

*Skripsi*

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS DENGAN BIOREDUKTOR MADU  
HUTAN ASAL KABUPATEN BONE DAN UJI POTENSINYA SEBAGAI  
ANTIBAKTERI**

**AINUNNISA**

**H311 14 303**



**DEPARTEMEN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2019**



**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS DENGAN BIOREDUKTOR MADU  
HUTAN ASAL KABUPATEN BONE DAN UJI POTENSINYA SEBAGAI  
ANTIBAKTERI**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar sarjana sains*

**Oleh :**

**AINUNNISA**

**H311 14 303**



**MAKASSAR**

**2019**



**SKRIPSI**

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS DENGAN BIOREDUKTOR MADU  
HUTAN ASAL KAB.BONE DAN UJI POTENSINYA SEBAGAI  
ANTIBAKTERI**

**Disusun dan diajukan oleh**

**AINUNNISA**

**H311 14 303**

**Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh :**

**Pembimbing Utama**



**Prof. Dr Alfian Noor, M.Sc**  
**NIP. 19510515 197412 1 001**

**Pembimbing Pertama**



**Dr. Muhammad Zakir, M.Si**  
**NIP. 19701103 199903 1 001**

**Pembimbing Kedua**



**Drs. Fredryk W. Mandey, M.Sc**  
**NIP. 19650118 199002 1 001**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*“SEISUNGGUHNYA ALLAH TIDAK  
AKAN MENGUBAH NASIB SUATU  
KAUM KECUALI KAUM ITU  
SENDIRI YANG MENGUBAH  
NASIB DIRI MEREKA”*

*-QS. AR-RAD AYAT 11-*



## PRAKATA

Alhamdulillah rabbil Alamin, segala puji dan syukur kepada pemilik ilmu pengetahuan, sang pencipta yang tak terbatas pencahayaan cinta-Nya bagi seluruh umat manusia, **Allah SWT**. Atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan laporan hasil penelitian dengan judul "**Sintesis Nanopartikel Emas dengan Bioreduktor Madu Hutan asal Kabupaten Bone dan Uji Potensinya sebagai Antibakteri**". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program strata satu (S1) di Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Limpahan rasa hormat dan bakti serta doa yang tulus, penulis persembahkan kepada orang tua tercinta, Ayahanda rahimahullah **Dr. Abdullah Renreng** dan Ibunda **Hj. Andi Surya** yang senantiasa selalu sabar mendidik, mendukung dan membesarkan penulis, dengan doa dan kasih sayang dalam perjalanan menuntut ilmu. Semoga Allah SWT senantiasa menganugerahkan rahmat, kemuliaan dan karunia kepada beliau baik dunia maupun di akhirat. Terima kasih untuk kakak-kakak tercinta **Aulia, Asdar, Asmiart, Azhar, Ahsan, Akhiruddin** dan **Akmaluddin** serta semua keluarga atas perhatian, pengertian, dukungan doa dan kasih sayangnya kepada penulis.

Terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada Bapak **Prof. Dr. Alfian Noor, M.Sc** selaku pembimbing utama,

**Muhammad Zakir, M.Si** selaku pembimbing pertama dan

**Edryk W. Mandey, M.Sc** selaku pembimbing kedua yang telah

meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing, menasehati



dan memotivasi penulis.

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

1. **Dr. Indah Raya, M.Si dan Dr. Hasnah Natsir, M.Si** dan selaku penguji ujian sarjana kimia, atas bimbingan dan saran-saran yang diberikan
2. **Dosen-dosen Kimia** yang memberikan ilmu pengetahuan dan juga bimbingan dalam menuntut ilmu selama ini.
3. analis laboratorium **Ibu Tini, Pak Sugeng, Kak Febi, Kak Anti, Kak Hana, Kak Linda, dan Pak Iqbal**. Terkhusus untuk **Kak Febi, Ibu Tini dan Pak Sugeng** yang senantiasa memberikan dukungan dan bantuan selama penelitian
4. teman-teman peneliti dalam grup madu **Endah Handayani, Wahyuni Eka Nanda, Nurul Imama Shabrani dan Vitrah Agung** yang sudah banyak membantu dan menasehati penulis
5. teman-teman grup nanopartikel **Nurmilasari, Bahrin, Fachri Amirullah, Ika Dwiyulita, Suriani Binti Sule, Ririn Ardianto dan Nurharis Munandar** dan teman-teman lainnya yang meneliti di Laboratorium Kimia Analitik atas kerjasama, motivasi, waktu diskusi dan ilmu pengetahuan serta bantuan dari seminar proposal dan seminar hasil
6. kakak-kakak senior yang telah membantu dan meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan menjawab pertanyaan penulis

sahabat-sahabat penulis **Nita Astria, Nurul Annisari Al-Maidin, Rima Fara Putri, Ummu Aiman, Umi Chuzaimah** yang senantiasa mendukung dan mendoakan penulis untuk segera menyelesaikan



penelitian dan tugas akhir

8. saudara-Saudara "**KIMIA 2014**" terkhusus **Salmiyah, Nur Wahyuni Nahru, Nabeela Nurvita, Nurfitri Ramdani dan Andi Adrina Amanda** yang senantiasa menemani perjalanan penulis dalam menuntut ilmu sejak tahun 2014, dan juga banyak membantu serta memberikan semangat kepada penulis hingga mampu menyelesaikan penelitian dengan baik. Semoga cerita dan perjalanan yang sempat terukir hingga saat ini tidak berakhir seiring dengan berakhirnya perjalanan kita di kampus merah tercinta ini dan semoga setelah seminar hasil penelitian ini tidak lama lagi bersama-sama kita penuhi BARUGA UNHAS "Aamiin".

Penulis memohon maaf atas segala kekurangan dalam skripsi ini baik materi maupun teknik penulisannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritiknya yang bersifat membangun dalam perbaikan dan penyempurnaannya.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penelitian berikutnya sebagai sumber acuan terkhusus dalam bidang nanoteknologi dan nanosains.

Makassar, Februari 2019

Penulis



## ABSTRAK

Nanopartikel emas disintesis dengan metode bioreduksi menggunakan madu asal kabupaten Bone. Nanopartikel yang terbentuk dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Particle Size Analyzer* (PSA). Pada analisis spektrofotometer UV-Vis nanopartikel emas dengan konsentrasi larutan prekursor 0,5 mM dengan serapan panjang gelombang pada 543 nm. Hasil analisis *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) menunjukkan adanya peran gugus fungsi O-H, C=O, N-H dan C-O pada pembentukan nanopartikel. Pada hasil analisis XRD diperoleh nilai index miller 111, 200, 202 dan 311. Distribusi ukuran rata-rata nanopartikel berdasarkan hasil analisis dengan *Particle Size Analyzer* (PSA) adalah 219,8. Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan menggunakan beberapa bakteri uji yaitu *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* yang menunjukkan bahwa nanopartikel emas dapat menghambat aktivitas bakteri.

**Kata kunci:** antibakteri, karakterisasi nanopartikel, madu hutan, nanopartikel emas





## ABSTRACT

Gold nanoparticles was synthesized by bioreduction method using honey from Bone. Nanoparticles formed were characterized using spectrophotometer UV-Vis, Fourier Transform Infra Red (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD) and Particle Size Analyzer (PSA). In the analysis of spectrophotometer UV-Vis gold nanoparticles with a precursor solution concentration of 0.5 mM has an absorption 543 nm. Analysis by Fourier Transform Infra Red (FTIR) that show the role of functional groups such as O-H, C=O, N-H and C-O in gold nanoparticle synthesis. Analysis result of XRD with the Miller Index 111, 200, 202 and 311 that corresponding to the database of Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS). Particle Size Analyzer result average size distribution of gold nanoparticle is 219,8 nm. The evaluation of test antibacterial activity was performed using several bacteria test such as *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* that show the gold nanoparticles can inhibit the bacteria.

**Keywords:** antibacterial, characterization of nanoparticles, gold nanoparticles,



## DAFTAR ISI

	<b>halaman</b>
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1 Maksud Penelitian.....	3
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Emas.....	5
2.2 Madu.....	6
2.2.1 Proses Terbentuknya Madu.....	6
2.2.2 Jenis-jenis Madu.....	6
2.2.3 Madu Sebagai Bioreduktor.....	7
2.2.4 Kajian Kandungan Senyawa Madu.....	8
2.2.4.1 Glukosa.....	8
	x



2.2.4.2 Fruktosa .....	9
2.2.4.3 Sukrosa .....	9
2.2.4.4 Maltosa .....	10
2.3 Nanopartikel .....	10
2.4 Nanoaprtikel emas .....	12
2.5 Sintesis Nanopartikel Logam .....	14
2.6 Kajian Sintesis Nanopartikel dari Madu.....	16
2.6.1 Nanopartikel Emas dari Madu.....	16
2.6.2 Nanopartikel Perak dari Madu.....	17
2.6.3 Nanopartikel Karbon dari Madu.....	20
2.6.4 Nanopartikel Platina dari Madu.....	20
2.6.5 Nanopartikel Paladium dari Madu.....	21
2.7 Analisis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas .....	21
2.7.1 Spektrofotometer UV-Vis .....	22
2.7.2 <i>X-Ray Diffraction</i> .....	22
2.7 SEM dan TEM .....	23
2.7.4 <i>Particle Size Analysis</i> (PSA) .....	24
2.7.5 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) .....	24
2.8 Aplikasi Nanopartikel Emas Sebagai Antibakteri.....	24
2.9 Bakteri Uji .....	25
2.9.1 <i>Escherichia coli</i> .....	25
2.9.2 <i>Staphylococcus aureus</i> .....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1 Alat Penelitian .....	28
3.2 Bahan Penelitian.....	28



3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	28
3.4 Prosedur Penelitian.....	29
3.4.1 Preparasi Sampel .....	29
3.4.2 Pembuatan Larutan H <sub>Au</sub> Cl <sub>4</sub> 1000 ppm.....	29
3.4.3 Pembuatan Larutan H <sub>Au</sub> Cl <sub>4</sub> 1 mM .....	29
3.4.4 Sintesis Nanopartikel Emas.....	29
3.4.5 Karakterisasi Produk .....	30
3.4.5.1 Karakterisasi Produk dengan Spektro UV-Vis.....	30
3.4.5.2 Karakterisasi Produk dengan PSA.....	30
3.4.5.3 Karakterisasi dengan XRD, FTIR, dan TEM .....	30
3.4.6 Bakteri Uji .....	30
3.4.6.1 Pembuatan Medium Nutrien Agar Miring .....	30
3.4.6.2 Peremajaan Bakteri Uji.....	31
3.4.6.3 Pembuatan larutan Kontrol Positif dan Negatif .....	31
3.4.6.4 Uji Bioaktivitas Antibakteri .....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
4.1 Sintesis Nanopartikel Emas.....	32
4.1.1 Optimasi perbandingan komposisi logam .....	35
4.2 Karakterisasi Nanopartikel Emas .....	37
4.2.1 Karakterisasi Warna Larutan Nanopartikel Emas .....	37
4.2.2 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan Spektrofotometer UV-Vis .....	38
4.2.2.1 Kestabilan Nanopartikel Emas .....	38
4.2.3 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan XRD .....	39
4.2.4 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan FTIR.....	41
4.2.5 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan PSA .....	42



4.3 Pengujian Aktivitas Antibakteri .....	43
4.3.1 <i>Eschericia Coli</i> .....	44
4.3.2 <i>Staphylococcus aureus</i> .....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	47
DAFTAR PUSTAKA .....	48
LAMPIRAN.....	54



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>halaman</b>
1. Struktur senyawa Glukosa.....	9
2. Struktur senyawa Fruktosa.....	9
3. Struktur senyawa sukrosa.....	10
4. Struktur senyawa Maltosa.....	10
5. Jenis dan bentuk nanopartikel emas.....	13
6. Diagram Skema penggunaan metode kimia dan fisika dalam sintesis nanopartikel.....	15
7. Perbandingan dinding sel bakteri gram positif dan gram negatif.....	25
8. Pengamatan Bakteri <i>Escherichia coli</i> dengan mikroskop elektron.....	26
9. Pengamatan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	27
10. Dokumentasi perubahan warna pada pembentukan nanopartikel emas	32
11. Perkiraan mekanisme reaksi sintesis nanopartikel emas dengan senyawa glukosa pada madu hutan.....	33
12. Spektrum UV-Vis pembentukan nanopartikel emas.....	34
13. Nanopartikel emas dengan variasi perbandingan komposisi larutan madu dan logam emas sebesar 1:1, 1:2, 1:3 dan 1:4.....	35
14. Spektrum UV-Vis nanopartikel emas dengan variasi komposisi larutan emas.....	35
15. Perubahan warna nanopartikel emas.....	37
16. Spektrum UV-Vis nanopartikel emas dari hari ke 1,2,4,7 dan 14.....	38
17. Grafik XRD dari senyawa nanopartikel emas hasil sintesis dengan menggunakan madu hutan.....	39
18. Spektrum FTIR (a) Larutan madu (b) Nanopartikel emas.....	41
analisis PSA nanopartikel emas.....	43



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>halaman</b>
1. Sifat Fisik dan Kimia Emas .....	5
2. Komposisi kimia madu per 100 gram .....	8
3. Aplikasi nanoteknologi dalam berbagai bidang .....	11
4. Hasil analisis spektrum UV-Vis .....	34
5. Pengaruh waktu terhadap panjang gelombang maksimum dan absorbansi .....	38
6. Puncak difraksi senyawa nanopartikel emas hasil biosintesis menggunakan madu hutan .....	40
7. Perbedaan data FTIR larutan madu dan nanopartikel emas .....	42
8. Zona hambat sampel terhadap bakteri <i>Eschericia coli</i> setelah 48 jam pada cawan perti A .....	44
9. Zona hambat sampel terhadap bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> setelah 48 jam pada cawan perti D .....	45



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
10. Bagan kerja.....	54
11. Perhitungan.....	58
12. Hasil analisis spektrofotometer UV-Vis.....	61
13. Hasil Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	62
14. Hasil analisis <i>Fourier Transmission Infrared</i> (FTIR) .....	65
15. Hasil analisis <i>Particle Size Analyzer</i> (PSA).....	67
16. Dokumentasi Penelitian.....	72





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi merupakan cabang ilmu yang berfokus pada produksi dan pemanfaatan partikel berukuran nano, saat ini nanoteknologi berkembang pesat karena manfaat produk dan aplikasinya dalam berbagai bidang seperti lingkungan, biomedis, produk kecantikan, perawatan kesehatan, industri, dan lain-lain (Tsuzuki,2009). Nanopartikel merupakan suatu partikel yang berukuran 1-100 nm. Salah satu nanopartikel logam yang paling menarik perhatian ialah nanopartikel emas.

Berbagai jenis nanopartikel emas telah dihasilkan dan pada umumnya metode yang digunakan dalam sintesis nanopartikel emas adalah metode fisika dan kimia. Namun kedua metode tersebut ternyata memiliki beberapa kekurangan, diantaranya menggunakan energi yang lebih besar, menggunakan biaya produksi tinggi, dan menghasilkan produk samping yang berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan. Sebagai alternatif, metode yang banyak dikembangkan saat ini adalah metode yang berdasar pada konsep *green chemistry* atau *green synthesis nanoparticle* (Schmidt, 2007), yaitu metode sintesis nanopartikel logam dengan menggunakan bahan alam atau metabolit, baik yang bersumber dari organisme darat maupun laut (hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme). Pada organisme tersebut terdapat senyawa yang mampu mereduksi logam, seperti terpenoid,

alkaloid, amina, amida, protein dan lain-lain (Asmathunisha dan n, 2013; Keat dkk., 2015).



Salah satu produk yang dapat dijadikan sebagai alternatif dalam sintesis nanopartikel logam ialah madu. Madu, cairan yang dihasilkan oleh lebah, memiliki banyak khasiat yang baik untuk kesehatan. Menurut Phillip (2009), kandungan fruktosa pada madu bertindak untuk mereduksi logam. Namun tidak menutup kemungkinan senyawa lain seperti glukosa, protein, senyawa antioksidan seperti vitamin C serta enzim berpotensi dalam mereduksi logam, sedangkan kandungan protein pada madu dapat menstabilkan nanopartikel logam. Penggunaan madu dalam sintesis nanopartikel logam memiliki beberapa kelebihan yaitu ramah lingkungan, murah, menghemat waktu dan prosesnya yang cukup mudah (Balasooriya dkk., 2017). Dalam penelitian ini digunakan madu hutan asal kabupaten Bone sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel emas. Menurut Dinas Perindustrian Bone, Kabupaten Bone memiliki luas lahan hutan yang cukup besar yaitu  $\pm 145.053$  ha atau sebesar 34,64 % dari seluruh luas lahan di Kabupaten Bone yang didalamnya terdapat banyak lebah hutan (*Apis dorsata*) yang menghasilkan madu dengan beragam kandungan senyawa dari berbagai macam tanaman sumber nektar.

Nanopartikel emas dapat diaplikasikan dalam pengembangan strategi antibakteri yang aman. Apabila nanopartikel emas masuk ke dalam tubuh maka tidak akan memberikan efek yang berbahaya (Cui dkk., 2012). Philip (2009), melaporkan hasil sintesis nanopartikel logam emas yang menggunakan bioreduktor madu dengan ukuran nanopartikel 15 nm. Selanjutnya Sreelakshmi dkk., (2011)

mengemukakan hasil penelitiannya yang melakukan sintesis nanopartikel antibakteri madu dengan hasil nanopartikel emas yang berukuran 9,9 nm memiliki nilai konsentrasi hambat minimum terbesar terhadap bakteri



*Staphylococcus aureus* dan *Candida albicans* yaitu 250 µg/mL. Choudary dan Jangir (2016), juga melakukan sintesis nanopartikel logam emas dengan ukuran 11,5 nm yang dapat menghambat aktivitas bakteri *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya, maka dilakukan sintesis nanopartikel emas menggunakan bioreduktor madu hutan asal Kabupaten Bone dan menguji bioaktivitasnya sebagai antibakteri yang diuji terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Kedua bakteri tersebut merupakan bakteri penghasil toksik yang berbahaya dan kebal terhadap antibiotik, sehingga perlu dilakukan pengendalian kehidupan terhadap bakteri tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. bagaimana potensi madu hutan asal Kabupaten Bone sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel emas ?
2. bagaimana karakteristik nanopartikel emas yang disintesis menggunakan madu hutan asal Kabupaten Bone ?
3. bagaimana bioaktivitas nanopartikel emas yang disintesis menggunakan madu hutan terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* ?

## 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

### 1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini adalah mensintesis nanopartikel emas menggunakan madu hutan asal Bone dan menguji potensinya sebagai antibakteri.



### 1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. mengetahui potensi madu hutan asal Kabupaten Bone dalam mensintesis nanopartikel emas
2. mengkarakterisasi nanopartikel emas yang disintesis menggunakan madu hutan asal Kabupaten Bone
3. menentukan bioaktivitas nanopartikel emas yang disintesis menggunakan madu hutan asal Kabupaten Bone terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*

### 1.4 Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan memberikan informasi mengenai pemanfaatan madu hutan asal Kabupaten Bone sebagai bioreduktor untuk mensintesis nanopartikel emas dan memanfaatkannya dalam berbagai bidang, khususnya biomedis dan kesehatan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Emas

Emas merupakan unsur kimia dengan simbol Au dan memiliki nomor atom 79. Loga ini memiliki beberapa sifat fisik yang khas, diantaranya: tidak bereaksi dengan zat kimia lainnya kecuali klorin, flourin dan akuaregia (Sunardi, 2006); bersifat lembut, lunak (*malleable*); mudah dibentuk (*ductile*); tidak mudah bereaksi; tahan korosi dan berbentuk padat yang banyak digunakan untuk perhiasan, mata uang, tropi, atau patung. Logam emas terdapat di alam sebagai unsur bebas dalam bentuk gumpalan (*nugget*) atau pasir halus dalam bebatuan dalam vena-vena batu atau dalam bentuk alluvial (Sembel, 2015). Beberapa sifat fisika dan kimia logam emas tercantum dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Sifat Fisik dan Kimia Emas (Cotton dan Wilkinson, 2013).

Sifat	Nilai
Nomor atom	79
Massa atom relative	196,9665 gram.mol <sup>-1</sup>
Konfigurasi elektron	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup>
Titik leleh	1337 K (1064 °C)
Titik didih	3130 1
Jari-jari atom (Kisi Au)	1,46 Å
Massa jenis (pada 273 K)	19,32 gram/cm <sup>3</sup>
Kelektronegatifan (skala Pauling)	2,54
Sifat Magnetik	Diamagnetik



## 2.2 Madu

### 2.2.1 Proses Terbentuknya Madu

Madu adalah cairan manis yang dihasilkan lebah dari bahan baku nektar bunga. Nektar adalah senyawa kompleks yang dihasilkan kelenjar tanaman dalam bentuk larutan gula. Perubahan nektar menjadi madu dimulai ketika lebah pekerja membawa nektar ke sarangnya. Nektar yang berhasil dibawa pulang dioper kepada lebah pekerja lainnya untuk dicampur dengan air liur dan dihilangkan airnya. Sesampainya di sarang, bahan tadi diserahkan kepada lebah pekerja yang bertugas di dalam sarang. Setelah dikunyah-kunyah selama 20 menit, sambil menambahkan amilase dan invertase, kemudian diproses menjadi madu (Sarwono, 2001).

Madu yang sudah terbentuk selanjutnya disimpan dalam sel-sel sarang lebah dan sebagian kadar airnya diuapkan lagi melalui kipasan sayap sebelum pintu sel sarang ditutup. Kadar air diturunkan sampai di dalam bilik penyimpanan. Lebah menghasilkan 1 kg madu dengan mengumpulkan 120.000-150.000 tetes nektar atau 3-4 kg nektar dengan menempuh jarak 360.000-450.000. Pengobatan dengan madu telah dikenal orang Mesir kuno sejak 2.600 SM. Madu digunakan sebagai salep antiseptik untuk mengobati luka oleh bangsa Yunani, Romawi, Assyiria dan Cina kuno. Bangsa Jerman pun memakainya ketika Perang Dunia II (Sarwono, 2001).

### 2.2.2 Jenis-jenis Madu

Berdasarkan asal nektarnya, madu dibedakan atas tiga golongan, yaitu madu flora, madu ektraflora dan madu embun. Madu flora adalah madu yang dihasilkan dari nektar bunga yang berasal dari satu jenis bunga disebut monoflora, sedangkan madu ektraflora adalah madu yang berasal dari aneka ragam bunga disebut madu poliflora. Madu monoflora digunakan sebagai pakan tambahan atau untuk penambah tenaga, sedangkan madu



poliflora sangat baik untuk mengatasi kelelahan, kepanasan, kedinginan, terkena luka bakar, mengalami luka sayat dan terkena luka busuk. Madu poliflora mengandung enzim asam amino bebas yang jumlahnya lebih banyak dibandingkan dengan madu monoflora. Adapun madu embun ialah madu yang dibuat dari cairan yang dihasilkan oleh serangga yang terdapat di pohon-pohon (Suranto, 2001).

### 2.2.3 Kandungan Senyawa pada Madu

Makhluk hidup senantiasa mengalami reaksi metabolisme di dalam tubuhnya. Reaksi metabolisme tersebut akan menghasilkan senyawa yang diklasifikasikan sebagai metabolit sekunder dan metabolit primer. Metabolit sekunder diproduksi oleh organisme untuk mempertahankan hidupnya dan berkompetisi dengan spesies lainnya. Sedangkan metabolit primer adalah senyawa esensial dan penting bagi pertumbuhan dan kehidupan makhluk hidup seperti protein, karbohidrat, asam lemak, hormon dan enzim. Senyawa metabolit yang diproduksi organisme hidup inilah yang dinamakan bahan alam (Saifudin, 2014).

Pada madu, sebagian besar kandungan senyawa metabolit primernya terdiri dari karbohidrat. Berdasarkan pada Tabel 2, dapat diamati bahwa senyawa karbohidrat merupakan senyawa yang tertinggi kandungannya pada madu yang mencapai 82,4 gram/100 gram. Pada karbohidrat tersebut mayoritas terdiri dari kandungan gula seperti fruktosa, glukosa, maltosa dan sukrosa. Selain itu pada madu juga mengandung berbagai macam vitamin, mineral, enzim dan senyawa

yang ditunjukkan data pada Tabel 2.



**Tabel 2.** Komposisi kimia madu per 100 gram (Suranto, 2004)

<b>Komposisi</b>	<b>Jumlah</b>
Energi	328 kal
Kadar air	17,2 g
Protein	0,5 g
Karbohidrat	82,4 g
Abu	0,2 g
Tembaga	4,4 – 9,2 g
Fosfor	1,9 – 6,3 g
Besi	0,06 – 1,5 g
Mangan	0,02 – 0,4 g
Magnesium	1,2- 3,5 g
Thiamin	0,1 mg
Riboflavin	0,02 mg
Niasin	0,02 mg
Lemak	0,1 g
pH	3,9
Asam total	43,1 mg

## 2.2.4 Kajian Kandungan Senyawa Utama Madu

### 2.2.4.1 Glukosa

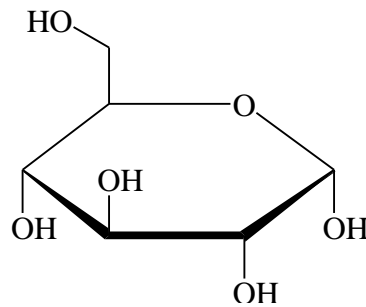
Glukosa adalah prekursor untuk sintesis bermacam-macam gula lain yang dibutuhkan untuk pembentukan senyawa khusus, misalnya laktosa, antigen permukaan sel, nukleotida atau glikosaminoglikan. Glukosa juga merupakan prekursor pokok bagi senyawa nonkarbohidrat. Glukosa dapat diubah menjadi lemak (termasuk asam lemak, kolesterol dan hormone steroid), asam amino dan

deat. Dalam tubuh manusia, hanya senyawa-senyawa yang disintesis dari asam amino esensial dan asam lemak esensial yang tidak dapat disintesis





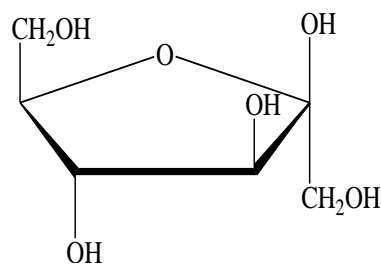
dari glukosa (Marcks dkk., 1996). Glukosa memiliki gugus aldehida dengan rumus  $C_6H_{12}O_6$  yang dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Struktur senyawa Glukosa (Samono, 2006).

#### 2.2.4.2 Fruktosa

Fruktosa merupakan gula monosakarida yang memberikan rasa manis pada makanan alami seperti buah-buahan, madu, sayuran dan biji-bijian. Fruktosa terdiri dari 6 atom karbon (heksosa) yang mengandung gugus karbonil seperti keton (Abdullah dan Rusli, 2015). Fruktosa terdiri atas 6 atom karbon (heksosa) yang merupakan isomer glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) dan mengandung gugus karbonil seperti keton dengan struktur yang dapat dilihat pada Gambar 2.



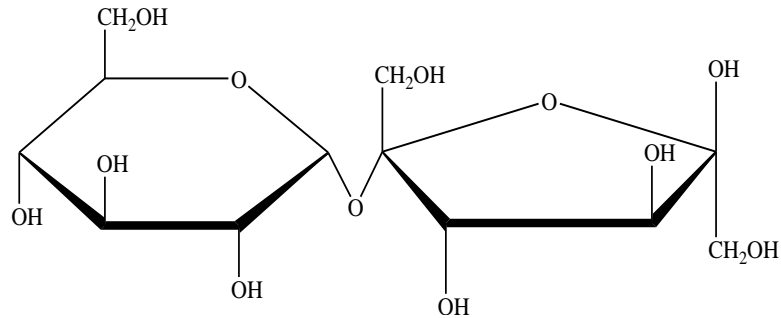
**Gambar 2.** Struktur Fruktosa (Samono, 2006)

#### 2.2.4.3 Sukrosa

Sukrosa atau gula pasir adalah senyawa disakarida yang paling penting. Lebih dari 100 juta ton diproduksi setiap tahun di dunia. Sukrosa terjadi pada tumbuhan fotosintetik, yang berfungsi sebagai sumber energi. Sukrosa diproduksi secara komersial dari batang tebu dan bit gula, yang kadarnya 14 – 20%



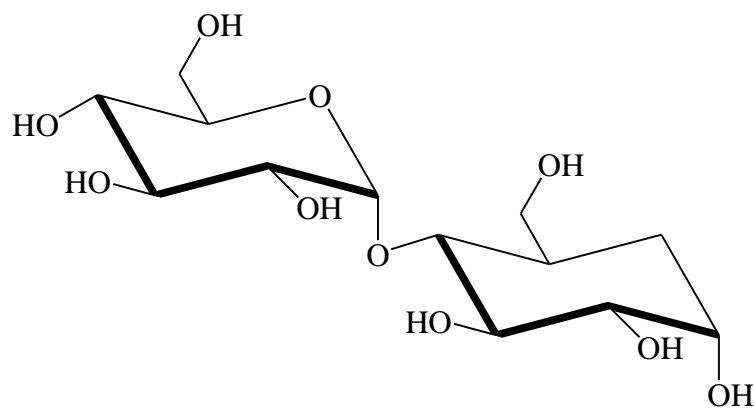
dari cairan tumbuhan tersebut. Sukrosa dibentuk dari monomer-monomer yang berupa unit glukosa dan fruktosa, dengan rumus molekul  $C_{12}H_{22}O_{11}$  dengan struktur yang dapat diamati pada Gambar 3 dibawah ini (Hart dkk., 2013).



**Gambar 3.** Struktur Senyawa Sukrosa (Samono, 2006)

#### 2.2.4.4 Maltosa

Maltosa adalah disakarida yang diperoleh lewat hidrolisis parsial dari pati. Bila pati dihidrolisis dengan enzim amilase, sekitar 80 % maltosa akan terbentuk. Sama dengan laktosa, maltosa bersifat pereduksi dan menghasilkan dua molekul glukosa bila dihidrolisis oleh enzim. Senyawa ini merupakan gula disakarida yang terbentuk dari dua unit glukosa (Bilan, 2006). Dalam industri, maltosa digunakan sebagai pemanis untuk minuman ringan, permen, makanan bayi dan campuran kopi. Struktur senyawa glukosa dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Struktur Senyawa Maltosa (Samono, 2006)



### 2.3 Nanopartikel

Kata nanopartikel berasal dari bahasa Yunani yaitu “nanos” yang berarti kerdil atau kecil. Nanopartikel merupakan suatu partikel yang memiliki dimensi dua atau lebih dengan ukuran 1-100 nm (Alanazi dkk., 2010). Penelitian di bidang nanopartikel ini menjadi topik yang sangat populer karena manfaatnya yang sangat luas dalam kehidupan manusia seperti di bidang lingkungan, biomedis, kesehatan, pertanian dan pangan serta energi (Kavitha dkk., 2013). Aplikasi nanoteknologi dalam berbagai bidang ditunjukkan dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Aplikasi nanoteknologi dalam berbagai bidang (Pangi dkk., 2003).

Bidang Ilmu	Aplikasi
Tekstil	Obat, alat kesehatan, Terapi kanker, biomarker, antimikroba pengantar obat, antibakteri
Kimia dan Kosmetik	Bahan dan senyawa kimia, cat, dan pelapis yang berukuran nano
Lingkungan	Penyaring pemurnian air dan udara, katalis lingkungan dan penanganan air limbah
Militer dan Energi	Biosensor, senjata, peningkatan sensorik, katalis zat bahan bakar
Elektronik	Kepingan semikonduktor, penyimpanan memori, fotonika, optoelektronik, sensor gas, laser quantum, sensor dengan sensitivitas yang tinggi dan sensor kimia
Industri	Katalis bahan kimia, cat, pigmen nano, bahan penghantar listrik



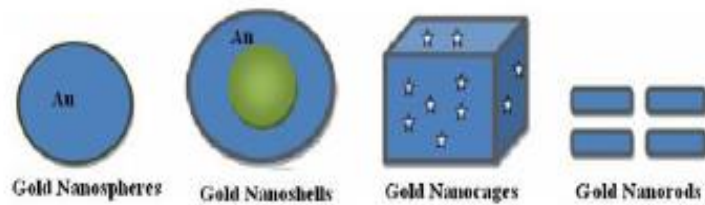
Perilaku material yang berukuran nanometer sangat berbeda dibanding dengan perilaku material yang berukuran lebih besar (*bulk*). Perbedaan yang sangat signifikan terjadi pada sifat fisika, kimia dan sifat biologinya. Material yang berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material yang berukuran lebih besar (*bulk*) karena semakin kecil ukuran suatu material, maka luas permukaannya akan semakin besar sehingga material dalam ukuran nanometer mempunyai jarak antaratom yang sangat kecil yang akan memudahkan terjadinya reaksi (Amiruddin, 2013).

Berdasarkan bahan utama atau penyusunnya, nanopartikel diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu nanopartikel organik dan nanopartikel anorganik. Nanopartikel organik terdiri dari karbon, sedangkan nanopartikel anorganik diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu nanopartikel magnetik yang terdiri atas besi, kedua ialah nanopartikel logam mulia seperti platinum, perak dan emas. Ketiga ialah nanopartikel semikonduktor yang terdiri dari titanium oksida atau zink oksida. Adapun nanopartikel lainnya ialah nanopartikel polimer, silika dan biomolekul (Asmatunisha dan Kathiresan, 2013; Nagarajan, 2008).

## 2.4 Nanopartikel emas

Nanopartikel logam yang banyak dikembangkan berasal dari logam mulia seperti emas, perak, dan platina. Nanopartikel emas telah banyak diteliti karena mudah dalam proses sintesis dan fungsionalisasi, biokompatibilitas (toksisitas rendah), sifat optik dan elektroniknya mudah diatur, seperti pada (Khan dkk., 2014), menunjukkan berbagai bentuk nanopartikel emas yang memiliki ukuran berbeda-beda seperti tetrahedral, *nanotriangles*, nanoprisma, heksagonal dan nanorods (Khan dkk., 2014).





**Gambar 5.** Jenis dan bentuk nanopartikel emas (Khan dkk., 2013).

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 (Sing dkk., 2012).

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



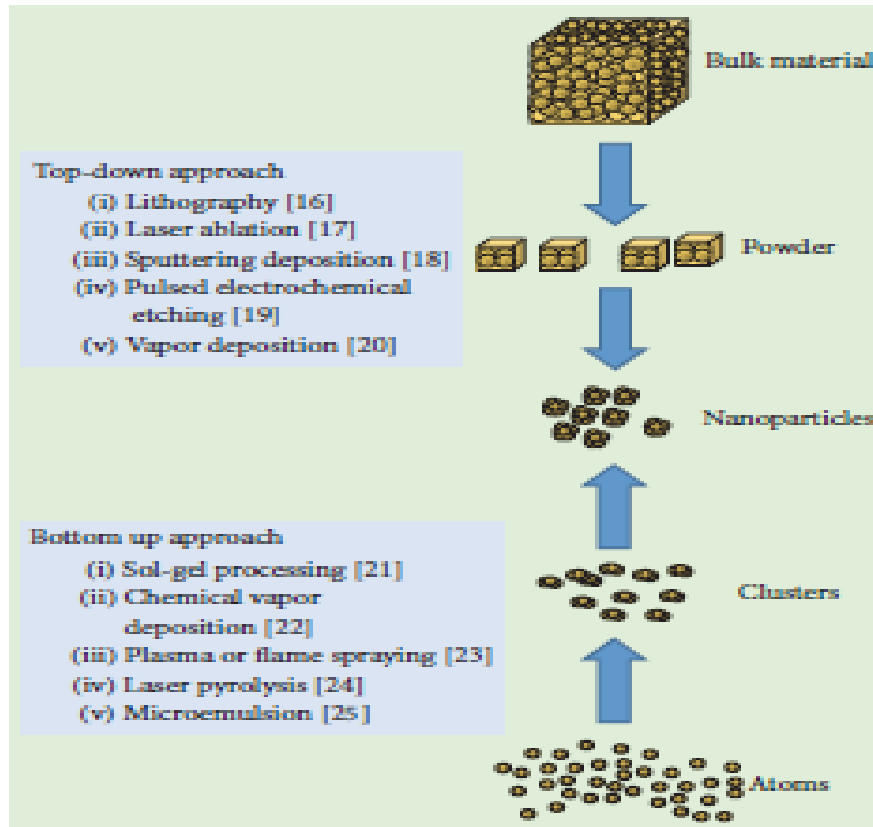
Permukaan nanopartikel emas dapat digunakan untuk oksidasi selektif dalam kasus-kasus tertentu permukaan dapat mengurangi reaksi (nitrogen).

## 2.5 Sintesis Nanopartikel Logam

Hal penting yang perlu diperhatikan dalam melakukan sintesis nanopartikel adalah preparasi material. Preparasi material nanopartikel merupakan tahap awal untuk pengembangan teknologi berskala nano. (Gambar 6) menunjukkan secara umum, preparasi material nanopartikel dilakukan melalui proses sintesis metode *bottom up* dan metode *top down*. Metode *bottom up* yang menggunakan metode homogenisasi sehingga atom, molekul dan partikel kecil akan bergabung. Contohnya adalah proses sol-gel, mikroemulsi, pirolisis laser dan lainnya. Sedangkan metode *top down* merupakan metode mekanik dengan cara menghancurkan material menjadi partikel-partikel yang berukuran nano. Contohnya adalah litografi, ablasi laser dan lainnya. Namun beberapa metode tersebut memiliki beberapa kekurangan yaitu menggunakan energi yang besar, cenderung mahal, dan menggunakan banyak bahan kimia yang membahayakan makhluk hidup dan lingkungan.

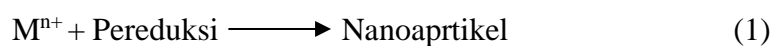
Sintesis nanopartikel dengan konsep “*green chemistry*” sangat penting dikembangkan untuk memproduksi nanopartikel yang ramah lingkungan dan tidak banyak menggunakan bahan kimia (Balasooriya dkk., 2017). Keat dkk., (2015) mengemukakan bahwa terdapat lima metode sintesis nanopartikel yang menggunakan konsep *green chemistry* yaitu metode polisakarida, metode Tollens, irradiasi, metode biologis, metode polyoksometalats yang ditunjukkan seperti pada Gambar 6.





**Gambar 6.** Diagram Skema penggunaan metode kimia dan fisika dalam sintesis nanopartikel (Balasooriya dkk., 2017)

Menurut Asmathunisha dan Kathiresan (2013), ekstrak organisme diketahui mengandung senyawa metabolit yang mampu mereduksi logam dalam proses sintesis nanopartikel. Senyawa-senyawa metabolit seperti terpenoid, fenolik, amida, alkaloid, protein memiliki gugus-gugus penarik elektron yang mampu menyebabkan bebasnya elektron dari logam sehingga logam mengalami reduksi yang ditunjukkan seperti pada persamaan



Berdasarkan pada ( persamaan 1) diatas,  $M^{n+}$  adalah ion logam seperti Au, Pt, Ag, Co, Fe dan logam-logam lain yang direduksi oleh oleh senyawa



## 2.6 Kajian sintesis nanopartikel menggunakan reduktor madu

### 2.6.1 Nanopartikel emas menggunakan reduktor madu

Phillip (2009), melakukan sintesis nanopartikel emas dengan madu untuk mereduksi logam emas dalam larutan  $\text{HAuCl}_4$  yang menghasilkan nanopartikel yang berukuran 15 nm yang kemudian dikarakterisasi dengan XRD dan TEM. Madu memiliki kandungan senyawa fruktosa dan vitamin C yang dapat berperan sebagai agen pereduksi dalam sintesis nanopartikel emas. Selain itu, mungkin dikarenakan terdapatnya sukrosa dan protein/enzim yang berperan sebagai pereduksi. Sedangkan protein berperan sebagai agen pengstabil.

Sreelakshmi dkk., (2011), berhasil melakukan sintesis nanopartikel emas menggunakan madu asal India sebagai reduktor dengan ukuran nanopartikel yang diperoleh ialah 9,9 nm kemudian nanopartikel dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis, TEM, XRD dan EDX. Nanopartikel emas dengan reduktor madu ini memiliki nilai konsentrasi hambat minimum terbesar terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 700699 dan *Candida albicans* yaitu 250  $\mu\text{g/mL}$ . Nilai konsentrasi hambat minimum terkecil ialah terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* MTCC 1144 yaitu 31,25  $\mu\text{g/mL}$ .

Choudary dan Jangir (2016), juga melakukan sintesis nanopartikel menggunakan madu Hanuka 20+ UMF yang dipancarkan sinar matahari dan menghasilkan nanopartikel emas yang dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis, FTIR dan SEM. Pada pengukuran dengan Spektrofotometer UV-Vis

panjang gelombang nanopartikel emas ialah 534 nm dengan ukuran partikel 11,5 nm. Hasil pengukuran dengan FTIR diperoleh serapan kuat pada bilangan gelombang 3447  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus N-H





dari amina primer. Bilangan gelombang  $1329\text{ cm}^{-1}$  dan  $1009\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-N dan C-O-C *stretching*. Pada bilangan gelombang  $673\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi dari N-H pada protein.

## 2.6.2 Nanopartikel Perak menggunakan reduktor madu

El-Bisi dkk., (2013), melakukan sintesis nanopartikel perak dengan madu tanpa penambahan agen pereduksi lain. Sintesis nanopartikel ini dilakukan dengan kondisi pH 8-11 menggunakan NaOH pada suhu yang berbeda tiap menit. Karakterisasi nanopartikel perak dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis dan TEM. Pada analisis dengan TEM di peroleh panjang gelombang 14-15 nm. Sedangkan pada spektro UV-Vis diperoleh panjang gelombang 405 nm pada nanopartikel perak.

Haiza dkk., (2013), melakukan sintesis nanopartikel perak dengan madu lokal asal Tualang, Malaysia untuk mereduksi logam perak pada larutan  $\text{AgNO}_3$  dengan variasi pH 6,5; 7; 7,5 dan 8 dengan NaOH yang stabil selama 5 bulan tanpa penambahan agen pengstabil. Nanopartikel yang diperoleh, dikarakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Vis dengan hasil serapan pada masing-masing larutan dengan variasi pH tersebut yaitu 490 nm, 482 nm, 430 nm dan 424 nm. Analisis dengan FTIR diperoleh gugus amida I dan II dari protein dengan serapan  $1660\text{ cm}^{-1}$  dan  $1535\text{ cm}^{-1}$ . Pada serapan  $1647\text{ cm}^{-1}$  dan  $1576\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan C-O dan N-H. Ikatan lemah pada  $1079\text{ cm}^{-1}$  dari C-O-C yang berikatan dengan ikatan vibrasi C-O-H dari protein pada madu. Pada analisis dengan SEM diperoleh partikelnya pada pH 7,5 partikelnya sebesar 14,52 nm dan pH 8 sebesar 11,16 nm

konsentrasi madu yang sama sebanyak 30 gram. Maka diperoleh hasil dengan SEM ialah 18,98-26,05 nm untuk 10 gram madu dan 18,86 nm untuk 40 gram madu. Semakin tinggi konsentrasi madu, maka



ukuran nanopartikel akan semakin kecil sehingga berdasarkan data tersebut diperoleh kesimpulan bahwa konsentrasi madu mempengaruhi ukuran nanopartikel perak.

Obot dkk., (2013), menyintesis nanopartikel perak dengan madu pada larutan  $\text{AgNO}_3$  dengan memberikan pancaran sinar matahari hingga terbentuk larutan yang berwarna coklat kekuningan yang dikarakterisasi dengan UV-Vis dan diperoleh serapan pada panjang gelombang 450 nm.

El-Desouky dan Ammar (2016), melakukan sintesis nanopartikel perak dengan madu asal Mesir pada larutan  $\text{AgNO}_3$  dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40 dan 50 mM pada suhu  $30\text{ }^\circ\text{C}$  selama 72 jam hingga larutan berubah warna menjadi coklat kekuningan. Nanopartikel yang telah disintesis tersebut dikarakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Vis, DLS, FTIR dan TEM. Hasil analisis dengan spektrofotometer UV-Vis ialah diperoleh serapan pada panjang gelombang 425 nm dan 450 nm dari larutan 40 mM  $\text{AgNO}_3$  dan konsentrasi madu 10% yang menunjukkan terbentuknya nanopartikel. Hasil analisis TEM menunjukkan terbentuknya nanopartikel perak dengan diperolehnya ukuran partikel ialah 9-22 nm dan hasil analisis DLS ialah 9,99 nm. Nanopartikel yang telah diperoleh dapat diaplikasikan untuk menurunkan pertumbuhan jamur *A. parasiticus* dan *A. ochareus* dan dapat menghambat dengan baik produksi AFs dan OTA.

Choudary dan Jangir (2016), melakukan sintesis nanopartikel perak dengan reduktor madu Manuka asal India dan larutan  $\text{AgNO}_3$  yang diberikan pancaran sinar

dan dibiarkan hingga terbentuk larutan nanopartikel perak yang berwarna kekuningan. Nanopartikel perak yang diperoleh tersebut dikarakterisasi spektrofotometer UV-Vis, FTIR dan SEM. Adapun hasil analisis



spektrofotometer UV-Vis tersebut diperoleh serapan pada panjang gelombang 413 nm. Hasil analisis FTIR menunjukkan adanya serapan pada panjang gelombang  $1627\text{ cm}^{-1}$  dan  $1546\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya *stretching* vibrasi dari gugus C-O dan gugus N-H adanya gugus amida yang berhubungan dengan protein. Nanopartikel perak berikatan dengan protein melalui ion karboksilat bebas atau gugus amina dari residu asam amino. Serapan pada  $1045\text{ cm}^{-1}$  karena adanya ikatan simetrik C-O-C dan ikatan vibrasi C-O-H dari protein pada madu Manuka. Nanopartikel perak dilaporkan dapat menghambat bakteri *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Gonzalez dkk., (2016), melakukan sintesis nanopartikel perak dari madu asal Argentina dengan larutan  $\text{AgNO}_3$  dengan kondisi pH 5 dan 10 menggunakan larutan NaOH yang kemudian dicampur membentuk larutan berwarna kuning pucat lalu dibiarkan selama satu menit. Setelah itu disentrifugasi pada kecepatan 12.000 rpm selama 1 jam hingga menjadi warna kuning coklat yang mengindikasikan terbentuknya nanopartikel perak. Hasil karakterisasi dengan spektroskopi menunjukkan serapan pada panjang gelombang 411 nm. Hasil analisis TEM diperoleh hasil ukuran nanopartikel rata-rata ialah  $18,4 \pm 0,9\text{ nm}$  dan  $12,3 \pm 0,6\text{ nm}$  masing-masing untuk larutan nanopartikel pH 5 dan pH 10.

Hosny dkk., (2017), melakukan sintesis nanopartikel perak menggunakan madu asal Mesir dan larutan  $\text{AgNO}_3$  dengan variasi pH 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5 dan 10 menggunakan larutan NaOH. Selanjutnya dilakukan variasi penambahan madu sebanyak 10, 20, 30, 40 dan 50 gram. Nanopartikel perak yang

kuning. Selain itu dilakukan variasi penyinaran sinar gamma dengan masing-masing 1,5, 10, 15, 20, 25 dan 30 kGy. Maka diperoleh data bahwa nanopartikel dengan pemberian sinar gamma lebih besar dibandingkan dengan



variasi pH. Hasil analisis dengan TEM diperoleh bahwa pada larutan 30 g madu dengan pancaran sinar gamma 5 kGy tidak terjadi aglomerasi dan terdispersi bulat dengan baik. Pada analisis dengan DLS diperoleh ukuran nanopartikel yang terbaik ialah pada madu 30 gram/5kGy dengan ukuran partikel 2,69-1,10 nm dengan ukuran partikel yang dominan ialah 4,187 nm. Sedangkan pada pH 10 diperoleh rata-rata ukuran nanopartikel 7,5-21 nm dengan ukuran partikel dominan 11,7 nm. Pada nanopartikel ini dilakukan pengujian antibakteri dengan diperolehnya nilai konsentrasi hambat minimum rata-rata 1,6875-3,375 µg/ml dan 1,6875-6,25 µg/ml.

### **2.6.3 Nanopartikel Karbon menggunakan reduktor madu**

Wu dkk., (2013), melakukan sintesis nanopartikel karbon menggunakan madu yang dicampur dengan polietilenglikol yang dibersihkan dengan argon dan dipanaskan dalam oven *microwave* selama 30 menit dengan daya 1200 W hingga terbentuk nanopartikel palladium yang berwarna kuning coklat kehitaman dan disentrifugasi dalam air untuk dimurnikan yang dikarakterisasi dengan Zeta potensial, spektroskopi raman, NMR, SEM, FTIR, TEM dan AFM.

### **2.6.4 Nanopartikel Platina menggunakan reduktor madu**

Venu dkk., (2011), melakukan sintesis nanopartikel platinum dengan madu asal Korea Selatan dengan logam platinum dari larutan  $H_2PtCl_6$  yang dimasukkan dalam 5 botol berbeda yang telah disegel dan dipanaskan dalam oven dengan suhu 100 °C yang diamati saat 2, 4, 10, 15 dan 20 jam. Hasil analisis

tometer UV-Vis diperoleh serapan pada panjang gelombang dari  $H_2PtCl_6$  ialah 257 dan 241 nm. Sedangkan hasil analisis TEM menunjukkan nanopartikel platinum memiliki ukuran partikel 1,1-3,4 nm dan rata-ratanya ialah



2,2 nm. Hasil analisis FTIR ialah adanya serapan pada panjang gelombang 3424  $\text{cm}^{-1}$  dan 2925  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi regangan vibrasi dari amina primer dan sekunder pada serapan 1324 dan 1087  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus C-O dan C-N. Secara keseluruhan membuktikan bahwa adanya protein pada nanopartikel platina.

### 2.6.5 Nanopartikel paladium menggunakan reduktor madu

Reddy dkk., (2012), melakukan sintesis nanopartikel Palladium. Hasil karakterisasi dari nanopartikel palladium dengan spektrofotometer UV-Vis menghasilkan reduksi ion logam palladium yang sempurna karena tidak munculnya serapan pada panjang gelombang 223 dan 280 nm yang merupakan panjang gelombang senyawa prekursoranya. Selain itu juga diperoleh data bahwa disakarida (maltosa dan sukrosa) lebih efektif untuk mereduksi ion logam palladium. Hasil analisis XRD menunjukkan struktur *face centered- cubic* dengan nilai indeks (111), (200), (220), (311) dan (211) yang menunjukkan adanya sinyal kuat pada logam palladium. Hasil analisis TEM menunjukkan rata-rata ukuran nanopartikel ialah 5-40 nm.

### 2.7 Analisis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas

Karakterisasi nanopartikel dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat dan struktur dari suatu materi yang terbentuk. Nanopartikel logam umumnya memiliki karakteristik yang unik, seperti spektrum absorbansinya yang spesifik untuk jenis nanopartikel logam tertentu. Karakteristik nanopartikel dapat dilakukan dengan macam peralatan, antara lain spektrofotometer UV-Vis, FTIR, X-Ray Diffraction), PSA (*Particle Size Analyser*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan TEM (*Tranmission Electron Microscopy*).



### 2.7.1 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk melihat pembentukan dan kestabilan agregasi nanopartikel emas dengan mengamati data absorbansi dan panjang gelombang maksimum yang diukur. Nanopartikel emas memiliki absorbansi kuat pada panjang gelombang antara 500-600 nm (Lembang, 2014). Nanopartikel emas yang terbentuk menghasilkan warna tertentu. Warna yang dihasilkan oleh nanopartikel emas juga disebabkan fenomena *Surface Plasmon Resonance* (SPR). SPR adalah gelombang elektromagnetik pada interfase dari suatu logam dengan ukuran nano yang permukaannya dianggap planar. Fenomena ini merupakan gabungan osilasi elektron bermuatan yang tereksitasi oleh cahaya pada nanopartikel logam. Osilasi elektron ini bergantung pada ukuran nanopartikel dan berbanding terbalik dengan energi eksitasi (Sari dan Abraha, 2012).

Pada spektrofotometer UV-Vis, jika energi eksitasi besar maka akan berbanding terbalik dengan panjang gelombang serapannya, sesuai dengan persamaan Max Planck (Atkins, 1997):

$$E = hv = hc/\lambda \quad (1)$$

Keterangan:

- E = Energi (J)
- h = Tetapan Planck (J.s)
- c = Kecepatan cahaya (m)
- $\lambda$  = Panjang gelombang (m)
- v = Frekuensi (Hz atau  $s^{-1}$ )



### 2.7.2 X-Ray Diffraction

Analisis difraksi sinar-X (XRD) menggunakan prinsip emisi sinar X yang dihasilkan oleh tumbukan elektron dan atom Cr, Fe, Co, Cu, Mo, atau W. Analisis XRD dapat memberikan informasi mengenai struktur sampel seperti parameter kisi, orientasi, dan sistem kristal. Analisis XRD juga berguna untuk mengidentifikasi fase sampel semi kuantitatif, dengan menghitung fraksi volume suatu sampel dan perbandingan fraksi area kristalin terhadap fraksi total area. Data yang diperoleh dari analisis XRD berupa grafik hubungan sudut difraksi sinar X pada sampel dengan intensitas sinar yang dipantulkan oleh bahan (Poole dan Owens, 2003; Sidqi, 2011).

Ukuran rata-rata nanopartikel dapat diperkirakan berdasarkan pelebaran puncak difraksi sinar-X dengan persamaan *Debye-Scherrer*:

$$D = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2)$$

Keterangan :

- D : Ukuran Kristal (Å)
- $\lambda$  : Panjang gelombang X-Ray (1,54056 Å)
- $\beta$  : FWHM (*full width at half maximum*) (°)
- $\theta$  : Sudut difraksi (°)
- K : Konstanta bentuk kristal (0,9)

### 2.7.3 Scanning Electron Microscopy dan Transmission Electron Microscopy

SEM adalah suatu mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menunjukkan profil permukaan benda. *Scanning Electron Microscopy*

digunakan dalam pengamatan morfologi dan penentuan ukuran partikel. Metode ini merupakan cara yang efisien dalam memperoleh gambar dan sampel. Cara kerja mikroskop ini adalah dengan memancarkan sinar



elektron pada sampel yang menyebabkan emisi elektron sekunder dari sampel yang kemudian dikoleksi dan dideteksi oleh detektor sehingga diperoleh gambaran permukaan sampel (Poole dan Owens 2003; Sidqi, 2011). Sedangkan TEM adalah alat yang dapat digunakan untuk mengetahui komposisi stuktur dalam sampel dengan analisis sifat tumbukan, pantulan maupun fase sinar elektron yang menembus lapisan tipis sampel.

#### **2.7.4 Particle Size Analysis (PSA)**

PSA merupakan alat yang digunakan untuk menentukan ukuran partikel, dimana partikel didispersikan ke dalam media cair. Ukuran partikel yang didapatkan berupa tiga distribusi yaitu intensitas, nomor dan volume distribusi sehingga dapat diasumsikan menggambarkan keseluruhan kondisi sampel (Nikmatin dkk., 2011). Prinsip kerja dari alat PSA adalah *dynamic light scattering* (DLS), yaitu suatu metode pengukuran yang memanfaatkan prinsip penghamburan cahaya (Horiba, 2016).

#### **2.7.5 Fourier Transform Infra Red (FTIR)**

Analisis spektroskopi bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang berperan dalam proses reduksi logam pada sintesis nanopartikel. Berdasarkan analisis gugus fungsi, maka dapat diketahui kelompok senyawa metabolit yang berperan sebagai pengreduksi logam dalam sintesis nanopartikel. Metode analisis dengan FTIR didasarkan pada ikatan antar dua atom yang bervariasi dengan frekuensi yang khas dan mampu menyerap sinar inframerah pada frekuensi tertentu. Sinar inframerah yang diserap akan menaikkan amplitudo gerakan vibrasi ikatan

molekul dan sinar inframerah yang tidak diserap akan diteruskan dan menuju detektor yang kemudian direalisasikan dalam bentuk data

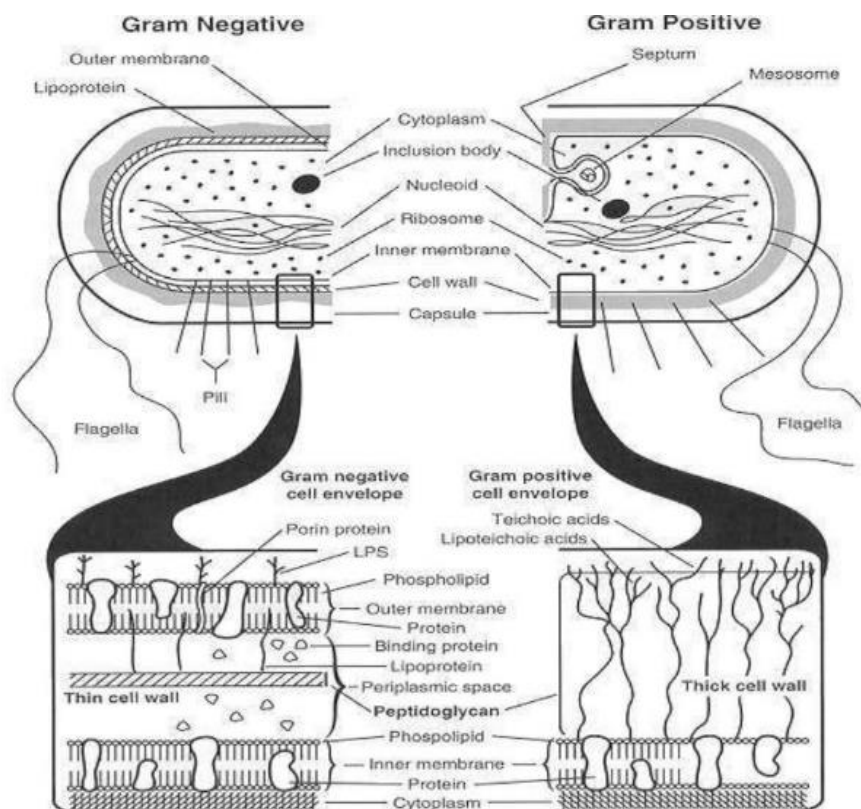




spektrum yang kemudian dapat diketahui ikatan apa saja yang dihasilkan sampel dan yang mengalami reaksi redoks (Sastrohamidjojo, 2013).

## 2.8 Aplikasi Nanopartikel Emas Sebagai Antibakteri

Pesatnya pertumbuhan nanoteknologi telah memberikan banyak jenis bahan untuk aplikasi biomedis, termasuk di bidang antimikroba (Cui dkk., 2012). Nanopartikel emas dapat diaplikasikan sebagai antibakteri. Hal ini dikarenakan nanopartikel emas tidak beracun dan fleksibilitas dalam modifikasi permukaan (Cui dkk., 2012). Gambar 7 menunjukkan bakteri gram positif dan bakteri gram negatif yang diklasifikasikan berdasarkan perbedaan dinding selnya.



**Gambar 7.** Perbandingan dinding sel bakteri gram positif dan gram negatif (Lestari dan Hartati, 2011)



## 2.9 Bakteri Uji

### 2.9.1 *Escherichia coli*

*Escherichia coli* merupakan salah satu bakteri gram negatif yang bersifat anaerob fakultatif yang ditunjukkan pada (Gambar 8) berbentuk batang pendek yang memiliki panjang sekitar 2  $\mu\text{m}$ , diameter 0,7  $\mu\text{m}$  dan lebar 0,4-0,7  $\mu\text{m}$ . Bakteri ini tidak membentuk spora, tumbuh baik dalam medium yang sederhana, dan stabil (Salle, 1987). *Escherichia coli* mempunyai kontribusi pada fungsi normal usus dan nutrisi tetapi dapat menjadi patogen bila mencapai jaringan di luar jaringan intestinal. Diare akut disebabkan oleh *E. coli* yang ditularkan melalui kegiatan tangan ke mulut atau melalui pemindahan pasif didalam makanan atau minuman (Suriawiria, 1996; Maulid, 2016).



**Gambar 8.** Pengamatan Bakteri *Escherichia coli* dengan mikroskop elektron (Kunkel,2004)

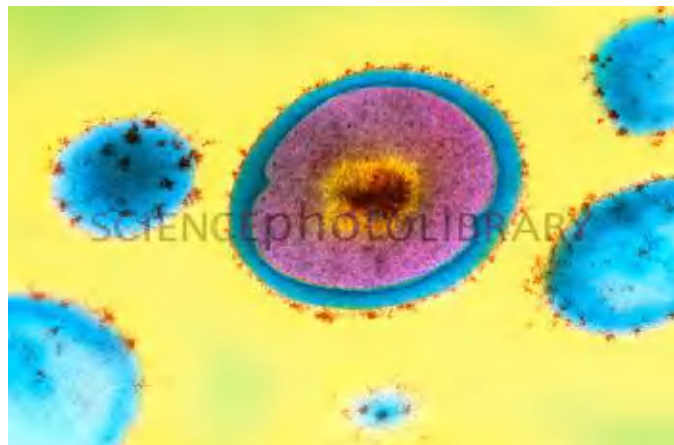
### 2.9.2 *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* merupakan bakteri gram positif berbentuk bulat diameter 0,7-1,2  $\mu\text{m}$ , tersusun dalam kelompok-kelompok yang tidak seperti buah anggur, fakultatif anaerob, tidak membentuk spora dan tidak yang ditunjukkan seperti pada (Gambar 9). Bakteri ini tumbuh pada suhu



antara 7-48 °C (optimum 37 °C) dan pH 4,0-9,3 (pH optimum 7,0-7,5) (Arisman, 2008).

Penyakit yang disebabkan oleh bakteri ini ialah osteomielitis, artritis, endokarditis dan abses pada otak, paru-paru, ginjal serta kelenjar mammae. Selain itu, *Staphylococcus aureus* dikenal sebagai bakteri yang paling sering mengkontaminasi luka pasca bedah sehingga menimbulkan komplikasi. Bila terjadi bakteriemia, infeksi dapat bermetastasis ke berbagai organ (Deleo dkk., 2009).



**Gambar 9.** Pengamatan Bakteri *Staphylococcus aureus* (Kunkel, 2004)

