

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL EMAS
EKSTRAK LAMTORO (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit)
DENGAN PROSES BIOSINTESIS RAMAH LINGKUNGAN**

SKRIPSI



Oleh :

MUHAMMAD RIZAL SYIFAUDDIN

13613022

**PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2017**

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL EMAS
EKSTRAK LAMTORO (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit)
DENGAN PROSES BIOSINTESIS RAMAH LINGKUNGAN**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Farmasi (S.Farm)

Program Studi Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta



Oleh :

MUHAMMAD RIZAL SYIFAUDDIN

13613022

**PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2017

SKRIPSI

PREPARASI DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL EMAS EKSTRAK LAMTORO (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) DENGAN PROSES BIOSINTESIS RAMAH LINGKUNGAN

Yang diajukan oleh :

MUHAMMAD RIZAL SYIFAUDDIN

13613022



Telah disetujui oleh :

Pembimbing utama

Dra. Suparmi, M.Si., Apt

Pembimbing Pendamping

Bambang Herawan Nugroho, M.Sc., Apt

SKRIPSI

PREPARASI DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL EMAS EKSTRAK LAMTORO (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) DENGAN PROSES BIOSINTESIS RAMAH LINGKUNGAN

Oleh:

MUHAMMAD RIZAL SYIFAUDDIN

13613022

Telah lolos uji etik penelitian
dan dipertahankan di hadapan Panitia Penguji Skripsi
Program Studi Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Tanggal: 27 September 2017

Ketua Penguji : Dra. Suparmi, M.Si., Apt

Anggota Penguji : 1. Bambang Hernawan Nugroho, M.Sc., Apt (

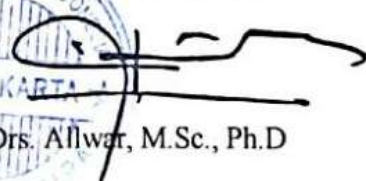
2. Hady Anshory, M.Sc., Apt

3. Dr. Is Fatimah, M.Si.

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia


Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan diterbitkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 27 September 2017

Penulis.



Muhammad Rizal Syifauddin

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Sesungguhnya bersama kesulitan pasti ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan) tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmu hendaklah kamu berharap”
(Q.S Al-Insyirah:6-8)

Alhamdulillah Rabbil ‘Alamin
Puji syukur atas segala rahmat dan hidayah Allah SWT atas segala anugerah-Nya sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
Karya tulis sederhana ini penulis persembahkan untuk :

Kedua orang tua, Bapak Mudasir dan Ibu Sarinten, adik-adiku, dan segenap keluarga yang tiada hentinya berdo’a, memberikan dukungan, motivasi, nasehat, serta kasih sayang yang senantiasa diberikan sampai saat ini.

Sahabat-sahabatku, Teman-teman Farmasi Angkatan 2013, Teman-teman Farmasi A 2013, Teman-teman lintas angkatan.
Terimakasih atas kebersamaan kurang lebih 4 tahun ini,
Semoga silaturrahim tetap terus terjaga,
Semoga kita semua menjadi sarjana yang Rahmatan Lil Alamin,
Semoga kita sukses kedepannya,
Terimakasih atas segala hal,
Sangat mengesankan.

Almamaterku Universitas Islam Indonesia

“Niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat, dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan”
(Q.S. Mujaadilah [58]:11).

하나님의 은혜가 당신과 함께하시길 바랍니다

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'allamin Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat, hidayah dan karunia yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**PREPARASI DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL EMAS EKSTRAK LAMTORO (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) DENGAN PROSES BIOSINTESIS RAMAH LINGKUNGAN**”. Penulisan skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Farmasi pada Program Studi Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa, banyak pihak yang memberikan bantuan dan masukan. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Suparmi, M.Si., Apt selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Bambang Hernawan Nugroho, M.Sc., Apt selaku dosen pembimbing pendamping yang telah bersedia untuk membimbing, mengarahkan, mendukung, memberikan masukan dan memberikan kemudahan kepada penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Hady Anshory, M.Sc., Apt dan Ibu Dr. Is Fatimah, M.Si selaku dosen penguji atas arahan dan saran yang membangun untuk perbaikan penyusunan skripsi ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Pinus Jumaryatno, S.Si., M.Phil., Ph.D., Apt. selaku Ketua Program Studi Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

5. Dosen pengajar Program Studi Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan begitu banyak bekal ilmu kepada penulis.
6. Bapak Hartanto dan Bapak Angga (Laboran Teknologi Sediaan Farmasi UII) yang telah banyak membantu selama melaksanakan penelitian.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu terselesaikannya penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kemajuan dan kesempurnaan penulisan di masa yang akan datang. Akhirnya penulis mohon maaf dengan ketulusan hati seandainya dalam penulisan skripsi ini terdapat kekhilafan dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi masyarakat pada umumnya serta perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan pada khususnya.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 27 September 2017
Penulis,

Muhammad Rizal Syifauddin

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II STUDI PUSTAKA.....	4
2.1. Tinjauan Pustaka.....	4
2.1.1. Nanopartikel Emas.....	4
2.1.2. Lamtoro (<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit).....	5
2.1.3. Biosintesis Nanopartikel Emas.....	6
2.1.4. Asam Kloroaurat (HAuCl ₄).....	7
2.1.5. Karakterisasi Nanopartikel Emas.....	8
2.1.5.1. Perubahan Warna Nanopartikel Emas.....	8
2.1.5.2. Waktu Pembentukan Nanopartikel Emas.....	8
2.1.5.3. Ukuran Partikel Nanopartikel Emas.....	8
2.1.5.4. Morfologi Nanopartikel Emas.....	9
2.1.5.5. Gugus Fungsi Nanopartikel Emas.....	9

2.2. Landasan Teori.....	10
2.3. Hipotesis.....	10
BAB III METODE PENELITIAN.....	11
3.1. Bahan dan Alat.....	11
3.1.1. Bahan.....	11
3.1.2. Alat.....	11
3.2. Skema Penelitian.....	11
3.3. Cara Penelitian.....	13
3.3.1. Determinasi Tanaman.....	13
3.3.2. Pembuatan Ekstrak Lamtoro 5%.....	13
3.3.3. Pembuatan Larutan Asam Kloroaurat 1 mM.....	13
3.3.4. Pembuatan Nanopartikel Emas.....	13
3.3.5. Karakterisasi Nanopartikel Emas.....	13
3.3.5.1. Observasi Perubahan Warna Nanopartikel Emas.....	13
3.3.5.2. Observasi Waktu Pembentukan Nanopartikel Emas.....	13
3.3.5.3. Observasi Ukuran Partikel Nanopartikel Emas.....	15
3.3.5.4. Observasi Gugus Fungsi Nanopartikel Emas.....	15
3.3.5.5. Observasi Morfologi Nanopartikel Emas (SEM-EDS).....	15
3.3.5.6. Observasi Morfologi Nanopartikel Emas (TEM).....	15
BAB IV PEMBAHASAN.....	16
4.1. Identifikasi Tumbuhan.....	16
4.2. Perubahan Warna Nanopartikel Emas.....	16
4.3. Waktu Pembentukan Nanopartikel Emas.....	18
4.4. Ukuran Partikel Nanopartikel Emas.....	19
4.5. Gugus Fungsi Nanopartikel Emas.....	20
4.6. Morfologi Nanopartikel Emas.....	21
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	22
5.1. Kesimpulan.....	22
5.2. Saran.....	22
DAFTAR PUSTAKA.....	23
LAMPIRAN.....	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.....	5
Gambar 2.2	Metode pembentukan nanopartikel.....	6
Gambar 2.3	Mekanisme Biosintesis Nanopartikel Emas.....	7
Gambar 3.1	Skema Kerja Penelitian.....	12
Gambar 4.1	Visual Warna pada Jam ke 0 sampai Jam ke 1.....	16
Gambar 4.2	Visual Warna pada Jam ke 3 sampai Jam ke 6.....	17
Gambar 4.3	Visual Warna pada Jam ke 24.....	17
Gambar 4.4	Hasil Spektrofotometri pada Jam ke 0.....	18
Gambar 4.5	Hasil Spektrofotometri pada Jam ke 24.....	19
Gambar 4.6	Morfologi Nanopartikel Emas.....	21

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Formulasi Nanopartikel Emas.....	14
Tabel 4.1.	Hasil data ukuran partikel dan nilai PI.....	20
Tabel 4.2.	Pembacaan Spektrum FTIR.....	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Hasil Determinasi Tumbuhan.....	26
Lampiran 2.	Pembacaan Panjang Gelombang Serapan UV-Vis.....	27
Lampiran 3.	Pembacaan Particle Size Analyzer pada Formula 8 (Replika 1).....	29
Lampiran 4.	Pembacaan Particle Size Analyzer pada Formula 8 (Replikasi 2).....	30
Lampiran 5.	Pembacaan Particle Size Analyzer pada Formula 8 (Replikasi 3).....	31

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL EMAS
EKSTRAK LAMTORO (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) DENGAN
PROSES BIOSINTESIS RAMAH LINGKUNGAN**

Muhammad Rizal Syifauddin

Program Studi Farmasi

INTISARI

Teknologi nanopartikel saat ini telah banyak menarik perhatian karena dapat menjadi tren baru dalam pengembangan produk-produk didalam bidang pengobatan. Nanopartikel emas merupakan salah satu yang paling banyak diteliti karena mudah disintesis, toksisitas rendah, memiliki karakteristik spektral yang unik dan sifat optik yang mudah diatur. Dalam dunia kesehatan, nanopartikel emas dapat dimanfaatkan sebagai terapi kanker, sistem penghantaran obat, dan antimikroba. Metode yang dapat digunakan dalam proses pembentukan nanopartikel emas salah satunya dengan biosintesis. Pada penelitian ini dilakukan preparasi dan karakterisasi nanopartikel emas dengan ekstrak lamtoro dengan proses biosintesis ramah lingkungan. Lamtoro mengandung senyawa yaitu flavonoid. Karakterisasi nanopartikel emas meliputi observasi perubahan warna yang dilakukan secara visual, waktu pembentukan nanopartikel emas dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, pembacaan ukuran partikel dengan menggunakan PSA, pengujian morfologi nanopartikel emas dilakukan dengan menggunakan SEM dan TEM, sedangkan pembacaan gugus fungsi nanopartikel emas dilakukan dengan menggunakan FTIR. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi 200µl HAuCl₄ terjadi perubahan warna kuning menjadi merah muda, memiliki panjang gelombang 531 nm, memiliki ukuran partikel 51 nm, memiliki bentuk morfologi bulat.

Kata Kunci : Ekstrak Lamtoro, Nanopartikel Emas, Biosintesis

**PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF GOLD NANOPARTICLES
LAMTORO EXTRACT (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) WITH ECO-
FRIENDLY BIOSYNTHESIS PROCESS**

Muhammad Rizal Syifauddin

Departement Of Pharmacy

ABSTRACT

Nanoparticle technology has attracted a lot of attention as it can be a new trend in the development of products in the field of medicine. Gold nanoparticles are one of the most widely studied because they are easily synthesized, biocompatible, have unique properties, small size and high surface area-to-volume ratio. In the world of health, gold nanoparticles can be used as cancer therapy, drug delivery systems, and antimicrobials. This research employed the extract of lamtoro for biosynthesis. The chemical reduction has been extensively used for the preparation of nanoparticles because these methods are easy and cheap and can be used to prepare large quantities of nanoparticles. Lamtoro is a plant that has been traditionally used to treat diabetes by Indonesians. Lamtoro contains compounds such as flavonoids, coumarins, terpenes and sterols. The purpose of this study, to determine how the preparation and characterization of gold nanoparticles from lamtoro extract with eco-friendly biosynthesis process. Then the formulations were characterized for visual, wavelength value with the UV-Vis spectrophotometer, the particle size which determined by particle size analyzer, the morphology of nanogold conducted by TEM and SEM testing, while the profile of the gold nanoparticles can be determined by using FTIR. The result of this research that is at concentration 200 µl HAuCl₄ effective to produce nanogold, the solution colour changes from yellow to purple, has a wavelength of 531 nm, the particle size obtained was 51 nm, the morphology has a spherical nanoparticle shape.

Keywords : Lamtoro Extract, Gold Nanoparticles, Biosynthesis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Teknologi nanopartikel saat ini telah menjadi tren baru dalam pengembangan produk-produk dibidang pengobatan. Nanoteknologi merupakan desain, produksi dan aplikasi bahan pada skala atom, molekul dan makromolekul. Skala ukuran dalam teknologi nanopartikel berkisar 1 nm – 100 nm⁽¹⁾. Partikel yang berukuran nano memiliki kemampuan dapat meningkatkan sistem penghantaran obat dan memiliki keunggulan bila dibandingkan dengan obat yang dirancang dengan sistem konvensional⁽²⁾. Tujuan utama dalam merancang nanopartikel sebagai sistem pengiriman obat adalah untuk mengontrol ukuran partikel sehingga pelepasan obat dapat mencapai sel target secara spesifik⁽³⁾. Nanopartikel ini berpotensi dalam berbagai aplikasi seperti pemberian obat, pengobatan kanker, terapi gen, analisis DNA, dan agen antibakteri⁽⁴⁾.

Nanopartikel dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu nanopartikel organik yang meliputi nanopartikel karbon dan nanopartikel anorganik yang meliputi nanopartikel magnetik, nanopartikel logam mulia, dan nanopartikel semi-konduktor⁽⁵⁾. Saat ini, nanopartikel logam mulia seperti emas banyak diminati dan dikembangkan oleh para peneliti. Selain itu nanopartikel logam dapat digunakan dalam berbagai aplikasi di bidang ilmu dan teknologi seperti biomedis^(6,7). Nanopartikel emas merupakan salah satu yang paling banyak diteliti karena mudah disintesis, toksisitas rendah, memiliki karakteristik spektral yang unik dan sifat optik yang mudah diatur^(8,9).

Nanopartikel logam dapat dibuat dengan beberapa macam metode, seperti metode fisika dan metode kimia. Namun metode tersebut dapat menimbulkan berbagai masalah, seperti menggunakan bahan kimia yang beracun, memiliki risiko terhadap tubuh, mengeluarkan limbah yang berbahaya, dan menggunakan energi yang tinggi⁽¹⁰⁾. Oleh karena itu penggunaan metode biologi atau biosintesis dapat dilakukan dalam sintesis nanopartikel emas karena cara tersebut memiliki keuntungan seperti prosesnya yang sederhana, waktu pembentukannya yang cepat,

tidak toksik dan ramah lingkungan. Biosintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa agen biologis seperti mikroorganisme, bakteri, jamur dan tanaman⁽¹¹⁾. Biosintesis nanopartikel emas dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai agen pereduksi memiliki kelemahan seperti pemeliharaan kultur yang sulit dan waktu sintesis yang lama. Penggunaan ekstrak tumbuhan sebagai bioreduktor menjadi alternatif dalam sintesis nanopartikel emas⁽¹²⁾.

Lamtoro merupakan salah satu tanaman yang dapat ditemui di daerah tropis seperti di Indonesia. Lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) telah digunakan secara tradisional untuk mengobati diabetes. Berdasarkan penelitian terdahulu diketahui bahwa lamtoro memiliki aktifitas farmakologi seperti antikanker, antiproliferasi, dan antidiabetik⁽¹³⁾. Lamtoro mengandung senyawa seperti flavonoid, terpen, kumarin, dan sterol⁽¹⁴⁾. Kandungan senyawa pada tanaman memiliki peran sebagai agen pereduksi dan stabilisator dalam sintesis nanopartikel emas⁽²⁾.

Pada penelitian ini dilakukan preparasi nanopartikel emas dengan ekstrak lamtoro. Nanopartikel emas dibentuk menggunakan ekstrak lamtoro 5% sebagai agen pereduksi dan agen stabilisator. Untuk mengetahui kualitas dari nanopartikel emas, perlu dilakukan adanya karakterisasi secara menyeluruh. Karakterisasi diperlukan untuk memahami permasalahan yang terjadi selama preparasi. Karakterisasi nanopartikel emas meliputi perubahan warna secara visual, waktu pembentukan nanopartikel emas dilakukan dengan melihat perubahan panjang gelombang maksimum menggunakan spektrofotometer UV-Vis, ukuran partikel dapat diketahui dengan menggunakan *particle size analyzer* (PSA), gugus fungsi nanopartikel emas dapat diketahui dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), dan morfologi nanopartikel emas dapat diketahui dengan menggunakan *scanning electron microscope energy dispersive* (SEM-EDS) dan *transmission electron microscopy* (TEM).

1.2. Rumusan Masalah

- 1.2.1. Bagaimana formula terbaik yang digunakan untuk preparasi nanopartikel emas ekstrak lamtoro 5% dengan menggunakan proses biosintesis?
- 1.2.2. Bagaimana karakteristik nanopartikel emas ekstrak lamtoro yang dihasilkan dengan proses biosintesis ramah lingkungan ?

1.3. Tujuan Penelitian

- 1.3.1. Mengetahui formula terbaik untuk preparasi nanopartikel emas ekstrak lamtoro 5% dengan menggunakan proses sintesis ramah lingkungan.
- 1.3.2. Mengetahui karakteristik nanopartikel emas ekstrak lamtoro yang dihasilkan dengan proses biosintesis ramah lingkungan.

1.4. Manfaat Penelitian

- 1.4.1. Bagi perusahaan farmasi khususnya di bidang industri, penelitian ini diharapkan dapat dijadikan inovasi baru dalam pengembangan sediaan berupa formulasi sediaan nanopartikel emas ekstrak lamtoro.
- 1.4.2. Bagi masyarakat khususnya di bidang kesehatan, penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan mengenai preparasi dan karakteristik nanopartikel emas yang dihasilkan dengan proses biosintesis ramah lingkungan.
- 1.4.3. Bagi mahasiswa khususnya di bidang teknologi, penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan penelitian mengenai studi nanopartikel emas dengan menggunakan proses biosintesis ramah lingkungan.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Nanopartikel Emas

Nanopartikel merupakan suatu kajian ilmu dan rekayasa material dalam skala nanometer atau skala per seribu mikron⁽¹⁾. Ukuran nanopartikel sangat penting untuk pengiriman obat yang efisien. Umumnya, 10 nm - 100 nm dianggap sebagai ukuran optimal untuk pembawa obat nanopartikel⁽¹⁵⁾. Sifat materi yang berukuran nanometer sangat berbeda dibanding dengan sifat pada ukuran yang lebih besar. Perbedaan yang terjadi memberikan manfaat yang sangat besar karena material nano lebih unggul dan dapat diterapkan pada berbagai bidang seperti biologi dan farmasi⁽¹⁶⁾. Nanopartikel memiliki kelebihan yaitu dapat menembus ruang-ruang antar sel yang hanya dapat ditembus oleh ukuran partikel koloidal, kemampuan menembus dinding sel yang lebih tinggi, baik melalui difusi maupun opsonifikasi⁽¹⁷⁾. Saat ini pengembangan nanopartikel logam banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti katalitik, aplikasi biologi, dan biomedis⁽⁵⁾.

Nanopartikel dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu nanopartikel organik yang meliputi nanopartikel karbon dan nanopartikel anorganik yang meliputi nanopartikel magnetik, nanopartikel logam mulia, dan nanopartikel semi-konduktor. Beberapa nanopartikel logam mulia yang dapat digunakan yaitu emas, perak, platinum, titanium, aluminium dan tembaga⁽¹⁰⁾. Nanopartikel emas memiliki karakteristik yang unik dibandingkan dengan logam lainnya, diantaranya mudah saat disintesis dan difungsionalisasi^(8,9). Nanopartikel emas memiliki variasi bentuk seperti bulat, segitiga, kubus, bola, sub-oktahedral, oktahedral, decahedral, pintalan benang, bentuk tidak beraturan, tetrahedral, dan platelet heksagonal^(10,18).

Nanopartikel emas dapat digunakan dalam menghantarkan obat pada sel yang ditargetkan untuk diagnosis dan terapi. Hal tersebut karena nanopartikel emas berukuran sangat kecil, luas permukaan tinggi, dan tidak toksik⁽¹⁹⁾. Nanopartikel emas ini berpotensi dalam berbagai aplikasi seperti pengiriman obat, terapi kanker, pengiriman gen, biosensor, antibakteri, antitumor, dan bioassay^(4,10).

2.1.2. Lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit)

Berikut klasifikasi secara umum dari tumbuhan Lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit⁽²⁰⁾):

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Sub divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Fabales
Famili	: Fabaceae
Genus	: <i>Leucaena</i>
Species	: <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit

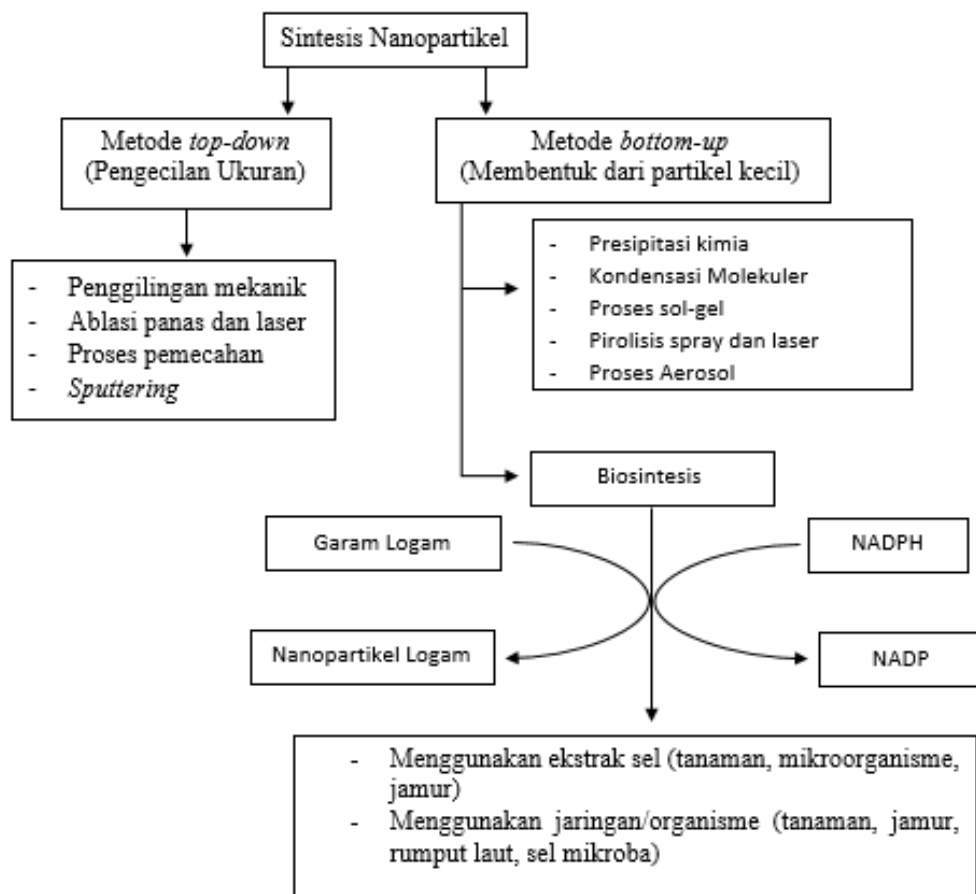


Gambar 2.1. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit⁽²¹⁾

Pemanfaatan tumbuhan dalam biosintesis nanopartikel berkaitan dengan kandungan senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktifitas antioksidan. Beberapa jenis tumbuhan tertentu mengandung senyawa kimia yang dapat berperan sebagai agen pereduksi. Lamtoro mengandung senyawa-senyawa seperti terpen, flavonoid, kumarin dan sterol⁽¹⁴⁾. Flavonoid merupakan senyawa metabolik sekunder dengan struktur fenolik, didasarkan pada kerangka lima belas karbon yang terdiri dari dua cincin benzena. Flavonoid yang terkandung dalam lamtoro adalah kuarsetin⁽²²⁾. Kuarsetin termasuk dalam golongan flavonol, yang merupakan aglikon dari glikosida rutin yang memiliki nama kimia 3,4-dihidroksiflavanol dengan rumus molekul $C_{15}H_{10}O_7$.

2.1.3. Biosintesis Nanopartikel Emas

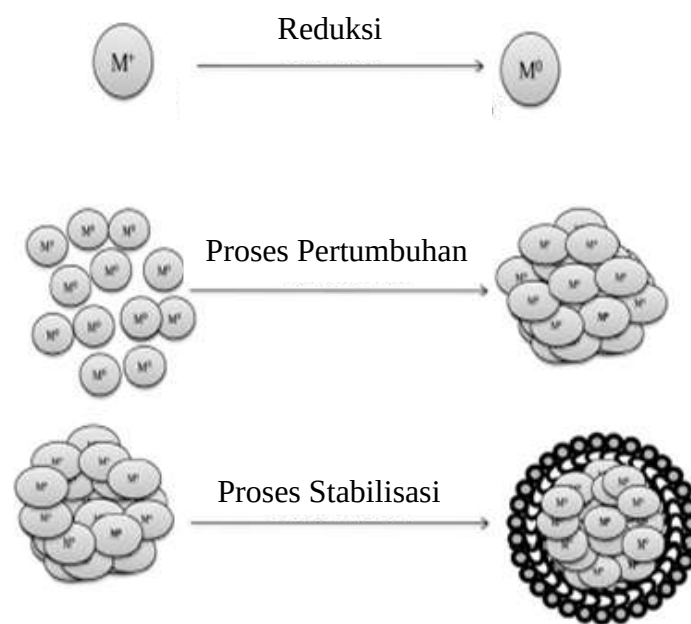
Metode dalam pembuatan nanopartikel terbagi menjadi dua, yaitu dengan memecah partikel berukuran besar menjadi partikel yang berukuran nanometer (*top-down*), dan penggabungan material berukuran skala kecil dan penggabungan material berukuran skala kecil, seperti *cluster* membentuk partikel berukuran nanometer yang dikehendaki (*bottom-up*) tanpa mengubah sifat bahannya⁽¹⁹⁾. Pembentukan nanopartikel emas dapat dilakukan dengan menggunakan proses biosintesis. Dalam metode biosintesis nanopartikel emas dapat menggunakan bagian tanaman yang berbeda (daun, buah, kulit kayu, batang, akar, dll)⁽¹⁰⁾.



Gambar 2.2. Metode pembentukan nanopartikel⁽²⁾

(Diadaptasi dari Mittal, 2013)

Pembentukan nanopartikel dengan proses biosintesis dilakukan dengan menggunakan bantuan agen biologis seperti mikroorganisme, jamur, dan ekstrak tanaman. Kandungan dari ekstrak tanaman yang memiliki peranan penting dalam sintesis nanopartikel emas adalah flavonoid, asam amino, fenol, terpenoid, dan polisakarida dapat berfungsi sebagai agen pereduksi dan stabilisator dalam biosintesis nanopartikel emas^(5,23). Mekanisme reaksi terbentuknya nanopartikel emas yaitu 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 kumpulan emas yang berukuran nano⁽¹⁶⁾.



Gambar 2.3. Mekanisme biosintesis nanopartikel emas⁽²⁾
(Diadaptasi dari Mittal, 2013)

2.1.4. Asam Kloroaurat (HAuCl_4)

Emas merupakan salah satu logam paling reaktif, emas bereaksi dengan aqua regia untuk menghasilkan asam kloroaurat⁽²⁴⁾. Asam kloroaurat merupakan suatu komponen inorganik yang diperoleh dari reduksi nanopartikel emas dengan rumus kimia HAuCl_4 ⁽²⁵⁾. Berat molekul HAuCl_4 anhidrat adalah 339.775 g/mol. Asam kloroaurat bersifat hidrofilik dan larut dalam air^(26,27).

2.1.5. Karakterisasi Nanopartikel Emas

2.1.5.1. Perubahan Warna Nanopartikel Emas

Perubahan warna yang terjadi selama sintesis menunjukkan pertumbuhan *cluster* yang dihasilkan semakin besar, dimana pada saat atom emas belum saling berinteraksi satu sama lain. Dalam jumlah tertentu kumpulan emas memberikan warna biru tua yang diikuti menjadi warna merah muda, saat kumpulan semakin besar dan saat memasuki ukuran nano berubah menjadi berwarna ungu⁽¹⁶⁾.

2.1.5.2. Waktu Pembentukan Nanopartikel Emas

Spektrofotometer UV-Vis merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengukur panjang gelombang dan intensitas sinar ultraviolet serta cahaya tampak yang diabsorpsi oleh sampel. Spektrofotometer UV-Vis dapat digunakan untuk aplikasi analisis kuantitatif karena relatif menghasilkan spektrum yang cukup baik dan tepat.

Berdasarkan cara kerjanya, spektrofotometer dibedakan menjadi dua, yaitu spektrofotometer sinar tunggal (*single beam*) dan spektrofotometer sinar ganda (*double beam*). Keduanya digunakan dalam penyerapan sinar cahaya pada daerah ultraviolet dan sinar tampak⁽²⁸⁾. Nanopartikel emas memiliki rentang pita serapan panjang gelombang yang kuat yaitu pada rentang 500-550 nm⁽²⁾.

2.1.5.3. Ukuran partikel Nanopartikel Emas

Perhitungan partikel umumnya menggunakan analisis gambar atau beberapa jenis penghitungan partikel. Pengukuran distribusi ukuran partikel dilakukan dengan menggunakan metode *dynamic light scattering* (DLS) pada alat *particle size analyzer* (PSA)⁽¹⁾. PSA menggunakan sinar tampak yang ditembakkan dan memanfaatkan prinsip penghamburan cahaya pada sudut yang sesuai dengan ukurannya. Ukuran partikel yang baik untuk nanopartikel emas berada pada rentang 1-100 nm⁽²⁹⁾. Distribusi ukuran partikel dapat diketahui melalui nilai polidispersitas indeks. Nilai polidispersitas indeks yang baik menunjukkan stabilitas jangka panjang yang baik. Nilai indeks polidispersitas yang baik adalah dibawah 0,7⁽³⁰⁾.

2.1.5.4. Morfologi Nanopartikel Emas

Karakterisasi bentuk dan permukaan (morfologi) dari nanopartikel dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa alat yaitu *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive* (SEM-EDS) dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM)⁽¹⁾. SEM dan TEM memiliki kesamaan dalam karakterisasi yaitu memiliki sumber elektron yang akan menembakkan elektron menuju sampel dan ruang vakum⁽³¹⁾.

Pada SEM, elektron yang ditembakkan hanya melewati permukaan sampel, sehingga seluruh permukaan sampel dapat teramati dengan baik. Pada TEM, elektron ditransmisikan hingga menembus sampel, sehingga membutuhkan energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan SEM. TEM digunakan untuk menentukan bentuk dan ukuran partikel yang sangat teliti karena memiliki resolusi yang tinggi serta untuk mengetahui keteraturan lapisan tipis pada permukaan partikel⁽³¹⁾. EDS digunakan untuk mengkonfirmasi kehadiran emas, dan elemen lain yang mungkin menjadi bagian dari nanopartikel⁽²⁹⁾. Nanopartikel emas memiliki variasi bentuk seperti bulat, segitiga, kubus, bola, sub-oktahedral, oktahedral, dekahedral, pintalan benang, bentuk tidak beraturan, tetrahedral, dan platelet heksagonal^(10,18).

2.1.5.5. Gugus Fungsi Nanopartikel Emas

Fourier Transform Infrared (FTIR) merupakan teknik analisis kimia, yang mengukur intensitas inframerah terhadap panjang gelombang (bilangan gelombang) dalam cahaya. Berdasarkan bilangan gelombang, cahaya inframerah dapat dikategorikan sebagai inframerah jauh ($4-400\text{ cm}^{-1}$), inframerah pertengahan ($400-4000\text{ cm}^{-1}$) dan inframerah dekat ($4000-14\ 000\text{ cm}^{-1}$)⁽³²⁾.

FTIR digunakan untuk mengkarakterisasi permukaan kimia nanopartikel emas, untuk mengetahui gugus fungsi dengan melihat spektrum IR⁽⁴⁾. FTIR dapat menunjukkan metabolit pada tumbuhan yang memiliki peran penting dalam pengurangan ion logam menjadi ukuran nanopartikel dan dalam mendukung stabilitasnya⁽³³⁾.

2.2. Landasan Teori

Nanoteknologi merupakan desain, produksi dan aplikasi bahan pada skala atom, molekul dan makromolekul yang berukuran (kurang dari 100 nm diameter)⁽¹⁾. Terdapat berbagai macam zat yang dapat ditambahkan untuk membantu proses pembentukan nanopartikel, salah satunya adalah penggunaan ion logam seperti emas. Nanopartikel emas dapat disintesis dengan beberapa macam metode, seperti metode fisika, metode kimia, dan metode biologi. Penggunaan metode biologi atau biosintesis memungkinkan dalam sintesis nanopartikel emas karena cara tersebut tidak toksik. Pada penelitian sebelumnya membuktikan bahwa pemanfaatan ekstrak pada tumbuhan sebagai bioreduktor menjadi alternatif dalam sintesis nanopartikel emas⁽¹²⁾. Pada penelitian lain menunjukkan bahwa ekstrak tanaman dapat berfungsi sebagai agen pereduksi dan stabilisator dalam biosintesis nanopartikel emas⁽²⁹⁾. Karakteristik yang terbentuk meliputi perubahan warna menjadi merah muda, memiliki panjang gelombang serapan pada rentang 500-550 nm⁽²⁾, memiliki ukuran partikel pada rentang 1-100 nm⁽²⁹⁾, dan morfologi yang terbentuk yaitu bulat, segitiga, kubus, bola, sub-oktahedral, oktahedral, decahedral, pentalan benang, bentuk tidak beraturan, tetrahedral, dan platelet heksagonal^(10,18).

2.3. Hipotesis

1. Nanopartikel emas dapat terbentuk dengan proses biosintesis menggunakan ekstrak lamtoro sebagai bioreduktornya dengan formula berupa campuran ekstrak sebanyak 1000 µl dan asam kloroaurat sebanyak 100 µl - 1000 µl.
2. Karakteristik nanopartikel emas ekstrak lamtoro 5 % yang dihasilkan meliputi perubahan warna menjadi merah muda, ukuran partikel 1-100 nm, panjang gelombang serapan pada rentang 500-550 nm, dan memiliki morfologi berbentuk seperti bulat, segitiga, batang, prisma, kubus.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Bahan dan Alat

3.1.1. Bahan

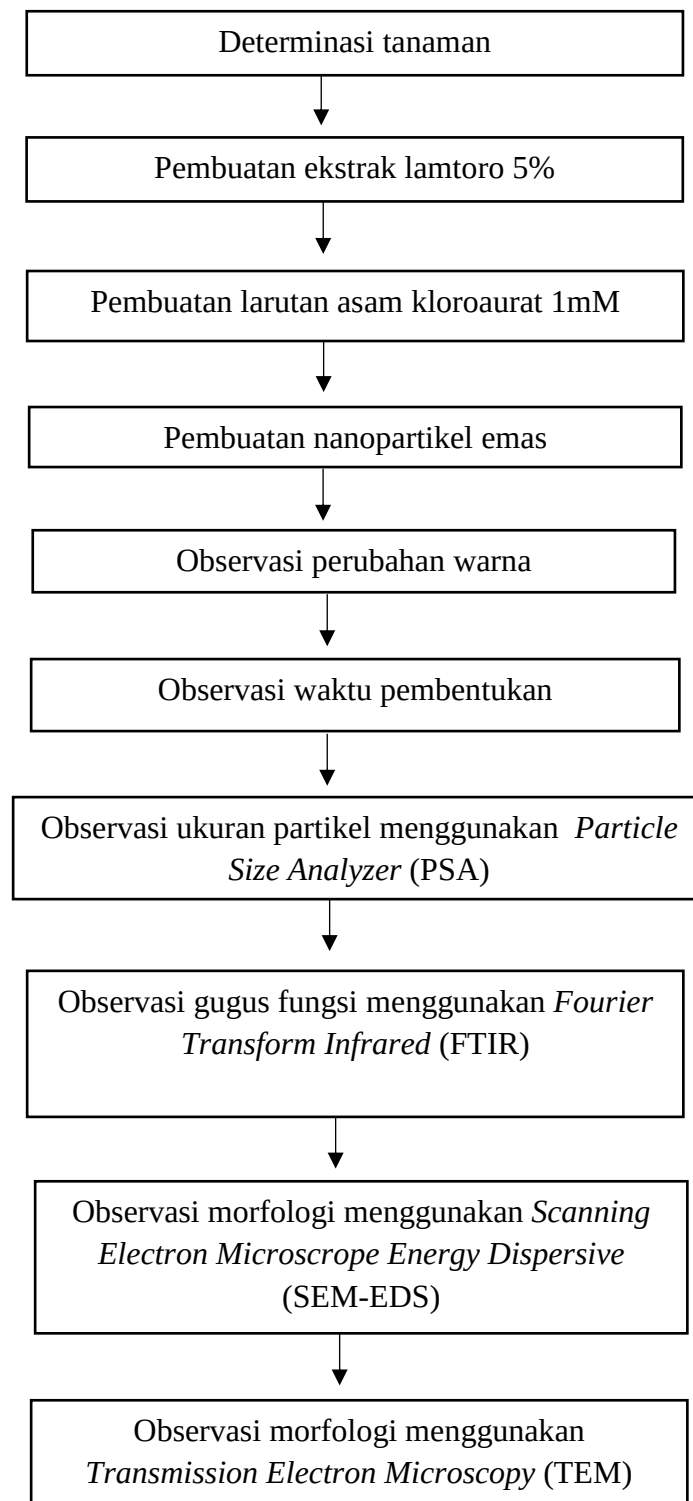
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *aqua pro injection*, asam kloroaurat (Sigma-aldrich), dan lamtoro.

3.1.2. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alumunium foil, batang pengaduk, bluetip, *fourier transform infrared* (FTIR), heater, kertas saring, mikropipet (*Thermoscientific FinnpiPETTE*), oven, *particle size analyzer* (Horiba Scientific, Nano Particle Analyzer SZ-100), pipet tetes, *scanning electron microscope energy dispersive* (PRO X), seperangkat alat gelas, spektrofotometer UV-Vis (Hitachi), timbangan analitik (Metler Toledo), *transmission electron microscopy* (JEOL JEM-1010), dan yellowtip

3.2. Skema Penelitian

Skema penelitian berikut berisi urutan penelitian mulai dari memperoleh lamtoro, determinasi tanaman, pembuatan ekstrak lamtoro 5%, pembuatan larutan asam kloroaurat 1mM, pembuatan nanopartikel emas, observasi perubahan warna nanopartikel emas, observasi waktu pembentukan nanopartikel emas menggunakan spektrofotometer UV-Vis, observasi ukuran partikel nanopartikel emas menggunakan *particle size analyzer* (PSA), observasi gugus fungsi nanopartikel emas menggunakan *fourier transform infrared* (FTIR), observasi morfologi nanopartikel emas menggunakan *scanning electron microscope energy dispersive* (SEM-EDS) dan *transmission electron microscopy* (TEM). Skema penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1**



Gambar 3.1. Skema Kerja Penelitian

3.3. Cara Penelitian

3.3.1. Determinasi Tanaman

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah lamtoro yang didapatkan di daerah Kaliurang Km 20, Kabupaten Sleman Yogyakarta, dilakukan determinasi di Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

3.3.2. Pembuatan Ekstrak Lamtoro 5%

Ditimbang 5 gram lamtoro yang sudah dikeringkan kemudian dibungkus dengan kertas saring. Lamtoro kering yang sudah terbungkus dengan kertas saring kemudian di maserasi menggunakan 100 ml *aqua pro injection* dengan suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$ selama 15 menit.

3.3.3. Pembuatan Larutan Asam Kloroaurat 1mM

Ditimbang 20 mg serbuk garam emas dimasukkan ke dalam gelas beker 100 ml kemudian dilarutkan dengan 2 ml *aqua pro injection* diatas heater, kemudian ditambahkan *aqua pro injection* hingga volume 60 ml dan dihomogenkan.

3.3.4. Pembuatan Nanopartikel Emas

Disiapkan 1000 ul ekstrak lamtoro 5% kemudian dimasukan dalam mikrotube. Diambil dengan pipet asam kloroaurat 1 mM dengan volume tertentu, kemudian dimasukan ke dalam mikrotube tersebut sesuai pada **Tabel 3.1**.

3.3.5. Karakterisasi Nanopartikel Emas

3.3.5.1. Observasi Perubahan Warna Nanopartikel Emas

Pengamatan perubahan warna secara visual dilakukan pada jam ke 0, 15 menit, 30 menit, jam ke 1, jam ke 3, jam ke 6 dan jam ke 24.

3.3.5.2. Observasi Waktu Pembentukan Nanopartikel Emas

Pengamatan panjang gelombang serapan nanopartikel emas diukur pada interval waktu yang berbeda yaitu pada jam ke 0 dan jam ke 24 dalam rentang panjang gelombang serapan antara 400 nm sampai 600 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Tabel 3.1 Formulasi Nanopartikel Emas

Formula	Ekstrak Lamtoro 5% (μ l)	Asam Kloroaurat 1mM (μ l)
F1	1000	25
F2	1000	50
F3	1000	75
F4	1000	100
F5	1000	125
F6	1000	150
F7	1000	175
F8	1000	200
F9	1000	225
F10	1000	250
F11	1000	275
F12	1000	300
F13	1000	325
F14	1000	350
F15	1000	375
F16	1000	400
F17	1000	425
F18	1000	450
F19	1000	475
F20	1000	500
F21	1000	525
F22	1000	550
F23	1000	575
F24	1000	600
F25	1000	625
F26	1000	650
F27	1000	675
F28	1000	700
F29	1000	725
F30	1000	750
F31	1000	775
F32	1000	800
F33	1000	825
F34	1000	850
F35	1000	875
F36	1000	900
F37	1000	925
F38	1000	950
F39	1000	975
F40	1000	1000

3.3.5.3. Pembacaan Ukuran Partikel menggunakan *Particle Size Analyzer (PSA)*

Pembacaan ukuran partikel dilakukan dengan menggunakan *particle size analyzer* (Horiba Scientific, Nanoparticle Analyzer SZ-100). Perhitungan ukuran partikel dilakukan untuk mengetahui perbedaan ukuran partikel berdasarkan variasi jumlah asam kloroaurat yang ditambahkan

3.3.5.4. Observasi Gugus Fungsi Nanopartikel Emas menggunakan *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Sampel diukur pada range spektral $200\text{-}2000\text{ cm}^{-1}$ dengan menggunakan *fourier transform infrared (FTIR)*. Sampel yang diukur adalah sampel asam kloroaurat 1mM, sampel ekstrak tunggal, sampel ekstrak dan asam kloroaurat 1mM yang sudah terjadi perubahan warna.

3.3.5.5. Observasi Morfologi Nanopartikel Emas menggunakan *Scanning Electron Microscope Energy Dispersive (SEM-EDS)*

Analisis dengan menggunakan *scanning electron microscope energy dispersive (SEM-EDS)* dilakukan dengan meneteskan sampel dengan jumlah yang kecil ke dalam carbon berlapis tembaga, kemudian lapisan tipis sampel dibiarkan sampai mengering.

3.3.5.6. Observasi Morfologi Nanopartikel Emas menggunakan *Transmission Electron Microscopy (TEM)*

Sampel diteteskan sebanyak 10 μl kedalam grid, kemudian didiamkan selama 1 menit. Volume residu pada *grid* diserap menggunakan kertas saring. *Uranyl acetate* sebanyak 10 μl diteteskan kedalam grid. Volume residu pada grid diserap kembali menggunakan kertas saring. *Grid* dikeringkan selama 30 menit dan selanjutnya diobservasi menggunakan *transmission electron microscopy (TEM)*.

BAB IV

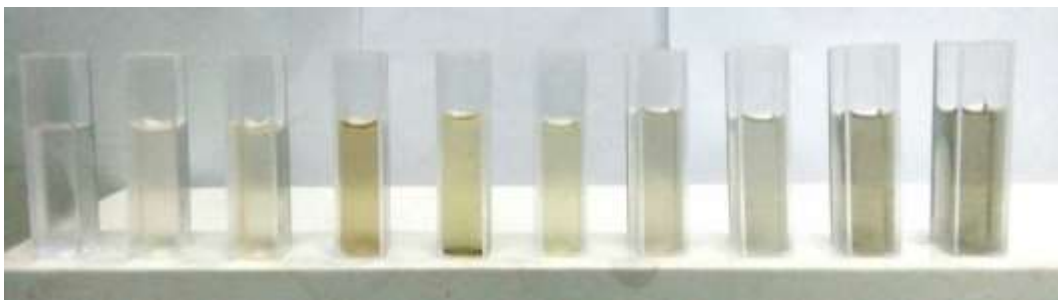
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Identifikasi Tumbuhan

Bahan baku lamtoro yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh di daerah Kaliurang Km 20, Kabupaten Sleman Yogyakarta. Lamtoro yang diperoleh diidentifikasi dengan tujuan untuk menjamin kebenaran jenis atau spesies tumbuhan tersebut. Proses identifikasi dilakukan di laboratorium Anatomi Tumbuhan Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa tumbuhan yang digunakan adalah sesuai yaitu lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) (**Lampiran 1**). Dengan demikian lamtoro yang digunakan dalam penelitian ini sudah tepat.

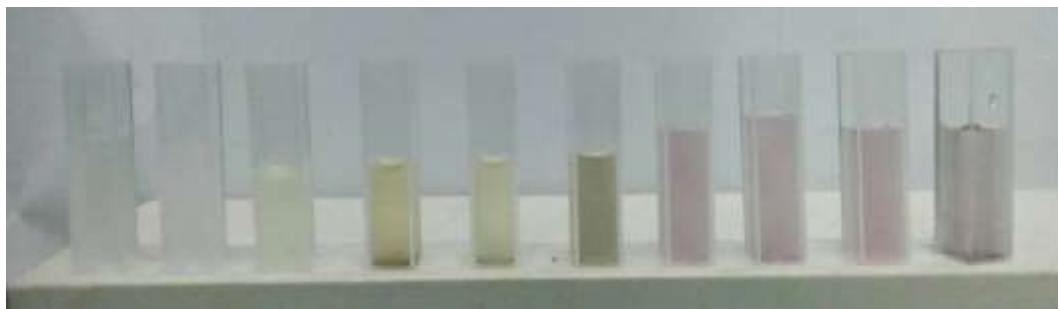
4.2. Perubahan Warna Nanopartikel Emas

Karakterisasi warna dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu kontak terhadap pembentukan nanopartikel emas. Terbentuknya nanopartikel ditandai dengan adanya perubahan warna dari larutan. Sampel yang sudah terbentuk menjadi nanopartikel emas akan mengalami perubahan warna dari larutan bening sampai menjadi merah muda hingga ungu.



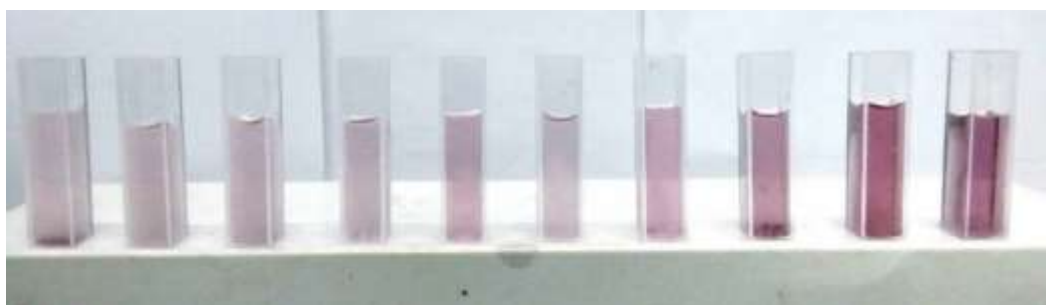
Gambar 4.1. Visual warna pada jam ke 0 sampai jam ke 1

Pada jam ke 0 sampai jam ke 1, formula 1 (25 μl HAuCl_4) sampai formula 8 (200 μl HAuCl_4) tidak mengalami perubahan warna. Namun pada formula 9 (225 μl HAuCl_4) sampai formula 24 (600 μl HAuCl_4) mengalami perubahan warna menjadi kuning. Pada formula 25 (625 μl HAuCl_4) sampai formula 40 (1000 μl HAuCl_4) mengalami perubahan warna menjadi abu kehitaman.



Gambar 4.2. Visual warna pada jam ke 3 sampai jam ke 6

Kemudian pada jam ke 3 dan 6, formula 1 (25 μl HAuCl_4) sampai formula 24 (600 μl HAuCl_4) tidak mengalami perubahan warna. Sedangkan pada formula 25 (625 μl HAuCl_4) sampai formula 40 (1000 μl HAuCl_4) mengalami perubahan warna menjadi merah muda.



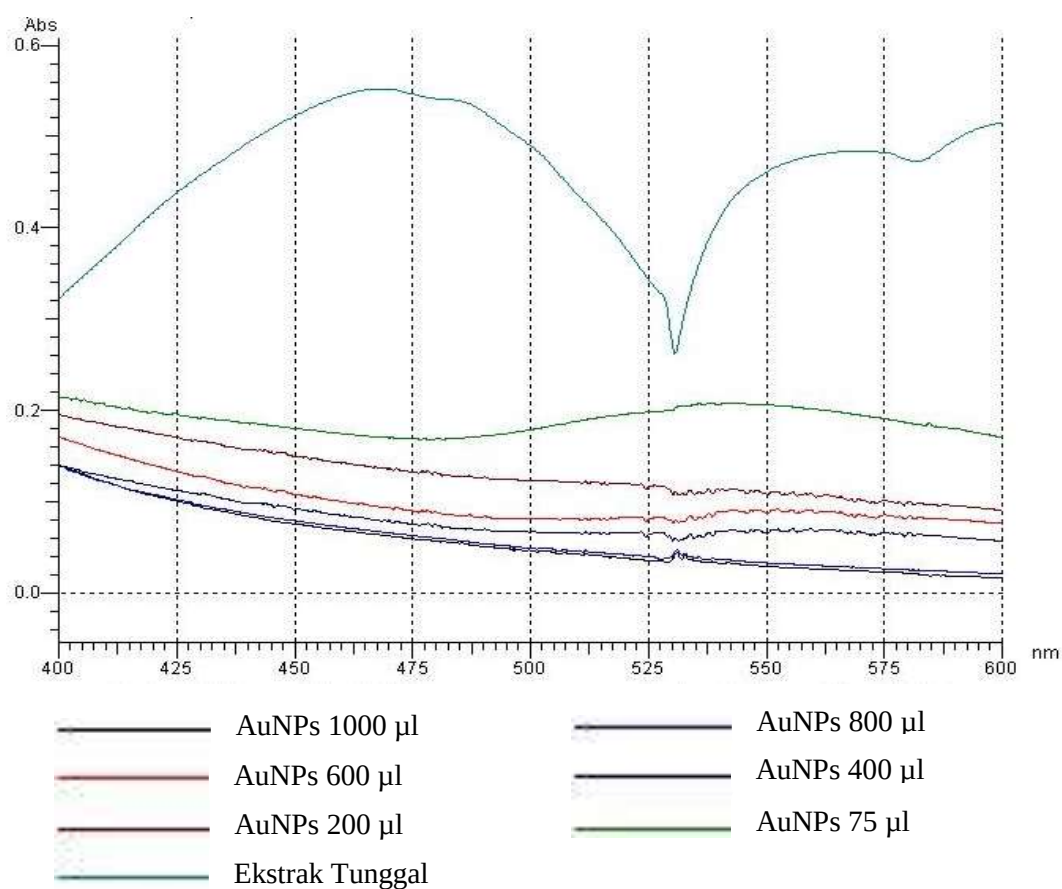
Gambar 4.3. Visual warna pada jam ke 24

Pada jam ke 24, formula 1 (25 μl HAuCl_4) sampai formula 3 (75 μl HAuCl_4) tidak mengalami perubahan warna. Kemudian pada formula 4 (100 μl HAuCl_4) sampai formula 35 (875 μl HAuCl_4) mengalami perubahan warna menjadi merah muda. Sedangkan pada formula 36 (900 μl HAuCl_4) sampai formula 40 (1000 μl HAuCl_4) mengalami perubahan warna menjadi ungu.

Pada saat atom emas belum saling berinteraksi satu sama lain maka larutan tidak berwarna. Semakin besar konsentrasi HAuCl_4 yang diberikan maka warna larutan akan semakin pekat. Pada formula 36 (900 μl HAuCl_4) sampai formula 40 (1000 μl HAuCl_4) menunjukkan perubahan warna pada sampel menjadi pekat. Hal tersebut terjadi karna banyak ion Au^{3+} yang tereduksi menjadi Au^0 yang disebabkan oleh tumbukan partikel antara bioreduktor dan ion Au^{3+} yang semakin sering terjadi.

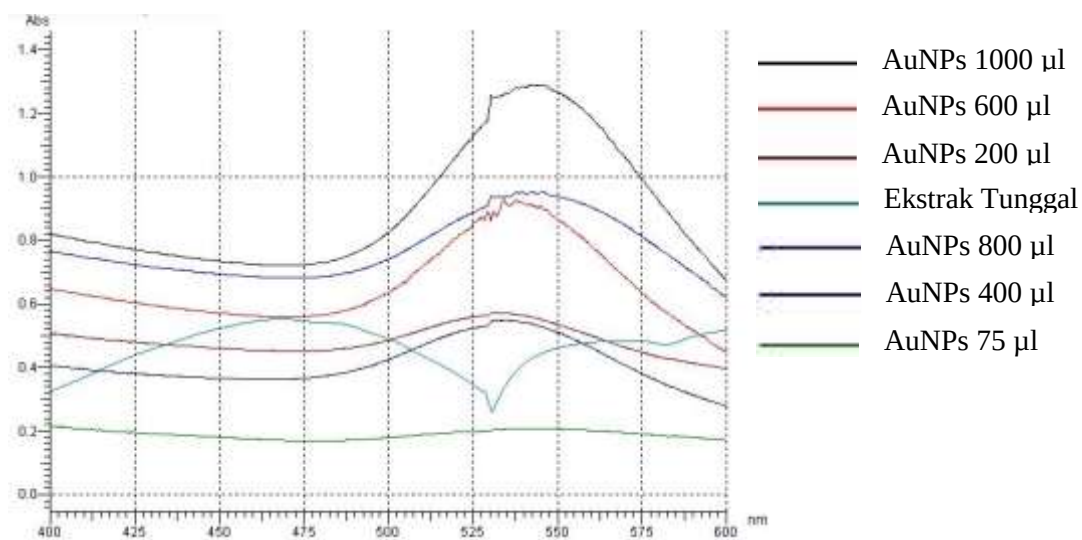
4.3. Waktu Pembentukan Nanopartikel Emas

Pengaruh waktu kontak terhadap kestabilan nanopartikel emas dapat diamati melalui panjang gelombang maksimum dan absorbansi dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Nanopartikel emas memiliki rentang pita serapan panjang gelombang yang kuat yaitu pada rentang 500-550 nm⁽²⁾. Observasi panjang gelombang serapan yang didapat pada jam ke 0 dan jam ke 24 dapat dilihat pada **Gambar 4.4** dan **Gambar 4.5**.



Gambar 4.4. Hasil Spektrofotometri pada jam ke 0

Panjang gelombang serapan dari ekstrak lamtoro yaitu 446,4 nm. Pada jam ke 0, didapat panjang gelombang serapan berkisar dari 430,8 nm – 502,2 nm. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa pada pengukuran panjang gelombang jam ke 0 belum terbentuk adanya nanopartikel emas.



Gambar 4.5. Hasil Spektrofotometri pada jam ke 24

Pada jam ke 24 terjadi pergeseran panjang gelombang dari nanopartikel yang terbentuk yaitu memiliki panjang gelombang serapan berkisar antara 531 nm – 545.2 nm. Dari perubahan panjang gelombang tersebut maka dapat dikatakan bahwa nanopartikel emas ekstrak lamtoro 5% sudah terbentuk dalam waktu 24 jam. Untuk mengetahui formulasi terbaik, perlu dilakukan karakterisasi lanjutan seperti analisis ukuran partikel dari masing-masing sampel.

4.4. Ukuran Partikel Nanopartikel Emas

Nanopartikel emas ekstrak lamtoro yang dihasilkan diuji ukurannya menggunakan alat *Particle Size Analyzer (Horiba Scientific, Nano Particle Analyzer SZ-100)* pada suhu 25°C. Ukuran partikel nanopartikel emas yaitu berkisar antara 1 nm - 100 nm⁽²⁹⁾. Ukuran partikel dan indeks polidispersitas nanopartikel dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Pada formula F8 dengan konsentrasi asam kloroaurat 200 uL menghasilkan ukuran partikel terkecil yaitu 51 nm dengan nilai indeks polidispersitas 0,25 (Đ). Hasil yang didapat pada ukuran partikel dan indeks polidispersitas masuk kedalam range yang baik yaitu untuk ukuran partikel 1 nm – 100 nm, dan nilai indeks polidispersitas yang didapatkan <0,7⁽³⁰⁾. Nilai indeks polidispersitas yang baik menunjukkan stabilitas jangka panjang dan distribusi ukuran partikel pada suatu formula.

Tabel 4.1. Hasil data ukuran partikel dan nilai PI

Formula	Ekstrak : HAuCl₄ (ul)	Ukuran Partikel (nm)	PI (Đ)
F4	1000 : 100	96,9 ± 1,6	0,45 ± 0,06
F8	1000 : 200	51,0 ± 1,3	0,25 ± 0,04
F12	1000 : 300	68,9 ± 1,1	0,29 ± 0,03
F16	1000 : 400	71,7 ± 1,3	0,31 ± 0,03
F20	1000 : 500	73,5 ± 1,1	0,37 ± 0,02
F24	1000 : 600	88,8 ± 1,8	0,55 ± 0,01
F28	1000 : 700	69,80 ± 2,1	0,33 ± 0,02
F32	1000 : 800	79,60 ± 1,1	0,17 ± 0,06
F36	1000 : 900	83,96 ± 3,5	0,14 ± 0,02
F40	1000 : 1000	85,96 ± 1,6	0,17 ± 0,03

4.5. Gugus Fungsi Nanopartikel Emas

FTIR merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui gugus fungsi dari suatu campuran atau senyawa. Spektrum IR ekstrak tunggal lamtoro memperlihatkan serapan-serapan yang khas untuk beberapa gugus fungsi, diantaranya adalah pada panjang gelombang 3307,36 cm⁻¹ yang menunjukkan serapan gugus OH, pada panjang gelombang 2110,34 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan fenol, dan pada panjang gelombang 1634,92 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan C=C alkena dan aromatis.

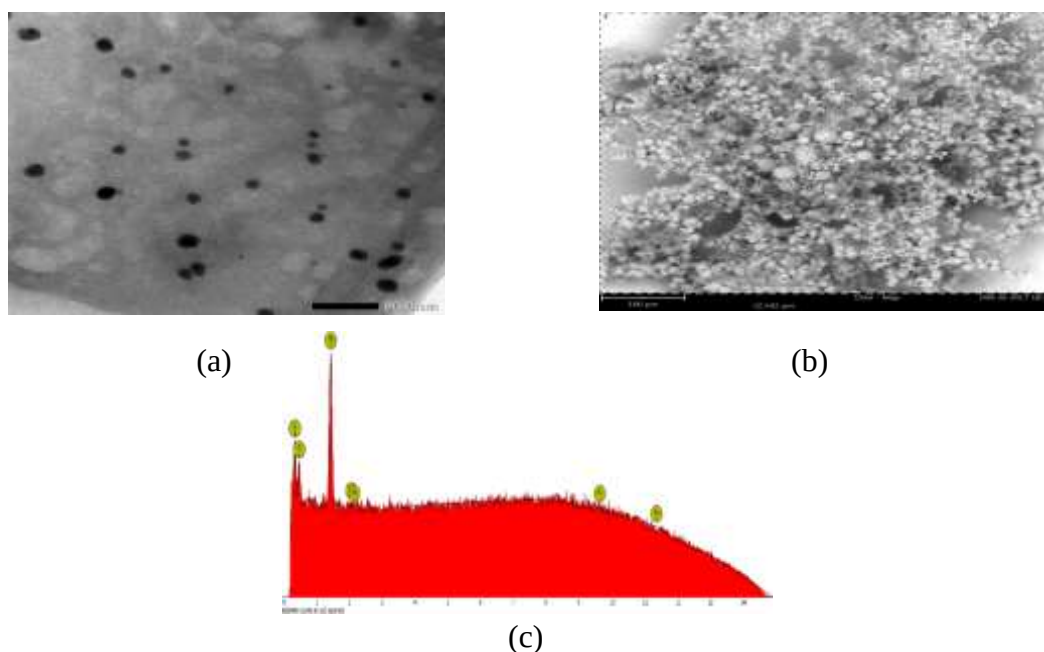
Pada spektrum IR hasil reduksi dari ekstrak lamtoro terjadi Pergeseran bilangan gelombang dari 3307,36 cm⁻¹ menjadi 3325,98 cm⁻¹. Yang menunjukkan bahwa terjadi interaksi antara gugus OH dengan nanopartikel emas, dikarenakan terjadinya proses oksidasi akibat proses reduksi nanopartikel emas. Pada panjang gelombang 2128,27 cm⁻¹ menunjukkan ikatan fenol, dan panjang gelombang 1634,33 cm⁻¹ adanya ikatan C=C alkena dan aromatis.

Tabel 4.2. Pembacaan Spektrum FTIR

Ekstrak Lamtoro (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Formula 8 (cm^{-1})
3307,36	- OH	3325,98
2110,34	Fenol, Ikatan H	2128,27
1634,92	C=C alkena, aromatis	1634,33

4.6. Morfologi Nanopartikel Emas

Morfologi nanopartikel emas ekstrak lamtoro dapat dilihat dengan menggunakan *Transmission Electron Microscopy* (TEM) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

**Gambar 4.6.** Morfologi nanopartikel emas, (a) TEM, (b) SEM, (c) EDS

Hasil pengamatan TEM menunjukkan bahwa nanopartikel emas yang terbentuk yaitu bulat dengan ukuran 20 nm - 50 nm. Hasil SEM menunjukkan bahwa nanopartikel emas yang terbentuk yaitu bola-bola yang tidak beraturan. Berdasarkan grafik komposisi elemental hasil analisa dengan EDS terdiri dari emas (Au) sebesar 6,2%, oksigen 41,6% serta unsur-unsur lainnya seperti aluminium 17,8 % dan nitrogen 34,3%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- 5.1.1.** Formula terbaik yang digunakan untuk preparasi nanopartikel emas ekstrak lamtoro 5% dengan menggunakan proses biosintesis adalah formula 8 yang berisi campuran HAuCl_4 sebanyak 200 μl dan ekstrak lamtoro sebanyak 1000 μl . Hal ini bisa dilihat dari ukuran partikel yang paling kecil dan distribusi ukuran partikel yang paling sempit sehingga menunjukkan paling stabil serta mampu berubah dalam waktu 24 jam.
- 5.1.2.** Karakteristik dari nanopartikel emas ekstrak lamtoro yang dihasilkan dengan proses biosintesis ramah lingkungan yaitu terbentuk dalam waktu 24 jam dengan perubahan warna kuning menjadi merah muda, panjang gelombang maksimum 531 nm, memiliki ukuran partikel 51 nm, dan morfologi nanopartikel emas yang terbentuk yaitu bulat.

5.2. Saran

Perlu dilakukan uji kualitatif pada ekstrak lamtoro dan uji aktivitas dari nanopartikel emas ekstrak lamtoro untuk mengetahui ada atau tidaknya aktivitas dari ekstrak lamtoro yang diformulasikan dalam bentuk nanopartikel emas.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pal SL, Jana U, Manna PK, Mohanta GP, Manavalan R. Nanoparticle: An overview of preparation and characterization. *J Appl Pharm Sci*. 2011;01(06):228–34.
2. Mittal AK, Chisti Y, Banerjee UC. Synthesis of Metallic Nanoparticles Using Plant Extracts. *Biotechnol Adv*. 2013;31(2):346–56.
3. Ranjit K, Baquee AA. Nanoparticle: An Overview Of Preparation, Characterization And Application. *Int Res J Pharm*. 2013;4(4):47–57.
4. Kulkarni N, Muddapur U. Biosynthesis of Metal Nanoparticles: A Review. *J Nanotechnol*. 2014;1–8.
5. Vadlapudi V, Kaladhar DSVGK, Behara M, Sujatha B, Naidu GK. Synthesis of Green Metallic Nanoparticles (NPs) and Applications. *Orient J Chem*. 2013;29(4):1589–95.
6. Lembang MS, Maming, Zakir M. Sintesis Nanopartikel Emas dengan Metode Reduksi Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa*). 2014;
7. Karthik R, Hou Y-S, Chen S-M, Elangovan A, Ganesan M, Muthukrishnan P. Eco-friendly synthesis of Ag-NPs using *Cerasus serrulata* plant extract – Its catalytic, electrochemical reduction of 4-NPh and antibacterial activity. *J Ind Eng Chem*. 2016;37:330–9.
8. Wikantyasning ER, Rizqiyana F, Santoso B, Suprpto. Sensor Kolorimetrik Berbasis Agregasi Nanopartikel Emas dan Polimer Responsif pH Poli (Asam Akrilat). *Univ Res Colloq*. 2015;
9. Momić T, Pašti TL, Bogdanović U, Vodnik V, Mraković A, Rakočević Z, et al. Adsorption of Organophosphate Pesticide Dimethoate on Gold Nanospheres and Nanorods. *J Nanomater*. 2016;1–11.
10. Ahmed S, Annu, Ikram S, Yudha S. S. Biosynthesis of gold nanoparticles: A green approach. *J Photochem Photobiol B*. 2016;161:141–53.
11. Pantidos N, Horsfall LE. Biological Synthesis of Metallic Nanoparticles by Bacteria, Fungi and Plants. *J Nanomedicine Nanotechnol*. 2014;05(05).
12. Sovawi AC, Harjono, Kusuma SBW. Sintesis Nanopartikel Emas dengan Bioreduktor Ekstrak Buah Jambu Biji Merah (*Psidium guajava* L.). *Indones J Chem Sci*. 2016;5(3):169–173.

13. Aderibigbe SA, Adetunji OA, Odeniyi MA. Antimicrobial and pharmaceutical properties of the seed oil of *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit (Leguminosae). *Afr J Biomed Res.* 2011;14(1):63–68.
14. Mohammed RS, El Souda SS, Taie HAA, E.Moharam M, Shaker KH. Antioxidant, antimicrobial activities of flavonoids glycoside from *Leucaena leucocephala* leaves. *J Appl Pharm Sci.* 2015;05(6):138–47.
15. Prabhu V, Uzzaman S, Grace VMB, Guruvayoorappan C. Nanoparticles in Drug Delivery and Cancer Therapy: The Giant Rats Tail. *J Cancer Ther.* 2011;02(03):325–34.
16. Yanti EF, Taufikurohmah T. Synthesis And Characterization Of Nanogold Using Matrix Cetostearyl Alcohol As Free Radicals Scavenging In Cosmetic. *UNESA J Chem.* 2013;2(1).
17. Martien R, Adhyatmika, Irianto IDK, Farida V, Sari P. Technology Developments Nanoparticles As Drug Delivery Systems. *Majalah Farmaseutik.* 2015;8.
18. Khan A, Rashid R, Murtaza G, Zahra A. Gold Nanoparticles: Synthesis and Applications in Drug Delivery. *Trop J Pharm Res.* 2014 Sep 18;13(7):1169.
19. Fatimah EN, Hidajati N. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas sebagai Material Pendukung Aktivitas Tabir Surya Turunan Sinamat. In: *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa.* 2012.
20. USDA. *Classification for Kingdom Plantae Down to Species Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit* [Internet]. 2017 [cited 2017 Jan 8]. Available from: [https://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?format=print&fileNamePF=classificationPF20170108054000919.txt&title=Leucaena%20leucocephala%20\(Lam.\)%20de%20Wit](https://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?format=print&fileNamePF=classificationPF20170108054000919.txt&title=Leucaena%20leucocephala%20(Lam.)%20de%20Wit)
21. Anonim. *Leucaena leucocephala* [Internet]. [cited 2017 Jan 29]. Available from: http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Leucaena_leucocephala.htm
22. Costa LG, Garrick JM, Roquè PJ, Pellacani C. Mechanisms of Neuroprotection by Quercetin: Counteracting Oxidative Stress and More. *Oxid Med Cell Longev.* 2016;1–10.
23. Carmona ER, Benito N, Plaza T, Recio-Sánchez G. Green synthesis of silver nanoparticles by using leaf extracts from the endemic *Buddleja globosa* hope. *Green Chem Lett Rev.* 2017 Oct 2;10(4):250–6.

24. Hasan QH, Das NK. *Chloroauric Acid* [Internet]. [cited 2017 Jan 9]. Available from: <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/chloroauric-acid/Chloroauric%20Acid.htm>
25. Merza KS, Al-Attabi HD, Abbas ZM, Yusr HA. Comparative Study on Methods for Preparation of Gold Nanoparticles. *Green Sustain Chem*. 2012;02(01):26–8.
26. Pubchem. *Chlorauric acid* | *AuCl₄H* - PubChem [Internet]. [cited 2017 Feb 15]. Available from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/28133>
27. Zhao D, Li L, Niu W, Chen S. Highly conductive polythiophene films doped with chloroauric acid for dual-mode sensing of volatile organic amines and thiols. *Sens Actuators B Chem*. 2016;243:380–7.
28. Adeeyinwo CE, Okorie NN, Idowu GO. Basic Calibration of UV/Visible spectrophotometer. *Int J Sci Technol*. 2013;2(3):247–252.
29. Annamalai A, Christina VLP, Sudha D, Kalpana M, Lakshmi PTV. Green synthesis, characterization and antimicrobial activity of Au NPs using *Euphorbia hirta* L. leaf extract. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2013;108:60–5.
30. Anonym. *Zetasizer Nano ZS Training Course*. UK: Malvern; 2010. 1-120p p.
31. Respati SMB. Macam-macam Mikroskop dan Cara Penggunaan. *Momentum*. 2008;4(2):42–4.
32. Kumar V, Yadav SK. Plant-mediated synthesis of silver and gold nanoparticles and their applications. *J Chem Technol Biotechnol*. 2009;84(2):151–7.
33. Makarov VV, Love AJ, Sinitsyna OV, Makarova SS, Yaminsky IV, Taliansky ME, et al. Green nanotechnologies: synthesis of metal nanoparticles using plants. *Acta Naturae*. 2014;6(1 (20)):35–44.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Determinasi Tumbuhan



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS BIOLOGI
LABORATORIUM SISTEMATIKA TUMBUHAN
Jalan Teknika Selatan Sekip Utara Yogyakarta 55281 Telpun (0274) 6492262/6492272; Fax: (0274) 580839

SURAT KETERANGAN
Nomor : 01075/ S.Tb. /V / 2017

Yang bertanda tangan dibawah ini, Kepala Laboratorium Sistematika Tumbuhan Fakultas Biologi UGM, menerangkan dengan sesungguhnya bahwa,

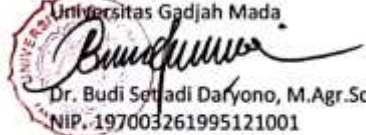
Nama	: Muhammad Rizal Syifauddin
NIM	: 13613022
Asal instansi	: Fakultas MIPA-UII Yogyakarta

telah melakukan identifikasi tumbuhan dengan hasil sebagai berikut,

Divisi	: Magnoliophyta
Class	: Magnoliopsida
Sub class	: Rosidae
Order	: Fabales
Familia	: Fabaceae
Genus	: <i>Leucaena</i>
Species	: <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit
Sinonim	: <i>Leucaena glauca</i> Linn., <i>Mimosa leucocephala</i> Lam.
Nama Daerah	: Petai cina, kemlandingan, lamtoro

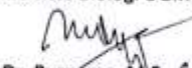
identifikasi tersebut dibantu oleh Abdul Razaq Chasani, S.Si., M.Si.
 Demikian surat keterangan ini diberikan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Mengetahui,
 Dekan Fakultas Biologi
 Universitas Gadjah Mada



Dr. Budi Setiadi Daryono, M.Agr.Sc.
 NIP. 197003261995121001

Yogyakarta, 31 Mei 2017
 Kepala Laboratorium
 Sistematika Tumbuhan
 Fakultas Biologi UGM



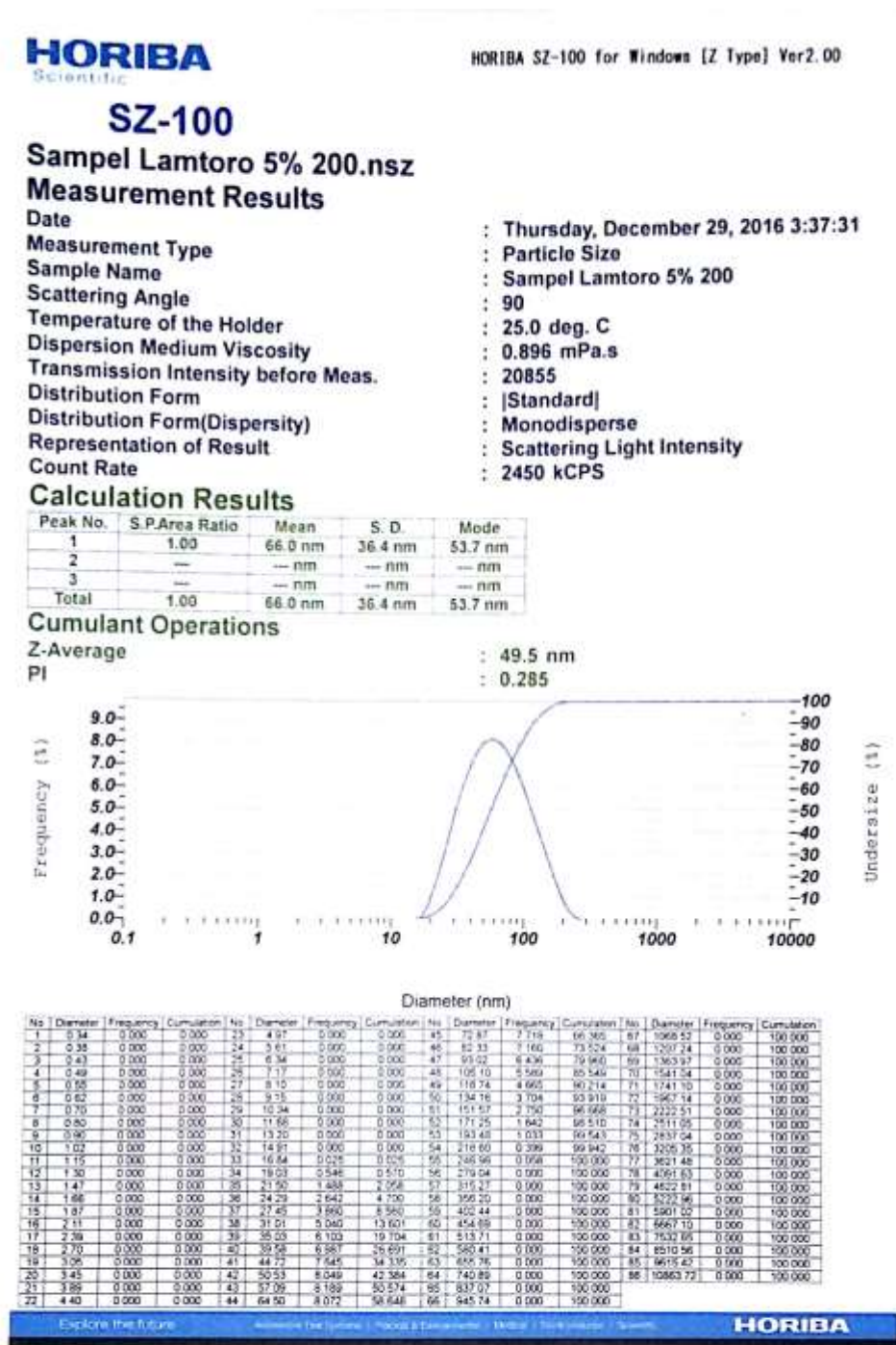
Dr. Purnomo, M.S.
 NIP. 195504211982031005

Lampiran 2. Pembacaan Panjang Gelombang Serapan UV-Vis

Formula	Konsentrasi HAuCl ₄ (μL)	Waktu	
		0 jam	24 jam
		Panjang gelombang (nm)	Panjang gelombang (nm)
1	25	430.8	403.6
2	50	430.8	403.6
3	75	430.8	403.6
4	100	446.4	531.4
5	125	446.4	531.8
6	150	446.4	531.2
7	175	446.4	531.4
8	200	446.4	531.0
9	225	446.4	531.6
10	250	446.4	531.8
11	275	446.4	535.8
12	300	446.4	532.6
13	325	446.4	531.2
14	350	447.6	532.6
15	375	446.4	537.4
16	400	446.4	534.6
17	425	446.4	531.6
18	450	446.4	531.8
19	475	447.6	531.2
20	500	446.4	537.6
21	525	446.4	537.6
22	550	446.4	539.6
23	575	446.4	537.8
24	600	446.4	537.8
25	625	446.4	539.6
26	650	446.4	539.6

27	675	446.4	537.8
28	700	502.2	537,6
29	725	502.2	537.6
30	750	502.2	537.8
31	775	502.2	539.6
32	800	502.2	539.6
33	825	502.2	539.6
34	850	502.2	545.0
35	875	502.2	545.0
36	900	502.2	545.2
37	925	502.2	545.0
38	950	502.2	545.0
39	975	502.2	545.0
40	1000	502.2	545.2

Lampiran 3. Pembacaan Particle Size Analyzer pada Formula 8 (Replikasi 1)



Lampiran 4. Pembacaan Particle Size Analyzer pada Formula 8 (Replikasi 2)

HORIBA
Scientific

HORIBA SZ-100 for Windows [Z Type] Ver2.00

SZ-100

Sampel Lamtoro 5% 200 R1.nsz

Measurement Results

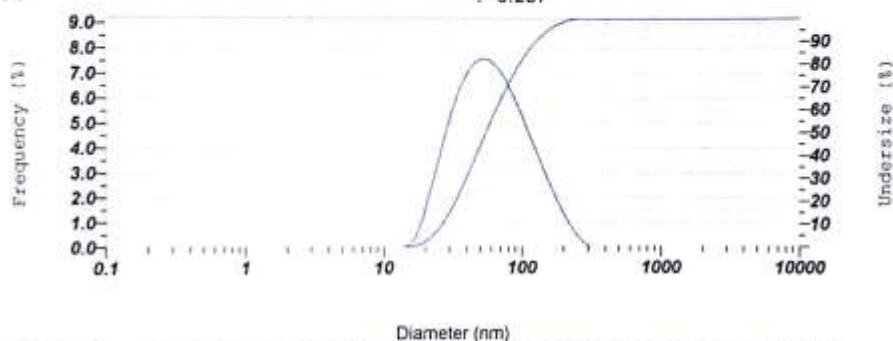
Date	: Thursday, December 29, 2016 3:36:46
Measurement Type	: Particle Size
Sample Name	: Sampel Lamtoro 5% 200
Scattering Angle	: 90
Temperature of the Holder	: 24.8 deg. C
Dispersion Medium Viscosity	: 0.898 mPa.s
Transmission Intensity before Meas.	: 20855
Distribution Form	: [Standard]
Distribution Form(Dispersity)	: Monodisperse
Representation of Result	: Scattering Light Intensity
Count Rate	: 2722 kCPS

Calculation Results

Peak No.	S.P.Area Ratio	Mean	S. D.	Mode
1	1.00	66.5 nm	41.7 nm	47.6 nm
2	---	--- nm	--- nm	--- nm
3	---	--- nm	--- nm	--- nm
Total	1.00	66.5 nm	41.7 nm	47.6 nm

Cumulant Operations

Z-Average : 51.5 nm
PI : 0.287



No.	Diameter	Frequency	Cumulation	No.	Diameter	Frequency	Cumulation	No.	Diameter	Frequency	Cumulation	No.	Diameter	Frequency	Cumulation
1	0.34	0.000	0.000	23	4.97	0.000	0.000	45	72.97	0.000	0.000	67	1068.52	0.000	100.000
2	0.38	0.000	0.000	24	5.61	0.000	0.000	46	82.33	0.000	0.000	68	1207.24	0.000	100.000
3	0.43	0.000	0.000	25	6.34	0.000	0.000	47	93.02	0.000	0.000	69	1363.97	0.000	100.000
4	0.49	0.000	0.000	26	7.17	0.000	0.000	48	105.10	0.000	0.000	70	1541.04	0.000	100.000
5	0.55	0.000	0.000	27	8.10	0.000	0.000	49	118.74	0.000	0.000	71	1741.02	0.000	100.000
6	0.62	0.000	0.000	28	9.15	0.000	0.000	50	134.16	0.000	0.000	72	1967.14	0.000	100.000
7	0.70	0.000	0.000	29	10.34	0.000	0.000	51	151.57	0.000	0.000	73	2212.51	0.000	100.000
8	0.80	0.000	0.000	30	11.68	0.000	0.000	52	171.25	0.000	0.000	74	2489.04	0.000	100.000
9	0.90	0.000	0.000	31	13.20	0.000	0.000	53	193.45	0.000	0.000	75	2797.54	0.000	100.000
10	1.02	0.000	0.000	32	14.91	0.000	0.000	54	218.80	0.000	0.000	76	3105.35	0.000	100.000
11	1.15	0.000	0.000	33	16.84	0.000	0.000	55	246.96	0.000	0.000	77	3451.45	0.000	100.000
12	1.30	0.000	0.000	34	19.03	0.000	0.000	56	279.54	0.000	0.000	78	3841.43	0.000	100.000
13	1.47	0.000	0.000	35	21.50	0.000	0.000	57	315.27	0.000	0.000	79	4282.81	0.000	100.000
14	1.66	0.000	0.000	36	24.29	0.000	0.000	58	356.20	0.000	0.000	80	4822.96	0.000	100.000
15	1.87	0.000	0.000	37	27.45	0.000	0.000	59	402.44	0.000	0.000	81	5491.02	0.000	100.000
16	2.11	0.000	0.000	38	31.01	0.000	0.000	60	454.88	0.000	0.000	82	6207.10	0.000	100.000
17	2.39	0.000	0.000	39	35.03	0.000	0.000	61	513.71	0.000	0.000	83	7032.65	0.000	100.000
18	2.70	0.000	0.000	40	39.58	0.000	0.000	62	580.41	0.000	0.000	84	8010.56	0.000	100.000
19	3.05	0.000	0.000	41	44.72	0.000	0.000	63	655.76	0.000	0.000	85	9195.47	0.000	100.000
20	3.45	0.000	0.000	42	50.53	0.000	0.000	64	740.89	0.000	0.000	86	10563.72	0.000	100.000
21	3.89	0.000	0.000	43	57.09	0.000	0.000	65	837.07	0.000	0.000				
22	4.40	0.000	0.000	44	64.50	0.000	0.000	66	945.74	0.000	0.000				

Explore the future

Advanced Test Systems | Process & Development | Health & Environmental | Scientific

HORIBA

Lampiran 5. Pembacaan Particle Size Analyzer pada Formula 8 (Replikasi 3)

