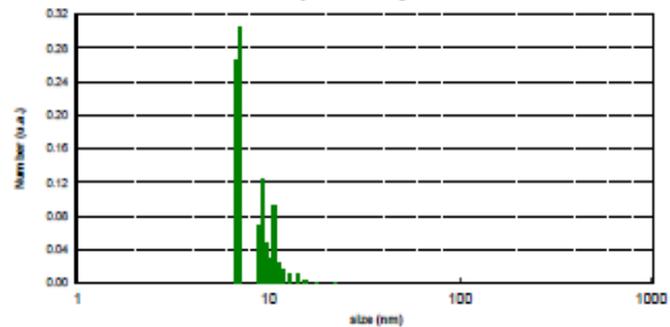
Size dispersion by Number



Size (nm)	Intensity	Number	Volume
11.22	0.50	1.00	1.00
85.14	0.41	0.00	0.00

Statistical method

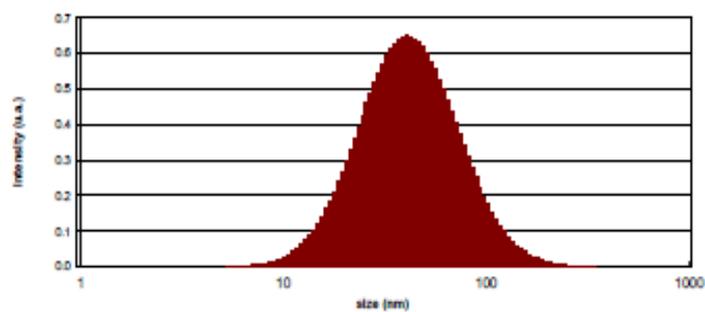
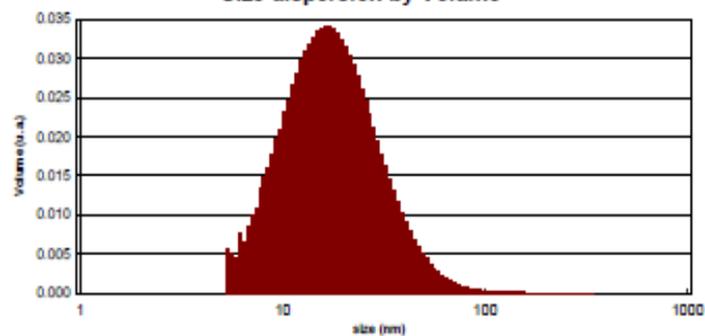
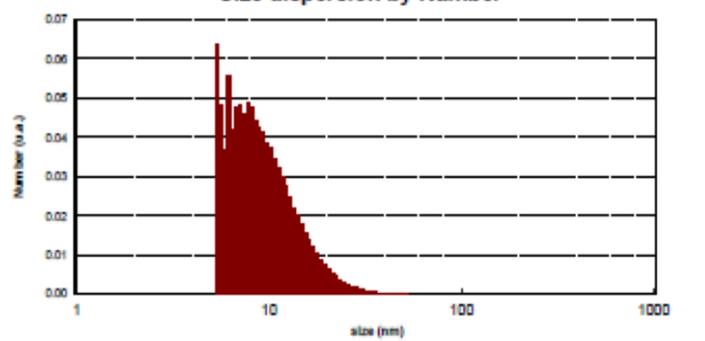
Dv10:	6.76	Dv50:	9.34	Dv90:	12.89
Dmean Intensity:	49.66	Dmean volume:	10.04	Dmean number:	8.33

Size dispersion by Intensity**Size dispersion by Volume****Size dispersion by Number**

Size (nm)	Intensity	Number	Volume
6.76	0.35	0.27	0.12
7.08	0.53	0.30	0.16
8.91	0.47	0.07	0.07
9.34	1.14	0.12	0.15
9.77	0.58	0.05	0.07
10.24	0.46	0.03	0.05
10.72	1.96	0.09	0.17
11.22	0.63	0.02	0.05
11.75	0.63	0.02	0.04
12.89	0.65	0.01	0.03
14.13	1.25	0.01	0.05
15.49	0.65	0.00	0.02
17.79	0.73	0.00	0.01
22.39	0.72	0.00	0.01
44.68	1.00	0.00	0.00
53.72	0.47	0.00	0.00
56.25	0.42	0.00	0.00
67.63	0.65	0.00	0.00
70.81	0.42	0.00	0.00
77.65	1.01	0.00	0.00
81.30	0.63	0.00	0.00
85.14	0.44	0.00	0.00
89.15	1.53	0.00	0.00
97.75	0.37	0.00	0.00
102.36	0.72	0.00	0.00
107.18	0.35	0.00	0.00
112.23	0.40	0.00	0.00
177.88	0.29	0.00	0.00
213.85	0.27	0.00	0.00
323.68	0.28	0.00	0.00

Cumulants method

			Zaverage (nm):	38.88			
Dv10:	8.51	Dv50:	16.99	Dv90:	33.89	PDI:	0.3320
Dmean Intensity:	48.34	Dmean volume:	19.83	Dmean number:	9.74		

Size dispersion by Intensity**Size dispersion by Volume****Size dispersion by Number**

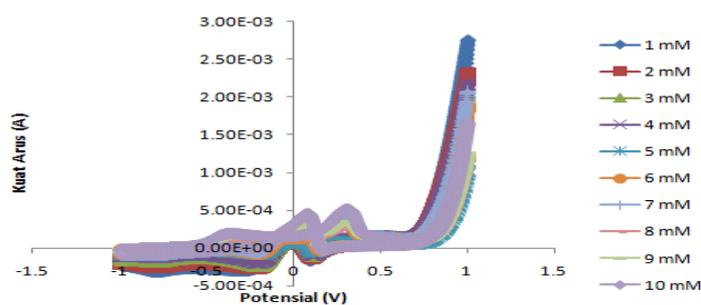
Size (nm)	Intensity	Number	Volume
5.37	0.00	0.06	0.01
5.62	0.00	0.05	0.00
5.89	0.00	0.04	0.00
6.17	0.00	0.06	0.01
6.46	0.00	0.04	0.01
6.76	0.00	0.05	0.01
7.08	0.00	0.05	0.01
7.42	0.01	0.05	0.01
7.76	0.01	0.05	0.01
8.13	0.01	0.05	0.01
8.51	0.01	0.04	0.02
8.91	0.01	0.04	0.02
9.34	0.02	0.04	0.02
9.77	0.02	0.04	0.02
10.24	0.03	0.04	0.02
10.72	0.03	0.03	0.02
11.22	0.04	0.03	0.03
11.75	0.05	0.03	0.03
12.31	0.06	0.03	0.03
12.89	0.07	0.02	0.03
13.49	0.09	0.02	0.03
14.13	0.10	0.02	0.03
14.80	0.12	0.02	0.03
15.49	0.14	0.02	0.03
16.22	0.16	0.01	0.03
16.99	0.19	0.01	0.03
17.79	0.21	0.01	0.03
18.63	0.24	0.01	0.03
19.50	0.27	0.01	0.03
20.42	0.30	0.01	0.03
21.39	0.33	0.01	0.03
22.39	0.36	0.00	0.03
23.45	0.39	0.00	0.03
24.55	0.43	0.00	0.03
25.71	0.46	0.00	0.02
26.92	0.49	0.00	0.02
28.19	0.52	0.00	0.02
29.52	0.55	0.00	0.02
30.91	0.57	0.00	0.02
32.37	0.59	0.00	0.02
33.89	0.61	0.00	0.01
35.49	0.63	0.00	0.01
37.16	0.64	0.00	0.01
38.91	0.65	0.00	0.01
40.75	0.65	0.00	0.01
42.67	0.65	0.00	0.01
44.68	0.64	0.00	0.01
46.79	0.63	0.00	0.01
48.99	0.62	0.00	0.01
51.30	0.60	0.00	0.00
53.72	0.58	0.00	0.00
56.25	0.55	0.00	0.00
58.90	0.53	0.00	0.00
61.68	0.50	0.00	0.00
64.58	0.47	0.00	0.00
67.63	0.44	0.00	0.00
70.81	0.41	0.00	0.00
74.15	0.37	0.00	0.00
77.65	0.34	0.00	0.00
81.30	0.31	0.00	0.00
85.14	0.28	0.00	0.00

89.15	0.25	0.00	0.00
93.35	0.22	0.00	0.00
97.75	0.20	0.00	0.00
102.36	0.18	0.00	0.00
107.18	0.15	0.00	0.00
112.23	0.13	0.00	0.00
117.52	0.11	0.00	0.00
123.06	0.10	0.00	0.00
128.86	0.08	0.00	0.00
134.93	0.07	0.00	0.00
141.29	0.06	0.00	0.00
147.95	0.05	0.00	0.00
154.92	0.04	0.00	0.00
162.22	0.03	0.00	0.00
169.87	0.03	0.00	0.00
177.88	0.02	0.00	0.00
186.26	0.02	0.00	0.00
195.04	0.02	0.00	0.00
204.23	0.01	0.00	0.00
213.85	0.01	0.00	0.00
223.93	0.01	0.00	0.00
234.49	0.01	0.00	0.00
245.54	0.00	0.00	0.00
257.11	0.00	0.00	0.00
269.22	0.00	0.00	0.00
281.91	0.00	0.00	0.00
295.20	0.00	0.00	0.00
309.11	0.00	0.00	0.00
323.68	0.00	0.00	0.00
338.93	0.00	0.00	0.00

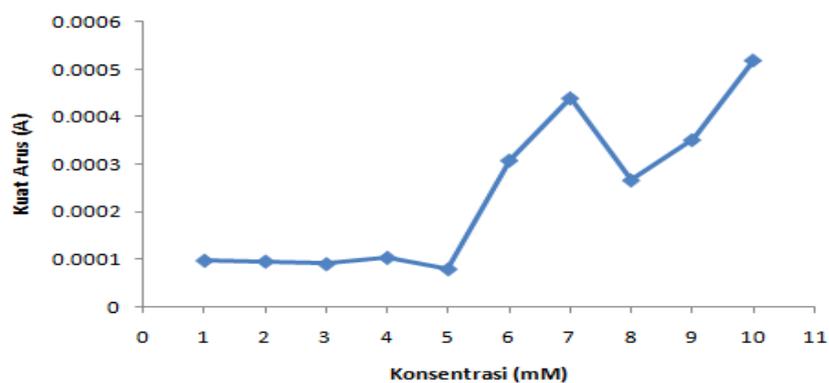
Lampiran 14. Hasil pengukuran larutan standar glukosa dengan elektroda kerja yang tidak dilapisi nanopartikel emas

Tabel hasil pengukuran glukosa dengan elektroda kerja yang tidak dilapisi nanopartikel emas

Konsentrasi (mM)	Kuat Arus (A)
1	0.000096831
2	0.000094906
3	0.000089528
4	0.000102806
5	0.000078781
6	0.000308181
7	0.000439625
8	0.000266291
9	0.000351537
10	0.000519531



Gambar. Voltamogram elektroda kerja tanpa pelapisan nanopartikel emas

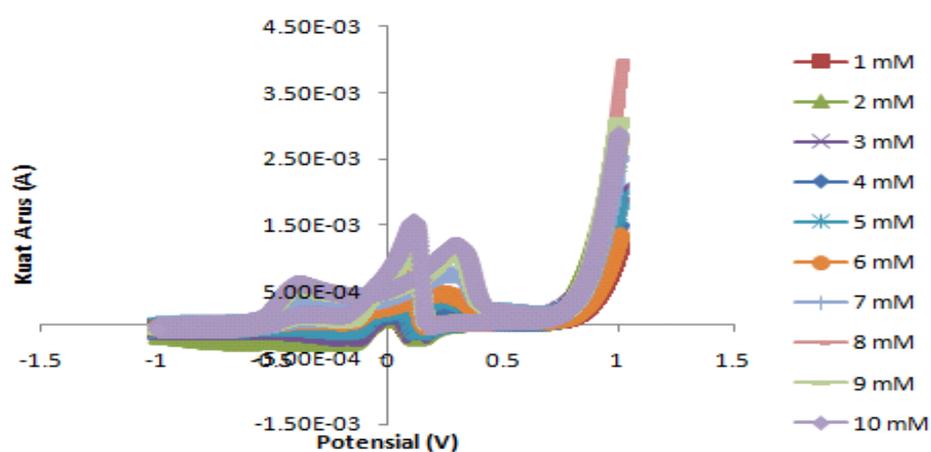


Gambar. Kurva hubungan arus dan konsentrasi pada elektroda kerja yang tidak dilapisi nanopartikel emas

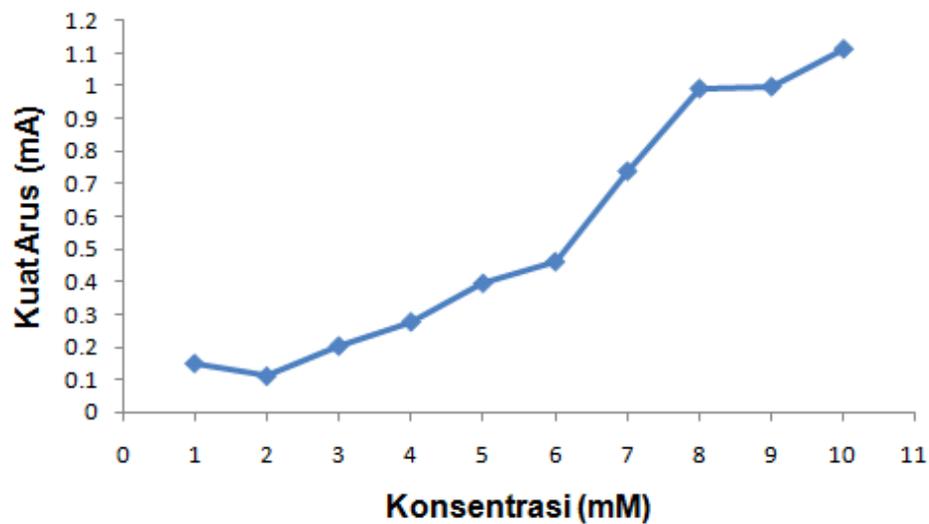
Lampiran 15. Hasil pengukuran larutan standar glukosa dengan elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas

Tabel hasil pengukuran glukosa dengan elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas

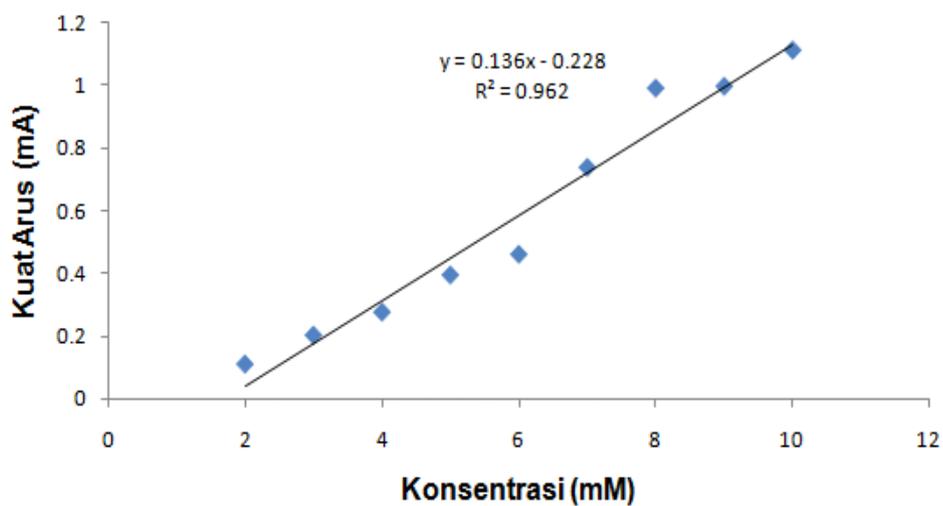
Konsentrasi (mM)	Kuat Arus (mA)
1	0.14958437
2	0.110787497
3	0.203012505
4	0.276621857
5	0.395271874
6	0.461334381
7	0.738359375
8	0.991181183
9	0.997274933
10	1.112456207
Kisaran Pengukuran	2 mM - 10 mM
R	0.9808
Pers. Regresi linear	$y = 0.1360 x - 0.288$



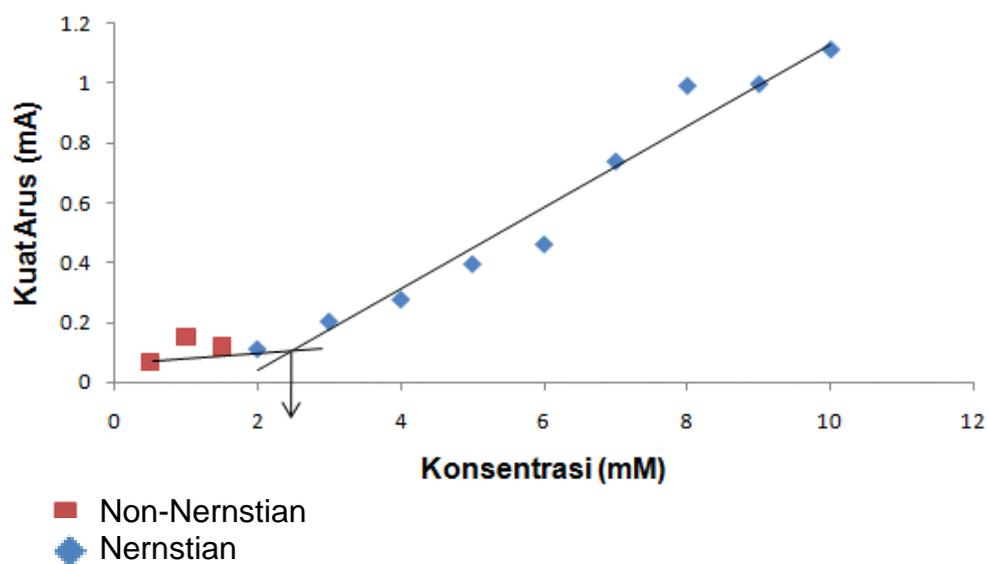
Gambar. Voltamogram elektroda kerja pelapisan nanopartikel emas



Gambar. Kurva hubungan arus dan konsentrasi pada elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas



Gambar. Kurva Regresi linear konsentrasi vs arus



Gambar. Limit deteksi elektroda kerja yang dilapisi nanopartikel emas

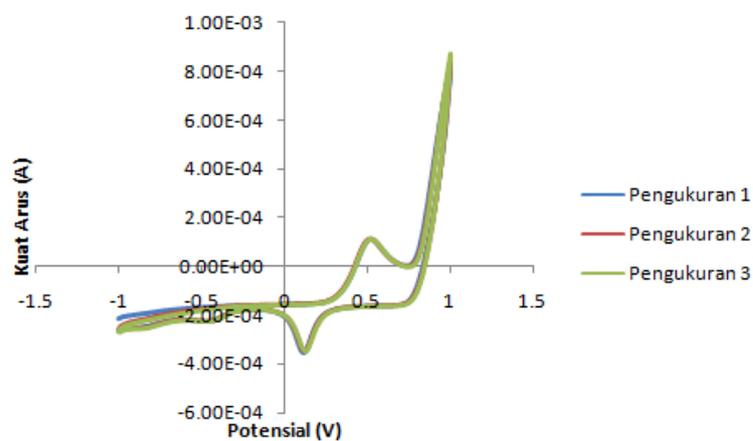
Perhitungan Sensitivitas Elektroda

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\text{Slope}}{A}$$

$$\text{Sensitivitas} = \frac{0.1360}{3.14 \times 0.4 \times 0.4}$$

$$= 0.27 \text{ A} \cdot \text{mM}^{-1} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Lampiran 16. Perhitungan konsentrasi glukosa dalam sampel darah



Gambar. Voltamogram pengukuran pada sampel darah

Tabel. Hasil pengukuran pada sampel darah

Pengukuran Ke-	Metode berbasis nanopartikel emas		Spektrofotometer
	Kuat Arus (mA)	Konsentrasi	Konsentrasi
1	0.11385	5,027 mM (90,48 mg/dL)	89 mg/dL
2	0.11425	5,033 mM (90,59 mg/dL)	88 mg/ dL
3	0.11402	5,029 mM (90,52 mg/dL)	90 mg/dL
Rata-rata	0.11404	5,03 mM (90,54 mg/dL)	89 mg/dL

Perhitungan konsentrasi glukosa dalam darah

Diketahui : kuat arus (y) = 0.11404 mA

$$y = 0.136 x - 0.228$$

$$0.11404 = 0.136 x - 0.228$$

$$x = \frac{0.11404 + 0.228}{0.136}$$

$$x = 2.515 \text{ mM}$$

Faktor pengenceran $10/5 = 2$

Konsentrasi Glukosa = $2.515 \times 2 = 5.03 \text{ mM}$

$$5.03 \text{ mM} = 5.03 \text{ mM} \times Mr$$

$$= 5.03 \text{ mmol/L} \times 180 \text{ mg/mmol}$$

$$= 905,4 \text{ mg/L}$$

$$= 90,54 \text{ mg/dL}$$

Jadi, konsentrasi glukosa dalam sampel darah berdasarkan analisis dengan sensor berbasis nanopartikel emas adalah 5,03 mM atau 90,54 mg/dL.

Lampiran 17. Dokumentasi penelitian**Perendaman daun Gedi****Pembuatan HAuCl_4** **Ekstrak daun Gedi****Larutan HAuCl_4**



Sintesis Nanopartikel Emas



Larutan Nanopartikel Emas



Padatan Nanopartikel Emas



Particle Size Analyzer



Spray Dryer



Spektroskopi UV-Vis



Scanning Electron Microscopy



Voltametri Siklik



Automated Analyzed Clinical Chemistry